

C E T E S B

PROJETO E EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE  
CONCRETO EM OBRAS DE SANEAMENTO

0 4 . 0 0 1

- Procedimento -

## SUMÁRIO

	<i>Página</i>
1 Objetivo.....	1
2 Referências.....	1
3 Definições.....	2
4 Condições Exigíveis.....	4
5 Recebimento da Obra.....	31
Anexo.....	33

## 1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis para projeto, execução, controle, recebimento e manutenção de estruturas de concreto em obras de saneamento.

1.2 Esta Norma trata também do recobrimento e das medidas especiais de proteção do concreto sujeito a abrasão, temperaturas extremas, indução de correntes elêtricas, agentes agressivos e intemperismo.

## 2 REFERÊNCIAS

Na aplicação desta Norma poderá ser necessário consultar:

a) da ABNT:

- EB-1 - Cimento portland comum;
- EB-2 - Cimento portland de alta resistência inicial;
- EB-3 - Barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado;
- EB-4 - Agregados para concreto;
- EB-22 - Peneiras para ensaio;
- EB-208 - Cimento portland de alto forno;
- EB-233 - Barras, fios, cordões e cordas de aço destinados a armadura de protensão;
- EB-565 - Telas de aço, soldadas, destinadas a armaduras para concreto;
- EB-758 - Cimento portland pozolânico;
- EB-781 - Cordoalhas de aço para concreto protendido;
- EB-903 - Cimento portland de moderada resistência a sulfatos e moderado calor de hidratação, MRS, e cimento portland de alta resistência a sulfatos ARS;

- MB-1 - Ensaio de cimento portland;
  - MB-2 - Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos de concreto;
  - MB-3 - Ensaio a compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto;
  - MB-4 - Ensaio de tração de materiais metálicos;
  - MB-5 - Ensaio de dobramento de materiais metálicos;
  - MB-6 - Amostragem de agregados;
  - MB-7 - Determinação da composição granulométrica dos agregados;
  - MB-8 - Determinação do teor de argila em torrões agregados;
  - MB-170 - Determinação da abrasão Los Angeles de agregados;
  - MB-256 - Consistência do concreto pelo abatimento do tronco de cone;
  - MB-348 - Determinação da finura de cimento portland mediante emprego do aparelho de permeabilidade ao ar;
  - MB-509 - Análise química de cimento portland. Processos de arbitragem para determinação de dióxido de sílico, óxido fêrrico, óxido de alumínio, óxido de magnésio;
  - MB-510 - Análise química de cimento portland. Determinação da perda ao fogo;
  - MB-511 - Análise química de cimento portland. Determinação de resíduo insolúvel;
  - MB-512 - Análise química de cimento portland. Determinação de trióxido de enxofre;
  - MB-515 - Análise química de cimento portland. Determinação de óxido de Cálcio livre;
  - NB-1 - Cálculo e execução de obras de concreto armado;
  - NB-593 - Elaboração de projetos de reservatório de distribuição de água para abastecimento público;
- b) da CETESB:
- LI.007 - Determinação do grau de agressividade do meio ao concreto;
- c) do ACI:
- ACI 350 - Estruturas de concreto para engenharia sanitária;
- d) da AFNOR:
- NF P 18-301 - "Granulats lourds pour betons de construction";
- e) da ASTM:
- C 88 - "Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate, Test for";
  - C 136 - "Sieve or Screen Analysis of Fine and Coarse Aggregates, Test for";
  - C 172 - "Fresh Concret, Sampling";
  - C 260 - "Air-Entraining Admixtures for concrete, Spec. for";
  - C 289 - "Potencial Reactivity of Aggregates (Chemical Method), Test for";
  - C 494 - "Chemical Admixtures for Concrete, Spec. for";
- f) da DNA (Deutscher Normenausschuss):
- DIN 1045 - "Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton; A. - Bestimmung für Ausführung von Bauwerken aus Stahlbeton".

### 3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma, são adotadas as definições de 3.1 a 3.16.

### 3.1 Adesivos estruturais

Resinas que promovem grande aderência entre as superfícies de concreto de diferentes idades ou do concreto com peças de materiais diversos que devam ser embutidas.

### 3.2 Aditivos

Substâncias adicionadas ao concreto para melhorar suas características físico-químicas, em benefício da trabalhabilidade, anti-corrosividade, compacidade, impermeabilidade, higroscopia, estabilidade de volume, etc.

### 3.3 Aeração diferencial

Fenômeno provocado pela variação do nível d'água, externo ou interno, e que expõe, alternadamente, a estrutura a diferentes condições de aeração e à dissolução do hidróxido de cálcio, favorecendo a corrosão da armadura.

### 3.4 Agentes agressivos

São agentes físicos, químicos ou biológicos capazes de provocar a degradação ou desgastes progressivos do concreto ou do aço, comprometendo a durabilidade e a estabilidade das obras. São exemplos: a abrasão, a corrente elétrica, o intemperismo, os ácidos e sais em geral, puros ou dissolvidos. São também agentes agressivos as águas puras, as águas carbônicas, as águas húmicas (de brejo), a água do mar, a correnteza, a vibração, o choque térmico, etc.

### 3.5 Concreto aparente

Concreto sem argamassa de revestimento, aplicado como material de acabamento, podendo ser bruto ou lixado, apicoado, jateado, etc.

### 3.6 Durabilidade

Propriedade do concreto de manter suas características ao longo do tempo, permitindo à estrutura atender às condições previstas para sua utilização, sem necessidade de reparos frequentes.

### 3.7 Especificações técnicas

Conjunto de características que estabelecem as qualidades mínimas de materiais, produtos e serviços por meio de propriedades mecânicas, forma, dimensões ou desempenho.

### 3.8 Fiscalização

Ação contínua exercida pelo órgão contratante, objetivando verificar a execução de todas as etapas da obra, de acordo com o projeto. Pode ser exercida, diretamente pelo contratante ou através de terceiros, seus prepostos.

### 3.9 Juntas de concretagem

São as constituídas pelo contato direto de superfícies de concreto de idades diferentes, devidas à interrupção da concretagem.

### 3.10 Memorial descritivo e justificativo

Documento elaborado pelo projetista, descrevendo a obra e sua finalidade, no qual são explicitadas as condicionantes de todos os itens do projeto e justificada a escolha do partido estrutural.

### 3.11 Memorial de cálculo

Memória dos cálculos feitos pelo projetista, na qual constam o esquema estrutural, as cargas consideradas, a determinação dos esforços solicitantes e o dimensionamento.

### 3.12 Método executivo

Método de execução elaborado pelo projetista, como sugestão ou exigência, que viabiliza ou melhora a execução da obra, em face das considerações do projeto. No método executivo pode constar o plano de concretagem e os cronogramas de carregamento e de montagem.

### 3.13 Plano de concretagem

Cronograma de lançamento do concreto, que considera os volumes a concretar e os tempos necessários, bem como os intervalos a serem observados nas concretagens sucessivas, os prazos para desenformar, etc.

### 3.14 Projetista

Equipe constituída de arquiteto, geólogo e engenheiros especializados em fundações, estruturas, mecânica e instalações em geral, os quais trabalham conjuntamente na elaboração do projeto.

### 3.15 Projeto

Conjunto constituído de memoriais, especificações técnicas, quantificações, método executivo e desenhos necessários à execução e à manutenção de uma obra. Subdivide-se em projetos de arquitetura, fundações, estrutura, hidráulica, elétrica, etc., cada um podendo comportar 3 fases interdependentes: estudos preliminares, projeto básico e projeto final.

### 3.16 Veda-junta

Fita de forma e dimensões variadas, constituída de metal, borracha ou plástico, destinada a prover estanqueidade nas juntas de estruturas de concreto.

## 4 CONDIÇÕES EXIGÍVEIS

### 4.1 Projeto estrutural

#### 4.1.1 Fases do projeto

Dependendo da magnitude e importância da obra, o projeto estrutural deve conter, no mínimo, 3 fases consecutivas e interdependentes entre si.

#### 4.1.2 Fase de estudos preliminares

4.1.2.1 Pressupõem-se definidos para esta fase, os seguintes elementos:

- a) objetivo e amplitude dos estudos preliminares;
- b) grau de detalhamento;
- c) forma de apresentação.

4.1.2.2 Com base nos elementos do item anterior, devem ser feitas:

- a) escolha (ou inspeção) do local da obra, levando em consideração:
  - natureza do solo, sua escavação e remoção;
  - área necessária para a construção e canteiro de obra;
  - escoamento da drenagem de fundo;
  - vias de acesso;
  - suprimento de água e energia elétrica;
- b) obtenção de dados preliminares da topografia e geotecnia do local ou de dados referentes a obras similares executadas nas proximidades;
- c) proposição de alternativas viáveis para a estrutura da obra, que atendam em essência às determinações do órgão contratante.

4.1.2.3 Os estudos preliminares são apresentados em forma de relatório que, além do memorial técnico, pode conter desenhos, levantamentos e fotografias, incluindo na forma de anexos, outros relatórios técnicos específicos.

#### 4.1.3 Fase de projeto básico

4.1.3.1 Pressupõem-se disponíveis para esta fase os seguintes elementos:

- a) relatório técnico da fase anterior para comparação das alternativas propostas e escolha da mais conveniente;
- b) levantamento topográfico e cadastral da área, inclusive das instalações subterrâneas e instalações vizinhas;
- c) perfis e relatórios de sondagem em quantidade e tipos necessários à caracterização do solo de fundação (incluindo levantamento geológico de superfície das áreas circunjacentes);
- d) esquema funcional da obra com a localização de cargas especiais, especificação de equipamentos, percurso de montagem, condições de operação, níveis de água operacionais, etc.;
- e) determinação do grau de agressividade do meio ao concreto, caracterizando as partes da estrutura sujeitas a condições mais severas;
- f) projeto de camada drenante, da drenagem superficial e profunda;
- g) dados do projeto hidráulico, incluindo cotas, volumes ou vazões de projeto e esforços horizontais transmitidos pela tubulação.

4.1.3.2 Com base nos elementos do item anterior, devem ser feitos:

- a) escolha da melhor posição da obra na área disponível, concomitantemente com a escolha da forma e das dimensões da obra;
- b) escolha do partido estrutural mais vantajoso;
- c) definição das passagens e aberturas na estrutura, tendo em vista o funcionamento hidráulico;
- d) pré-dimensionamento da estrutura e desenhos de forma e armação;
- e) estimativa de quantidades, especificações técnicas e escolha do método executivo.

4.1.3.3 O projeto básico deve ser apresentado de modo a permitir a contratação da obra, incluindo para isso levantamentos de campo, relatórios técnicos, desenhos, estimativa de quantidades e método executivo.

#### 4.1.4 Fase de projeto final

4.1.4.1 Para esta fase devem estar disponíveis o projeto básico, os elementos utilizados para sua elaboração e mais os levantamentos e dados complementares que eventualmente se façam necessários.

4.1.4.2 Com base nos elementos do item anterior são feitos o dimensionamento final e o detalhamento do ante-projeto em grau de precisão que permita a execução da obra contratada.

4.1.4.3 A apresentação deve ser semelhante à requerida para o projeto básico, incluindo também:

- a) memoriais de cálculo, descritivo e justificativo;
- b) desenhos de detalhamento.

#### 4.1.5 Ações e cargas a considerar

4.1.5.1 Para efeito de dimensionamento devem ser usados as seguintes massas específicas:

água, esgoto bruto.....	1,00 t/m <sup>3</sup>
lodo digerido, aeróbio.....	1,05 t/m <sup>3</sup>
lodo digerido, anaeróbio.....	1,15 t/m <sup>3</sup>
lodo de filtro à vácuo.....	1,20 t/m <sup>3</sup>

4.1.5.2 Os compartimentos de reservatórios ou tanques devem ser considerados com a lâmina d'água máxima possível, admitindo-se esse carregamento como acidental, de ação contínua ou não, de modo a considerar-se a situação mais desfavorável para a estrutura.

4.1.5.3 Além da consideração do coeficiente de impacto a ser aplicado nas cargas representadas pelos conjuntos moto-bombas e moto-geradores, conforme 4.1.5.5, deve-se também verificar:

- a) o efeito dinâmico sobre a estrutura;
- b) a possibilidade de ocorrência de fadiga.

4.1.5.4 Todos os equipamentos que possam transmitir vibrações danosas devem ter fundação independente ou, quando não for possível, devem ser assentados sobre coxins amortecedores adequadamente dimensionados, sem prejuízo das verificações relacionadas no item anterior.

4.1.5.5 Para efeito das operações de montagem e de manutenção, as escadas, correiores, rampas e pisos que sirvam de acesso aos equipamentos em geral devem ser dimensionados considerando-se o peso desses equipamentos como carga acidental com o coeficiente de impacto de 1,4.

4.1.5.6 Os pesos das partes móveis de pontes rolantes e talhas devem ser considerados acrescidos do peso máximo da carga que podem sustentar, aplicando-se o coeficiente de impacto sobre o peso do conjunto.

4.1.5.7 As sobrecargas serão fixadas em cada caso e, salvo condições especiais, devem atender aos seguintes valores mínimos:

depósitos.....	5 kN/m <sup>2</sup>
pisos em geral, passadiços e passarelas...	2 kN/m <sup>2</sup>
coberturas planas.....	1 kN/m <sup>2</sup>

4.1.5.8 Todas as cargas acidentais adotadas devem constar do memorial de cálculo e, no caso de não-normalizadas, devem ser claramente indicadas nos desenhos de forma.

4.1.5.9 As estruturas enterradas devem apresentar coeficiente de segurança mínimo a flutuação de 1,1 fixado em relação ao nível máximo do lençol freático.

4.1.5.10 Não se leva em consideração o alívio de empuxo devido ao rebaixamento do lençol freático.

4.1.5.11 Não deve ser considerado o alívio de tensões devidas ao empuxo do solo e do lençol freático, quando o alívio for favorável ao cálculo.

4.1.5.12 Particular cuidado deve ser conferido ao estudo das deformações do solo e aos efeitos prejudiciais dos recalques, tanto na estrutura em projeto como nas estruturas vizinhas.

4.1.5.13 Devem ser considerados os efeitos desfavoráveis na estrutura e nas fundações, devidos a uma eventual depressão no lençol freático.

#### 4.1.6 Disposições especiais de projeto

4.1.6.1 A estanqueidade das obras hidráulicas é assegurada pelo atendimento simultâneo dos seguintes requisitos: compacidade do concreto e limitação da abertura de fissuras.

4.1.6.2 A compacidade do concreto é garantida pela prescrição de critérios adequados na escolha de materiais, equipamentos e métodos de concretagem que resultem na obtenção de um concreto pouco permeável.

4.1.6.3 Para efeito da verificação do estado de fissuração pela aplicação das fórmulas de 4.2.2, da ABNT NB-1, devem ser tomados os seguintes limites de abertura de fissuras:

- a) para as solicitações de utilização que acarretam tração em toda a seção:
  - no concreto aparente: 0,1 mm;
  - no concreto com revestimento: 0,2 mm;
- b) para as demais solicitações:
  - no concreto aparente: 0,2 mm;
  - no concreto com revestimento: 0,3mm.

4.1.6.4 Os revestimentos protetores tornam-se necessários nos casos prescritos em 4.6, onde também se relacionam os tipos que, nestas circunstâncias, devem ser usados.

4.1.6.5 No projeto de reservatórios devem ser observados os requisitos mínimos prescritos na ABNT P-NB-593.

4.1.6.6 Cuidados especiais devem ser tomados na escolha da forma e do partido es  
trutural dos reservatórios com capacidade superior a 5 dam<sup>3</sup> e/ou altura da lâmina  
d'água superior a 6,0 m.

4.1.6.7 No projeto hidráulico, a entrada de água deve ser prevista pelo fundo ou  
então através de tubo de queda, de modo a evitar impacto d'água na laje de fundo,  
por ocasião do enchimento, evitando com isso a necessidade de estruturas dissipa  
das de energia.

#### 4.1.7 Disposições construtivas

4.1.7.1 As dimensões mínimas das paredes devem ser:

- a) 12 cm, no mínimo, na espessura de paredes, lajes e vigas, quando tra-  
tar-se de:
  - paredes cilíndricas de tanques e reservatórios simplesmente armadas;
  - lajes de piso ou de cobertura, vigas e paredes de estruturas que  
não estejam em contato com o solo e nas quais a estanqueidade não  
seja primordial;
- b) 15 cm, no mínimo, na espessura de paredes, lajes e vigas, quando:
  - estiver previsto o emprego de forma deslizante;
  - tratar-se de partes da estrutura em contacto com o solo, como as la-  
jes de fundação;

NOTA: Excluem-se destas limitações as galerias de águas pluviais, tubu  
lares ou não, e as estruturas cuja estanqueidade e proteção ao concreto  
sejam providas por revestimento permanente.

- c) sempre que possível, são evitados os cantos vivos pelo emprego de mí  
sulas convenientemente armadas, com lado mínimo de 15 cm.

4.1.7.2 As armaduras não devem apresentar diâmetros inferiores a:

- a) 8 mm, para barras lisas; e
- b) 6,3 mm, para barras com aderência melhorada.

4.1.7.3 A armadura de distribuição deve ter, no mínimo, 20% da seção da armadura  
principal e espaçamento máximo igual à dimensão mínima da peça, não podendo, en  
tretanto, ser maior do que 20 cm.

4.1.7.4 As partes da estrutura que devam ser estanques, devem ter, junto às fa  
ces interna e externa, malhas de armadura com espaçamento máximo de 20 cm em cada  
direção, observando-se os requisitos mínimos especificados em 4.1.7.2 e 4.1.7.3.

4.1.7.5 O recobrimento da armadura deve observar os seguintes valores:

- a) para concreto em contato com solo ou água pouco agressivos, como em  
reservatórios de água potável:  $c \geq 3,0$  cm;
- b) para concreto de estruturas submersas ou em contato com solo e águas  
agressivas, como em tanques e galerias de esgoto:  $c \geq 4,0$  cm;
- c) para concreto em contato com solo muito agressivo ou submerso em  
águas muito agressivas recomenda-se o emprego de uma camada adicional  
de concreto para proteção da estrutura com espessura mínima de 5 cm;
- d) para essa camada adicional sempre que o recobrimento for maior do que  
4,0 cm deve ser prevista uma armadura de pele, complementar, consti-  
tuida de uma malha de, no mínimo, 1 Ø de 6,3 mm a cada 20 cm, com re  
cobrimento mínimo de 2,5 cm.



4.1.7.6 Em lajes e paredes delgadas, deve-se garantir o espaçamento das malhas de armadura por meio de estribos-espaçadores.

4.1.7.7 As juntas estruturais devem ser detalhadas no projeto.

4.1.7.8 Quando as juntas tiverem de ser estanques, especificar:

- a) as propriedades mecânicas do material de constituição do veda-junta;
- b) o desenho-tipo e as dimensões do veda-junta;
- c) os detalhes de posição e de fixação do veda-junta;
- d) o material de preenchimento a ser usado no vazio da junta.

4.1.7.9 Para especificação e detalhamento da junta considerar:

- a) as pressões atuantes, interna e externamente;
- b) os esforços a serem transmitidos ou absorvidos;
- c) a natureza e a intensidade da ação agressiva dos meios, interno e externo;
- d) as deformações máximas previstas;
- e) a proteção contra risco de esmagamento e ruptura da veda-junta.

#### 4.1.8 Disposições gerais

4.1.8.1 Nas obras mais importantes ou de características pouco comuns, o projetista pode sugerir ou mesmo fixar o método executivo compatível com as hipóteses de cálculo e com as determinações impostas pelo órgão contratante.

4.1.8.2 Quando previsto ou admitido, em projeto, o uso de formas deslizantes, devem constar do método executivo, exigências especiais relativas à técnica de execução, ao desempenho de equipamentos e ao controle de execução, ressalvando-se, porém, que a qualidade final do concreto é de exclusiva responsabilidade do construtor.

4.1.8.3 O projetista pode fixar no método executivo de paredes de tanques e reservatórios, além de exigências especiais relativas à técnica e ao controle de execução, tolerâncias rigorosas quanto ao posicionamento dos cabos e ao alinhamento e verticalidade das formas, ainda que indiretamente essas exigências possam acarretar contra-indicação do uso de formas deslizantes.

4.1.8.4 Devem constar nas plantas de desenhos executivos, sob a forma de notas, especificações técnicas de materiais e serviços, bem como toda recomendação técnica importante, que devem ser reiteradas ao construtor e à fiscalização.

4.1.8.5 Podem constar, no desenho executivo, todas as recomendações importantes relativas à operação/manutenção, pela implicação que possam ter com as hipóteses de cálculo.

4.1.8.6 Devem fazer parte das cláusulas contratuais e constar do memorial descritivo, entre outras, as seguintes determinações:

- a) encher e manter cheios d'água, os tanques e reservatórios, assim que estejam em condições de receber carga ou ao menos, mantê-los úmidos continuamente;
- b) impedir manobras bruscas das válvulas de entrada ou saída, que possam resultar em pressões ou depressões superiores às previstas.

## 4.2 Materiais

### 4.2.1 Aço

4.2.1.1 As barras, fios, cordoalhas e telas de aço, para suas classes e/ou categorias, devem atender às prescrições da ABNT EB-3, EB-233, EB-781 e EB-565.

4.2.1.2 As partidas devem ser recebidas na presença da fiscalização, que as examinará e reterá cópia das guias de remessa e certificados.

4.2.1.3 Podem ser rejeitadas as partidas, cujas barras apresentem falta de homogeneidade de características, escamas de oxidação, esfoliações, graxa e lama aderentes.

4.2.1.4 A fiscalização deve aprovar o local de descarga, providenciando a separação por lotes, de acordo com os critérios estabelecidos nas especificações.

4.2.1.5 Os lotes devem ser demarcados e sinalizados, e seu lugar não pode ser mudado sem a presença da fiscalização.

4.2.1.6 As barras de aço devem ser depositadas sobre travessas de madeira, que evitem o contato com o solo. O solo subjacente deve ser firme, com leve declividade e recoberto com uma camada de brita.

### 4.2.2 Cimento

4.2.2.1 Os cimentos devem atender às especificações ABNT EB-1 (portland comum), EB-2 (alta resistência inicial), EB-208 (de alto forno), EB-758 (pozolânico) e EB-903 (moderada ou altamente resistente a sulfatos).

4.2.2.3 Na escolha do tipo de cimento a ser empregado deve-se levar em conta:

- a) a agressividade do meio e as condições de exposição da obra (ver CETESB LI.007);
- b) o controle da elevação da temperatura, devida ao calor de hidratação;
- c) as características particulares da obra e do método executivo previsto.

**NOTA:** Não se recomenda o uso de cimentos de alta resistência inicial, na preparação de concretos para partes da estrutura que devam ser estanques.

4.2.2.4 Para meios de fraca e média agressividade ao concreto devem ser usados cimentos de alto forno, pozolânicos ou de moderada resistência aos sulfatos.

**NOTA:** Na falta desses cimentos, pode ser usado cimento portland comum, desde que o fator água-cimento seja reduzido de 10% em relação ao valor estabelecido em 4.3.2.4.

4.2.2.5 Para obras em meios de agressividade ao concreto forte e muito forte deve ser usado cimento de alta resistência a sulfatos.

**NOTA:** Na falta desse cimento, podem ser usados cimentos de alto forno, pozolânicos ou de moderada resistência aos sulfatos, desde que o fator água-cimento seja reduzido de 10% em relação ao valor estabelecido em 4.3.2.4.

4.2.2.6 As partidas devem ser recebidas na presença da fiscalização, que verificará a procedência, o tipo de cimento e o estado de conservação da embalagem.

4.2.2.7 Deve ser rejeitado todo cimento que apresentar sinais indicativos de hidratação.

4.2.2.8 A fiscalização deve aprovar previamente o local previsto para guarda do cimento, observando as seguintes prescrições:

- a) os lotes são formados de acordo com a procedência, tipo e idade do cimento, depois do que serão demarcados e sinalizados, de forma a permitir o seu uso pela ordem de chegada;
- b) não pode haver remanejamento das pilhas sem a presença da fiscalização;
- c) não devem ser guardados no mesmo depósito de cimento, pó calcáreo, cal hidratada, pozolana ou aditivos, cuja embalagem possa acarretar enganos involuntários;
- d) os sacos de cimento devem ser armazenados em locais bem secos e protegidos, de forma a permitir fácil acesso à inspeção e identificação de cada embarque;
- e) as pilhas devem ser colocadas sobre um estrado de madeira e ter, no máximo, 10 sacos.

#### 4.2.3 Agregados

4.2.3.1 Os agregados devem obedecer às prescrições da ABNT EB-4, mais as seguintes:

- a) não conter teores prejudiciais de constituintes mineralógicos que conduzam a uma possível reação álcali-agregado, a não ser que se use cimento pozolânico ou de teor de álcalis  $(Na_2 + 0,658 \times K_2O) < 0,60\%$ ;
- b) os teores de cloretos e sulfatos ativos não devem ser superiores a 0,1% e 1%, respectivamente;
- c) o agregado grão deve apresentar perda menor que 12%, no ensaio de resistência ao sulfato de sódio, ou menor do que 18%, no ensaio de resistência ao sulfato de magnésio;
- d) no ensaio de abrasão Los Angeles do agregado grão, a perda deve ser inferior a 50%;
- e) a porcentagem dos grãos lamelares deve ser inferior a 15%.

4.2.3.2 A fiscalização deve assistir ao recebimento dos agregados, verificando sua uniformidade e presença de impurezas, rejeitando os carregamentos que apresentem padrões duvidosos.

4.2.3.3 O armazenamento dos agregados deve ser feito sobre solo firme, com leve declividade, revestido por uma camada de concreto-magro ou de brita compacta.

4.2.3.4 Os agregados de diferentes procedências ou bitolas devem ser armazenados separadamente.

4.2.3.5 Os locais de depósito devem ser protegidos de enxurradas.

NOTA: Nas operações de carga e descarga dos agregados, deve-se tomar cuidado para não haver contaminação do agregado por óleos, graxas e materiais terrosos, que possam ser trazidos pelos veículos.

4.2.3.6 O agregado miúdo deve apresentar mais de 20%, passando na peneira de 0,3 mm, e entre 4 e 8%, na peneira de 0,15 mm, o que equivale a se usar uma granulometria mais fina que a faixa ótima indicada na ABNT EB-4.

#### 4.2.4 Água

4.2.4.1 A água destinada ao amassamento do concreto deve ser isenta de teores prejudiciais de substâncias estranhas. Presumem-se satisfatórias as águas potáveis e as que atendem aos seguintes limites máximos:

cloretos.....	250 mg/litro
sulfatos.....	150 mg/litro
partículas sólidas em suspensão.....	2000 mg/litro
matéria orgânica.....	200 mg/litro
CO <sub>2</sub> livre.....	5 mg/litro
açúcar.....	5 mg/litro

4.2.4.2 No ensaio comparativo de resistência à compressão em argamassa, tolera-se uma redução máxima de 15% entre o resultado obtido com a argamassa preparada com água duvidosa e aquele obtido com a argamassa preparada com água de qualidade comprovada.

4.2.4.3 No ensaio comparativo em pasta de consistência normal são permitidas variações nos tempos de início e fim de pega de 30 minutos, no máximo.

4.2.4.4 A água necessária para a concretagem programada, deve ser, se possível, armazenada previamente em tanques impermeáveis e cobertos.

#### 4.2.5 Aditivos

4.2.5.1 Os aditivos devem ser fornecidos, de preferência, na forma líquida, devendo sua eficiência ser comprovada em ensaios comparativos entre concretos executados com e sem a colocação de aditivo.

4.2.5.2 A porcentagem do aditivo deve ser fixada conforme recomendações do fabricante, levando-se em consideração a temperatura ambiente e o tipo de cimento, devendo ser, previamente, comprovado o seu desempenho.

4.2.5.3 Não devem ser usados aditivos que contenham cloreto de cálcio.

4.2.5.4 Aditivos com idade superior a 6 meses de fabricação, devem ser necessariamente ensaiados para verificação de sua eficiência.

4.2.5.5 Podem ser empregados os seguintes tipos de aditivos:

- plastificantes - que reduzem o fator água-cimento, mantendo a consistência desejada e melhorando a impermeabilidade, compacidade e resistência à corrosão;
- impermeabilizantes - que diminuem a higroscopicidade e a permeabilidade do concreto, agindo por hidrofugação;
- incorporador de ar - aditivo que produz no concreto ou argamassa, durante a operação de mistura, minúsculas bolhas de ar que se distribuem uniformemente pela massa, acarretando melhoria da trabalhabilidade do concreto fresco e sua impermeabilidade;

d) retardadores de pega - que atuam sobre o tempo de pega do cimento.

NOTA: Não se recomenda o uso de aditivos aceleradores de pega em concretos de estruturas que devam ser estanques.

4.2.5.6 Os aditivos devem ficar abrigados das intempéries, umidade e calor.

4.2.5.7 O armazenamento deve possibilitar o uso de aditivo em ordem cronológica de entrega e fácil distinção entre os tipos, para se evitar troca involuntária.

4.2.5.8 A fiscalização deve assistir ao recebimento do aditivo chegado à obra e aprovar o local de depósito, exigindo a separação por lotes, de acordo com o tipo e procedência do aditivo.

#### 4.2.6 Veda-juntas

Quando não especificado outro valor no projeto, os veda-juntas devem apresentar as seguintes propriedades mecânicas:

- a) resistência mínima de ruptura à tração: 15 MPa;
- b) alongamento mínimo na ruptura: 250%;
- c) envelhecimento - redução máxima de 20% na tensão e alongamento na ruptura;
- d) Dureza Shore:  $80 \pm 5$ ;
- e) índice de resistência ao ozônio.

### 4.3 Dosagem do concreto

#### 4.3.1 Dosagem

Deve ser sempre exigido, em todas as obras, que o concreto seja dosado experimentalmente, a partir do conhecimento das características dos materiais componentes, de modo a obter-se um concreto que atenda aos requisitos impostos nas especificações da obra.

#### 4.3.2 Traço

4.3.2.1 O traço a ser empregado deve obedecer às seguintes condições:

- a) consumo de cimento: entre 3,5 e 4,5 kN/m<sup>3</sup>;
- b) resistência de dosagem ( $f_{cd}$ ), conforme 8.3.1.2 da ABNT NB-1.

4.3.2.2 Na dosagem experimental, são levados em consideração os seguintes fatores:

- a) resistência de dosagem;
- b) classe e tipo de cimento;
- c) dimensões da forma (seções delgadas, estrutura massa);
- d) diâmetro máximo do agregado;
- e) natureza da obra (concreto protendido, concreto submerso, etc.);
- f) controle da fissuração;
- g) agressividade do meio ao concreto;
- h) trabalhabilidade do concreto.

**4.3.2.3** O teor de ar incorporado máximo deve atender ao seguinte:

- a) concreto sem aditivo incorporador de ar: 3%;
- b) concreto com aditivo incorporador de ar: 6%.

**4.3.2.4** O fator água-cimento será fixado de modo a obter-se um concreto que apresente a resistência mecânica especificada e a durabilidade desejada, não devendo ultrapassar os valores limites fixados na Tabela 1.

**TABELA 1 - Fatores água-cimento máximos permissíveis para diferentes estruturas**

tipos de estrutura	Condições de exposição		
	No ar	Em contacto com fluídos ou solos não agressivos ao concreto	Em contacto com fluídos ou solos agressivos ao concreto
Seções delgadas; menor dimensão 20 cm	0,55	0,50	0,44
Seções espessas, tais como: muro de arrimo, laje de fundação.	-	0,60	0,50

**NOTA 1:** Os fluídos em contacto com o concreto podem estar sob pressão ou não.

**NOTA 2:** Os concretos lançados por tremonha em locais abaixo do lençol freático (concreto submerso) devem apresentar fator água-cimento máximo de 0,44.

#### **4.3.3** Diâmetro do agregado

Nas obras sujeitas a meios agressivos ao concreto, o diâmetro máximo do agregado deve atender às seguintes condições:

- a) ser menor ou igual a 1/3 da menor distância entre as faces das formas, da altura de lajes ou espessura de paredes;
- b) ser menor a 3/4 do espaço entre as barras da armadura;
- c) ser menor ou igual a 3/4 do cobrimento mínimo especificado no projeto, observado em 4.1.7.5.

#### **4.3.4** Trabalhabilidade do concreto

Na fixação da trabalhabilidade e consistência do concreto, deverá levar-se em conta o diâmetro máximo do agregado, o equipamento disponível para transporte, e adensamento ao concreto, as dimensões mínimas das formas e o espaçamento das armaduras.

#### 4.3.5 Concreto bombeado

O concreto deve ser dosado, observando-se as seguintes prescrições:

- a) o diâmetro máximo do agregado deve ser igual ou menor que  $1/3$  do diâmetro interno da tubulação;
- b) o agregado miúdo deve apresentar granulometria tal que a percentagem que passar na peneira 0,3 mm esteja entre 15 e 20%;
- c) o teor de argamassa deve ser fixado de modo a obter-se uma fluidez do concreto compatível com as características e a peculiaridade da obra.

#### 4.3.6 Preparo do concreto

4.3.6.1 O processo do concreto deve ser definido em função das características peculiares de cada obra, tais como localização, dimensões do canteiro, volume de concreto e disponibilidades locais de mão de obra, materiais, equipamentos e suportes.

4.3.6.2 São considerados dois processos de preparo do concreto:

- a) concreto preparado no canteiro da obra em betoneiras ou centrais de concreto;
- b) concreto preparado por central de concreto instalada fora do canteiro da obra e transportado por caminhões-betoneira (concreto pré-misturado).

#### 4.3.7 Localização da central de concreto no canteiro

4.3.7.1 No projeto do canteiro devem ser indicados os locais do equipamento de preparo do concreto, dos silos e depósitos de materiais, que devem estar próximos entre si.

4.3.7.2 A localização deve ser feita de modo a tornar mínimo o momento de transporte do concreto aos diversos pontos de lançamento.

#### 4.3.8 Escolha dos equipamentos

4.3.8.1 Os equipamentos destinados à mistura do concreto devem permitir a obtenção de concreto de qualidade uniforme.

4.3.8.2 A instalação de uma central de mistura pode ser exigida desde que o volume, cronograma de execução e variabilidade desejada para as características técnicas do concreto torne justificável esta solução.

4.3.8.3 A betoneira deve ter capacidade mínima para misturar de cada vez, pelo menos, o traço correspondente a 500 N de cimento.

#### 4.3.9 Operação de mistura no canteiro

4.3.9.1 Antes do início dos serviços, deve-se conferir e aferir os dispositivos de medição dos materiais.

4.3.9.2 Deve também ser verificado se o pessoal está organizado, se as funções estão bem definidas e se os operadores da betoneira e dos vibradores estão bem treinados.

4.3.9.3 A ordem de colocação dos materiais na betoneira pode variar, desde que o cimento seja colocado depois de qualquer um dos agregados e a água por último.

4.3.9.4 Os aditivos deverão ser dissolvidos previamente na água de amassamento.

#### 4.3.10 Concreto pré-misturado

4.3.10.1 Deve ser previsto no canteiro o local para recebimento dos caminhões-betoneiras, tal que permita a fácil descarga do concreto e seu transporte até o ponto de lançamento.

4.3.10.2 O tempo de lançamento do concreto descarregado na obra não deve exceder a 30 minutos.

4.3.10.3 Devem constar no pedido de fornecimento os seguintes dados:

- a) resistência característica do concreto à compressão ou resistência dosagem;
- b) consumo de cimento dentro da faixa estabelecida em 4.3.2.1;
- c) fator água-cimento máximo, atendendo aos valores da Tabela 1;
- d) consistência (abatimento do tronco de cone de Abrams, em cm);
- e) percentagem de ar incorporado, se for o caso;
- f) diâmetros máximos do agregado;
- g) aditivos a serem usados no concreto.

#### 4.4 Controle do concreto

##### 4.4.1 Cimento

4.4.1.1 O controle da qualidade do cimento é feito através de inspeção aos silos e depósitos e por ensaios executados em amostras colhidas de acordo com ABNT - MB-508.

4.4.1.2 A amostra de cimento colhida de uma partida deve ser submetida aos seguintes ensaios:

- a) ensaio normal, ABNT MB-1;
- b) finura Blaine, ABNT MB - 348;
- c) análise química, ABNT MB-509, MB-510, MB-511 MB-512 e MB-513.

4.4.2 O controle dos agregados é feito através de inspeções aos silos e por ensaios realizados em amostras colhidas de acordo com o método ABNT - MB-6 a cada 100 m<sup>3</sup> ou sempre que haja aparente variação nas características.

4.4.2.2 Esta frequência pode ser diminuída, caso a fiscalização constate uniformidade nas características dos agregados fornecidos.

4.4.2.3 Para identificação e caracterização, as amostras de agregados devem ser submetidas aos seguintes ensaios:

- a) apreciação petrográfica;
- b) reatividade potencial (ASTM C 289 e, se necessário ASTM C 227);
- c) resistência aos sulfatos - ASTM C 88;
- d) abrasão Los Angeles - ABNT MB-170;



- e) forma; AFNOR P-18-301;
- f) granulometria - ABNT MB-7;
- g) argila em torrões - ABNT MB-8.

#### 4.4.3 Aços

4.4.3.1 As partidas de aço devem ser inspecionadas no depósito do fabricante ou na obra, sendo rejeitadas as barras ou fios que não apresentem homogeneidade quanto às características geométricas ou apresentem defeitos prejudiciais, tais como bolhas, esfoliações e corrosão acentuada.

4.4.3.2 Para cada lote correspondente a uma mesma categoria, diâmetro e procedência, extrai-se uma amostra que deve ser submetida aos ensaios de tração e dobramento de acordo com os métodos ABNT MB-4 e MB-5. A massa de aço de cada lote, expressa em toneladas, deve ser no máximo de:

- a)  $0,5 \times DN$  para as categorias CA-25 e CA-32;
- b)  $0,3 \times DN$  para as demais categorias, onde  
- DN = diâmetro nominal das barras, em milímetros.

4.4.3.3 No boletim de ensaio devem constar as seguintes determinações:

- a) massa real e nominal;
- b) tensão limite de resistência;
- c) alongamento;
- d) dobramento.

4.4.3.4 As barras soldadas devem atender às mesmas exigências especificadas para as barras não soldadas e a seção de ruptura no ensaio não deve ocorrer na seção da solda.

#### 4.4.4 Aditivos

De cada partida de aditivo deve ser retirada uma amostra para ensaio de verificação de sua qualidade, de acordo com as normas ASTM C 260, C 494 e DIN 1045.

#### 4.4.5 Água

Em caso de dúvida, ou quando houver contaminação nas fontes já inspecionadas, deve-se coletar amostras e submetê-las aos ensaios previstos em 4.2.4.2 e 4.2.4.3.

#### 4.4.6 Concreto preparado no canteiro

4.4.6.1 O controle do concreto, desde a fase anterior à mistura até o término do adensamento, é feito através das seguintes verificações:

- a) devem ser verificadas as medidas das padiolas e suas quantidades para cada agregado em uso;
- b) no caso de usinas gravimétricas, deve-se verificar se a massa tomada para cada agregado corresponde à fornecida pela dosagem;
- c) conhecida a quantidade de agregado lançado na betoneira, bem como as quantidades de cimento e água, o traço deve ser reconstituído e comparado com aquele fornecido pela dosagem;
- d) periodicamente, deve-se verificar se o tempo da mistura está compatível com a velocidade e diâmetro da betoneira. Deve-se, igualmente, verificar se a mistura está sendo prejudicada em sua uniformidade em

decorrência de incrustações internas na betoneira, provocadas por limpeza deficiente;

- e) de cada 30 m<sup>3</sup> de concreto produzido deve-se extrair uma amostra, de acordo com a ABNT MB-833. Esta amostra se destina aos seguintes ensaios:

- determinação da consistência - ABNT MB-246;
- determinação do ar incorporado - ASTM C 173;
- determinação do consumo real de cimento (optativo) - ASTM C 136;
- moldagem de uma série de, no mínimo, 4 corpos de prova cilíndricos normais (15 x 30 cm) para serem ensaiados 2 a 2 por compressão axial nas idades de 7 a 28 dias - ABNT MB-2.

4.4.6.2 Devem ser anotadas no boletim de moldagem as seguintes informações:

- a) marca do cimento;
- b) data e hora da amostragem;
- c) aditivos usados e respectivos teores;
- d) local da aplicação do concreto.

4.4.7 Concreto pré-misturado

4.4.7.1 No caso da obra receber concreto preparado por usinas de concreto pré-misturado, o fornecedor deve colocar na nota de entrega do concreto as seguintes informações:

- a) resistência característica à compressão;
- b) consistência (expressa pelo abatimento do tronco de cone);
- c) traço do concreto (consumo de materiais por m<sup>3</sup> de concreto);
- d) marca do cimento;
- e) volume de concreto entregue;
- f) hora de carregamento do caminhão-betoneira.

4.4.7.2 A amostragem de concreto é feita a cada 30 m<sup>3</sup> de concreto entregue ou por jornada de trabalho, devendo a quantidade ser suficiente para moldagem de 2 corpos de prova por idade, prevalecendo a situação que primeiro ocorrer, de acordo com o método ASTM C 172<sup>1</sup>.

4.4.7.3 A amostra é submetida aos mesmos ensaios indicados em 4.4.6.1 (c), anotando-se no boletim de moldagem as seguintes informações: e

- a) hora de descarga do caminhão-betoneira;
- b) data e hora de amostragem;
- c) identificação do caminhão-betoneira;
- d) local da aplicação do concreto;
- e) as informações contidas na nota de entrega do concreto;
- f) demais ocorrências observadas por ocasião da descarga do concreto, tais como uniformidade de mistura, adição suplementar de água, etc.

<sup>1</sup> Esta seção será revista após a revisão da ABNT - NB-1

#### 4.4.8 Concreto endurecido

4.4.8.1 Os corpos de prova devem ser enviados para um laboratório onde serão submetidos ao ensaio de resistência à compressão axial, de acordo com ABNT MB-3. A cura dos corpos de prova, bem como seu capeamento, devem estar de acordo com a ABNT MB-2.

4.4.8.2 O valor médio dos resultados dos corpos de uma série e que forem ensaiados na mesma idade, é considerado como resultado da amostra. São constituídas amostras com o conjunto de 32 resultados de ensaios do mesmo traço. De cada amostra é feito um estudo estatístico, determinando-se:

- a) tensão média da resistência à compressão;
- b) tensão mínima real de resistência à compressão;
- c) desvio padrão;
- d) coeficiente de variação da resistência;
- e) coeficiente de variação do ensaio.

4.4.8.3 Após a obtenção dos 10 primeiros resultados de amostragem para um determinado traço, deve-se calcular a média móvel dos 10 últimos resultados<sup>2</sup>.

4.4.8.4 A avaliação da qualidade do concreto é feita pela observação dos resultados obtidos no controle e pela sua comparação com aqueles indicados no projeto. Em resumo, determina-se a tensão característica que é comparada com a especificada no projeto. No caso dessa comparação resultar menor, deve ser feita verificação da estabilidade da estrutura<sup>2</sup>.

4.4.8.5 A tensão mínima real determinada em 32 amostragens deve ser maior ou igual à tensão mínima especificada pelo projetista<sup>2</sup>.

4.4.8.6 A qualidade do concreto pode ser avaliada em prazos menores através da observação do valor da média móvel dos últimos 10 resultados<sup>2</sup>.

4.4.8.7 Deve-se considerar como suspeito o concreto que apresente 3 resultados consecutivos da média móvel inferior à tensão mínima especificada no projeto<sup>2</sup>.

4.4.8.8 Considera-se como deficiente o controle que apresente coeficiente de variação dentro do ensaio superior a 5%<sup>2</sup>.

4.4.8.9 Quando os resultados do controle indicarem um concreto de qualidade duvidosa, deve-se proceder, no local ou locais de aplicação deste concreto, à realização de ensaios não destrutivos (esclerometria ou prova de carga) ou então à extração de corpos de prova por meio de broca de diamante. Os resultados desses ensaios devem ser confrontados com aqueles obtidos no controle e com os índices fixados na especificação para avaliação de qualidade do concreto<sup>2</sup>.

#### 4.4.9 Laboratório de ensaio

O controle do concreto, inclusive a coleta de amostras, deve ser feito por equipe e laboratórios próprios da fiscalização ou por ela livremente escolhidos.

---

<sup>2</sup>Esta seção será revista após a revisão da ABNT NB-1.

4.4.9.1 O laboratório pode ser montado na obra com equipe para operá-lo e dar assistência à execução do concreto.

4.4.9.2 Os ensaios podem ser realizados em laboratório situado fora da obra, mantendo-se na obra uma equipe com a incumbência de coletar amostras, moldar corpos de prova e prestar assistência técnica à execução do concreto.

4.4.9.3 Caso não existam laboratórios nas proximidades da obra, deve ser montado na obra um laboratório que disponha, no mínimo, dos seguintes equipamentos para execução de dosagens experimentais e de controle do concreto:

- a) 18 (dezoito) formas cilíndricas (15 x 30 cm) completas, de acordo com a ABNT MB-2;
- b) 1 (um) soquete (ABNT MB-2) para moldagem de corpos de prova;
- c) 1 (uma) forma tronco-cônica para determinação do abatimento do concreto (ABNT MB-256);
- d) 1 (uma) colher de pedreiro;
- e) 1 (uma) concha tipo jardineiro;
- f) 1 (uma) pá com cabo;
- g) 1 (uma) bandeja de 50 x 30 cm;
- h) 1 (um) frasco de Chapman;
- i) 1 (uma) proveta graduada de 1 000 ml, 100 ml e 10 ml;
- j) 1 (um) jogo de peneiras de aberturas: 50 mm; 38 mm, 25 mm, 19 mm, 9,5 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm e 0,075 mm (optativo). As peneiras devem obedecer à ABNT EB-22;
- l) 2 (duas) caixas metálicas de 15 e 30 litros de capacidade;
- m) 1 (uma) escova de aço;
- n) 1 (uma) balança de 100 kg de capacidade, com sensibilidade mínima de 100 g;
- o) 1 (uma) balança de pratos com jogo completo de massas com sensibilidade de 0,5 g e capacidade de 1 kg;
- p) 1 (uma) prensa manual com capacidade de 100 Mg de carga;
- q) 2 (dois) frascos Erlenmeyer (ou recipiente semelhante) de 500 ml de capacidade.

## 4.5 Concretagem

### 4.5.1 Plano de concretagem

4.5.1.1 Em princípio, a concretagem em cada etapa deve ser contínua.

4.5.1.2 Nas obras de vulto, as etapas de concretagem devem corresponder ao plano elaborado com a participação do projetista, do tecnologista, do construtor e da fiscalização.

4.5.1.3 No plano de concretagem deve-se indicar:

- a) posição mais favorável das juntas de concretagem;
- b) ordem de concretagem das partes da estrutura;
- c) volumes a concretar e duração da concretagem;
- d) equipamentos de mistura, transporte, lançamento, adensamento e pessoal necessário;
- e) traço mais adequado a cada parte da estrutura, assim como os traços especiais, como por exemplo os destinados aos locais de armadura muíto densa;
- f) posições de janelas para concretagem em paredes e pilares;
- g) intervalo mínimo entre 2 concretagens de parte contíguas;

h) plano de desforma da estrutura.

4.5.1.4 Nas concretagens demoradas em que haja risco de abalo a partes da estrutura com concreto em início de endurecimento, deve-se estudar a conveniência de usar aditivo retardador de pega, ou interrupção da concretagem, adotando para prosseguimento as providências indicadas em 4.5.6.16.

4.5.1.5 Nas concretagens em geral, devem ser adotadas as seguintes recomendações:

- a) intervalar as concretagens de partes contíguas de, no mínimo, 24 horas;
- b) iniciar a execução de forma de vigas e lajes, somente 24 horas após a concretagem do pilar;
- c) concretar as vigas dentro de uma única jornada, em seção total, abrangendo, se possível, 1/3 do vão da laje;
- d) concretar as lajes de fundo a partir dos cantos;
- e) concretar as vigas em geral a partir dos apoios.

#### 4.5.2 Transporte do concreto

4.5.2.1 O transporte do concreto deve obedecer a condições tais que evitem a segregação dos materiais, a perda da argamassa ou pasta de cimento e a compactação do concreto por vibração.

4.5.2.2 O tempo decorrido entre o término da alimentação da betoneira e o final do lançamento do concreto na forma deve ser inferior ao tempo de pega, ainda que, para atender a esta condição, seja necessário fazer-se uso de retardadores de pega.

4.5.2.3 Para os efeitos desta Norma consideram-se os tipos distintos de transporte de 4.5.2.4 e 4.5.2.5.

4.5.2.4 Transporte do local de produção à obra (caso de concreto pré-misturado). Este transporte deve ser feito obrigatoriamente por caminhões-betoneiras.

4.5.2.5 Transporte do local de preparo ou de recebimento na obra ao ponto de lançamento. Devem ser observadas as seguintes prescrições:

- a) não será permitida a utilização de carrinhos com rodas maçicas ou que possam provocar segregação do concreto e perda de argamassa;
- b) o bombeamento do concreto só será permitido se o concreto for dosado especialmente e se a tubulação de recalque não ocasionar vibração no escoramento.

#### 4.5.3 Lançamento do concreto

4.5.3.1 O lançamento do concreto deve ser feito em camadas horizontais com espessura não superior a 45 cm ou a 3/4 do comprimento da agulha do vibrador.

4.5.3.2 Cada camada deve ser lançada antes que a precedente tenha tido início de pega, de modo que as duas possam ser vibradas conjuntamente. Caso isso não seja possível, proceder como em 4.5.6.16.

4.5.3.3 A concretagem de superfícies inclinadas deve sempre proceder das partes mais baixas para as mais altas. A consistência do concreto deve ser compatível com a inclinação, a fim de que seja evitada a segregação por gravidade.

4.5.3.4 O concreto deve cair verticalmente, o mais próximo possível de sua posição final. Não deve ser depositado em grandes quantidades para espalhamento subsequente. Pode ser tolerado um deslocamento do ponto de queda do concreto para evitar danos às peças embutidas ou deslocamento de barras da armadura.

4.5.3.5 A altura máxima de lançamento do concreto em queda livre é de 1,50 m. Quando o concreto tiver de ser lançado de altura superior a 1,50 m devem ser usadas calhas ou outros dispositivos que evitem a segregação, tais como trombas, funis ou caçambas. Esses dispositivos devem ser usados de forma que a queda final do concreto seja vertical.

4.5.3.6 Quando houver retenção de concreto ou argamassa pela armadura, deve-se providenciar sua remoção imediata e lançá-la no concreto a ser adensado.

4.5.3.7 A concretagem de pilares e paredes altas pode ser feita através de aberturas laterais (janelas), desde que se faça uma abertura provisória na armadura para adaptação de um funil ou calhas.

4.5.3.8 No caso de peças estreitas e altas, recomenda-se a utilização de concreto com maior teor de argamassa para compensar a que poderá ficar agarrada à forma e armadura.

#### 4.5.4 Adensamento

4.5.4.1 O adensamento do concreto deve ser feito por meio de vibrador.

4.5.4.2 Os vibradores de agulhas devem trabalhar e ser movimentados verticalmente na massa de concreto, devendo ser introduzidos rapidamente e retirados lentamente, em operação que deve durar de 5 a 10 segundos.

4.5.4.3 Os vibradores devem ser aplicados em pontos que distem entre si cerca de uma vez e meia seu raio de ação.

4.5.4.4 Deve ser evitada a introdução da agulha do vibrador junto às formas.

4.5.4.5 Deve ser evitado o contacto prolongado da agulha do vibrador com as barras da armadura.

4.5.4.6 Os vibradores de parede só devem ser usados se forem tomados cuidados especiais no sentido de evitar que a forma e armadura saiam de posição.

#### 4.5.5 Cura

4.5.5.1 A cura deve ser feita por qualquer processo que mantenha molhadas as superfícies e dificulte a evaporação da água do interior do concreto, como por exemplo o uso de lençol plástico.

4.5.5.2 Deve ser iniciada tão logo as superfícies expostas o permitam, após o início de pega do concreto.

4.5.5.3 Pode ser feita por molhagem contínua, com sacos de tecido ou papel ou por camada de areia mantida saturada.

4.5.5.4 Em casos especiais pode ser usada cura feita através de aspersão nas su perfícies expostas, de produtos que formam película impermeável; outros processos, como a cura a vapor e a termoelétrica, poderão ser utilizados.

4.5.5.5 A água utilizada na cura deve ser de qualidade tal que não altera as propriedades do concreto.

4.5.5.6 O período de cura deve ser, no mínimo, de 7 dias quando da utilização de cimento portland comum e 14 dias quando da utilização de cimento portland de alto forno ou pozolânico.

4.5.5.7 A água utilizada na cura deve estar à temperatura de  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  em relação à da superfície do concreto, para evitar-se o choque térmico.

#### 4.5.6 Juntas

4.5.6.1 As juntas estruturais estanques devem ser executadas com cuidados especiais para que seja mantida a posição correta da veda-junta durante a concretagem e para que o concreto envolva completamente as abas da veda-junta.

4.5.6.2 Deve-se fixar a veda-junta com auxílio de grampos ou estribos especiais, podendo-se ancorá-la nas barras da armadura ou nas formas.

4.5.6.3 Não é permitida a perfuração da veda-junta para sua fixação.

4.5.6.4 Na operação de concretagem deve-se evitar lançar o concreto diretamente sobre a veda-junta para não deslocá-la de sua posição.

4.5.6.5 O concreto deve ser lançado ao lado da veda-junta e depois conduzido a sua posição final de tal maneira a obter-se um preenchimento completo de ambos os lados da aba da veda-junta, pela vibração cuidadosa do concreto.

4.5.6.6 Quando for prevista demora na sequencia da concretagem por prazo superior a 30 dias, deve-se proteger a aba livre das veda-juntas plásticas contra a ação dos raios solares.

4.5.6.7 Deve-se proteger a veda-junta do contacto de materiais oleosos, graxos, betuminosos ou solventes de plásticos que deformam a junta e prejudicam a aderência do concreto.

4.5.6.8 Após a desforma, as juntas devem ser cuidadosamente limpas e a seguir vedadas interna e externamente com material selante e adesivo, que seja também, resistente à agressividade do meio.

4.5.6.9 As veda-juntas devem ser contínuas. Sendo necessária a execução de soldas ou emendas, estas podem ser feitas no próprio local (juntas de seção plana) ou em bancada (juntas em seção L, T, etc.).

4.5.6.10 Na falta de recomendações do fabricante, podem ser adotadas as seguintes recomendações:

a) por solda autógena:

- cortar retamente as partes, de modo que os topos sejam coincidentes;
- pressionar os topos contra uma chapa metálica aquecida a  $150^{\circ}\text{C}$ ;

- unir os topos e manter os mesmos unidos até que a emenda apresente satisfatória resistência;
  - com uma espátula aquecida a 150°C, arrematar a emenda feita, nas duas faces;
- b) por colagem a frio:
- cortar as partes, de modo que os topos sejam coincidentes;
  - biselar os topos no esmeril, de modo que se justaponham;
  - aplicar a cola em cada parte;
  - unir e manter as partes justapostas até que a emenda apresente resistência satisfatória;
- c) emendas em juntas metálicas:
- superpor as partes planas das abas, cerca de 5 cm;
  - rebitar convenientemente as partes superpostas;
  - soldar de ambos os lados para garantia da vedação.

**NOTA:** Para juntas de cobre ou latão usa-se solda a estanho e para juntas de alumínio ou aço inoxidável usa-se solda por eletrodo especial ou cola de base epóxi.

**4.5.6.11** As juntas de concretagem, também chamadas juntas secas ou de construção, ocorrem quando, devido à paralização prevista ou imprevista na concretagem, o concreto da última camada lançada iniciou a pega, não permitindo portanto, que uma nova camada seja lançada e vibrada conjuntamente com ela.

**4.5.6.12** As juntas podem ser dispensáveis quando se faz uso de aditivos retardadores de pega no preparo da última camada e se proteja a superfície das intempéries.

**4.5.6.13** Devem ser, preferivelmente, localizadas nas seções de tensões tangenciais mínimas, como por exemplo:

- a) nos pilares devem ser localizadas na altura do fundo das vigas;
- b) nas vigas biapoíadas devem ser localizadas nos terços do vão;
- c) nas lajes devem ser localizadas no terço central entre os apoios;
- d) nos blocos devem ser localizadas na base do pilar;
- e) nas paredes biengastadas devem ser localizadas acima do terço inferior;
- f) nas paredes em balanço devem ser localizadas a uma distância do engastamento igual à largura da parede, no mínimo.

**4.5.6.14** As juntas devem ser verticais ou horizontais.

**4.5.6.15** Nas peças de maior responsabilidade deve ser indicada em projeto a posição e a direção do plano da junta, bem como a eventual necessidade de redentes e barras de ligação.

**4.5.6.16** A junta deve ser tratada por qualquer processo que elimine a camada superficial de nata de cimento, deixando os grãos de agregado parcialmente expostos, a fim de se garantir boa aderência do concreto seguinte. Pode-se empregar qualquer dos métodos seguintes:

- a) jato de ar e água na superfície da junta após o início do endurecimento (corte-verde);
- b) jato de areia, após 12 horas de interrupção;
- c) apicoamento (ou picotamento) da superfície da junta, após 12 horas de interrupção, no mínimo.



4.5.6.17 As superfícies devem ser mantidas úmidas e antes da concretagem deve-se proceder a uma lavagem com água para remover todos os restos de concreto solto e a poeira.

4.5.6.18 O lançamento do novo concreto deve ser imediatamente procedido do lançamento de uma camada de argamassa de 2 a 3 cm sobre a superfície da junta. O traço dessa argamassa deve ser o mesmo do concreto, excluído o agregado graúdo.

4.5.6.19 Se, para garantia de perfeita estanqueidade, for indicada a colocação de uma junta elástica de vedação na junta de concretagem, deve-se proceder como indicado em 4.5.6 desta Norma.

4.5.6.20 No caso de juntas de concretagem que ocorram em pontos críticos das peças estruturais no que diz respeito às solicitações, pode ser utilizado um adesivo estrutural para garantir melhor aderência e estanqueidade. No seu emprego devem ser obedecidas cuidadosamente as instruções do fabricante, devendo o novo concreto ser aplicado antes que o adesivo comece a endurecer, pois, caso contrário, pode haver vazamento.

#### 4.5.7 Forma e escoramento

4.5.7.1 Deve ser observado o capítulo 9 da ABNT NB-1.

4.5.7.2 Deve-se dar muita atenção ao risco de deformações, deslocamentos e recalques que possam ocorrer na fase de endurecimento do concreto, usando-se formas e escoramentos mais robustos do que o usual. Nas grandes concretagens deve-se usar retardadores de pega com essa mesma finalidade.

**NOTA:** Dados os riscos resultantes da má aplicação ou de produtos duvidosos, muitos especialistas proíbem o uso de adesivos estruturais em juntas de concretagem.

4.5.7.3 A execução da forma e do escoramento deve ser feita de modo a permitir sua retirada sem causar abalos, usando-se cunhas no escoramento e empregando-se produtos anti-aderentes para facilitar a desforma.

#### 4.5.8 Armadura

4.5.8.1 As emendas devem ser feitas segundo as prescrições de 6.3.5 da ABNT NB-1.

4.5.8.2 As emendas soldadas devem ser feitas por processo de eficiência garantida e controlada por ensaios de tração.

**NOTA:** As barras soldadas devem suportar tensão mínima igual ou superior a 1,25 vezes a tensão limite de escoamento da barra não soldada de igual característica.

4.5.8.3 Não é permitida a utilização de barras de aço que apresentem esfoliações, escamas ou fissuras, observadas principalmente nos locais de dobramento dos ganchos.

4.5.8.4 Para proteger as barras de espera da corrosão, deve-se pintá-las com água de cal ou nata de cimento.

4.5.8.5 O dobramento das barras deve ser feito sempre a frio.

4.5.8.6 As armaduras devem ser isoladas dos eletrodutos metálicos.

4.5.8.7 Devem ser previstas plataformas de serviço nos locais de passagem de pessoal e carrinhos, com o fim de evitar deslocamento da armadura.

4.5.8.8 O arame de amarração deve ser apropriado, de modo a garantir rigidez à armadura, sendo consagrado o uso do arame recozido nº 18, em fio duplo.

#### 4.5.9 Pastilhas, calços e espaçadores

4.5.9.1 Merece especial atenção a colocação de pastilhas, calços, espaçadores e separadores necessários para manter a armadura em posição.

4.5.9.2 As pastilhas podem ser de argamassa forte de cimento, desde que capazes de resistir ao esmagamento devido ao peso da armadura.

NOTA: As pastilhas de argamassa têm-se constituído num ponto fraco por onde se inicia a corrosão do concreto e da armadura, nas obras de saneamento, pelos seguintes motivos:

- não se adaptam à forma da barra da armadura e, via de regra, se esmagam ou se trincam;
- têm superfície lisa, às vezes com película, que dificulta a aderência com o concreto da estrutura;
- quando no concreto ocorre a retração ou contração por queda de temperatura, deforma-se, criando uma linha de percolação e propiciando o ataque da armadura pelo líquido.

4.5.9.3 Os calços-espaçadores devem ser de dupla ação, feitos com material rígido e anti-corrosivo, eliminando-se o uso de calços de madeira e amarração com vergalhão, cuja prática desseminalada põe em risco a estanqueidade e a proteção da armadura nas estruturas de obras de engenharia sanitária (ver Figura 1).

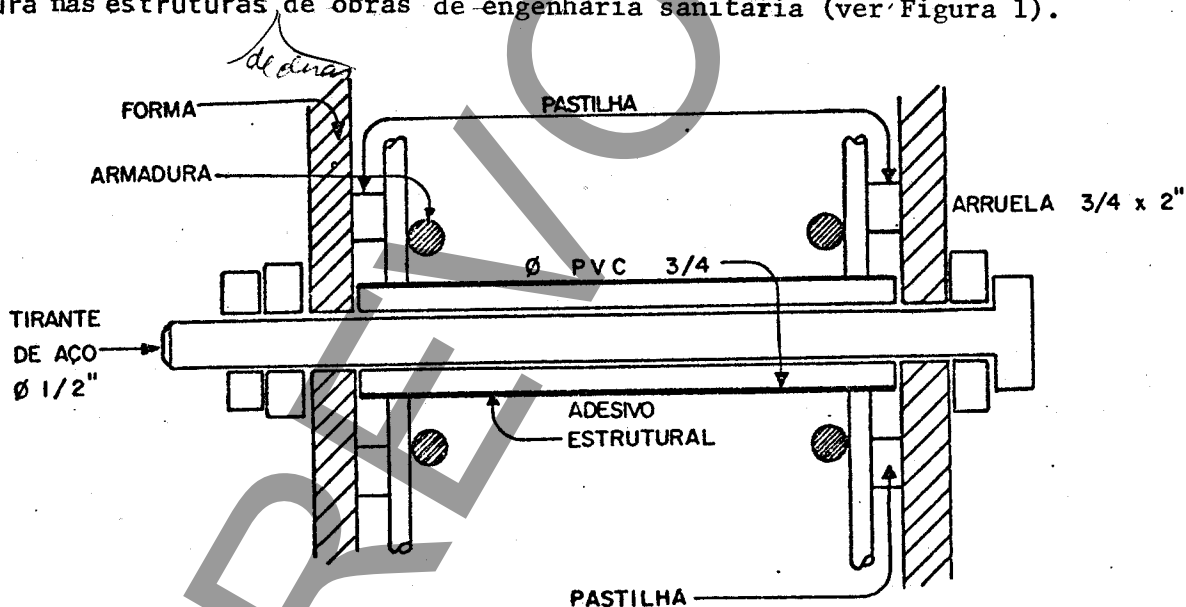


FIGURA 1

4.5.9.4. As pastilhas, preferentemente, devem ser de plástico rígido, de superfície áspera e fixadas às barras da armadura por pressão (ver Figura 2).

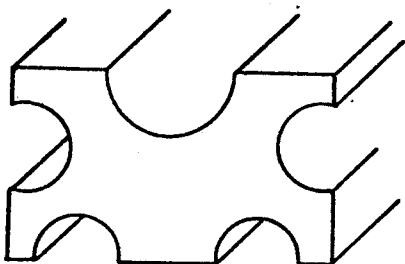


FIGURA 2

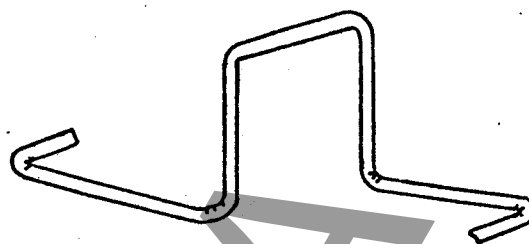


FIGURA 3

4.5.9.5 Na sugestão apresentada na Figura 1, após a remoção da forma, o ôco do calço tubular de PVC deve ser enchido com argamassa de cimento expansivo e adesivo, além de usar-se uma tampa nas partes extremas do tubo.

4.5.9.6 Para garantir o espaçamento entre as barras de uma mesma camada e entre as barras de duas camadas de barras, podem ser usados separadores de plástico rígido de seção cujo desenho permita a fixação por encaixe e pressão conforme sugerido na Figura 2, admitindo-se, porém, como satisfatórios a amarração de pedaços de vergalhão entre as camadas, a amarração dos estribos e o uso de dispositivos tipo "caranguejo", preparados pelos armadores no canteiro de obras, indicados principalmente no caso de peças delgadas como paredes e lages (Ver Figura 3).

#### 4.5.10 Peças embutidas

4.5.10.1 As peças destinadas a ficar embutidas no concreto, tais como ancoragens, tubulações ou juntas de vedação devem estar convenientemente firmes à forma ou armadura, para que não se desloquem por ocasião da concretagem.

4.5.10.2 Devem estar limpas de graxa, óleo e poeira para garantia da boa aderência ao concreto.

4.5.10.3 As peças que atravessam paredes de reservatórios ou outras estruturas para as quais se deseja maior impermeabilidade, devem ter superfície áspera ou corrugada e pintada com adesivo estrutural imediatamente antes da concretagem.

4.5.10.4 As peças metálicas embutidas parcialmente e destinadas à fixação de equipamentos, devem ter a sua parte exposta protegida da corrosão, logo após a cura do concreto.

#### 4.6 Reparos no concreto

Reparos no concreto são medidas adotadas para corrigir defeitos na superfície do concreto e falhas de concretagem, observados após a desforma ou o ensaio de operação da estrutura.

##### 4.6.1 Recobrimento insuficiente e exposição da armadura

Deve ser adotada a seguinte sistemática:

- a) demarcação da área a reparar;

- b) apicoamento da superfície e limpeza;
- c) chapisco com peneira 6,4 mm, com argamassa de traço igual à do concreto (optativo);
- d) aplicação de adesivo estrutural, na espessura máxima de 1 mm, sobre a superfície perfeitamente seca;
- e) aplicação de argamassa especialmente dosada, por gunitagem ou rufo (chapeamento);
- f) proteção da superfície contra ação de chuva, sol e vento;
- g) aplicação de segunda demão de argamassa para uniformizar a superfície, após 24 horas da aplicação da primeira demão;
- h) alizamento da superfície com desempenadeira metálica;
- i) proteção da superfície contra intempéries, usando-se verniz impermeabilizante, cobertura plástica ou camada de areia e molhando-se periodicamente durante 5 dias.

NOTA: No caso de paredes e tetos, a espessura da camada de argamassa, em cada aplicação não deve exceder a 1 cm.

#### 4.6.2 Segregação do concreto

4.6.2.1 Esta falha, que resulta num concreto poroso, deve ser corrigida pela remoção da porção defeituosa ou pelo enchimento dos vazios com nata ou argamassa especial e aplicação adicional de uma camada de recobrimento para proteção da armadura.

4.6.2.2 A solução deve ser adotada, tendo-se em vista a extensão da falha, sua posição (no piso, na parede ou no teto da estrutura) e sua influência na resistência ou na durabilidade da estrutura.

4.6.2.3 Para recomposição da parte removida, deve-se observar as indicações dos itens 4.6.2.4 a 4.6.4.4.

4.6.2.4 No enchimento de cavidade:

- a) aplicar adesivo estrutural;
- b) aplicar concreto estrutural, ou argamassa de cimento (dependendo das dimensões da cavidade), dosado com baixo fator água-cimento, aglutinante de pega rápida e aditivo expansor.

#### 4.6.3 Vazamentos

4.6.3.1 Deve adotada a seguinte sistemática:

- a) demarcação, na parte externa e na parte interna, da área de infiltração;
- b) remoção da porção defeituosa;
- c) mesma sequência dada em 4.6.1 ou 4.6.2.

4.6.3.2 Dependendo da extensão da falha, de seu grau de porosidade, como opção podem ser aplicadas várias demãos de pintura impermeabilizante à base de silicato ou de resina plástica, diretamente sobre a superfície interna.

#### 4.6.4 Trincas e fissuras

4.6.4.1 É necessário verificar se há movimento na trinca ou fissura e qual a amplitude desse movimento para escolha do material adequado para vedação.

4.6.4.2 Quando a trinca ou fissura pode ser transformada em junta natural, adota-se a seguinte seqüência:

- a) demarcação da área a tratar;
- b) abertura da trinca ou fissura, de tal modo que seja possível introduzir o material de vedação;
- c) na amplitude máxima da trinca introduzem-se cunhas de aço inoxidável, a fim de criarem-se tensões que impeçam o fechamento;
- d) aplicação de material de plasticidade perene, fortemente aderente ao concreto. Esse material é elastômeros, cuja superfície em contacto com o ar se polimeriza, obtendo resistência física e química, mantendo, entretanto, a flexibilidade e a elasticidade.

4.6.4.3 Quando deve ser mantida a continuidade monolítica da estrutura, adota-se a seguinte sistemática:

- a) repetem-se a, b e c de 4.6.4.2;
- b) aplica-se uma película de adesivo estrutural;
- c) aplica-se argamassa especial, semi-seca, que permita adensamento por percussão, na qual se adiciona aglutinante de pega rápida e adesivo expensor.

4.6.4.4 Quando não há tensões a considerar e é desejado apenas vedar a trinca, adota-se a seguinte sistemática:

- a) executam-se furos com broca de diamante ao longo da trinca, espaçados de 10 cm e executados até 5 a 6 cm de profundidade, sem atingir a armadura;
- b) cobre-se a trinca com um material adesivo, posicionando-se os tubinhos de injeção;
- c) injeta-se material selante adesivo (epóxi) com bomba elétrica ou manual, apropriada.

#### 4.7 Medidas de proteção

Na preparação de concreto para obras de saneamento, o uso de cimentos, agregados e aditivos adequados, de técnica de execução aprimorada conforme exigido nesta Norma, garantirá em mais de 90% dos casos a durabilidade e estanqueidade das obras de saneamento básico. As medidas aqui preconizadas visam contribuir para o aumento dessa garantia.

##### 4.7.1 Medidas de proteção na fase de projeto

4.7.1.1 Projeto estrutural bem analisado, levando-se em conta todos os esforços oriundos de recalques diferenciais, deformação lenta, variação térmica, expansão e contração durante a hidratação, ficando excluída a possibilidade de trincas ou fissuras visíveis.

4.7.1.2 Projeto de fundações baseado em relatórios de sondagens com informações completas do subsolo, de modo a não solicitar o solo além da taxa admissível, e evitando-se concentração de tensões e recalques excessivos.

4.7.1.3 Determinação dos agentes agressivos, de seu grau de agressividade e da ação simultânea de ações destrutivas como altas ou baixas temperaturas, correntes de fuga, abrasão, vibração, aeração diferencial e variação alternada das condições de exposição do concreto.

4.7.1.4 Especificação de tipos de cimento especiais e de aditivos apropriados, face aos agentes agressivos e ações destrutivas atuantes sobre o concreto.

4.7.1.5 Cobrimento suficiente da armadura em face das condições de exposição e dos agentes agressivos atuantes sobre o concreto.

#### 4.7.2 Medidas de proteção na fase de concretagem

4.7.2.1 Uso de pozolanas para inibição da reação do cimento com agregados de estabilidade duvidosa, principalmente no caso de barragens.

4.7.2.2 Drenagem permanente das águas agressivas ou rebaixamento do lençol freático permanentemente ou até ser providenciada a necessária proteção anti-corrosiva.

4.7.2.3 Uso de forma e escoramentos robustos para excluir a possibilidade de deslocamento ou recalque da forma na fase de concretagem.

4.7.2.4 Dosagem do concreto com fator água-cimento mínimo possível.

4.7.2.5 Uso de equipamentos adequados para mistura, transporte, lançamento e a densamento do concreto.

4.7.2.6 Cura aprimorada do concreto, sendo este um item cuja não observância pode tornar inúteis todas as outras medidas.

4.7.2.7 Desforma cautelosa, decorridos os prazos mínimos estipulados.

4.7.2.8 Pintura da armadura com nata de cimento (ou água de cal) na hora da concretagem.

#### 4.7.3 Medidas de proteção pós-concretagem

4.7.3.1 Drenagem ou rebaixamento das águas agressivas superficiais ou subterrâneas.

4.7.3.2 Neutralização, por qualquer processo, dos agentes químicos e biológicos das águas do subsolo, como por exemplo:

- a) diafragmas ou cortinas de interceptação;
- b) gelatinização do lençol freático circunjacente à estrutura;
- c) injeção de argila biologicamente ativa.

**NOTA:** Nas quatro primeiras semanas após a concretagem, não deve ser permitida a atuação de agentes e de ações agressivas do meio sobre o concreto.

4.7.3.3 Nas obras enterradas, quando possível, o tratamento deve constar de:

- a) reparos de falhas na superfície do concreto;
- b) pintura impermeabilizante no concreto;
- c) reaterro compactado, deixando-se junto da estrutura de concreto uma massa impermeável de cerca de 1,00 m de espessura, constituída de argila.

## 5 RECEBIMENTO DA OBRA

### 5.1 Recomendações a serem observadas na contratação

Deve-se prever nos documentos contratuais que o recebimento definitivo de uma estrutura de concreto de engenharia sanitária fique condicionado aos ensaios de carregamento, de estanqueidade e impermeabilidade da estrutura.

### 5.2 Recomendações a serem observadas no ensaio

5.2.1 Os métodos de ensaio devem ser compatíveis com as hipóteses de cálculo, e os carregamentos a serem aplicados nos ensaios devem ser fixados pelo projetista.

5.2.2 Os ensaios de estanqueidade devem ser feitos logo que a estrutura esteja em condições de receber carga, devendo para isso, estar executadas as instalações para entrada e esgotamento da água a ser usada no ensaio. X  
X

5.2.3 As válvulas e quaisquer outros dispositivos e equipamentos devem ser operados por pessoal habilitado de modo a evitar manobras bruscas.

5.2.4 O enchimento e o esvaziamento devem ser feitos lentamente, devendo-se observar continuamente o comportamento da estrutura, os eventuais vazamentos das paredes e da laje de fundo.

5.2.5 É necessário que durante o enchimento e o esvaziamento, as operações sejam acompanhadas pelo construtor e pelo órgão contratante, representados por engenheiros experientes.

5.2.6 Deve-se considerar, como pessoal auxiliar mínimo, um operador na entrada d'água, outro na saída da drenagem de fundo e mais um no controle dos vazamentos.

5.2.7 Qualquer vazamento anormal deve ser acusado e o ensaio imediatamente paralisado até que se tenha um parecer técnico do especialista.

5.2.8 No caso de estruturas de concreto a revestir, é vantajoso executar-se os ensaios antes da aplicação do revestimento, pois:

- a) facilita a execução de derivações, tomadas, tubulações de entrada e de descarga;
- b) as partes defeituosas serão postas em evidência por eventuais vazamentos;
- c) caso se produzam fissuras permanentes, pode-se eliminá-las mais facilmente;
- d) o concreto satura-se de água, o que limitará os riscos de fissuração por retração.

5.2.9 No caso de obras enterradas, sempre que possível, os ensaios devem ser feitos antes do reaterro, por trechos ou partes tornados estanques por meio de tampões.

5.3 Recomendações a serem observadas no carregamento inicial de tanques e reservatórios:

- a) encher os compartimentos, ou o reservatório, lenta e regularmente, de modo que os níveis máximos previstos sejam atingidos em 24 horas ou mais;
- b) manter os compartimentos em carga máxima durante 8 dias, no mínimo;
- c) no caso de compartimentos em bateria, enchê-los simultaneamente para que não haja sensíveis diferenças de nível entre os mesmos;
- d) no caso de compartimentos em bateria com níveis de operação diferentes, deve-se enchê-los simultaneamente ao nível máximo que cada um pode comportar, a fim de submeter toda a área de fundação ao carregamento máximo;
- e) esvaziar os compartimentos de modo alternado e inopinado, de modo a se verificar o comportamento das paredes intermediárias.

5.4 Constatação de vazamentos:

- a) os vazamentos somente devem ser observados 8 dias após o enchimento da estrutura, no mínimo;
- b) no caso de reservatórios d'água, estes vazamentos não devem ser superiores a  $250 \text{ cm}^3/\text{dia}/\text{m}^2$  de superfície de contacto da água com a estrutura;
- c) esta condição pode ser considerada como preenchida se não se constatar vazamento aparente do reservatório d'água, não sendo considerada como vazamento o aparecimento de uma simples mancha.

/Anexo



## ANEXO

### A-1 Tratamentos superficiais de proteção

A-1.1 Os tratamentos superficiais aqui preconizados visam tratar de forma sumária a complexa temática da anti-corrosão do concreto.

A-1.2 Quando não constar no projeto nenhum tratamento e for julgado necessário dar ao concreto proteção superficial, recomenda-se que a identificação dos agentes agressivos, as especificações e execução do projeto sejam confiadas a firmas de experiência comprovada e que disponham de pessoal e equipamentos especializados.

### A-3 Tipos de tratamento

#### A-3.1 Argamassas de proteção

A-3.1.1 São usadas para revestimento de estruturas, enchimento de juntas e de falhas de concretagem e também para assentamento de cerâmica anti-corrosiva. Consistem de uma mistura de aglutinante, agregados finos, "filler" e solvente, cuja dosagem em diferentes percentagens de combinação permitem obter diferentes consistências.

A-3.1.2 Os tipos de argamassa mais usuais são:

- a) base silicato (ou base água de vidro);
- b) base betuminosa;
- c) base resina plástica;
- d) base cimento portland;
- e) base asfalto ou alcatrão;
- f) outras substâncias especiais.

A-3.1.3 As especificações mínimas requeridas são:

- a) resistência à maioria dos ácidos, sais e bases agressivos;
- b) impermeabilidade aos fluídos;
- c) boa resistência mecânica (opcional);
- d) boa trabalhabilidade;
- e) custo razoável.

A-3.1.4 As indicações de uso são várias, devendo cada tipo ser escolhido com atenção às características da argamassa e às exigências decorrentes das condições de uso prevista.

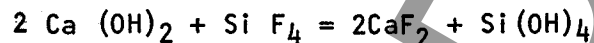
A-3.1.5 O método geral de aplicação pode ser assim resumido:

- a) preparação da superfície;
- b) preparação da argamassa;
- c) aplicação em camadas sucessivas, após a anterior estar perfeitamente aderida e seca;

- d) eventual uso de rede de armação de náilon grampeada à superfície à revestir;
- e) acabamento na superfície da última demão;
- f) cura.

### A-3.2 Ocratação

A-3.2.1 Este tratamento consiste em aplicar gás-tetrafluoreto de silício ( $\text{Si F}_4$ ) sob pressão à superfície do concreto, combinando-se ao hidróxido de cálcio



eliminando a cal livre hidratada e dando origem a um sal insolúvel, o fluoreto de cálcio e sílica-gel. Os silicatos de cálcio e alumínio reagem com o tetrafluoreto de silício da mesma maneira, resultando numa capa de concreto superficial impermeável e resistente a sulfatos e ácidos. Outra consequência é o aumento da dureza superficial do concreto e aumento da resistência, sem alterar a superfície do concreto. Dependendo da pressão e do tempo da aplicação, a espesura da camada poderá atingir profundidade de 2 centímetros, sem qualquer dano à armadura.

A-3.2.2 As indicações de uso são as seguintes:

- a) aplica-se a concretos de estruturas fechadas com idade entre 2 e 4 semanas, sob pressão de 103,3 kPa, especialmente as destinadas ao armazenamento de produtos alimentícios;
- b) é indispensável que não haja vapor de água na superfície do concreto e no gás a aplicar;
- c) tratamento preliminar de outros tratamentos, especialmente pinturas betuminosas.

### A-3.3 Fluatação

A-3.3.1 Este tratamento consiste na aplicação de flúor silicato de magnésio, que dá resultados iguais ao da ocratação. Sendo aplicado por via líquida dá vantagens evidentes na aplicação, seja em estruturas fechadas ou abertas.

A-3.3.2 As indicações de uso são as mesmas de A-3.2.2 e mais:

- a) aplica-se sobre a superfície seca de concretos com idade entre 2 a 4 semanas, em duas ou três demãos sucessivas;
- b) como tratamento primário de outros revestimentos protetores ou "primer" de pinturas.

### A-3.4 Silicatação

A-3.4.1 É a chamada vitrificação solúvel. Resume-se no emprego de silicato de sódio, diretamente sobre a superfície do concreto, resultando na formação de silicato de cálcio e garantindo uma capa protetora superficial.

A-3.4.2 As indicações de uso são as mesmas de A-3.2.2 e principalmente para o revestimento interno de tanques e reservatórios de líquidos alimentícios ou de água potável.

#### A-4 Pinturas e aplicações

A-4.1 São aplicações destinadas a proteger a superfície da estrutura de concreto armado das intempéries, umidade, agentes agressivos ácidos e básicos, pelo revestimento dessa superfície com pinturas e membranas de revestimentos.

A-4.2 As especificações mínimas requeridas são:

- a) boa aderência ao concreto e às demãos anteriores da mesma aplicação;
- b) resistência a meios ácidos ou básicos;
- c) aplicação e material de custo razoável;
- d) evaporação dos solventes sem remanescência de óleos na superfície quando para uso em depósito de líquidos alimentícios ou de água potável.

A-4.3 No caso de pinturas elásticas devem ser observados os itens A-4.3.1 a A-4.3.4.

A-4.3.1 São constituídas à base de borracha clorada dissolvida em hidrocarbonetos e por isso, não aderem muito bem ao concreto liso, donde sua eficiência, ser duvidosa.

A-4.3.2 Indicadas para impermeabilização de fissuras ou trincas e estruturas sujeitas a pequenas deformações.

A-4.3.3 São aplicadas após decorridos 30 dias da concretagem em três ou mais demãos sobre a superfície do concreto bem seca, limpa de poeira e graxa. A primeira demão deve constituir uma base, diluída em solvente apropriado e que garanta boa aderência à segunda demão.

A-4.3.4 Aplicar as demãos sucessivamente, depois que a anterior esteja seca.

A-4.4 No caso de pinturas à base de epóxi devem ser observados os itens A-4.4.1 a A-4.4.5.

A-4.4.1 Apresentam muito boa aderência ao concreto, são muito resistentes aos ácidos e à abrasão.

A-4.4.2 Apresentam elasticidade suficiente para acompanhar o movimento de fissuras e trincas.

A-4.4.3 Indicadas para serviços muito importantes ou de pequena extensão, pois é de execução sofisticada e dispendiosa.

A-4.4.4 O concreto deve ter 30 dias de idade, no mínimo.

A-4.4.5 A superfície do concreto deve estar lixada, limpa de poeira e sem umidade, depois de ter sido lavada com uma solução própria para remoção de graxas e neutralização do concreto.

A-4.5 Tratamento impermeabilizante à base de óleo de linhaça: conforme indicado em A-4.5.1 e A-4.5.2.

A-4.5.1 Requer o mesmo preparo indicado na seção anterior. O concreto deve ter 30 dias de idade, no mínimo.

A-4.5.2 É indicada para proteção do concreto aparente sujeito a intempéries.

A-4.6 No caso de pintura de silicone deve ser observado o indicado em A-4.6.1 e A-4.6.2.

A-4.6.1 A superfície do concreto deve ser lixada e depois deixada bem limpa de poeira e graxas. A aplicação é feita por pintura ou por aspersão do silicone.

A-4.6.2 É indicada para concreto aparente sujeito a intempéries, atuando como hidrófugo, cuja ação permanece por 2 anos.

A-4.7 Em aplicações e pinturas diversas, entre os vários tratamentos existentes, citam-se: X

- a) saponificação;
  - b) vulcanização;
  - c) nata de cimento;
  - d) membranas plásticas;
  - e) membranas metálicas;
  - f) aplicação de ceras e graxas parafínicas;
  - g) pinturas à base de óleo, de verniz, de betume ou de alcatrão.
-