

CONCRETO ESTRUTURAL

Especificação Particular

C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Setembro de 2022



DESIGNAÇÃO - ARTERIS ES – 117 Rev.02

Especificação Particular para Execução de

Concreto Estrutural

Designação ARTERIS ES 117- Rev. 02 (setembro/2022)



1. RESUMO

Esta especificação particular contém os requisitos e exigências a serem obedecidos para o preparo, controle e recebimento dos concretos, utilizados na execução de estruturas de concreto e das propriedades do concreto fresco e endurecido, além de estabelecer parâmetros para a fiscalização, aceitação, medição, e recebimento dos concretos, utilizados nas obras de arte especiais e outras, executadas nas rodovias administradas pelo grupo ARTERIS.

2. REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Para o entendimento desta norma devem ser consultados os documentos seguintes, em suas versões mais recentes:

- NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto — Procedimento.
- NBR 16697. Cimento Portland – Requisitos.
- NBR 5741. Cimento Portland - Coleta e preparação de amostras para ensaios.
- NBR 7211. Agregado para concreto – Especificação.
- NBR 12655. Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento e aceitação- Procedimento.
- NBR 12821. Preparação de concreto em Laboratório-Procedimento.
- NBR 16886. Concreto - Amostragem de concreto fresco.
- NBR 16889. Concreto-Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.
- NBR 15823-1 a 6. Concreto Autoadensável.
- NBR 16887. Concreto - Determinação do teor de ar em concreto fresco - Método pressométrico
- NBR 9833 Concreto fresco - Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico.
- NBR 5738. Concreto- Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.
- NBR 5739. Concreto- Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.
- NBR 12142. Concreto - Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos.
- NBR 7222. Concreto e Argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.
- NBR 7680-1 e 2. Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto.
- NBR 11768-1 a 3. Aditivos químicos para concreto de cimento Portland.

- NBR 15777. Agregados-Reatividade Álcalis-Agregados.
- NBR 15900-1 a 11-Água para amassamento do concreto.
- NBR 8953. Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência.
- NBR 9479 – Argamassa e concreto – Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova.
- NBR 7212. Execução de concreto dosado em central - Procedimento.
- NBR 14931. Execução de estruturas de concreto - Procedimento.
- ABNT NBR ISO 7500-1. Materiais metálicos - Calibração e verificação de máquinas de ensaio estático uniaxial. Parte 1: Máquinas de ensaio de tração/ compressão - Calibração e verificação do sistema de medição da força

3. DEFINIÇÕES

3.1. Concreto de cimento Portland

Material formado pela mistura homogênea de cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários como: aditivos químicos, metacaulim, sílica ativa, materiais pozolânicos, pigmentos e outros. O concreto é um material que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento [cimento e água]. Para os efeitos desta especificação particular, o termo “Concreto” se refere sempre a “concreto de cimento Portland”. [NBR 12655]

3.2. Concreto estrutural

Termo que se refere ao espectro completo das aplicações do concreto como material estrutural. [NBR 6118].

3.3. Concreto simples estrutural

São concretos que não, possuem qualquer tipo de armadura, ou que possuem armaduras em quantidade inferior ao mínimo exigido para o concreto armado. [NBR 6118]

3.4. Concreto armado

É aquele cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e em que não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência. [NBR 6118]

3.5. Concreto protendido

São aqueles concretos nos quais parte das armaduras é previamente alongada por equipamentos especiais de protensão com a finalidade de, em condições de serviço, impedir ou limitar a

fissuração e os deslocamentos da estrutura e propiciar o melhor aproveitamento de aços de alta resistência no estado limite último. [NBR 6118]

4. MATERIAIS

Todos os materiais componentes do concreto devem satisfazer as exigências estabelecidas nas normas citadas nesta especificação particular e ter suas características definidas por ensaios laboratoriais, antes do estudo de dosagem. Estes resultados devem ser apresentados em laudos/certificados conforme diretrizes normativas, para comprovar o atendimento aos requisitos desta especificação particular, dada com base nas normas técnicas.

4.1. Cimento

Na escolha do tipo de cimento deve-se ter bem claro, o objetivo da utilização deste material e considerar parâmetros como, calor de hidratação, características da peça [dimensões, volume], prazo de retirada das formas e cimbramentos [escoramento] e protensão de elementos, local da execução da estrutura [classe de agressividade ambiental], detalhes arquitetônicos, como coloração, detalhes executivos e processo de cura. Devendo o cimento empregado na mistura, cumprir os requisitos da NBR 16697, segundo o seu tipo e classe.

4.2. Agregados

Os agregados, destinados à produção de concreto, podem ser de origem natural ou artificial, e o teor de substâncias nocivas presentes devem atender os limites da Tabela 3, da ABNT NBR 7211, e devem possuir histórico de desempenho em concretos de qualidade similar e em condições de exposição equivalentes às do concreto previsto. Quando não se dispõe de antecedentes de desempenho, seu uso para a produção de concreto deve ser baseado em estudos experimentais.

Antes do início da utilização do agregado, deve ser feita uma apreciação petrográfica para se conhecer a natureza mineralógica e para se ter indício do potencial reativo, ou não, do agregado.

Os agregados destinados à produção de concreto de cimento Portland, devem atender todas as exigências da ABNT NBR 7211 e suas referências normativas, além da ABNT NBR 7212 em casos de concreto dosado em central.

Para agregados reciclados ou recuperados, deve-se consultar o item 5.1.2.3.2 da ABNT NBR 12655.

4.3. Água

A água classificada como potável é considerada adequada ao preparo de concretos. No entanto, deve ser analisada e precisa atender todos os requisitos da NBR 15900.

4.4. Aditivos

Os aditivos utilizados em concreto de cimento Portland devem cumprir todos os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 11768, e recomendações da ABNT NBR 12655, em seu item 5.1.2.5. Não sendo permitido o uso de aditivos à base de cloreto.

A quantidade total de aditivos, quando utilizados, não podem exceder a dosagem máxima recomendada pelo fabricante.

4.5. Adições

O emprego de adições é permitido desde que comprovada sua eficácia e atendimento aos itens 5.1.2.6 a 5.1.2.8 da ABNT NBR 12655, além de separados, identificados e armazenados conforme recomendação dos fabricantes.

5. CONCRETO

5.1. Estudo de dosagem do concreto

Conforme ABNT NBR 12655, item 5.6. e 5.4 da ABNT NBR 7212.

Recomenda-se um período de antecedência de, no mínimo, 30 dias para estudo de dosagem experimental e de 7 dias úteis, para uma análise teórica de traços apresentados que tenham eficácia comprovada.

O estudo de dosagem deve ser realizado no laboratório segundo a ABNT NBR 12821, da central de concreto fornecedora ou laboratório de referência, com os mesmos materiais a serem utilizados e nas mesmas condições de quando forem empregados na obra, dimensionado para atender aos requisitos especificados pelo projeto estrutural e às características da estrutura.

O estudo de dosagem é de obrigação da central de concreto, fornecedora e de interesse da construtora, adquirente de concreto, bem como da contratante e fiscalizadora, onde será de responsabilidade da construtora, quando esta for a proprietária da central de concreto. Nestas condições a construtora deverá manter, no canteiro de obras, um laboratório, próprio ou contratado, onde a fiscalização tenha livre acesso.

O concreto deve ser dosado criteriosamente, a fim de evitar ou, pelo menos, minimizar sua segregação no estado fresco, tendo-se em consideração as operações de mistura, transporte, lançamento e adensamento.

Dimensionado o traço e homologado pela contratada, toda e qualquer alteração que se faça necessária deve ser obrigatoriamente comunicado a fiscalização.

5.2. Cálculo da resistência de dosagem

Conforme ABNT NBR 12655, item 5.6.3.

Em traços que não possuam a eficácia comprovada, deve-se imprescindivelmente avaliar os resultados obtidos em laboratório pela dosagem experimental, em atendimento a esse item.

5.3. Medida dos materiais componentes do concreto

A base de medida do concreto para o estabelecimento da sua composição, da sua requisição comercial ou fixação do seu volume é o metro cúbico (m³) de concreto no estado fresco adensado. Os materiais para concreto de classe C20 e não estruturais, segundo a ABNT NBR 8953, podem ser medidos em massa, ou em massa combinada com volume. Massa combinada com volume, significa que o cimento seja sempre medido em massa e que o canteiro deva dispor de meios que permitam a confiável prática da conversão de massa para volume de agregados, considerando a umidade da areia.

Os materiais para concretos de classes C25 e superiores, conforme a ABNT NBR 8953, devem ser medidos, sempre, em massa.

As tolerâncias admitidas para dosagens dos materiais, são as especificadas segundo aos itens 5.5.1 a 5.5.4 da ABNT NBR 7212.

Nota 1: Em qualquer situação os traços de concreto oriundos dos estudos de dosagem deverão ser submetidos ao crivo da fiscalização para que esta decida pela sua utilização ou não.

5.4. Condições de preparo do concreto

Conforme 5.6.3.1 da ABNT NBR 12655.

Além das condições estabelecidas consoante as classes de resistência, não se admite a dosagem de concretos autoadensável, estrutural e concretos especiais que tenham características específicas (como o acréscimo de adições, dosagens de aditivos super plastificantes etc.), serem dosados em volume mesmo que sua classe seja \leq C20.

5.5. Traço ou composição do concreto

O traço é composto pelas quantidades, em massa ou volume, dos vários componentes do concreto, normalmente referidos ao cimento.

O traço deve ser expresso em quantidades de materiais por metro cúbico de concreto e é esta formulação que, por uma “Carta-Traço”, conforme ABNT NBR 7212, deverá ser oferecida ao adquirente de concreto, com todas as características dos materiais componentes (ver item 4.), para que a fiscalização possa realizar uma avaliação, aprovando ou não, o produto oferecido.

5.6. Mistura

Os componentes do concreto, medidos segundo o indicado no item anterior 5.4, devem ser misturados até formar uma massa homogênea, não devendo em hipótese alguma exceder a capacidade nominal do equipamento utilizado. A operação de mistura pode ser executada na obra, na central de concreto [central misturadora] ou em central dosadora [com mistura em caminhão-betoneira]. Quando a mistura for realizada em central de concreto ou em caminhão-betoneira, deve obedecer ao disposto na ABNT NBR 7212, no que se refere ao equipamento de mistura.

6. RESPONSABILIDADES

A contratada e o responsável técnico por ela designado devem garantir o cumprimento desta especificação particular e manter documentação que comprove a qualidade do concreto, com livre acesso a contratante e a fiscalização.

6.1. Projetista da estrutura

A este profissional cabe a responsabilidade por alguns registros que devem ser obrigatórios nos contratos e em todos os desenhos e memórias que descrevem o projeto tecnicamente como:

- a) A resistência característica à compressão do concreto, f_{ck} , com dispensa explícita para determinado desenho ou folha da memória.
- b) Especificação de f_{cj} para as etapas construtivas, como na retirada de cimbramento, na aplicação de protensão ou no manuseio de pré-moldados.
- c) Especificação dos requisitos correspondentes à durabilidade da estrutura e elementos pré-moldados, durante sua vida útil, inclusive da classe de agressividade, item a ser observado por quem efetua o estudo de dosagem do concreto.
- d) Especificação dos requisitos correspondentes às propriedades especiais do concreto, durante a fase construtiva e vida útil da estrutura, tais como: módulo de deformação mínimo na idade de desforma, movimentação de elementos pré-moldados ou aplicação da protensão.
- e) Especificação do cobrimento da armadura.

Além de outras propriedades necessárias à estabilidade e à durabilidade da estrutura.

6.2. Executante da obra

São da inteira responsabilidade do profissional, ou empresa, responsável pela execução da obra de concreto:

- a) A escolha da modalidade de preparo do concreto, se dosado in-loco, pelo próprio executante da obra, obedecendo às condições de preparo da ABNT NBR 12655 e desta

especificação particular, ou dosado em central de concreto, por empresa de serviço de concretagem, conforme ABNT NBR 7212.

- b) A escolha do tipo de transporte do concreto a ser empregado na execução da obra, se de lançamento convencional ou por bombeamento.
- c) A escolha da classe de consistência, da dimensão máxima característica do agregado gráudo, tendo em conta as dimensões de fôrmas, as espessuras de peças, a densidade de armadura, o cobrimento previsto, operações de lançamento do concreto, tipo de vibração, e o tipo de transporte e o diâmetro da tubulação, quando o transporte for feito por bombeamento
- d) Atendimento de todos os requisitos de projeto e condições de aplicação.
- e) A escolha dos materiais a serem empregados.
- f) A aceitação do concreto fresco, neste caso, com o aval do representante da fiscalização.
- g) Os cuidados requeridos pelo processo construtivo e pela retirada do escoramento, considerando as peculiaridades dos materiais [em particular do cimento] e as condições de temperatura ambiente.
- h) A certificação de que todos os requisitos desta especificação particular estão atendidos.
- i) Os itens “b” e “c” devem ser mencionados quando da solicitação do concreto à central de concreto.

6.3. Como pedir o concreto.

O responsável pelo pedido de concreto deve, sempre, solicitar um traço aprovado. Pedir e documentar registrando: o volume total solicitado, volume por remessa, classe de resistência, classe de consistência ou classe de espalhamento, dimensão máxima característica do agregado gráudo e outras especificidades, se existirem, como classe de agressividade ambiental a ser respeitada, introdução de adições, aditivos e/ou outros.

6.4. Como receber o concreto.

O recebimento do concreto é a verificação da conformidade das propriedades especificadas para o concreto no estado fresco ABNT NBR 12655. Esta verificação é efetuada antes da descarga. No caso do concreto dosado em central, esta verificação abrange também a aprovação da documentação correspondente ao pedido de concreto.

O documento de entrega, que acompanha cada remessa do concreto, deve conter:

- a) O local de entrega;
- b) O consumo de cimento por metro cúbico de concreto;
- c) Marca, tipo e classe do cimento (aplicável a calda de cimento);

- d) A resistência característica à compressão do concreto “fck”;
- e) Resistência à tração (se aplicável);
- f) Módulo de deformação (se aplicável);
- g) O volume de concreto solicitado por remessa;
- h) A hora de início da mistura;
- i) Tempo de transporte (em caso de concreto dosado em central);
- j) A classe de consistência ou de espalhamento;
- k) A dimensão máxima característica [DMC] do agregado graúdo;
- l) E o volume de água complementar, se for o caso; (se adicionada, deve-se registrar na remessa para o controle e fiscalização);
- m) A temperatura do concreto (°C);
- n) Lacre do caminhão; (em caso de concreto dosado em central);

O responsável pelo recebimento do concreto é o executante da obra, adquirente do concreto, ou alguém por este designado, acompanhado da fiscalização do proprietário da obra.

A documentação comprobatória do cumprimento desta Especificação Particular [como relatórios de ensaios, laudos e outros] deve estar disponível no canteiro de obra, durante toda a construção, e deve ser arquivada e preservada pelo prazo previsto na legislação vigente.

No caso de concretos preparados por empresa de serviços de concretagem, a central de concreto deve assumir a responsabilidade relativa às etapas de preparo do concreto, bem como as disposições desta Especificação Particular e da ABNT NBR 7212. A documentação relativa ao cumprimento destas prescrições e disposições deve ser disponibilizada para o responsável técnico da obra, para o representante do executante da obra e, também, arquivada na empresa de serviços de concretagem, preservada durante o prazo previsto na legislação vigente.

Quando as etapas ou formas de preparo do concreto forem realizadas de maneira diferente das definidas, nesta Especificação Particular, as responsabilidades devem ser claramente estabelecidas em contrato entre as partes.

Por exemplo, quando a mistura e o transporte do concreto forem realizados por empresa de serviços de concretagem, sendo o estudo de dosagem ou a escolha dos materiais indicada por outra pessoa, legalmente qualificada.

6.4.1. Ensaios de controle do recebimento do concreto fresco

6.4.1.1. Consistência

Para o recebimento do concreto deve-se efetuar a medida da consistência, com o emprego do tronco de cone ou cone de Abrams [Slump-Test], segundo a ABNT NBR 16889, ou espalhamento

e habilidade passante em fluxo livre, para os concretos auto adensáveis, conforme ABNT NBR 15823, se a fiscalização julgar necessário, deverá ser determinado o percentual de ar aprisionado ou incorporado, consoante a ABNT NBR 16887 ou ABNT NBR 9833 se o agregado do concreto for muito poroso. Utiliza-se o mesmo procedimento e determina-se a massa específica do concreto fresco. Estes parâmetros, deverão concordar com o que foi estabelecido no estudo de dosagem, além do que deve, também, ser realizada uma avaliação, subjetiva, da coesão e da trabalhabilidade. Para os concretos preparados pelo executante da obra [dosado In-Loco], devem ser realizados ensaios de medida da consistência sempre que ocorrerem alterações na umidade dos agregados e nas seguintes situações:

- a) na primeira amassada do dia;
- b) ao reiniciar o preparo após uma interrupção da jornada de concretagem de pelo menos 2 h;
- c) na troca de operadores de equipamentos de mistura;
- d) cada vez que forem feitas coletas para moldagem de corpos-de-prova ABNT NBR 12655 ou a critérios da fiscalização;

Para os concretos preparados por empresa de serviços de concretagem, devem ser realizados ensaios de consistência a cada betonada recebida na obra [cada caminhão betoneira], ABNT NBR 12655, item 6.1.

Concluídos os ensaios de controle do recebimento do concreto fresco, feitos todos os registros de resultados e a remessa de concreto estando aceita, esta é encaminhada para a descarga, de onde o concreto é transportado, pelo meio escolhido, até a sua posição definitiva na peça.

6.5. Coleta de amostras para moldagem de corpos de prova

A coleta de amostras deve ser realizada durante a operação de descarga, conforme ABNT NBR 16886, após a descarga dos primeiros 15% e antes de completar a descarga de 85% do volume total da betonada, devendo ser realizada em dois ou mais períodos, regularmente espaçados, dentro de um limite de tempo indicado.

O tempo decorrido entre a obtenção da primeira e da última porções de uma amostra composta será o menor possível, não devendo em nenhum caso ser superior a 15 min. O volume da amostra deve ser pelo menos 1,5 vez a quantidade necessária para a realização dos ensaios. Para ensaios de resistência à compressão, a amostra mínima será de 30 L.

6.6. Moldagem de corpos de prova

A coleta da amostra deve ser realizada conforme item 6.5, e amostras empregadas nos ensaios de abatimento, teor de ar e massa específica devem ser descartadas.

A dimensão básica do corpo de prova deve ser no mínimo quatro vezes maior que a dimensão máxima nominal do agregado graúdo do concreto.

As partículas de dimensão superior à máxima nominal, sejam ocasionalmente encontradas na moldagem dos corpos-de-prova, devem ser eliminadas por peneiramento do concreto, conforme a ABNT NBR 16886, item 5.

Concluída a coleta, fazer uma prévia homogeneização da amostra para garantir a sua uniformidade e colocar o concreto no interior dos moldes, utilizando uma concha de seção U, em número de camadas que corresponda ao que determina a tabela 3, da ABNT NBR 5738.

Ao introduzir o concreto, deslocar a concha ao redor da borda do molde, para assegurar uma distribuição simétrica e, imediatamente, com a haste em movimento circular, nivelar o concreto antes de iniciar seu adensamento.

Nota 2: *Recomenda-se que o moldador seja qualificado, conforme ABNT NBR 15146-1.*

Nota 3: *O uso de desmoldantes/lubrificantes para as formas, devem ter histórico conhecido, e ser aplicado conforme recomendação de fabricante, e desde que não reaja com o cimento.*

A moldagem dos corpos de prova deve ser feita conforme ABNT NBR 5738 e atender os critérios das tabelas 1, 2 e 3 da ABNT NBR 5738.

Sempre que possível, os corpos de prova devem ser moldados no local onde devem permanecer durante o período da cura inicial, evitando-se, assim, o manuseio e transporte dos corpos de prova recém-moldados.

Quando isto não for possível, os corpos de prova devem ser levados, imediatamente após a moldagem, até o local onde devem permanecer durante o período da cura inicial.

6.6.1. Moldagem remota

Será admitido o controle via moldagem remota, desde que o procedimento esteja em acordo com a ABNT NBR 7212, em seu anexo A.

6.6.2. Idade de Moldagem

Cada moldagem efetuada, deve conter exemplares constituídos por dois corpos de provas da mesma idade de rompimento, seja para a determinação da resistência à compressão, resistência a tração na flexão ou a tração por compressão diametral, e obrigatoriamente terá que ter corpos de prova para a idade de controle aos 28 dias, outras idades como: 3, 7, 14, 21, 63 e 91, por exemplo, devem constar do plano de amostragem, previamente estabelecido, ou ficará a critério da fiscalização exigir, ou do gestor determinar. Para execução de outros ensaios como módulo, se não

constar no plano de amostragem, a fiscalização exige as idades conforme a necessidade. Destaca-se que indispensavelmente os números de corpos de prova por exemplares, para cada idade de ensaio, devem respeitar as normas vigentes (ABNT NBR 12655, 7215, etc.)

6.7. Cura

O tanque de cura e/ou câmara úmida, deve atender os requisitos da ABNT NBR 9479. Em caso de tanque de cura a água deve ser saturada com cal, sendo 1,5 kg de cal para 1000 litros de água.

6.7.1. Cura inicial do Corpo de Prova

Após a moldagem, colocar os moldes sobre uma superfície horizontal rígida, livre de vibrações e de qualquer outra causa que possa perturbar o concreto.

Durante as primeiras 24 h (no caso de corpos-de-prova cilíndricos), ou 48 h (no caso de corpos-de-prova prismáticos), todos os corpos-de-prova devem ser armazenados em local protegido de intempéries, sendo devidamente cobertos com material não reativo e não absorvente, com a finalidade de evitar perda de água do concreto.

6.7.2. Manuseio e Transporte do Corpo de Prova

Após o período de cura inicial (24 horas), os corpos-de-prova serão retirados dos moldes e destinados a um laboratório, em um prazo máximo de 48 horas (2 dias) para corpos de provas cilíndricos e 72 horas (3 dias) para corpos de prova prismáticos. Devem ser transportados em caixas rígidas, contendo serragem ou areia molhada. Quando isto não possível, os corpos de prova deverão ser transportados, até o Laboratório, dentro do próprio molde.

O transporte deve ser feito de maneira cuidadosa, de modo a evitar golpes, choques, exposição direta ao sol ou outra fonte de calor, evitando-se, assim, temperaturas elevadas e perda de umidade.

6.7.3. Os corpos de prova moldados têm o objetivo de:

Segundo a ABNT NBR 14931, em seus itens 8.2 e 8.3

- a) Comprovar a qualidade e a uniformidade do concreto durante a construção.
- b) Verificar as condições de proteção e cura do concreto.

E deve-se seguir as recomendações de cura, segundo a finalidade de controle.

7. ENSAIOS DE CONTROLE DO CONCRETO ENDURECIDO

7.1. Máquina de ensaio

A máquina para laboratórios de ensaios, deve ser Classe 1, ou melhor, deve ser de acionamento elétrico e ter capacidade mínima de carga de 200.000 kgf. Para laboratórios instalados em obras ou centrais de concreto admite-se Classe 2, com capacidade mínima de carga de 100.000 kgf, atendendo os valores máximos admissíveis determinados pela ABNT NBR ISO 7500-1.

Outros dispositivos são opcionais, para a realização de ensaios de resistência à compressão axial, em corpos de prova cilíndricos, de calda de cimento, argamassa e concreto, nas configurações 50X100 mm, 100x200mm e 150x300 mm, bem como dispositivos para realização dos ensaios de resistência à compressão diametral, resistência a tração por flexão e módulo de elasticidade.

A prensa deve ser dotada de controle de velocidade, e aplicar carga de forma contínua, sem choque e sem interferência do operador.

A máquina de ensaio ou prensa deve estar aferida por empresa acreditada pelo INMETRO, conforme ABNT NBR ISO 7500-1, e deve-se, em condições normais, manter um registro de aferição devidamente assinado pelo responsável técnico do laboratório, em intervalo não superior a 12 meses. Recomenda-se, entretanto, que sempre que se suspeitar da existência de erro do equipamento, fazer uma aferição extraordinária. Recomenda-se, ainda, que seja feita uma nova aferição sempre que o equipamento passar por alguma operação de manutenção ou quando houver deslocamento do equipamento de um local para outro.

Nota 4: Em nenhuma hipótese será aceito qualquer tipo de prensa com acionamento manual.

7.1.1. Preparo dos corpos de prova

Até a idade de ensaio, os corpos de prova devem ser mantidos em processo de cura úmida ou saturada, nas condições preconizadas, conforme o caso, pelas ABNT NBR 5738, 7680 e 9479.

Os corpos de prova moldados devem atender ao estabelecido na ABNT NBR 5738.

Os corpos de prova testemunhos, extraídos de estruturas de concreto endurecido, devem atender ao estabelecido na ABNT NBR 7680.

Antes da execução do ensaio, devem ser preparadas as bases dos corpos de prova, moldados e extraídos, conforme estabelecido na ABNT NBR 5738, por meio de retificação ou capeamento.

Após a preparação das bases, deve-se garantir que os corpos de prova mantenham sua condição de cura.

Nota 5: Recomenda-se que o ensaio seja realizado, o mais rápido possível, após a retirada do corpo de prova de sua condição de cura.

Nota 6: Dependendo do tipo de acabamento dado às bases do corpo de prova é recomendado fazê-lo antecipadamente.

7.2. Execução do ensaio

7.2.1. Ensaio de resistência à compressão em corpos de prova cilíndricos.

O ensaio deverá ser executado conforme ABNT NBR 5739

7.2.1.1. Preparo

- a) Determinar o diâmetro médio do corpo de prova, utilizando duas medidas feitas, ortogonalmente, na metade da altura do corpo de prova, para o cálculo da área de sua seção transversal.
- b) Determinar a altura do corpo de prova, medida sobre seu eixo longitudinal, incluindo o capeamento.
- c) Antes de iniciar o ensaio, as faces dos pratos da máquina e do corpo de prova devem ser limpas e secas antes de o corpo de prova ser colocado na posição de ensaio.
- d) O carregamento de ensaio deve ser aplicado continuamente e sem choque, com a velocidade de $0,45 \pm 0,15$ MPa/s. A velocidade de carregamento deve ser mantida constante durante todo o ensaio.
- e) O carregamento só deve cessar quando houver uma queda de força, indicando que houve a ruptura.
- f) Deve-se respeitar as tolerâncias para as idades de ensaio, estabelecidas na ABNT NBR 12655 em seu item 5.3, e os resultados obtidos fora da tolerância, estarão sujeitos a aceitação pela fiscalização.

Nota 7: Caso exista um controle geométrico dos moldes, conforme recomendado pela ABNT NBR 5738, pode-se dispensar a medição do diâmetro e da altura, adotando-se as dimensões nominais (aplicável aos corpos de provas cilíndricos).

7.2.1.2. Cálculo das resistências

A resistência à compressão axial, deve ser calculada segundo ABNT NBR 5739, item 6.1.

7.2.1.3. Apresentação de resultados

O relatório de ensaio de corpos de prova moldados, deve ser emitido no prazo máximo de 3 dias úteis após a execução do ensaio, e segundo a ABNT NBR 5738 deve conter, no mínimo, as seguintes informações:

- a) Número do registro para certificado;
- b) Identificação da série;
- c) Número de identificação do corpo de prova;

- d) Data da moldagem do corpo de prova;
- e) Idade do ensaio do corpo de prova;
- f) Data do ensaio;
- g) Dimensões do corpo de prova;
- h) Tipo de preparo das bases do corpo de prova;
- i) Classe da máquina de ensaio;
- j) Resultado da resistência à compressão, individual, dos corpos de prova e do exemplar;
- k) Tipo de ruptura do corpo de prova;
- l) Identificação da peça concretada;
- m) Resistência característica especificada (f_{ck} ; $f_{ctm}'k$)

Nota 8: O resultado da resistência à compressão deve ser expresso em Mega Pascal (Mpa), com três (3) algarismos significativos.

Nota 9: quando a discrepância entre resultados de um exemplar for muito acentuada, convém investigar o tipo de ruptura, pois podem ocorrer erros na coleta da amostra, na moldagem do corpo de prova e/ou no acabamento das faces do corpo de prova e a investigação, normalmente, leva à identificação do erro, que deve ser sanado.

A apresentação dos resultados de resistência à compressão de corpos de prova extraídos de estruturas deve obedecer aos prescrito na ABNT NBR 7680.

7.2.2. Ensaio de resistência a tração por compressão diametral em corpo de prova cilíndrico.

O ensaio será executado conforme estabelecido na ABNT NBR 7222.

7.2.2.1. Corpos de prova Moldados

Da mesma forma que para os ensaios de resistência à compressão, os corpos para os ensaios de resistência a tração por compressão diametral são moldados e curados conforme recomendado na ABNT NBR 5738.

7.2.2.2. Corpos de prova extraídos (Testemunhos)

No caso dos corpos de prova extraídos de estruturas (Testemunhos), estes devem ser obtidos segundo a ABNT NBR 7680 e obedecer, no que for aplicável, ao estabelecido na ABNT NBR 5738.

7.2.2.3. Preparo

- a) Medir e anotar as dimensões do corpo de prova, moldado ou extraído.
- b) Determinar o diâmetro médio do corpo de prova, com exatidão de $\pm 0,1$ mm, utilizando duas medidas feitas, ortogonalmente, na metade da altura do corpo de prova, para o cálculo da área de sua seção transversal.
- c) Determinar a altura média, do corpo de prova, com precisão de 0,1 mm, através de duas medidas feitas sobre seu eixo longitudinal.
- d) Traçar, em cada extremidade do corpo de prova cilíndrico, uma linha reta diametral, de modo que às duas linhas resultantes fiquem contidas no mesmo plano axial.
- n) Para os corpos de prova extraídos (Testemunhos) admite-se relação altura/diâmetro (h/d) entre um e dois (1 e 2)
- o) A carga deve ser aplicada de forma contínua e sem choques, a uma velocidade de $0,05 \pm 0,02$ MPa, com crescimento constante da tensão de tração até a ruptura do corpo de prova.

Nota 10: No caso dos corpos de prova moldados, se existir um controle geométrico dos moldes, conforme recomendado na ABNT NBR 5738, pode-se dispensar a medição do diâmetro e da altura, adotando-se as dimensões nominais. No caso dos corpos de prova extraídos o procedimento é obrigatório.

Nota 11: Este procedimento é dispensável quando se dispõe de um dispositivo auxiliar para o posicionamento do corpo de prova na máquina de ensaio.

7.2.2.4. Cálculo da resistência

A resistência a tração por compressão diametral deve ser calculada segundo a ABNT NBR 7222, item 6.

7.2.2.5. Apresentação dos resultados

O relatório de ensaio deve ser emitido no prazo máximo de 3 dias úteis após a execução do ensaio, e deve conter, no mínimo, as seguintes informações:

- a) Procedência dos corpos de prova.
- b) Quantidade de corpos de prova ensaiados. Recomenda-se, no mínimo, dois corpos de prova por idade.
- c) Identificação dos corpos de prova.
- d) Data de moldagem ou concretagem, quando possível.
- e) Idade dos corpos de prova, quando possível.

- f) Data do ensaio.
- g) Diâmetro e altura dos corpos.
- h) Carga máxima de ruptura.
- i) Eventuais defeitos observados no corpo de prova.
- j) Resistência à tração por compressão diametral, individual.
- k) Fazer referência à ABNT NBR 7222.

7.2.3. Resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos.

O controle de resistência à tração na flexão exclusivamente para pavimento rígido deve seguir a especificação particular Arteris ES 048.

7.2.3.1. Dispositivo para a realização do ensaio

A máquina de ensaio deve ser equipada com dispositivo de flexão que assegure a aplicação de força perpendicularmente às faces superior e inferior do corpo de prova, sem excentricidade.

Deve ser garantida a perfeita ortogonalidade entre os eixos da máquina e do corpo de prova colocado no dispositivo. Deve-se garantir que o corpo de prova não contenha distorção de geometria.

7.2.3.2. Corpos de Prova

Os corpos de prova moldados, para o ensaio de resistência à tração na flexão, devem concordar com o que estabelece a ABNT NBR 5738, e quando extraídos de estruturas de concreto, para o ensaio de resistência à tração na flexão, devem corresponder com o estabelecido na ABNT NBR 7680.

Os corpos de prova que tiverem sido curados em câmara úmida ou submerso em água devem ser ensaiados imediatamente após terem sido retirados do local de cura. Se, por algum motivo, for necessário transcorrer algum tempo entre a retirada da cura e o ensaio, tempo que nunca deve exceder 3 horas, os corpos de prova devem ser cobertos com pano úmido para garantir a sua umidade até o ensaio.

7.2.3.3. Preparação do corpo de prova

Linhas devem ser traçadas na face de acabamento do corpo de prova e na face oposta, fundo da forma, prolongando-se pelas laterais e na distância correspondente aos apoios, linhas estas que servirão para orientar a centralização do corpo de prova sobre o dispositivo de carregamento.

7.2.3.4. Procedimento de ensaio

Colocar o corpo de prova sobre os apoios, tendo-se o cuidado de deixá-lo corretamente centrado, orientando-se pelas linhas traçadas anteriormente. No caso de corpos de prova moldados, as faces

laterais com relação à posição de moldagem devem ficar em contato com os elementos de aplicação de força e os apoios.

Caso não se obtenha um contato perfeito entre o corpo de prova e os apoios, polir as superfícies de contato do corpo de prova.

Aplicar a carga de forma contínua e sem choque, até a ruptura, de modo que o aumento de tensão sobre o corpo de prova esteja compreendido no intervalo de 0,9 MPa/min. e 1,2 MPa/min.

Após o término do ensaio, medir o corpo de prova em sua seção de ruptura, para determinar a largura e a altura médias, com precisão de 1 mm. Essas medidas devem ser o resultado da média de três determinações.

7.2.3.5. Cálculo da resistência.

A resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos deve ser calculada de acordo com a ABNT NBR 12142, item 6.

7.2.3.6. Apresentação dos resultados

O relatório de ensaio deve conter, no mínimo, as seguintes informações:

- a) Identificação do corpo de prova ou testemunho.
- b) Largura média do corpo de prova, em milímetro (mm) e calculada com aproximação de 1 mm.
- c) Altura média do corpo de prova, em milímetro (mm) e calculada com aproximação de 1 mm.
- d) Vão entre apoios, expresso em milímetro (mm)
- e) Força máxima, obtida na máquina de ensaio, expressa em Newton (N)
- f) Resistência à tração na flexão em Mega Pascal (MPa) e expressa com três algarismos significativos.
- g) Procedência dos corpos de prova.
- h) Quantidade de corpos de prova ensaiados. Recomenda-se, no mínimo, dois corpos de prova por idade.
- i) Data de moldagem ou concretagem, quando possível.
- j) Idade dos corpos de prova, quando possível.
- k) Data do ensaio.
- l) Eventuais defeitos ou anomalias observados no corpo de prova ou, no ensaio.
- m) Fazer referência à ABNT NBR 12142.

8. EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

8.1. Plano de concretagem

Todo lançamento de concreto, em qualquer elemento estrutural, com volume, a partir de 10 m³, deve seguir um plano de concretagem, previamente estabelecido e documentado, entre a empresa contratada, executante do serviço, o representante do proprietário da obra, a fiscalização designada pelo proprietário da obra e a empresa fornecedora de concreto.

Um bom plano de concretagem deve assegurar o fornecimento da quantidade adequada de concreto com as características necessárias e exigidas pela estrutura a ser concretada.

Devem ser considerados os requisitos básicos do sistema de fôrmas.

- a) O sistema de fôrmas compreende as fôrmas, o escoramento, o cimbramento e os andaimes, incluindo seus apoios, bem como as uniões entre os diversos elementos, deve ser projetado e construído de modo a ter resistência às ações a que possa ser submetido durante o processo de construção, considerando:
- b) Ação de fatores ambientais, como ventos, chuvas e tempestades.
- c) Ação de cargas da estrutura auxiliar e cargas acidentais.

O plano de concretagem deve assegurar que o concreto deve ser preparado de modo a atender aos critérios de controle da qualidade e durabilidade, previstos na ABNT NBR 12655.

Quando se tratar de concreto dosado em central, além dos requisitos da ABNT NBR 12655, o concreto deve ainda concordar com o que estabelece a ABT NBR 7212.

O plano de concretagem deve observar a área ou o volume a ser concretados em função do tempo de trabalho.

O plano de concretagem deve estabelecer uma relação entre as operações de lançamento e adensamento de modo que, esta relação seja, eficaz para evitar a formação de juntas frias e baixa, o necessário, para evitar sobrecarga nas fôrmas e escoramentos.

O plano de concretagem deve prever juntas de concretagem, quando necessárias, a partir de definição, em comum acordo, entre os responsáveis pela execução da estrutura de concreto e, também, de acordo com características do projeto estrutural.

O plano de concretagem deve estabelecer o tipo de acabamento, final, que se pretende.

O plano de concretagem deve prever que a capacidade, de pessoal e de equipamentos, para o lançamento deve permitir que o concreto se mantenha plástico e livre de juntas não previstas durante a concretagem.

O plano de concretagem deve estabelecer que todos os equipamentos utilizados no lançamento do concreto devem estar limpos e em condições de utilização e devem permitir que o concreto seja levado até o ponto mais distante, a ser concretado na estrutura, sem sofrer segregação.

O plano de concretagem deve assegurar que os equipamentos devem ser dimensionados e adequados ao processo de concretagem escolhido e em quantidade suficiente, para possibilitar que o trabalho seja desenvolvido sem atrasos e a equipe de trabalhadores deve ser suficiente para assegurar que as operações de lançamento, adensamento e acabamento do concreto sejam realizadas a contento.

O plano de concretagem tem que prever que se a concretagem for realizada durante a noite, o sistema de iluminação deve permitir condições de inspeção, acompanhamento de execução e controle dos serviços e promover segurança na área de trabalho.

O plano de concretagem deve prever que a inspeção e liberação do sistema de fôrmas, das armaduras e de outros itens da estrutura devem ser realizadas antes da concretagem.

A metodologia de documentação da inspeção e liberação deve ser desenvolvida e aprovada pelas partes envolvidas antes do início dos trabalhos. Cada um desses aspectos deve ser cuidadosamente examinado, de modo a assegurar que está de acordo com o projeto, as especificações e as normas técnicas pertinentes.

O plano de concretagem deve prever que quando o concreto for lançado por meio de bombeamento ou quando, em função das dimensões da estrutura de concreto, houver excesso de caminhões circulando, deve-se prever um local próximo ao de concretagem para que os caminhões aguardem o momento da descarga.

O plano de concretagem deve estabelecer a altura das camadas de concreto e o processo mais adequado de adensamento.

No caso de alta densidade de armaduras, cuidados especiais devem ser tomados para que o concreto seja distribuído em todo o volume da peça e o adensamento se processe de forma homogênea, sem que haja segregação.

9. CONCRETAGEM

9.1. Generalidades

Esta especificação particular define como concretagem, o transporte do concreto do ponto de mistura ou descarga até o local definitivo, o lançamento, o espalhamento, o adensamento e o acabamento do concreto em uma peça, projetada e preparada para receber o concreto.

9.2. Modalidade de preparo do concreto

Existem duas modalidades, diferentes, de preparo do concreto destinado à construção de estruturas, como descrito a seguir:

9.2.1. Concreto preparado pelo executante da obra

As etapas de preparo do concreto são realizadas pelo executante da obra, conforme o que estabelece a ABNT NBR 12655.

9.2.2. Concreto preparado por empresa de serviços de concretagem

Neste caso a central de concreto deve assumir a responsabilidade pelo serviço e cumprir as prescrições relativas às etapas de preparo do concreto, conforme ABNT NBR 12655, bem como as disposições previstas na ABNT NBR 7212.

A documentação relativa ao cumprimento destas prescrições e disposições deve ser disponibilizada para o responsável pela obra e arquivada na empresa de serviços de concretagem, preservada durante o prazo previsto na legislação vigente.

10. ESPECIFICAÇÃO DO CONCRETO

O concreto a ser especificado deve corresponder com o item 6, desta especificação particular. É da livre escolha do executante da obra, a modalidade de preparo do concreto, sendo indispensável que o traço do concreto esteja aprovado pela fiscalização.

10.1. Condições operacionais na obra

Antes de fazer a mistura do concreto na obra ou fazer um pedido de entrega de concreto a uma central de concreto, é necessário verificar as condições operacionais dos equipamentos disponíveis no local de trabalho e sua adequabilidade ao volume de concreto a ser produzido e/ou transportado. As condições e a quantidade disponível de equipamentos necessários ao lançamento e ao adensamento do concreto devem também ser verificadas, pela fiscalização, nesta etapa.

A equipe de trabalhadores devidamente treinados para a operação de concretagem deve estar dimensionada para realizar as etapas de preparo do concreto (se for o caso), lançamento, espalhamento, adensamento e acabamento, no tempo estabelecido.

No caso de concreto dosado em central, o trajeto a ser percorrido pelo caminhão betoneira no canteiro de obras até o ponto de descarga do concreto deve estar desimpedido e o terreno firme, para evitar dificuldades na concretagem e atrasos no cronograma dessa operação.

A circulação dos caminhões deve ser facilitada, para que caminhões vazios possam deixar o local de descarga, dando espaço para entrada de outros.

É obrigatório ter no canteiro de obras, um local adequado e autorizado para a lavagem da bica após a descarga do concreto.

Providências para que estas condições existam são de responsabilidade da empresa contratada, executante do serviço e de interesse da fiscalização.

10.2. Transporte do concreto na obra

O concreto deve ser transportado do local do amassamento ou do ponto de descarga do caminhão betoneira até o local da concretagem em um tempo compatível com as condições de lançamento, conforme ABNT NBR 14931. O meio utilizado para o transporte não deve acarretar desagregação dos componentes do concreto ou perda sensível de água, pasta ou argamassa por vazamento, ou evaporação.

No caso de concreto bombeado, o diâmetro interno do tubo de bombeamento deve ser no mínimo quatro vezes o diâmetro máximo do agregado.

O sistema de transporte deve, sempre que possível, permitir o lançamento direto do concreto nas fôrmas, evitando o uso de depósitos intermediários. Quando estes forem necessários, devem ser tomadas precauções para evitar segregação.

Em casos que o transporte seja realizado, por equipamentos de mistura (caminhão betoneira), o tempo de transporte não deve ultrapassar a 1h 30 min, exceto em casos excepcionais previamente acordado entre as partes.

Nota 12: Salvo em condições específicas definidas em projeto, ou influência de condições climáticas, ou de composição do concreto, o intervalo de tempo transcorrido entre o instante em que a água de amassamento entra em contato com o cimento e o final da concretagem não ultrapasse a 2 h 30 min.

Quando a temperatura ambiente for elevada, ou sob condições que contribuam para acelerar a pega do concreto, esse intervalo de tempo deve ser reduzido, a menos que sejam adotadas medidas especiais, como o uso de aditivos controladores de hidratação (CH), que aumentem o tempo de pega sem prejudicar a qualidade do concreto.

Em nenhuma hipótese deve ser realizado o lançamento do concreto após o início da pega. Concreto contaminado com solo ou outros materiais, não deve ser lançado na estrutura.

10.3. Liberação para concretagem

Antes da aplicação do concreto, deve ser feita uma inspeção, minuciosa, na estrutura a ser concretada, para realizar a liberação do serviço:

- Formas: Verifica-se locação, cotas, alinhamento, fixação e travamento, prumo, nivelamento, embutidos, espaçadores, aterramento, limpeza, estanqueidade e o emprego de desmoldante, se for o caso.

- Armaduras: Verifica-se posição, bitola, espaçamento, quantidades, emendas, transpasses, comprimento, verticalidade, alinhamento, armaduras de espera, armações diversas, cobrimento e limpeza.

- Cimbramento: Verifica-se o projeto, se existir, conferindo espaçamento entre elementos verticais como torres ou escoras, espaçamento entre peças longitudinais e o travamento dessas estruturas.

-Equipamentos: Faz-se uma checagem da lista de equipamentos a serem utilizados na concretagem como: Bomba de concreto, vibradores, régua, carros de mão, gerador de energia, torres de iluminação, ferramentas manuais e outros.

Todos os itens inspecionados devem ser anotados em impresso apropriado, sendo a ficha de liberação da concretagem e estando tudo conforme, o documento deve ser assinado pelo executante da obra e pelo representante do proprietário.

10.4. Lançamento do Concreto

Após a liberação, para a concretagem, o concreto deve ser lançado e adensado de modo que toda a armadura, além dos componentes embutidos previstos no projeto, sejam adequadamente envolvidos pela massa de concreto ABNT NBR 14931.

O concreto deve ser lançado o mais próximo possível de sua posição definitiva, evitando-se incrustação de argamassa nas paredes das fôrmas e nas armaduras. No lançamento convencional, os caminhos não devem ter inclinação excessiva, de modo a evitar a segregação decorrente do transporte.

A distância de transporte, neste caso, não pode ser maior que 50 m. A fôrma deve ser preenchida de maneira uniforme, evitando-se o lançamento em pontos concentrados, que possa provocar deformações do sistema de fôrmas. As fôrmas devem ser preenchidas em camadas de altura compatível com o tipo de adensamento previsto, ou seja, em camadas de altura inferior à altura da agulha do vibrador. Em peças verticais e esbeltas, tipo paredes e pilares, pode ser conveniente utilizar concretos de diferentes consistências, de modo a reduzir o risco de exsudação e segregação. Nas peças altas e estreitas, a altura de queda livre do concreto não deve ultrapassar 2 m devendo-se ter cuidados, mais apurados, quanto maiores forem as alturas de lançamento e a densidade de armadura. Entre os cuidados que devem ser tomados, no todo ou em parte, recomenda-se o seguinte:

Emprego de concreto com teor de argamassa e consistência adequados.

Lançamento, inicial, de argamassa com a mesma composição da argamassa do concreto estrutural. Uso de dispositivos que conduzam o concreto, minimizando a segregação, tais como [funis, calhas e trombas, por exemplo].

10.5. Adensamento do concreto

O concreto lançado e espalhado deve ser, imediatamente, vibrado ou apiloado de forma contínua e enérgica, com equipamento compatível com a sua consistência. O adensamento deve ser cuidadoso para que o concreto preencha todos os espaços das fôrmas, onde está contido.

Tanto o lançamento quanto o adensamento devem ser feitos tomando-se todos os cuidados necessários para evitar a formação de ninhos de pedra, ou seja, evitar a segregação dos materiais. Deve-se evitar a vibração da armadura para que não se formem vazios ao seu redor, com prejuízos da aderência.

10.6. Adensamento com vibradores de imersão

Quando o adensamento do concreto for feito por meio de vibradores de imersão, a espessura da camada deve ser aproximadamente igual a 3/4 do comprimento da agulha. Ao vibrar uma camada de concreto, o vibrador deve penetrar cerca de 10 cm na camada anterior.

Em todos os casos, a altura da camada de concreto a ser adensada deve ser menor que 50 cm, de modo a facilitar a saída de bolhas de ar.

Na utilização dos vibradores de imersão, devem ser tomados os seguintes cuidados durante o adensamento:

- a) Utilizar o vibrador, preferencialmente, na posição vertical.
- b) Vibrar por curtos períodos tempo no maior número possível de pontos ao longo do elemento estrutural, é melhor que vibrar por longos períodos em menor número de pontos.
- c) Retirar o vibrador lentamente mantendo-o sempre ligado, a fim de que a cavidade formada pela agulha se feche novamente.
- d) Não permitir que o vibrador entre em contato com a parede da fôrma, evitando assim a formação de bolhas de ar na superfície da peça. Observar cantos e arestas, não permitindo que se formem vazios nestas regiões.
- e) Mudar o vibrador de posição quando a superfície vibrada apresentar um leve brilho.
- f) Cuidado, pois, tanto a falta quanto o excesso de vibração são muito prejudiciais ao concreto.

O espalhamento do concreto nunca deve ser feito com vibrador. Vibrador é para vibrar.

10.7. Juntas de concretagem

Quando, por algum imprevisto, for preciso interromper o lançamento do concreto e, assim, se formar uma junta de concretagem não prevista ou não planejada [junta fria], devem ser tomadas as devidas providências para garantir que, na retomada da concretagem, seja possível uma ligação suficientemente adequada, do concreto já endurecido com o concreto novo.

- a) O concreto deve ser vibrado, adequadamente, até a superfície da junta. Para facilitar o perfeito adensamento até este limite, utilizam-se fôrmas temporárias [por exemplo, formas tipo “pente” ou telas de nylon de malha fina presa na armadura], garantindo-se assim, apropriadas condições de adensamento.
- b) A junta deve ser inclinada, preferencialmente a 45°.
- c) Devem ser evitadas em locais onde as tensões de tração sejam elevadas e não haja armaduras suficientes para absorver estas tensões. Não sendo possível, é preciso ouvir a opinião do projetista/calculista, antes de reiniciar o serviço de concretagem.
- d) Para prevenir-se e garantir a resistência, a eventuais esforços que possam agir na superfície da junta, uma medida adequada consiste em deixar arranques da armadura ou barras cravadas [armadura de costura], ou reentrâncias no concreto mais velho.

A junta deve ser tratada, antes do reinício da concretagem. O tratamento pode ser feito, logo após o “fim de pega” do concreto, através da aplicação de jato d’água com alta pressão [“corte verde”], onde a junta deve permanecer saturada até a hora da concretagem, quando deve ser removido, por meio de jato de ar, qualquer excesso de água do local, ou com o concreto já endurecido, aplicando-se um jateamento abrasivo [por exemplo jato de areia] ou, ainda, por apicoamento, muito bem-feito, da superfície da junta.

Seja qual for a forma de tratamento da junta, o agregado graúdo deve ficar aparente e limpo para promover uma boa aderência entre o concreto antigo [endurecido] e o concreto novo [fresco]. No caso do concreto já endurecido este, deve ter resistência suficiente para não sofrer perdas significativas e não formar vazios na região da junta de concretagem.

As juntas de concretagem, sempre que possível, devem ser previstas no projeto estrutural, [junta planejada] que deve indicar de maneira precisa o local e a configuração de sua superfície e deve estar localizada onde forem menores os esforços de cisalhamento, preferencialmente em posição normal aos esforços de compressão, salvo se demonstrado que a junta não provocará a diminuição da resistência do elemento estrutural. No caso de vigas ou lajes apoiadas em pilares, ou paredes, o lançamento do concreto deve ser interrompido no plano horizontal. As juntas verticais, [interrupções planejadas], deve ter uma fôrma no local exato onde vai ocorrer a suspensão da

concretagem. As interrupções planejadas devem ser coincidentes com as juntas de dilatação [ABNT NBR 6118]. Este tipo de junta tem a vantagem de facilitar o adensamento do concreto, e por ficar na posição vertical não há o aparecimento de materiais, como a nata, que possam prejudicar a aderência do concreto novo.

Nota 13: Podem ser utilizados produtos para melhorar a aderência entre as camadas do concreto em uma junta de concretagem, desde que não causem danos ao concreto e seja possível comprovar o desempenho ao menos igual aos dos métodos utilizados tradicionalmente.

10.8. Concretagem em tempo muito frio

A temperatura da massa de concreto, no momento do lançamento, não deve ser inferior a 5°C. A concretagem deve ser suspensa sempre que estiver prevista queda na temperatura ambiente para, abaixo de 0°C nas 48 h seguintes, salvo, se houver disposições em contrário, estabelecidas no projeto ou definidas pelo responsável técnico pela obra.

10.9. Concretagem em tempo quente

Quando a concretagem for efetuada em temperatura ambiente muito quente (maior ou igual a 35°C) e, em especial, quando a umidade relativa do ar for baixa (menor ou igual a 50%) e a velocidade do vento alta (maior ou igual a 30 m/s), devem ser adotadas as medidas necessárias para evitar a perda de consistência, para isto utiliza-se um bom aditivo. Para reduzir a temperatura da massa de concreto, neste caso se substitui parte da água de amassamento por gelo. Para minimizar os efeitos do vento constroem-se anteparos ou barreiras para quebrar ou mudar sua direção, fazendo com que o vento não incida diretamente sobre a superfície da peça que está sendo concretada, principalmente se esta peça tiver grande área exposta.

Imediatamente após as operações de lançamento, adensamento e acabamento do concreto, devem ser tomadas providências para reduzir a perda de água do concreto, ou seja, entra-se com a cura, inicialmente a cura química e depois a cura úmida.

A concretagem deve ser suspensa se as condições ambientais forem adversas, com temperatura ambiente superior a 40°C ou ventos acima de 60 m/s.

Exceto se existam disposições em contrário, estabelecidas no projeto ou definidas pelo responsável técnico pela obra.

11. ACABAMENTO DO CONCRETO

Para obter uma superfície durável e uniforme de concreto, processos adequados devem ser cuidadosamente seguidos.

A princípio, a escolha do traço e conseqüentemente da consistência do concreto devem atender aos requisitos de projeto da estrutura e às condições de trabalhabilidade necessárias. Os processos de lançamento e adensamento devem ser realizados para obter um material homogêneo e compacto, ou seja, sem apresentar vazios na massa de concreto, com o mínimo manuseio possível, para se obter os resultados desejados no acabamento das peças concretadas.

Deve ser evitada a manipulação excessiva do concreto, como processos de vibração muito demorados ou repetidos em um mesmo local, que possa provocar a segregação do material e a migração do material fino e da água para a superfície [exsudação], prejudicando a qualidade da superfície final com o conseqüente aparecimento de efeitos indesejáveis. Os acabamentos podem ser sarrafeados, vassourados ou lisos, dependendo do objetivo.

12. CURA DO CONCRETO

A cura do concreto é um conjunto de procedimentos levados a efeito, visando evitar ou minimizar a perda da água de amassamento, de forma prematura, pela superfície exposta.

No caso de lajes deve-se ter muito cuidado com a cura, visto que a área exposta é muito grande. No caso de fundo de vigas e faces de pilares a atenção é menor, pois são peças protegidas pelas fôrmas. No caso de estruturas de grande volume e pouca área, como grandes blocos, a cura se torna importante por razões térmicas.

Para a escolha do processo de cura, mais adequado, deve-se considerar a umidade relativa do ar no ambiente da obra, temperatura ambiente e a velocidade do vento.

Dentre estes procedimentos estão a cura química, a cura úmida e a cura térmica.

A cura química consiste na aplicação, sobre a superfície da peça concretada, logo após o acabamento, de produtos químicos, apropriados e em taxas adequadas, formando uma membrana protetora contra a evaporação da água. A cura química não substitui a cura úmida.

A cura úmida consiste em, logo após o fim da pega do concreto, se manter a peça, molhada, através da criação de uma lâmina d'água sobre a superfície da peça ou por meio de molhagem contínua com mangueiras, ou dispositivos aspersores, apropriados ou ainda com a utilização de mantas, ou sacos de aniagem estendidos sobre a superfície da peça e mantidos sempre úmidos. A cura úmida deve ser mantida por, no mínimo, 7 dias.

A cura térmica ou cura a vapor é um processo que consiste em se manter a peça em ambiente fechado e aplicar vapor d'água, saturado, em temperaturas acima da temperatura ambiente e nunca superior a 70°C. Este é um processo que visa o ganho de resistência, nas primeiras idades, através da aceleração das reações de hidratação do cimento. Este processo é empregado na indústria de peças de concreto pré-fabricadas e em locais com temperaturas muito baixas.

13. CONTROLE DOS MATERIAIS COMPONENTES DO CONCRETO

O controle tecnológico visa comprovar a qualidade dos materiais empregados na elaboração do concreto e que estes atendam aos requisitos exigidos nas normas respectivas.

Deve ser elaborado um “programa ou plano de controle tecnológico” dos materiais, em função do grau de responsabilidade da estrutura, das condições de agressividade existentes no local da obra, do conhecimento prévio das características dos materiais disponíveis para a execução das obras e outras condições estabelecidas pelos responsáveis por este controle. No “programa de controle tecnológico” dos materiais, deve ficar acordado entre a empresa contratada, o representante do proprietário da obra e a fiscalização por este designada, as quantidades e a frequência com que deverão ser analisados cada um dos materiais componentes do concreto.

Os responsáveis pela programação e realização do controle tecnológico e o pessoal envolvido na sua execução, nas condições estabelecidas neste documento, devem possuir qualificação e experiência comprovadas nesta atividade.

Ao término da obra deve ser elaborado um relatório conclusivo, contendo todos os resultados obtidos e análises efetuadas, encerrando com um parecer conclusivo da qualidade dos materiais constituintes do concreto, emitido pelo responsável pelo controle e com a aprovação do representante do proprietário da obra e da fiscalização por este designada.

Este relatório deve fazer parte dos documentos de aceitação da obra.

14. CONTROLE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO

O controle da resistência do concreto, leva ao estabelecimento, à luz da ABNT NBR 12655, de um plano de amostragem adequado às características da obra.

14.1. Formação de lotes.

A formação dos lotes é definida dividindo-se a estrutura em subtrechos (lotes), cada lote deve ser amostrado de forma que atenda a todos os limites estabelecidos na NBR 12655 (Tabela 7). Desta forma, os concretos são separados em: concretos utilizados em peças submetidas a esforços de

compressão ou compressão e flexão e ainda concretos empregados em peças submetidas somente à flexão simples.

Na prática, os lotes são obtidos separando-se, concretos empregados em fundações, concretos utilizados em pilares e concretos usados em lajes e vigas.

Em peças especiais, casos particulares, o lote é definido pelo volume de concreto ou pela responsabilidade da estrutura, podendo, o concreto empregado, nestes casos, independente do volume ou do tipo de solicitação, ser considerado um único lote. Nos casos de concreto projetado e pavimento rígido, deve-se verificar as especificações particulares Arteris ES 015 e Arteris ES 048.

14.2. Plano de Amostragem

Com os lotes definidos, dividindo-se a estrutura, deve ser estabelecido o “plano de amostragem”, que consiste na definição da quantidade de exemplares a ser ensaiada. Esta quantidade de exemplares é função do tipo de controle a ser implementado. Para os “concretos preparados por empresa de serviços de concretagem” são empregados dois tipos de controle: controle estatístico do concreto por amostragem parcial, ou Controle do concreto por amostragem total.

A concretagem deve ser devidamente mapeada, para identificar os locais exatos de aplicação do concreto e a posição correta de retirada das amostras. Isto dá rastreabilidade aos ensaios.

No caso do “Controle estatístico do concreto por amostragem parcial” as amostras devem ser coletadas, aleatoriamente, durante a operação de concretagem, conforme a ABNT NBR 16886. Cada exemplar deve ser constituído por dois corpos-de-prova, da mesma betonada, moldados conforme a ABNT NBR 5738, para cada idade de rompimento, moldados no mesmo ato da concretagem. Toma-se como resistência do exemplar o maior dos dois valores obtidos no ensaio do exemplar, nos casos de concretos estruturais com controle na compressão axial e tração à flexão. Para este tipo de controle, em que são retirados exemplares de algumas betonadas de concreto, o lote deve ter, no mínimo, seis exemplares para os concretos do grupo I [classes até C50, inclusive] e 12 exemplares para os concretos do grupo II [classes superiores a C50], conforme define a ABNT NBR 8953.

Para o “Controle do concreto por amostragem total,” todas as betonadas são amostradas e representadas por um exemplar, que define a resistência à compressão do concreto daquela betonada.

14.2.1. Controle do concreto por amostragem total (100%)

Neste caso cada betonada é um lote e a resistência característica estimada à compressão, f_{ck} estimado é igual à resistência à compressão da betonada, (f_{ck} estimado é igual ao f_c da betonada), conforme ABNT NBR 12655, item 6.2.3.1.

14.2.2. Controle estatístico do concreto por amostragem parcial

Neste tipo de controle, os lotes terão o valor estimado da resistência característica à compressão [$f_{ck,est}$], na idade especificada, dada segundo a ABNT NBR 12655, item 6.2.3.2, onde:

- a) para os lotes com número de exemplares ($6 \leq n \leq 20$).
- b) para os lotes com número de exemplares ($n \geq 20$).

14.2.3. Casos excepcionais

No caso dos concretos produzidos por betoneiras de pequeno volume, concretos produzidos na obra, e sempre que o número total de betonadas [o lote] seja superior ao número de exemplares da amostragem que representa este lote, trata-se de amostragem parcial. Nestes casos pode-se dividir a estrutura em lotes correspondentes a, no máximo, 10 m³ e amostrá-los com número de exemplares entre 2 e 5. Nestes casos, denominados de “Casos excepcionais,” o valor, estimado, da resistência característica é dado pela ABNT NBR 12655, item 6.2.3.3.

15. CONFORMIDADE DOS LOTES ANALISADOS

No caso de amostragem parcial, e dos exemplares no caso de amostragem total (100%), os lotes de concreto devem ser aceitos quando o valor estimado da resistência característica, calculado conforme item 20 desta especificação, ou o valor de cada exemplar, de uma amostragem total, atender à resistência característica do concreto, à compressão, especificada no projeto estrutural.

15.1. Aceitação do concreto

O concreto deve ser aceito ou recebido, desde que atenda todas as condições apontadas, ou orientadas, por esta especificação particular e estabelecidas na ABNT NBR 12655. Caso ocorram não conformidades, recorrer a ABNT NBR 7680 e ABNT NBR 6118.

16. MANEJO AMBIENTAL

Os procedimentos de controle ambiental referem-se à proteção de corpos d'água, da vegetação lindeira e à segurança viária. A seguir são apresentados os cuidados e providências para proteção

do meio ambiente, a serem observados no decorrer da produção e aplicação do concreto.

16.1. Exploração de ocorrência de materiais

Devem ser observados os seguintes procedimentos na exploração das ocorrências de materiais:

O material somente será aceito após a executante apresentar a licença ambiental de operação da pedreira e areal;

Não é permitida a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

Não é permitida a exploração de areal em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

Deve-se planejar adequadamente a exploração dos materiais, de modo a minimizar os impactos decorrentes da exploração e facilitar a recuperação ambiental após o término das atividades exploratórias;

Caso seja necessário promover o corte de árvores, para instalação das atividades, deve ser obtida autorização dos órgãos ambientais competentes; os serviços devem ser executados em concordância com os critérios estipulados pelos órgãos ambientais constante nos documentos de autorização. Em hipótese alguma, será admitida a queima de vegetação ou mesmo dos resíduos do corte: troncos e árvores;

Devem-se construir, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção do pó de pedra eventualmente produzido em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água;

Caso os agregados britados sejam fornecidos por terceiros, deve-se exigir documentação que ateste a regularidade das instalações, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente;

Instalar sistemas de controle de poluição do ar, dotar os depósitos de estocagem de agregados de proteção lateral e cobertura para evitar dispersão de partículas, dotar o misturador de sistema de proteção para evitar emissões de partículas para a atmosfera.

16.2. Execução

Durante a execução devem ser observados os seguintes procedimentos:

Deve ser implantada a sinalização de alerta e de segurança de acordo com as normas pertinentes aos serviços;

Deve ser proibido o tráfego dos equipamentos fora do corpo da estrada para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural;

Caso haja necessidade de estradas de serviço fora da faixa de domínio, deve-se proceder ao cadastro de acordo com a legislação vigente;

As áreas destinadas ao estacionamento e manutenção dos veículos devem ser devidamente sinalizadas, localizadas e operadas de forma que os resíduos de lubrificantes ou combustíveis não sejam carregados para os cursos d'água. As áreas devem ser recuperadas ao final das atividades.

Todos os resíduos de lubrificantes ou combustíveis utilizados pelos equipamentos, seja na manutenção ou operação dos equipamentos, devem ser recolhidos em recipientes adequados e dados a destinação apropriada;

É proibida a deposição irregular de sobras de materiais utilizado, junto ao sistema de drenagem lateral, evitando seu assoreamento, bem como o soterramento da vegetação;

É obrigatório o uso de EPI, equipamentos de proteção individual, pelos funcionários.