

**Reforma do Sistema de Climatização,  
Ventilação e Exaustão Mecânica do Hospital  
Geral “Dr. Álvaro Simões de Souza” de Vila  
Nova Cachoeirinha.**

Rua Dep. Emílio Carlos, 3000, Limão, São Paulo/SP.

**PROJETO BÁSICO**

MEMORIAL DESCRITIVO E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE ESTRUTURAS - REVISÃO 00

## Índice

1	Descrição do objeto .....	4
2	Normas a ser consideradas: .....	8
3	Procedimentos executivos fundações.....	10
3.1	Generalidades .....	10
3.2	Fundações Superficiais (rasas ou diretas) .....	11
3.2.1	Radiers.....	13
3.3	Fundações Profundas .....	13
3.3.1	Estaca moldada in loco tipo hélice contínua .....	14
3.3.2	Estaca tipo raiz.....	15
3.3.3	Estaca tipo broca .....	18
3.4	Blocos e Vigas baldrame .....	19
4	Estruturas de Concreto.....	23
4.1	Cimento .....	23
4.2	Agregados .....	24
4.3	Água de amassamento .....	25
4.4	Aditivos .....	25
4.5	Aço para armação.....	26
4.6	Chumbadores e chapas de apoio .....	28
4.7	Formas.....	28
4.8	Dosagem do concreto.....	37
4.9	Plano de Concretagem.....	39
4.10	Transporte, lançamento e adensamento do concreto .....	42
4.11	Cura do concreto .....	47
4.12	Juntas de concretagem.....	48
4.13	Juntas de dilatação .....	50
4.14	Acabamento das superfícies .....	51
4.15	Lajes.....	53
4.16	Encunhamento .....	53
5	Controle Tecnológico do Concreto .....	55
6	Estruturas Metálicas.....	60
6.1	Materiais .....	60
6.2	Fabricação .....	61

6.3	Embalagem, transporte e armazenamento .....	62
6.4	Montagem .....	62
6.5	Preparo da superfície e Pintura .....	64
7	Alvenaria estrutural .....	68
7.1	Blocos de concreto.....	68
7.2	Argamassa de assentamento.....	69
7.3	Graute .....	70
7.4	Assentamento das alvenarias .....	71
8	Reforço com fibra de carbono.....	73
8.1	Considerações Gerais .....	73
8.2	Procedimentos de execução .....	74
9	Reforço com aumento de seção das peças de concreto. ....	77
9.1	Condições Gerais .....	77
9.2	Execução .....	77
9.3	Produtos.....	80
10	Ancoragem de armaduras novas em estruturas de concreto armado existentes.....	81
10.1	Ancoragem das armaduras.....	81
10.1.1	Condições Gerais .....	81
10.1.2	Execução .....	81
10.1.3	Produtos .....	83
11	Legislação e normas aplicáveis.....	83

## **1 Descrição do objeto**

Esta especificação e memorial descritivo têm como objetivo apresentar os requisitos mínimos a serem utilizados para o estudo e elaboração de projeto executivo para a execução das estruturas em concreto armado, estruturas metálicas e reforços na estrutura existente, além dos itens observados para elaboração do levantamento quantitativo dos materiais para orçamento.

O presente memorial refere-se ao projeto de Climatização, Ventilação e Exaustão mecânica do Hospital Geral "Alvaro Simões de Souza" (Vila Nova Cachoeirinha), situado na Rua Deputado Emílio Carlos nº 3000, Vila Nova Cachoeirinha, São Paulo / SP, tendo utilizado como documento de referência os projetos básicos de Climatização.

É de suma importância que sejam elaborados projetos estruturais para esta contratação, devido à diversas interferências estruturais necessárias, incluindo análise da estrutura existente para suportar novas cargas, importante também que seja executada a sondagem de reconhecimento do solo do local, sondagem de prospecção de fundações, e também deve ser contratado um parecer técnico de fundações, elaborado por engenheiro especialista em geotecnia, para melhor entendimento da resistência do solo do local, do tipo de fundação existente e qual deverá ser a melhor escolha do tipo de fundação para as edificações novas a serem construídas, devido ao desconhecimento do solo atualmente para o orçamento foram consideradas fundações resistentes à presença de água no solo e com solo pouco resistente.

➤ Implantação:

- A base de Central de Água Gelada, bombas e gerador de energia elétrica não poderá ser executada na laje de tampa do reservatório de água existente próximo à Cabine de Gerador, nem na tampa de qualquer reservatório existente. A Central de Água gelada foi considerada como sendo: superestrutura composta por pilares e vigas metálicas, na cobertura foi considerado estrutura com piso metalgrade, na infraestrutura: laje de piso em concreto armado apoiada no solo com fundação composta de viga baldrame, blocos de fundação e estacas, como a localização melhor da Central será estudada em etapas futuras foi considerado na quantificação uma estrutura de arrimo, com aterro e terra emprestada de outros locais, composta de pilares, vigas, lajes para apoiar os equipamentos. Neste levantamento foi considerado drenagem deste arrimo com tubo dreno envolto em manta geotêxtil, lançando a água do solo confinado sobre o talude existente.

Na Central de Água Gelada será executada bases para apoio dos equipamentos, constituindo uma canaleta de concreto armado entre as bases de equipamentos;

- Junto à Central de Água Gelada, foi considerado uma base para abrigo da casa de bombas da C.A.G., composto de superestrutura em colunas e vigas metálicas e cobertura composta de estrutura em piso de metalgrade, laje de piso em concreto armado apoiado sobre vigas baldrame, blocos de fundação e estacas, também foi considerado a construção de um abrigo para quadros elétricos com estrutura em alvenaria estrutural e laje de cobertura, alvenarias apoiadas em fundação de concreto armado e estacas;

- Ao lado do abrigo de casa de bombas para C.A.G, foi considerado uma base para abrigo de gerador, composto de superestrutura em colunas e vigas metálicas e cobertura em estrutura de piso metalgrade, laje de piso em concreto armado apoiado sobre vigas baldrame, blocos de fundação e estacas, também foi considerado a construção de um abrigo para quadros elétricos com estrutura em alvenaria estrutural e laje de cobertura, alvenarias apoiadas em fundação de concreto armado e estacas;
- Na área de asfalto até o prédio (entre escada de emergência e elevadores), foi previsto um pipe rack de estrutura metálica, com colunas a cada 4,00m, conduzindo a tubulação de água gelada. Essa rede será fechada por chapa metálica visando a proteção desta tubulação contra incidência de raios solares e demais intempéries e para servir de apoio à tubulação para que esta não sofra flexão devido à distância entre colunas do pipe rack, a tubulação de água gelada na parte de mesma cota da Central, serão transportados próximos ao chão, pois neste local existe o reservatório de água potável, não sendo possível executar colunas metálicas em cima da laje de tampa deste reservatório;
- Na fachada do edifício foi considerado um shaft novo a ser construído por fora do prédio, para prumada de tubulação de água gelada, para atender a todos os andares, este shaft foi considerado como sendo em vigas metálicas sua estrutura com ligação na estrutura de concreto existente e fechamento em chapa metálica visando ter um peso menor lançado sobre a estrutura existente;
- Foi considerado um abrigo de gás com construção em concreto armado, composta de fundação em concreto armado com blocos de fundação, vigas baldrame, estacas e laje de piso, superestrutura composta de pilares e vigas e lajes em concreto armado;

- Foi previsto uma canaleta com paredes e lajes de fundo e tampa em concreto armado para proteção da tubulação de gás enterrado ligando o abrigo de gás até a central de água gelada;
- Foi previsto duas casas de máquinas na implantação do conjunto do hospital; com estrutura em alvenaria estrutural, laje treliçada e as paredes apoiadas em fundação de concreto armado composto de vigas baldrame, blocos de fundação, estacas e lajes de piso;
- Foi previsto uma escada em estrutura metálica coberta, fundação em estaca hélice, infraestrutura composta de vigas baldrame e blocos de fundação em concreto armado, superestrutura em estrutura metálica, cobertura e fechamento lateral com telha em chapa de aço tipo sanduiche;

➤ 4º Pavimento:

- Base em concreto armado para apoio de equipamentos de no máximo 10cm de espessura;
- Em lajes e vigas que necessitem de furo foi previsto uma quantidade de reforço em fibra de carbono, reforço este que deverá ser melhor adequado à época da elaboração do projeto executivo de estrutura;
- Engrossamento da seção de pilares de concreto armado, para suportar apoio das colunas metálicas da nova cobertura no andar superior;
- Reforço em fibra de carbono nos locais onde forem necessários (furos, bases de apoio de equipamentos, aumento de peso existente);

➤ Coberturas (UTI/CENTRO CIRÚRGICO):

- Base em concreto armado para apoio de equipamentos de no máximo 10cm de espessura;
- Em lajes e vigas que necessitem de furo foi previsto uma quantidade de reforço em fibra de carbono, reforço este que deverá ser melhor adequado à época da elaboração do projeto executivo de estrutura;
- Engrossamento da seção de pilares de concreto armado, para suportar apoio das colunas metálicas da nova cobertura no andar superior;
- Execução de estrutura metálica com uma nova cobertura, sendo o banzo inferior foi considerado para efeitos de quantificação de serviços como estando 2,50m acima do nível da laje, com as treliças apoiadas em cima de colunas metálicas novas, estas apoiadas em pilares de concreto armado existente (engrossadas);

A elaboração do projeto “como construído” (As Built) é de responsabilidade da contratada, que entregará ao contratante na conclusão da obra. Deverá ser lavrado o Termo de Recebimento Definitivo mediante o recebimento do projeto “como construído” (As Built) – ABNT – NBR-14645-3.

## **2 Normas a ser consideradas:**

O calculista deverá elaborar os projetos de estrutura levando em conta as normas mais atualizadas à época da elaboração dos projetos, devendo ser consideradas as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), listadas abaixo e outras mais recentes que julgarem pertinentes:

- NBR 5732:1991 – Cimento Portland comum
- NBR 5738:2015 Versão Corrigida:2016 – Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova
- NBR 5739:2007 – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto
- NBR 6118:2014 Versão Corrigida:2014 - Projeto de estruturas de concreto — Procedimento
- NBR 6120:1980 Versão Corrigida:2000 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações
- NBR 6122:2010 – Projeto e Execução de Fundações
- NBR 6123:1988 Versão Corrigida 2:2013 – Forças devidas ao vento em edificações
- NBR 7190:1997 – Projeto de Estruturas de Madeira
- NBR 7212:2012 – Execução de concreto dosado em central - Procedimento
- NBR 7211:2009 – Agregado para concreto – especificação
- NBR 7480:2007 – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação
- NBR 8953:2015 – Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência
- NBR 8681:2003 Versão Corrigida:2004 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento
- NBR 8800:2008 – Projeto e execução de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios
- NBR 9062:2006 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado
- NBR 9833:2008 Versão Corrigida:2009 – Determinação da Massa Específica e do Teor de Ar pelo Método Gravimétrico

- NBR 12655:2006 Versão Corrigida:2015 – Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento
- NBR 14931:2004 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento
- NBR 14323:2013 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio
- NBR 14432:2001 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - procedimento

A este critério deverão ser incluídos os regulamentos e normas federais, estaduais e municipais que forem aplicáveis.

### **3 Procedimentos executivos fundações**

#### **3.1 Generalidades**

Caberá à Contratada total responsabilidade pela boa execução das fundações, bem como por eventuais danos e prejuízos que venha a produzir em solos e edificações vizinhos.

Sempre que surgir suspeita com relação ao bom desempenho das fundações, a Fiscalização poderá, a qualquer tempo, exigir da Contratada a contratação de um laboratório, com notória especialização e capacidade técnica, para que sejam efetuadas, de acordo com a fase em que se encontre a obra, as provas de carga ou medidas de recalque que se fizerem necessárias.

Deverão ser imediatamente comunicadas, à Fiscalização, quaisquer ocorrências, na obra, que impossibilitem a execução total ou parcial das fundações previstas em projeto, tais como: divergências entre o subsolo encontrado e a sondagem; grandes matacões, rochas não afloradas ou restos de edificações anteriores de difícil remoção; presença não

prevista de canalizações subterrâneas; vazios de subsolo de qualquer natureza; presença de águas agressivas; etc.

Caberá à Fiscalização a avaliação do problema e a prévia autorização para que seja introduzida qualquer modificação no projeto executivo de fundações, quando ficar comprovada sua impossibilidade executiva, cabendo à Contratada providenciar a anotação, em projeto, de todas as alterações efetuadas no decorrer da obra.

As normas e especificações a serem observadas serão todas as especificadas anteriormente.

### **3.2 Fundações Superficiais (rasas ou diretas)**

Define-se fundação superficial (rasa ou direta) como aquela em que a carga é transmitida ao terreno, predominantemente pelas pressões distribuídas sob a base do elemento de fundação, e em que a profundidade de assentamento em relação ao topo do terreno é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. Estão incluídos nesta classificação: Sapatas Isoladas, Sapatas Corridas, Sapatas Associadas e Radiers.

Na execução de fundações superficiais, as escavações deverão ser levadas até a cota suficiente, compatível com a carga a ser aplicada, não se atendo rigorosamente à profundidade prevista em projeto.

O solo na cota de assentamento das fundações rasas deverá ser inspecionado por engenheiro geotécnico, para verificar se tem pressão admissível compatível com a especificada em projeto.

O procedimento necessário para um preparo satisfatório da superfície de fundação, sobre a qual o concreto será lançado, será governado pelas exigências de projeto e tipo do material de fundação.

O concreto a ser utilizado deverá satisfazer às condições previstas em projeto.

Antes do lançamento do concreto para confecção dos elementos de fundação, as cavas deverão ser cuidadosamente limpas, isentas de quaisquer materiais que sejam nocivos ao concreto.

Em caso de existência de água nas valas da fundação, deverá haver total esgotamento das mesmas antes da concretagem.

Em fundações que se apoiam sobre solo, deve-se executar uma camada de concreto simples de regularização, com espessura mínima de 5 cm, sobre o solo, e sobre esta executar a fundação.

Em fundações que se apoiam sobre rocha deverá haver uma perfeita aderência entre rocha e concreto. A superfície da rocha deverá ser preparada com certa rugosidade, seguida de uma limpeza total e lavagem completa da área de fundação. Rochas soltas, argamassa seca, depósitos orgânicos, substâncias oleosas, friáveis e outros materiais estranhos, deverão ser removidos;

Fissuras abertas, impregnadas de argila ou outros materiais finos, deverão ser limpas com jatos de ar e água, até uma profundidade adequada. A complementação da limpeza será feita através do uso de picaretas, alavancas, vassouras duras, jatos de ar e água a alta velocidade, jatos de areia ou outros métodos adequados, seguidos de total lavagem.

Rochas que não se desprendem facilmente com alavancas aplicadas manualmente não serão removidas.

O acúmulo de água de lavagem, que resulta nas depressões da fundação, deverá ser removido, antes do início do lançamento.

Fluxos de água que procedam da parte externa da fundação a ser concretada deverão ser drenados e orientados para locais de bombeamento.

Durante o lançamento, a rocha deverá estar isenta de materiais finos e nas condições de “saturada superfície seca”, a fim de que não haja absorção de água do concreto fresco.

### **3.2.1 Radiers**

Elemento de Fundação superficial que abrange todos os pilares da obra ou carregamentos distribuídos (por exemplo: tanques, depósitos, silos, etc.).

Caberá à Contratada por ocasião da escavação do local onde será executado o radier, chegar a uma cota de assentamento a mais homogênea possível e em solo com pressão admissível especificada no projeto.

Deverá a Contratada proceder a um perfeito nivelamento da área, levando em consideração a uniformidade das pressões a que será submetido o radier.

Uma vez liberado o solo da base pela Fiscalização, a Contratada executará o lastro de regularização do solo em concreto simples com 5cm de espessura mínima, sobre o qual será concretado o radier.

Tanto em radiers homogêneos, quanto em radiers de espessuras variadas, deverá haver um perfeito nivelamento das lajes, de modo a não comprometer a estabilidade da obra.

## **3.3 Fundações Profundas**

Elementos de fundação que transmitem a carga ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, e que estão assentes em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3m, salvo justificativa. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas, os tubulões e os caixões.

Sempre que houver dúvida sobre uma estaca, a Fiscalização deverá exigir da Contratada a comprovação de seu comportamento satisfatório. Se esta comprovação não for julgada suficiente, dependendo da natureza da dúvida, a estaca deverá ser substituída ou seu comportamento comprovado por prova de carga, conforme da norma NBR 6122.

No caso de uma prova de carga ter dado resultado não satisfatório, deve ser reestudado o programa de provas de carga, de modo a permitir o reexame das cargas admissíveis, do processo executivo e até do tipo de fundação.

### **3.3.1 Estaca moldada in loco tipo hélice contínua**

A estaca hélice contínua é uma estaca de concreto moldada "in loco", executada por meio de trado contínuo e injeção de concreto através da haste central do trado simultaneamente a sua retirada do terreno.

O ruído e as vibrações são extremamente baixos, este tipo de estaca tem se mostrado particularmente eficiente em áreas densamente populosas, onde os ruídos e vibrações podem afetar seriamente os prédios vizinhos. A metodologia de perfuração permite a sua execução em terrenos coesivos e arenosos, na presença ou não do lençol freático e atravessa camadas de solos resistentes com índices de STP acima de 50 dependendo do tipo de equipamento utilizado.

A perfuração consiste em fazer a hélice penetrar no terreno por meio de torque apropriado para vencer a sua resistência. A haste de perfuração é composta por uma hélice espiral solidarizada a um tubo central, equipada com dentes na extremidade inferior que possibilitam a sua penetração no terreno. A velocidade de perfuração produz acima de 200m de estacas por dia dependendo do diâmetro da hélice, da profundidade e da resistência do terreno.

Alcançada a profundidade desejada, o concreto é bombeado através do tubo central, preenchendo simultaneamente a cavidade deixada pela hélice que é extraída do terreno sem girar ou girando lentamente no mesmo sentido da perfuração.

O concreto utilizado deve apresentar resistência característica  $f_{ck} \geq 18$  Mpa, deve ser bombeável e composto de areia, pedriscos ou brita 1 e com consumo de cimento de 350 a 450 Kg/m<sup>3</sup>, sendo facultativa a utilização de aditivos.

O abatimento ou "Slump" deve ser mantido entre 200 e 240mm. Pode ser utilizada bomba de concreto ligada ao equipamento de perfuração através de mangueira flexível. O preenchimento da estaca com concreto é normalmente executado até a superfície de trabalho sendo possível o seu arrasamento abaixo da superfície do terreno guardadas as precauções quanto a estabilidade do furo no trecho não concretado e a colocação da armação.

A colocação da armação deve ser feita após a concretagem.

A armação, em forma de gaiola, deve ser introduzida na estaca por gravidade ou com o auxílio de um pilão de pequena carga ou vibrador. O tipo de armação a ser utilizada está definida no respectivo projeto executivo.

### **3.3.2 Estaca tipo raiz**

É uma estaca moldada "in loco", executada através de perfuração rotativa ou roto-percussiva, revestida por meio de tubo metálico, de tal sorte que seja garantida a integridade do fuste.

A realização de uma Estaca Raiz se procede em três fases principais, distintas e consecutivas: perfuração, colocação da armadura e concretagem da estaca.

A perfuração é executada normalmente por rotação com revestimento contínuo do furo e com auxílio de um fluido em circulação (geralmente água, em casos especiais lama bentonítica); a tubulação de operação possui na base uma ferramenta (sapata), dotada de pastilhas de metal duro, de diâmetro ligeiramente superior ao da tubulação. Os detritos resultantes da perfuração são trazidos à superfície pelo fluido em circulação direta através do espaço anelar que se forma entre o tubo e o terreno; isto determina que o diâmetro acabado da estaca seja sempre maior que o diâmetro nominal da tubulação de perfuração. Permite também o exame do material perfurado, e o confronto com as sondagens existentes. À medida que prossegue a perfuração, a tubulação penetra no terreno e os vários segmentos são ligados entre si por juntas rosqueadas, sem luvas externas, impondo-se o uso de tubos especiais de grande espessura (Schedule 40 ou 60).

A perfuração é concluída quando se atingir a cota de ponta prevista no projeto, devendo a Construtora verificar se as características do solo àquela cota são compatíveis com as previstas no Projeto.

Terminada a perfuração é colocada a armadura no interior do tubo de revestimento. Esta pode ser constituída de uma ou mais barras de aço de aderência melhorada ou, para as estacas de maior diâmetro, de várias barras montadas em gaiola, ou de um tubo de aço, obedecendo às indicações do projeto.

Os diversos segmentos de armadura são ligados entre si por simples sobreposição, no caso de estacas à compressão, ou mediante solda ou luvas rosqueadas no caso de estacas à tração.

Uma vez armada a estaca, é colocada dentro do tubo de perfuração um tubo de injeção, de pequeno diâmetro (10 a 15mm) que é introduzido até o fundo; através deste tubo é injetada nata de cimento com uma relação média água/cimento de 0,4 a 0,6.

A nata de cimento, lançada de baixo para cima, garante que a água (ou a lama de perfuração) seja deslocada para fora e seja substituída pela própria nata. Durante esta operação o furo permanece sempre revestido e, portanto, a operação se realiza com o máximo de segurança. Uma vez que a perfuração esteja limpa de lama e preenchida de nata, retira-se o tubo de injeção e lança-se, pela boca do tubo de perfuração argamassa de cimento com traço de 600kg de cimento por metro cúbico de areia, e relação água/cimento de 0,4 a 0,6. Com o tubo preenchido, em sua extremidade superior é montada uma cabeça e se procede à extração da tubulação de perfuração com ferramenta especial ao mesmo tempo em que se continua a injetar argamassa sob baixa pressão (0 a 5 Kgf/cm<sup>2</sup>), aplicada pela bomba ou por ar comprimido.

A compressão da argamassa é repetida tantas vezes quantas forem necessárias, até a total execução da estaca, acrescentando-se a cada vez uma quantidade de argamassa necessária ao completo preenchimento da tubulação e fazendo com que argamassa colocada no interior do tubo, durante a extração da tubulação não fique nunca abaixo da sapata de perfuração.

Os materiais empregados devem seguir às especificações do projeto (armaduras) e desta especificação (argamassa e nata de cimento).

Uma estaca raiz em cada grupo de cinquenta deve ser escolhida após a execução para ser submetida à prova de carga, segundo a NB-20. A carga limite de prova será 1,5 vezes a carga máxima de projeto (tração e/ou compressão) para aquele tipo de estaca.

Toda a obra deve ser acompanhada da apresentação de boletins de execução, constando no mínimo dos seguintes dados para cada estaca:

- Descrição do método executivo com apresentação de esquema;
- Diâmetro da perfuração;
- Diâmetro, espessura e profundidade do revestimento recuperável ou permanente;
- Uso ou não de lama bentonítica;

- Armação;
- Profundidade total;
- Pressão máxima de injeção;
- Pressão final de injeção;
- Volume da calda ou argamassa injetada em cada estágio ou válvula;
- Características da calda ou argamassa (traço, fator água-cimento, aditivos, número de sacos de cimento injetados).

### **3.3.3 Estaca tipo broca**

São estacas moldadas “in loco” em perfuração executada com trado mecânico espiral, sem revestimento, acima do nível d’água, e em solo no qual seja garantida a estabilidade das paredes da perfuração durante a concretagem.

O trado espiral deverá estar centrado no piquete de locação da estaca e em posição vertical, antes de iniciar-se a perfuração.

Perfurar o solo até a cota de projeto, comparando-se o solo perfurado com as camadas das sondagens a percussão, de forma a confirmar, com o concurso de engenheiro geotécnico, a previsão de comprimento das estacas.

Terminada a perfuração, o fundo do furo deverá ser limpo, encostando-se o trado e fazendo-o girar suavemente, com finalidade de recolher o material desagregado.

O concreto deverá ser lançado do topo da perfuração com auxílio de funil de comprimento adequado (é suficiente que o comprimento do tubo do funil seja de cinco vezes o seu diâmetro interno), devendo apresentar fck não inferior a 20 MPa, consumo de cimento superior a 300 kg/cm<sup>3</sup> e consistência plástica.

A concretagem deverá prosseguir até 1 (um) diâmetro acima da cota de arrasamento da estaca.

A concretagem da estaca deverá ser ininterrupta, desde a ponta até a execução de sua cabeça, não sendo admitida à criação de juntas frias.

Em geral estas estacas não são armadas, utilizando-se ferros de ligação com bloco. Esses ferros serão introduzidos no concreto ainda fresco, com os comprimentos especificados em projeto.

Quando necessário, estas estacas poderão ser armadas para resistir aos esforços da estrutura, devendo a armadura ser introduzida na perfuração antes da concretagem.

### **3.4 Blocos e Vigas baldrames**

#### *Escavação manual para blocos e vigas baldrames*

As escavações para os blocos de coroamento e vigas baldrames da fundação deverão considerar 30cm de abertura lateral de cada lado para cálculo de volume de abertura.

As cavas para fundações e outras partes da obra, previstas abaixo do nível do terreno, serão executadas de acordo com as indicações constantes do projeto de fundações, demais projetos da obra e com a natureza do terreno encontrado e volume de trabalho executado. Se forem encontrados materiais estranhos às constituições normais do terreno, deverão ser removidos sem ônus adicional ao preço das escavações, salvo casos excepcionais a critério da Fiscalização.

#### *Regularização e apiloamento de fundo de vala*

Após a escavação, o fundo das valas deverá ser regularizado, de acordo com a profundidade constante no projeto de estrutura/arquitetura, para posterior apiloamento de fundo de vala, antes da execução do lastro de concreto.

Deverá ser executado nivelamento e apiloamento do fundo das valas a fim de corrigir possíveis falhas. Na execução, os fundos das valas

deverão ser abundantemente molhados com a finalidade de localizar possíveis elementos estranhos (raízes de árvores, formigueiros, etc.) não aflorados, que serão acusados por percolação de água; após o que deverá ser fortemente apilado com maço de 10 kg ou compactador CM-20.

No fundo das vigas baldrames e blocos, deverá ser executado lastro de brita<sup>2</sup>, com espessura de 5 cm.

### Forma para Blocos e Vigas Baldrames

#### Generalidades

As formas devem adaptar-se ao formato e às dimensões das peças da estrutura projetada.

A fôrma deve ser suficientemente estanque, de modo a impedir a perda de pasta de cimento, admitindo-se como limite a surgência do agregado miúdo da superfície do concreto.

Os elementos estruturantes das formas devem ser dispostos de modo a manter o formato e a posição da fôrma durante toda sua utilização.

Durante a concretagem de elementos estruturais de grande vão deve haver monitoramento e correção de deslocamentos do sistema de formas não previstos nos projetos.

#### Componentes embutidos nas formas e reduções de seção

A concentração de componentes e furos em uma determinada região da estrutura deve ser objeto de verificação pelo projetista.

Elementos estruturantes das formas, barras, tubulações e similares, com as funções estabelecidas em projeto, além de insertos ou pinos de ancoragem, podem ser colocados dentro da seção, devendo:

Ser fixados para assegurar o posicionamento durante a concretagem;

- Não alterar as características estruturais da peça;
- Não reagir de maneira nociva ou prejudicial com os componentes do concreto, em especial o cimento Portland, ou com as armaduras;
- Não provocar manchas na superfície de concreto aparente;
- Não prejudicar o desempenho funcional e a durabilidade do elemento estrutural;
- Permitir que as operações de lançamento e adensamento do concreto fresco sejam feitas de maneira adequada.

Qualquer componente embutido deve preservar o formato durante a operação de concretagem e resistir a contaminações que possam afetar sua integridade, a do concreto ou a da armadura. No caso de ser metálico deve-se prever proteção contra corrosão.

#### Aberturas Temporárias em Formas

Aberturas e orifícios usados para trabalhos temporários devem ser preenchidos e acabados com um material de qualidade similar à do concreto da estrutura.

#### Formas Perdidas (remanescentes na estrutura)

Recomenda-se evitar o uso de formas perdidas. Nos casos em que, após a concretagem da estrutura ou de um determinado elemento estrutural, não for feita a retirada da forma ou parte dela, essa condição deve ser previamente estabelecida em projeto e devem ser verificadas:

- A durabilidade do material componente da fôrma (em se tratando de madeira, verificar se está imunizada contra cupins, fungos e insetos em geral);
- A compatibilidade desse material com o concreto;
- A estabilidade estrutural do elemento contendo a fôrma perdida;
- A correta ancoragem da fôrma perdida.

#### Uso de Agentes Desmoldantes.

Quando agentes destinados a facilitar a desforma forem necessários, devem ser aplicados exclusivamente na fôrma antes da colocação da armadura e de maneira a não prejudicar a superfície do concreto.

Agentes desmoldantes devem ser aplicados de acordo com as especificações do fabricante e normas nacionais, devendo ser evitados tanto o excesso como a falta do desmoldante.

Salvo condição específica, os produtos utilizados não devem deixar resíduos na superfície do concreto ou acarretar algum efeito que cause:

- Alteração na qualidade da superfície ou, no caso de concreto aparente, resulte em alteração de cor;
- Prejuízo da aderência do revestimento a ser aplicado.

#### Cura

Deverá ser procedida uma cura úmida criteriosa por no mínimo uma semana.

As formas laterais dos blocos e baldrames poderão ser retirados após as primeiras 48 horas para melhorar as condições de cura.

Para uma cura simples, eficiente e criteriosa recomenda-se a utilização de sacos de aniagem constantemente molhados.

Finalmente salienta-se que para concreto produzido em obra deve-se corrigir o volume de água na mistura em função da umidade da areia.

## **4 Estruturas de Concreto**

### **4.1 Cimento**

O cimento utilizado na execução do concreto deverá obedecer às especificações das Normas Brasileiras.

A escolha do tipo de cimento dependerá da finalidade a que se destina o concreto e, a menos que indicado no projeto, a responsabilidade dessa escolha é da empresa executante da obra.

O cimento a ser utilizado deverá ser do tipo denominado cimento Portland Comum (CP), que satisfaça as exigências das normas da ABNT, no que diz respeito à resistência, finura, pega, etc., e seja, sempre que possível, de uma única procedência.

Na execução de concreto aparente, o cimento utilizado deverá ser de uma única procedência, de modo que sejam evitadas variações de coloração e textura que possam comprometer o aspecto arquitetônico da obra.

Todo o cimento deverá ser armazenado em local seco, coberto, ventilado e suficientemente protegido das intempéries e de outros elementos nocivos às suas características intrínsecas. Ele deve ser estocado afastado do chão, das paredes e de locais úmidos.

Recomenda-se iniciar a pilha de cimento sobre um tablado de madeira, montado a pelo menos 30 cm do chão ou do piso e não formar pilhas maiores do que 10 sacos. A retirada para uso deve seguir a mesma

sequência cronológica de entrega. O cimento, bem estocado, é próprio para uso por três meses, no máximo, a partir da data de sua fabricação.

Tomados todos os cuidados na estocagem adequada do cimento para alongar ao máximo sua vida útil, ainda assim alguns sacos de cimento podem se estragar. Às vezes, o empedramento é apenas superficial. Se esses sacos forem tombados sobre uma superfície dura e voltarem a se afofar, ou se for possível esfarelar os torrões neles contidos entre os dedos, o cimento desses sacos ainda se prestará ao uso normal. Caso contrário, ainda se pode tentar aproveitar parte do cimento, peneirando-o. O pó que passa numa peneira de malha de 5 mm pode ser utilizado em aplicações de menor responsabilidade, tais como pisos, contrapisos e calçadas, mas não deve ser utilizado em peças estruturais, já que sua resistência ficou comprometida, pois parte desse cimento já teve iniciado o processo de hidratação.

Não poderá ser utilizado, na confecção de concretos estruturais, nenhum lote de cimento que se apresente parcialmente hidratado.

## **4.2 Agregados**

Os agregados deverão atender às especificações da ABNT.

Os diferentes agregados deverão ser armazenados em compartimentos separados, de modo a não haver possibilidade de se misturarem agregados de tamanhos diferentes. Igualmente, deverão ser tomadas precauções, de modo a não permitir mistura com materiais estranhos, que venham a prejudicar sua qualidade.

Os agregados que estiverem cobertos de pó ou materiais estranhos e que não satisfaçam às condições mínimas de limpeza deverão ser novamente lavados, ou, então, rejeitados.

A areia deverá ser natural, quartzosa, de grãos angulosos e ásperos ao tato, ou artificial, proveniente do britamento de rochas estáveis. Não

deverá, em ambos os casos, conter quantidades nocivas de impurezas orgânicas, terrosas ou de material pulverulento. A areia deverá ser lavada sempre que for necessário.

Deverá ser sempre evitada à predominância de uma ou duas dimensões (formas achatadas ou alongadas), bem como a ocorrência de mais de quatro por cento de mica.

Como agregado graúdo, poderá ser utilizado o seixo rolado da vasa de rios ou pedra britada de rocha estável, com arestas vivas, isento de pó-de-pedra, materiais orgânicos, terroso e não-reativos com os álcalis de cimento.

O agregado graúdo deverá ser completamente lavado antes de ser entregue na obra, seja qual for sua procedência.

Os grãos dos agregados deverão, de acordo com a necessidade, passar por ensaios de caracterização.

Eventuais variações de forma e granulometria deverão ser compensadas na dosagem do concreto.

A resistência própria de ruptura dos agregados deverá ser superior à resistência do concreto.

### **4.3 Água de amassamento**

Deverá ser limpa e potável, isto é, tal que não apresente impurezas que possam vir a prejudicar as reações da água com os compostos de cimento, como sais, álcalis, óleos, materiais orgânicos em suspensão ou outras substâncias que possam prejudicar o concreto ou o aço.

### **4.4 Aditivos**

A utilização de aditivos adicionados ao concreto com o objetivo de acelerar ou retardar a pega e o desenvolvimento da resistência nas

idades iniciais, reduzir o calor de hidratação, melhorar a trabalhabilidade, reduzir a relação água/cimento, aumentar a compacidade e impermeabilidade ou incrementar a resistência aos agentes agressivos e às variações climáticas, será permitida desde que atendam às especificações das Normas Brasileiras e sejam previamente aprovados pela fiscalização.

São rigorosamente proibidos os aditivos que contenham cloreto de cálcio ou quaisquer outros halogenetos.

#### **4.5 Aço para armação**

Os aços para armaduras destinadas às estruturas de concreto armado deverão obedecer às especificações da ABNT. As barras e fios deverão seguir as prescrições da NBR 7480.

A estocagem de aço deve ser adequada à manutenção de sua qualidade; devendo ser colocado em abrigo das intempéries, sobre estrados a 75 mm, no mínimo, do piso, ou a 0,30 m, no mínimo, do terreno natural. O solo subjacente deverá ser firme, com leve declividade e recoberto com camada de brita. Recomenda-se cobri-lo com plástico ou lona, protegendo-o da umidade e do ataque de agentes agressivos. Serão rejeitados os aços que se apresentarem em processo de corrosão e ferrugem, com redução na seção efetiva de sua área maior do que 10%.

A fiscalização de campo fará uma inspeção preliminar, onde deverá ser verificado se a partida está de acordo com o pedido e se apresenta homogeneidade geométrica, assim como, isenção de defeitos prejudiciais, tais como: bolhas, fissuras, esfoliações, corrosão, graxa, lama aderente.

Os aços utilizados deverão apresentar a designação da categoria da classe do aço.

Será retirada, para ensaio, uma amostra de cada partida do material que chegar à obra. Os resultados dos ensaios serão analisados pela fiscalização, a quem compete aceitar ou rejeitar o material, de acordo com a especificação correspondente.

As barras, antes de serem cortadas, deverão ser endireitadas, sendo que o trabalho de retificação, corte e dobramento deverá ser efetuado com todo o cuidado, para que não sejam prejudiciais as características mecânicas do material.

Os dobramentos das barras deverão ser feitos obedecendo-se ao especificado na Tabela B.3 do Anexo B da NBR-7480, sempre a frio.

As tolerâncias de corte e dobramentos ficarão a critério da fiscalização.

A montagem das armaduras deverá obedecer às prescrições da NBR 6118 e ao projeto executivo.

A armadura deverá ser montada na posição indicada no projeto e de modo a que as barras se mantenham firmes durante o lançamento do concreto, observando-se as distâncias das barras entre si e às faces internas das formas. Permite-se, para isso, o uso de arame ou dispositivo de aço (caranguejo, etc.), desde que não sejam apoiados sobre concreto magro. Todos os cobrimentos deverão ser observados, de acordo com o projeto. Para tal, poderão ser usados espaçadores plásticos ou de argamassa.

Na montagem das peças dobradas, a armação deverá ser feita utilizando-se arame recozido, ou, então, pontos de solda, a critério da fiscalização.

Só será permitida a substituição das barras indicadas nos desenhos por outras de diâmetro diferente com autorização do autor do projeto, sendo que, para esse caso, a área de seção das barras, resultante da armadura, deverá ser igual ou maior do que a área especificada nos desenhos.

#### **4.6 Chumbadores e chapas de apoio**

Exceto em casos especiais, os chumbadores e as chapas de ancoragem estarão de acordo com a ASTM A-36 e as luvas serão com tubos ASTM-A53.

Os chumbadores, inclusive as porcas e arruelas, serão galvanizadas de acordo com a ASTM A-153.

O material das chapas deverá estar de acordo com a ASTM A-36 e as grapas serão em aço CA-50.

Quando indicado no projeto, as chapas dos insertos serão galvanizadas ou pintadas com tinta anticorrosiva.

#### **4.7 Formas**

A execução das formas deverá atender ao disposto na NBR 14931.

As formas dos elementos estruturais poderão ser feitas de tábuas de madeira, em bruto ou aparelhadas; madeira compensada (resinada ou plastificada); madeira revestida de placas metálicas; de chapas de aço ou ferro.

A madeira utilizada nas formas deverá apresentar-se isenta de nós fraturáveis, furos ou vazios deixados pelos nós, fendas, rachaduras, curvaturas ou empenamentos.

A espessura mínima das tábuas a serem usadas deverá ser de 25 mm. No caso de madeira compensada, esta mesma espessura será de no mínimo 10 mm. Caso onde haja necessidade de materiais de espessuras menores, estes deverão ser aprovados pela fiscalização.

As formas deverão estar de acordo com as dimensões indicadas nos desenhos do projeto. Qualquer parte da estrutura que se afastar das dimensões e / ou posições indicadas nos desenhos deverá ser removida e substituída.

As formas deverão ter resistência suficiente para suportar pressões resultantes do lançamento e da vibração do concreto, mantendo-se rigidamente na posição correta e não sofrendo deformações; ser suficientemente estanques, de modo a impedir a perda de nata de cimento durante a concretagem, untadas com produto que facilite a desforma e não manche a superfície do concreto. As calafetações e emulsões que se fizerem necessárias somente poderão ser executadas com materiais aprovados pela fiscalização.

As formas deverão ser confeccionadas de acordo com a norma NBR 6118, e serão classificadas em função do acabamento que proporcionarem à superfície do concreto, ou seja:

- Formas para estruturas enterradas (fundações): na face em contato com o concreto serão utilizadas tábuas em estado bruto, livre de nós, ou painéis compensados resinados de madeira laminada.
- Formas para estrutura em concreto revestido: quando a superfície do concreto for revestida com argamassa ou outro material, na face em contato com o concreto serão utilizados painéis compensados resinados de madeira laminada.
- Formas para estrutura em concreto aparente: quando a superfície do concreto for aparente, na face em contato com o concreto serão utilizados painéis compensados plastificados de madeira laminada.

A fiscalização, antes de autorizar qualquer concretagem, fará uma inspeção para certificar-se de que as formas se apresentam com as dimensões corretas, isentas de cavacos, serragem ou corpos estranhos e de que a armadura está de acordo com o projeto.

As formas, desde que não tenham acabamento plastificado, deverão ser saturadas com água, em fase imediatamente anterior à do lançamento do concreto, mantendo as superfícies úmidas e não encharcadas.

Para tratamento das formas será permitido o uso de parafusos, tirantes de aço passantes ou núcleo perdido, desde que estes recebam um tratamento final.

Na execução dos escoramentos, deverão ser utilizados pontaletes de pinho 3"x 3", vigotas de peroba de secção quadrada, ou retangular, com menor dimensão igual ou superior a 2", ou ainda escoras metálicas com dimensões adequadas aos esforços previstos.

Todo cimbramento deverá prever aparelhos de descimbramento, convenientemente colocados, de forma que a retirada se faça sem choques ou outras causas que possam determinar esforços não previstos na estrutura escorada.

Todas as formas, bem como os respectivos travamentos e escoramentos, deverão ser executadas de modo a não sofrerem qualquer tipo de deslocamento, ou deformação, durante e após a concretagem, e sempre que necessário, com a previsão de contra flechas para compensar as deformações provocadas pelos esforços de carregamento do concreto fresco.

As peças de escoramento deverão ser sempre apoiadas sobre cunhas ou outros dispositivos adequados, cuidando-se para que seus apoios não sofram qualquer tipo de deslocamento, e convenientemente contraventadas, sempre que necessário.

O escoramento deve ser projetado de modo a não sofrer, sob a ação de seu próprio peso, do peso da estrutura e das cargas acidentais que possam atuar durante a execução da estrutura de concreto, deformações prejudiciais ao formato da estrutura ou que possam causar esforços não previstos no concreto.

No projeto do escoramento devem ser consideradas a deformação e a flambagem dos materiais e as vibrações a que o escoramento estará sujeito.

Quando de sua construção, o escoramento deve ser apoiado sobre cunhas, caixas de areia ou outros dispositivos apropriados a facilitar a remoção das formas, de maneira a não submeter a estrutura a impactos, sobrecargas ou outros danos.

Devem ser tomadas as precauções necessárias para evitar recalques prejudiciais provocados no solo ou na parte da estrutura que suporta o escoramento, pelas cargas por este transmitidas, prevendo-se o uso de lastro, piso de concreto ou pranchões para correção de irregularidades e melhor distribuição de cargas, assim como cunhas para ajuste de níveis.

No caso do emprego de escoramento metálico, devem ser seguidas as instruções do fornecedor responsável pelo sistema.

Formas e escoramentos devem ser removidos de acordo com o plano de desforma previamente estabelecido e de maneira a não comprometer a segurança e o desempenho em serviço da estrutura.

Para efetuar sua remoção devem ser considerados os seguintes aspectos:

- Peso próprio da estrutura ou da parte a ser suportada por um determinado elemento estrutural;
- Cargas devidas a formas ainda não retiradas de outros elementos estruturais (pavimentos);
- Sobrecargas de execução, como movimentação de operários e material sobre o elemento estrutural;
- Sequência de retirada das formas e escoramentos e a possível permanência de escoramentos localizados;
- Operações particulares e localizadas de retirada de formas (como locais de difícil acesso);

- Condições ambientais a que será submetido o concreto após a retirada das formas e as condições de cura;
- Possíveis exigências relativas a tratamentos superficiais posteriores.

Escoramentos e formas não devem ser removidos, em nenhum caso, até que o concreto tenha adquirido resistência suficiente para:

- Suportar a carga imposta ao elemento estrutural nesse estágio;
- Evitar deformações que excedam as tolerâncias especificadas;
- Resistir a danos para a superfície durante a remoção.

Deve ser dada especial atenção ao tempo especificado para a retirada do escoramento e das formas que possam impedir a livre movimentação de juntas de retração ou dilatação, bem como de articulações.

A retirada das formas e do escoramento só pode ser feita quando o concreto estiver suficientemente endurecido para resistir às ações que sobre ele atuarem e não conduzir a deformações inaceitáveis, tendo em vista o baixo valor do módulo de elasticidade do concreto ( $E_{ci}$ ) e a maior probabilidade de grande deformação diferida no tempo quando o concreto é solicitado com pouca idade.

A retirada do escoramento e das formas deve ser efetuada sem choques.

A colocação de novas escoras em posições preestabelecidas e a retirada dos elementos de um primeiro plano de escoramento podem reduzir os efeitos do carregamento inicial, do carregamento subsequente e evitar deformações excessivas.

Neste caso devem ser considerados os seguintes aspectos:

- Nenhuma carga deve ser imposta e nenhum escoramento removido de qualquer parte da estrutura enquanto não houver

certeza de que os elementos estruturais e o novo sistema de escoramento têm resistência suficiente para suportar com segurança as ações a que estarão sujeitos;

- Nenhuma ação adicional, não prevista nas especificações de projeto ou na programação da execução da estrutura de concreto, deve ser imposta à estrutura ou ao sistema de escoramento sem que se comprove que o conjunto tem resistência suficiente para suportar com segurança as ações a que estará sujeito;
- A análise estrutural e os dados de deformabilidade e resistência do concreto usados no planejamento para a reestruturação do escoramento devem ser fornecidos pelo responsável pelo projeto estrutural ou pelo responsável pela obra, conforme acordado entre as partes;
- A verificação de que a estrutura de concreto suporta as ações previstas, considerando a capacidade de suporte do sistema de escoramento e os dados de resistência e deformabilidade do concreto.

Os espaçamentos para criação de juntas de dilatação deverão ser preenchidos com materiais adequados a cada caso específico e previamente aprovados pela fiscalização.

Só será permitido o uso de produtos que não deixem resíduos que comprometam o aspecto do concreto aparente, ou prejudique a aderência dos materiais de revestimentos. A aplicação desses produtos deverá ser feita de modo a não deixar excessos em nenhum ponto, sempre antes da colocação das armaduras, evitando-se todo e qualquer contato com as peças que necessitem aderência.

A retirada das formas após o lançamento só poderá ser feita quando o concreto estiver suficientemente endurecido para resistir às ações que sobre ele atuam e não conduzir a deformações inaceitáveis, devendo estar de acordo com a norma pertinente.

Esses prazos poderão ser modificados, a critério da Fiscalização, desde que tenham sido atendidas as medidas de cura do concreto e verificada a sua resistência.

Na execução de formas para concreto aparente, além das normas estabelecidas anteriormente, deverá ser observado que o acabamento para concreto aparente deverá ser entendido como liso, devendo, para tanto, ter suas formas executadas com chapas resinadas e plastificadas ou tábuas de pinho aparelhadas e untadas com líquido desmoldante adequado, ambas de primeira qualidade e isentas de quaisquer defeitos incompatíveis com essa classificação.

Para execução de reservatório elevado poderá ser utilizado o processo de formas deslizantes ou trepantes metálicas devendo a empresa contratada providenciar todo o material, mão-de-obra e equipamentos necessários à manutenção do plano executivo de deslizamento e do ritmo de elevação da obra.

Na execução de toda e qualquer cortina de concreto aparente, cuja amarração de formas seja feita por intermédio de ferros passantes em tubos plásticos, os orifícios resultantes dessa amarração, bem como a disposição dos espaçadores embutidos, deverão obedecer a um alinhamento perfeito, tanto na horizontal quanto na vertical.

Os materiais a serem embutidos no concreto, tais como: tubulações, eletrodutos, chumbadores, luvas, drenos, cantoneiras, juntas tipo Fugenband, dispositivos de fixação de instalações posteriores, etc., deverão ser colocados e fixados rigidamente nas formas, de modo a não serem deslocados durante o lançamento e vibração do concreto.

A posição e nível dos elementos embutidos devem ser verificados por topografia, antes do lançamento do concreto na forma e conferidos 24 horas após a concretagem.

As peças a serem embutidas deverão estar limpas e livres de graxa, pintura, ferrugem, etc. de maneira a não prejudicar sua aderência com

o concreto. Os chumbadores não poderão apresentar os filetes das roscas amassados ou corroídos.

Após a concretagem, todos os embutidos, destinados a quaisquer fixações, deverão ser limpos cuidadosamente de restos de concreto, engraxados e protegidos contra corrosão ou qualquer dano, até a época da instalação dos equipamentos ou estrutura.

### Tolerâncias

A execução das estruturas de concreto deve ser a mais cuidadosa, a fim de que as dimensões, a forma e a posição das peças e as dimensões e posição da armadura obedeçam às indicações do projeto com a maior precisão possível.

Devem ser respeitadas as tolerâncias estabelecidas nesta seção e nas tabelas a seguir, caso o plano da obra, em virtude de circunstâncias especiais, não as exija mais rigorosas.

Tolerâncias dimensionais para as seções transversais de elementos estruturais lineares e para a espessura de elementos estruturais de superfície:

Dimensão (a) cm	Tolerância (t) mm
$a \leq 60$	$\pm 5$
$60 < a \leq 120$	$\pm 7$
$120 < a \leq 250$	$\pm 10$
$a > 250$	$\pm 0,4 \% \text{ da dimensão}$

Tolerâncias dimensionais para o comprimento de elementos estruturais lineares:

Dimensão ( $l$ ) m	Tolerância ( $t$ ) mm
$l \leq 3$	$\pm 5$
$3 < l \leq 5$	$\pm 10$
$5 < l \leq 15$	$\pm 15$
$l > 15$	$\pm 20$

NOTA A tolerância dimensional de elementos lineares justapostos deve ser considerada sobre a dimensão total.

Para fins de liberação dos galgões de pilares de um pavimento, a tolerância para posição dos eixos de cada pilar em relação ao projeto é de  $\pm 5$  mm.

A tolerância individual de desaprumo e desalinhamento de elementos estruturais lineares deve ser menor ou igual a  $l/500$  ou 5 mm, adotando-se o maior valor, e a tolerância cumulativa deve obedecer à seguinte equação:

$$t_{tot} \leq 8 \sqrt{H_{tot}}$$

Onde:

$t_{tot}$  é a tolerância cumulativa ou total da edificação, em milímetros;

$H_{tot}$  é a altura da edificação, em metros.

Dimensão ( $s$ ) cm		Tolerância <sup>1), 3)</sup> ( $t$ ) mm
Tipo de elemento estrutural	Posição da verificação	
Elementos de superfície	Horizontal	5
	Vertical	20 <sup>2)</sup>
Elementos lineares	Horizontal	10
	Vertical	10

<sup>1)</sup> Em regiões especiais (tais como: apoios, ligações, interseções de elementos estruturais, traspasse de armadura de pilares e outras) essas tolerâncias não se aplicam, devendo ser objeto de entendimento entre o responsável pela execução da obra e o projetista estrutural.

<sup>2)</sup> Tolerância relativa ao alinhamento da armadura.

<sup>3)</sup> O cobrimento das barras e a distância mínima entre elas não podem ser inferiores aos estabelecidos na ABNT NBR 6118.

O nivelamento das fôrmas, antes da concretagem, com relação às cotas de projeto, deve respeitar a tolerância estabelecida a seguir:

$$5 \text{ mm} \leq t \leq \frac{l}{1000} \leq 10 \text{ mm}$$

Onde:

t é a tolerância do nivelamento da fôrma, em milímetros;

l é a maior dimensão da fôrma, em metros.

O nivelamento do pavimento, após a concretagem (ainda escorado) e exclusivamente devido ao peso próprio, com relação às cotas de projeto, deve respeitar a tolerância estabelecida a seguir:

$$5 \text{ mm} \leq t \leq \frac{l}{1000} \leq 40 \text{ mm}$$

Onde:

t é a tolerância do nivelamento do pavimento, em milímetros;

l é a maior dimensão do pavimento, em metros.

A tolerância na locação de chumbadores de um mesmo grupo é de  $\pm 3\text{mm}$ .

#### **4.8 Dosagem do concreto**

A Contratada submeterá à aprovação da Fiscalização a dosagem do concreto a ser utilizada para atingir e respeitar os limites previstos nos critérios de durabilidade, a resistência característica da compressão (fck) indicada nos projetos. Para isso, deverá apresentar um certificado de garantia comprovado que tal dosagem cumpre esse requisito.

A dosagem do concreto deverá ser experimental, de acordo com a NBR 12655.

Sempre que houver modificação nas características dos materiais componentes do concreto, ou outros motivos, a critério da Fiscalização, deverão ser feitos os ajustes necessários na dosagem.

O traço adequado deverá resultar em um concreto com trabalhabilidade compatível com as características das peças a serem concretadas, considerando-se suas dimensões, densidade e espaçamento das armaduras.

O concreto poderá ser preparado na própria obra, em central ou betoneira, ou fornecido por empresa especializada em concreto pré-misturado.

A central deve assumir a responsabilidade pelo serviço e cumprir as prescrições relativas às etapas de preparo do concreto (ver NBR 12655), bem como as disposições da 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, sendo preservada durante o prazo previsto na legislação vigente.

A especificação do concreto deve levar em consideração todas as propriedades requeridas em projeto, em especial quanto à resistência característica, ao módulo de elasticidade do concreto e à durabilidade da estrutura, bem como às condições eventualmente necessárias em função do método de preparo escolhido e das condições de lançamento, adensamento e cura.

- Especificação pela resistência característica do concreto à compressão: O concreto é solicitado especificando-se a resistência característica do concreto à compressão na idade de controle, conforme a NBR 12655, a dimensão máxima característica do agregado graúdo e o abatimento do concreto fresco no momento de entrega, de acordo com a NBR 7212.

- Especificação pelo consumo de cimento: O concreto é solicitado especificando-se o consumo de cimento Portland por metro cúbico de concreto, a dimensão máxima característica do agregado graúdo e o abatimento do concreto fresco no momento da entrega.

A NBR 7212 estabelece outras exigências que podem ser solicitadas quando da especificação do concreto, definindo ainda os critérios de entrega desse material e estabelecendo condições inerentes ao processo.

#### **4.9 Plano de Concretagem**

Antes de proceder à mistura do concreto na obra ou solicitar a entrega de concreto dosado em central, é necessário verificar as condições operacionais dos equipamentos disponíveis no local de trabalho e sua adequabilidade ao volume de concreto a ser produzido e transportado.

As condições e a quantidade disponível de equipamentos necessários ao lançamento e ao adensamento do concreto devem também ser verificadas 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 e adensamento, 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, de forma a 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. Após a descarga do concreto, a "bica" de descarga deve ser lavada no canteiro de obras.

Quando o concreto for lançado por meio de bombeamento ou quando, em função das dimensões da estrutura de concreto, houver grande quantidade de caminhões circulando, deve-se prever um local próximo ao de concretagem para que os caminhões aguardem pelo momento de descarregar.

A concretagem de cada elemento estrutural deve ser realizada de acordo com um plano previamente estabelecido. Um plano de concretagem bem elaborado deve assegurar o fornecimento da quantidade adequada de concreto com as características necessárias à estrutura.

O plano de concretagem deve prever:

- A área ou o volume concretado em função do tempo de trabalho;
- A relação entre lançamento, adensamento e acabamento;
- As juntas de concretagem, quando necessárias, a partir de definição em comum acordo entre os responsáveis pela execução da estrutura de concreto e pelo projeto estrutural;
- O acabamento final que se pretende obter.

A capacidade (pessoal e equipamentos) de lançamento deve permitir que o concreto se mantenha plástico e livre de juntas não previstas durante a concretagem.

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.

Os equipamentos devem ser dimensionados e adequados ao processo de concretagem escolhido e em quantidade suficiente, de forma a 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.

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.

A inspeção e liberação do sistema de fôrmas, das armaduras e de outros itens da estrutura deve ser realizada antes da concretagem. O método de documentação dessa inspeção deve ser desenvolvido e aprovado 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.

Quando a concretagem for efetuada em temperatura ambiente muito quente ( $\geq 35^{\circ}\text{C}$ ) e, em especial, quando a umidade relativa do ar for baixa ( $\leq 50\%$ ) e a velocidade do vento alta ( $\geq 30 \text{ m/s}$ ), devem ser adotadas as medidas necessárias para evitar a perda de consistência e reduzir a temperatura da massa de concreto.

Imediatamente após as operações de lançamento e adensamento, devem ser tomadas providências para reduzir a perda de água do concreto.

Salvo disposições em contrário, estabelecidas no projeto ou definidas pelo responsável técnico pela obra, a concretagem deve ser suspensa se as condições ambientais forem adversas, com temperatura ambiente superior a  $40^{\circ}\text{C}$  ou vento acima de  $60 \text{ m/s}$ .

#### **4.10 Transporte, lançamento e adensamento do concreto**

As operações de transporte, lançamento e adensamento do concreto deverão obedecer às prescrições da NBR 14931.

O sistema de transporte adotado deverá evitar depósitos intermediários do concreto e, quando isto não for possível, deverão ser tomadas as precauções que se fizerem necessárias para evitar, ao máximo, a segregação de seus elementos componentes. Assim a descarga da betoneira diretamente sobre o meio de transporte e a descarga deste diretamente no local de destino, deverão ser adotadas, sempre que possível.

O transporte do concreto, do local de mistura ao local de lançamento, deverá ser feito com a maior rapidez possível, dentro dos 30 minutos que se seguirem à confecção da mistura, empregando-se métodos que evitem ao máximo a segregação dos agregados e perdas sensíveis de material, por vazamento ou evaporação, especialmente em se tratando de nata de cimento, argamassa e água.

O transporte horizontal do concreto deve ser feito com carrinhos de mão, carros de duas rodas, pequenos veículos motorizados com capacidade de até 1 (um) metro cúbico, caminhões agitadores e vagonetes sobre trilhos.

O transporte inclinado do concreto deve ser feito por meio de correias transportadoras ou calhas chicanas, que evitem a segregação dos materiais.

O transporte vertical do concreto deve ser feito por meio de guindaste equipado com caçamba de descarga pelo fundo ou por elevador.

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, no manuseio do concreto devem ser tomadas precauções para evitar segregação.

O transporte de concreto por bomba deve ser feito observando-se os seguintes cuidados:

- Limpar os tubos antes e depois de cada concretagem;
- Lubrificar os tubos, antes de sua utilização, com argamassa, a qual não poderá ser utilizada na concretagem;
- O diâmetro interno da tubulação de bombeio deve ser, no mínimo, três vezes maior que o diâmetro máximo do agregado.

A Fiscalização deverá ser notificada, no mínimo, setenta e duas horas antes do lançamento do concreto, para poder vistoriar o estado das formas, armações, espaçamento das pastilhas, verificar se no canteiro há material e equipamento suficientes para a execução do serviço e realizar o controle tecnológico do concreto.

Sendo satisfatória a vistoria, será autorizada a operação, desde que já sejam conhecidos os resultados dos testes, a serem realizados, e a respectiva relação água/cimento.

O lançamento do concreto, exceto quando autorizada pela Fiscalização, só poderá ser feito durante as horas do dia, subordinado à temperatura ambiente, que não poderá ser inferior a 10°C nem superior a 32°C, e levando-se em consideração o estado do tempo. Esta operação não poderá ser feita em caso de chuva. Quando a chuva se iniciar durante a operação de concretagem, a fiscalização poderá autorizar a continuação do trabalho, desde que não venha a prejudicar o concreto, removendo as partes afetadas pela chuva até então incidentes sobre este.

A fiscalização poderá autorizar a execução do lançamento nas horas noturnas, desde que a contratada tenha instalado no local um sistema de iluminação eficiente, seguro e suficiente, para o bom andamento da operação e do controle por parte da fiscalização.

A não ser que sejam tomadas precauções especiais, descritas no ACI 347, a queda livre máxima admissível do concreto durante o lançamento será de 2,0m.

Para pilares, paredes e outras estruturas onde a altura de concretagem ultrapasse 2,0m, deverão ser tomadas as medidas necessárias para garantir a não segregação do agregado graúdo, tais como, abertura de janelas, uso de trombas e funis, etc., devendo tais medidas serem aprovadas pela fiscalização.

Antes da aplicação do concreto, deve ser feita a remoção cuidadosa de eventuais detritos nas formas.

O concreto deve ser lançado e adensado de modo que todas as armaduras, além dos componentes embutidos previstos no projeto, sejam adequadamente envolvidas na massa de 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.

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.

Devem ser tomadas precauções para manter a homogeneidade do concreto. No lançamento convencional, os caminhos não devem ter inclinação excessiva, de modo a evitar a segregação decorrente do transporte. O molde da fôrma deve ser preenchido de maneira uniforme, evitando o lançamento em pontos concentrados, que possa provocar deformações do sistema de fôrmas.

O concreto deve ser lançado com técnica que elimine ou reduza significativamente a segregação entre seus componentes, observando-se maiores cuidados quanto maior for a altura de lançamento e a

densidade de armadura. Entre os cuidados que podem ser tomados, no todo ou em parte, recomenda-se o seguinte:

- Emprego de concreto com teor de argamassa e consistência adequados, a exemplo de concreto com características para bombeamento;
- Lançamento inicial de argamassa com composição igual à da argamassa do concreto estrutural;
- Uso de dispositivos que conduzam o concreto, minimizando a segregação (funis, calhas e trombas, por exemplo).

Deve haver um cuidado especial em evitar o deslocamento de armaduras, dutos de protensão, ancoragens e fôrmas, bem como para não produzir danos nas superfícies das fôrmas, principalmente quando o lançamento do concreto for realizado em peças altas, por queda livre.

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 mecânico) para se obter um adensamento adequado. 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.

Cuidados especiais devem ser tomados até nas concretagens correntes, tanto em lajes inclinadas quanto em lajes planas, sempre conduzindo o concreto lançado contra o já adensado.

Todo o concreto lançado nas formas deverá ser adensado por meio de vibração. O número e tipo de vibradores, bem como sua localização, deverão ser aprovados pela fiscalização.

A vibração deverá ser feita com aparelhos de agulha de imersão, com frequência de 5.000 a 7.000 rpm, tomando-se o cuidado de não prejudicar as formas nem deslocar as armaduras nelas existentes. O contato com as formas e com a armadura deve ser evitado ao máximo.

Cada camada de concreto deverá ser levada à máxima densidade possível, de maneira a não conter bolsões ou vazios no seu interior. O concreto deverá ser lançado em camadas de espessura tal que, ao ser vibrada, seja garantida a uniformidade de adensamento. O vibrador deverá ser operado numa posição quase vertical, deixando que o cabeçote penetre sob a ação de seu próprio peso, sempre que as dimensões das peças permitir.

A sequência de aplicação de vibração deverá ser linear em um único sentido, mantendo-se uma distância uniforme entre os pontos de imersão, distância variável unicamente em função da capacidade de cada vibrador, devendo-se cruzar levemente os sucessivos bolsões de influência do aparelho. Os vibradores serão de tipo de imersão, operando por ação elétrica ou pneumática. Deverá ser evitada a vibração excessiva, causando segregação da nata de cimento e afloramento de água. O conjunto de equipamentos de vibração deverá ser dimensionado em quantidade, potência e dimensões necessárias para adensar adequadamente o concreto.

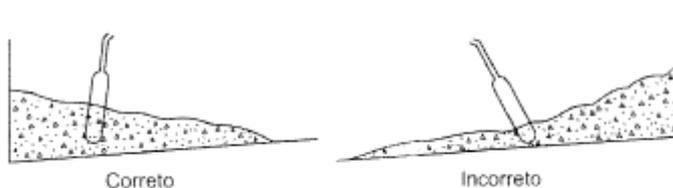
Quando forem utilizados vibradores de imersão, a espessura da camada deve ser aproximadamente igual a 3/4 do comprimento da agulha. Ao vibrar uma camada de concreto, o vibrador deve penetrar cerca de 10 cm na camada anterior.

Tanto a falta como o excesso de vibração são prejudiciais ao concreto.

Devem ser tomados os seguintes cuidados durante o adensamento com vibradores de imersão (ver figura a seguir):

- Preferencialmente aplicar o vibrador na posição vertical;
- Vibrar o maior número possível de pontos ao longo do elemento estrutural;
- Retirar o vibrador lentamente, mantendo-o sempre ligado, a fim de que a cavidade formada pela agulha se feche novamente;

- Não permitir que o vibrador entre em contato com a parede da fôrma, para evitar a formação de bolhas de ar na superfície da peça, mas promover um adensamento uniforme e adequado de toda a massa de concreto, observando cantos e arestas, de maneira que não se formem vazios;
- Mudar o vibrador de posição quando a superfície se apresentar brilhante.



As eventuais falhas na superfície dos elementos concretados, ocorridas por má execução dos serviços de adensamento, ou não, deverão ser cuidadosamente reparadas. Nos casos de execução de concreto aparente, tais correções deverão ser feitas de modo que sejam mantidas a mesma coloração e textura, através da adição de cimento branco, quando necessário.

#### **4.11 Cura do concreto**

As superfícies do concreto deverão ser protegidas contra a secagem prematura, logo após o seu lançamento.

O concreto, depois de lançado, deverá ser conservado úmido por um período de tempo nunca inferior a sete dias. A cura pela água poderá ser executada por irrigação, lençol de água, camada de areia úmida, ou panos de saco, molhados e espalhados em toda a superfície. A cura deverá ser iniciada logo após a verificação do início de pega nos trechos concretados. A água deverá ser do mesmo tipo da empregada na concretagem. O período de cura deverá ser aumentado em até 50%

quando a temperatura ambiente for muito elevada ou o clima estiver muito seco.

O uso de processo de aceleração de cura poderá ocorrer quando aprovado pela Fiscalização, desde que o processo seja devidamente controlado, não dispensando as medidas de proteção contra a secagem prematura do concreto.

#### **4.12 Juntas de concretagem**

As superfícies do concreto deverão ser protegidas contra a secagem prematura, logo após o seu lançamento.

Enquanto não atingir endurecimento satisfatório, o concreto deve ser curado e protegido contra agentes prejudiciais para:

- Evitar a perda de água pela superfície exposta;
- Assegurar uma superfície com resistência adequada;
- Assegurar a formação de uma capa superficial durável.

Os agentes deletérios mais comuns ao concreto em seu início de vida são: mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, água torrencial, congelamento, agentes químicos, bem como choques e vibrações de intensidade tal que possam produzir fissuras na massa de concreto ou prejudicar a sua aderência à armadura.

O endurecimento do concreto pode ser acelerado por meio de tratamento térmico ou pelo uso de aditivos que não contenham cloreto de cálcio em sua composição e devidamente controlado, não se dispensando as medidas de proteção contra a secagem.

Elementos estruturais de superfície devem ser curados até que atinjam resistência característica à compressão ( $f_{ck}$ ), de acordo com a NBR 12655, igual ou maior que 15 MPa.

No caso de utilização de água, esta deve ser potável ou satisfazer às exigências da NBR 12654.

O concreto, depois de lançado, deverá ser conservado úmido por um período de tempo nunca inferior a sete dias. A cura pela água poderá ser executada por irrigação, lençol de água, camada de areia úmida, ou panos de saco, molhados e espalhados em toda a superfície. A cura deverá ser iniciada logo após a verificação do início de pega nos trechos concretados. A água deverá ser do mesmo tipo da empregada na concretagem. O período de cura deverá ser aumentado em até 50% quando a temperatura ambiente for muito elevada ou o clima estiver muito seco.

O uso de processo de aceleração de cura poderá ocorrer quando aprovado pela Fiscalização, desde que o processo seja devidamente controlado, não dispensando as medidas de proteção contra a secagem prematura do concreto.

As juntas de concretagem deverão ser criadas quando a concretagem tiver que ser interrompida por mais de 12 horas. Deverão ser definidas e programadas pelo executor e submetidas à prévia autorização da Fiscalização.

Todas as juntas deverão ser convenientemente tratadas antes da retomada da concretagem, através de apicoamento manual ou "corte verde", para retirada da nata superficial.

No local da junta de concretagem devem ser colocados ferros de 6,3 mm num espaçamento de 5 a 10 cm, com 40 cm para cada lado da junta.

A superfície da junta de concretagem, no início do endurecimento do concreto, deverá ser energicamente escovada com escova de aço, aplicando-se jato de água no final da pega, de modo a remover a pasta e o agregado miúdo, para expor o agregado graúdo.

Imediatamente antes do início da concretagem, a superfície da junta deve ser perfeitamente limpa com ar comprimido e jato d'água, de modo que todo o material solto seja removido e a superfície da junta fique abundantemente molhada, não sendo permitida a formação de poças de água.

A superfície da junta deve receber, antes do reinício da concretagem, o lançamento de uma camada de argamassa de cimento e areia com traço 1:3 e mesmo fator água-cimento usado no concreto, com espessura aproximada de 1cm, de modo a garantir a não ocorrência de descontinuidade na textura do concreto, ou seja, impedir a formação de uma faixa de concreto poroso ao longo da junta.

Se a superfície de uma camada for relativamente inacessível, ou se, por qualquer outra razão, a fiscalização considerar indesejável alterar a superfície de uma camada, antes do fim da pega, não será permitido o corte da superfície por meio de jato de água sobre pressão, e será requerido o posterior corte por apicoamento, ou outro processo mecânico.

A utilização de adesivos estruturais, quando for o caso, deverá ser aprovada pela fiscalização.

#### **4.13 Juntas de dilatação**

As juntas de dilatação e de retração deverão ser construídas de acordo com as indicações do projeto.

Juntas de dilatação são intervalos abertos entre trechos de superestrutura, ou entre a superestrutura e os encontros, que permitem que a superestrutura se dilate ou se contraia com as variações de temperatura. Estes intervalos, exceto nas juntas abertas, são preenchidos por vários tipos de dispositivos, que serão identificados como juntas de dilatação.

O preenchimento das juntas de dilatação e de retração salvo indicação em contrário em projeto ou da fiscalização deverá ser executado com materiais apropriados de qualidade comprovada, de acordo com as orientações do fabricante.

As juntas de contração, quando indicadas em projeto, serão executadas por pintura asfáltica a frio, da face de concreto já executada, de maneira a impedir a aderência entre concreto novo e velho, devendo ser seguidas as instruções do fabricante.

“Veda-junta” ou “Mata-junta” serão aplicados onde indicados em projeto, e será constituída por junta elástica pré-moldada de PVC, do tipo Fugenband, sendo executados de acordo com as especificações do fabricante. Deverão ser fornecidas em comprimento que exija a mínima soldagem de campo. Os locais soldados deverão resistir igualmente aos esforços de tração suportados pelo material não soldado. Durante a instalação, deverão ser tomados cuidados especiais para apoiar e posicionar o veda-junta, a fim de assegurar o perfeito embutimento das abas no concreto e eliminar quaisquer defeitos que possam resultar em vazamentos na junta.

As metades simétricas deverão ser igualmente divididas entre os lançamentos de concreto adjacentes às juntas, isto é, o eixo do veda-juntas deve coincidir com a abertura da junta.

O Construtor deverá aprovar, junto à fiscalização, dispositivo que garanta o posicionamento da junta de PVC durante o lançamento do concreto.

#### **4.14 Acabamento das superfícies**

Na execução de concreto aparente será levado em conta que o mesmo deverá satisfazer aos requisitos exigidos para os elementos de concreto armado, como também condições para um rigoroso controle a fim de assegurar-se a uniformidade de coloração, homogeneidade de textura,

regularidade das superfícies e resistência ao pó e às intempéries em geral.

As faces ou superfícies de concreto produzidos sem formas serão acabadas por sarrafeamento, seguido de desempenamento como segue:

- Acabamento com Desempenadeira de Madeira - será uma superfície de concreto obtida através do uso de desempenadeira de madeira em superfícies horizontais imediatamente após o nivelamento e antes que se verifique o início de pega. O uso da desempenadeira não será excessivo, pois os finos poderão ser trazidos para a superfície. Em superfícies verticais, quando indicado, significa que será usada desempenadeira de madeira em superfícies verticais cujas formas foram retiradas 24 horas após a concretagem.
- Acabamento com Desempenadeira de Aço - será a superfície obtida com o uso de uma desempenadeira de aço, após o nivelamento e o desempenho da superfície com desempenadeira de madeira, logo após o lançamento do concreto para que se obtenha uma superfície densa e lisa, que possa ser pintada se necessário. O desempenho não será iniciado antes que as superfícies tenham dado pega o suficiente para sustentar as placas de apoio dos joelhos dos operários sem sofrer danos. O desempenho deverá eliminar todas as irregularidades e deixar a superfície do concreto com um acabamento liso, duro e livre de marcas e manchas.

Todas as superfícies de concreto deverão ter acabamento liso, limpo e uniforme e apresentar a mesma cor e textura das superfícies adjacentes. Concreto poroso e defeituoso deverá ser retirado e refeito, em conformidade com as determinações da fiscalização.

Nenhum serviço de reparo deverá ser levado a cabo sem que a superfície aparente de concretagem tenha sido anteriormente inspecionada pela fiscalização.

Poderão ser aplicados revestimentos químicos, oleosos ou resinosos de acordo com as condições de exposição e tráfego, para a proteção contra ácidos, sais ou álcalis.

Todos os revestimentos, ou outras formas de proteção, serão aplicados de acordo com as especificações dos fabricantes e dentro dos requisitos especificados nos desenhos.

#### **4.15 Lajes Maciças**

Lajes são elementos planos, em geral horizontais, com duas dimensões muito maiores que a terceira, sendo esta denominada espessura. A principal função das lajes é receber os carregamentos atuantes no andar, provenientes do uso da construção (pessoas, móveis e equipamentos), e transferi-los para os apoios.

As lajes maciças necessitam de projetos de formas e escoramentos para sua execução. São as mais utilizadas nos projetos estruturais.

As armações positivas e negativas assim como sua espessura deverá ser seguida rigorosamente conforme projeto

#### **4.16 Encunhamento**

Atualmente, em função da concepção de estruturas mais esbeltas e flexíveis, é recomendado não prover a alvenaria de encunhamentos rígidos. Nessa situação, é geralmente preenchido o vão entre a alvenaria e a viga com argamassa deformável, eventualmente até com a criação de uma junta nessa região (essa junta deverá ser tratada com selantes, particularmente em paredes externas).

Tendo em vista que a maioria das patologias é causada pela temperatura, recomenda-se o não encunhamento do último pavimento, até que seja providenciado um isolamento térmico permanente. Este isolamento deve ser executado em até 48 horas após a concretagem da laje, para não permitir o início das fissurações. Deve ser perene, seja com telhado ou com laje impermeabilizada protegida termicamente. Só encunhar após 30 dias do término da elevação e da proteção térmica.

É aconselhável encunhar as paredes que não são de cobertura 48 horas após a conclusão do pano de alvenaria.

#### Ligação Alvenaria x Pilar

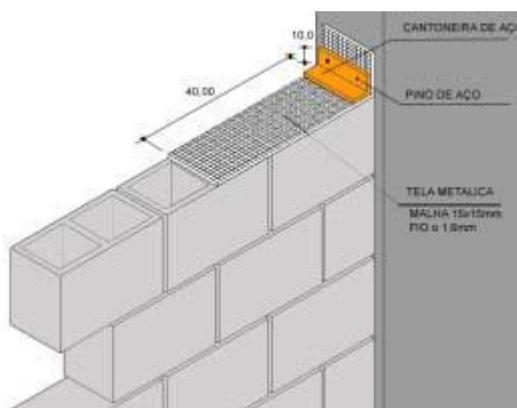
A melhor opção é o uso de tela galvanizada de fios de 1,65 mm, malha de 15x15 mm e em largura compatível com a alvenaria em questão. Estas telas podem ser compradas em caixas, em conjunto com as cantoneiras e pinos de fixação, procurando reduzir as operações no canteiro e racionalizando o serviço.

Os tamanhos dependem da largura da parede, estimando-se uma largura 20 mm inferior ao da largura do bloco, podendo-se utilizar nas paredes com blocos de 19 cm, duas telas de 60 mm de largura. O comprimento padrão total é de 50 cm, ficando 10 cm dobrada para cima junto ao pilar e 40 cm colocada na junta entre os blocos. No caso de se necessitar tamanhos especiais, cortar telas maiores com tesourão ou guilhotina, observando-se os tamanhos indicados.

Largura do bloco Dimensão da tela

19	2 x 60 x 500
14	120 x 500
9	75 x 500

Como regra geral, as telas são colocadas a cada 2 fiadas, lembrando-se novamente que, se possível, o bloco abaixo da tela deve ser assentado com o furo na horizontal (utilizar meio-bloco, que tem comprimento e altura igual, 19 cm)



Cuidados de segurança:

- Para a cravação dos pinos, usar finca-pinos de baixa velocidade (a pistão) acionado com cartucho de pólvora;
- É obrigatório uso de óculos pelo operário, que deve ser bem treinado nesta operação;
- Deixar a tela sem dobrar, encostada no pilar, até o momento de sua dobra sobre a argamassa, para evitar acidentes com as pontas dos arames. Se necessário pendurar pequenas tiras de pano vermelho na ponta da tela

## 5 Controle Tecnológico do Concreto

Todo o processo de estudo da dosagem, preparo, recebimento, controle tecnológico e aceitação do concreto deverá estar de acordo com a NBR 12655.

O fornecedor do concreto deverá garantir a resistência característica à compressão (fck) do concreto através de controle tecnológico da dosagem, conforme estabelecido pelas normas NBR 7212 e NBR 12655.

Deverão ser realizadas, em laboratório, no mínimo os ensaios abaixo indicados:

- Amostragem do concreto fresco, segundo a NBR 5750
- Moldagem e cura de corpos de prova segundo a NBR 5738
- Ensaio de consistência segundo a NBR 7223
- Ensaio de compressão de corpos de prova segundo a NBR 5739

### **5.1 Agregados**

Devem ser obedecidas as prescrições das normas NBR 6118 e NBR 7211 da ABNT. Os ensaios devem ser feitos no mínimo antes do início dos serviços, sempre que houver mudança na origem dos agregados e a cada 100 m<sup>3</sup> de agregado recebido.

### **5.2 Cimento**

Devem ser obedecidas as prescrições das normas da ABNT.

Os ensaios devem ser feitos, no mínimo, antes do início dos serviços, sempre que houver mudança de fornecedor e a cada partida recebida.

### **5.3 Água de amassamento**

A água destinada ao amassamento do concreto deverá estar isenta de teores prejudiciais e de substâncias estranhas. São consideradas satisfatórias as águas potáveis e as que tenham PH entre 5,8 e 8,0 e respeitem os seguintes limites máximos:

- Matéria orgânica (expressa em oxigênio consumido): 3mg/l

- Resíduo sólido: 5000 mg/l
- Sulfatos (expressos em íons de SO<sub>4</sub>): 300 mg/l
- Cloretos (expressos em íons Cl): 500 mg/l
- Açúcar: 5 mg/l

#### **5.4 Aço**

As barras, fios, e telas de aço para armadura deverão ser ensaiados de acordo com as normas da ABNT, devendo os resultados serem submetidos a fiscalização.

#### **5.5 Consistência do concreto**

A consistência do concreto, medida através de ensaios de abatimento (Slump Test), deverá ser definida em função do tipo de peça e da concentração de armadura, dentro dos seguintes intervalos (valores médios de consistência do concreto):

- Lastro de Concreto sob fundações e pavimentações: 0 a 2 cm;
- Concreto para pavimentação: 2 a 5 cm;
- Peças de Concreto de grandes massas, sem armação ou com baixa taxa de armação (sapatas, blocos de fundação, muros de arrimo, bases para equipamentos, etc.): 2 a 5 cm;
- Peças de Concreto de grandes dimensões, com média a alta taxa de armação (lajes, vigas, pilares, paredes): 3 a 7 cm;
- Peças de Concreto de seção transversal de pequenas dimensões e com alta taxa de armação (paredes delgadas, pilares esbeltos, vigas e lajes de pequenas dimensões): 5 a 10 cm;
- Concreto submerso: 12 a 16 cm;
- Concreto para ser transportado por bombeamento: 6 a 16 cm.

O abatimento (Slump) necessário para cada entrega de concreto deverá ser especificado pelo engenheiro preposto da Construtora.

A proporção adequada do agregado para que seja obtido o abatimento (Slump) desejado será determinada em misturas experimentais utilizando-se os mesmos materiais a serem utilizados na obra.

Se, para determinada massada, o abatimento medido ultrapassar em 5 cm o limite superior indicado, o concreto dessa massada não poderá ser utilizado. Para valores intermediários, e a critério da fiscalização, a massada poderá ser aceita.

No caso de concretos de consistência seca (concretos rígidos), a medida da consistência deverá ser feita pelo ensaio de VEBE ou pelo ensaio de REMOLDAGEM modificado, com utilização do aparelho de POWERS.

## **5.6 Resistência do concreto**

Após a entrega do concreto na obra, serão executados ensaios para que seja verificada a sua qualidade para fins de aceitação.

Para execução dos ensaios deverão ser moldados corpos de prova, numa frequência de pelo menos um ensaio por dia de trabalho ou cada 25 m<sup>3</sup> de concreto lançado.

Cada ensaio de resistência à compressão será composto de um mínimo de 2 (dois) corpos de prova para 7 (sete) dias e 2 (dois) corpos de prova para 28 (vinte e oito) dias de idade para concretos normais ou 2 (dois) corpos de prova para 3 (três) dias e 2 (dois) para 7 (sete) dias quando for usado concreto de alta resistência inicial.

Os ensaios de resistência à compressão atenderão aos seguintes métodos: NBR 5738 (Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos de concreto) e NBR 5739 (Ensaio à compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto).

Se necessário, a critério da fiscalização, serão realizados ensaios para determinação do teor de ar incorporado ao concreto, de acordo com a NBR 9833 (Determinação da Massa Específica e do Teor de Ar pelo Método Gravimétrico)

A estrutura poderá ser dividida em lotes, para os quais deverão ser retirados os corpos de prova.

Os corpos de prova deverão ser identificados por sistema de codificação a ser estabelecido em comum acordo entre a construtora e a fiscalização, o qual deverá indicar claramente os seguintes dados:

- Estrutura e lote a que pertencem;
- Número da amostra e idade, em dias, que com o qual seus exemplares deverão ser rompidos;
- Número de exemplar, bem como o número de ordem do corpo de prova dentro do exemplar, ou a indicação se for corpo de prova reserva;
- Data da moldagem dos corpos de prova;
- Data na qual os corpos de prova deverão ser rompidos.

A contratada deverá organizar e manter atualizado um livro de registro para o controle da resistência mecânica do concreto, no qual deverão ser feitas as seguintes anotações para cada estrutura:

- Identificação da estrutura
- Identificação dos lotes em que a mesma foi dividida, com indicação das peças concretadas, o volume de cada lote e respectivas datas
- Identificação das amostras retiradas de cada lote com a indicação das datas de moldagem e de ruptura de seus exemplares
- Identificação dos exemplares de cada amostra com a indicação dos corpos de prova que constituem cada exemplar, bem como

os valores da resistência a ruptura desses corpos de prova e o valor adotado para resistência a ruptura do exemplar

- Para cada lote da estrutura, o valor estimado da resistência característica do concreto com a idade que tiver sido especificada.

Os resultados de ensaios efetuados deverão ser apresentados em certificados, contendo todas as informações necessárias: tipo de controle, idade do concreto, número do lote/amostra, identificação do traço, presença/tipo de aditivos, resistência característica, resistência de dosagem, data da moldagem do corpo de prova, local/peça concretada, resultado do ensaio de abatimento, número de exemplares, valor de resistência dos dois corpos de prova de cada exemplar, estudo estatístico e resistência à compressão estimada.

## **6 Estruturas Metálicas**

### **6.1 Materiais**

As seguintes especificações de materiais deverão ser seguidas:

- Perfis laminados e chapas – Aço ASTM A 572 Gr.50 ou conforme indicado no projeto.
- Chumbadores - Aço ASTM A 36 ou SAE 1020, ou conforme indicado no projeto.
- Porcas e Parafusos de Alta Resistência – ASTM A325 ou conforme indicado no projeto.
- Porcas e Parafusos comuns (ligações secundárias) – ASTM A 307 ou conforme indicado no projeto.
- Eletrodos – E 70XX ou conforme indicado no projeto.

A empresa contratada será responsável pelos desenhos de detalhamento e montagem das estruturas. Estes desenhos deverão

conter todas as informações necessárias à fabricação da estrutura, tais como: listas de perfis, chapas, chumbadores, parafusos, soldas, planos de montagem - se pertinentes, além de outras julgadas necessárias para a perfeita execução das estruturas metálicas e demais serviços complementares.

Os desenhos de detalhamento e montagem deverão estar em perfeita conformidade com os documentos constantes desta especificação.

## **6.2 Fabricação**

A fabricação deverá ser executada de modo a se obter um produto de qualidade obedecendo às prescrições das normas citadas nesta especificação.

Todos os materiais, incluindo os de consumo tais como: eletrodos, tintas, parafusos etc. serão de fornecimento da contratada e deverão estar em conformidade com os documentos aprovados.

Poderá a contratante ou fiscalização, solicitar comprovação da qualidade dos materiais empregados, tais como certificados de propriedades mecânicas, etc.

Todos os componentes da estrutura deverão ser marcados por punção com as marcas dos desenhos de detalhamento. As estruturas deverão ser embarcadas com uma demão de fundo e uma de acabamento, ficando a cargo da montagem a segunda demão de acabamento.

Qualquer peça julgada incorreta ou mal executada, dentro das tolerâncias das normas será passível de substituição ou correção, a critério da contratante ou fiscalização nomeada antes do embarque e sem ônus para a mesma.

A contratante e/ou fiscalização terão livre acesso à fábrica e inspecionará todas as etapas de fabricação, pintura, eventuais pré-montagens, embalagens e transporte.

### **6.3 Embalagem, transporte e armazenamento**

Após a fabricação de um lote de peças, conforme o cronograma de montagem e ocorrendo a sua liberação pela fiscalização, o mesmo deverá ser preparado para embarque e armazenamento com os cuidados para evitar danos.

Peças de pequeno porte ou parafusos e porcas deverão ser embalados em caixas ou amarrados convenientemente com identificação clara.

Qualquer material danificado deverá ser reparado ou substituído, antes da montagem, sem ônus ou atrasos nos cronogramas estabelecidos.

### **6.4 Montagem**

A montagem se processará conforme os desenhos pertinentes indicados nos itens anteriores e complementados pelas normas citadas nesta especificação.

Os parafusos de Alta Resistência poderão trabalhar por contato ou atrito, ligação por contato os parafusos sofrerão apenas aperto manual, caso seja especificado no projeto a força de proteção no parafuso, estes deverão ser apertados e torquados com chave calibrada, conforme o prescrito nas normas NBR 8800 e AISC - "Specification for Structural Joints Using A 325 or A 490".

Os parafusos comuns - A 307 das ligações secundárias e conexões com barras rosqueadas deverão sofrer aperto manual até que não haja rotação da porca.

Deverá a contratada fornecer, instalar e remover todas as estruturas provisórias de travamento necessárias para a montagem.

Os reparos de pintura deverão ser executados no campo com o mesmo esquema de proteção aplicado na fábrica.

Os chumbadores embutidos no concreto deverão ser fornecidos previamente de tal forma a não gerarem atrasos no cronograma ou serviços de terceiros.

A montagem será iniciada após a verificação da perfeita locação dos eixos, chumbadores e nivelamento das bases, para que se tenha uma perfeita montagem da estrutura. Não se permitirão alargamentos de furos durante a execução da montagem.

Deverá a contratada aprovar ou solicitar as correções devidas em tempo hábil antes da continuidade dos serviços de montagem.

Estará a cargo da contratada, o fornecimento de todos os materiais de consumo como eletrodos, grautes, tintas, bem como equipamentos de segurança e toda a mão de obra necessária à montagem da edificação.

A contratante e/ou fiscalização terão livre acesso ao Canteiro de obras devendo observar o trabalho da contratada no que concerne à perfeita obediência aos itens desta especificação, podendo a qualquer tempo:

- Recusar serviços julgados incorretos ou imperfeitos,
- Solicitar ensaios em soldas e comprovação de apertos de parafusos.
- Solicitar atestados de qualificação de soldadores conforme AWS.
- Solicitar levantamentos topográficos e outros julgados necessários.

Nenhum ônus caberá a contratante por conta destes ensaios ou correções solicitadas.

## **6.5 Preparo da superfície e Pintura**

As pinturas deverão ser executadas somente onde especificado pela arquitetura.

As tintas de acabamento têm a função de proteger o sistema contra o meio ambiente e também dar a cor e o brilho adequados. Elas devem ser resistentes ao intemperismo, a agentes químicos e ter cores estáveis. De modo geral, são tintas brilhantes com boa resistência à perda de cor e brilho.

As várias camadas de pintura devem, naturalmente, ser compatíveis entre si. Uma precaução que sempre deve ser adotada é a de todas as tintas do sistema devem preferencialmente pertencer ao mesmo fabricante. Isso minimizará a possibilidade de ocorrência futura de defeitos tais como a delaminação (descolamento).

Quanto melhor o preparo de superfície e maior a espessura, mais duradura será a proteção que o sistema oferecerá ao aço.

O preparo da superfície começa com a limpeza. As superfícies devem estar totalmente limpas, isentas de crostas, ferrugens, graxas, óleos, carepas de laminação, pós, resíduos de tinta, e outros. O nível requerido de limpeza superficial variará de acordo com as restrições operacionais existentes, do tempo e dos métodos disponíveis para a limpeza, do tipo de superfície presente e do sistema de pintura escolhido, uma vez que as tintas possuem diferentes graus de aderência sobre as superfícies metálicas.

A superfície metálica deverá ser previamente lavada com água e tensoativos neutros (detergente biodegradável), esfregando-se com uma escova de nylon ou manta não tecida, e enxaguar com água limpa. Após a lavagem, secar a superfície naturalmente ou com ar comprimido limpo (isento de óleo) e seco.

Em seguida limpar mais rigorosamente por meios manuais (escovas, raspadores, lixas, etc.) ou por meios mecânicos (escovas rotativas ou jatos de elemento abrasivo), dependendo do grau de limpeza necessário.

Na tabela abaixo podemos verificar o grau de limpeza necessário das superfícies em relação ao meio ambiente em que se encontra:

Variáveis	Tipo de Limpeza	Rural	Urbano, Industrial ou Marítimo	Componentes Enterrados
Preparo da Superfície	Limpeza Mecânica	St 3	St 3	-
	Jateamento Abrasivo	Sa 2 1/2	Sa 2 1/2	Sa 2 1/2

Fonte: Tabela do manual de pintura do CBCA

Sendo:

St 3: Limpeza mecânica executada com ferramentas mecanizadas como escovas rotativas, pneumáticas ou elétricas.

Sa 2 ½: Chamado de jato ao metal quase branco. É definida como superfície livre de óleo, graxa, carepa, ferrugem, tinta e outros materiais, podendo apresentar pequenas manchas claras devidas a resíduos de ferrugem, carepa e tinta. Pelo menos 95% da área deverá estar isenta de resíduos visíveis, sendo o restante referente aos materiais acima mencionados.

### **6.5.1 Pintura com esmalte alquídico modificado com resina fenólica**

Após a limpeza, em caso de pintura com esmalte, deve ser aplicada uma pintura de fundo com a finalidade de promover aderência ao substrato e que contenham pigmentos inibidores de corrosão.

A tinta de fundo (ou primer) deverá ser alquídica modificada com resina fenólica, monocomponente, com pigmento de óxido de ferro (vermelho), aplicação em duas demãos, com espessura final de 80 micrômetros, sendo 40 micrômetros para cada demão.

O acabamento deverá ser com tinta esmalte alquídica modificada com resina fenólica, monocomponente, com espessura total de 50 micrômetros, sendo 25 micrômetros para cada demão, conforme cor definida no projeto de arquitetura.

### **6.5.2 Pintura Intumescente**

A pintura intumescente é um material com a mesma aparência e acabamento das pinturas convencionais, no entanto, com propriedades intumescentes de proteção contra o fogo. Ao entrar em contato com temperaturas superiores a 200°C, a pintura se expande por múltiplas vezes, protegendo o substrato de temperaturas críticas de resistência.

A pintura intumescente dos perfis também pode ser realizada antes da montagem da estrutura, desde que se garanta a integridade do tratamento superficial durante o transporte e a execução.

A aplicação deverá ser realizada por mão de obra especializada em sistemas de proteção passiva contra incêndio em estruturas metálicas.

Deverá ser apresentado projeto específico de Proteção Passiva contra Incêndio, elaborado com referência no projeto executivo de estruturas metálicas, onde serão indicadas as espessuras de cada camada explicada a seguir. E, ainda, deverá ser apresentado documento final para aprovação junto ao Corpo de Bombeiros, que deverá conter o projeto, memorial e especificações, carta de credenciamento da empresa, ART do responsável técnico, resultados dos testes e ensaios, atestado dos serviços executados bem como garantia desses serviços.

Após a limpeza, deverá ser aplicado um primer (tinta de fundo). O primer deve ser mecanicamente misturado, de forma manual, com um misturador elétrico de baixa rotação ou com outro equipamento adequado. Alguns produtos exigem a diluição de thinner em proporção de até 20%, dependendo da espessura e do tipo de aplicação (rolo, pincel, trincha ou pistola). Verificar se o produto utilizado é compatível com a superfície, de aço ou aço galvanizado.

Em aplicações de estruturas de aço complexas ou de difícil acesso, a espessura pode não ser obtida com demão única, exigindo uma aplicação posterior.

Recomenda-se verificar, na ficha técnica do produto, os tempos mínimo e máximo recomendados entre as demãos, variáveis de acordo com a temperatura do substrato, da espessura do filme seco, da temperatura ambiente e da umidade relativa do ar.

Após a aplicação do primer, com a superfície limpa, seca e livre de substâncias contaminantes - óleos, graxas, tintas, etc., a tinta deve ser aplicada uniformemente no substrato, em quantas demãos forem necessárias para que se atinja a espessura de filme seco especificada no projeto específico. O consumo do produto depende das condições de aplicação, sobretudo de variáveis como dimensões e formato da estrutura, exposição ao fogo, tempo de resistência requerido, etc. A espessura de filme seco é especificada em projeto de acordo com o Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) da obra e do fator de fôrma, uma relação entre o perímetro do perfil e sua seção transversal.

Em geral, perfis metálicos mais leves exigem maior proteção passiva e, conseqüentemente, um cobrimento maior de pintura intumescente. Da mesma forma, estruturas metálicas menos esbeltas possuem maior inércia térmica e, por isso, demandam pinturas menos espessas.

É necessária a aplicação de uma tinta de acabamento ou top coat. Esta etapa é executada para se obter um efeito decorativo diferenciado e

para proteger a pintura intumescente. Em ambientes externos, sua execução é obrigatória. A tinta deve ser aplicada de 48 horas a 72 horas após a aplicação da última demão de tinta intumescente.

O intervalo entre as demãos da pintura de acabamento varia de acordo com o produto, dependendo da tinta e da temperatura do substrato. Devem ser observados os mesmos cuidados das etapas anteriores quanto ao preparo do produto, às condições de temperatura ambiente e da superfície e da umidade do ar.

A aplicação do primer, da tinta intumescente e da tinta de acabamento deve ocorrer sob umidade relativa do ar e temperaturas ambiente e do substrato controladas. Após a secagem de cada demão, o acompanhamento da evolução da espessura das camadas deve ser feito com o medidor de espessura na tinta seca. Realizar também a inspeção visual da superfície da estrutura, certificando-se da inexistência de bolhas decorrentes da execução inadequada.

O ideal é que as estruturas metálicas sejam avaliadas anualmente, para identificar eventuais danos superficiais e a necessidade de reparos.

Os produtos utilizados devem ser compatíveis entre si (mesma base) e de preferência do mesmo fabricante.

## **7 Alvenaria estrutural**

### **7.1 Blocos de concreto**

Deverão ser utilizados blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural ou para muros de fechamento em alvenaria estrutural com resistência a compressão e dimensões indicadas em projeto. Os blocos deverão ser de classe B.

Os blocos de concreto para alvenaria estrutural, inclusive as peças complementares (como canaletas, meio bloco, bloco J, etc.) deverão

atender as normas técnicas quanto às seguintes características: absorção de água, retração por secagem, critérios de inspeção visual e ensaios de recebimento.

Os blocos devem apresentar aspecto homogêneo, ser compactos, ter arestas vivas e não devem apresentar trincas, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar o seu assentamento ou afetar a resistência e durabilidade da construção. Os blocos destinados a receber revestimento devem ter uma superfície suficientemente áspera para garantir uma boa aderência, não sendo permitida qualquer pintura que oculte defeitos eventualmente existentes no bloco.

## 7.2 Argamassa de assentamento

A argamassa de assentamento é a mistura formada por material aglomerante (cimento e cal) e agregado (areia). As argamassas deverão obedecer às normas específicas e podem ser especificadas quantos aos tipos indicados na tabela abaixo:

Tipo de Argamassa	Traço em volume			Resistência média aos 28 dias (MPa)
	cimento	cal hidratada*	areia	
M	1	0,25	2,8 a 3,8	17,2
S	1	0,25 a 0,5	2,8 a 4,5	12,4
N	1	0,5 a 1,25	3,4 a 6,8	5,2
O	1	1,25 a 2,5	5,0 a 10,5	2,4
K	1	2,5 a 4,0	7,9 a 15,0	0,5

A consistência da argamassa deve estar dentro dos limites previstos para permitir adequada trabalhabilidade, compatível com as ferramentas de aplicação (colher, bisonha, canaleta). São desejáveis níveis de retenção alta especialmente no caso de blocos com índices de retenção de água elevados. Um teor de ar muito elevado prejudica o assentamento, sendo adequado um teor menor que 8%. As argamassas devem ter resistência inferior à dos blocos para permitir acomodação de

deformações e para que qualquer fissura ocorra nas juntas. A resistência de aderência de uma parede depende especialmente da argamassa.

### **7.3 Graute**

Entende-se por graute como uma argamassa ou um microconcreto com alta fluidez, onde são utilizados agregados com pequeno diâmetro máximo como pedriscos ou areia grossa. Os grautes têm a plasticidade adequada para preencher os vazios dos blocos, atingem altas resistências iniciais e finais, e apresentam expansão controlada. Sua principal finalidade é fazer com que a armadura nele inserida trabalhe de modo monolítico com a alvenaria. Os grautes não necessitam de adensamento devido a sua

O slump dos grautes deve estar entre 20 e 28 cm e a relação água / cimento entre 0,7 e 0,9. Podem ser adicionados aditivos plastificantes ou cal.

O lançamento do graute deverá ocorrer no máximo 24 horas após o assentamento das paredes a serem preenchidas.

Caso seja necessário executar adensamento do graute de modo que os vazios sejam completamente preenchidos e alcancem todas as reentrâncias, sem ocorrer segregação dos materiais, deverá ser utilizada uma haste metálica ou vibrador tipo agulha.

A resistência a compressão do graute, combinada com as propriedades mecânicas dos blocos e da argamassa definirão a resistência a compressão da alvenaria.

O lançamento do graute deverá ocorrer de maneira contínua e ininterrupta, vertendo o material pelo funil alimentador. Preencher as aberturas ou cachimbos devagar e continuamente permitindo a saída gradativa do ar.

#### **7.4 Assentamento das alvenarias**

A base para assentamento da alvenaria deve ser executada plana e em nível. Cada fiada deve ser assentada com o auxílio de fios flexíveis estirados horizontal e paralelamente ao plano da parede, de modo que um observador situado próximo a uma das extremidades do fio não constate curvatura do efeito da gravidade ou do vento. O alinhamento vertical das juntas deve ser obtido com auxílio de fio prumo ou gabarito modular.

Os locais de aplicação da argamassa de assentamento, assim como os blocos, devem estar limpos e sem agregados soltos, graxa, pó, água em excesso ou qualquer outra substância que impeça a perfeita aderência e união entre a argamassa e os substratos.

A argamassa deve ser aplicada em todas as paredes do bloco para a formação da junta horizontal e em dois cordões verticais nos bordos de uma das extremidades do bloco para a formação da junta vertical, em quantidade que não supere o início da pega ou perda de trabalhabilidade durante a colocação dos blocos.

Os cordões devem ter espessura tal que, após o assentamento dos blocos, as juntas resultantes tenham espessura de  $(10 \pm 3)$  mm, proibindo-se calços de qualquer natureza. Preferencialmente, optar pelos tipos "V" e "côncavo", empregando frisador de madeira e não "ferro" redondo. O frisador assegura a uniformidade da junta e evita escurecer a argamassa.

Em dias muito quentes, secos e com ventos, a superfície de assentamento dos blocos deve ser levemente umedecida com brocha de pintor, alguns minutos antes da aplicação da argamassa.

A argamassa não deve avançar no interior dos vazios do bloco mais que 1 cm, no momento do assentamento, principalmente para deixar o espaço destinado ao enchimento com graute e garantir melhor impermeabilidade da junta. Não deverão ocorrer obstruções nos furos, o

que implica a formação de células verticais contínuas. Essas células terão alinhamento vertical suficiente para manter uma abertura desobstruída de, pelo menos, 5 x 7,5cm.

O excesso de argamassa retirado das juntas pode ser remisturado com a argamassa fresca; a argamassa que tenha caído no chão ou no andaime deve ser descartada.

Junto à base de cada célula vertical será deixada uma abertura para limpeza, sempre que a altura do grauteamento for superior a 120cm. Todo o excesso de argamassa e qualquer outra obstrução deverão ser retirados. Essas aberturas serão fechadas antes do grauteamento e após inspeção.

A armadura vertical será colocada na célula, após limpeza, sendo indispensável fixá-la na base e no topo. Todas as células que contenham armaduras serão preenchidas com graute. O graute será lançado de alturas inferiores a 240cm. O graute será adensado, durante o lançamento com vibração ou socamento. Quando a altura do grauteamento for superior a 240cm, o graute será lançado em camadas de 120cm, procedendo-se cuidadosa inspeção durante toda a operação.

Nas canaletas deverão ser executados confinamentos horizontais para impedir a entrada do graute em furos e vazios não previstos no projeto. Os vazios verticais ou canaletas deverão ser saturados para evitar excessiva absorção da água do graute, imediatamente antes do início do grauteamento.

Quando o grauteamento for interrompido por mais de uma hora, a junta resultante receberá tratamento com composição à base de resina epóxi. Nessa hipótese, o graute ficará, pelo menos, 15mm abaixo do topo da última fiada de blocos, ficando a armadura horizontal, quando houver, imersa no graute.

Os vãos de portas e janelas, na alvenaria estrutural de blocos de concreto, serão providos de enrijecedores horizontais e verticais, sendo que os primeiros podem ser confundidos com as cintas e as vergas.

## **8 Reforço com fibra de carbono**

### **8.1 Considerações Gerais**

Os sistemas compostos estruturados com fibras de carbono podem ser utilizados para promover reforço estrutural em diversos tipos de elementos estruturais.

As fibras de carbono resultam do processo de carbonização de fibras de polímeros orgânicos, sendo suas características mecânicas diretamente dependentes da estrutura molecular obtida.

Para a utilização como elemento de reforço estrutural é costume trabalhar-se mais frequentemente com compósitos de fibras de carbono de elevada resistência à tração e com módulo de elasticidade semelhante ao do aço de construção.

A forma comercial mais empregada para aumento da ductilidade e/ou da resistência das estruturas de concreto armado são as folhas flexíveis pré-impregnadas, sistema em que os feixes de filamentos de fibras de carbono são agrupados de forma contínua e aderidos a uma folha de suporte impregnada com quantidades muito pequenas de resina epoxídica, assumindo espessuras da ordem de décimos de milímetro. O elemento compósito é formado quando da adição da resina de colagem, criando uma matriz altamente resistente.

## **8.2 Procedimentos de execução**

O substrato onde será aplicado o reforço com a fibra deverá estar íntegro e sã. Todas as patologias, como por exemplo fissuras ou corrosão nas armaduras, devem ser corrigidas antes de iniciar os serviços de instalação das fibras.

As aplicações com o objetivo de reforço para os esforços de flexão e de cisalhamento em vigas, lajes ou pilares de concreto armado exigem que seja estabelecido um sistema de colagem bastante eficiente para que seja possível uma adequada transferência de esforços entre os meios aderidos, caracterizando a condição crítica de colagem.

O confinamento de colunas, por sua vez, exige mais uma condição de contato eficiente entre o concreto e o sistema composto, caracterizando a condição de contato íntimo.

Devem ser utilizados abrasivos para a limpeza da superfície onde deverá ser aderido o sistema composto. Para superfícies pequenas ou limitadas costumam ser utilizadas politrizes, geralmente acopladas com aspiradores de pó, que permitem a limpeza sem a contaminação do ambiente. Esta limpeza deve contemplar a remoção de poeira, pó, substâncias oleosas e graxas, partículas sólidas não totalmente aderidas, recobrimentos diversos como pinturas, argamassas, etc. As superfícies não devem ser apicoadas.

Caso as fibras forem ser aplicadas nas arestas vivas, estas deverão ser arredondadas, a fim de evitar concentração de tensões nas fibras e eliminar vazios entre o concreto e a fibra. Apresentando um raio de curvatura mínimo da ordem de 30mm.

As superfícies deverão estar secas, sem umidade intersticial.

No caso de contato crítico, nas aplicações que envolvam o confinamento das peças de concreto armado, as superfícies não podem apresentar concavidades ou convexidades que impeçam o carregamento correto do sistema composto. As irregularidades superficiais expressivas devem ser corrigidas através do seu preenchimento com material de reparação compatível com as características mecânicas do concreto existente ou através da sua remoção.

Após a preparação do substrato deve ser aplicado o regularizador de superfície, que devem garantir uma superfície na condição de desempenada contínua.

As lâminas de fibra de carbono deverão ser previamente cortadas em bancadas especialmente montadas para o corte. São utilizados para o corte uma régua metálica, tesoura de aço (para o corte transversal) e faca de corte ou estilete (para o corte longitudinal).

Para aderir as fibras a peça a ser reforçada pode ser utilizada a saturação via úmida ou via seca. Na via úmida a saturação ocorre na bancada, sendo a fibra saturada e depois transportada. Já na via seca a fibra é saturada diretamente sobre o concreto.

O ferramental para a aplicação das fibras de carbono é bastante comum, são utilizados rolos de espuma para espalhar tanto os imprimantes como os saturantes e rolos metálicos que servem para promover o alinhamento das fibras e a rolagem das bolhas de ar que possam estar aprisionadas dentro do sistema composto.

A colocação da lâmina de fibra de carbono, independentemente do tipo de imprimação utilizado, deve ser imediata, uma vez que o tempo de aplicação da resina saturante (pot-life) é muito curto, no máximo 25 a 30 minutos. Dentro desse intervalo de tempo ainda é possível se fazer ajustes de alinhamento e prumo das lâminas de fibra de carbono para o seu correto posicionamento.

As fibras devem ser alinhadas de modo que não aconteçam ondulações desvios (máximo permitido de 5°) da direção indicada em projeto.

Para que a lâmina de fibra de carbono fique perfeitamente aderida ao substrato de concreto deve ser executado imediatamente à colocação da mesma um procedimento para a eliminação das bolhas de ar que tenham ficado aprisionadas na interface desses dois elementos. Esse procedimento é denominado de "rolagem das bolhas de ar" e é feito com a utilização de pequenos roletes de aço denteados que "empurram" as bolhas de ar até a extremidade das lâminas, onde finalmente são eliminadas.

Após a finalização da colocação das fibras deve ser executada a segunda saturação, sobre as fibras instaladas, garantindo que a fibra esteja totalmente imersa.

Caso sejam necessárias mais camadas do sistema de laminas de fibras deve-se proceder com as operações indicadas para cada camada. Ressaltamos que cada lâmina exige duas imprimações independentes, não podendo a última camada de imprimação da lâmina anterior ser utilizada para a colocação da próxima lâmina.

Muitas vezes por razões estéticas se quer esconder o sistema composto aplicado. Para esse tipo de acabamento alguns sistemas compostos disponibilizam revestimentos especiais com diversas cores e texturas. O revestimento deve ser projetado para atender condições específicas de agressões físicas, mecânicas e ambientais. Nesse caso o revestimento deixa de ser meramente estético para passar a ter uma finalidade de proteção mecânica e química do sistema composto.

Devem ser executados testes de arrancamento para cada reforço executado com sistemas compostos estruturados com fibras de carbono, para verificar a boa aderência do sistema à superfície do concreto.

## **9 Reforço com aumento de seção das peças de concreto.**

### **9.1 Condições Gerais**

- Os produtos a serem utilizados deverão ser previamente ensaiados antes de sua aplicação, de forma a serem comprovadas suas propriedades e características exigidas nesta especificação.
- Deverão ser seguidas as recomendações dos fornecedores quanto ao preparo, vida útil da mistura e temperatura ideal de aplicação.
- Deverão ser obedecidas rigorosamente as normas de Higiene e Segurança no Trabalho e a limpeza e disposição de resíduos, estabelecidas pelos órgãos competentes, bem como as recomendações estabelecidas pelos fornecedores dos produtos a serem utilizados nos serviços.

### **9.2 Execução**

- As regiões a serem reforçadas deverão ser demarcadas formando figuras geométricas com lados retos e preferencialmente paralelos. Utilizar lápis de cera, régua e linha para demarcar a região a ser reparada.
- Na sequência deverá ser feita a demarcação final com um corte com disco diamantado, com profundidade máxima de 05 (cinco) mm, contados da face original da peça. Cuidados especiais deverão ser adotados para que as armaduras não sejam atingidas pelo disco de corte.
- Deverá ser removida qualquer presença de limo, matérias orgânicas ou inorgânicas, depósito de óleo ou graxa que possam comprometer a boa aderência do material a ser aplicado no reparo.

- O equipamento a ser utilizado para o apicoamento ou escarificação do concreto, de forma mecânica ou manual, deverá ser de baixa energia de impacto. Dispositivos de proteção contra descargas elétricas deverão ser previstos no caso de uso de martetele elétrico.
- A armadura existente, quando corroída, deverá ser exposta ao redor de toda a sua circunferência, garantindo-se um espaço livre de no mínimo 20 (vinte) mm entre a armadura e o substrato, este procedimento denominado como “liberação da armadura”, irá permitir um perfeito preenchimento de seção.
- Os produtos da corrosão das armaduras expostas deverão ser removidos por meio de escovação mecânica (escova com cerdas de aço). Não é necessário atingir a condição de metal branco, porém deve-se limpar rigorosamente toda a superfície das armaduras, inclusive por trás das barras.
- Se, após a limpeza, for constatada perda de seção transversal das barras maior que 20% (perda de diâmetro de 10%), deve-se reconstituir a seção de armadura com barras adicionais. A bitola e comprimento de transpasse da barra deverão ser definidos pelo engenheiro responsável em conjunto com a fiscalização. Para os casos gerais, não é recomendada emenda de aço por solda.
- Após remoção do concreto e limpeza das armaduras, será feita a remoção das partículas soltas e pó, através de jateamento de água limpa e ar comprimido isento de óleo.
- Colocar a ferragem complementar se necessário, conforme detalhado em projeto, obedecendo ao cobrimento especificado.
- Para proceder a preparação do substrato deve-se molhar a superfície por período mínimo de 2 horas por meio de imersão ou aspersão frequente de água. Poucos minutos antes da aplicação do material, interromper o molhamento, removendo o excesso de água com estopa ou pano seco, garantindo a condição de substrato de concreto saturado com a superfície seca (escuro e sem brilho).

- Montar imediatamente as formas e lançar o graute, procurando-se evitar intervalos maiores que 10min para evitar a secagem do substrato e o comprometimento da aderência. Esse cuidado deve ser maior quando a temperatura ambiente for superior a 25°C. Na montagem das formas deverá ser observado o seguinte:
- Instalar a fôrma de compensado de madeira não plastificado, previamente montada e ajustada ao reforço, que seja estanque e suficientemente resistente ao empuxo do material no estado fresco. Vedar as fôrmas com espuma estanque ou pasta de gesso para sanar problemas de afastamentos, rebarbas e furos, que poderão permitir a fuga do produto a ser utilizado no reparo. Poderá ser utilizado outro processo de selagem, desde que se mostre eficaz.
- As fôrmas deverão ser preparadas e montadas previamente à preparação do material de preenchimento e testadas quanto ao posicionamento, à estanqueidade e à viabilidade de lançamento do material. Após a interrupção do molhamento, montar e vedar as fôrmas rapidamente e imediatamente lançar o material de preenchimento.
- Para concretagem deverá ser observado o seguinte:
  - Lançar o material de preenchimento por gravidade lentamente com baldes pela abertura da fôrma, deixando um espaço para a saída do ar, evitando-se o aprisionamento de bolhas e falhas de preenchimento. Prosseguir o lançamento até que o nível do material ultrapasse o nível superior da fôrma. A cada lançamento, dar leves golpes com um pedaço de madeira ou martelo de borracha para facilitar o adensamento do material, o preenchimento da cavidade e a fuga de bolhas.
  - Após a pega inicial do produto (obedecer a recomendações do fornecedor), a fôrma deverá ser cuidadosamente removida e ser iniciado o processo de cura do reparo.

- A cura deverá ser iniciada imediatamente após a desforma (24 horas) e mantida por pelo menos mais 07 dias ininterruptos. Para tanto, a área deverá ser coberta por mantas ou sacos de anagem umedecidos constantemente para manter um filme de água sobre o reparo e protegê-lo de sol e vento. Caso não seja possível a cura pelo método tradicional, pode-se substituir o procedimento pela aplicação de cura química. Mas atenção, pois caso a área reparada for receber qualquer revestimento (estucamento ou pintura) o produto deverá ser removido mecanicamente para não comprometer a aderência do revestimento.
- Após o endurecimento do material, demolir as partes salientes com talhadeira e marreta (no caso de haver sido empregado cachimbo).

### **9.3 Produtos**

#### **Microconcreto ou Graute de Alta Performance**

- Microconcreto industrializado de alta fluidez pronto para o uso, constituído por Cimento Portland, agregados graduados e aditivos que conferem a expansão controlada no estado plástico e reduzem a demanda de água.
  - Propriedades e Características:
    - a) Resistência à compressão (NBR 5739): 1 dia > 20 Mpa, 3 dias > 30 MPa
- Graute de alta performance: Produto industrializado de alta fluidez, com cimentos de alta resistência inicial, agregados graúdos e aditivos.
  - Propriedades e Características:
    - a) Densidade: 2,10 g/cm<sup>3</sup>;
    - b) Resistência à compressão (NBR 5739): 1 dia > 20 Mpa, 3 dias > 25 MPa

## **10 Ancoragem de armaduras novas em estruturas de concreto armado existentes**

### **10.1 Ancoragem das armaduras**

#### **10.1.1 Condições Gerais**

- Esta especificação aplica-se à ancoragem de armaduras em peças de concreto para reforço da estrutura ou para servirem de esperas para concretagem.

#### **10.1.2 Execução**

- Executar os furos perpendicularmente à superfície do concreto, exceto quando indicado em contrário no projeto de recuperação. Perfurar em trajeto único de ida e volta evitando vibrações excessivas que comprometam a integridade do concreto e alarguem o furo executado. Utilizar broca com diâmetros comercial imediatamente superior ao das barras a serem ancoradas e limitar a profundidade aos valores especificados no projeto.
- O trecho da barra a ser ancorada deverá estar limpo e isento de partículas soltas ou produtos de corrosão. Embora não seja necessário atingir a condição de “metal branco”, deve-se escovar ou lixar manualmente as barras e limpar o pó residual com pano seco e jato de ar comprimido.
- Essa operação é fundamental e deverá ser executada e fiscalizada com rigor. Todos os furos que receberão armaduras deverão ser limpos com jato de ar comprimido filtrado de alta pressão de dentro para fora, eliminando todo o pó e partículas soltas existentes. A extremidade do jato de ar deverá ser dotada de tubo fino ou cano de pequeno diâmetro flexível que possam ser introduzidos no furo. Após a rigorosa remoção do pó do fundo do furo, o tubo deverá ser lentamente removido, permitindo a saída

do restante do pó depositado e aderido nas paredes internas. A presença de pó e resíduos causa falhas de aderência.

- A resina a ser empregada para fixação das barras no concreto deverá ser com base de poliéster ou base epóxi.
- Preparar a resina, carregar um aplicador com bico fino ou seringas descartáveis com a resina para permitir o preenchimento dos orifícios com agilidade e sem desperdício. Introduzir todo o bico do aplicador no orifício deixando uma fresta para a saída do ar e preencher de dentro para fora com resina até que o material atinja a superfície do concreto, sem transbordar.
- Devido à dificuldade de preenchimento completo do orifício e ao grande risco de aprisionamento de bolhas, recomenda-se o preenchimento completo com resina.
- Introduzir a barra na orientação do furo, pressionando e girando suavemente para a saída de eventuais bolhas e do excesso de resina. Interromper somente quando o fundo for atingido. Manter as barras imobilizadas até o início do endurecimento da resina. Paralelamente, o excesso de resina que transbordou nas laterais dos furos poderá ser removido, para permitir a boa aderência do novo concreto com o antigo.
- É conveniente testar previamente o encaixe da barra, especialmente nas dobradas para verificar o alinhamento com o furo e a viabilidade de fixação. Somente então, aplicar a resina e introduzir as barras, aplicando leves golpes com martelo, caso necessário, evitando-se dobrar a barra ou causar danos à sua superfície.

### **10.1.3 Produtos**

#### **Resina para ancoragem**

- Adesivo bi componente, pré-dosado, com base de resina poliéster ou base de resina epóxi, para ancoragem na vertical ou horizontal de barras de aço.
- Propriedades e Características:
  - a) Resistência à compressão (NBR 7215): 1 dia > 50MPa; 7 dias > 70MPa;
  - b) Densidade: 1,80 a 1,90 g/cm<sup>3</sup>;
  - c) Tempo de manuseio (Pot Life) a 20°C: >30 minutos.

### **11 Legislação e normas aplicáveis**

- NBR NM 67:1998 – Concreto – Disseminação da consistência pelo abatimento do tronco de cone;
- NBR-5738:2003 – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos;
- NBR-5739:2007 – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto;
- NBR 5916:1990 – Junta de tela de aço soldada para armadura de concreto – Ensaio de resistência ao cisalhamento;
- NBR 6457:1986 – Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização;
- NBR 6459:1984 - Solo – Determinação do limite de liquidez;
- NBR ISO 6892-1:2013 – Materiais metálicos – Ensaio de tração à temperatura ambiente;
- NBR 7180:1984 – Solo – Determinação do limite de plasticidade;
- NBR 7182:1986 – Solo – Ensaio de Compactação;
- NBR 7211:2009 – Agregados para concreto – especificação;

- NBR 7215:1996 – Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão;
- NBR 7480:2007 – Aço destinado a armaduras para estrutura de concreto armado – especificação;
- NBR 9779:2012 – Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade;
- NBR 9813:1987 – Solo – Determinação da massa específica aparente in situ, com emprego de cilindro de cravação;
- NBR 9895:1987 – Solo - Índice de suporte Califórnia – método de ensaio;
- ISO 11600:2002 - Classification and requirements for sealants;
- NBR 10787:2011 – Concreto endurecido – Determinação da penetração de água sob pressão;
- NBR 11768:2011 – Aditivos químicos para concreto de cimento portland – requisitos;
- NBR 12142:2010 – Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão em corpos de prova prismáticos;
- NBR 12171:1992 – Aderência aplicável em sistema de impermeabilização composto por cimento e polímeros;
- NBR 13528:2010 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração;
- NBR 13749:1996 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação;
- NBR 15049:2004 – Chumbadores de adesão química instalados em elementos de concreto ou de alvenaria estrutural - Determinação do desempenho – Métodos de ensaio