MEMORIAL DESCRITIVO TÉCNICO

EXECUÇÃO DA ESTRUTURA

Concreto Armado

OBRA: RUBEM BERTA – PORTO ALEGRE, RS

Elaborado por:

OTÁVIO DOS SANTOS KRAUSS RIBEIRO

Índice

1) OBJETIVO 3
2) ESTACAS E BLOCOS DE COROAMENTO 3
3) EXECUÇÃO DE PILARES, VIGAS E LAJES 4
4) FÔRMAS E ESCORAMENTOS 6
5) ARMADURAS DE AÇO 7
6) CONCRETO USINADO: RECEBIMENTO, TRANSPORTE E LANÇAMENTO 9
7) ENSAIOS DE CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO 11
8) CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO DOS MATERIAIS 12
9) ARMAZENAMENTO E ESTOCAGEM DE MATERIAIS 13
10) BOAS PRÁTICAS DE EXECUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE 15
11) SEGURANÇA DO TRABALHO E HIGIENE NO CANTEIRO 16
12) CONTROLE, FISCALIZAÇÃO E REGISTROS 18

1) OBJETIVO

Este documento tem como objetivo estabelecer parâmetros, especificações e critérios a serem considerados na execução de elementos de estrutura em concreto armado das **Praças A, B, C, D e E do Projeto RUBEM BERTA em Porto Alegre - RS**

2) ESTACAS E BLOCOS DE COROAMENTO

As fundações do empreendimento, composto por múltiplas áreas como praças, reservatórios, arquibancadas, pavilhões serão executados com estacas e blocos de coroamento em concreto armado, dimensionados conforme projeto estrutural e em conformidade com a ABNT NBR 6122:2019. A locação das estacas deve ser feita com alta precisão, obrigatoriamente por profissional agrimensor, garantindo coincidência com a locação dos pilares e evitando interferências. As cotas de arrasamento (nível de corte) e os comprimentos estimados de cada estaca, definidos a partir do laudo de sondagem, devem ser confirmados durante a execução com acompanhamento de profissional de geotecnia, ajustando-se a profundidade em função das condições reais do solo.

Cada estaca será do tipo **Hélice Contínua Monitorada**, executada com equipamento adequado à profundidade prevista. Antes da perfuração, o terreno deve estar no nível e platô de trabalho indicados, realizando-se a terraplenagem necessária. A concretagem de cada estaca deve ser realizada no mesmo dia da perfuração, para evitar colapso do furo, lançando-se o concreto por meio de um funil/tubo de pelo menos 1,5 m de comprimento, de modo a guiar o fluxo e evitar segregação. O concreto das estacas seguirá as especificações de projeto, por exemplo classe C30 (fck = 30 MPa), com abatimento de tronco de cone em torno de 100–160 mm (classe S100) e fator água/cimento abaixo de 0,60. Durante a execução, não se devem perfurar estacas muito próximas em intervalo curto: recomenda-se aguardar pelo menos 12 horas entre estacas com espaçamento menor que 2,5 diâmetros, para evitar interações no solo. Em obras públicas de grande porte, é prática recomendada realizar ensaios de integridade ou provas de carga em uma parcela das estacas (tipicamente 1% do total), conforme exige a NBR 6122, para verificar sua capacidade e desempenho in loco.

Concluídas as estacas, procede-se à execução dos blocos de coroamento que conectam as estacas aos pilares. A escavação das cavas dos blocos deve atingir a cota de apoio prevista em projeto, garantindo base firme e nivelada; recomenda-se regularizar o fundo da escavação com concreto magro (“blinding”) antes da armação. As armaduras dos blocos devem ser montadas conforme detalhamento, posicionando corretamente as armaduras de ligação (esperas/arranques) dos pilares nas posições e alturas especificadas. No topo de cada estaca, o trecho acima da cota de arrasamento projetada deve ser demolido cuidadosamente até a cota correta, obtendo-se uma superfície plana, perpendicular ao eixo da estaca e sem danos ao restante da estaca. Essa superfície deverá ser limpa e, se necessário, escarificada para garantir boa aderência com o concreto do bloco. As barras de espera que farão a ligação estaca-bloco devem ter comprimento de ancoragem conforme projeto e estar posicionadas antes da concretagem. Antes de lançar o concreto dos blocos, é obrigatória a inspeção das armaduras e forma pelo engenheiro responsável, conferindo bitolas, quantidade, posição das estacas e arranques em relação aos pilares futuros.

A concretagem dos blocos de fundação deve seguir procedimentos rigorosos: o lançamento do concreto será contínuo e com adensamento mecânico por meio de vibradores de imersão, evitando vazios

ou nichos. Cuidados especiais devem ser tomados para envolver completamente as cabeças das estacas e as armaduras, garantindo a solidarização entre estacas e bloco. Após o lançamento, a superfície do concreto deve ser sarrafeada e nivelada na cota indicada, preparando-a para a continuidade dos pilares. A cura úmida do concreto deve iniciar logo após o término da pega inicial, mantendo-se a superfície continuamente molhada e protegida do sol por, no mínimo, 7 dias, conforme orientação das normas técnicas, assegurando o adequado desenvolvimento de resistência e durabilidade da fundação.

3) EXECUÇÃO DE PILARES, VIGAS E LAJES

A estrutura acima da fundação possui elementos em concreto armado e metálica. Os elementos em concreto armado serão moldados no local, e são compostos por radier, pilares, vigas e lajes, conforme as plantas de fôrmas/locação.

A execução deve obedecer às recomendações da ABNT NBR 14931:2023 – Execução de Estruturas de Concreto, bem como às boas práticas usuais em obras públicas e educacionais, assegurando qualidade e segurança estrutural.

PILARES EM CONCRETO ARMADO: Devem ser erguidos após a cura inicial dos blocos de fundação. As armaduras verticais de continuidade (esperas deixadas nos blocos) serão limpas e alinhadas, recebendo eventuais emendas por transpasse conforme comprimento de ancoragem de projeto ou por solda/parafusos se especificado (sob aprovação do projetista estrutural e da fiscalização contratual). As formas dos pilares devem ser posicionadas rigorosamente prumadas (uso de prumo de face) e travadas, garantindo o posicionamento correto e o cobrimento nominal das armaduras. Antes da concretagem, conferir se embutidos (tubulações elétricas, caixas, chumbadores) previstos nos pilares estão no lugar correto, para evitar cortes posteriores. A concretagem dos pilares será contínua, em camadas não superiores a 50 cm, com adensamento por vibrador para evitar falhas. Caso a altura do pilar seja grande, o lançamento do concreto deve ser feito por funil/tubo para não provocar segregação. Onde a concretagem do pilar for interrompida para execução posterior (junta de concretagem), a superfície deverá ser regularizada e posteriormente preparada (rugosa e limpa) para garantir aderência com a próxima etapa.

VIGAS E LAJES (RADIER) EM COCNRETO ARMADO: Após a concretagem e ganho de resistência inicial dos pilares, monta-se a fôrma e escoramento das vigas e lajes do pavimento. Conforme indicado no projeto, algumas lajes serão maciças (concretadas in loco) e outras serão lajes nervuradas com vigotas pré-moldadas e elementos de enchimento. No caso de lajes nervuradas (pré-moldadas), a execução envolve a distribuição das vigotas pré-fabricadas sobre as vigas de apoio, no espaçamento definido em projeto, intercalando os elementos de enchimento (blocos de EPS) entre elas. É fundamental a colocação de escoramento provisório sob essas vigotas, geralmente com pontaletes ou escoras metálicas a cada 1,5 m a 2,0 m, ou conforme orientação do fabricante, para evitar deformações durante a concretagem. As vigotas pré-moldadas devem estar limpas, alinhadas e niveladas. Em seguida, são instaladas as armaduras complementares in loco: armaduras negativas sobre os apoios (nas regiões de momento fletor negativo), armaduras de distribuição (malha superior) e reforços adicionais em zonas concentradas, conforme detalhamento estrutural. Antes de concretar, deve-se verificar novamente se todas as armaduras estão na posição correta e se os eletrodutos, caixas elétricas e outras reservas nas lajes estão fixados e localizados de acordo com o projeto complementar.

A concretagem das vigas e lajes deve ser feita preferencialmente de forma simultânea (monolítica), salvo indicação em contrário. Inicia-se pelas vigas, preenchendo-as completamente, e prossegue-se imediatamente com o concreto das lajes adjacentes, garantindo a integração entre os elementos estruturais. O concreto utilizado deve atender à classe de resistência especificada (p.ex. C25) e ter consistência trabalhável (slump dentro do especificado, geralmente 80–120 mm para lajes). O lançamento deve ocorrer de maneira contínua, evitando-se longos intervalos que possam criar juntas frias. O espalhamento será uniforme, evitando sobrecarga excessiva de um único ponto; pode-se utilizar pás e vibradores de superfície (réguas vibratórias) para adensar e nivelar o concreto das lajes. É proibido pisotear diretamente sobre as armaduras sem proteção, especialmente as negativas de laje, pois o peso dos operários pode deslocar os vergalhões. Recomenda-se usar passarelas sobre a fôrma ou tábuas apoiadas nas vigas e vigotas para circulação durante a concretagem, de modo a não comprometer o posicionamento das ferragens.

Após o lançamento, o concreto das lajes deve ser adensado e sarrafeado, garantindo o cobrimento das armaduras superiores e um bom acabamento superficial. Nas lajes pré-moldadas, especial atenção deve ser dada às juntas entre vigotas e concreto moldado in loco, garantindo a aderência e solidarização – as armaduras treliçadas das vigotas proporcionam ligação monolítica com o concreto fresco. Qualquer abertura prevista (shafts, dutos de ar-condicionado etc.) deve ter formas reservatórias previamente colocadas para moldar o vazio. Concluída a concretagem, inicia-se a cura úmida imediatamente, mantida por no mínimo 7 dias (irrigação periódica, coberturas com lonas molhadas ou mantas de cura). A desforma dos elementos seguirá critérios normativos e as idades do concreto: em geral, as fôrmas laterais de vigas e bordas de lajes podem ser retiradas após 3 dias, enquanto as escoras inferiores das lajes e vigas só podem ser removidas após o concreto atingir resistência suficiente – normalmente não antes de 14 dias, deixando-se escoras de reescoramento se necessário. Somente após 28 dias (ou conforme ensaios de resistência que comprovem a capacidade) é que o escoramento remanescente pode ser totalmente retirado, garantindo que a estrutura suporte as cargas sem deformações indesejáveis.

Durante todo o processo de execução, o controle geométrico e de qualidade deve ser contínuo. Verificar frequentemente o prumo dos pilares, o nivelamento das vigas e lajes e o alinhamento das formas. As tolerâncias de construção estabelecidas em norma (ABNT NBR 14931, cap. 9) devem ser respeitadas, por exemplo: pequenas variações na posição das armaduras, nas dimensões seções ou no prumo dos pilares são admitidas apenas dentro dos limites normativos para não comprometer a segurança e o desempenho. Em caso de qualquer não conformidade (por exemplo, deslocamento de armadura durante a concretagem ou algum ninho de brita identificado após a desforma), devem ser adotadas medidas corretivas imediatas, como reparos com argamassa de alta resistência nas falhas ou reforço suplementar conforme orientação do projetista.

4) USO DE ADITIVOS NO CONCRETO

Deve-se fazer uso de aditivos cristalizante/hidrofugante para todos os elementos em contato direto com o solo (radier, blocos de fundação, sapatas, interceptores de recalque, paredes enterradas, contrapiso em áreas técnicas), considerando lençol freático elevado e presença de água permanente/intermitente. O objetivo é garantir estanqueidade e durabilidade da estrutura, prevenindo infiltrações e carbonatação precoce, mediante a especificação de tratamentos com aditivos cristalizantes e hidrofugantes, associados a procedimentos de preparação, aplicação e controle de qualidade.

Produtos e critérios mínimos de desempenho:

- **Aditivo cristalizante (penetra e reaciona com hidróxidos do cimento):**

✓ Deve ser do tipo integrado ao concreto ou aplicado por superfície (conforme local).

✓ Propriedades mínimas: formar estrutura cristalina impermeável em capilares; resistência a ciclos úmido/seco; compatível com aço e armaduras.

✓ Especificar faixa de dosagem (ex.: conforme fabricante — normalmente em kg/ m³ para aditivos incorporados ou g/m² para aplicações superficiais).

- **Hidrofugante (repelente de água por superfície):**

✓ Produto para aplicação em superfície de concreto endurecido; deve reduzir absorção capilar sem obstruir poros necessários à cura.

✓ Propriedades: profundidade de penetração mínima, retenção após ensaios de chuva acelerada e compatibilidade com acabamentos posteriores.

- **Membranas complementares (se necessário):**

✓ Em pontos críticos (juntas, pontos de passagem, encontros com tubulações) usar membranas flexíveis ou bandagens de reforço.

Requisitos do fabricante:

- Fornecer ficha técnica, relatório de ensaios de laboratório (impermeabilidade, aderência, durabilidade), instruções de aplicação e declaração de compatibilidade com concretos e argamassas do projeto.

Não aceitar especificações que limitem a solução a mera recomendação sem critérios técnicos e quantificáveis.

- **Aplicação do aditivo cristalizante:**

✓ Se for integrado ao concreto: dosagem controlada no canteiro conforme ficha técnica; registrar lote e controle de dosagem.

✓ Se for aplicado por superfície: aplicação mediante duas demãos (ou conforme fabricante) com tempo de intervalo definido; respeitar temperatura ambiente e condições de umidade.

- **Aplicação do hidrofugante:**

✓ Após cura mínima do concreto (conforme fabricante), aplicar demãos conforme rendimento indicado; respeitar tempo de secagem entre demãos.

VIDA ÚTIL ESPERADA: 50 ANOS

5) FÔRMAS E ESCORAMENTOS

As fôrmas de concreto (caixarias) serão executadas com material de qualidade e montagem cuidadosa, pois são fundamentais para garantir o formato e dimensões projetadas dos elementos estruturais. Recomenda-se o uso de painéis de madeira compensada resinada (compensado plastificado tipo resinado 18 mm ou similar) ou chapas fenólicas, montadas sobre barrotes e pontaletes de madeira de boa procedência, ou ainda sistemas industrializados metálicos modulados, dependendo dos recursos da

obra. Todas as faces internas das fôrmas devem ser lisas, limpas e estanques, evitando a perda de pasta de cimento; eventuais frestas devem ser vedadas com fita ou pasta selante, admitindo-se no máximo uma leve exsudação de nata cimentícia ou surgimento de finos do concreto. Isso garante um bom acabamento superficial e a manutenção da seção original projetada.

A estrutura de suporte das fôrmas (barrotes, escoras, travamentos) deve ser dimensionada para resistir com segurança às pressões do concreto fresco e cargas de trabalho, sem deformações excessivas que prejudiquem o cobrimento ou o alinhamento estrutural. Conforme indicado nas notas de projeto, a concepção do escoramento e cimbramento é de responsabilidade da construtora ou do técnico responsável pela obra, devendo seguir as orientações da NBR 14931 e eventualmente projetos específicos de escoramento quando necessários (por exemplo, em lajes extensas ou de grandes vãos, contratar projeto de escoramento). As escoras devem ser preferencialmente metálicas reguláveis ou de madeira de boa qualidade (sem nós, rachaduras ou empenos significativos), dispostas verticalmente e contraventadas em ambas as direções para evitar flambagem ou deslocamentos. O apoio das escoras no solo deve ser firme – utilizar pranchas sob bases para distribuir cargas – e, no topo, as escoras devem apoiar nas longarinas ou barroteamento de forma adequada (cunhas ajustáveis ou dispositivos dos sistemas metálicos).

Antes da concretagem, todas as fôrmas devem ser tratadas com agente desmoldante (desengr form) de forma uniforme e em camada fina, para facilitar a desforma sem aderências e também prevenir a absorção de água pela madeira. Deve-se usar óleo mineral desmoldante ou produtos específicos, aplicados com broxa, tomando cuidado para não contaminar as armaduras (o excesso de óleo no aço pode prejudicar a aderência aço-concreto). Também é fundamental a limpeza interna: remoção de detritos, serragem, arame solto ou água empoçada das fôrmas, utilizando ar comprimido, vassouras ou lavagem controlada, pois tais resíduos podem causar imperfeições ou reduzir a qualidade do concreto.

Após a concretagem, a remoção das fôrmas (desforma) respeitará os prazos mínimos e critérios de resistência estabelecidos. De acordo com as práticas usuais e recomendações de projeto, as faces laterais de vigas, pilares e bordas de lajes podem ser retiradas após aproximadamente 3 dias da concretagem (desde que o concreto tenha endurecido o suficiente para não escoar e não haja risco de lascar arestas). Já as fôrmas das faces inferiores (como o fundo de vigas e lajes) requerem maior cuidado: pode-se aliviar parcialmente o escoramento após cerca de 14 dias, mantendo porém, escoras secundárias (reescoramento) para suportar parte das cargas. A desforma total das faces inferiores sem nenhuma escora remanescente somente deve ocorrer quando o concreto atingir resistência adequada – geralmente aos 28 dias ou conforme indicado por ensaios de resistência que assegurem pelo menos 2/3 fck, seguindo a norma. O processo de desforma deve ser executado lentamente e sem choques, afrouxando-se gradualmente as escoras para que a estrutura passe a carregar-se de forma suave, evitando esforços bruscos. Qualquer sistema de cunhas deve ser baixado aos poucos e uniformemente. As fôrmas retiradas devem ser limpas (raspadas para tirar resíduos de concreto) e armazenadas apropriadamente para reaproveitamento nas etapas seguintes, se possível, respeitando o número limite de reutilizações que garanta bom estado.

6) ARMADURAS DE AÇO

As armaduras utilizadas na estrutura serão de aço CA-50 e CA-60 (conforme especificações do projeto estrutural, fyk = 500 MPa e 600 MPa, respectivamente), atendendo à norma ABNT NBR 7480:1996 – Barras e fios de aço para armaduras de concreto. Em nenhuma hipótese deve-se empregar aço de

qualidade ou diâmetro diferente do previsto em projeto sem prévia aprovação do projetista e da fiscalização contratual, sob risco de comprometer a segurança da estrutura. As barras devem preferencialmente vir com certificado de origem e ensaio do fabricante, garantindo que suas propriedades (limite de escoamento, ductilidade, aderência superficial) atendam às normas. No recebimento, as bitolas e classes de aço serão conferidas e qualquer material fora de conformidade será rejeitado.

O corte e a dobragem das barras devem ser feitos em bancadas ou máquinas apropriadas, seguindo rigorosamente as dimensões e ângulos indicados nas tabelas de dobramento do projeto estrutural. Deve-se respeitar os raios mínimos de curvatura previstos na NBR 6118 para evitar fragilização (p. ex., cantos dobrados sem fissurar o aço). As formas de gancho, dobradiças, estribos e outras configurações devem obedecer aos detalhes projetados. Recomenda-se a utilização de equipamentos de corte (tesouras mecânicas, serra) e dobradores manuais ou elétricos, ao invés de processos improvisados, a fim de garantir precisão e não danificar o material. Barras com diâmetro até 10 mm podem ser dobradas manualmente com ajuda de dispositivos simples, enquanto diâmetros maiores requerem dobradores mecânicos. Durante essas operações, evitar aquecimento das barras (não usar maçarico para dobrar) e fazer a marcação dos comprimentos de forma clara para evitar erros.

A montagem das armaduras no local seguirá as seções e detalhamentos de projeto. As barras longitudinais de vigas e pilares devem ser posicionadas na quantidade e espaçamento corretos, fixadas com arame recozido nas interseções com os estribos ou grampos. As armaduras negativas e positivas de lajes devem ser instaladas conforme o indicado (malhas soldadas quando especificado, ou vergalhões distribuídos). **É crucial manter o cobrimento nominal adequado em todas as faces**: para isso utilizam-se espaçadores (distanciadores) de material plástico, argamassa ou do próprio aço (como “cadeirinhas” para lajes), de altura correta, entre as armaduras e as fôrmas, garantindo o recobrimento conforme norma e projeto. Pilares e vigas utilizar cobrimento de 30 mm e lajes com 25m. Já em elementos em contato com o solo (blocos, estacas) usar cobrimento de 40 mm para blocos e 50mm para estacas. Valores que devem ser rigorosamente controlados por meio dos espaçadores e conferência durante a inspeção de armaduras.

As armaduras montadas devem estar limpas, isentas de óleo, tinta, graxa ou ferrugem solta que possam prejudicar a aderência aço-concreto. Uma leve camada superficial de ferrugem aderida (cor de pátina) não é prejudicial, mas incrustações grossas ou laminares devem ser removidas com escova de aço antes da concretagem. No caso de armaduras que fiquem expostas ao tempo por período prolongado antes da concretagem, é recomendável aplicar proteção temporária (como nata de cimento ou revestimento anticorrosivo aprovado) ou promover nova limpeza antes do lançamento do concreto.

Durante a montagem, devem-se verificar o posicionamento e fixação das armaduras passivas de acordo com o projeto e normas. Itens a inspecionar incluem: bitola e tipo do aço, quantidade de barras, espaçamento entre elas, comprimento de transpasses (emendas) quando necessárias, posicionamento dentro da seção e cobrimentos, além da amarração adequada. As emendas por transpasse devem respeitar os comprimentos mínimos (em geral da ordem de 40 a 60 vezes o diâmetro da barra, dependendo da classe do aço, aderência e concretagem), salvo se forem utilizadas luvas mecânicas ou soldas qualificadas especificadas em projeto. Emendas de barras em uma mesma seção devem ser desencontradas conforme os critérios de NBR 6118 para não enfraquecer a seção (por exemplo, no máximo 1/3 das barras emendada na mesma seção para barras tracionadas, distribuindo as zonas de emenda). A soldagem de armaduras não é usual para aço CA-50 devido ao tratamento térmico – somente

deverá ser feita se expressamente indicada e com procedimento aprovado (normalmente utiliza-se aço CA-25 soldável ou barras especialmente preparadas para solda, ou então barras rosqueadas com luvas).

Para garantir que as armaduras permaneçam na posição correta durante a concretagem, todas as armações devem ser firmemente fixadas e travadas. Usam-se arames de amarração em nós de travamento (tipo “X” ou “U”), grampos e espaçadores adequados. Em vigas e pilares, as armaduras longitudinais internas devem ser amarradas aos estribos em praticamente todos os encontros (ou no mínimo a cada dois estribos) para evitar deslocamentos. Nas lajes, as barras podem ser amarradas a cada 2 ou 3 interseções, e as malhas soldadas devem ter transpasse conforme norma (justaposição de uma malha sobre a outra com comprimento mínimo de 2 malhas). Adicionalmente, durante a concretagem, deve-se tomar cuidado para não pisar diretamente nas armaduras de forma a deslocá-las; quando necessário transitar, usar tábuas sobre as armaduras distribuindo o peso.

Antes de cada concretagem, é obrigatória a inspeção e aprovação das armaduras pelo responsável técnico (engenheiro fiscalizador ou projetista, conforme o caso). Deve-se verificar se a montagem corresponde aos desenhos de armadura, se não houve omissão de peças, se as posições estão corretas e se os cobrimentos estão assegurados. Essa conferência criteriosa, preferencialmente documentada com um checklist e registro fotográfico, é uma exigência em obras bem gerenciadas e em especial em contratos públicos e do setor educacional, garantindo a conformidade da execução com o projeto. Somente após a liberação formal (carimbo “aprovado para concretagem” no relatório de inspeção) é que se autoriza o lançamento do concreto.

7) CONCRETO USINADO: RECEBIMENTO, TRANSPORTE E LANÇAMENTO

Todo o concreto estrutural utilizado será do tipo usinado (dosado em central) e fornecido por usina de concreto homologada, garantindo uniformidade e qualidade controlada do material. O recebimento do concreto na obra requer procedimentos de controle rigorosos: para cada caminhão-betoneira entregue, o responsável técnico deve conferir a nota de entrega (ticket), verificando se o traço corresponde ao solicitado (fck, slump, fator a/c, tipo de cimento e aditivos), o horário de saída da usina e eventual adição de água ou aditivo durante o transporte. Não se deve permitir acréscimo de água na obra para ajustar a consistência, pois isso altera a relação a/c e a resistência; ajustes de abatimento, se necessários, somente com superplastificantes compatíveis e sob supervisão.

No ato do recebimento, realiza-se o ensaio de abatimento (slump test) conforme ABNT NBR NM 67:1998, moldando-se o tronco de cone com o concreto fresco de cada caminhão. O abatimento medido deve estar dentro da faixa especificada em projeto (por exemplo, 10±2 cm para concreto plástico S100). Caso seja constatada diferença significativa (slump fora da tolerância ou sinal de segregação), o lote de concreto pode ser recusado. Também é prática recomendada verificar a temperatura do concreto recém-chegado, especialmente em dias muito quentes – idealmente deve estar abaixo de 30 °C para não comprometer o tempo de trabalhabilidade e hidratação. Em obras especiais ou conforme normas do contratante, pode-se exigir que a temperatura do concreto no lançamento fique entre 5 °C e 32 °C, adaptando medidas (água gelada, gelo, etc.) se necessário.

O prazo entre a mistura e o lançamento do concreto é crítico. A NBR 7212:2012 (Execução de concreto dosado em central) estipula um tempo máximo de 150 minutos para que cada carga de concreto seja completamente descarregada após a mistura. Esse tempo inclui o transporte até a obra e as operações de lançamento e adensamento. Em condições normais, adota-se como referência: 90 minutos para

transporte até o canteiro, 30 minutos de espera (caso necessário) antes do lançamento e mais 30 minutos para lançar e adensar totalmente o concreto. Portanto, é fundamental uma logística eficiente: os caminhões-betoneira devem chegar em intervalos compatíveis com a capacidade de aplicação, evitando esperas prolongadas que possam exceder o limite de tempo. Se, por algum imprevisto (por exemplo, trânsito intenso), o tempo de transporte exceder o previsto, a concretagem só deve prosseguir após avaliação do engenheiro responsável, podendo-se empregar aditivos re-fluidificantes (mediante ensaio de compatibilidade) para recuperar o slump original sem adicionar água. Concreto que superar o tempo máximo estabelecido sem lançamento deve ser rejeitado, não podendo ser utilizado em elementos estruturais, conforme as boas práticas e normas técnicas.

Para o transporte interno e lançamento do concreto na estrutura, poderão ser utilizados meios adequados como caçamba-grua, bombeamento ou diretamente a partir da calha do caminhão, dependendo do acesso a cada frente de trabalho. No caso de uso de bomba de concreto, deve-se observar o preparo adequado (priming) da tubulação com nata ou argamassa antes do concreto, e assegurar lançamento contínuo para evitar segregação na linha. O mangote de lançamento deve ser manuseado de forma a depositar o concreto o mais próximo possível do seu local definitivo, minimizando arraste ou necessidade de realocação manual. Não se deve lançar o concreto de grandes alturas livres (limitar a queda livre a $\simeq$2 metros); para alturas maiores, usar dutos inclinados, funis ou mangotes para conduzir o material, evitando segregação dos agregados.

O lançamento deve preencher gradualmente as fôrmas, em camadas horizontais de espessura uniforme (geralmente 20 a 30 cm por camada), especialmente em elementos verticais como pilares e paredes, evitando a formação de ninhos ou vazios. Simultaneamente ao lançamento, realizar o adensamento com vibradores de imersão de alta frequência, mergulhando a ponta vibrante em intervalos regulares (espaçamento a cada $\simeq$50 cm) e pelo tempo suficiente (cerca de 5 a 15 segundos em cada ponto) para expulsar o ar aprisionado, sem exagero para não causar segregação. O vibrador não deve tocar as fôrmas ou armaduras de maneira a deslocá-las, e ao adensar camadas sucessivas deve-se penetrar ligeiramente na camada anterior para garantir a fusão entre elas. Em elementos delgados ou muito armados onde o vibrador convencional não alcance, pode-se usar vibrador de mangueira menor ou vibrar externamente batendo nas fôrmas com martelo de borracha. Todo o concreto deve apresentar aspecto homogêneo e cobrindo completamente as armaduras ao final do lançamento.

É importante programar as juntas de concretagem caso a concretagem de um elemento não possa ser concluída de uma só vez. As juntas (fria ou de construção) devem ser localizadas onde indicado em projeto ou, na falta de indicação, em regiões de menor esforço (por exemplo, a aproximadamente 1/3 do vão nas lajes e vigas, ou no terço médio de altura de pilares), sempre com superfícies de contato previamente preparadas e armaduras de continuidade devidamente dispostas. No caso de interrupção não planejada, o procedimento de contingência é similar: consolidar o concreto até um ponto conveniente, evitar deixá-lo em degrau, e recomeçar a concretagem o mais rápido possível, preparando a superfície anterior (escarificação e lavagem, aplicação de nata de cimento ou adesivo) para garantir monolitismo.

Após o término do lançamento e adensamento do concreto em cada etapa, deve-se realizar o acabamento superficial adequado: no topo de pilares e paredes, nivelar e eventualmente chapiscar a superfície para receber próxima concretagem; nas lajes, sarrafear e desempenar para obter a planeza requerida. Pode-se usar régua vibratória e acabadora de superfície (talocha mecânica) nas lajes extensas para melhor resultado. Em seguida, inicia-se a cura do concreto, fundamental para evitar retração rápida

e garantir a hidratação adequada. Conforme já destacado, manter as superfícies expostas úmidas e protegidas (com lonas, sacos de aniagem molhados, ou cura química com membrana selante quando a cura úmida tradicional for impraticável) por pelo menos 7 dias. No caso de pilares e vigas, que têm fôrmas laterais retiradas com 3 dias, as faces recém-expostas devem imediatamente receber cura (umedecimento ou verniz de cura). As lajes, por sua grande área superficial, merecem atenção redobrada: iniciar a cura assim que a superfície suporta a passagem de pessoas, cobrindo-a com mantas saturadas ou inundando com lâmina d'água rasa (se a impermeabilização do entorno permitir), ou ainda usando agentes de cura aprovados.

8) ENSAIOS DE CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO

Para assegurar que o concreto atenda às resistências e características especificadas, será implantado um plano de controle tecnológico conforme ABNT NBR 12655 (Controle de concreto) e normas relacionadas. Em cada etapa significativa de concretagem, serão moldados corpos de prova cilíndricos (dimensão 10 x 20 cm ou 15 x 30 cm, conforme especificação) do concreto fresco, seguindo o procedimento da ABNT NBR 5738:2015 – Moldagem e cura de corpos-de-prova de concreto. Geralmente molda-se um conjunto de no mínimo 3 corpos de prova por cada lote de concreto (por exemplo, por cada 50 m³ ou por jornada de concretagem de um mesmo traço, o que for menor), ou conforme exigências do projetista estrutural ou do órgão fiscalizador da obra. Os corpos de prova serão identificados com etiqueta contendo data, local/piece de onde o concreto foi lançado, e traço correspondente.

Após a moldagem em moldes padronizados metálicos cilíndricos, os corpos de prova devem ser mantidos em ambiente controlado. No canteiro, eles permanecerão em cura úmida (próximos do local de lançamento, cobertos com pano úmido e plástico) por pelo menos 24 horas, sem sofrer vibrações ou distúrbios. Em seguida, serão desformados e enviados ao laboratório de tecnologia de concreto, onde ficarão armazenados em tanque de água saturada de cal a 23±2 °C até a idade de ruptura. A ABNT NBR 5739:2018 – Ensaio de compressão de corpos-de-prova de concreto será utilizada para determinar a resistência à compressão axial característica. Normalmente, rompe-se aos 28 dias de idade, obtendo a resistência efetiva fck (ou superior). Caso requerido, podem-se romper corpos de prova em idades diversas (7 dias para controle inicial, 28 dias para aceite e eventualmente 56 dias ou mais para concretos de cura lenta ou avaliação de incremento de resistência). Os resultados desses ensaios serão registrados em relatório e comparados aos valores de projeto. O concreto será considerado aprovado se atender aos critérios da NBR 12655, por exemplo: resistência média do lote acima de fck + margem de segurança e nenhum valor individual abaixo do fck – 25 MPa (conforme classe de controle).

Além dos ensaios de compressão, no campo serão realizados ensaios de abatimento (slump test) em todas as cargas de concreto, conforme já mencionado, para monitorar a consistência. O valor do slump de cada betoneira será anotado no relatório de concreto, juntamente com a temperatura do concreto e o horário de lançamento, permitindo rastreabilidade e correlação com eventuais variações de resistência. Se forem detectados resultados anômalos de slump ou temperatura fora do padrão (por exemplo, concreto chegando muito quente), o laboratório deve ser comunicado e o concreto pode ser rejeitado ou tratado. Em determinadas situações, também podem ser feitos ensaios complementares, como: densidade do concreto fresco, teor de ar incorporado (para concretos com aditivo incorporador de ar, se aplicável) e moldagem de corpos de prova para ensaios de tração por compressão diametral ou módulo de elasticidade, caso o caderno de encargos da obra exija.

É importante ressaltar que todos esses controles visam verificar a qualidade do concreto entregue e lançado. Em obras públicas e de equipamentos importantes (como prédios educacionais), exige-se normalmente a presença de um laboratório técnico credenciado para conduzir esses ensaios, assegurando isenção e confiabilidade nos resultados. Os corpos de prova rompidos e seus resultados devem ser arquivados e apresentados na documentação final da obra (dossiê de qualidade), para comprovar que o concreto atingiu o desempenho especificado. Se algum resultado de resistência aos 28 dias não alcançar o mínimo exigido, devem ser acionados os procedimentos de contingência conforme NBR 12655: realização de ensaios adicionais (rompimento aos 56 dias, extração de testemunhos do elemento estrutural real – "carotes" – para ensaio, análise estrutural de reserva de segurança) e, se necessário, reforço do elemento estrutural em questão. O controle tecnológico abrangente permite identificar não conformidades precocemente e tomar ações corretivas, garantindo que a estrutura final entregue tenha a segurança e durabilidade esperadas.

9) CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO DOS MATERIAIS

Todos os materiais empregados na estrutura devem atender aos requisitos de qualidade das normas técnicas brasileiras e às especificações particulares do projeto. A seguir são destacados os critérios de aceitação para os principais insumos:

- Cimento Portland: Deve ser do tipo e classe indicados em projeto (por exemplo, CPII-F-32, CP III-40 RS, etc.), novo e proveniente de fabricante com controle de qualidade. Atender à ABNT NBR 16697:2018 – Cimento Portland – Requisitos (que substituiu a antiga NBR 5732), apresentando certificado de conformidade com as resistências normalizadas (por ex. 32 MPa aos 28 dias para CP II-F-32) e demais propriedades (tempo de pega, finura, expansibilidade dentro dos limites). O cimento deve estar dentro do prazo de validade (geralmente 90 dias da data de fabricação, quando adequadamente armazenado). Na obra, não serão aceitos sacos endurecidos ou empedrados; sacos com grumos ao tato ou úmidos devem ser descartados. Preferencialmente, utilizar o mesmo tipo e marca de cimento ao longo de toda a estrutura, evitando variações bruscas de propriedade entre lotes.

- Agregados miúdo e graúdo: Devem satisfazer a ABNT NBR 7211:2009 – Agregados para concreto – Especificação. Isso implica que a brita (agregado graúdo) e a areia (agregado miúdo) não contenham substâncias nocivas em teores que prejudiquem a hidratação e o endurecimento do concreto ou a durabilidade da estrutura. Por exemplo, os agregados devem ser isentos de materiais orgânicos (terra, barro, raízes, impurezas vegetais), materiais deletérios como sulfatos ou cloretos em excesso, e partículas friáveis. Deve-se exigir do fornecedor resultados de ensaios de caracterização: granulometria dentro das faixas exigidas (por ex., brita 19 mm com curva entre limites da NBR 7211, módulo de finura da areia apropriado), equivalente de areia indicando argila moderada/baixa, teor de material pulverulento (passante na peneira #200) dentro do limite, etc. Agregado contaminado ou fora de especificação não deve ser utilizado. Britas devem ser de origem controlada (pedreiras licenciadas) e de preferência lavadas, pois a lavagem reduz o pó aderido aos grãos que pode aumentar água/cimento e prejudicar a aderência. Areias também devem ser lavadas ou de boa procedência (rios limpos), com teor de argila dentro do permitido. Na obra, ao receber as primeiras cargas de agregados, recomenda-se inspecionar visualmente (cor, limpeza, granularidade) e periodicamente enviar amostras para ensaios de laboratório, principalmente se mudar de lote ou fornecedor.

- Aço para armaduras: Deve obedecer à ABNT NBR 7480:2007 – Barras e fios de aço para armaduras de concreto armado. Os vergalhões CA-50 fornecidos devem apresentar resistência característica de escoamento de 500 MPa, e os CA-60 (fio trefilado para estribos, se utilizado) com 600 MPa, conforme as classes estabelecidas. Exige-se certificação de qualidade do produtor (SIDERURGIA) e identificação das barras (etiquetas ou marcações das bitolas). O aço deve chegar à obra em barras retilíneas (na metragem padrão de 12 m) ou rolos (no caso de aço CA-60 ou malhas soldadas), sem corrosão excessiva ou dobras fora do plano. Antes do uso, pode-se requerer ensaio de tração em amostras (fluência, escoamento, alongamento) para confirmar a conformidade com a norma, sobretudo em obras públicas que seguem normas que usualmente demandam tal verificação independente. Qualquer substituição de bitola ou qualidade (por exemplo, usar CA-25 ou aço soldável diferenciado) deve ter aprovação formal do projetista, e da fiscalização contratual.

- Aditivos para concreto: Caso sejam empregados aditivos (plastificantes, superplastificantes, retardadores de pega, incorporadores de ar, etc.), estes devem seguir a ABNT NBR 11768:2011 – Aditivos químicos para concreto. Devem ser produtos compatíveis com o cimento utilizado e com eficácia comprovada. A dosagem e forma de adição serão indicadas pelo fabricante e validadas no traço experimental. Não se permite o uso de aditivos à base de cloretos em concreto armado (devido ao risco de corrosão das armaduras) – o aditivo deve ser isento de cloreto, conforme informado na ficha técnica. Em especial, aditivos aceleradores de pega contendo cloreto de cálcio são vetados em estruturas de concreto armado. Os aditivos devem ter registro do desempenho esperado: por exemplo, um superplastificante deve atingir a redução de água ou aumento de slump pretendido sem provocar segregação ou retardamento excessivo. É recomendado solicitar laudos de compatibilidade cimento-aditivo (às vezes fornecidos pelos fabricantes) e eventualmente realizar um traço piloto na obra para verificar o comportamento (tempo de pega, exsudação, ganho de resistência).

- Outros materiais: Água de amassamento – deve ser potável, clara e isenta de óleos, matéria orgânica ou impurezas (atender à NBR 15900-1). Eventuais fibras adicionadas ao concreto (polipropileno, aço) – seguir especificação e homogeneizar adequadamente. Produtos para cura e desmoldantes – utilizar produtos de linha profissional, que não contenham compostos prejudiciais ao concreto ou armadura.

Em resumo, todos os materiais devem ser adquiridos de fornecedores confiáveis e vir acompanhados de certificados ou resultados de ensaio quando aplicável. Antes do início da obra, é boa prática elaborar um Plano de Qualidade de Materiais, listando normas de referência e critérios de inspeção de recebimento para cada item, conforme exigido em contratos públicos e recomendação de órgãos. Materiais que não atendam aos requisitos normativos ou apresentem danos/contaminações não devem ser empregados; em caso de dúvida, amostras devem ser ensaiadas e aprovadas por profissional qualificado antes do uso.

10) ARMAZENAMENTO E ESTOCAGEM DE MATERIAIS

A correta estocagem dos materiais no canteiro é essencial para manter suas propriedades e evitar contaminações ou perdas, atendendo também às normas de organização do canteiro (NR-18 e NBR 12655 no que couber).

- Cimento: Deve ser armazenado em local coberto, seco e protegido de intempéries. Os sacos de cimento não podem ficar em contato direto com o piso ou paredes. Recomenda-se estocar sobre estrados/tapumes de madeira elevados pelo menos 30 cm do chão, afastados de paredes úmidas, e cobrir os sacos com lona principalmente em ambientes abertos. As pilhas de sacos não devem exceder 10 unidades de altura, tanto

por segurança (risco de tombamento) quanto para evitar compressão excessiva dos sacos inferiores, o que poderia empedrar o cimento. Sempre utilizar o cimento com base no critério FIFO (first in, first out), ou seja, aquele armazenado há mais tempo deve ser consumido primeiro, prevenindo que algum lote expire. Em caso de armazenamento prolongado, verificar periodicamente as condições dos sacos – qualquer sinal de umidade ou endurecimento é motivo para rejeição do material comprometido. No caso de cimentos estocados em silo (granel), assegurar que o silo seja estanque à umidade e siga as recomendações do fabricante (inclusive respeitando o prazo de 3 meses).

- Agregado Miúdo (Areia): Armazenar em baias ou boxes sobre o terreno preparado. O ideal é ter um piso de concreto ou madeira para evitar contaminação com solo. Isolar por divisórias se houver mais de um tipo de areia (média, fina) para que não se misturem. Manter a pilha descoberta apenas se a umidade natural controlada não for crítica; caso contrário, cobrir com lona para evitar encharcamento excessivo pela chuva (a variação de umidade pode afetar a dosagem do concreto). Retirar a areia da pilha com pá ou carregadeira evitando arrastar material estranho da base. Realizar eventualmente peneiramento caso se percebam impurezas.

- Agregado Graúdo (Brita): Armazenar também sobre solo preparado ou piso para não incorporar terra. Separar por granulometria (brita 1, brita 2, pedrisco) em baias distintas identificadas. Evitar contaminação com materiais finos ou orgânicos – se a brita vier muito suja ou com pó, pode-se considerar lavá-la antes do uso (embora isso normalmente seja feito na produção). Atentar para não misturar brita de diferentes origens para manter uniformidade nas características do concreto. Assim como na areia, pilhas muito altas podem provocar segregação (os pedaços maiores rolando para a base) – dispor em camadas e eventualmente homogeneizar com pá carregadeira.

- Aço para armaduras: Devem ser armazenados preferencialmente em ambiente coberto ou, se ao tempo, sobre estrados de madeira ou apoios elevados, nunca em contato direto com o solo para evitar corrosão. Barras longas podem ser dispostas sobre apoios a cada 2 metros para não ficarem empenadas. Agrupar e identificar por bitola e tipo (CA-50, CA-60), facilitando a conferência. Manter o local de aço organizado; restos e sobras de corte devem ser separados para possível reutilização e sucata, não misturados com barras novas. Se exposto externamente, cobrir com lonas ou chapas o material estocado para minimizar ação da chuva/sereno – isso diminui a formação de ferrugem, embora alguma oxidação superficial seja normal. Bobinas de aço CA-60 (fio) e telas soldadas devem ser apoiadas em superfícies planas, evitando deformações permanentes.

- Fôrmas e escoramentos: As fôrmas de madeira após uso devem ser limpas (raspas de concreto removidas) e empilhadas ordenadamente em local abrigado para evitar empenamento pela chuva ou sol direto. Panneaux de compensado devem ficar na vertical ou planos apoiados inteiramente, para não deformarem. Perfis metálicos de forma, se utilizados, igualmente devem ser empilhados por tipo/dimensões e limpos de resíduos. Os escoramentos metálicos (pontaletes reguláveis) precisam ser guardados em local seguro, de preferência na posição horizontal com amarração para não cair; já escoras de madeira podem ficar agrupadas e ao abrigo de chuva (umidade pode causar fungos e perda de resistência). Itens menores como pregos, fios de amarração, espaçadores, arruelas, etc., devem ser guardados em depósitos/trinchos fechados, evitando perdas.

- Aditivos e materiais químicos: Devem ficar em almoxarifado coberto, em suas embalagens originais fechadas. Proteger de temperaturas extremas conforme recomendações do fabricante (ex.: latex e aditivos

não podem congelar nem sofrer calor excessivo). Manter afastados de chamas ou fontes de ignição se inflamáveis (ex.: solventes de cura). Identificar claramente cada recipiente para evitar uso incorreto.

Em todas as estocagens, é fundamental a organização e sinalização. Setorizar o canteiro definindo locais específicos para cada material, com placas (“armazenamento de cimento”, “depósito de aço” etc.). Isto além de facilitar a logística e controle de estoque, também contribui para a segurança, evitando interferências (por exemplo, pilha de tijolos ou agregados distante de zonas de circulação de pessoas para não haver desmoronamento sobre alguém). Manter registros de entrada e saída de materiais, especialmente para controle de lotes de cimento e aço, é uma boa prática adotada em obras públicas para rastreabilidade. Por fim, o responsável pelo almoxarifado deve inspecionar periodicamente as condições de armazenamento e a qualidade aparente dos materiais estocados, comunicando a engenharia caso identifique qualquer problema (como cimento começando a empedrar, madeira de forma apodrecendo, etc.) para que sejam tomadas providências (utilização imediata, descarte ou devolução, substituição, etc.).

11) BOAS PRÁTICAS DE EXECUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE

Durante a execução da estrutura em concreto armado, a adoção de boas práticas de engenharia e métodos construtivos adequados é indispensável para garantir a qualidade e longevidade da obra. A seguir, enumeram-se procedimentos e cuidados gerais que deverão ser observados:

- Preparação antes da concretagem: Certificar-se de que tudo está pronto e em ordem antes de iniciar o lançamento do concreto. Isso inclui: armaduras conferidas e liberadas, fôrmas íntegras, limpas e tratadas com desmoldante, escoramentos firmes e ajustados, inserts e embutidos posicionados, e acesso para os equipamentos de concretagem desobstruído. Uma última limpeza (sopragem ou lavagem) das fôrmas deve ser feita para remoção de poeira, pedaços de arame, lascas de madeira ou qualquer corpo estranho. Checar se não há poças d’água excessiva nas fôrmas; se houver, remover a maior parte, mantendo apenas um filme úmido que não prejudica (concreto lançado sobre muita água livre pode se lavar e perder cimento). No caso de juntas de concretagem, as superfícies de concretos antigos devem ser preparadas (rugosas, limpas e, pouco antes do lançamento, saturadas sem empoçamento).

- Proteção das armaduras à espera de concretagem: Em estruturas onde as armaduras ficam montadas expostas por algum tempo (por exemplo, ferros de pilares aguardando a concretagem das vigas e lajes), é importante protegê-las contra ações do meio ambiente. Se a espera for de poucos dias, manter o aço limpo já é suficiente; se for prolongada, recomenda-se cobrir as armaduras com lona ou plástico durante chuvas para evitar acúmulo de lama ou reduzir a oxidação. Nunca deixar, por exemplo, armaduras de fundação expostas no terreno sem proteção por longo período – além da corrosão, há risco de deslocamento ou contaminação com terra.

- Cura úmida do concreto: Reforçando o ponto já citado, a cura adequada do concreto é uma das mais importantes boas práticas para garantir resistência e durabilidade. Manter o concreto recém-lançado úmido e em temperatura amena por vários dias previne fissuração por retração plástica e assegura hidratação completa do cimento. Assim, providenciar materiais para cura (mantas, lonas, sistema de irrigação) já antes da concretagem. Lajes podem ser mantidas inundadas (quando possível) ou cobertas com mantas geotêxteis constantemente molhadas. Áreas verticais podem ser envelopadas com estopa molhada atada à estrutura e reumedecidas periodicamente, ou aplicar composto de cura que forme película seladora. Pelo menos 7 dias de cura úmida contínua são recomendados; em climas quentes e

secos, estender para 10 dias se possível. Essa prática simples eleva significativamente a qualidade da estrutura, conforme enfatizado nas normas e manuais de obras públicas.

- Tolerâncias e verificação geométrica: Durante e após a execução, realizar medições de controle para assegurar que as dimensões e posições estão dentro das tolerâncias admitidas pela ABNT NBR 14931 e especificações do projeto. Por exemplo, verificar o prumo dos pilares (tolerância da ordem de 1/1000 da altura, ou seja, até ≈10 mm em 10 m), o nivelamento das lajes (desvios pequenos, geralmente < L/1000 no vão), o alinhamento das vigas, a espessura das lajes, etc. As tolerâncias de cobrimento de armadura também estão normatizadas – o cobrimento efetivo não deve diferir do nominal em mais de 5 mm para menos (sob risco de corrosão) ou 10 mm para mais (o que prejudica alavanca resistente). Caso sejam detectadas diferenças além do aceitável, deve-se avaliar com o projetista e fiscalização contratual a necessidade de correções ou reforços. Por exemplo, um pilar deslocado alguns centímetros podem exigir recalculo da excentricidade; uma laje mais fina do que o previsto pode requerer reforço com fibra ou escoramento adicional em serviço. A prevenção, contudo, vem da boa fôrma e armação – medir antes de concretar é o ideal.

- Acabamento e correções imediatas: Após desforma, inspecionar todas as superfícies de concreto. Bicheiras (nichos) ou falhas de concretagem pequenas devem ser imediatamente reparadas com graute ou argamassa de cimento e areia média (com adesivo estrutural), após preparo adequado da área (recorte e limpeza). Cantos lascados também devem ser recompostos. Esse reparo precoce garante que a estrutura mantenha cobertura adequada nas armaduras e bom aspecto. Se houver protuberâncias ou rebarbas de concreto, podem ser lixadas ou escarificadas para não interferir em revestimentos posteriores. Verificar também se inserts e espera roscadas ficaram aparentes e desobstruídas (limpas) para uso posterior.

- Manutenção da limpeza e organização: Um canteiro organizado reflete em execução de qualidade. Remover entulhos e sobras de concreto das fôrmas e do entorno imediatamente após cada concretagem (antes que endureçam completamente, facilitando a limpeza). Desobstruir circulações e escadas de acesso, evitando acúmulo de pregos, sucata ou armaduras expostas que podem causar acidentes ou dificultar movimentação de pessoas e materiais. A limpeza também se estende às armaduras – mantê-las livres de lama e óleos conforme já dito. Em resumo, ao final de cada dia de trabalho, o local deve estar arrumado, com ferramentas guardadas, materiais remanescentes estocados apropriadamente, e os elementos estruturais executados devidamente protegidos (cura, coberturas, guarda-corpos provisórios instalados nas bordas de lajes recém-concretadas, etc.).

Essas boas práticas, aliadas ao atendimento rigoroso das normas técnicas, formam o conjunto de procedimentos de qualidade que minimizam patologias e garantem que a estrutura atinja a vida útil prevista em projeto (estrutura durável, segura e dentro dos padrões de desempenho). Em obras públicas e educacionais, seguir tais práticas não é apenas uma recomendação técnica, mas muitas vezes uma obrigação contratual e moral, dado o investimento público e a importância do conjunto de equipamentos para a comunidade.

12) SEGURANÇA DO TRABALHO E HIGIENE NO CANTEIRO

A execução da estrutura deve observar estritamente as normas de segurança do trabalho, em particular a NR-18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, além das NR-6 (Equipamentos de Proteção Individual), NR-35 (Trabalho em Altura) e outras pertinentes. A integridade

física dos trabalhadores e terceiros no canteiro é prioritária e deve ser garantida por medidas coletivas e individuais de proteção, bem como pela organização e higiene do ambiente de trabalho.

- Equipamentos de Proteção Individual (EPI): Todo trabalhador deve receber e utilizar adequadamente os EPIs exigidos para cada atividade. Capacete de segurança é obrigatório em todo o canteiro (proteção contra quedas de objetos), assim como calçados de segurança (botas com biqueira de aço ou composite) para proteger os pés. Luvas de raspa ou nitrílicas devem ser usadas ao manusear armaduras (evitar cortes) e concreto (proteção contra alcalinidade). Óculos de segurança são necessários em operações de corte de aço, grauteamento sob pressão ou qualquer atividade com projeção de partículas. Para trabalhos em altura, cintos de segurança tipo paraquedista com talabartes duplos devem ser usados e conectados a pontos de ancoragem seguros (linhas de vida, cabos de aço etc.) conforme NR-35. Os EPIs devem ser fornecidos sem custo ao trabalhador e substituídos quando danificados, e é obrigatória a capacitação e conscientização sobre seu uso. A fiscalização interna do canteiro (técnico de segurança ou encarregado) deve verificar diariamente o uso e estado dos EPIs, aplicando medidas corretivas imediatas em caso de descumprimento.

- Proteções Coletivas e Sinalização: As medidas de proteção coletiva são a primeira barreira de segurança e têm precedência sobre EPIs (que são última instância). Assim, o canteiro deve ser planejado e equipado com proteções como: guard-rails/rodapé nas bordas de lajes e plataformas a mais de 1,20 m de altura, impedindo quedas de pessoas ou projeção de materiais; redes de proteção ou bandejas de retenção de entulho instaladas nos perímetros dos pavimentos, conforme exigências da NR-18, para retenção de quedas de materiais. Escadas provisórias e passarelas devem ter corrimãos e piso antiderrapante. As aberturas no piso (vãos de shafts, reservados de elevador) devem estar fechadas ou sinalizadas e protegidas (tampões ou gradil). A parte elétrica do canteiro (extensões, quadros de distribuição) deve seguir a NR-18 e NR-10: usar tomadas blindadas, ligação aterrada, quadro geral com diferencial residual, evitando fiações expostas no chão (elevar os cabos ou isolá-los adequadamente). Máquinas e equipamentos como betoneiras, guinchos, serras-circular devem possuir proteções nas partes móveis e nas lâminas, além de isolamento apropriado.

Toda a área da obra precisa estar sinalizada: placas indicando obrigatoriedade de EPI na entrada, avisos de “Área de Perigo – Proibida Entrada de Estranhos”, sinalização de rota de fuga e localização de extintores de incêndio, bem como demarcação de locais de armazenamento de materiais (evitando bloquear vias). Em especial, guiar os caminhões betoneira e gruas exige um sinaleiro treinado para evitar atropelamentos ou choques contra estruturas. Delimitar zonas de perigo durante içamentos (ninguém passar sob cargas suspensas).

- Treinamento e DDS: Todos os funcionários devem passar por Integração de Segurança ao iniciar na obra, recebendo instruções das normas internas, riscos existentes e medidas de prevenção. Diariamente ou semanalmente, é recomendável realizar Diálogos Diários de Segurança (DDS) ou reuniões de segurança, breves, abordando temas relevantes (uso correto de EPI, cuidado ao manusear formas, prevenção de queda de altura, etc.). Isso reforça a cultura de segurança. Equipes terceirizadas e visitantes também devem ser orientados e seguir as mesmas regras.

- Condições sanitárias e bem-estar: Conforme a NR-18, o canteiro deve dispor de instalações sanitárias adequadas: banheiros limpos separados por sexo (quando aplicável), com vasos e mictórios suficientes, pias para higiene e chuveiros para banho ao fim do expediente, já que lidar com concreto exige limpeza corporal para saúde da pele. Deve haver local apropriado para refeições (refeitório ou alojamento) em

condições de higiene, água potável fresca à disposição (bebedouros). Também é necessária uma área de vivência abrigada para descanso, armários individuais para os trabalhadores guardarem seus pertences e roupas limpas/EPIs.

- PCMAT / PGR e CIPA: Em obras de maior porte (acima de 20 trabalhadores), a legislação exige a elaboração de um PCMAT (Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Construção) – atualmente substituído pelo PGR (Programa de Gerenciamento de Riscos) conforme nova redação da NR-18 – documento que identifica todos os riscos do canteiro e define as medidas de eliminação ou controle a serem adotadas. Esse programa deve estar disponível no canteiro e ser de conhecimento de todos, e inclui plantas baixas do canteiro, layout de instalações, cronograma de implementação de proteções, etc. Adicionalmente, caso o efetivo da obra assim obrigue, constituir a CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) ou designar representantes, que farão inspeções periódicas nas frentes de trabalho e auxiliarão na promoção da segurança.

- Emergências e primeiros socorros: Manter sempre disponível um kit de primeiros socorros abastecido, e pelo menos alguns trabalhadores treinados em atendimento básico a acidentes (estancar hemorragias, imobilizar fraturas, etc.) até a chegada de socorro médico. Deve-se ter telefone de emergência fixado (SAMU, bombeiros). Em caso de acidentes graves, a obra deve interromper atividades para investigação, e as autoridades competentes (Delegacia Regional do Trabalho, por exemplo) notificadas conforme legislação.

- Higiene e Meio Ambiente: Um canteiro limpo é também um canteiro mais seguro. Remover entulho e lixo periodicamente para locais adequados; providenciar caçambas para recolhimento de resíduos. Combater focos de poeira excessiva (umedecer vias de circulação se necessário). Dispor de recipientes para coleta seletiva se possível, pelo menos separando resíduos perigosos (tintas, solventes) para descarte correto segundo normas ambientais. Evitar acúmulo de água parada (questão de saúde, mosquitos). Proibir consumo de álcool ou drogas no canteiro, bem como coibir situações de assédio ou violência, mantendo um ambiente de trabalho saudável e colaborativo.

Em suma, a segurança do trabalho deve permear todas as etapas da execução, não sendo relegada. A observância estrita das NR's e a conscientização permanente dos trabalhadores previnem acidentes e garantem o andamento contínuo da obra sem interrupções por fatalidades ou interdições. Uma obra segura é um dever legal e ético, e no contexto de uma instituição pública (USP) isso é ainda mais enfatizado, servindo de exemplo de boas práticas de engenharia e respeito à vida.

13) CONTROLE, FISCALIZAÇÃO E REGISTROS

Para assegurar que todas as etapas acima sejam cumpridas conforme o previsto, o processo de controle e fiscalização da obra deve ser atuante e documentado. Isso inclui inspeções sistemáticas, aprovações formais antes de avanços críticos e registro de evidências de qualidade, em linha com exigências normativas e de órgãos públicos.

Uma diretriz fundamental é que nenhuma concretagem seja realizada sem prévia liberação das etapas preparatórias (armaduras, formas, embutidos) pelo responsável técnico. Antes de cada concretagem, o engenheiro fiscal da obra ou supervisor designado fará uma vistoria minuciosa na fôrma e armadura do elemento a ser concretado. Itens verificados normalmente incluem: dimensões da fôrma e seções conforme projeto, posicionado correto das armaduras (bitolas, espaçamentos, quantidade,

cobrimento), firmeza do escoramento, limpeza interna, presença de todos os inserts (mangueiras elétricas, reservas) no lugar correto, e adequação dos acessos para concretagem. Essa inspeção deve ser registrada em um Relatório de Liberação de Concretagem, assinado pelo fiscal/engenheiro e contra-assinado pelo responsável da execução, indicando a data, o elemento (ex: Laje 2º pavimento, trecho Eixo 1-4) e a autorização para lançar concreto. Qualquer não conformidade encontrada deve ser corrigida de imediato e uma nova inspeção realizada. Somente após a conformidade total é permitido prosseguir. Esse controle formal garante que a estrutura está sendo executada conforme o projeto e normas, e resguarda tanto o construtor quanto o contratante quanto a responsabilidades.

Durante a concretagem em si, a fiscalização também deve estar presente, acompanhando o procedimento (por exemplo, verificando se o adensamento está sendo bem feito, se não estão adicionando água indevidamente, se os corpos de prova estão sendo moldados). Após a concretagem, faz parte do controle de qualidade inspecionar o elemento desformado: o engenheiro deve examinar a peça pronta para identificar possíveis falhas (bicheiras, fissuras iniciais, desalinhamentos) e registrar em relatório, solicitando reparos caso necessários.

Outro aspecto importante é a documentação fotográfica de etapas relevantes. É recomendável fotografar as armaduras montadas antes do fechamento das fôrmas e concretagem – por exemplo, tirar fotos de cada bloco de fundação com suas estacas e ferragens montadas, de cada painel de laje com as armaduras distribuídas, etc. Em obras do setor público, essa prática muitas vezes é obrigatória, compondo um acervo que serve tanto para comprovação da execução conforme projeto quanto para referência futura em manutenção ou reformas (as fotos permitem “enxergar” a ferragem depois de concretado). As fotos devem ser datadas e identificadas, arquivadas junto com os relatórios de inspeção. Além das armaduras, fotos de outros detalhes – como embutimento de ferragens de reserva, colocação de insert para graute, posicionamento de sapatas de grua, etc. – também são úteis.

Manter um Diário de Obras é outra obrigação em contratos públicos e boa prática geral. Nele o engenheiro residente registra, dia a dia, os serviços executados, quantitativos aproximados, condições climáticas, número de trabalhadores, ocorrências relevantes e visitas de fiscalização. As inspeções de terceiros (por exemplo, uma visita do projetista estrutural ou do fiscal do contratante) e suas recomendações devem constar no diário. Qualquer alteração de projeto ou desvio executivo também deve ser registrado e aprovado via comunicação formal (RFI – Request for Information, ou memorando escrito) antes de ser implementado, evitando modificações não autorizadas.

Com relação aos ensaios tecnológicos, todos os resultados de slump tests, resistência de CPs, etc., devem ser compilados em planilhas e relatórios periódicos. No final da obra, gera-se um Relatório Final de Controle Tecnológico contendo os resultados de resistência do concreto de todos os lotes, rastreados por elemento/idade, comprovando que o fck foi atingido. Esse documento geralmente é exigido para a aceitação da estrutura pelo contratante.

Ao longo da execução, a comunicação entre a equipe de obra e os projetistas/fiscalização deve ser constante. Quaisquer dúvidas de interpretação de armaduras ou necessidades de solução de campo devem ser levadas ao projetista estrutural para orientação, nunca improvisadas. A construtora deve submeter, se requerido, planos de execução de etapas especiais para aprovação prévia – por exemplo, plano de montagem de formas de grandes vãos, plano de concretagem de volume elevado (com considerações sobre sequência e juntas), procedimento de protensão (se houvesse), etc.

Finalmente, antes da entrega da estrutura, recomenda-se uma vistoria geral junto com o projetista estrutural e o fiscal do contratante, avaliando a conformidade de toda a estrutura aparente e checando se não houve danos durante a construção. Aspectos como deformações dentro do esperado, ausência de fissuras anormais, posicionamento das armaduras de espera para etapas futuras (por exemplo, arranques para elementos ainda a serem construídos) devem ser verificados. Esse ato de recebimento da estrutura de concreto deve ser formalizado documentalmente.

Em síntese, o controle e fiscalização eficazes envolvem prevenir, registrar e corrigir. Prevenir, por meio de inspeções e planejamentos antecipados; registrar, através de documentos escritos e fotográficos cada etapa relevante; e corrigir, agindo sobre quaisquer desvios encontrados. Seguindo essas diretrizes, a execução da estrutura do Centro de Robótica da USP São Carlos atenderá aos mais altos padrões de qualidade e conformidade técnica, resultando em uma obra segura, durável e fiel ao projeto executivo aprovado. Cada etapa será respaldada por normas técnicas (ABNT) e evidências de controle, conferindo transparência e confiabilidade ao processo construtivo.