

PROCESSOS DE PRODUÇÃO, PROBLEMAS E DIFICULDADES ENCONTRADAS NA FABRICAÇÃO DE TUBOS E ADUELAS DE CONCRETO

Alírio Brasil Gimenez

8.1 INTRODUÇÃO

Tubos e aduelas de concreto são peças pré-fabricadas industrialmente com a utilização de formas metálicas especialmente projetadas para esta finalidade. São executadas por métodos mundialmente conhecidos através do processo vibratório, de compressão radial, ou de centrifugação.

Os progressos do setor conseguidos ultimamente possibilitam a fabricação de peças excelentes àqueles que dispõem de conhecimentos adequados. Nosso objetivo na publicação deste Manual consiste em fazer uma cuidadosa seleção das informações essenciais e transmiti-las em uma seqüência lógica que auxilie o atendimento às expectativas dos fabricantes.

Peças de qualidade visualmente apropriadas encontram-se por toda a parte, mas para serem potencialmente bem executadas, faz-se necessária a aplicação de determinadas técnicas básicas que garantirão a tranqüilidade na obtenção de resultados satisfatórios.

As Normas que regulamentam sua fabricação especificam todos os requisitos mínimos de desempenho e estabelecem vários ensaios em laboratório, evidenciando a necessidade da manutenção de rigorosos critérios técnicos.

8.2 PROCESSOS PARA FABRICAÇÃO DE TUBOS E ADUELAS DE CONCRETO

Existe atualmente no mercado mundial, diversos tipos de equipamentos destinados à fabricação de tubos e aduelas de concreto e fundamentalmente o que diferencia uns dos outros é a forma como se atinge o adensamento do concreto, principal componente na qualidade do produto final.

8.2.1 Processo Vibratório

O adensamento ocorre em função dos efeitos vibratórios introduzidos nas formas metálicas utilizadas na moldagem das peças, com o uso de vibradores eletro-mecânicos especialmente projetados para esta finalidade.

8.2.2 Processo de Compressão Radial

O concreto é lançado por roletes radialmente contra a forma e comprimido por êmbolos que ao girar realizam seu adensamento.



FIGURA 8.1 - Êmbolo simples e roletes para adensamento radial

8.2.3 Processo de Vibro-compressão

Neste processo a energia de vibração introduzida nas formas metálicas propicia o adensamento. No final da concretagem é aplicada uma força de compressão axial simultaneamente aos esforços vibratórios, com o objetivo de melhorar o desempenho do produto final.

8.2.4 Processo de Vibro-compressão Radial

Desenvolve-se o adensamento durante certo tempo por efeitos vibratórios e em outro momento por efeito de compressão radial, fazendo com que a peça em execução passe pelos dois processos para sua conclusão.

8.2.5 Processo de Centrifugação

O efeito de forças centrífugas que são introduzidas nas peças por rotação das formas metálicas propicia o adensamento necessário para execução da peça.

8.3 PRODUTOS

8.3.1 Tubos de Concreto

8.3.1.1 Tubos Vibrados

A compactação do concreto se dá através da utilização de vibradores convenientemente dispostos nas formas metálicas, numa tentativa de expulsar o ar incorporado no concreto, propiciando uma acomodação dos agregados miúdos e graúdos.

Esses vibradores normalmente são fabricados utilizando-se de sistema de massas excêntricas, que giram com alta rotação em torno de um eixo, introduzindo vibrações às peças as quais estão fixados, permitindo regulagens nas amplitudes de freqüência em função do diâmetro estabelecido.

O assunto vibração é complexo e requer estudo específico, não podendo ser empregado sem a adoção de critério técnico baseado em análise detalhada de posicionamento, quantidade e potência.

O posicionamento desses vibradores nas formas metálicas e o dimensionamento de suas quantidades e potência devem atender as características geométricas das peças a serem fabricadas, volume e centro de gravidade. Quando se faz a opção por vários vibradores em uma mesma forma, deve-se observar a posição relativa entre eles e seus respectivos sentidos de rotação para que seja evitada a interferência dos efeitos de um sobre o outro.

Deve-se sempre tomar os cuidados, em qualquer montagem industrial, para que a vibração seja aplicada apenas nas peças em que se deseja obter o adensamento do concreto, procurando evitar que sejam transferidas para partes do processo que não necessitem ou para as fundações ou terreno local, com diminuição da eficiência do adensamento. Isto pode ser evitado ou amenizado através da utilização de coxins de borracha, dispostos nos equipamentos, concentrando os efeitos da vibração apenas nas peças a serem concretadas.

Os vibradores podem ser individualizados e construídos com pequenas massas excêntricas, acionadas por motores elétricos e fixados em vários pontos localizados em uma mesma forma interna ou externamente. Podem ser construídos com a utilização de várias massas excêntricas fixadas em torno de um mesmo eixo acionado por um motor elétrico de alta rotação. Usualmente é fixado na forma interna, que deve ser projetada e dimensionada para essa situação de trabalho (vibrador central).

Na fabricação de tubos vibrados, devem ser observadas algumas recomendações de uso geral independentemente da disposição dos vibradores:

- Opção pelo sistema de vibração mais adequado levando-se em consideração as peças a serem concretadas, fixação do(s) vibrador(es) na forma interna ou externa e adoção de um ou mais vibradores.

- Estudo técnico para definição da localização do(s) vibrador(es) nas formas metálicas.
- Dimensionamento da potência dos motores elétricos de acionamento dos vibradores.
- Estudo do sentido de rotação dos motores elétricos em função do tipo de peça a ser concretada e da posição de fixação nas formas metálicas.

É importante salientar que a intensidade da energia de vibração a ser empregada em uma peça deve ser convenientemente estudada, pois pouca vibração prejudica o correto adensamento do concreto, assim como vibração em excesso induz o aparecimento de bolhas.



FIGURA 8.2 - Tubos fabricados por processo vibratório DN 1000 EA-3 por 2,50 m

8.3.1.2 Tubos prensados radialmente

Neste caso o adensamento do concreto se dá através da utilização de roletes fixados no êmbolo que gira em torno do eixo longitudinal do tubo. O movimento de rotação do êmbolo e roletes faz com que o concreto seja lançado e comprimido contra as paredes da forma externa do tubo e o adensamento se dá por efeito desta compressão radial.

É importante observar que nestes casos não há forma interna e o diâmetro interno do tubo é estabelecido pelos êmbolos que giram e que têm o diâmetro pretendido, iniciando sua fabricação sempre pelas bolsas que com a combinação desta rotação associada ao movimento de subida dos êmbolos, permite a concretagem do corpo.

Para que possamos seguir rigorosamente este critério, somente os tubos com encaixe tipo "macho e fêmea" é que podem ser enquadrados nesta definição, uma vez que no sistema tipo "ponta e bolsa" o corpo é adensado pelo efeito de compressão radial, e as bolsas com a utilização de vibradores, em função de suas características geométricas.

Normalmente a intensidade desta compressão radial (pressão) é determinada pela velocidade de subida do êmbolo, fator decisivo na qualidade do produto final.



FIGURA 8.3 - Vista frontal do êmbolo e roletes para fabricação de tubos DN 500

8.3.1.3 Tubos Centrifugados

Alguns equipamentos utilizam o recurso da força centrífuga para realizarem o adensamento do concreto através do movimento de rotação da forma metálica destinada à fabricação dos tubos.

Normalmente são equipamentos mais complexos e elaborados o que implica em preço de aquisição elevado, contribuindo desta forma para sua pouca utilização no mercado de tubos que apresenta várias alternativas de produção mais viáveis economicamente e com bons resultados técnicos. No entanto, para a execução de postes de concreto de seção circular fabricados na posição horizontal, justifica-se a utilização da centrifugação, em função de suas características geométricas, processo amplamente aplicado e conhecido mundialmente, inclusive no Brasil.

8.3.1.4 Tubos Vibro-comprimidos

O adensamento do concreto se dá pelo processo de vibração, da maneira descrita anteriormente e ao término da concretagem é introduzida uma força de compressão axial, através de prensa hidráulica, melhorando sua eficiência.

Muitas vezes os tubos vibrados são confundidos com os tubos vibro-comprimidos. O que determina essa diferenciação é a intensidade da força de compressão axial introduzida em cada situação.

Alguns equipamentos apresentam uma prensa hidráulica que apenas faz um acabamento na ponta dos tubos (alisamento), insuficiente para melhorar a eficiência da compactação ou adensamento do concreto, devendo nestes casos ser chamado apenas de tubos vibrados.

Os esforços de compressão axial devem ser dimensionados para garantirem o adensamento, com melhor desempenho do produto final.



FIGURA 8.4 - Tubo vibro-prensado DN 1500 PA-2 com junta elástica incorporada

8.3.1.5 Tubos Vibro-prensados Radialmente

Como já relatado anteriormente, são os tubos cuja bolsa é adensada por vibração e o corpo por compressão radial. Somente os tubos cujo encaixe é macho-fêmea podem ser fabricados integralmente pelo processo de compressão radial.

A Norma Brasileira ABNT NBR 8890 não menciona nenhum processo de fabricação, estabelece apenas todos os requisitos mínimos e métodos de ensaios importantes para a análise da qualidade do produto final no momento de sua aplicação.

8.3.2 Aduelas de Concreto

As Aduelas de concreto, também chamadas de galerias celulares, são peças de seção transversal retangular, com sistema de encaixe tipo macho-fêmea e são sempre fabricadas utilizando-se de sistemas vibratórios que transferem esta energia para as formas metálicas internas ou externas.

Podem ser fabricadas por equipamentos totalmente automatizados, com vibradores dispostos nas formas internas, tendo inúmeras possibilidades de regulagens e combinações de amplitudes de frequências. São equipamentos de maior valor de aquisição, que necessitam de pouca mão de obra e apresentam uma boa eficiência no adensamento do concreto, trazendo qualidade ao produto final acabado.

O processo mais comum encontrado no Brasil, pela simplicidade e menor valor de aquisição, quando comparado com os outros processos, é a fabricação das aduelas utilizando-se conjuntos vibratórios, onde normalmente os vibradores são fixados nas formas externas, em quantidade e localização convenientemente estudada.

Normalmente as formas metálicas são moduladas, possibilitando a fabricação das peças com várias dimensões internas e diversas espessuras de parede.

Por se tratar de peças maiores, é importante observar a necessidade de equipamento compatível em capacidade de carga para o manuseio destas peças dentro da fábrica, implicando também em estudo logístico para o transporte até as obras.

O desenvolvimento da industrialização destas peças trouxe qualidade e agilidade na execução das obras de canalização de córregos, que antes eram feitas em sua grande maioria moldadas "in loco", exigindo cuidados especiais com escoramentos, desvios dos cursos d'água (corta-rios) e concretagem.



Em 2006 foi criada uma Norma ABNT NBR 15.396, que passou a regulamentar a fabricação destas peças, trazendo maior segurança ao mercado consumidor.

FIGURA 8.5 - Galerias celulares de 3,00 x 1,50 metros

8.4 PROBLEMAS E DIFICULDADES ENCONTRADOS NA FABRICAÇÃO

Obter tubos e aduelas pré-fabricados em concreto atendendo aos requisitos mínimos e métodos de ensaios estipulados pelas Normas da ABNT, não se trata de atividade simples como possa inicialmente parecer aos diversos consumidores destes produtos, sendo fator determinante a aplicação de inúmeras medidas durante o processo de produção, cura, armazenagem e transporte. A experiência permite a listagem de algumas como as mais importantes:

- Aquisição de equipamentos de produção compatíveis com a produtividade e qualidade almejada.
- Estabelecimento de um programa de manutenção preventiva e ajustes mecânicos constantes nos equipamentos.
- Implantação para a fábrica de um layout adequado às necessidades dos processos de fabricação.
- Execução de piso industrial nivelado isento de irregularidades, nos locais destinados à fabricação e cura dos produtos acabados, preferencialmente em áreas cobertas e fechadas, protegidas do sol, da chuva e do vento.

- Escolha adequada da matéria prima utilizando-se de análise laboratorial.
- Definição de traços para o concreto, levando-se em consideração dimensões, classe de resistência mecânica e processo de fabricação.
- Toda fábrica deve ter laboratório próprio, com responsável técnico pelo controle de qualidade e responsável pela avaliação diária de todas as etapas dos processos em produção e possíveis correções de falhas pontuais.
- Estabelecimento de programa de ensaios internos para avaliação dos requisitos mínimos de qualidade estipulados pelas Normas Técnicas.

8.4.1 Problemas usuais

Existem alguns problemas que são frequentemente constatados nos diversos processos de fabricação de Aduelas e Tubos de concreto, por esse motivo o próximo passo consiste em uma análise de abordagem seguida da respectiva sugestão para seu controle.

Algumas das soluções não dependem de desembolsos e sim de atenção e cuidados especiais com etapas do processo de fabricação sendo facilmente contornáveis no dia-a-dia.

8.4.1.1 Deformações iniciais (Ovalizações)

Nos tubos de concreto, um problema muito freqüente é a ovalização da ponta, que muitas vezes atinge valores acima dos permitidos por Norma. A utilização de anéis de segurança, fabricados em fibra de vidro ou chapa de aço, colocados interna e externamente na ponta do tubo logo após sua concretagem, durante o processo de início de pega, diminui os efeitos das deformações iniciais do concreto.

Caso não sejam previamente prevenidas, estas deformações provocam efeitos bastante prejudiciais principalmente nos tubos com junta elástica, destinados à captação de esgoto sanitário, que não permitem a contaminação do solo em função da agressividade do material conduzido, exigindo a utilização de anéis de borracha entre a ponta e a bolsa, para garantia da estanqueidade do sistema.

Uma providência importante é a verificação periódica nas formas metálicas para garantia da geometria projetada.

O controle do fator água/cimento é de fundamental importância para reduzir os efeitos de ovalização e observa-se que normalmente existe uma tendência de utilização de mais água que o necessário. Existe uma idéia pré-concebida que o aumento da quantidade de água facilita a concretagem das peças, o que é bastante problemático, pois acarreta uma considerável perda de resistência mecânica e aumenta os problemas de deformação e ovalização.

8.4.1.2 Formação de Bolhas

O excesso de formação de bolhas, fenômeno mais observado nos tubos vibrados, pode ocasionar problemas em qualquer peça de concreto, tanto na diminuição da aderência entre armadura e o concreto (risco de ordem estrutural), como na garantia da estanqueidade das peças.

A durabilidade dos tubos e aduelas de concreto armado está relacionada com um ensaio previsto pelas Normas da ABNT, chamado "ensaio de absorção de água", altamente prejudicado com a formação de bolhas, uma vez que o concreto fica com maior porosidade e conseqüentemente absorve mais água quando submetido ao ensaio. Ao absorver mais água, a possibilidade de ataque às armaduras é potencializada, o que diminui consideravelmente o tempo de vida útil das tubulações.

Para evitar esta situação apresentada, algumas medidas simples devem ser observadas antes da fabricação:

- Adoção de dosagens de traços para o concreto compatível com as dimensões das peças a serem produzidas, principalmente levando-se em consideração as espessuras da parede e taxas de aço.

- Dependendo da necessidade apresentada, torna-se importante a utilização de aditivos para o concreto, melhorando sua trabalhabilidade e plasticidade com resultado imediato no desempenho satisfatório do adensamento.

- A regulação inadequada dos vibradores, como exposto anteriormente, contribuirá para a formação de bolhas, que podem aparecer do lado interno ou externo das tubulações.

8.4.1.3 Fissuras Longitudinais e Transversais

As fissuras nas tubulações devem ser estudadas convenientemente, por meio de análise e diagnóstico de seu aparecimento, possibilitando que se adotem medidas que as evitem. Elas são extremamente prejudiciais ao desempenho dos pré-moldados e diversas são as causas de sua ocorrência. Dentre elas destacamos:

- A importância da dosagem correta do traço para cada situação de produção.

- A adoção de um processo adequado de cura, empregada após a concretagem (atendida essa recomendação à perda de parte da água contida nos traços é lenta inibindo o aparecimento de fissuras).

- Constatamos uma incidência maior de fissura nos tubos armados, em função da armadura e do processo de fabricação adotado. Nos tubos fabricados pelo processo de compressão radial, quando o equipamento tem apenas um êmbolo, são introduzidos esforços de torção nas peças imediatamente transferidos para as armações, que devem ser devidamente dimensionadas e produzidas para absorver estes esforços. Quando estes cuidados com as armações não são tomados, ao término da concretagem e liberação da forma, pode ocorrer uma movimentação do corpo do tubo, que tende a retornar à posição inicial das armaduras, torcidas pelos efeitos da rotação do êmbolo. A solução indicada é a escolha de um equipamento de produção que tenha dois êmbolos para a compressão radial do concreto, devendo girar em sentidos de rotação contrários, anulando os efeitos de torção sobre as armaduras. Deve-se observar que na produção dos tubos para captação de águas pluviais, usualmente fornecidos com comprimento de 1,50 metros, os efeitos de torção sobre as armaduras são atenuados se estas forem dimensionadas corretamente para absorção destes efeitos. Dessa forma, equipamentos com um único êmbolo podem ser utilizados, com resultados razoáveis de qualidade. Nos tubos com junta elástica para condução de esgoto sanitário, que não podem ter comprimento menor que 2,00 metros, fica inviabilizada tecnicamente sua produção com equipamentos de um só êmbolo.

- Nos tubos vibrados, quando não houver uma preocupação especial com o número de fios verticais e o espaçamento entre eles for relativamente grande, no momento da concretagem pode ocorrer o chamado efeito mola, fazendo com que a armação seja comprimida para baixo pelo concreto e ao liberar as formas, aparecem esforços que procuram retornar as armaduras na posição inicial, ocasionando fissuras transversais. O número de fios verticais e respectivas bitolas devem ser estudados para a eliminação destes efeitos indesejáveis.

- Existe também o aparecimento de fissuras em função da falta de qualidade do piso de estocagem dos produtos recém concretados, que devem ficar rigorosamente nivelados durante o processo de cura.

- O tempo mínimo de cura deve ser respeitado para a movimentação, armazenamento e transporte das peças.

8.4.1.4 Armaduras Expostas

Como em qualquer outra peça de concreto armado é importante a garantia dos recobrimentos mínimos de todas as armaduras, devendo sua confecção seguir um projeto geométrico bem definido e compatível com a peça a ser executada, com a escolha de espaçadores ou distanciadores que fixem as armaduras nas posições projetadas.

Estas recomendações são importantes para a manutenção de um programa que garanta maior durabilidade e tempo de vida útil das peças, principalmente nas situações de grande agressividade do meio.

Os espaçadores devem ser colocados nas peças em posição e quantidade adequada, pois, quando em excesso tornam-se prejudiciais, facilitando a percolação de líquido com ataque danoso às armaduras e dificultando a realização do ensaio de permeabilidade.

8.4.1.5 Resultados Negativos no Ensaio de Absorção de Água

O ensaio de absorção de água nos tubos e aduelas de concreto tem a finalidade de controlar a durabilidade ou tempo de vida útil destas peças, que fazem parte das obras de infra-estrutura, estabelecendo situações compatíveis com as demais obras do mesmo empreendimento.

O conceito de durabilidade é de fácil entendimento, mas de difícil mensuração, sendo avaliado tecnicamente através dos resultados obtidos na realização do ensaio de absorção de água previsto em norma.

Quando os resultados obtidos nos ensaios não são satisfatórios as causas mais comuns devem estar entre as relacionadas a seguir:

- Dosagem inadequada dos traços empregados, possivelmente com um consumo de cimento pequeno, insuficiente para o completo envolvimento de todas as partículas e fechamento dos vazios ou com distribuição incorreta entre os agregados graúdos e miúdos (excessos de finos ou de graúdos aumentam muito a absorção de água pelo concreto, com comprometimento da resistência mecânica).

- Pode ocorrer ainda a situação de um concreto bem dosado, com consumo de cimento e distribuição dos agregados convenientemente ajustados e mesmo assim detectarmos problemas em função da falta de qualidade e eficiência do equipamento de produção utilizado. É evidente que o equipamento destinado à produção deve estar bem ajustado, em perfeitas condições de funcionamento, inclusive com as formas utilizadas para as moldagens em bom estado de conservação.

Mais uma vez ficam evidenciados a dependência por equipamentos adequados, devidamente ajustados aos produtos a serem fabricados, de traços elaborados corretamente, utilização de matéria prima de qualidade comprovada bem como todos os cuidados necessários para execução dos produtos, inclusive no treinamento da equipe de trabalho, com técnicos acompanhando permanentemente o processo de fabricação, principalmente no controle do fator água/cimento, que deve sempre estar entre 0,40 a 0,50, importantíssimo na obtenção de bons resultados nos ensaios de compressão diametral e absorção de água.

8.4.1.6 Resultados Negativos nos Ensaios de Compressão Diametral nos Tubos de Concreto Simples e Armados

Além de todos os fatores citados anteriormente, deve-se salientar a importância do correto dimensionamento e posicionamento das armaduras no momento da concretagem. Estas não devem sair da posição inicialmente prevista em projeto, pois temos paredes esbeltas e qualquer fuga da posição correta trará grandes variações de resultados.

No caso dos tubos armados, este ensaio prevê a verificação de dois resultados importantes: as cargas de fissura e de ruptura. As cargas de fissura dependem fundamentalmente de uma boa matriz, ou seja, de um bom concreto, com dosagens e consumos de cimento adequado e compatível com as classes de resistências envolvidas. Já as cargas de ruptura, dependem das armaduras envolvidas que devem ter dimensionamento adequado, distribuição e posicionamento correto nas peças a serem executadas.

A resistência mecânica é verificada através dos ensaios de compressão diametral, também chamado de ensaio dos três cutelos. Ao observarmos os diagramas de esforços solicitantes de qualquer tubo de concreto, quando submetido ao ensaio dos três cutelos, podemos verificar que os momentos fletores apresentam valores maiores nas paredes internas que nas externas. Isto implica em alguns cuidados, tais como a adoção de armaduras maiores do lado interno que do externo, nos casos de armadura dupla, ou, nos casos de armadura simples, posicioná-las mais próxima da face interna, como já detalhado no capítulo de dimensionamento estrutural.

Por se tratar de paredes relativamente pequenas, qualquer deslocamento das armaduras no momento da concretagem propicia que estas fiquem muito próximas da linha neutra, prejudicando a obtenção de resultados que atendam aos valores mínimos estipulados em norma. Todo fabricante deve buscar soluções próprias para a manutenção das armaduras nos lugares previstos em projeto, pois qualquer variação muda os resultados consideravelmente.



FIGURA 8.6 - Prensa hidráulica para ensaio de compressão diametral em tubos

8.5. CONCLUSÃO

Em virtude da imensa possibilidade de diferentes problemas inerentes ao sistema, caso não sejam convenientemente monitorados, sugerimos que as soluções propostas sejam observadas e seguidas rigorosamente para impedir que se incorra em erros análogos no futuro. Muitos erros tem origem na falta de familiaridade com o equipamento, seus componentes e respectivos processos e alguns na displicência e falta de preparo do pessoal envolvido.

Cada gestor pode aumentar consideravelmente seu domínio sobre o processo como um todo, mediante a análise das variáveis apresentadas, buscando sempre a excelência.



FIGURA 8.7 - Dispositivo para ensaio de estanqueidade de junta e permeabilidade



FIGURA 8.8 - Usina de concreto com misturador planetário de eixo vertical

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Tubo de Concreto, de seção circular, para águas pluviais e esgotos sanitários – Requisitos e métodos de ensaio.** NBR 8890 – 2007, ABNT, Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Aduelas (galerias celulares) de concreto armado pré-fabricadas – Requisitos e métodos de ensaios.** NBR 15396 – 2006, ABNT, Rio de Janeiro.

