

Indicadores de qualidade para estruturas de concreto

Sasquia Hizuru Obata

Mestre em Engenharia Civil – Escola Politécnica da USP;
Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo – Mackenzie;
Professora da Faculdade de Engenharia – FAAP,
São Paulo – SP [Brasil]
shizuru@faap.br
saquia@terra.com.br

Um mercado consumidor cada vez mais exigente, associado à intensificação da competição por obras, tem induzido crescente busca pela qualidade na construção. As estruturas de concreto ocupam papel de destaque na construção de edifícios, tanto técnica quanto economicamente. A prescrição de qualidade dos produtos moldados de concreto advém da normalização que, muitas vezes, aborda os problemas relativos à concepção estrutural, mas não envolve dificuldades de produção da estrutura. Neste trabalho, discute-se um diagnóstico da qualidade das estruturas moldadas pelo estudo de oito obras de edifícios brasileiros, a partir de indicadores desenvolvidos com base na normalização internacional e na opinião dos gestores do processo de produção. Serão apresentados os resultados obtidos e também uma comparação de tais resultados com as exigências normativas. De modo geral, obteve-se o atendimento dos indicadores de qualidade propostos com as prescrições das normas de 75,58% para o pavimento, sendo 72,11% para vigas e lajes e 87,50% para pilares, indicando que nossas estruturas não estão distantes de um bom patamar de atendimento às prescrições normalizadas.

Palavras-chave: Estruturas de concreto.
Indicadores. Qualidade. Tolerâncias dimensionais.



1 Introdução

Durante a década de 1980 e início de 1990, a construção civil esteve imersa em um ambiente de instabilidade política e econômica, em que a prática era de autofinanciamento, uso de materiais de baixa qualidade, redução de gastos com mão-de-obra por meio de políticas recessivas, como a compressão salarial, ausência de vínculo empregatício, baixa segurança e ausência de benefícios (FARAH, 1993).

Atualmente, o ambiente estável e globalizado traduz-se, de fato, em um mercado mais exigente, no qual os sistemas de certificações da qualidade tornaram-se ferramentas de competitividade, assim como uma série de ações, tais como aumento da produtividade, implantação de inovações tecnológicas, redução de desperdícios e racionalizações nos processos produtivos.

No caso do subsistema das estruturas de concreto armado, uma série de avanços tecnológicos pode ser caracterizada pelos seguintes pontos:

- Novas características dos insumos, tais como uso de concreto dosado em central ou usinado, aço pré-dobrado e pronto para a armação das peças, utilização de formas pré-fabricadas ou alugadas para montagem em obra, transformando-se em equipamento, e não mais em um simples insumo, e uso de espaçadores plásticos em lugar das pastilhas de argamassa moldadas em obra.
- Advento do concreto de alto desempenho, que, de modo incisivo, agregou às estruturas os conceitos de durabilidade e resistências elevadas.
- Aumento e uso mais intenso de metodologias precisas de cálculo, com a utilização de meios computacionais.
- Revisão e aprovação da norma NBR6118/78, Projeto e Execução de Obras de Concreto

Armado e já em vigor, “Projeto de Estruturas de Concreto – NBR6118/2003”.

- Projeto de norma sobre “Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento”, que substituirá parte da NBR6118/78, quando aprovada.

Tais mudanças de evolução tecnológica e de foco na qualidade, vistas não só nesse ramo, mas no próprio mercado da construção civil, levam à constante busca pela qualidade por meio de certificações e/ou implantação de inovações tecnológicas e racionalização nos processos produtivos.

No entanto, apesar dos avanços iniciados nos anos 90 com a aprovação do Código de Defesa do Consumidor, da criação do PBQP – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade e de as ações para a qualidade serem aplicadas de modo intenso e focarem o processo produtivo ou a empresa como um todo, como as certificações ISO 9000, restam ainda alguns questionamentos da inter-relação entre qualidade e atendimento a especificações e tolerâncias dimensionais.

Em face desse viés, tomaram-se como foco para estudos de dissertação as estruturas de concreto armado, por serem um dos subsistemas mais importantes tanto pelo aspecto técnico e econômico de uma obra quanto pela incipiência, no Brasil, das especificações de indicadores de qualidade na execução das estruturas de concreto.

Para o estudo da relação entre qualidade dos produtos e processo produtivo das estruturas de concreto, foi desenvolvido um projeto de estudo com sete empresas do Estado de São Paulo, de 1998 a 2000, com o intuito de estruturar procedimentos de coletas e análises de dados e aplicá-los em obra de uma empresa não-participante desse projeto, gerando um banco de dados sobre indicadores dimensionais das estruturas de concreto armado convencional.

Dessa forma, neste artigo, serão apresentados os conceitos sobre qualidade dos produtos moldados, descrição dos casos estudados, além da discussão dos resultados obtidos.

2 Qualidade dos produtos moldados

O conceito de qualidade dos produtos moldados pode tomar sentidos amplos e relacionar-se de formas diversas, por exemplo, aos materiais de construção que exercem forte incidência no resultado final dos componentes e elementos edificados, bem como às próprias falhas e características das estruturas de concreto.

Segundo o Comitê 117, em 1990, do American Concrete Institute-ACI117R-90, as falhas e características das estruturas de concreto podem relacionar-se com requisitos de funcionamento, resistência estrutural, estética, impacto no custo, desempenho do conjunto e dependência com outros elementos estruturais, técnicas construtivas, condições de trabalho, qualidade dos materiais e componentes utilizados, compatibilidade entre projetos, coerência entre tolerâncias e medições, atendimento às dimensões e tolerâncias e outros.

Apesar de o conceito de qualidade poder relacionar-se a uma série de indicadores, para o estudo proposto, a qualidade do produto moldado se associa ao atendimento das dimensões, geometrias projetadas e ausência de falhas superficiais.

Cabe, assim, salientar que se utilizaram como referência as características citadas nas normalizações nacionais e estrangeiras, indicadas neste trabalho, mas a metodologia de coleta e a análise dos resultados foram desenvolvidas especificamente para este estudo. Tal procedimento foi tomado porque a maioria das normas cita apenas as tolerâncias e características a serem atendidas,

não especificando a metodologia e o plano de amostragem.

Excetuam-se dessa condição a planicidade e o nivelamento de pisos que possuem ensaio e metodologia especificados pelos indicadores de nivelamento FL (ACI302-1R,1989), de planicidade FF (ACI302.1R,1989), e correspondentes ao indicado pela ASTM E 1155-96 e para ondulação o indicador WI (ASTM E 1486, 1994), que surgiram principalmente em face das exigências das indústrias e estúdios de cinema para uso de equipamentos robotizados e automatizados de alta precisão, levando ao estabelecimento da garantia dos pisos planos e nivelados.

Para o estudo aqui apresentado, as características avaliadas dos produtos moldados em concreto foram:

- Lajes: nivelamento, coplanaridade (planicidade), espessura, variação da face inferior e defeitos superficiais;
- Vigas: largura, alinhamento e defeitos superficiais;
- Pilares: seção transversal, prumo e defeitos superficiais.

2.1 Metodologia de coleta utilizada

A estrutura adotada para este trabalho teve por objetivo a busca da qualidade do produto em relação às tolerâncias; assim, a aplicação de metodologias, já existentes e normalizadas, de indicadores não se configurou como metodologia adotada no desenvolvimento desta pesquisa, pelos seguintes motivos:

- As tolerâncias traduzem a conformidade e o atendimento às especificações de projeto, foco que não pode ser aplicado de modo referenciado em padronizações, uma vez que não foram constatadas especificações nos



projetos analisados. Tal panorama indica, possivelmente, que esse critério é utilizado de modo incipiente no Brasil.

- Os objetivos a serem atingidos com os indicadores coletados se referem às características definidas pelo grupo de estudo envolvido (incluindo a conveniência, facilidade de coleta pelas próprias construtoras), não sendo, portanto, viabilizados os testes normalizados.
- Cabe reforçar a própria necessidade de agilidade e a praticidade na coleta dos indicadores.

Porém, mesmo perante essas justificativas, procurou-se, em todos os indicadores, não o rigor, mas a possibilidade de verificação da qualidade do produto, considerando-se os processos construtivos, disponibilidade e andamento da obra e recursos de grande aplicabilidade. Pode-se ainda citar que, em muitos indicadores, há correlações às referidas normas, uma vez que muitos procedimentos já se caracterizam como prática comum.

A metodologia de coleta e a análise dos indicadores adotados são descritos a seguir, de modo resumido:

- Coplanaridade das lajes: mensuradas pelo máximo afastamento entre uma régua de alumínio de 2 m e a superfície da laje, onde a régua se apoiava diagonalmente. A amostra correspondente a 1/8 dos panos de lajes com no máximo 4 m x 4 m;
- Nivelamento das lajes: levantados em 14 pontos do pavimento, sendo sempre dois pontos por laje, um disposto no centro do vão e outro próximo ao pilar. O resultado da variação do nível é dado pela diferença entre o valor coletado e o projetado;
- Espessuras das lajes: verificadas em perfurações realizadas com furadeira, nos mesmos pontos em que se realizou o levantamento dos níveis. A análise é realizada por meio do

valor da variação entre espessura coletada e projetada;

- Face inferior das lajes: constata-se a variação do nível desta face, utilizando-se um indicador calculado pelo nível e espessura executados e projetados;
- Largura das vigas: realizada pela facilidade da coleta para as vigas internas e, no mínimo, cinco unidades escolhidas proporcionalmente ao comprimento das vigas do pavimento. Para cada amostra/viga, coleta-se a largura a cada $\frac{1}{4}$ do vão. Dos dados coletados, calcula-se a variação da largura em relação ao projeto, variação ao longo do comprimento e amplitude da variação;
- Alinhamento das vigas: pela facilidade durante a coleta, realizado somente para as vigas de bordas/externas e no mínimo com cinco unidades. A medição se dá a cada $\frac{1}{4}$ do vão, e o valor do afastamento entre a borda da viga e uma linha de referência, distanciada 50 cm das extremidades do vão. A partir desses dados, calculam-se a variação em porcentagem da largura, a máxima variação, a mínima variação e a variação em relação ao comprimento;
- Seção dos pilares: coleta das faces dos pilares a 1,80, 1,50 e 0,30 m a partir do piso, em uma amostra correspondente a 1/5 dos pilares do pavimento e, no mínimo, em cinco pilares. Determina-se, então, a área do pilar em cada nível e o seu valor médio. O indicador é dado pela porcentagem de variação entre o valor médio da seção e a seção projetada;
- Prumo dos pilares: sobre a mesma amostra de seção de pilares, são coletados os valores dos prumos locais em todas as faces dos pilares, a 1,80, 1,50 e 0,30 m, a partir do piso. O valor analisado é dado pelo maior desaprumo local;
- Qualidade da superfície desmoldada: o indicador é representado pela porcentagem resul-

tante entre a área de defeitos e a da superfície da peça.

Definidas as características relevantes às estruturas de concreto e à metodologia correspondente, apresentam-se, a seguir, as especificações de tolerâncias dimensionais citadas em normalizações e bibliografias, correlacionadas aos indicadores adotados.

2.2 Especificações e tolerâncias correlacionadas aos indicadores adotados

As especificações e tolerâncias são indicadores-limite de qualidade dos produtos, correspondendo a dois tipos:

- Tolerâncias de projeto: as variações utilizadas em projeto para verificações e dimensionamentos das estruturas em estados-limite últimos, que não serão verificadas neste trabalho, em razão de o escopo não prever análise dos procedimentos de cálculo;
- Tolerâncias de obra: especificadas pelos projetistas, correspondem à variação permitida em obra com relação ao padrão determinado, sempre com valores inferiores às tolerâncias de projeto que se entendem como precisão possível em face das condições produtivas.

Neste trabalho, as especificações e tolerâncias correspondentes à regularidade geométrica das peças foram verificadas por parâmetros qualitativos e quantitativos, de acordo com o tipo de peça, após a moldagem e a partir da desforma e manutenção das escoras residuais.

Portanto, não constitui controle geométrico geral ou total da estrutura, ou seja, desenvolvido ao longo da execução e uso da estrutura, e sim depois da moldagem e antes da execução de atividades de vedação e acabamento.

A avaliação de regularidade geométrica das peças consiste na verificação das dimensões externas das peças moldadas, após a desforma; dessa maneira, o cobrimento das armaduras não foi tratado, apesar de sua grande importância do ponto de vista de segurança estrutural e durabilidade.

Nesse escopo, as tolerâncias e especificações estudadas foram as seguintes:

Coplanaridade das lajes

- Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo S/A – IPT (1982);
- Internacional Council for Research and Innovation in Building and Construction – CIB-W29;
- American Concrete Institute – ACI 117R (1990).

Nivelamento das lajes

- IPT (1982);
- ACI 301 (1990);
- Souza e Merbekian (1996);
- ACI 117 R (1990).

Espessuras das lajes

- Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR6118/78;
- IPT (1982);
- ACI 301 (1990);
- Souza e Merbekian (1996);
- ACI 117 R (1990).

Face inferior das lajes

Não se constataram normalizações ou especificações correspondentes.

Largura das vigas

- NBR6118/78;
- IPT (1982);
- ACI 301 (1990);
- Souza e Merbekian (1996);



- ACI117 R (1990).

Alinhamento das vigas

- Souza e Merbekian (1996);
- IPT (1982).

Seção dos pilares

- NBR6118/78;
- IPT (1982);
- Souza e Merbekian (1996);
- ACI 117R (1990).

Prumo dos pilares

- NBR6118/78;
- NBR6118/2000;
- Souza e Merbekian (1996);
- ACI 301 (1990).

Qualidade da superfície desmoldada

- Não se constataram normalizações ou especificações correspondentes.

3 Estudos de caso e resultados obtidos

Os estudos foram realizados em obras convencionais de concreto armado no Estado de São Paulo: edifícios de múltiplos pavimentos, de uso residencial ou comercial, que utilizam concreto dosado em central. Tais obras se apresentam caracterizadas na Tabela 1.

Quanto aos resultados de qualidade dos produtos moldados, apresentam-se a seguir somente os valores máximos e mínimos dos indicadores de todas as obras estudadas.

- Coplanaridade 16 e 4,1 mm, verificando-se ainda que não há forte relação com o tipo de acabamento adotado;
- Nivelamento de lajes entre 10 e 0,4 mm;

Tabela 1: Características das obras estudadas.

Obra	Área do pav. tipo (m ²)	Tipologia estrutural do piso
1	480,00	Vigada
2	400,00	Vigada
3	241,70	Vigada
4	240,00	laje plana (com vigas de borda)
5	325,53	laje plana
6	418,00	vigada
7	404,30	vigada
8	*	laje plana (com vigas de borda)

(*) dados não obtidos, em razão de o acesso ter sido somente por croqui esquemático da estrutura; essa empresa não fez parte do grupo de empresas do projeto
Fonte: Os autores.

- Variação de espessura de lajes entre 11 e 4,0 mm, sem detecção de forte relacionamento com o tipo de forma utilizada;
- Face inferior das lajes entre 38 e 3,0 mm, sem que se tenha verificado forte relacionamento com o tipo de forma utilizada;
- Variação porcentual da largura das vigas: 22,5% a 3,33%;
- Máxima variação da largura das vigas: 9 mm a 2 mm;
- Variação da largura da viga em relação ao comprimento: 0,24 mm/m a 0,20 mm/m;
- Variação porcentual do alinhamento das vigas: entre 8,33% e 3,33%;
- Maior desalinhamento das vigas: 3,5 mm a 0,80 mm;
- Menor desalinhamento das vigas: 0,70 mm a 0,00 mm;
- Desalinhamento em relação ao comprimento: 0,70 mm/m a 0,10 mm/m;
- Variação de seção de pilares entre 3,8% e 0,2%;
- Variação dos prumos: 15 mm a 5,0 mm;
- Qualidade da superfície desmoldada dos pilares: 14,06 % a 2,73 %;

- Qualidade da superfície desmoldada das vigas: 17,60 % a 0,20 %;
- Qualidade da superfície desmoldada das lajes: 062% a 0,30%.

Para os resultados apresentados na Tabela 2, relativos ao atendimento das tolerâncias prescritas, realizou-se uma série de estudos que se encontram na dissertação de mestrado desenvolvida por esta autora (OBATA, 2000), como análise de correspondência entre dados e metodologia de coleta em relação às normalizadas e citadas, o levantamento do atendimento ou não para cada característica geométrica das peças estudadas, os resultados em porcentagens por característica geométrica das peças e por subgrupo de pavimento, vigas mais lajes e pilares, bem como a obtenção do indicador geral de atendimento por subgrupo (pavimento, vigas mais lajes e pilares) e a classificação por melhores resultados.

Quanto ao critério para obtenção do indicador geral de atendimento e à correspondente classificação, utilizou-se o seguinte procedimento:

- Os dados de cada característica geométrica estudada corresponderam às tolerâncias prescritas, atribuindo-se ao atendimento a letra “S”, e ao não-atendimento, a letra “N”;
- Efetuadas as atribuições (S ou N) de atendimento, para cada dado de característica geométrica, foram obtidas frações de atendimento em que o numerador é a quantidade total de “Ss”, ou seja, o número de tolerância prescrita atendida e o denominador, a quantidade total de prescrições estudadas;
- A partir das frações de atendimento, determinou-se a porcentagem correspondente, isto é, a divisão do numerador pelo denominador multiplicado por 100, resultando no levanta-

tamento da porcentagem mediana, máxima, mínima e média de atendimento por característica geométrica;

Para o cálculo do indicador geral de atendimento, tanto por pavimento quanto para vigas mais lajes e pilares, aplicou-se a razão entre o somatório das medianas das porcentagens de atendimento pela quantidade total de características do subgrupo.

A Tabela 2 reúne os indicadores de atendimento por subgrupo de pavimento, viga mais lajes e pilares.

Tabela 2: Indicadores de atendimento por subgrupo estrutural

Obra	Indicador geral de atendimento (%)		
	pavimento	vigas + lajes	pilares
73	55,17	59,58	37,50
101	69,40	62,17	87,50
115	69,45	60,42	87,50
28	73,89	73,89	-
45	75,28	70,33	100,00
X	85,42	83,34	87,50
120	88,33	88,29	87,50
62	88,33	80,56	100,00
Mediana	74,58	72,11	87,50

Fonte: Os autores.

4 Análise dos resultados

Conforme se percebe na Tabela 2, não se obteve deficiência acentuada no atendimento às tolerâncias anteriormente citadas, sendo o grau mediano de atendimento de aproximadamente 75%, dado que o atendimento foi de 75,58% para o pavimento, 72,11% para vigas mais lajes e 87,50% para pilares.

Portanto, tais resultados indicam que nossas estruturas não estão distantes de um bom patamar de atendimento às prescrições normalizadas e referências de especificações.



5 Considerações finais

Procurou-se, por meio deste estudo, levantar dados capazes de, inicialmente, traçar um painel da prática existente. Em segundo plano, propôs-se maior divulgação do uso de indicadores e a necessidade de atender aos padrões, porém sem padronizações. Além disso, buscou-se viabilizar melhorias e verificar a gestão dos processos construtivos, o que poderia ser descrito como a busca para estabelecer valores de tolerância numa visão de sistema de qualidade, que inclui definição, especificação, controles e critérios de aplicação.

Quality indicators for concrete structures

In this article, it is discussed a diagnosis of the quality of the molded concrete structures, through the study of eight sites of Brazilian buildings, starting from developed indicators based on the international normalization and on the managers opinions of the production process. The obtained results were presented and it was made a comparison between these results and the normative parameter. In general, it was obtained the service of the quality indicators proposed with the prescriptions of the norms of 75,58% for the pavement, being 72,11% for beams plus flagstones and 87,50% for pillars, indicating that our structures are not distant of a good service landing to the normalized prescriptions.

Key words: Concrete structures. Dimensional tolerances. Indicators. Quality.

Referências

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. *Standard Specifications for tolerances concrete construction and materials*. ACI 117R-90, 1990.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *Standard test method for determining Floor Flatness and Floor Levelness Numbers*. ASTM E 1155-96, Detroit, 1996.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *Standard test method for determining floor tolerances using waviness, wheel path and levelness criteria [m]*. ASTM E 1486M-94. Detroit, 1994.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. *Manual of concrete practice – ACI 301*. Detroit, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6118. Projeto e execução de obras de concreto armado*. Rio de Janeiro: ABNT, 1978.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto*. Rio de Janeiro: ABNT, 2003
- FARAH, M. F. S. Estratégias empresariais e mudanças no processo de trabalho na construção habitacional no Brasil. In: *Avanços em tecnologia e gestão da produção de edifícios*. São Paulo: Entac, v. 2, p. 581-590, 1993.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO S/A. - IPT. *PROCONTROL – DEZ/82 – Especificação para edificações habitacionais – estruturas de concreto armado moldado no local*. São Paulo, 1982.
- INTERNACIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION. *Classes of formed surfaces*. Reported by CIB committee W29.
- OBATA, S. H. *Indicadores de produtividade da mão-de-obra para a moldagem de estruturas de concreto armado e indicadores de qualidade dos produtos moldados*. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- SOUZA, R.; MERBEKIAN, G. *Qualidade na aquisição de materiais e execução de obras*. 1. Ed. São Paulo: Pini, 1996.

Recebido em 3 set. 2007 / aprovado em 18 out. 2007

Para referenciar este texto

OBATA, S. H. Indicadores de qualidade para estruturas de concreto. *Exacta*, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 275-282, jul./dez. 2007.