

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Construção Civil

ISSN 0103-9830
BT/PCC/281

**CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS
RELEVANTES PARA CONTROLE DA
QUALIDADE DOS PRODUTOS MOLDADOS
DE CONCRETO ARMADO**

Sasquia Hizuro Obata
Ubiraci Espinelli Lemes de Souza

São Paulo – 2001

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Construção Civil
Boletim Técnico - Série BT/PCC

Diretor: Prof. Dr. Antônio Marcos de Aguirra Massola
Vice-Diretor: Prof. Dr. Vahan Agopyan

Chefe do Departamento: Prof. Dr. Alex Kenya Abiko
Suplente do Chefe do Departamento: Prof. Dr. João da Rocha Lima Junior

Conselho Editorial
Prof. Dr. Alex Abiko
Prof. Dr. Francisco Cardoso
Prof. Dr. João da Rocha Lima Jr.
Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves
Prof. Dr. Antônio Domingues de Figueiredo
Prof. Dr. Cheng Liang Yee

Coordenador Técnico
Prof. Dr. Alex Abiko

O Boletim Técnico é uma publicação da Escola Politécnica da USP/Departamento de Engenharia de Construção Civil, fruto de pesquisas realizadas por docentes e pesquisadores desta Universidade.

Este texto faz parte da dissertação de mestrado de título "Indicadores de produtividade da mão-de-obra para a moldagem de estruturas de concreto armado e indicadores de qualidade dos produtos moldados", que se encontra à disposição com os autores ou na biblioteca da Engenharia Civil.

FICHA CATALOGRÁFICA

Obata, Sasquia Hizuro

Características geométricas relevantes para controle da qualidade dos produtos moldados de concreto armado / S.H. Obata, U.E.L. de Souza. – São Paulo : EPUSP, 2001.

16 p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/281)

1. Edifícios - Construção 2. Estruturas de concreto 3. Controle de qualidade I. Souza, Ubiraci Espinelli Lemes de II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil III. Título IV. Série
ISSN 0103-9830

CDU 69

624.012.4

658.562

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS RELEVANTES PARA CONTROLE DA QUALIDADE DOS PRODUTOS MOLDADOS DE CONCRETO ARMADO

RESUMO

Este trabalho apresenta, primeiramente, os conceitos de qualidade de produtos que fundamentam a definição das características geométricas para o controle de qualidade de produtos moldados de concreto armado.

Como resultado da pesquisa realizada com oito empresas construtoras, apresenta-se um conjunto de características consideradas relevantes para os produtos moldados de concreto. As indicações do ACI 117R-90 serviram como referência para definir as principais características dos produtos que devem ser controladas.

A definição e escolha das características relevantes para os produtos moldados de concreto, tendo como foco a construção, deve-se incluir itens cuja variação interfira na seqüência produtiva e, principalmente, tenha a praticidade na aplicação e agilidade nos resultados.

ABSTRACT

This paper presents, at first, product quality concepts as basis for the concrete components quality evolution.

Some figures are collects from an eight site construction survey. ACI 117R-90, was adopted as reference for defining the main product features to be analyzed.

In order to establish useful indicators to be evaluated, the author believes they have to be relevant for the construction process and easy to collect and processed.

1 INTRODUÇÃO

A discussão da qualidade dá-se num contexto atual marcado pela globalização e pela grande velocidade da difusão tecnológica. O termo “qualidade do produto” está cada vez mais presente no dia-a-dia das pessoas e, muitas vezes, passando despercebido, como: as características dos cartões telefônicos; uma caixa com uma seta ou a inscrição “este lado para cima”; as características dos cartões de banco e as dos cartões de crédito “internacional”, que podem ser utilizados em todo o mundo (International Organization for Standardization – ISO, 1999).

De modo genérico para os setores produtivos, qualidade do produto vem a ser o atendimento às necessidades do cliente e a ausência de deficiências no produto; porém, dentro de um processo de construção, como o é a produção das estruturas de concreto, o atendimento configura-se nos resultados obtidos para características de resistência e características geométricas relevantes do produto.

2 QUALIDADE DO PRODUTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O estudo da qualidade do produto, para qualquer setor, exige, primeiramente, o entendimento de suas principais especificidades, que podem ser entendidas como as razões que fazem com que a caracterização de qualidade do produto se altere para cada meio ou setor produtivo. No caso de construção civil há, portanto, que se entender a estrutura que o setor da construção civil possui. A construção civil pode ser caracterizada:

- como uma cadeia produtiva complexa e heterogênea, que conta com uma grande variedade de agentes intervenientes e de produtos parciais gerados ao longo do processo de produção, produtos estes que possuem e incorporam diferentes níveis de qualidade e que irão afetar a qualidade do produto final (SOUZA, R. et al, 1994).
- por possuir regras imutáveis de seus processos, como: do produto único, dos sistemas de produção que são mobilizados e desativados no ciclo da produção de um produto, da necessidade de fazer preço antes de conhecer os custos, da falta de rotina nas tarefas de produção e, portanto, de uma identidade que se afasta da indústria seriada” (LIMA JUNIOR, 1993).

Portanto, a caracterização da “qualidade do produto”, no setor da construção civil envolve antes de tudo, um estudo de sua estrutura, abrangendo do produto ao meio de gestão adotado pela empresa, ou seja, o entendimento de como os diversos agentes do processo estão articulados para a obtenção da qualidade do produto.

Neste sentido, antes de se discorrer sobre o tema “qualidade dos produtos gerados no processo construtivo”, cabe uma apresentação do termo “produto” e o sentido da “qualidade do produto” no setor da construção civil que será adotado no desenvolvimento deste trabalho.

2.1 CONCEITUAÇÃO DE PRODUTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os produtos adquiridos para a construção civil, segundo PICCHI (1993), “são denominados materiais de construção, abrangendo tanto os *materiais* (cimento, vidro, telha, areia, argamassa industrializada, barras de aço etc), quanto *componentes* (tijolos, blocos, fechaduras, janelas etc) “.

Os produtos de um processo na construção civil são definidos como “elementos da edificação, como, por exemplo, as vedações verticais, cobertura etc, normalmente obtidos através da associação, na obra, de diversos componentes. No caso de sistemas pré-fabricados, os elementos chegam prontos à obra.” (PICCHI, 1993).

Para o estudo da qualidade dos elementos de edificações concretados, o termo produto não estará relacionado aos materiais de construção, apesar de estes e do próprio processo de produção exercerem forte influência na qualidade dos elementos da edificação, e sim ao elemento produzido.

2.2 QUALIDADE DOS PRODUTOS GERADOS NO PROCESSO CONSTRUTIVO

O termo qualidade, conforme apresentado anteriormente, possui múltiplos significados; porém, neste item, a atenção será no sentido tecnológico da qualidade do produto, tomando-se as duas definições citadas a seguir, propostas por JURAN & GRYNA (1991):

- a qualidade consiste nas *características do produto* se compatibilizam com as necessidades dos clientes e, dessa forma, proporcionam satisfação em relação ao produto.
- a qualidade é a *ausência de falhas*.

Os mesmo autores salientam que, tanto as características do produto como a ausência de falhas, podem tomar sentidos amplos, além do tecnológico, ou mesmo tomar outras formas, como: caracterização do produto pela rapidez na entrega; cortesia do serviço; falha no sentido da existência no mercado de um outro produto que gera maior satisfação.

Para direcionar o sentido tecnológico da qualidade, HELENE (1980) coloca que a mesma deve ser considerada como um parâmetro quantificável, não sob um enfoque determinista e sim sob um enfoque probabilista.

No caso específico das características e falhas das estruturas de concreto, segundo comentários do comitê 117, em 1990, do American Concrete Institute (ACI117R-90), os enfoques da qualidade do produto podem estar relacionados com fatores como requisitos de funcionamento, resistência estrutural, estético, 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, atendimento às dimensões e tolerâncias, coerência entre tipo de medição e tolerâncias adotadas, entre outros fatores.

Tal variabilidade de enfoques se dá pelas particularidades da produção, onde a caracterização de um produto gerado por processo construtivo é denominado de especificação, ou seja, um detalhamento das características e relacionamento das atividades desenvolvidas em obra para sua obtenção.

Entendendo-se, portanto, a qualidade dos produtos gerados por um processo construtivo como o atendimento de especificações, estabelecidas preferencialmente pelo conhecimento e emprego do produto pelo usuário, há que se ater, ainda, ao fato de que as especificações abarcam os significados da precisão e imprecisão, limitados pelas tolerâncias, ou seja, a variação permitida entre o especificado e o obtido em obra.

Isto posto, salienta-se que o uso das tolerâncias nas especificações na construção civil é imprescindível pois, segundo o INTERNACIONAL COUNCIL FOR BUILDING RESEARCH - CIB (1961), se trata de um conceito de cunho totalmente prático e funcional, permitindo e limitando variações, bem como, incidindo diretamente no aumento da mão-de-obra, aumento no prazo de construção, problemas durante o uso, entre outros, que representam aumento de custos e perda da qualidade.

Desta forma, JURAN & GRAYNA (1991) explicitam alguns aspectos quanto à postura para a adoção de especificações:

- as especificações não devem ser vagas e conflitantes, como indicar um resultado incompatível com o processo;
- as relevâncias das especificações devem ser informadas, como característica vital ou de pouca ênfase;
- as especificações devem ser relacionadas com a finalidade do produto;
- quando as especificações não forem quantitativas, devem ser fornecidos padrões físicos ou fotográficos;
- as especificações devem ser relacionadas com a qualificação e requalificação da mão-de-obra;
- as especificações devem conter tolerâncias designadas de obrigatórias e facultativas, sendo as primeiras, a base para não aceitação do produto, e as últimas, relacionadas principalmente pelas conveniências de ocorrência durante o processo.

Como exemplos de características para definições de especificações, fazendo-se um paralelo dos exemplos citados por JURAN & GRAYNA (1991), quanto ao atendimento tecnológico para este trabalho, tem-se:

- variabilidade dimensional ou geométrica dos componentes, que pode gerar perdas materiais ou desempenho inadequado;
- regularidade e uniformidade dos elementos;

- erros ou falhas na execução, gerando retrabalho ou mudanças de projeto;
- falhas e defeitos superficiais;
- deficiências durante o uso, como o prejuízo em atividades seguintes; etc.

A obtenção da boa qualidade de um produto é garantida por atividades de controle e uso de indicadores, e, de modo prático, tendo-se as especificações e as seqüências de controle definidas, estas são transformadas em tabelas de procedimentos ou inspeções e tabelas de verificações ou do controle de qualidade do produto, conforme exemplificado nas TABELAS 2.1 e 2.2, adaptadas de SOUZA,R. et al (1994 e1996).

TABELA 2.1 Exemplo de planilha de procedimentos ou inspeções dos elementos concretados (adaptada do SOUZA,R. et al ,1994).

PROCEDIMENTO DE INSPEÇÃO DO PRODUTO – PIP					
PRODUTO: Lajes		PIP Nº. /VERSÃO:	REVISÃO:	APROVAÇÃO:	DATA:
ITEM	ITEM DE VERIFICAÇÃO	METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO / CRITÉRIOS			
1	Espessuras das lajes				
2	Nivelamento das lajes				
3	Coplanaridade das lajes				
4	Dimensões das aberturas nas lajes				
5	Geometria das lajes				
6	Flechas				

TABELA 2.2 Exemplo de planilha de verificação dos elementos concretados (adaptada do SOUZA,R. et al,1996).

PROCEDIMENTO DE VERIFICAÇÃO DO PRODUTO - PVP					
PRODUTO: Lajes		PVP Nº. /VERSÃO:	REVISÃO:	APROVAÇÃO:	DATA:
ITEM	ITEM DE VERIFICAÇÃO	APROVADO	REPROVADO	OBSERVAÇÕES	
1	Espessuras das lajes				
2	Nivelamento das lajes				
3	Coplanaridade das lajes				
4	Geometria das lajes				
4	Dimensões das aberturas nas lajes				
5	Geometria das lajes				
6	Flechas				

3 CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DO PRODUTO

Conforme apresentado no item anterior, as características relevantes dos produtos dependem do grau de atendimento requerido às especificações, que podem ter enfoques diversos.

No caso dos produtos moldados de concreto armado, a escolha de um controle deve considerar, segundo HELENE(1980), “o grau de concordância das características e dados finais obtidos com aqueles que foram anteriormente especificados, uma vez que o projeto estrutural não pode assegurar que durante a execução da estrutura serão empregados os materiais e os métodos construtivos especificados, além do fato que, a etapa de produção, ou seja, a execução propriamente dita da obra, estará sujeita a variações aleatórias de tal modo que não é possível prever com certeza qual será o resultado final”.

HELENE (1980) salienta, ainda, que tais controles devem permitir o estabelecimento de regras fixas de interpretação dessas informações e o risco inerente a cada tomada de decisão, como, por exemplo: qual a tolerância admitida, feita inicialmente pelo calculista, para que os indicadores associados à avaliação do risco global da estrutura não comprometam a realização da obra.

A qualidade de um produto, conforme discutido anteriormente, pode ser especificada, devendo-se acrescentar uma tolerância admissível quanto à sua consecução. Tem-se, no entanto, um problema quanto à geração de tais especificações na medida em que, segundo HELENE (1980), ainda são muitas as incertezas relativas à qualidade dos produtos estruturais em concreto armado, como: variações dimensionais, posições relativas das peças e armaduras, assim como o controle das ações que atuam na estrutura durante sua construção e após seu término.

Mas o mesmo autor salienta que, apesar das variações das características não serem plenamente conhecidas, são consideradas no projeto estrutural através de apenas dois coeficientes de ponderação (de majoração de esforços e minoração das resistências), dados por distribuições estatísticas, o que o leva a incentivar estudos de metodologias para aplicação de controles e melhorias da qualidade de execução, o que, do ponto de vista econômico, contribuirá no projeto e na execução.

Das citações anteriores percebe-se que as características dimensionais dos produtos gerados pelo serviço de moldagem são bastante relevantes, além das variações das resistências dos materiais, das posições das peças e armaduras, dos requisitos funcionais, estéticos, econômicos etc.

Devido às estruturas não serem perfeitas ou seja, não serem executadas exatamente em nível, prumo, alinhadas etc, as principais características dos produtos que devem ser controladas, são identificadas pelo, ACI 117R-90, como sendo:

- As dimensões das seções transversais das peças e espessuras das lajes;
- A posição e dimensões das aberturas em peças;

- Flecha de painéis ou lajes: verificadas através de medições realizadas ao longo do uso e atuação das cargas. Para painéis expostos, o comprimento máximo de flecha será mensurado pela face côncava do painel, conforme mostrado nas FIGURAS 3.1 e 3.2.

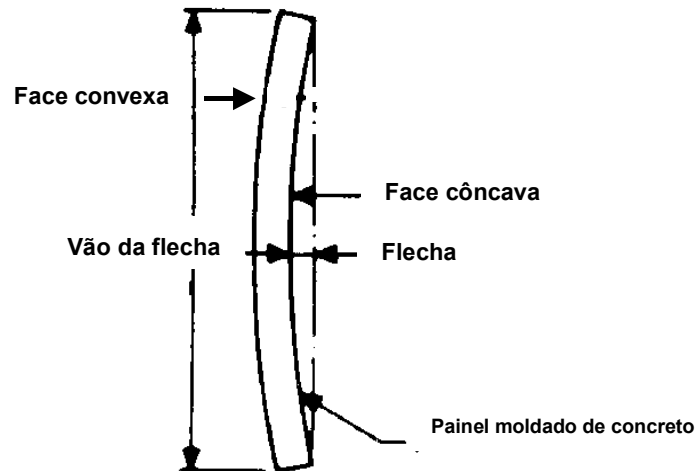


FIGURA 3.1 Elevação de um painel fletido, indicando-se a flecha máxima (ACI 117R-90).

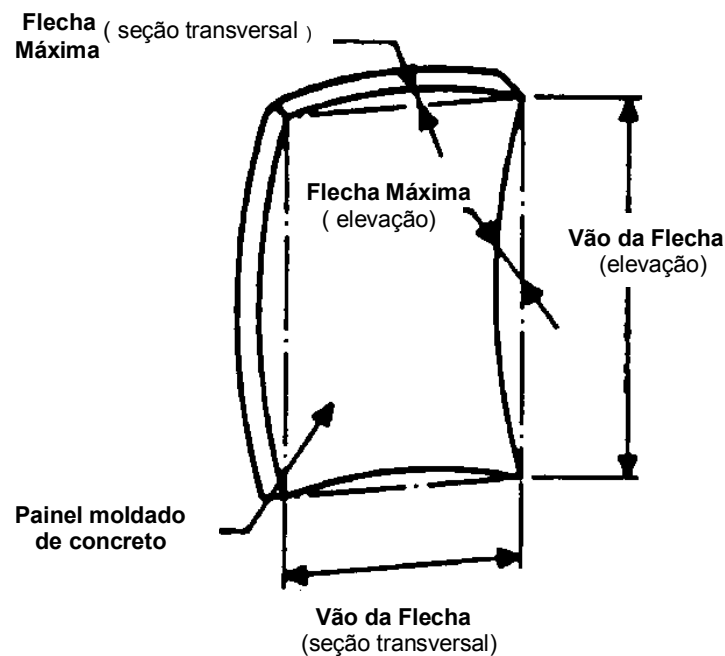


FIGURA 3.2 Perspectiva de painel fletido indicando a flecha máxima (ACI 117R-90).

- Planicidade de pisos de lajes e pavimentos: correspondendo à verificação da planeza da superfície, ou seja, à condição de seu ajuste ao plano, sem depressões ou saliências, que é ilustrado pelas FIGURAS 3.3 e 3.4.

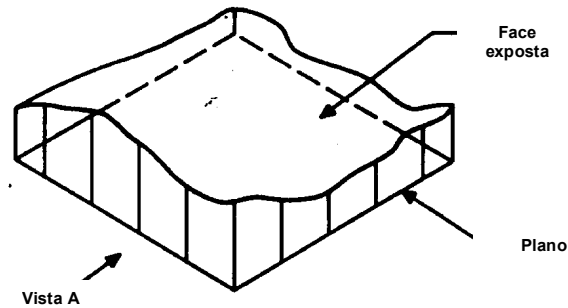


FIGURA 3.3 Perspectiva de um trecho de um piso/ pavimento, tendo identificado o plano de referência, a face exposta a ser avaliada quanto à planicidade e a vista A (FIGURA 3.4), como indicação do perfil a ser verificado.

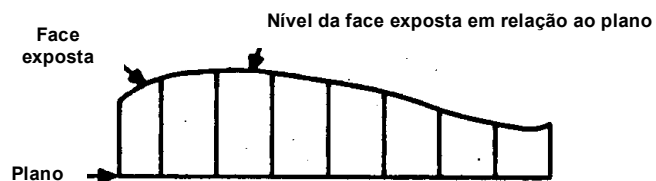


FIGURA 3.4 Vista A: traçado do perfil da superfície para comparação do nível do plano e do nível da face exposta (ACI 117R-90).

- Alinhamento lateral: corresponde à verificação do alinhamento lateral de face laterais de peças moldadas como lajes, painéis e vigas, entre outros elementos de extensão relativa, em relação a um alinhamento especificado, caracterizado como alinhamento global para toda a obra. As variações dos alinhamentos laterais corresponderão à diferença dada entre a distância padrão e a medição realizada, medidas perpendicularmente à linha especificada até qualquer ponto do alinhamento a ser verificado, representado na FIGURA 3.5 pela linha AA.



FIGURA 3.5 Alinhamento lateral, representando a medição a distância "d" entre o alinhamento padrão/global e o alinhamento a ser verificado, linha AA (ACI 117R-90).

- Nivelamento: trata-se da verificação do grau relativo com que uma superfície ou linha é paralela a plano horizontal especificado, sendo, portanto, a variação no nivelamento, de

uma linha "AA" ou um plano "A", a diferença entre a distância especificada e a medida no local, medidas perpendicularmente ao plano especificado até qualquer ponto do plano "A" ou linha "AA", conforme indicado na FIGURA 3.6. O nivelamento ou não é avaliado a partir de pelo menos duas mensurações de tais distâncias.

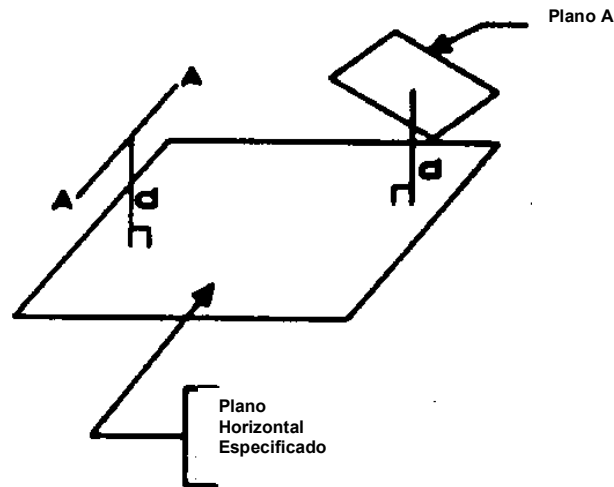


FIGURA 3.6 Nivelamento de uma linha ou plano, representando a distância "d" entre o plano horizontal especificado e a linha "AA" e plano "A" (ACI 117R-90).

- Alinhamento relativo: refere-se à verificação do alinhamento dado entre peças ou elementos adjacentes, conforme mostrado na FIGURA 3.7, que é utilizada também para verificação de posicionamento de peças ou elementos tendo como referência outros elementos ou peças e não um alinhamento global especificado para toda obra, conforme ilustrado nas FIGURA 3.7 e 3.8.

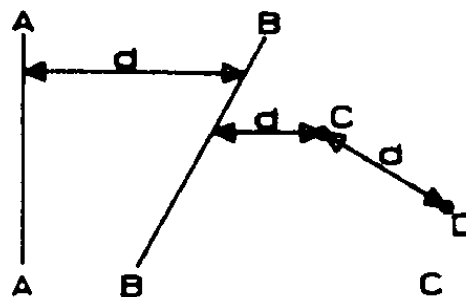


FIGURA 3.7 Verificação de alinhamento relativo "d" entre alinhamentos de peças representados pelas linhas "AA" e "BB", bem como entre o alinhamento "BB" e um elemento identificado pelo ponto "C" e entre os elementos "C" e "D" (ACI 117R-90).

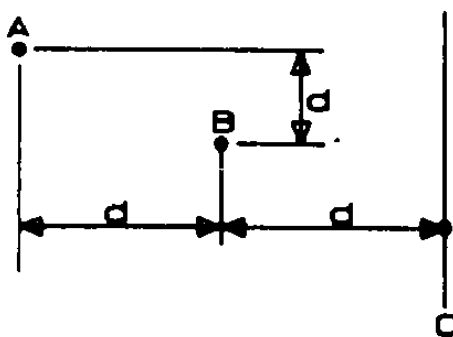


FIGURA 3.8 Verificação do posicionamento do ponto “B” tendo como referências os alinhamentos passando pelos pontos “A” e “C” (ACI 117R-90).

- Prumos: trata-se de uma verificação, que pode ser feita de modo global ou para pontos localizados. No caso de verificação global, como do prumo de um edifício, a linha ou plano especificado será único para verificação de todos e quaisquer pontos ao longo do alinhamento vertical do edifício. Na FIGURA 3.9 mostra-se o alinhamento “AA” e o plano “A” com relação ao plano especificado. A variação do prumo global ou local será dada pela diferença apresentada entre a distância especificada e a real entre plano ou linha padrão até a linha ou plano em estudo.

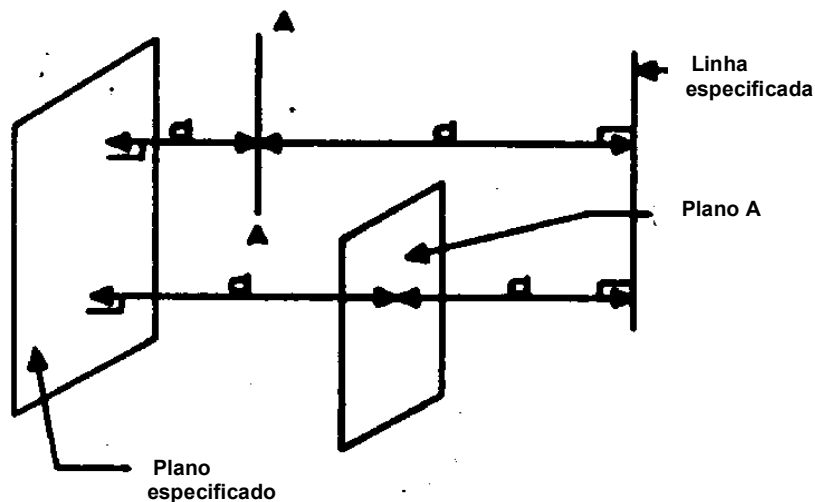


FIGURA 3.9 Representação da coleta das distâncias “d” para verificação de prumo.

- Empenamento: refere-se à verificação da condição de um painel envergar-se, tendo suas arestas deformadas em relação ao plano inicial da superfície. A medição do empenamento se dá no canto deformado, pela distância medida entre o plano especificado e o plano real, conforme ilustrado pela FIGURA 3.10.

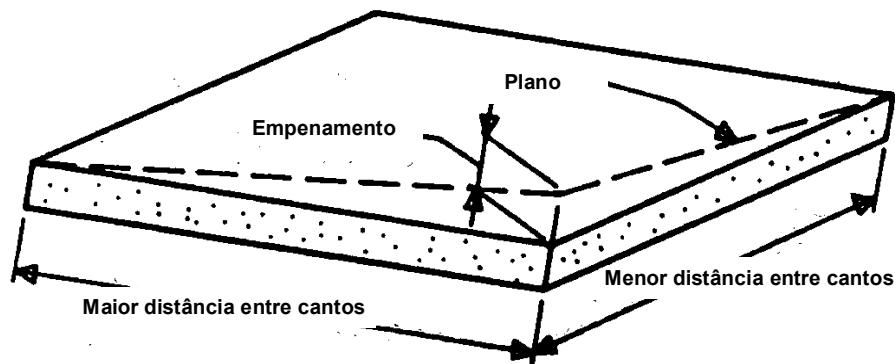


FIGURA 3.10 Verificação do empenamento de um painel (ACI 117R-90).

4 CARACTERÍSTICAS RELEVANTES PARA CONTROLE DA QUALIDADE

Tendo-se a preocupação quanto ao controle das características relevantes, foram questionados quanto às variações dimensionais consideradas mais representativas, durante os anos de 1998 e 1999, a profissionais de construção participantes da “Pesquisa sobre Produtividade da Mão-de-Obra para Construção Civil quanto aos Serviços de Alvenaria, Fôrmas, Armação e Concretagem”, desenvolvida no Departamento de Engenharia de Construção Civil – PCC.

Destes levantamentos, e tendo como referência as características citadas anteriormente, foram consideradas como características relevantes dos produtos gerados pela moldagem, para este trabalho, aqueles indicados a seguir, onde se apresenta as principais justificativas para a execução do controle da qualidade:

– **Coplanaridade de lajes:**

Entende-se, aqui, como o ajuste das lajes a plano genéricos limitados pelo comprimento de 2m da régua metálica, caracterizando os valores máximos das saliências e depressões. Relaciona-se, portanto, à característica fixada como planicidade da superfície pelo ACI 117R-90.

A importância desta característica fixa-se no fato de que, para as lajes a serem revestidas, se não adequadas irão requerer camadas de regularização ou, nos casos de pequenas variações, irão requerer no mínimo um consumo adicional de material para assentamento do revestimento.

A verificação da coplanaridade, considerando o ajuste ao alinhamento de uma régua metálica de 2m, deve ser realizado preferencialmente quando a laje permanece escorada pois, caso contrário, haverá a incidência das flechas imediatas ou mesmo das devidas aos carregamentos a que estiver submetida.

Para o caso das lajes que ficarão aparentes, os valores de coplanaridade incidirão nas condições de tráfego.

– **Nivelamento de lajes:**

Primeiramente se justifica por ser um parâmetro de verificação da qualidade do produto que se relaciona com os resultados do serviço de fôrmas e escoramentos e da moldagem, mas que limita esta avaliação para as lajes que permanecerem escoradas, pois nestas diferenças, caso a laje tenha sido desmoldada ou tenham sido retiradas as escoras principais, haverá a influência das flechas imediatas ou mesmo devidas aos carregamentos a que estiver submetida. Porém, ainda seria válida esta análise, após a desfôrma, para pontos considerados rígidos, como os próximos aos pilares.

Outro fato importante para esta avaliação refere-se ao fato que de as variabilidades do nivelamento, quando não prevista em projeto, exigirão que os serviços seguintes de acabamento e revestimento executem ajustes, que podem levar a desperdícios de recursos materiais e mão-de-obra.

Sob outro contexto, a verificação do nivelamento das lajes pode-se caracterizar como importante por levar a estrutura a trabalhar sob condições diferentes das projetadas, ou seja, atuando de modo localizado, nas condições geométricas das cargas aplicadas e, no caso de alterações dos revestimentos e acabamentos, aumento das cargas previstas em projeto.

– **Espessura das lajes:**

A verificação da variação da espessura das lajes tem caráter importante por se ter, mesmo para pequenas variações de espessura, grandes desperdícios de concreto, face à área da superfície das lajes. Por outro lado, as reduções representam pontos de enfraquecimento ou fragilidade do componente, além de representarem pontos de prováveis reduções de cobrimentos das armaduras, que podem incidir sobre a durabilidade das peças.

A análise combinada da espessura e nivelamento das lajes pode permitir a avaliação do fundo das lajes, ou seja, nivelamento do teto do pavimento superior. Porém, cabem as mesmas ressalvas quanto à incidência das flechas. Indica-se, ainda, a avaliação somente para as áreas secas, na medida em que os procedimentos adotados normalmente demanda a furação das lajes.

- **Larguras das vigas:**

Para o levantamento da variabilidade das larguras das vigas, cabe ressaltar a necessidade de adoção de cuidados básicos quanto à segurança dos avaliadores, para que seja realizada nas vigas internas como nas de borda. Em função desta restrição indicou-se o levantamento somente para as vigas internas; porém, recomenda-se o levantamento total, sempre que possível.

O levantamento da variabilidade da largura das vigas justifica-se pela necessidade de ajuste dimensional em relação às alvenarias ou aos fechamentos adotados, podendo exigir dos serviços seguintes de revestimentos as correções necessárias e, no caso de vigas aparentes, representarem visualmente a qualidade inadequada do produto.

Tanto para as condições de aumento como de redução das dimensões, ocorrerá a variação entre o desempenho estrutural proposto e previsto em projeto e o imposto em obra.

– **Alinhamento das vigas:**

Para esta verificação, no caso de vigas de borda, a medição ocorrerá diretamente no pavimento, através da análise do afastamento do alinhamento da face externa até o alinhamento relativo dado por linha de referência igualmente distante dos apoios dos vãos das vigas. No caso de vigas internas, tal tipo de alinhamento só será possível se fizer-se o levantamento a partir do teto do andar de baixo, demandando o uso de andaimes.

Para este levantamento optou-se pela levantamento somente para as vigas externas, visando a agilidade da coleta, embora se reconheça a importância do levantamento total.

As justificativas para este controle equivalem aos citados para as larguras das vigas.

– **Seção dos pilares:**

A verificação das dimensões dos pilares é de extrema importância, uma vez que suas variações são preponderantes no desempenho estrutural face à variação da resistência dos componentes.

Dada a importância, para esta verificação indica-se o levantamento das dimensões da seção em três alturas distintas a partir do piso (1,80m; 1,05m e 0,30 m), sendo excluídas as medições no topo e no piso, por se considerar que a fôrma, nesta região, apresenta maior rigidez devido às gravatas ou fixações adotadas nas fôrmas, ou seja, foram considerados como pontos de menor ocorrência de variações.

Recomenda-se que a coleta se dê em todas as faces, indicando-se o uso de gabaritos, réguas auxiliares etc, quando necessário por dificuldade de acesso direto.

– **Prumos dos pilares:**

O levantamento dos prumos dos pilares deve abordar as variações locais e a verificação global do edifício.

As verificações locais visam o atendimento do prumo com relação aos serviços seguintes, como assentamento das alvenarias, fixação de caixilhos de janelas, marcos de portas e janelas etc; o levantamento global do prumo permite o estudo da estabilidade global da estrutura, daí sua importância.

Para os prumos locais; em um pavimento indica-se sua avaliação em três alturas a partir do piso (1,80m; 1,05m e 0,30 m), sendo excluídas as dimensões no topo e no piso por se considerar de maior rigidez devido às gravatas ou fixações adotadas nas fôrmas, ou seja, foram adotados como pontos de menor ocorrência de variações.

Para o caso deste levantamento, optou-se somente pela avaliação dos prumos locais, uma vez que a verificação global foi considerada de pouca relevância pelas empresas, face às locações dos pavimentos e o “prumo da obra”; mas o levantamento de ambos é indicado como desejável.

– **Qualidade da superfície das peças desmoldadas:**

A avaliação das superfícies refere-se à constatação da qualidade das atividades e verificações preliminares ao início da moldagem e do desenvolvimento dos procedimentos adequados durante a mesma.

Citam-se: as sobras de fôrmas; pregos expostos; serragens, arames e manchas que ficam aparentes nas peças moldadas, devido à ineficiência na aplicação de desmoldantes e limpeza antes da moldagem; pontos de fuga de argamassa do concreto devido à não fixação e vedação das juntas das fôrmas; armaduras aparentes, resultantes da falta de cuidados na colocação e fixação de espaçadores; ninhos de moldagem e manchas, devido à ineficiência do adensamento; pontos fuga de argamassa do concreto devido ao excesso de vibração; constatação de juntas frias, devido aos erros durante a moldagem ou mesmo por planejamento inadequado da moldagem ou sua inexistência.

Para esta verificação, recomenda-se a mensuração da extensão superficial dos danos. Porém, uma avaliação mais rigorosa, deste dados, deve ser feita por inspeção com instrumentos para constatar a perda de resistência.

Comparando as características definidas para controle e as indicadas pelo ACI117R-90, pode-se comentar que a paridade foi quase que total, excetuando-se a característica devido ao posicionamento e dimensões de aberturas, de empenamento e de desenvolvimento de flechas.

Quanto ao posicionamento das aberturas e dimensões de aberturas, o enfoque, tendo como referência a NBR6118/78, diz respeito às verificações relacionadas ao projeto, quanto à resistência e à deformação, para que não sejam ultrapassados os limites normalizados, uma vez que representam pontos de fragilização das peças moldadas.

Desta forma, a desconsideração deste item se dá por se entender que se trata de estudos a serem desenvolvidos no projeto estrutural e relativos à integração entre os diversos projetos.

Reconhece-se, porém, a grande frequência de ocorrências de furos, passantes por peças estruturais, sem a devida constatação pelo projetista, que geram falhas executivas como perda da produtividade e da qualidade do produto e, em casos extremos, pode chegar ao comprometimento estrutural, além de poderem representar recortes nas fôrmas, o que exige cuidados durante o lançamento e adensamento do concreto para não ocorrer o aparecimento de ninhos de moldagem ou falhas na superfície de contorno.

No caso do empenamento, este é julgado importante para painéis como os utilizados para fechamento de fachadas e lajes planas lisas sem vigas (inclusive sem vigas de bordas), casos não correntes nas empresas participantes da pesquisa.

Ainda cabe levantar a questão relativa às flechas, que foi considerada de controle específico em relação às demais características, uma vez que depende das condições de cimbramento,

obtenção da resistência pelo concreto, cargas atuantes etc, ou seja, um controle que exigiria, talvez, uma continuidade de avaliação ao longo dos processos de construção e fases de uso.

Portanto, a definição das características relevantes para controle dos produtos moldados de concreto foram norteadas pela praticidade e agilidade de coleta, não se atendo às metodologias de coletas normalizadas. Tal postura se justifica, ainda, uma vez que o objetivo é o de constatar os valores atingidos para as características geométricas, não se julgando somente o atendimento ou não às normalizações.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A definição das características relevantes para controle de produtos moldados de concreto armado, por uma empresa ou mesmo de um grupo de empresas, parte pelos seguintes passos básicos: definição do objetivo do controle, levantamento dos pontos fracos e fortes dos processos utilizados e levantamento das características das obras a serem controladas.

No caso do grupo de empresas analisado, pode-se dizer que a escolha das características relevantes foi condicionada pelas restrições relativas às próprias coletas, uma vez que havia uma certa uniformidade de dominâncias do processo produtivo e características gerais das obras. Assim, as condicionantes de escolha foram:

- a necessidade de praticidade para levantamento e exigência de menor quantidade de pessoas alocadas para as atividades de coleta;
- as condições para as medições deveriam ser as mais básicas, demandando instrumentos de uso corriqueiro em obra;
- a necessidade da compatibilização entre a disponibilidade da obra para a medição, face às atividades em andamento, bem como a correspondente disponibilidade dos pesquisadores para executar as coletas.

Portanto, a definição de características relevantes, para controle da qualidade de produtos moldados em concreto armado, representa somente uma etapa inicial para a constituição de um sistema de qualidade específico para as estruturas de concreto, sendo o passo seguinte a definição de metodologias de coleta, definição de métodos de processamento dos dados coletados e análises, bem como treinamentos dos pesquisadores para que se tenha constância na coleta e não ocorram distorções.

A adoção de indicadores padronizados em diversos estudos permitirá a reunião de um conjunto de informações bastante úteis para a discussão dos caminhos que levam à contínua melhoria da qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Standard Specifications for tolerances concrete construction and materials** - ACI 117R-90. 1990. Detroit, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto e execução de obras de concreto armado** – NBR 6118. Rio de Janeiro, 1978.
- HELENE, P.R.L. **Controle de qualidade do concreto**. São Paulo, 1980. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- INTERNACIONAL COUNCIL FOR BUILDING RESEARCH. **Contributions and discussions at the first CIB congress – Accuracy of measurement and tolerances in the building industry: a general introduction**. A.R. Van Der Burg - CIB (1961) . Amsterdam, 1961.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. – acesso pela internet endereço: <http://www.iso.ch/infoe/intro.htm>, São Paulo, 1999.
- JURAN.J.M; GRYNNA,F.M. **Controle da qualidade- conceitos, políticas e filosofia da qualidade**. 4ª Edição. São Paulo, Makron/McGraw, 1991.v1.
- LIMA JUNIOR, J.R. **Qualidade na Construção Civil: conceitos e referencias**. São Paulo, EPUSP, 1993. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP; Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/120).
- PICCHI, F.A. **Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. São Paulo, 1993. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- SOUZA, R. **Qualidade: fator de competitividade na indústria da construção civil**. In 15º Simpósio de Aplicação da Tecnologia do Concreto, São Paulo, 1992 patrocínio SERRANA, realização CONCRELIX, apoio IBM e ITAÚ.
- SOUZA, A.L.R. **O projeto para produção das lajes racionalizadas de concreto armado de edifícios**. São Paulo, 1996. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- SOUZA, R.; MEKBKIAN, G. **Qualidade na aquisição de materiais e execução de obras**. São Paulo, PINI, 1996.

BOLETINS TÉCNICOS PUBLICADOS

- BT/PCC/262 Contribuição ao Estudo da Resistência à Corrosão de Armaduras de Aço Inoxidável. LEONEL TULA, PAULO ROBERTO DO LAGO HELENE. 20p.
- BT/PCC/263 Ferramentas e Diretrizes para a Gestão da Logística no Processo de Produção de Edifícios. FRED BORGES DA SILVA, FRANCISCO FERREIRA CARDOSO. 25p.
- BT/PCC/264 Indicadores de Salubridade Ambiental em Favelas Localizadas em Áreas de Proteção aos Mananciais: O caso da favela Jardim Floresta. MARCO ANTONIO PLÁCIDO DE ALMEIDA, ALEX KENYA ABIKO. 28p.
- BT/PCC/265 Difusão de Cloretos e a Influência do Grau de Saturação do Concreto: Ensaio em laboratório e medição de obra em uso. ANDRÉ T. C. GUIMARÃES, PAULO ROBERTO DO LAGO HELENE. 19p.
- BT/PCC/266 Análise Econômica de Empreendimentos de Longo Horizonte de Maturação: Taxa de Retorno Compensada. JOÃO DA ROCHA LIMA JR. 15p.
- BT/PCC/267 Arbitragem de Valor de Hotéis. JOÃO DA ROCHA LIMA JR. 55p.
- BT/PCC/268 Diretrizes para Produção de Contrapisos Estanques. EDUARDO HENRIQUE PINHEIRO DE GODOY, MERCIA M. S. BOTTURA DE BARROS. 36p.
- BT/PCC/269 Produtividade da mão-de-obra na execução de alvenaria: detecção e quantificação de fatores influenciadores. LUÍS OTÁVIO COCITO DE ARAÚJO, UBIRACI ESPINELLI LEMES DE SOUZA. 24p
- BT/PCC/270 Influência do volume de pasta na zona de transição pasta/agregado com relação às propriedades mecânicas e de durabilidade do concreto. ELIANE PEREIRA DE LIMA, PAULO R. L. HELENE. 13p.
- BT/PCC/271 Difusão de cloretos e a influência do grau de saturação do concreto: ensaio em laboratório e medição de obra em uso. ANDRÉ TAVARES DA CUNHA GUIMARÃES, PAULO R. L. HELENE. 20p.
- BT/PCC/272 Resistência à corrosão no concreto dos tipos de armaduras brasileiras para concreto armado. OSWALDO CASCUDO, PAULO ROBERTO DO LAGO HELENE. 20p.
- BT/PCC/273 A provisão habitacional e a análise de seu produto. LEANDRO DE OLIVEIRA COELHO. EDMUNDO DE WERNA MAGALHÃES. 32p.
- BT/PCC/274 Estudo da fluência do concreto de elevado desempenho. CASSIANA APARECIDA AUGUSTO KALINTZIS. SELMO CHAPIRA KUPERMAN. 24p.
- BT/PCC/275 Avaliação da sensibilidade do ensaio de penetração de água sob pressão e de um índice de permeabilidade para o concreto. CRISTIANO AUGUSTO GUIMARÃES FEITOSA. JOÃO GASPAS DJANIKIAN. 17p.
- BT/PCC/276 Contribuição ao estudo da fadiga do concreto. AVELINO APARECIDO DE PÁDUA CREPALDI. JOÃO GASPAS DJANIKIAN. 15p.
- BT/PCC/277 Desempenho de revestimentos de argamassa com entulho reciclado. LEONARDO FAGUNDES ROSEMBACK MIRANDA. SÍLVIA MARIA DE SOUZA SELMO. 12p.
- BT/PCC/278 O tratamento da expansão urbana na proteção aos mananciais – O Caso da Região Metropolitana de São Paulo. RENATO ARNALDO TAGNIN, EDMUNDO DE WERNA MAGALHÃES. 25p.
- BT/PCC/279 Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados. SÉRGIO CIRELLI ANGULO, VANDERLEY MOACYR JOHN. 16p.
- BT/PCC/280 Gestão de materiais em empresas construtoras de edifícios: gestão dos fluxos de informações. SOFÍA LILIANNE VILLAGARCÍA ZEGARRA, FRANCISCO FERREIRA CARDOSO. 22p.
- BT/PCC/281 Características geométricas relevantes para controle da qualidade dos produtos moldados de concreto armado. SASQUIA HIZURO OBATA, UBIRACI ESPINELLI LEMES DE SOUZA. 16p

**Escola Politécnica da USP - Deptº de Engenharia de Construção Civil
Edifício de Engenharia Civil - Av. Prof. Almeida Prado, Travessa 2
Cidade Universitária - CEP 05508-900 - São Paulo - SP - Brasil
Fax: (11)38185715- Fone: (11) 38185452 - E-mail: secretaria@pcc.usp.br**