A SEGURANÇA DAS OBRAS NO BRASIL DISCUTIDA SOB DIFERENTES PONTOS DE VISTA. TRAGA O SEU.
1º CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
21 a 23 de maio de 2014 - Foz do Iguaçu - PR

PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO*: VERIFICAÇÃO DO ATENDIMENTO ÀS RECOMENDAÇÕES DA NORMA NBR 16055/2012 NOS PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS DE UMA OBRA

PONZONI, J.[1], OLIVEIRA, C. S. P.[2]

[1] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, graduanda Engenharia Civil, e-mail: jessikinhap_90@hotmail.com
[2] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, professora, Drª. Engenheira Civil, e-mail: cristiane.sardin@ufrgs.br

RESUMO

Este trabalho versa sobre a comparação entre o sistema parede de concreto moldada in loco, como aplicado em uma obra, e os requisitos e procedimentos da NBR 16055/2012. A execução da obra avaliada, um empreendimento de prédios residenciais multifamiliares construídos com esse sistema, localizada na Região Metropolitana de Porto Alegre, iniciou antes da publicação da Norma. Assim, baseando-se no texto da NBR 16055/2012: parede de concreto moldada no local para a construção de edificações, os requisitos para execução de paredes de concreto moldadas in loco foram levantados e foi elaborado um *check-list* para verificação dos procedimentos em obra. Feito o levantamento dos procedimentos da construtora, tendo como referência a lista elaborada, pode-se constatar o quanto o processo de execução das paredes de concreto realizado pela empresa segue a norma vigente. Assim sendo, foi demonstrado que a obra não atendeu todos os requisitos da referida norma durante a execução desse sistema construtivo. Como consequência, a execução das paredes de concreto apresentaram falhas que levaram ao retrabalho, diminuído as vantagens iniciais do processo. Dentre as falhas encontradas no processo, está a execução de cobrimentos não adequados para a proteção da armadura, o que leva a uma diminuição da vida útil do sistema estrutural.

Palavras chave: NBR 16055/2012. Sistema parede de concreto moldada *in loco*. Execução de paredes de concreto moldadas *in loco*.

ABSTRACT

The study conducted is about the comparison between the application of a single case study of how concrete wall casts in place system and the actual requirements and proceedings from the NBR 16055/2012: concrete wall cast in place for building construction. The execution of the evaluated building, a multifamily residential project built with this system, takes place in the metropolitan area of Porto Alegre and was constructed before the code was published. Therefore, considering the text from the NBR 16055/2012, the requirements for execution of the concrete walls cast on site were recorded and put in a check-list for verification of the proceedings on site. After analyzing the construction company's execution, and having the list as a reference, it was possible to conclude if the residential construction company realized their construction process similar to the actual code. Finally, it was proved that the building was not following all the requirements from the code during the execution of this construction system. Consequently, the execution of the concrete walls had mistakes that needed to be corrected, minimizing the initial advantages from this process. Among the failures found on that process is the execution of the rebar overlay. It did not provide adequate protection of the rebar, which lead to a decrease in the life cycle of the structural system.

Keywords: NBR 16055/2012. Concrete Wall Casts In Place System. Execution of Concrete Walls Cast In Place.

1. INTRODUÇÃO

Parede de concreto é, por definição da NBR 16055 (ABNT, 2012, p. 3), elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede. A Norma também considera as paredes como sendo concretadas com os elementos de fachada e armaduras. Já as instalações elétricas e hidráulicas podem ou não ser embutidas. Considera também que as lajes e as paredes funcionam como um único sistema. A Norma contempla apenas edifícios baixos de até cinco pavimentos, o que abrange a maior utilização deste sistema construtivo, em habitações populares.

Como vantagens das paredes de concreto, a utilização deste sistema garante a uniformização, tornando o processo construtivo industrial. A utilização do concreto para a construção total de uma residência é mais caro que a tradicional alvenaria, mas em escala, ele é mais barato e, principalmente, muito mais rápido.

Comparando o sistema de paredes de concreto com a alvenaria estrutural, outro sistema construtivo utilizado para edificações destinadas a habitação popular, algumas etapas são eliminadas, como arremates de vãos de janelas, vergas e contravergas, colocação e acabamento de partes elétricas, grauteamento, produção de argamassa para assentar blocos e transporte de blocos.

Além da alta velocidade de execução, segundo a ABESC (2014) ocorre menos desperdício de materiais, sendo mais apropriado se comparado ao sistema convencional. No que diz respeito ao acabamento, a parede tem uma planicidade maior e pode ser pintada diretamente, dispensando a execução de revestimento argamassado. A qualidade também é maior por não variar o prumo da parede. Com isso é possível fixar as esquadrias apenas com espuma, eliminando-se outras etapas, como as de fixação e chumbamento de contramarco. Também, como a concretagem da laje é feita depois que as paredes já foram moldadas, pode-se eliminar a proteção de periferia, com consequente diminuição dos custos.

Segundo Nunes (2011), este sistema apresenta como desvantagens o provável condicionamento do projeto arquitetônico seguido de dificuldades de reformas que modifiquem a disposição das paredes estruturais. Este sistema apresenta um elevado investimento inicial para a construtora pois seria necessário a aquisição de sistemas de fôrma de acordo com a tipología de cada empreendimento, tornando-se assim indicado para obras com repetições, posibilitando a diminuição dos custos iniciais.

2. LEVANTAMENTO DOS PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS NO EMPREENDIMENTO ESTUDADO

2.1 Apresentação da obra exemplo

A obra-exemplo, que permitiu a realização desta pesquisa, pertence a uma Construtora que atua em todo território nacional. O empreendimento situa-se na região metropolitana de Porto Alegre. O conjunto habitacional é composto por 27 blocos. Cada bloco é constituído por 5 pavimentos, cujo primeiro é o térreo, seguido por 3 pavimentos tipo e o último é a cobertura dos apartamentos dúplex. Os apartamentos são de dois ou três dormitórios, podendo variar de 42 a 93 m^2.

O sistema de produção que a obra optou para o empreendimento foi o de paredes de concreto moldadas no local. Este sistema foi escolhido em função do prazo de execução da obra, que impacta diretamente o custo final, pois possibilita a redução de 14 etapas da alvenaria convencional para 9 etapas, também reduzindo a produção de entulho. Foram ainda escolhidas fôrmas metálicas de alumínio cujo fornecedor indica 1000 vezes sua reutilização, porém a empresa adotou 800 (Informação obtida pelo engenheiro responsável da obra).

A execução das paredes de concreto da construtora nesta obra era de uma concretagem por dia para o ciclo de meio pavimento, sendo concretadas as paredes e as lajes ao mesmo tempo.

2.2 Elaboração do *check-list*

A execução da obra avaliada iniciou antes da publicação da Norma. Feito o levantamento dos procedimentos da construtora, tendo como referencia o *check-list* elaborado, pode-se constatar o quanto o processo de execução das paredes de concreto realizado pela empresa segue a norma vigente.

A elaboração do *check-list* seguiu a mesma sequência de apresentação dos itens da Norma, visando manter esta ordem ao longo de todo desenvolvimento do trabalho. A lista é apresentada na figura 1.

	CHECK-LIST DOS REQUISITOS DA NBR 16055/2012	Tolerância	SIM	NÃO	N.A.
1 -	**PROJETO FÔRMAS**				
1.1 -	Existe projeto do sistema de fôrmas?				
1.2 -	Detalhe geométrico e posição dos painéis				
1.3 -	Detalhe geométrico dos equipamentos auxiliares				
1.4 -	Detalhe geométrico do travamento e aprumo				
1.5 -	Detalhe do escoramento e do escoramento remanescente				
1.6 -	Tempo de retirada do escoramento remanescente				
1.7 -	Carga acumulada no escoramento residual				
1.8 -	Sequência a ser executada de montagem e desmontagem das fôrmas				
1.9 -	Coordenação modular (10 cm módulo mínimo, folgas e tolerâncias)				
1.10 -	Execução conforme contra flechas estabelecidas				
2 -	**COMPONENTES EMBUTIDOS E ABERTURAS TEMPORÁRIAS**				
2.1 -	Todos elementos previstos estão embutidos nas paredes após desforma				
2.2 -	Verificação da concentração dos elementos embutidos ou furos (projetista)				
2.3 -	Preservação do formato dos componentes embutidos				
2.4 -	Proteção dos componentes metálicos contra corrosão				
2.5 -	Aberturas temporárias preenchidos com material semelhante do concreto utilizado na estrutura				
3 -	**APLICAÇÃO DE DESMOLDANTE**				
3.1 -	Uso de desmoldante?				
3.2 -	Aplicação conforme recomendação do fabricante (aspectos ambientais e de saúde ocupacional)				
3.3 -	Não aderência do concreto à fôrma				
3.4 -	Não apresentar resíduos na superfície das paredes				
	CHECK-LIST DOS REQUISITOS DA NBR 16055/2012	**Tolerância**	**SIM**	**NÃO**	**N.A.**
4 -	**ARMADURA**				
4.1 -	Aço de qualidade especificada em projeto com identificação na obra				
4.2 -	No recebimento, transporte, armazenagem e posicionamento, as armaduras não são danificadas e estocadas diretamente no solo				
4.3 -	Limpeza superficial ou energética a ser feita quando as armaduras apresentarem produtos destacáveis ou oxidação				
4.4 -	Retirar sal e cloretos se apresentar corrosão				
4.5 -	Cobrimento por espaçadores sempre na armadura mais exposta, distribuídos em quantidade suficiente e devidamente fixados				
4.6 -	Emendas de telas soldadas feitas conforme projeto estrutural				
4.7 -	Introdução da armadura da laje na armadura da parede para ancoragem, seguindo comprimento de ancoragem				
4.8 -	Disposição de caminhos e passarelas para proteção da armadura antes e durante a concretagem				
5 -	**FÔRMAS**				
5.1 -	Verificação do nivelamento, prumo e alinhamento das fôrmas antes da concretagem				
5.2 -	Estanqueidade das juntas das fôrmas (evitar perda de pasta)				
5.3 -	Limpeza interna das fôrmas				
5.4 -	Conferência dos escoramentos, alinhadores horizontais e aprumadores conforme projeto para permitir tráfego de pessoas e equipamentos necessários a concretagem				
6 -	**CONCRETAGEM**				
6.1 -	Espessura das paredes	± 5 mm			
6.2 -	Comprimento das paredes	± 10 mm			
6.3 -	Desalinhamento horizontal	ℓ/500 ou 5 mm			
6.4 -	Desalinhamento vertical e desaprumo	h/500 ou 5 mm			
6.5 -	Posicionamento das armaduras - tela dupla	1 cm			
6.6 -	Posicionamento das armaduras - pontos isolados	2 cm			
6.7 -	Nivelamento das fôrmas deve ser feito antes da concretagem	10 mm			
6.8 -	Nivelamento do pavimento, após a concretagem (ainda escorado)	10 mm			
6.9 -	Estabelece Plano de Concretagem?				
6.10 -	Área ou volume concretados em função do tempo				
6.11 -	Relação entre lançamento, adensamento e acabamento				
6.12 -	Juntas de concretagem				
6.13 -	Acabamento final que se deseja obter				
6.14 -	Pessoal e equipamentos suficiente para que o concreto se mantenha plástico e livre de juntas não previstas				
6.15 -	Tempo inferior a 90 minutos entre o início da mistura e a entrega do concreto				
6.16 -	Tempo inferior a 150 minutos entre o início da mistura e o final da aplicação do concreto na fôrma				
6.17 -	Aditivos constam nas especificações do concreto e do documento de entrega				
6.18 -	Verificação do abatimento ou o espalhamento limite especificado no documento				
6.19 -	Uso concreto autoadensável **recomendado (quando altura de queda livre maior que 2 m)**				
6.20 -	Uso de dispositivos (funis, calhas, trombas) **recomendado (quando altura de queda livre maior que 2 m)**				
6.21 -	Concretagem de laje inclinada e escadas de baixo para cima				

continua

continuação

	CHECK-LIST DOS REQUISITOS DA NBR 16055/2012	Tolerância	SIM	NÃO	N.A.
7 -	**ADENSAMENTO**				
7.1 -	Adensamento do concreto (se não adensável)				
7.2 -	Enchimento da fôrma sem ocorrência de ar aprisionado, presença de dispositivos que garantem a saída deste ar				
7.3 -	Acompanhar o enchimento das fôrmas com leves batidas de martelo de borracha				
8 -	**CONTROLE DO CONCRETO**				
8.1 -	Controle tecnológico do concreto no estado fresco				
8.2 -	Abatimento do tronco de cone				
8.3 -	Comprovação da resistência de desforma e resistência característica do concreto aos 28 dias				
8.4 -	Realização em concretos autoadensáveis dos ensaios de espalhamento, tempo de escoamento, caixa-L, funil-V, anel-J e coluna de segregação.				
9 -	**JUNTAS DE CONCRETAGEM**				
9.1 -	Remoção da nata da pasta de cimento e limpeza da superfície nas juntas de concretagem antes do lançamento				
9.2 -	Deixar arranques da armadura ou barras cravadas ou reentrâncias no concreto velho				
9.3 -	Juntas localizadas onde menor forem os esforços de cisalhamento e normal a compressão				
10 -	**ACABAMENTO**				
10.1 -	Processo de lançamento e adensamento de forma a obter um material homogêneo e compacto com mínimo manuseio possível				
11 -	**CURA**				
11.1 -	Execução da cura do concreto				
11.2 -	Paredes				
11.3 -	Lajes				

Figura 1 – *Check-list*

3. COMPARAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DA NBR 16055/2012 COM A OBRA ESTUDADA

Após a confecção do *check-list*, foi possível observar os parâmetros da norma na obra com maior facilidade. A comparação da execução das paredes de concreto com os procedimentos da NBR 16055/2012 é detalhada em onze itens, conforme a seguinte divisão:

a) projeto de fôrmas;

b) componentes embutidos e aberturas temporárias;

c) aplicação de desmoldante;

d) armadura;

e) fôrmas;

f) concretagem;

g) adensamento;

h) controle do concreto;

i) juntas de concretagem;

j) acabamento;

k) cura.

3.1 Projeto de fôrmas

A obra utilizava três conjuntos de fôrmas: térreo, pavimento tipo e cobertura, previsto em projeto específico. Constava no projeto, a geometria e posição dos painéis, com respectiva sequência de montagem e desmontagem das fôrmas. Os painéis das fôrmas tinham numeração para facilitar o manuseio, manter a sequência e evitar trocas na hora da colocação dos painéis. O projeto continha os equipamentos auxiliares detalhados, tais como a bandeja de proteção da periferia e da laje do pavimento a ser concretado, bem como o posicionamento das chapas de aço, abaixo dos vãos das janelas, que garantem a não concretagem do vão para instalação do ar condicionado. Outro item previsto são as escoras entre os vãos das portas, para assegurar o correto tamanho das aberturas.

O travamento e aprumo das fôrmas é detalhado com a geometria e quantidade das ferramentas utilizadas para esta finalidade. Em relação ao escoramento do sistema, o projeto indica fôrmas específicas que recebem o escoramento ou escoramento residual. A carga no escoramento residual foi calculada considerando 28 dias, tempo mínimo para o concreto atingir a resistência de projeto.

Coordenação modular foi adotada no projeto, pois esta é a grande vantagem do sistema de fôrmas, facilitando a reutilização das mesmas fôrmas em outros empreendimentos. Nas medidas do projeto, o módulo mínimo de 10 cm para dimensões horizontais e verticais foram respeitadas. A espessura de todas as paredes era de 10 cm. Não foram previstas contra-flechas. Após considerar os itens referentes ao projeto das fôrmas, a obra em estudo atendeu aos requisitos da NBR 16055/2012.

3.2 Componentes embutidos e aberturas temporárias

Conforme a NBR 16055/2012, todos os elementos previstos em projeto devem estar embutidos nas paredes após a desforma. Para a obra avaliada, estes elementos eram compostos por armaduras e eletrodutos para as instalações elétricas, visto que no projeto são previstos *shafts* para as instalações hidráulicas na vertical devido à espessura das canalizações que poderia comprometer a estrutura. Assim como, as tubulações horizontais de hidráulica foram executadas externamente às paredes. Alguns desses componentes embutidos ficaram aparentes após a retirada das fôrmas, como as barras de aço e tubulações elétricas, não atendendo a Norma.

A disposição dos elementos embutidos dentro das fôrmas foi aprovada pelo projetista estrutural. No momento da concretagem, visualmente, estes elementos não foram danificados e mantiveram o seu formato inicial. Porém, a armadura que ficou exposta após desforma, ficou desprotegida, pois não há o cobrimento do concreto previsto. Não havia outros componentes metálicos a serem embutidos nas paredes, assim como também não foram feitas aberturas para trabalhos temporários.

3.3 Aplicação de desmoldante

Na obra, era usado desmoldante em todas as fôrmas antes da montagem dos painéis. A aplicação era feita de maneira uniforme e regular nas fôrmas secas com o rolo de espuma, conforme recomendação do fabricante. O uso de desmoldante seguiu as exigências da NBR 16055/2012.

3.4 Armadura

O aço não estava devidamente identificado na obra. Embora não se tenha uma grande variedade de armadura no empreendimento, todas as barras de aço deviam ser identificadas com etiquetas para evitar qualquer troca. Outro problema observado, indo contra as prescrições da norma, foi a estocagem da ferragem diretamente no solo, podendo gerar danos à superfície das barras.

No que diz respeito à limpeza superficial ou enérgica, não foi observado a olho nu nenhum produto destacável ou oxidação que implique em redução de seção do material que justificasse tal procedimento. Constatou-se uma camada de oxidação superficial, que não foi submetida a nenhum tipo de limpeza e conferência posterior, porém "As armaduras levemente oxidadas por exposição ao tempo em ambientes de agressividade fraca a moderada sem produtos destacáveis, e sem redução de seção, podem ser empregadas em estruturas de parede de concreto." (ABNT, 2012, p. 25).

No próximo item do *check-list*, cobrimento das armaduras, a norma somente indica que os espaçadores devem estar distribuídos em certa quantidade para garantir o cobrimento do concreto e bem fixados para evitar sua movimentação. A obra utilizou espaçadores nomeados de "bolacha" nas paredes e "lagartixa**"** nas lajes, conforme especificação técnica. Porém, algumas das medidas não foram tomadas corretamente, pois foi observado que após a desforma, a armadura de reforço da esquadria ficou aparente. A causa possível deste fato foi a deficiência de espaçador neste local. Alguns painéis eram fechados e não eram colocados elementos para garantir o cobrimento destas paredes. Logo, frente a este item, a norma não foi atendida.

As emendas necessárias para que a armadura se tornasse contínua em toda a extensão da parede se deu pela sobreposição das malhas. A execução dessa tarefa seguiu o comprimento da emenda previsto no projeto estrutural, adequando-se à Norma. Assim como a ancoragem dos elementos estruturais foi verificada. Foi observado a introdução da armadura da laje na armadura da parede com seu devido comprimento de ancoragem

A norma indica proteções antes e durante a execução do lançamento de concreto na laje, que se faz necessário para evitar deslocamentos da armadura. Não foram dispostos caminhos e passarelas sobre área a ser concretada em momento algum. Sendo assim, a proteção das armaduras durante a execução não foi realizada, segundo consta na norma.

3.5 Fôrmas

Os painéis das fôrmas devem ser conferidos antes da concretagem, quanto as suas dimensões e a sua posição. No entanto, a obra não utilizou nenhum instrumento de medição para verificar o nivelamento, prumo e alinhamento das fôrmas, contando apenas com a análise visual. Para avaliar se as fôrmas estavam dentro das tolerâncias, a obra deveria ter utilizado, por exemplo, o nível laser, prumo e trena para essa verificação.

Em relação à condição de estanqueidade das juntas das fôrmas, notou-se que a obra teve perda de nata de cimento pela parte inferior e nas laterais dos painéis. Em alguns momentos, utilizou-se papel dos sacos de cimento para vedar as juntas dos painéis das paredes com as lajes. Porém, mesmo assim, houve escoamento da nata na terminação das fôrmas. Assim, tinha-se o retrabalho de realizar a regularização das juntas horizontais e verticais, que apresentaram excesso de nata, conhecido como rebarba do concreto.

Outro item com irregularidade em relação à norma foi a ausência de limpeza da superfície interna das fôrmas. A estrutura era desformada e não era feita nenhuma correção ou limpeza na superfície dos painéis, pois o desmoldante era diretamente aplicado.

Já a conferência visual do tipo, posicionamento e quantidade dos escoramentos, bem como dos dispositivos para fechamento e alinhamento dos painéis, foi respeitada e realizada conforme projeto. Os materiais estavam dispostos de forma a permitir a movimentação durante o processo de concretagem. Visto isso, o atendimento da norma se fez presente no que se refere às condições dos escoramentos.

3.6 Concretagem

A espessura das paredes, comprimento das paredes, desalinhamentos horizontal e vertical devem ser verificadas antes da concretagem e estar dentro das tolerâncias de acordo com as especificações da norma. A espessura das paredes era de 10 cm, logo a tolerância para o comprimento das paredes era de 10 mm (um décimo da espessura).

Durante a etapa de marcação das paredes foi verificado com a trena que a espessura e os comprimentos estavam todos conforme o projeto de planta baixa, não havendo sequer o desvio tolerável. Porém, quando medido a espessura das paredes nos vãos após a concretagem, percebeu-se que a maioria das paredes estavam com os 5 mm de folga a mais do valor de projeto. Essa diferença revela que o problema de não garantir a exata largura entre painéis podia estar no sistema de fôrmas, tanto no momento do fechamento dos painéis, quanto na hora em que o concreto era lançado, causando pressão interna nas fôrmas. Contudo, os valores estavam dentro do limite imposto pela norma.

Conforme tratado anteriormente, nenhuma checagem era feita pela obra com nível de alumínio, prumo e trena para comprovar o alinhamento horizontal e vertical das paredes.

Apesar disso, para analisar este item do *check-list*, foi retirado as medidas necessárias com estes instrumentos e chegou-se a conclusão que as paredes estavam dentro dos padrões que a norma estabelece, isto é, dentro do limite de 5 mm.

O posicionamento das armaduras das telas soldadas centradas verticais foi garantido pela utilização dos espaçadores tipo bolacha. O cobrimento nestes pontos não foi comprometido, respeitando a norma. Apesar de não realizar o nivelamento das fôrmas antes da concretagem, foi feita a conferência do nível da laje após a concretagem, com o nível laser. Admitiu-se a tolerância de 10 mm igual ao da Norma.

Na sequência dos itens a serem verificados, o próximo foi o plano de concretagem definido para a obra. Em função do tempo de concretagem, foi estabelecido que o ciclo de concretagem seria de aproximadamente 25 à 30 m^3 de concreto, que equivale a meio pavimento. A quantidade maior seria para o lado do pavimento com a área comum da escada. Outra definição era que se começava o lançamento do concreto pelas paredes, e só então seguia para as respectivas lajes.

A relação entre lançamento, adensamento e acabamento deve seguir a NBR 14931 (ABNT, 2004), com o lançamento processado de forma contínua, sem formação de juntas frias e sobrecarga nas fôrmas e escoramentos. A execução observada esteve conforme o plano da obra e especificação da norma. Foi previsto juntas de concretagem, visto que a concretagem do pavimento era realizada em duas etapas. O acabamento final da parede após a desforma deveria ser o mais plano possível e sem falhas de concretagem. Os problemas de acabamento verificados são detalhados nos próximos itens.

A capacidade de pessoal era de seis operários para o serviço de concretagem e o equipamento utilizado era apenas um vibrador. O concreto se manteve plástico durante a execução e a equipe de trabalhadores conseguiu realizar a tarefa de lançamento, adensamento e acabamento durante o tempo estipulado.

No que se refere ao recebimento do concreto, ele era produzido na central e transportado para o empreendimento. Era conferido a nota fiscal e identificação dos caminhões-betoneira com lacre de segurança no momento de chegada, verificando se o tempo entre a primeira adição de água e entrega do concreto estava dentro do limite normatizado.

Foram necessários 4 caminhões, sendo que desde a chegada na obra até a finalização da aplicação passaram menos de 30 minutos por caminhão, bem inferior ao que a norma tolera. Também no documento de entrega constavam os aditivos a serem empregados, o superplastificante e o acelerador de pega. A especificação do abatimento para o concreto recém chegado no canteiro de obra era 10 cm mais ou menos dois cm e após a aplicação do aditivo superplastificante, seria realizado o ensaio de espalhamento com previsão de resultado de 22 cm mais ou menos três cm.

Foi analisado que o ensaio de abatimento no primeiro caminhão esteve com o seu valor inferior ao previsto no documento, chegou a aproximadamente seis cm. Porém, os operários continuaram com o trabalho, não adicionando água complementar conforme especificado pela norma para corrigir o traço, aplicando diretamente o aditivo superplastificante. Entretanto, no ensaio de espalhamento, o concreto chegou ao valor de 19 cm, sendo aprovado para a descarga do concreto. Assim, o procedimento da norma não foi atendido.

Com a finalidade de checar as recomendações da norma quanto à queda do concreto ser maior que dois metros, tendo em vista que no empreendimento estudado o pé-direito era de 2,60 m, levando a tais considerações, observou-se:

a) a obra utilizou o concreto convencional, ou seja, não adotou o concreto auto adensável que possui fluidez e coesão necessária para escoar nas barras e em outros componentes embutidos;

b) não foi utilizado dispositivos que minimizam a segregação e falta de argamassa na peça a ser concretada.

A norma dá ênfase aos elementos inclinados, como escadas, que devem ser concretados de forma ascendente, porém mais uma vez o procedimento observado foi contrário à referida norma.

3.7 Adensamento

Tendo em vista que na obra em estudo o concreto utilizado era o convencional, o adensamento se faz necessário. Ele foi realizado com vibrador de imersão, porém observou-se:

a) pequenas falhas de concretagem pela ocorrência de ar aprisionado dentro das fôrmas junto as instalações embutidas na laje e formação de bolhas na superfície das paredes;

b) nenhum dispositivo para garantir a saída do ar das fôrmas;

c) não foi realizado o acompanhamento do enchimento das fôrmas com martelo de borracha na superfície dos painéis.

3.8 Controle do concreto

O controle tecnológico do concreto era feito nos dois estados: fresco e endurecido. No estado fresco realizaram o abatimento do tronco de cone e retiraram as amostras para a montagem dos corpos-de-prova. Este controle era feito por amostragem total, isto é, de todos os caminhões era retirado dois corpos-de-prova para teste da resistência de desforma em 14 horas, dois para sete dias e dois para a resistência característica aos 28 dias.

Para a aceitação do concreto no estado endurecido, era exigido a resistência de 3 MPa no primeiro teste e para aceitação definitiva, aos 28 dias, era necessário a comprovação de 25

MPa. Todos os ensaios do ciclo acompanhado estavam acima dos 3 MPa e foram liberados para desforma. Logo, o único item que apresentou irregularidade perante a norma foi o abatimento do tronco de cone, porque foi aceito mesmo estando com o valor inferior ao do documento e não foi tomada nenhuma medida de acrescentar água na obra.

3.9 Juntas de concretagem

Na verificação do item juntas de concretagem, percebeu-se que não atendeu à norma:

a) a limpeza da junta não foi realizada, bem como a pasta do concreto não foi removida. Visto que o material solto não foi retirado, não foi feito o jateamento após a pega do concreto e nem o apicoamento da superfície a fim de deixar o material graúdo aparente;

b) nenhum outro produto foi utilizado para melhorar a aderência entre as camadas de concreto;

c) a junta nas paredes era localizada na posição vertical, ou seja, ao longo dos esforços de cisalhamento e não era perpendicular aos esforços de compressão, conforme especificado na norma.

Os arranques de armadura para aumentar a resistência no local da junta da laje foi observado como indica na norma.

3.10 Acabamento

O lançamento e adensamento acompanhados na obra resultaram em uma superfície com vazios na massa de concreto, provavelmente pela consistência não ter atingido o valor de projeto e pelo manuseio ocorrido em alguns momentos da concretagem, como na escada, que o acesso com a lança era mais difícil de executar. Com isso, o acabamento ficou prejudicado e não atendeu ao requisito da norma.

Nesta obra, as falhas, tanto interna como externas, eram corrigidas com um material, denominado estuque, composto por argamassa de gesso e cal. Esta prática não seria recomendada, pois o gesso em contato com a armadura desprotegida iniciaria o processo de corrosão. O gesso, também, é afetado na presença de umidade, ocasionando patologia na superfície da parede, como o descolamento do revestimento. Não foi observada na concretagem acompanhada nenhuma falha que comprometesse a continuidade da parede. Caso ocorresse este tipo de falha e dependendo do tamanho do vazio, teria sido preenchido com graute.

3.11 Cura

Por fim, sabe-se que para assegurar a resistência e uma maior durabilidade da edificação, deve-se executar a cura do concreto. A cura, conforme o item 20 da NBR 16055/2012, não foi

realizada na obra, nem nas lajes e nem nas paredes, comprometendo o desempenho e qualidade da estrutura.

4. ANÁLISE E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada avaliando o processo executivo de um sistema parede de concreto moldado no local possibilitou comparar a teoria e as práticas recomendadas de projeto e execução e observar o que de fato vem sendo executado em uma obra da construtora analisada, possibilitando a avaliação de possíveis falhas que levem a manifestações patológicas na estrutura.

Na avaliação final do *check-list*, dos 66 itens acompanhados na obra, 22 não estavam de acordo com a NBR 16055/2012. Quando um projetista elabora um projeto ou quando um profissional executa uma obra, sempre o fazem seguindo as normas que regulamentam o sistema construtivo adotado, visando atender todas as recomendações prescritas. Logo, a hipótese de que a construtora, que tem construído edificações empregando paredes de concreto moldado no local, executaria este sistema conforme previsto na norma, apesar dela ter sido publicada após o início da obra, não se confirmou.

Apesar disso, se a construtora rever o seu processo construtivo das paredes de concreto moldadas no local e realizar algumas modificações, como nos itens de maior gravidade que são o cuidado com o cobrimento dos elementos embutidos, verificação do nivelamento das fôrmas, melhoria durante o adensamento para que promova uma superfície sem vazios e realização da cura, ela poderá, assim, se adequar com maior facilidade à norma. Assim, os próximos empreendimentos com esse sistema atenderiam a execução conforme os requisitos normatizados pela NBR 16055/2012, diminuindo a possibilidade da ocorrência de erros que pudessem levar o sistema a apresentar manifestações patológicas que diminuiriam a vida útil da estrutura.

Algumas vantagens do sistema de paredes de concreto moldadas no local não foram observadas, como a maior planicidade da parede, como indica a ABESC (2014), que permitiria que a superfície fosse pintada diretamente. Alguns retrabalhos foram constantes durante a execução para regularizar as paredes, equipes corrigiam as rebarbas do concreto e preenchiam os vazios com estuque. Somente após a aplicação do estuque, as paredes podiam receber a camada de selador, iniciando o sistema de pintura. A presença destas rebarbas está diretamente ligada a falhas no sistema de fôrmas, mais especificamente do sistema de fechamento e vedação das fôrmas. A qualidade do material utilizado ou o número de reutilizações do conjunto deveriam ser mais bem avaliados.

Um melhor acabamento superficial das paredes de concreto seria obtido com o uso do concreto auto adensável, ao invés do convencional, conforme recomenda a NBR 16055/2012.

As suas propriedades são tais, que, assim, a vibração não se faz necessária. A otimização com o uso de funis, calhas ou trombas em peças altas no momento da concretagem também traria benefícios.

A obra deve rever a execução da regularização de paredes, principalmente a aplicação de estuque nas áreas molhadas, nas paredes da fachada e em locais que a armadura ficou exposta. Nesses ambientes o material recomendável para a correção das irregularidades observadas nas paredes seria o graute, pois ele tem maior resistência, garante a proteção da armadura e tem uma maior semelhança com as propriedades do concreto.

Outros elementos, que por serem executados de forma diferente do previsto em norma, também precisaram de correções com aplicação de estuque, foram armaduras e eletrodutos, que após a desforma não estavam completamente embutidos na estrutura. A falha ocorreu pela falta de espaçadores que garantiriam o devido cobrimento destes elementos embutidos pelo concreto, assim evitando a corrosão das armaduras, pois a aplicação de estuque não fornece a proteção adequada, propicia o início da corrosão e leva a uma diminuição da vida útil do sistema estrutural.

Outro tópico, a cura do concreto que está prevista em norma, porém não realizada na obra avaliada, é um procedimento que precisa ser revisado na execução do sistema pela construtora nos próximos empreendimentos. A cura precisa ser feita assim que se desforma as paredes e se faz o acabamento das lajes, para evitar problemas como a fissuração da superfície, que surge pela evaporação de um grande volume de água logo após a concretagem. A evaporação da água, responsável pela reação de hidratação, diminui a resistência e a vida útil das peças concretadas. Como as paredes são elementos verticais, o processo de cura torna-se mais trabalhoso, mas uma opção é fazer a cura por aspersão ou borrifamento de água nas paredes.

A diminuição do número de reaproveitamentos do sistema de fôrmas metálicas ou a adoção de fôrmas de melhor qualidade, a utilização de graute para a correção de falhas de concretagem que mesmo com o cuidado com as fôrmas ocorressem, o uso de concreto auto adensável, o mais indicado para este sistema construtivo, e a execução de um processo de cura adequado, permitiriam a diminuição de falhas que levariam a manifestações patológicas, principalmente a corrosão de armadura. Em uma edificação que adota o sistema parede de concreto moldado no local, a ocorrência de corrosão de armadura levaria a uma diminuição considerável da vida útil desta estrutura.

Por fim, cabe salientar a importância da normatização do sistema construtivo, pois se a execução seguir os procedimentos previstos na norma se tem a garantia da correta execução da estrutura, obtendo maior durabilidade, evitando retrabalhos e atrasos no cronograma da obra, permitindo assim a viabilidade do sistema.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055**: parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM. Paredes moldadas *in loco*. São Paulo, 2012. Não paginado. Disponível em: <http://www.abesc.org.br/tecnologias/tec-pre-moldado-in-loco/sistemas_pmiloc_pmiloc.html>. Acesso em: 11 fevereiro 2014.

NUNES, V. Q. G. **Análise estrutural de edifícios de paredes de concreto armado**. 2011. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931**: execução de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2004.