

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Rodrigo Silva Kaczynski

**SISTEMAS PAREDE DE CONCRETO ARMADO MOLDADA
NO LOCAL: ALTERNATIVA CONSTRUTIVA PARA
EMPREENHIMENTOS HABITACIONAIS
NA REALIDADE CONTEMPORÂNEA**

Porto Alegre
dezembro 2014

RODRIGO SILVA KACZYNSKI

**SISTEMAS PAREDE DE CONCRETO ARMADO MOLDADA
NO LOCAL: ALTERNATIVA CONSTRUTIVA PARA
EMPREENDEMENTOS HABITACIONAIS
NA REALIDADE CONTEMPORÂNEA**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientador: Luis Carlos Bonin

Porto Alegre
dezembro 2014

RODRIGO SILVA KACZYNSKI

**SISTEMAS PAREDE DE CONCRETO ARMADO MOLDADA
NO LOCAL: ALTERNATIVA CONSTRUTIVA PARA
EMPREENHIMENTOS HABITACIONAIS
NA REALIDADE CONTEMPORÂNEA**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 1º de dezembro de 2014

Prof. Luis Carlos Bonin
Mestre pelo PPGEC/UFRGS
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Dra. pelo PPGA/UFRGS
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Nei Ricardo Vaske
Dr. pelo PPGEC/UFRGS

Anderson Augusto Muller
Mestre pelo PPGEC/UFRGS

Luis Carlos Bonin
Mestre pelo PPGEC/UFRGS

Dedico este trabalho a meus pais, Neide e Fernando, que sempre me apoiaram e, especialmente durante o período do meu Curso de Graduação, estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Luis Carlos Bonin, orientador deste trabalho, por clarear minhas ideias e direcioná-las para serem transformadas em conhecimento para o desenvolvimento do trabalho durante os inúmeros encontros e conversas.

Agradeço ao Engenheiro da empresa citada na entrevista constante do meu trabalho pela disponibilidade em me receber e esclarecer minhas dúvidas.

Agradeço a Profa. Carin Maria Schmitt pelas sempre prestativas orientações.

Agradeço a minha mãe, Neide Pirillo Silva, que incentivou meus estudos durante todas as fases da minha vida e me deu suporte para seguir minhas escolhas por mais diversas que tenham sido até encontrar o caminho da graduação.

Agradeço ao meu pai, Fernando Kaczynski, pela inspiração de seguir a profissão de Engenheiro Civil, mostrando ao longo da graduação as melhores maneiras de solucionar os problemas encontrados diariamente no trabalho.

Agradeço a minha noiva, Bárbara de Sampaio dos Santos, por me incentivar a finalizar meu curso para seguirmos juntos uma nova etapa das nossas vidas.

Agradeço a minha avó, Marlene Pirillo Silva, e minha madrinha, Deise Pirillo Silva, que sempre estiveram presentes na minha vida me apoiando em todos os momentos.

Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino.

Leonardo da Vinci

RESUMO

A construção civil representa uma parcela importante da economia do Brasil, principalmente durante este período, em que o Governo Federal, por meio do programa habitacional Minha Casa, Minha Vida, incentiva o setor a investir em um mercado que atenda à população de baixa renda. Nos empreendimentos imobiliários voltados para habitações de interesse social há uma margem pequena entre custos e preços de venda, daí o interesse de empresas da construção civil em introduzir em suas obras métodos construtivos baseados nos conceitos de industrialização na construção visando a racionalização do processo construtivo. Atentando a este cenário, o presente trabalho aborda os sistemas parede de concreto armado moldada no local, fazendo uma descrição detalhada deles e suas variações, salientando oportunidades de utilização bem como restrições e dificuldades que se apresentam ao longo da execução desses sistemas nesse tipo de empreendimento. A partir da revisão da literatura são identificadas as vantagens e desvantagens referentes tanto à industrialização na construção, quanto aos sistemas parede de concreto armado moldadas no local. É realizada uma entrevista com um agente executor do sistema para que seja expressa sua experiência prática em relação aos sistemas. Em seguida, é apresentada uma descrição comparativa entre o que se encontra na literatura e a vivência e opinião do entrevistado. Por fim, baseado no estudo realizado, são feitas considerações que demonstram a viabilidade de se implementar os sistemas parede de concreto armado moldada no local em obras habitacionais na realidade contemporânea.

Palavras-chave: Parede de Concreto Armado Moldada no Local.
Industrialização na Construção. Habitação de Interesse Social.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de relação das etapas da pesquisa	15
Figura 2 – Casas executadas com o sistema parede de concreto armado moldada no local	23
Figura 3 – Armaduras posicionadas conforme projeto	27
Figura 4 – Instalações hidráulicas	28
Figura 5 – Instalações elétricas	28
Figura 6 – Fôrmas metálicas	31
Figura 7 – Fôrmas plásticas	31
Figura 8 – Aplicação do concreto	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo dos sistemas de fôrmas	31
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	13
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	13
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	13
2.2.1 Objetivo principal	13
2.2.2 Objetivos secundários	13
2.3 PREMISSA	14
2.4 DELIMITAÇÃO	14
2.5 LIMITAÇÃO	14
2.6 DELINEAMENTO	14
3 INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO	17
4 DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS PAREDE DE CONCRETO ARMADO MOLDADA NO LOCAL	22
4.1 INTRODUÇÃO AOS SISTEMAS PAREDE DE CONCRETO ARMADO MOLDADA NO LOCAL	22
4.2 DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	24
4.2.1 Armaduras	25
4.2.2 Instalações	27
4.2.3 Fôrmas	29
4.2.4 Concretos	33
4.2.4.1 Concreto celular (tipo L1)	35
4.2.4.2 Concreto com alto teor de ar incorporado (tipo M)	35
4.2.4.3 Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica (tipo L2)	36
4.2.4.4 Concreto autoadensável	36
5 VANTAGENS E DESVANTAGENS NA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA PAREDE DE CONCRETO ARMADO MOLDADA NO LOCAL ...	39
5.1 QUANTO À INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO	39
5.2 QUANTO AOS SISTEMAS PAREDE DE CONCRETO ARMADO MOLDADA NO LOCAL	40
6 ENTREVISTA COM UM AGENTE EXECUTOR DO SISTEMA	49
6.1 MÉTODO DA ENTREVISTA	49
6.2 A ENTREVISTA.....	50
6.3 ANÁLISE CONCLUSIVA	53
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56

REFERÊNCIAS	58
APÊNDICE	60

1 INTRODUÇÃO

A construção civil exerce um papel importante na economia do País, principalmente nos últimos anos em que o Governo Federal do Brasil incentiva o setor a investir no mercado de habitações de interesse social para suprir um déficit de moradia da população de baixa renda. O programa habitacional Minha Casa, Minha Vida foi implementado no Brasil em 2009 com o objetivo de sanar tamanha demanda que crescia no Brasil por moradia própria. Empresas construtoras e incorporadoras viram grande oportunidade de ampliação de seus negócios com o incentivo do Governo, que garantia não somente o financiamento das obras pela Caixa Econômica Federal, mas também o financiamento aos compradores dos imóveis.

Os empreendimentos de interesse social começaram a tomar proporções cada vez maiores, porém só são realizadas as obras após uma ampla análise que comprove a sua viabilidade. Inúmeras vezes projetos não se tornam viáveis devido à pequena margem de lucro que há entre o custo da execução e o valor de venda do imóvel pronto. Em imóveis destinados à habitação de interesse social, o incorporador do empreendimento não pode extrapolar o valor de venda estipulado pelos agentes financiadores da compra, mas buscar o seu lucro na redução dos custos ou dos prazos, sem que isso comprometa a qualidade dos imóveis. Surgem, então, como alternativa de viabilização do projeto, métodos construtivos que buscam contemplar tais condições, dentre eles os sistemas parede de concreto armado moldada no local.

Presentes no Brasil desde a década de 1980, os sistemas finalmente estão se consolidando como uma alternativa viável graças ao empenho das empresas na busca da normatização. Desde 1992, existem Normas Técnicas referentes à execução de paredes de concreto celular moldadas no local. Em junho de 2010, foi publicada a Diretriz Sinat (Sistema Nacional de Avaliação Técnica) n. 001 para avaliação técnica de sistemas construtivos em paredes de concreto armado moldadas no local (BRASIL, 2010). Em abril de 2012, foi publicada a NBR 16055 – Parede de Concreto Moldada no Local para a Construção de Edificações – Requisitos e Procedimentos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012). Com todo esse suporte técnico, cada vez mais construtores estão optando por métodos construtivos alternativos para construção de obras no âmbito social, com retorno financeiro.

O presente trabalho, sobre os sistemas parede de concreto armado moldada no local, objetiva avaliar as oportunidades e as restrições dos sistemas. Por primeiro, neste trabalho é apresentada a definição de industrialização na construção, onde diversos conceitos são abordados para se ter um embasamento teórico dos objetivos a serem alcançados quando se implementa um sistema nesses moldes. Em seguida, são descritos os sistemas e demonstradas suas variações em relação às armaduras, às instalações, às fôrmas e aos concretos. A identificação das vantagens e das desvantagens apontadas por incentivadores dos sistemas - grupo constituído por fornecedores de materiais, Associação Brasileira de Cimento Portland, Associação Brasileira de Serviços de Concretagem e Instituto Brasileiro de Telas Soldadas -, objetivo secundário do trabalho, é sinalizada no capítulo seguinte. As oportunidades e as restrições são conferidas em entrevista realizada com um agente executor dos sistemas, seguidas de análise comparativa. Por fim, com base nesse material, é apresentado um capítulo com considerações finais.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: quais as características do sistema parede de concreto armado moldada no local em empreendimentos habitacionais na realidade contemporânea que confirmam a sua viabilidade técnica?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é a identificação das oportunidades e das restrições dos sistemas parede de concreto armado moldada no local quando implementados em obras habitacionais na realidade contemporânea.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) descrição dos sistemas parede de concreto armado moldado no local;
- b) identificação das vantagens e das desvantagens na implementação dos sistemas do ponto de vista dos agentes incentivadores;
- c) avaliação de um interveniente das oportunidades e das restrições sobre as vantagens e as desvantagens apontadas pelos incentivadores dos sistemas.

2.3 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que muitos construtores não optam pela utilização de métodos construtivos racionalizados em empreendimentos habitacionais por falta de conhecimento da sua viabilidade técnica.

2.4 DELIMITAÇÃO

O trabalho delimita-se à aplicação dos sistemas parede de concreto armado moldada no local no Estado do Rio Grande do Sul.

2.5 LIMITAÇÃO

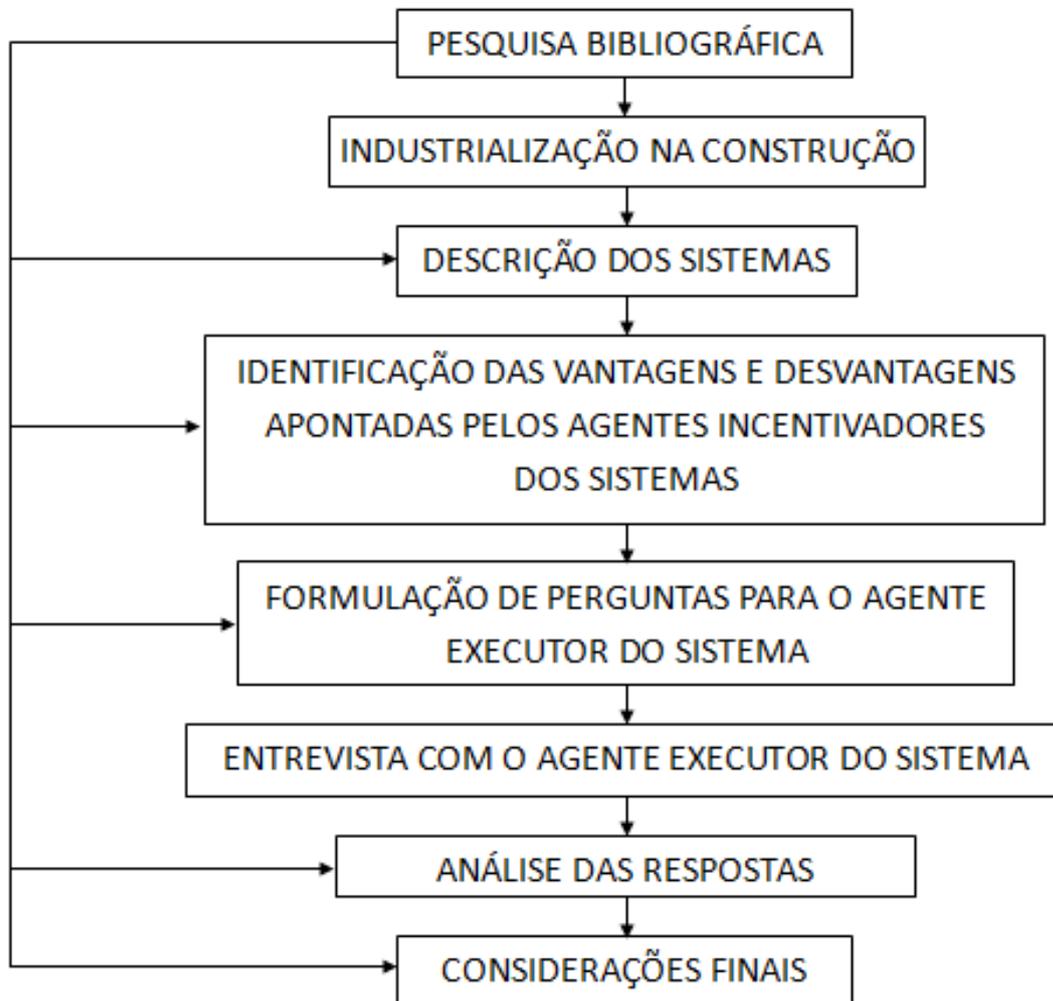
É limitação do trabalho uma entrevista com um agente executor do sistema parede de concreto armado moldada no local.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, representadas na figura 1 e descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) definição de industrialização na construção e desenvolvimento de suas características;
- c) descrição dos sistemas parede de concreto armado moldada no local;
- d) apresentação das vantagens e desvantagens dos sistemas do ponto de vista dos agentes incentivadores;
- e) formulação de roteiro de questionamentos para o agente executor do sistema;
- f) entrevista com o agente executor do sistema;
- g) identificação de oportunidades e restrições pela análise das respostas apresentadas;
- h) considerações finais.

Figura 1 – Diagrama de relação das etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A primeira etapa do trabalho, revisão bibliográfica, mantém-se paralela às etapas seguintes, pois foi por meio dessa que foram adquiridas as informações necessárias para a elaboração de alguns conceitos explicitados nas etapas subsequentes. Buscou-se pela revisão bibliográfica formar a definição de industrialização na construção e descrever suas características. Cada uma das definições demanda uma série de opiniões de autores diversos para que a compilação das ideias se tornasse útil para o escopo deste trabalho. A descrição detalhada dos sistemas parede de concreto armado moldada no local e a apresentação dos componentes e requisitos para que o sistema seja executado segundo orientações normatizadas foram expostas em etapa posterior.

Em seguida, buscou-se na literatura as vantagens e desvantagens de se implementar os sistemas parede de concreto armado moldadas no local referentes à industrialização na construção, bem como as vantagens e desvantagens apontadas pelos agentes incentivadores quanto aos sistemas. Essa etapa resultou em um embasamento teórico que posteriormente fosse conferido junto a um agente executor com amplo conhecimento sobre o assunto.

Após a formulação dos conceitos imprescindíveis para a compreensão do trabalho, foi elaborado um roteiro básico de questionamentos a um dos agentes que compõem a cadeia do sistema. Foi escolhida uma empresa da construção civil que utiliza os sistemas em empreendimentos habitacionais no Estado do Rio Grande do Sul. A aplicação dos questionamentos foi dirigida ao agente executor do sistema por meio de entrevista individual, semiestruturada, com perguntas abertas.

As etapas finais do trabalho consistem na análise das respostas do entrevistado e na identificação dos pontos nos quais a literatura e o entrevistado concordam ou discordam. A análise dessas respostas identifica as oportunidades e as restrições de implementar os sistemas parede de concreto armado moldada no local, servindo como base para a definição das características que confirmem sua viabilidade técnica.

3 INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO

O presente capítulo consiste na compilação de opiniões de autores distintos com o propósito de serem formuladas definições para o contexto deste trabalho. Parte-se das definições de industrialização na construção e, após, são abordados diversos conceitos diretamente relacionados a este tema.

Se se comparar a indústria da construção civil com a indústria automobilística, paradigma de cadeia de montagem de uma produção industrial, percebe-se que “[...] a construção industrializada está longe de ser considerada como um processo industrial.” (DUARTE, 1982, p. 5). O que ocorre atualmente na construção civil, na maioria dos casos, são pequenas mudanças em determinadas partes da cadeia produtiva que se assemelham ao processo industrializado. Algumas etapas da cadeia estão passando por transformações nos últimos anos; antes, prevaleciam os métodos construtivos tradicionais, em que os operários de uma construção eram os responsáveis por praticamente todas as etapas, salvo em alguns casos, como, por exemplo, nas fundações em que já se utilizava mecanização.

Essas transformações são caracterizadas de diversas maneiras, e Ordoñez (1974, p. 31, tradução nossa) reúne algumas definições de autores em relação ao que cada um considera industrialização na área da construção:

- a) *Atelier d'Urbanisme et d'Architecture*. Paris: “A industrialização da habitação não é outra coisa que a mecanização do projeto de construção em série”;
- b) Gerard Blachère. Diretor do C.S.T.B.: “Industrialização = Racionalização + Mecanização + Automação”;
- c) Fernando Cassinello. Arquiteto: “Industrializar é por a disposição da produção todos os avanços da técnica atual”;
- d) Instituto *Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento*: “Industrialização da construção é o emprego de forma racional e mecanizada de materiais, meios de transporte e técnicas construtivas para conseguir maior produtividade”;
- e) Tihamer Koncz. Engenheiro: “Industrialização é uma tarefa muito ampla que significa que o produto deve ser fabricado e armazenado ignorando por quem vai ser comprado e onde será utilizado”;
- f) Philippe Medelain. Periodista: “Industrialização em qualquer setor é a mudança de uma forma de fazer artesanal, com ajuda de uma numerosa mão-de-obra qualificada e de pequena produtividade, de um pequeno número de produtos em

uma extensa gama de modelos, à fabricação, com ajuda de uma mão-de-obra relativamente pouco numerosa, pouco qualificada e de alta produtividade, de um grande número de produtos em uma reduzida gama de modelos”;

- g) Ricardo Meregaglia. Arquiteto: “Industrialização é um fato organizativo, uma mentalidade, significa transformar a empresa de construção de mentalidade artesanal em uma verdadeira indústria”;
- h) Joseph Movshin: “A industrialização é um método produtivo estabelecido sobre processos mecanizados e/ou organizados, de caráter repetitivo”;
- i) Real Instituto de Arquitetos da Inglaterra: “Industrialização consiste em um número de atividades coordenadas nos campos: técnico, econômico e comercial. A industrialização da construção se define como uma organização que aplica os melhores métodos e técnicas ao processo integral de demanda e projeto, da fabricação e da construção”;
- j) Norman Wakefield. Presidente da Rouse-Wates Inc. Columbia: “A industrialização da construção se define como integração total do projeto, marketing, e montagem em ordem de fazer o melhor uso possível dos meios e talentos disponíveis”.

Apesar de haver inúmeras formas de definir a industrialização na construção, podem-se destacar algumas que são pertinentes ao contexto deste trabalho. Para Lino (2005, p. 63), a industrialização “[...] basicamente consiste em eliminar os aspectos artesanais do processo de produção e passar a operar com a ótica de uma indústria.”.

Algumas outras definições se tornam úteis para a compreensão do propósito deste trabalho. Mecanização, racionalização, coordenação modular, avanços tecnológicos, produtividade, padronização e gestão de processos são os temas abordados nos próximos parágrafos.

Autores, como Bender (1976), abordam os receios da classe operária perante a mecanização, salientando que muitos trabalhadores são contra a evolução dos métodos construtivos e a industrialização na construção por meio da mecanização por temerem que suas funções deixarão de ser importantes a partir do momento em que máquinas forem introduzidas. Esse pensamento é primitivo e contra a evolução da indústria construtiva, pois jamais uma máquina será criada sem a intervenção humana e também não operará sem o controle de pessoas, apesar de ser comprovado que a aplicação de mecanização reduz a necessidade de um grande número de profissionais qualificados. A consequência disso, segundo Lino (2005, p. 64), é “[...] a redução significativa de mão de obra desqualificada da obra e uma maior preocupação em capacitar e treinar adequadamente os operários que trabalham nos canteiros.”. Ainda conforme o mesmo autor “[...] os funcionários passaram a ser tratados com dignidade, com condições de higiene e limpeza em padrões de indústria de outros segmentos que não da

Construção Civil, e foram preparados para ter maior responsabilidade com a própria segurança.”.

Destacado por Ceotto (2005, p. 88-89) como a fase da racionalização das construções, o período entre os anos de 1987 e 1997 teve como característica o foco na melhoria das práticas utilizadas até então, e não no desenvolvimento de novas tecnologias. Surgiu nessa época a ideia de retirar do canteiro de obras as atividades que pudessem ter algum tipo de escala de produção, deixando assim de serem dependentes dos fatores climáticos, promovendo as “[...] ‘centrais de produção’ ou ‘canteiros centrais de obras’, que se constituíram nas primeiras ‘fábricas’ de componentes que preencheram as lacunas de um mercado fornecedor muito pouco desenvolvido para a época.”.

Diretamente relacionada com a racionalização está a questão do desperdício. Segundo Ceotto (2005, p. 91), muitos não davam importância ao fato de que eram gerados entulhos nas obras devido a quebradeiras para acomodar as interferências entre os elementos construtivos, e isso representava, aparentemente, 2% do custo total da obra. Mas alguns se deram conta de que existia uma grande quantidade de material desperdiçado dentro da obra, “[...] nas grandes espessuras de argamassa nas fachadas e paredes internas, nos contrapisos das lajes e nas espessuras a mais de concreto, em quantidades de aço e cimento desnecessárias, etc.”. Quantificando os desperdícios aparentes aos incorporados nas edificações, chegava-se a valores na ordem de 5 a 10% do custo total da obra. E isso não era tudo, pois ainda não havia sido computado o valor gasto em mão de obra para executar tais tarefas desnecessárias. Após a introdução do processo de racionalização e centralização da produção, notou-se que a economia, em tempo gasto com produção arcaica e não racionalizada, chegou à ordem de 100%. O mesmo autor conclui que, transformada em custo e somada com os desperdícios em materiais, a porcentagem do custo total desperdiçada na obra somente em função da racionalização do processo chegava entre 30 e 40%, dando origem ao “[...] famoso dito que ‘a construção civil desperdiça 1 edifício a cada 3 que constrói’.”.

Decorrentes dos avanços obtidos pela racionalização, outros itens da produção começaram a ter maior importância, como a padronização e as tolerâncias dimensionais. A padronização logo deixou de se restringir aos elementos constituintes da edificação e passou a ser vista como uma necessidade no processo construtivo como um todo, pois de nada adiantaria padronizar e produzir em rápida escala todos os elementos se, na etapa de montagem, não

houvesse uma forma de ligação entre eles, sendo, então, perdido o tempo ganho na etapa anterior (CEOTTO, 2005, p. 90). Este autor, logo em seguida, expõe o valor do projeto para se atingir a produtividade desejada, concluindo que “Assim, o projeto executivo, voltado para a produção, teve sua importância reconhecida, e nele eram resolvidas todas as interferências e definidos os processos de fixação dos diversos componentes centralizados.”.

Outra forma de pensar em padronização é pela coordenação modular, podendo esta ser de um elemento, de um conjunto de elementos, ou do projeto como um todo. Greven e Baldaulf (2007, p. 11-12) destacam a questão da sustentabilidade na medida em que a coordenação modular propõe melhor aproveitamento dos componentes construtivos, redução do consumo de matérias primas, de energia e de desperdícios.

Segundo Bender (1976, p. [14], tradução nossa), “Do ponto de vista tecnológico, é evidente que a construção de edifícios poderia se adaptar melhor às condições sociais do nosso tempo [...]”, quando é grande a quantidade de métodos e sistemas construtivos. Por haver uma grande dificuldade em reunir os produtos distintos provenientes de vários fabricantes da indústria da construção civil, o mesmo autor indica que se tem “Como consequência deste sistema arcaico e complexo [que] os preços da construção são elevados, a qualidade é baixa e a produção inadequada.”.

Blachère (1977) aborda alguns pontos que considera importantes referentes à repetição, dentre eles a repetição do projeto, a repetição da tarefa e a repetição da execução de uma obra. A repetição do projeto é possível quando se tem o conhecimento das necessidades dos clientes ou de uma grande parcela da população por projetos similares, seja por preferência ou por necessidade de moradia a preços acessíveis. A repetição do projeto gera o aperfeiçoamento, possibilitando alterações que o faça evoluir em todos os aspectos. A repetição da tarefa pode tornar-se realmente vantajosa quando se faz uso da mecanização, caracterizada pela repetição dos movimentos. Na repetição, duas fases, quando bem entendidas e exploradas, agregam valores aos processos industrializados. O mesmo autor continua postulando que, primeiramente, existe a fase do aprendizado, da adaptação, onde quem está se deparando com uma nova tecnologia tende a ter dificuldades de aplicar um método diferente do qual estava habituado, provocando uma diminuição do ritmo de produção. Já na segunda fase, quando ultrapassada a fase de adaptação, o ritmo de produção volta a crescer e tende a superar os prazos que antes eram atingidos com a tecnologia antiga, tornando a atividade mais produtiva.

Por fim, Blachère (1977) ainda alega que, cada vez que o ciclo é interrompido, há a tendência da queda no nível de produtividade até que os operários se acostumem com o novo ambiente que lhes é imposto.

Com a industrialização na construção, “Gerou-se um novo modelo de gestão organizacional, onde o engenheiro responsável pela obra está direcionado para a engenharia propriamente dita e pela garantia do fluxo de produção.” (LINO, 2005, p. 64). Ceotto (2005, p. 97) apresenta a definição de industrialização sutil como “[...] ‘democratização’ da tecnologia para todas as empresas e profissionais do setor, [...]”. Também noticia que empresas passaram a produzir elementos construtivos geradores de aceleração da produção e destaca como exemplo armaduras dobradas e cortadas, que antes só eram possíveis de serem executadas em canteiro de obras, e argamassas nas mais variadas formas, ensacadas, secas ou ensiladas, agora manuseadas por quem antes só produzia cimento e cal. Salienta a importância dos custos inferiores desses produtos comparativamente aos obtidos com mão de obra local. O autor também postula que a introdução da industrialização na construção “[...] faz com que o único investimento que uma construtora precise realmente fazer é no domínio dos processos gerenciais por parte de suas equipes tecnoadministrativas.”.

O mesmo autor ainda propõe uma mudança na estrutura das empresas da construção civil, assim como nas suas relações comerciais, promovendo, dessa forma, uma grande redução dos riscos empresariais. A partir do momento em que a construtora descentraliza a produção de cada uma das inúmeras etapas de um processo construtivo contratando pequenas equipes especializadas, empreiteiras, para executarem as atividades e se responsabilizarem por elas, torna-se administradora da obra, pensando mais “[...] em integração dos sistemas, em projetos, em planejamento, na aplicação e gerenciamento de sistemas de qualidade e na administração de contratos.” (CEOTTO, 2005, p. 100). Quanto mais especializadas forem as prestadoras de serviços, com alta mecanização e qualificação da mão de obra, menos operários e com melhor remuneração seriam necessários; conseqüentemente, a qualidade dos produtos finais aumentaria e os prazos de entrega das etapas diminuiriam. Ainda propõe que, com esse aumento de produtividade, seriam propiciados sistemas de elevada engenharia, de alta qualidade, gerando produtos de alto desempenho e durabilidade com garantias muito maiores que as oferecidas regularmente.

4 DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS PAREDE DE CONCRETO ARMADO MOLDADA NO LOCAL

Há diversos sistemas construtivos baseados nos conceitos de industrialização, dentre eles os sistemas em parede de concreto armado moldada no local, os quais são descritos detalhadamente neste capítulo. Primeiramente, são abordadas as características gerais dos sistemas e suas relações com os conceitos de industrialização na construção e, em seguida, analisados alguns elementos dos sistemas.

4.1 INTRODUÇÃO AOS SISTEMAS PAREDE DE CONCRETO ARMADO MOLDADA NO LOCAL

Os sistemas parede de concreto armado moldada no local possuem como estrutura e vedação o mesmo elemento, a parede de concreto armado, conforme exemplificado na figura 2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008). Para a execução desse sistema, emprega-se um jogo de fôrmas onde são inseridas as armaduras e as instalações, que devem ser rigorosamente fixadas para não se deslocarem durante a concretagem. Os mesmos autores indicam a utilização desses sistemas para obras em grande escala, onde haja simetria de projeto, para que as fôrmas sejam reutilizadas o maior número de vezes possível e destacam ainda outro fator que otimiza a utilização dos sistemas, que é o ciclo de produção, no qual, a partir de um bom planejamento executivo, com diferentes equipes de trabalho, é possível que, em apenas um dia, seja concluída a montagem das armaduras e instalações, o posicionamento das fôrmas e a concretagem. As possibilidades das variáveis dos sistemas estão dispostas nos tipos de concretos, nas armaduras e nas fôrmas aplicadas.

Figura 2 – Casas executadas com o sistema parede de concreto armado moldada no local



(fonte: COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2014)

Urge, nesse ponto, ser salientado que, ao ser introduzido um novo sistema, além de se atentar para a execução de todas as etapas técnicas, se deve dispensar um cuidado especial na transmissão das novas exigências às equipes de trabalho. Os sistemas em parede de concreto armado moldada no local têm como uma de suas características a redução do número de trabalhadores nos canteiros de obras devido à utilização de elementos pré-fabricados, como fôrmas e concretos (SH FÔRMAS ANDAIMES E ESCORAMENTOS LTDA., 2014). No entanto, há uma demanda premente por um maior treinamento dos funcionários para que estes se tornem aptos a trabalhar segundo as novas especificidades. A partir do momento em que se introduz uma nova técnica, um novo material, um novo conceito, deve-se buscar e qualificar funcionários disposto a inovar a sua maneira de trabalhar e aceitar as mudanças que lhe forem propostas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 15).

Os sistemas parede de concreto armado moldada no local permitem que seja feito um planejamento completo e detalhado da obra, mas para alcançarem uma racionalização efetiva, o planejamento deve abarcar todas as etapas relacionadas à obra, desde a concepção do projeto, o investimento em treinamento da mão de obra, a execução do projeto, a escolha dos materiais e um permanente controle de qualidade.

A Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2010) propõem algumas recomendações para um melhor aproveitamento dos sistemas parede de concreto armado moldada no local em relação ao desempenho e à competitividade. Na fase de projeto, sugerem que o projetista

adote uma coordenação modular, de preferência múltiplos de 10 cm, conforme recomendação da NBR 15873, tanto nas dimensões horizontais, quanto nas dimensões verticais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010). A Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2010) ponderam que essa escolha favorece principalmente o sistema de fôrmas, pois um mesmo conjunto pode ser reutilizado em inúmeras obras. No caso de multipavimentos, também recomendam a previsão de eixos de simetria. Salientam que, com isso, maximiza-se a produtividade e garante-se um ciclo com equipes independentes, de montagem de fôrmas, de armação e instalações e de concretagem.

Outra recomendação da Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2010, p. 33, 35) é o planejamento da sequência executiva. Referem que “[...] deve ser definido e planejado o encadeamento de cada etapa construtiva. Isso envolverá questões de logística, suprimentos, acessos, prazos, jogos de fôrmas, volumes de concreto, equipes, aço e todos os materiais e recursos envolvidos.”. Os mesmos autores ainda abordam a importância do planejamento em relação aos suprimentos, que são divididos em compras, entregas e estoques, afirmando que, “Como o sistema de paredes de concreto tem como características ciclos rápidos, atividades concatenadas e interdependência entre etapas, é importante que haja uma dinâmica de suprimentos ágil e estruturada.”.

A NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012, p. 3-4) especifica requisitos gerais da qualidade da estrutura e do projeto com paredes de concreto:

Todas as paredes de cada ciclo construtivo de uma edificação são moldadas em uma única etapa de concretagem, permitindo que, após a desforma, as paredes já contenham, em seu interior, vãos para portas e janelas, tubulações ou eletrodutos de pequeno porte, elementos de fixação para coberturas e outros elementos específicos quando for o caso.

As instalações com tubos de grande diâmetro não são embutidas nas paredes, mas sim alojadas em *shafts*, previamente deixados nas paredes, como aberturas.

A decisão quanto ao embutimento ou não das instalações nas paredes deve ser do projetista estrutural, de forma a não comprometer o sistema construtivo. Além disso, tal decisão deve considerar as exigências de manutenção das instalações hidro-sanitárias e elétricas ao longo da vida útil da edificação.

4.2 DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS

A escolha adequada dos materiais, levando em conta suas características, assume importância para o sucesso da implantação do sistema. Dentre os relevantes estão destacados:

- a) armaduras;
- b) instalações;
- c) fôrmas;
- d) concretos.

4.2.1 Armaduras

Segundo Cardão (1981), a ideia da utilização de armaduras inseridas no concreto data de 1855, mas somente a partir de 1870 é que a aplicação do concreto armado se desenvolveu em países como Alemanha, Áustria e Hungria. O autor ainda postula que a união do concreto com a armadura é possível e útil devido às seguintes razões:

- a) coeficientes de dilatação térmica semelhantes;
- b) boa aderência dos materiais;
- c) preservação da armadura quando inserida no concreto.

Largamente utilizado na construção civil, o concreto armado apresenta algumas vantagens destacadas por Cardão (1981), como a resistência ao fogo, adaptação aos vários formatos de fôrmas, mínimas despesas com conservação, resistência aumentada com o tempo, alta resistência ao choque e vibrações, execução rápida, possibilidade de construções higiênicas. Duas desvantagens são levantadas pelo autor, a impossibilidade de modificações futuras devido à rigidez dos elementos da estrutura e o custo elevado da demolição com um baixo potencial de aproveitamento do material resultante.

Em relação aos sistemas em parede de concreto armado moldada no local, a NBR 16055 considera fundamental “[...] garantir o posicionamento das armaduras e a geometria dos painéis em obediência ao projeto, especialmente alinhamentos e espessura de paredes, [...]” e “O cobrimento especificado para a armadura no projeto deve ser mantido por espaçadores e sempre se refere à armadura mais exposta.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012, p. 26). Essa Norma ainda aborda a questão da ancoragem salientando que “A ancoragem entre lajes e vigas ou entre lajes e paredes deve ser executada com a introdução da armadura da laje na armadura da viga ou parede.”.

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 45):

A seção mínima de aço das armaduras verticais deve corresponder a no mínimo 0,10% da seção de concreto. Para construções de até dois pavimentos, permite-se a utilização de armadura mínima equivalente a 70% desses valores. A seção mínima de aço das armaduras horizontais deve corresponder a no mínimo 0,15% da seção de concreto. No caso de paredes com até 6m de comprimento horizontal, permite-se a utilização de armadura mínima equivalente a no mínimo 66% destes valores, desde que se utilizem fibras ou outros materiais que comprovadamente contribuam para minorar a retração do concreto. [...]. Respeitada essa condição, as construções de até dois pavimentos admitem uma armadura mínima de 40% do valor especificado.

A Coletânea de Ativos 2007-2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 83) expõe três requisitos básicos das armaduras nos sistemas parede de concreto armado moldada no local, que são “[...] resistir a esforços de flexo-torção nas paredes, controlar a retração do concreto e estruturar e fixar as tubulações de elétrica, hidráulica e gás.”. Também é destacado pela Coletânea que, dependendo do projeto, “[...] utilizam-se telas soldadas posicionadas no eixo das paredes ou nas duas faces, [...] além de barras em pontos específicos, tais como cinta superior nas paredes, vergas, contra-vergas, etc.”.

Algumas recomendações postuladas pela Coletânea de Ativos 2009-2010 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2010, p. 28) se referem à fase de projeto das armaduras:

- a) recomendável que o projeto estrutural já seja concebido considerando a utilização de telas soldadas. A “conversão” do vergalhão em telas acarreta perda de racionalização em projeto;
- b) procurar utilizar o menor número de tipos de tela e também o menor número possível de posições;
- c) procurar utilizar telas padrão do fornecedor;
- d) racionalizar o uso de vergalhão quando aplicado a reforços e apoio de montagem;
- e) considerar painel inteiro de telas de paredes, mesmo quando houver vãos. É preferível cortar a tela *in loco* e utilizar a sobra em reforços (prever em projeto);
- f) atenção no projeto à obediência das medidas dos vãos;
- g) identificar a sistematização de emendas horizontais e verticais.

Em relação à etapa de montagem das armaduras, devem-se seguir rigorosamente as especificações do projeto estrutural. A Coletânea de Ativos 2007-2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008) relata que, primeiramente, deve ser montada e posicionada a armadura principal, de acordo com a figura 3, para que depois sejam

acrescidas as armaduras de reforço, ancoragem de cantos e cintas, e, finalmente, então, sejam colocados os espaçadores a fim de garantir o posicionamento das armaduras e instalações, e a geometria dos painéis.

Figura 3 – Armaduras posicionadas conforme projeto



(fonte: CLUBE DO CONCRETO, c2010)

4.2.2 Instalações

Nos sistemas parede de concreto armado moldada no local, as instalações hidráulicas, figura 4, e elétricas, figura 5, e os caixilhos de portas e janelas estão inseridos nas paredes, e por isso deve-se ter uma atenção especial em relação à escolha dos materiais constituintes bem como nos seus posicionamentos dentro das fôrmas. A Coletânea de Ativos 2007-2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 91) salienta que uma característica importante do sistema “[...] é permitir que, após a desforma, as paredes contenham, embutidos em seu interior, todos os elementos previstos em projeto, tais como: caixilhos de portas e janelas, tubulações elétricas e hidráulicas, fixação de cobertura ou outros insertos [...]”.

Figura 4 – Instalações hidráulicas



(fonte: SISTEMA..., c2009)

Figura 5 – Instalações elétricas



(fonte: SISTEMA..., c2009)

A NBR 16055 afirma que não são admitidas tubulações nos encontros de paredes e que as tubulações horizontais só podem estar embutidas nas paredes de concreto em trechos não estruturais, ocupando até um terço do comprimento da parede e não ultrapassando um metro de comprimento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012, p. 10-11). Destaca também que, desde que sejam atendidas simultaneamente algumas exigências, as tubulações verticais podem estar inseridas nas paredes de concreto:

- a) quando a diferença de temperatura no contato entre a tubulação e o concreto não ultrapassar 15 °C;
- b) quando a pressão interna na tubulação for menor que 0,3 MPa;
- c) quando o diâmetro máximo for de 50 mm;
- d) quando o diâmetro da tubulação não ultrapassar 50 % da espessura da parede, restando espaço suficiente para, no mínimo, o cobrimento adotado e a armadura de reforço. Admite-se tubulação com diâmetro até 66 % da espessura da parede e com cobrimentos mínimos, desde que existam telas nos dois lados da tubulação com comprimento mínimo de 50 cm para cada lado;
- e) tubos metálicos não encostem nas armaduras para evitar corrosão galvânica.

A Coletânea de Ativos 2007-2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 92) informa que as redes hidráulica e elétrica seguem uma mesma sistemática, na qual:

Os pontos de conexões da rede hidráulica [ou caixas de interruptores, tomadas, luzes etc. da rede elétrica] devem ser marcados nos painéis de fôrmas de paredes já na

primeira montagem, assinalando sempre as mesmas posições nas várias operações futuras de execução das casas ou edifícios.

Nas redes hidráulicas, podem ser utilizados *kits* hidráulicos que aumentam a produtividade do serviço. Os *kits* são montados com seus tubos e conexões e testados para prevenir eventuais vazamentos, e somente depois, inseridos no interior das fôrmas. Nas redes elétricas, “As caixas de interruptores, tomadas, luzes etc. são fixadas nos painéis de fôrmas de paredes por meio de gabaritos, de acordo com a posição indicada nos respectivos projetos.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 93). Os eletrodutos devem ser fixados às armaduras previamente à concretagem e posicionados dentro das fôrmas com espaçadores para garantir o recobrimento e o posicionamento. Ainda, segundo a Associação, as caixas de interruptores, tomadas, luzes, etc. que apresentam vazios devem ser preenchidas de modo que, durante a concretagem, o concreto não ingresse para seus interiores.

Em relação aos caixilhos, “O procedimento mais recomendado é embutir esses elementos nos painéis de fôrmas [...]” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 91). Também destacam que, como a repetitividade dos projetos é uma característica dos sistemas em parede de concreto armado moldada no local, é fundamental que as portas e janelas sejam posicionadas sempre nos mesmos painéis de fôrmas e, para facilitar a montagem, recomendam a numeração dos painéis e a marcação do posicionamento dos caixilhos.

4.2.3 Fôrmas

As fôrmas utilizadas para execução de sistemas em parede de concreto armado moldada no local devem atender aos requisitos que o sistema impõe. Além de as fôrmas terem que cumprir suas funções básicas de conter e moldar o concreto até que este atinja a resistência mínima estabelecida em projeto, para então ser feita a desforma, elas devem possuir uma série de qualificações, como durabilidade, resistência e leveza, para que o sucesso da aplicação do sistema seja atingido.

A NBR 16055 descreve que o sistema de fôrmas “É compreendido por painéis de fôrmas, escoramentos, cimbramento, aprumadores e andaimes, incluindo seus apoios, bem como as

uniões entre os diversos elementos.” e que deve ser projetado e construído para: ter resistência quando submetido a ações durante o processo de construção; rigidez que assegure que as tolerâncias especificadas sejam satisfeitas e a integridade dos elementos estruturais não seja afetada; e, estanqueidade e conformidade com a geometria das peças que estão sendo moldadas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012, p. 22).

A Coletânea de Ativos 2007-2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008) informa que os tipos de fôrmas mais utilizados nos sistemas parede de concreto armado moldada no local são as:

- a) metálicas;
- b) metálicas + compensado;
- c) plásticas.

A mesma Coletânea de Ativos 2007-2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 78) descreve cada um dos três tipos de fôrmas. As metálicas, figura 6, “São fôrmas que utilizam quadros e chapas metálicas tanto para estruturação de seus painéis como para dar acabamento à peça concretada.”; as fôrmas metálicas + compensado “São compostas por quadros em peças metálicas (aço ou alumínio) e utilizam chapas de madeira compensada ou material sintético para dar o acabamento na peça concretada.”; e as fôrmas plásticas, figura 7, “Utilizam quadro e chapas feitas em plástico reciclável, tanto para a estruturação de seus painéis como para dar acabamento à peça concretada, sendo contraventadas por estruturas metálicas.”. A mesma obra ainda apresenta a possibilidade da utilização de fôrmas trepantes para edifício de múltiplos pavimentos, relatando que:

Nesta modalidade a produtividade da mão de obra é alta, pois as fôrmas, estruturadas com painéis de grandes dimensões e andaimes de serviço, já são transportadas de uma só vez, diminuindo etapas de montagem. Com isso o transporte vertical do conjunto exige necessidade de grua no canteiro.

O quadro 1 é um comparativo apresentado por Vaquero y Mayor¹ (2008, p. [18] apud BREDA, 2012) no qual são destacadas vantagens e desvantagens de cada sistema de fôrmas apresentada acima.

¹ VAQUERO Y MAYOR, A. Parede de Concreto: uma alternativa competitiva. In: SEMINÁRIO HABITAÇÃO: PAREDES DE CONCRETO, 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2008. Não paginado.

Quadro 1 – Comparativo dos sistemas de fôrmas

Sistema	Vantagens	Desvantagens
Fôrmas metálicas	Painéis duráveis Equipamentos muito leves Qualidade de prumo e alinhamento Bom acabamento superficial Rigidez de montagem Boa estanqueidade	Alto custo de aquisição Pouca disponibilidade no mercado Dificuldade de modulação Necessidade de capacitação de mão de obra
Fôrmas metálicas + compensado	Equipamentos nacionais tem custo menor Maior durabilidade Montagem fácil Bom acabamento superficial Grande disponibilidade	Painéis mais pesados Necessidade de troca frequente de chapas compensadas Grande quantidade de peças soltas
Fôrmas plásticas	Painéis leves Baixo custo de aquisição Possibilidade de modulação Disponibilidade de locação	Dificuldade com prumo e alinhamento Acabamento superficial ruim Menor durabilidade Poucos fornecedores

(fonte: baseado em VAQUERO Y MAYOR², 2008, p. [18] apud BREDA, 2012)

Figura 6 – Fôrmas metálicas



Figura 7 – Fôrmas plásticas



² VAQUERO Y MAYOR, A. Parede de Concreto: uma alternativa competitiva. In: SEMINÁRIO HABITAÇÃO: PAREDES DE CONCRETO, 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2008. Não paginado.

(fonte: A SH..., 2013)

(fonte: TECWALL, 2014)

A sequência de montagem das fôrmas deve estar em conformidade com o projeto executivo e pode variar dependendo da tipologia, no entanto a Coletânea de Ativos 2007-2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008) apresenta uma sequência padrão de montagem:

- a) nivelamento da laje de piso da fundação ou piso inferior;
- b) marcação das linhas de paredes nas fundações;
- c) montagem das armaduras;
- d) montagem da rede hidráulica;
- e) montagem da rede elétrica;
- f) início do posicionamento dos painéis de fôrmas de paredes;
- g) colocação de portas e janelas;
- h) colocação dos grampos de fixação entre painéis;
- i) posicionamento das escoras prumadoras;
- j) colocação das ancoragens;
- k) fechamento das fôrmas de paredes.

Alguns cuidados devem ser tomados durante a execução da montagem. A laje de apoio deve estar perfeitamente nivelada, evitando, assim, diferença de níveis de topo entre painéis, a montagem dos painéis deve seguir rigorosamente o projeto, e é importante que haja uma numeração dos painéis para sua identificação e o posicionamento de escoras prumadoras, permitindo um ajuste milimétrico do prumo das paredes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008).

Em relação à desforma, a Coletânea de Ativos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 82) apresenta alguns procedimentos a serem executados. A desforma deve ser realizada somente após o concreto atingir a elasticidade e a resistência previstas no projeto, a retirada dos escoramentos e das fôrmas deve ser feita sem choques para que não haja fissuras na parede devido às ações mecânicas. Orienta que, em seguida, seja executada a limpeza da camada de argamassa que eventualmente fica impregnada na superfície do painel, tomando-se todos os cuidados necessários para não danificar essa superfície, que é a responsável pelo acabamento das paredes, e prolongando a vida útil dos jogos de fôrmas. Determina, finalmente, que seja aplicado um agente

desmoldante antes de iniciar um novo ciclo de montagem e “O produto precisa ser adequado a cada superfície, evitando-se que o concreto grude na fôrma e não deixe resíduos na superfície das paredes, o que comprometeria a aderência do revestimento final.”.

4.2.4 Concretos

O concreto é um dos componentes fundamentais do sistema e seu uso exige uma série de escolhas e cuidados. Petrucci (2005, p. 1) o define como:

[...] um material de construção constituído por mistura de um aglomerante com um ou mais materiais inertes e água. Quando recém misturado, deve oferecer condições tais de plasticidade que facilitem as operações de manuseio indispensáveis ao lançamento nas fôrmas, adquirindo, com o tempo, pelas relações que então se processarem entre aglomerante e água, coesão e resistência.

A Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 84) postulam que os concretos dosados em centrais e fornecidos com caminhão betoneira tornam a produção mais eficiente, além de garantir “[...] melhores controles de: qualidade de agregados, medidas em peso, precisão de volumes, garantia da concreteira quanto ao desempenho do concreto recebido etc.”.

A NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012, p. 6) constata que a especificação do concreto para o sistema construtivo deve estabelecer:

- a) resistência à compressão para desforma, compatível com o ciclo de concretagem;
- b) resistência à compressão característica aos 28 dias (f_{ck});
- c) classe de agressividade do local de implantação da estrutura, conforme a ABNT NBR 12655³;
- d) trabalhabilidade, medida pelo abatimento do tronco de cone (ABNT NBR NM 67⁴) ou pelo espalhamento do concreto (ABNT NBR 15823-2⁵).

³ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: concreto de cimento portland – preparo, controle e recebimento – procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

⁴ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: concreto – determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1996.

⁵ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-2**: concreto autoadensável – parte 2: determinação do espalhamento e do tempo de escoamento – método do cone de Abrams. Rio de Janeiro, 2010.

A mesma NBR 16055 também faz referência ao uso de aditivos químicos desde que não sejam propensos a atacar quimicamente as armaduras e ao fato de que devem estar em conformidade com as Normas Brasileiras específicas: NBR 11768 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011⁶ apud ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012) e NBR 12655 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006⁷ apud ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012). Petrucci (2005, p. 1) define aditivo como sendo “[...] algum outro constituinte destinado a melhorar ou conferir propriedades especiais ao conjunto [...]”.

É de suma importância para o sucesso da aplicação, conforme ilustrada na figura 8, que sejam seguidas as especificações estabelecidas para o uso do concreto, principalmente na etapa de concretagem. Nos painéis que constituem as fôrmas de grandes dimensões verticais, são inseridas as armaduras e as instalações, o que implica uma grande densidade de materiais dentro de uma pequena espessura a ser concretada. Portanto, pode ser concluído que a adoção de concretos com boa trabalhabilidade para esse sistema é altamente recomendável, pois, além da capacidade de preencher as fôrmas nas suas totalidades, esses materiais não apresentam segregações e ainda proporcionam um bom acabamento da superfície (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008).

Figura 8 – Aplicação do concreto



(fonte: COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2014)

⁶ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768**: aditivos químicos para concreto de cimento portland – requisitos. Rio de Janeiro, 2011.

⁷ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: concreto de cimento portland – preparo, controle e recebimento – procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

A Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008) recomendam, além do concreto convencional, quatro outros tipos de concretos para serem utilizados nos sistemas parede de concreto armado moldada no local, sendo eles:

- a) celular (tipo L1);
- b) com alto teor de ar incorporado (tipo M);
- c) com agregados leves ou com baixa massa específica (tipo L2);
- d) autoadensável.

4.2.4.1 Concreto celular (tipo L1)

A Coletânea de Ativos 2007-2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008) afirma que o concreto do tipo L1 é denominado celular porque possui na sua composição uma grande quantidade de bolhas de gás. Esse gás é incorporado à massa do concreto pela adição de uma espuma capaz de gerar as bolhas, logo antes da concretagem. O manuseio deste material exige o seu lançamento nas fôrmas em até 30 minutos depois de concluído o processo da mistura. Destacam-se como “[...] principais características [do concreto tipo L1] a baixa massa específica e o bom desempenho térmico e acústico [...]” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 137). A mesma Coletânea ainda relata que, em contrapartida, por possuírem uma resistência mínima de apenas 4 MPa, o seu uso é mais comumente destinado para estruturas de até dois pavimentos e que este material pode ser utilizados em estruturas de multipavimentos desde que especificadas as resistências superiores à mínima indicada.

Em publicação sobre concreto celular, alega-se que “[...] a densidade aparente do material é de aproximadamente 1.800 kg/m³.” e, em relação à resistência à compressão, que ele pode alcançar os 15 MPa quando estiver incorporado brita no material (ALTERNATIVAS..., 2008, p. 149). Há o destaque na mesma publicação de que não é necessário o emprego do agregado graúdo ou brita na produção desse concreto, mas há a ponderação de que isso acarretaria redução da sua resistência.

Em relação à durabilidade das paredes onde são aplicados concretos celulares, “A vida útil do projeto vai depender do controle da retração; da previsão e do tratamento de juntas nas paredes, para evitar fissuras; do tipo de armadura adotado; do cobrimento de concreto da

armadura de aço e da proteção aplicada sobre a parede após a desforma.” (ALTERNATIVAS..., 2008, p. 150-151).

4.2.4.2 Concreto com alto teor de ar incorporado (tipo M)

A Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008) postulam que, assim como nos concretos celulares, os concretos com alto teor de ar incorporado têm características termo acústicas e mecânicas como principais características. O uso deste tipo de concreto também é recomendado, segundo essa Associação, para habitações com até dois pavimentos desde que a resistência mínima especificada seja igual a 6 MPa.

A Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008) definem a porcentagem máxima de ar incorporado no valor de 9%. Petrucci (2005), no entanto, afirma que, quando o ar é incorporado à massa propositadamente, esse atinge em média 3 a 6% do total da massa.

A grande vantagem da aplicação dos concretos com alto teor de ar incorporado nos sistemas parede de concreto armada moldada no local está na melhora da sua plasticidade e trabalhabilidade quando em estado fresco. Petrucci (2005, p. 241) relata que “As bolhas de ar incorporado ao concreto atuam como um agregado fino adicional, que possui coeficiente de atrito nulo em relação aos grãos rígidos vizinhos. Deste modo o ar melhora a plasticidade e a trabalhabilidade do concreto fresco.”.

4.2.4.3 Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica (tipo L2)

Petrucci (2005, p. 228) declara que os concretos leves destacam-se em relação aos tradicionais por possuírem uma menor massa específica aparente. Enquanto os concretos comuns possuem massas específicas na ordem de 2.300 a 2.500 kg/m³, os concretos leves admitem como valor máximo de peso específico 2.000 kg/m³. Constata que “Estes concretos possuem características importantes em construções: baixo peso próprio e elevado isolamento térmico, melhorando a segunda propriedade com a diminuição da primeira, isto é, com o acréscimo de porosidade.”.

Ainda segundo Petrucci (2005), a redução do peso do concreto pode ser obtida por processos distintos que formam três tipos de concretos:

- a) porosos, celulares ou aerados;
- b) sem finos;

c) com agregados leves.

Dentre os três tipos supracitados, os únicos recomendados para aplicação em sistemas de concreto armado moldada no local são os concretos celulares, já descritos anteriormente, e os concretos com agregados leves (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008). Os concretos com agregados leves diferenciam-se dos celulares devido ao fato de que as células de ar estão inseridas nos agregados e não mais na massa. Os agregados podem ser encontrados na natureza ou produzidos, quase sempre a partir de resíduo industrial (PETRUCCI, 2005).

Apesar de haver algumas opções de agregados leves para compor o concreto leve, há a recomendação de apenas ser utilizada argila expandida, pela alegação de que esta é a única capaz de atingir uma resistência necessária para aplicação em edificações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008). Petrucci (2005) afirma que as argilas expandidas são obtidas após um rápido aquecimento à temperatura de 1.000 a 1.200 °C, desenvolvendo gases que ficam aprisionados na sua estrutura e que, após o aquecimento, ela pode ser britada e classificada para ser utilizada como agregado leve.

A resistência mínima à compressão dos concretos com agregados leves a serem utilizados nos sistemas parede de concreto armado moldada no local é da ordem de 20 MPa. Sua massa específica varia de 1.500 a 1.800 kg/m³ (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008).

4.2.4.4 Concreto autoadensável

Como principal característica do concreto autoadensável, pode ser destacado que “A autoadensabilidade do concreto no estado fresco é descrita como a habilidade de todo o material preencher espaços e envolver as barras de aço e outros obstáculos, através, exclusivamente, da ação da força da gravidade, mantendo uma homogeneidade adequada.” (BOSILJKOV, 2003, p. 1279, tradução nossa). De acordo com a *European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems* (2002, tradução nossa), um concreto só é considerado autoadensável se três propriedades forem alcançadas: fluidez, coesão necessária para que a mistura escoie intacta entre barras de aço ou habilidade passante, e resistência à segregação.

A Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 137) destacam dois atributos ao concreto autoadensável como relevantes, “[...] sua aplicação é muito rápida, feita por bombeamento, e a mistura é extremamente plástica, dispensando o uso de vibradores.”. Também salientam que a obtenção da elevada plasticidade do concreto quando em estado fresco se dá devido à adição na obra de um aditivo superplastificante, que em geral perde seu efeito em 40 minutos após sua aplicação à massa.

Os concretos autoadensáveis são largamente utilizados em sistemas parede de concreto armada moldada no local podendo ser aplicados em qualquer tipologia. Sua massa específica pode variar de 2.000 a 2.800 kg/m³ e sua resistência mínima à compressão é de 20 MPa (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008).

5 VANTAGENS E DESVANTAGENS NA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA PAREDE DE CONCRETO ARMADO MOLDADA NO LOCAL

Este capítulo apresenta vantagens e desvantagens na edificação com a utilização de processos industrializados, bem como na edificação com um dos sistemas parede de concreto armado moldada no local para todos os envolvidos no processo. Informações foram compiladas da literatura apontadas pelos agentes incentivadores dos sistemas.

5.1 QUANTO À INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO

O foco a seguir é a identificação das vantagens e desvantagens na execução de obras habitacionais na realidade contemporânea utilizando a mecanização, racionalização, coordenação modular, produtividade, padronização e gestão de processos, a partir dos relatos já apresentados por diversos autores.

Bender (1976) ressalta que a mecanização pode ser motivo de preocupação para os trabalhadores da construção civil a partir do momento em que se deparam com a exigência de uma maior qualificação para acompanharem a evolução do sistema, temendo serem substituídos por máquinas e operadores mais qualificados que as operem. No entanto, a mecanização apresenta diversas vantagens para o processo de construção, e Lino (2005) aponta como consequência da mecanização e da qualificação a valorização dos funcionários, o tratamento mais digno, as melhores condições de higiene e a introdução do sentido de responsabilidades em relação à sua segurança. Outros aspectos que ainda podem ser considerados como vantajosos são as menores variabilidades dimensionais, o aumento nos ritmos de produção e, ainda, uma rapidez na execução de operações repetitivas.

A racionalização é definida por Rosso⁸ (1980 apud GREVEN; BALDAUF, 2007, p. 34) como sendo “[...] a aplicação mais eficiente de recursos para a obtenção de um produto dotado da maior efetividade possível.”. Entende-se por recursos para execução de obras habitacionais os

⁸ ROSSO, T. **Racionalização da Construção**. São Paulo: FAUUSP, 1980.

materiais, a mão de obra, as matérias primas, o tempo, o capital investido e a energia disponibilizada. Pelo exposto, pode ser concluído que, ao se alcançarem melhores práticas e utilização de menos recursos, há a melhora dos processos e das operações e de redução de gastos. Por outro viés, o tempo destinado ao treinamento dos funcionários antes da inserção do processo racionalizado é um fator que não agrega valor à construção.

Além de haver o cuidado com a redução dos recursos, também se deve atentar à otimização de utilizá-los com os meios disponíveis. O aumento da produtividade decorre da redução de mão de obra necessária para uma determinada produção com o emprego de trabalhadores e com a redução dos tempos ociosos, obtendo-se um maior faturamento em relação ao capital investido, uma maior quantidade de habitações produzidas no mesmo período, uma maior quantidade de habitações produzidas em relação à mesma quantidade de operários, reduzindo o prazo de entrega das obras habitacionais. O desgaste dos trabalhadores no anseio de alcançarem as metas propostas, com conseqüente maior risco de acidentes e menor motivação ao desempenho, o tempo e o capital investidos para identificar os gargalos da produtividade são fatores desvantajosos.

5.2 QUANTO AOS SISTEMAS PAREDE DE CONCRETO ARMADO MOLDADA NO LOCAL

Com o foco agora voltado para os sistemas parede de concreto armado moldada no local, são apontadas as vantagens e desvantagens dos sistemas de uma maneira geral em comparação aos sistemas mais tradicionais. Também são revistas características que diferenciam cada sistema e comparadas suas variações.

As características apresentadas pelo fornecedor de fôrmas SH (SH FÔRMAS ANDAIMES E ESCORAMENTOS LTDA., 2014), expostas a seguir, são apontadas como vantagens alcançadas ao se introduzir de forma satisfatória o sistema parede de concreto armado moldada no local:

- a) racionalização do processo construtivo;
- b) desempenho da função estrutural e de vedação de forma simultânea;
- c) atendimento à Norma de Desempenho NBR 15575 quanto às especificações térmicas e acústicas;
- d) segurança em caso de incêndio;

- e) redução o desperdício de materiais e geração de entulhos;
- f) agilização do cronograma;
- g) boa aparência, necessitando apenas de acabamento básico;
- h) redução da mão de obra;
- i) melhor controle do processo;
- j) redução dos imprevistos;
- k) maior controle de qualidade;
- l) redução de etapas do processo;
- m) redução de materiais empregados;
- n) economicamente viável e acessível em todo o país;
- o) utilização tanto para casas como para prédios.

A Coletânea de Ativos 2007-2008 afirma que “O controle exercido durante todo o processo executivo, do projeto à entrega da obra, é o atributo mais visível do sistema [parede de concreto] e o grande responsável pelos ganhos de qualidade final, produtividade e prazo de realização.”. Um dos benefícios ao se optar pelos sistemas parede de concreto armado está na velocidade de execução de uma parede ou de um conjunto de paredes quando comparados à alvenaria (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 15). Porém, para que sejam alcançadas as vantagens da produção em alta escala, devem ser obedecidas todas as etapas dos processos que permitam com que a execução das paredes seja realizada dentro dos prazos almejados, que, no caso, pode chegar à concretagem de um conjunto de paredes por dia.

A Coletânea de Ativos 2007-2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 11) destaca aspectos importantes para que o empreendedor opte pelo sistema em questão em sua obra:

- a) a competitividade para o negócio, admitida pela maior produtividade e pela relação custo x benefício do sistema;
- b) segurança em todos os níveis (normativa, operacional, comercial);
- c) desempenho técnico, determinado pela existência de produtos com alta tecnologia e uma longa história de evolução;
- d) qualidade final garantida por materiais normalizados e por controle tecnológico.

A mesma Coletânea de Ativos 2007-2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 15) fornece dados do motivo pelo qual cada um dos itens supracitados traz benefícios ao empreendedor.

Primeiramente, em relação à maior produtividade e à melhor relação custo-benefício, afirmam os autores da Coletânea que, por ser um sistema racionalizado, é possível fazer um planejamento completo e detalhado da obra e também ser reduzida a quantidade de trabalhadores no canteiro de obras devido à diminuição das atividades artesanais e das improvisações, ou seja, “Com mão de obra qualificada e maior produção em menos tempo, aumentam as margens do negócio.”.

Em seguida, a mesma Coletânea faz o destaque para o item de segurança nos níveis normativos, operacionais e comerciais. O construtor é assegurado e respaldado pelas normas técnicas, pois utiliza materiais industrializados sujeitos a controles específicos. Os operários contam com equipamentos que privilegiam sua segurança, devido ao sistema ser racionalizado. “O processo executivo incorpora, por exemplo, andaimes e guarda-corpos integrados aos painéis de fôrmas [...] Por fim, a sistematização do processo garante o cumprimento do cronograma físico-financeiro [...]”, proporcionando ao empreendedor a segurança comercial.

Por possuir como características alta resistência e durabilidade, o concreto oferece uma “[...] solução segura e adequada às necessidades do construtor brasileiro [...]”. Diferentes tipos de concretos foram testados e aprovados no rigor da Norma de Desempenho ABNT NBR 15575⁹, levando em consideração itens como desempenho térmico, acústico, resistência a impacto e permeabilidade da superfície (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 15).

Por fim, a Coletânea de Ativos 2007-2008 ainda relata que:

A qualidade final de uma obra está diretamente ligada aos materiais utilizados, aos métodos de execução e ao controle tecnológico que se faz, desde a produção dos insumos até sua aplicação. No sistema parede de concreto, a qualidade é garantida pelo uso de:

a) fôrmas com grande precisão dimensional;

⁹ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: edificações habitacionais – desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

- b) materiais com produção controlada (concreto, aço e tela);
- c) atividades planejadas e não-artesanais, potencializando a produção dentro dos requisitos de qualidade estabelecidos.

Quanto ao item projeto, uma vantagem que o sistema apresenta é a alta produção devido à repetitividade e à padronização na execução das habitações, no entanto não permite a possibilidade de apresentar variações dimensionais personalizadas. A coletânea de Ativos 2009-2010 afirma que padronização, coordenação modular e organização da produção “[...] não visam ‘engessar’ ou limitar a criatividade do profissional, mas promover o máximo desempenho do sistema, eliminando as improvisações e aproximando o produto concebido (o projeto) do produto efetivamente executado (a edificação).” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2010, p. 16-26). A mesma Coletânea relata que, ao se padronizar o projeto arquitetônico das unidades habitacionais, os impactos positivos decorrentes são a otimização no custo das fôrmas, a possibilidade de diminuição no número de fôrmas e a facilidade na conferência e controle. O projeto detalhado das fôrmas facilita a identificação das peças para a montagem, aumenta a produtividade, reduz a movimentação das peças e riscos de erros.

Com o plano de ataque em evidência pode-se obter um melhor controle do avanço físico e dos recursos financeiros, bem como o controle do processo, identificação dos pontos de intervenção no caso de ajustes do processo e clareza das providências a serem tomadas. Pode-se dizer que, quando há falta desse planejamento, incorre-se em descumprimento de prazos, falta de materiais e recursos em determinadas situações, instabilidade na gestão da mão de obra, perda de controle de custos e diminuição na produtividade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2010).

Quanto ao acabamento, a Coletânea de Ativos 2007-2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 15) afirma que:

Como resultado de um processo monitorado e pouco sujeito a improvisações, a própria obra ganha em qualidade. Devido ao excelente padrão dos sistemas de fôrmas e do tipo de concreto empregado, as paredes não necessitam de revestimento de argamassa, apenas de pintura ou textura diretamente sobre o concreto acabado. Outra vantagem é que as instalações elétricas e hidráulicas podem ser embutidas nas paredes.

Referentemente ao espaço das unidades, a Coletânea de Ativos 2007-2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 15) afirma que, “Em razão da menor espessura das paredes de concreto em relação à alvenaria convencional, o sistema parede de concreto permite obter ganho de área útil para a mesma área total da unidade.”.

Com relação ao desempenho apresentado no emprego desses sistemas, há um destaque a ser feito pela Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 55):

Para aferir se o sistema parede de concreto cumpre as exigências da NBR 15575, a Comunidade incluiu a avaliação de diversos ensaios de laboratório e de obras realizadas com esse método em várias partes do país e em diferentes épocas. A conclusão [...] é que a parede de concreto mostrou ótimo desempenho, bastante superior ao de sistemas construtivos convencionais.

Para o bom desempenho do sistema construtivo em parede de concreto armado moldada no local, devem ser avaliados os itens de segurança tanto o estrutural como o contra incêndio, bem como o item estanqueidade.

Em relação à segurança estrutural foram realizados pela mesma Associação ensaios de impacto de corpo mole, de impacto de corpo duro, de arrancamento horizontal e inclinado e de impacto de portas. Os comentários em relação aos ensaios de impacto de corpo mole e duro é que todos os tipos de concretos testados foram aprovados, e, “Quanto mais resistente o concreto, melhor o resultado. As construções em paredes de concreto se mostraram bastante resistentes.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 62-63). Em relação ao arranchamento horizontal, “No caso de paredes preparadas com concretos menos resistentes recomenda-se a utilização de dispositivos de fixação que promovam uma maior área de contato para melhor distribuição dos esforços [...]”. O comentário em relação ao impacto de portas é que “As paredes se mostraram muito resistentes, absorvendo totalmente o impacto das portas.”.

No quesito segurança contra incêndio, a ABNT NBR 15575 exige que o sistema testado apresente:

- a) baixa probabilidade de incêndio;
- b) alta probabilidade de os usuários sobreviverem sem sofrer qualquer injúria;
- c) reduzida extensão de danos à propriedade e à vizinhança imediata ao local de origem do incêndio.

A Associação Brasileira de Cimento Portland realizou ensaios de desempenho em paredes executadas com concretos L1 e N, e concluiu assim: “O sistema paredes de concreto é um dos melhores para a segurança contra incêndio. Material incombustível e de baixa transmissão de calor.”. Complementa a associação: “O ensaio realizado [...] confirma seu bom desempenho quanto à estanqueidade.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 64,65).

A conclusão geral em relação à norma comentada de desempenho NBR 15575 é que “O sistema construtivo com paredes de concreto mostrou um ótimo desempenho, bastante superior aos convencionais. Em seus diferentes tipos consegue atingir os valores exigidos pela Norma de Desempenho, possibilitando o seu uso em diferentes tipologias em diferentes regiões geográficas.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 72).

Para que o sistema produza os efeitos desejados, a escolha do concreto, entre os diferentes tipos, deve ser bem avaliada, assim como deve haver cuidados nas etapas de recebimento deste material, na forma de aplicação, no controle tecnológico e na sua cura. Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 179), “Uma das produções mais eficientes ocorre a partir de concretos fabricados em centrais dosadoras e fornecidos ao canteiro em caminhões betoneira, incorrendo-se sempre em melhores controles de qualidade de agregados, medidas em peso, precisão de volumes, garantia do fornecedor quanto ao desempenho do concreto matriz fornecido etc.”.

Na seleção do tipo de concreto a ser adotado, o engenheiro deve atentar quanto às características do produto, tais como trabalhabilidade e diâmetro máximo do agregado graúdo, para que não haja interferência com a espessura projetada para a parede e a densidade de armadura. Condições climáticas e o ritmo estabelecido para a obra também são fatores a serem considerados na escolha do concreto. Porém, independentemente da escolha, uma vantagem ao se adotar um sistema de paredes de concreto armado moldada no local é que “Todos os tipos de concreto podem, caso necessário, receber tratamentos adicionais (aditivos) para melhorar algumas características de desempenho [...]” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 137). Outra característica benéfica do concreto, apontada pela mesma associação, é o rápido ciclo de desforma, que garante a produtividade

do sistema. No entanto, para que esse ritmo seja alcançado, o projetista estrutural deve especificar o concreto com atenção a itens como resistência de desforma e resistência característica, classe de agressividade que as estruturas estão sujeitas, massa específica no estado fresco para os concretos L1, L2, e M, ou teor de ar incorporado para o tipo M.

É de suma importância ser destacado que o rígido controle da produção do concreto em todas as etapas, desde a sua produção, conforme especificado por projetista, até atingir sua resistência característica, aproximadamente 28 dias após sua desforma, são fatores fundamentais para a eficiência da aplicação do concreto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012). Para que não haja comprometimento no acabamento ou na estrutura das paredes há que se atentar à etapa da execução levando-se em conta que as fôrmas possuem entre elas um espaçamento de 10 cm e nas fôrmas estão inseridas as armaduras e as tubulações, com altura de mais de dois metros (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008).

Para contornar essa dificuldade de concretagem que os sistemas em parede de concreto armado moldada no local apresentam, torna-se vantajoso optar pelo concreto autoadensável, pois “Sua grande fluidez elimina a necessidade de vibração e a alta viscosidade evita a segregação dos materiais.”. Outro tipo de concreto que também apresenta a vantagem de eliminar a vibração é o concreto celular (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 138).

A Associação Brasileira de Cimento Portland et al., em sua Coletânea de Ativos, destaca quatro tipos de concreto salientando suas vantagens e desvantagens. O concreto celular (tipo L1) apresenta bom desempenho térmico e acústico. É usualmente utilizado nas estruturas de até dois pavimentos devido à sua baixa resistência (4 MPa). O concreto com alto teor de ar incorporado, até 9 %, (tipo M), caracteriza-se pelo bom desempenho térmico e acústico. É usualmente utilizado em residências térreas e assobradadas em função da sua baixa resistência (6 MPa). Os concretos com agregados leves ou baixa massa específica (tipo L2) possuem um bom desempenho térmico e acústico, “[...] mas um pouco inferior aos L1 e M. Pode ser usado em qualquer estrutura que necessite de resistência de até 25 MPa.”. O concreto convencional ou autoadensável (tipo N) permite uma aplicação muito rápida, dispensa o uso de vibradores e pode ser usado em qualquer tipologia. Quando da utilização deste concreto deve-se atentar ao fato de que os aditivos aplicados a ele perdem o efeito em aproximadamente 40 minutos após

serem adicionados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 177).

A coletânea de Ativos 2009-2010 afirma que “Um dos grandes favorecidos com a coordenação modular é o sistema de fôrmas, pois, por contarem com painéis também modulados, poderão ser aplicados nos mais diversos projetos [...] com poucas ou nenhuma adaptações.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2010, p. 18).

Muitos fabricantes oferecem diversas opções de fôrmas para moldar as paredes de concreto no local e relatam as vantagens na utilização. Na seleção entre os diversos sistemas de fôrmas apresentados devem-se levar em conta alguns fatores que potencializam os ganhos de se optar pelo sistema parede de concreto armado moldada no local (SH FÔRMAS, ANDAIMES E ESCORAMENTOS LTDA, 2013):

- a) produtividade da mão-de-obra na operação do sistema de fôrma;
- b) peso por m² dos painéis;
- c) número de peças que compõe o sistema de fôrmas;
- d) durabilidade da chapa e número de reutilizações;
- e) durabilidade da estrutura (quadros);
- f) modulação dos painéis;
- g) flexibilidade do sistema de fôrmas a diversas soluções de projetos;
- h) adequação do sistema de fôrmas para a fixação de embutidos;
- i) análise econômica.

Os fornecedores de fôrmas disponibilizam informações referentes à estrutura das peças, revestimentos internos, módulos adotados, altura das fôrmas, peso e resistência, além dos acessórios necessários para a montagem das fôrmas, como escoramentos, aprumadores, acopladores e ancoragens, e alguns dispositivos especiais para a desforma. Os fornecedores também especificam itens como as flexibilidades dimensionais permitidas, resistências, pesos e viabilidade econômica.

Algumas informações referentes às vantagens e desvantagens são encontradas na obra de Vaquero y Mayor¹⁰ (2008, p. [18] apud BRENDA, 2012), onde se afirma que as fôrmas metálicas são vantajosas nos quesitos durabilidade, leveza, qualidade de prumo e alinhamento, acabamento superficial, rigidez e estanqueidade, e desvantajosas nos quesitos custo, disponibilidade no mercado, modulação restrita, capacitação da mão de obra. As fôrmas metálicas revestidas com chapas de compensado apresentam como vantagens custo, durabilidade, montagem, acabamento e disponibilidade, e como desvantagens seus pesos, a necessidade de troca das chapas compensadas, e quantidade de peças soltas. Por fim, as fôrmas plásticas são leves, têm baixo custo de aquisição, possibilitam a modulação e são disponíveis para serem locadas, porém apresentam dificuldades em relação ao prumo e ao alinhamento, mau acabamento superficial, são menos duráveis e não são encontrados muitos fornecedores.

Em relação à armadura, a Coletânea de Ativos 2009-2010 recomenda que haja um projeto detalhado para que se obtenha racionalização, facilidade na estocagem de telas, na identificação, no transporte, na montagem e no controle. Porém, no caso de não haver um projeto de armaduras, os impactos negativos decorrentes podem ser indefinição e dúvidas na montagem, demora na execução de serviços, possibilidade de erros, grande movimentação de peças, geração de estoque, risco de patologias e dificuldade na conferência.

¹⁰ VAQUERO Y MAYOR, A. Parede de Concreto: uma alternativa competitiva. In: SEMINÁRIO HABITAÇÃO: PAREDES DE CONCRETO, 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2008. Não paginado.

6 ENTREVISTA COM UM AGENTE EXECUTOR DO SISTEMA

A confirmação das vantagens e das desvantagens apontadas pelos agentes incentivadores dos sistemas apresentadas no capítulo anterior se dá por meio de uma entrevista individual com um agente executor do sistema. O entrevistado é engenheiro responsável pela execução de projetos de uma empresa construtora, aqui representada como empresa A, que utiliza o sistema em paredes de concreto armado moldada no local como método construtivo de empreendimentos habitacionais no Estado do Rio Grande do Sul. Os empreendimentos têm como características estarem localizados no Estado do Rio Grande do Sul e terem sido aprovados para o financiamento da Caixa Econômica Federal no Programa Minha Casa, Minha Vida, para atender a um público com renda na faixa entre 3 e 6 salários mínimos, na sua maioria. Todas as unidades dos empreendimentos foram executadas com o sistema construtivo parede de concreto armado moldada no local.

6.1 MÉTODO DA ENTREVISTA

Para fins de uma abordagem ampla sobre as diversas questões apontadas pelos agentes incentivadores dos sistemas parede de concreto armado moldada no local, optou-se por uma entrevista individual com 21 perguntas abertas em um roteiro semiestruturado. A escolha pela entrevista individual foi prioritária porque “[...] o entrevistador fica frente a frente com o respondente, tendo a oportunidade de explorar em profundidade um determinado tema ou objeto de pesquisa [e a] abordagem é essencialmente qualitativa [...]” (RIBEIRO; MILAN, 2004, p. 9). O fato de serem formuladas perguntas abertas permite que o entrevistado decorra livremente sobre o tema proposto, não se restringindo a uma resposta objetiva e não sendo direcionado à resposta que o entrevistador deseja receber. Roteiro semiestruturado, segundo Ribeiro e Milan (2004, p. 10), é quando:

[...] existe um roteiro básico, um conjunto de questões que eventualmente, ao longo da entrevista, serão posicionadas. Apesar da existência deste roteiro, as entrevistas individuais nunca seguem uma estrutura rígida, e o entrevistador sempre deve estar propenso a complementar o roteiro, fazendo perguntas que são diretamente motivadas pelas respostas que o respondente articula.

Segundo Lodi (1971, p. 44),

A boa formulação de perguntas requer inicialmente do entrevistador algumas condições prévias: clareza de visão dos objetivos, amplitude de vocabulário, precisão no uso das palavras e observação crítica das respostas. [...] A efetiva formulação de perguntas deve ser desenvolvida só depois que foram objetivados os alvos específicos da entrevista. [...] Primeiro é preciso determinar 'o que' e 'até onde' se pretende medir, para em seguida serem elaboradas as questões.

6.2 A ENTREVISTA

A seguir, são apresentadas as principais intervenções compiladas das respostas do entrevistado. A íntegra da entrevista encontra-se no apêndice deste trabalho.

O entrevistado relatou que a empresa A, na qual atua profissionalmente como Engenheiro Civil, iniciou execução de obras com o método parede de concreto armado moldada no local devido à parceria com uma empresa que já detinha a tecnologia e mão de obra qualificada, permitindo que a escala de construção fosse ampliada.

Informou que a atenção da empresa A focou-se principalmente na logística em relação às fôrmas, tendo em vista que estas possuem uma sequência a ser seguida no seu manuseio, o que requereu um planejamento especial quanto à quantidade delas para os momentos em que fossem necessárias e quanto à coordenação das equipes de montagem concomitante entre todas as suas obras. Disse que a empresa, dentre os tipos de fôrmas testadas, optou pelas de alumínio pelo fato de serem relativamente leves, facilitando o deslocamento, não demandando equipamentos específicos, e por não apresentarem dificuldades na sua utilização, e que, a partir desta escolha, houve redução no tempo de execução da obra, alterando conseqüentemente o cronograma. Salientou a importância de haver um constante controle dos avanços físico-financeiros, tendo em vista que as fôrmas possuem um custo elevado, o preço do concreto é bastante significativo, assim como o da mão de obra.

Foi dito pelo entrevistado que, para a prática da execução deste método, por ser constituído de um processo praticamente industrial, sequenciado, padronizado, há a necessidade de um planejamento referentemente à organização de mão de obra para a montagem. Informou que, tendo em vista que os membros da equipe contratados possuíam larga experiência na execução do sistema desse tipo de construção, não houve necessidade de treinamento preliminar por parte da empresa A. Foi dito também que não há um procedimento padrão a ser seguido pela empresa A no caso de ausência de um membro da equipe, mas que a falta de

funcionário pode acarretar um alargamento no prazo da montagem das fôrmas, eventualmente provocando atraso da fase da concretagem das paredes. Informou também que a empresa A já teve experiência de treinamento com equipes do Rio Grande do Sul, mas que os funcionários demonstraram dificuldade em se adaptar com a montagem, não atingindo o ciclo completo nem a qualidade de que precisavam.

O entrevistado dispôs ainda que o projeto da empresa A foi aprovado antes da publicação da NBR 16055 e que as adequações que se fizeram necessárias após a edição da norma foram em relação ao traço do concreto, ao tipo de aditivo, à taxa de armadura e à fibra interna. Fez saber que todas essas adequações foram efetivadas sem dificuldades pela empresa A.

Informou também que a liberação do projeto da obra para construção ocorre após a sua aprovação e que, após isso, não poderá haver alterações posteriores quanto ao *design* e às dimensões das unidades. Disse que, em relação ao *layout* do canteiro, deve ser necessária uma logística específica entre as etapas de fundação, parede e telhado e suas interfaces, tendo em vista a rapidez da execução das paredes, assim como uma previsão quanto ao espaço destinado às tubulações e aos espaços destinados nas fôrmas aos vão.

Os projetos necessários à execução desse sistema destacados foram os de fundação, instalação, armadura e fôrmas, salientando o entrevistado que o único que demanda um cuidado diferenciado na sua elaboração é o de fôrmas, pois que eventualmente há peças de dimensões diversas necessitando de projetos diferentes. Fez saber que cada equipe é responsável pela execução do projeto de fôrmas, e que não é permitida a troca com outras equipes, com o fim de não afetar a produtividade.

Foi dito pelo Engenheiro que a empresa A dispõe de um profissional responsável pelo projeto de resistência estrutural, atentando quanto à durabilidade dos materiais, garantindo a segurança estrutural das unidades. Em relação ao Plano de Prevenção e Proteção Contra Incêndio, realçou que os itens exigidos aplicam-se às áreas comuns do condomínio, e não às casas.

Disse o entrevistado que as armaduras utilizadas pela empresa A são as de malhas em painéis de 2,45 x 6,00 m, que, apesar de possuírem um custo mais elevado, evitam o trabalho de pontear ferro a ferro, otimizando o tempo de trabalho da equipe. Informou que estas malhas

em painéis necessitam apenas de alguns cortes para se adequarem ao projeto e que os resíduos delas não são desperdiçados, mas destinados a outros fins.

A fim de evitar falhas posteriores com o consequente retrabalho, foi salientado pelo entrevistado a importância do controle e da conferência das posições das instalações durante a concretagem.

Houve o destaque por parte do Engenheiro de que o concreto selecionado para uso neste método pela empresa A é o que apresenta características autoadensáveis, pois é eliminada a fase de vibração após a concretagem e são evitadas fissuras nas paredes após a cura. Disse que é feito um controle tecnológico do concreto e que, na sua formulação, há, além de aditivos superplastificantes dosados pela concreteira na obra logo antes da aplicação, componente que evita a excessiva liberação de calor de hidratação, o que diminui a probabilidade de retração durante a cura. Informou que falhas ocorreram antes de ter sido encontrado o traço ideal do concreto, que foi feito um ajuste do volume exato de concreto tendo em vista que as fôrmas são de dimensões padrão, e que a destinação de eventual resíduo de concreto é de responsabilidade da concreteira.

Para o acabamento da parede citou a textura rolada com a pintura pongada. Nas emendas entre as fôrmas, descreveu um tratamento com cimento nos excessos de concreto, com a finalidade de deixar a parede com bom aspecto, necessitando nessa etapa uma maior atenção na execução.

A análise do Engenheiro foi no sentido de que o sistema mostrou-se economicamente viável, tendo sido sempre possível trabalhar dentro dos valores orçados, e de que a aceitação é boa, pois, para todo produto ofertado, houve demanda. Fez saber ainda que, para o público que busca este produto, economicamente não é viável a realização de eventuais alterações arquitetônicas, pois demandam análise estrutural por profissional competente.

Finalizando, o entrevistado opinou no sentido de que este é um método que, para esse tipo de empreendimento, apresenta produtividade, velocidade na execução das etapas, não demanda grandes equipamentos, tornando-se adequado aos programas de financiamento. Disse que o resultado é um bom produto final devido também aos materiais empregados serem de qualidade. Salientou que, no entanto, devido ao alto custo de locação ou de aquisição das fôrmas, material essencial para a execução do sistema, este método não é economicamente

viável à execução de pequenos empreendimentos. Destacou que a falta de viabilidade técnica não é empecilho para a sua execução, tendo em vista a publicação da norma específica.

Fez, por fim, o entrevistado a sinalização futura de que os sistemas em parede de concreto armado moldada no local com modificações podem ser adequados a um público com maior poder aquisitivo, não se restringindo a empreendimentos populares.

6.3 ANÁLISE CONCLUSIVA

Com base nas respostas da entrevista dirigida ao Engenheiro, uma análise conclusiva é desenvolvida comparativamente com o que a literatura dispõe sobre os sistemas parede de concreto armado moldada no local no atual cenário do Estado Rio Grande do Sul.

É possível considerar, portanto, que ter domínio do método construtivo, capacidade financeira e disponibilidade de mão de obra qualificada e experiente viabilizam uma empresa a implementar o sistema em empreendimentos de larga escala.

Pode-se afirmar que, após o projeto detalhado ser aprovado, a racionalização do processo de execução, advinda de produtividade e velocidade, é obtida após um planejamento para sequenciar a obra de maneira lógica, organizando a logística quanto ao manejo das fôrmas, das equipes de montagem, e durante a execução de todo o ciclo.

É possível dizer que todos os quesitos da norma técnica do sistema são possíveis de serem incorporados ao método, apesar de demandarem da empresa uma elevação no custo geral do orçamento e produzirem uma diminuição da produtividade dos funcionários devido à exigência do aumento da taxa de armadura e da resistência e durabilidade do concreto, confirmando o destacado por autores referidos neste trabalho. Há a confirmação de que os materiais envolvidos nesse sistema respondem positivamente ao requisito da norma quanto à segurança e ao desempenho técnico.

Agilização do cronograma, apesar de representar um elevado custo na etapa da confecção das paredes; redução de prazo de entrega da obra; necessidade de contratação de menores equipes e significativa redução de desperdício de materiais são itens destacados pelo entrevistado que confirmam os descritos na literatura como vantagens para a substituição do método convencional pelo método em questão, para esse tipo de empreendimento. Percebe-se que a

exceção ocorre quanto ao item acabamento, confrontando o que aponta a literatura como sendo uma vantagem em relação ao uso da fôrma de alumínio.

Conclui-se que obedecer à padronização é essencial para a redução dos prazos durante a montagem das fôrmas e em todo o decorrer das outras etapas, confirmando o que a literatura aponta como vantagem de se possuir mão de obra qualificada. Pode-se dizer que se evita o retrabalho realizando controle constante em cada etapa da execução do método.

Assim como no método tradicional, neste pode-se destacar a importância de haver um projeto detalhado para cada etapa do processo. A diferença do método tradicional para este é o fato de haver tantos projetos quantas fôrmas de dimensões diferentes houver, a fim de reduzir erros na montagem.

Pode ser alegado que a escolha da fôrma de alumínio pela empresa A comparativamente aos relatos da literatura quanto às vantagens dos diversos tipos de fôrmas confirma os itens de leveza e boa qualidade. Referentemente às desvantagens, são confirmados os seguintes itens: alto custo de aquisição, pouca disponibilidade no mercado e necessidade de mão de obra específica para manuseio delas.

Quanto às armaduras, pode-se inferir que a utilização das malhas em painéis confirma o disposto pela literatura no sentido da promoção da racionalização do processo construtivo, da redução dos desperdícios, da mão de obra e de etapas do processo.

É oportuno analisar que o correto posicionamento de cada material, bem como os cuidados nas instalações e na hora da concretagem evitam o retrabalho, confirmando a eficiência do método construtivo. É de ser lembrado, conforme alertado pelos autores anteriormente referidos neste trabalho, que o controle será efetivo na medida em que os membros da equipe possuírem a qualificação exigida.

Conclui-se dizer que a empresa A, ao utilizar o concreto com características autoadensáveis com tratamentos adicionais para melhorar algumas características de desempenho, reforça o relatado pela literatura como sendo o mais recomendado para esse sistema.

Da mesma forma, percebe-se que, após a desforma, as paredes já apresentam um acabamento final bom, conforme relato de autores constantes da bibliográfica citada, necessitando apenas de pequenos reparos nas emendas.

É possível fazer uma análise positiva quanto à viabilidade econômica do sistema parede de concreto armado moldado no local para o orçamento geral dos empreendimentos nesses moldes e para o público-alvo, conforme relatos bibliográficos e a informação do entrevistado.

Confirma-se com a literatura que o método apresenta como desvantagem a impossibilidade de alterações arquitetônicas para empreendimentos deste porte, mas que, no entanto, devido a essa impossibilidade, há o aumento do controle de qualidade do produto final e do processo em si, em função da repetitividade e da padronização na execução.

Na análise geral, pode-se afirmar que o método em questão atende às exigências dos agentes financiadores para empreendimentos desse porte, resultando num produto de boa qualidade. Infere-se que as empresas ainda não optam pela utilização desse método por não se enquadrarem na viabilidade econômica, mesmo que a introdução da norma permita que elas possam adquirir o conhecimento técnico.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou apontar os itens em que a realidade encontrada nas obras habitacionais no Estado do Rio Grande do Sul que utilizam sistemas em paredes de concreto armado moldadas no local confronta ou confirma o que a literatura e os agentes incentivadores dos sistemas apresentam. Recorreu-se, para isso, da literatura disponível e de uma entrevista a um agente executor de obras com sistemas nesses moldes.

Os sistemas em paredes de concreto armado moldadas no local já eram tecnicamente viáveis para empreendimentos habitacionais desde os anos 80, porém necessitavam de aprovação junto à Caixa Econômica Federal para que fossem liberados financiamentos de obras com esses sistemas após comprovação de seu desempenho. A tendência, na opinião do agente executor, é a de que empresas passem a utilizar esse sistema para empreendimentos habitacionais de grandes dimensões a partir da publicação da NBR 16055 – Parede de Concreto Moldada no Local para a Construção de Edificações – Requisitos e Procedimentos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012).

Porém, o sucesso dos sistemas depende do bom planejamento das sequências das atividades, do uso de materiais de boa qualidade e da especialização da mão de obra. A maior restrição que percebe-se em relação ao sistema é a financeira, tendo em conta o aluguel ou a compra das fôrmas e a aquisição do concreto, que ainda demandam grande aporte financeiro da construtora.

Pode-se confirmar, apoiado no destacado pelo agente executor, alguns pontos que a literatura e os agentes incentivadores destacam como vantajosos ao se introduzir um sistema nesses moldes: a eliminação das operações artesanais; a redução significativa dos desperdícios e dos prazos; a repetição de projetos e operações, que propiciam maior produtividade e melhor controle do processo, o conforto térmico das casas. O bom acabamento, vantagem na utilização do método apontado pela literatura, é um item que demanda cuidados quando da execução das paredes, pois, se negligenciada qualquer uma das etapas, o sistema fica comprometido.

Por outro viés, alguns itens mostraram-se desvantajosos conforme o observado em obras que optam pela utilização desses sistemas: a resistência da classe operária em aprender um método executivo diferente dos quais estão habituados, mesmo considerando a aquisição de qualificação profissional e eventuais conflitos entre operários na etapa de montagem de peças quando não possuem o conhecimento da importância da etapa anterior, devido à descentralização da produção em diversas equipes, resultando em retrabalhos.

Por fim, observa-se que o tema sistemas em paredes de concreto armado moldadas no local possui margem grande para ser ampliado, pois são diversas as variáveis que permitem o seu aperfeiçoamento. Nota-se também que a literatura disponível ainda é restrita no Brasil, apesar de os sistemas serem utilizados no país desde a década de 80. O conhecimento tecnológico sempre foi propriedade das empresas que desenvolveram tais métodos e, em função disso, não foi largamente divulgado. Mesmo após a publicação da norma específica para paredes de concreto armado moldadas no local, grande parte das informações somente é obtida por meio dos fornecedores de materiais, do Instituto Brasileiro de Telas Soldadas, e das associações envolvidas.

Conclui-se, pelo desenvolvimento de todo o trabalho, que as restrições ao uso do método sempre se mostraram reduzidas e contornáveis, possíveis de serem superadas, e que, portanto, os sistemas parede de concreto armado moldada no local, por apresentarem oportunidades técnicas e econômicas, viabilizam sua utilização em empreendimentos habitacionais de larga escala no Estado do Rio Grande do Sul na realidade contemporânea.

REFERÊNCIAS

A SH Investe R\$ 2 milhões e expande sua fábrica em Campo Grande. **Guia Construir e Reformar**. 3 maio 2013. Disponível em: <http://guiaconstruirereformar.com.br/noticia_5971-a_sh_investe_r_2_milh_es_e_expande_sua_f_brica_em_campo_grande.htm>. Acesso em: 30 out. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Parede de Concreto**: coletânea de ativos 2007/2008. São Paulo, 2008.

Disponível em:

<<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/9/anexo/colpc0708.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2014.

_____. **Parede de Concreto**: coletânea de ativos 2009/2010. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.abesc.org.br/assets/files/coletania-aditivos-09.10.pdf>>. Acesso em: 4 jun. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15873**: coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 16055**: parede de concreto moldada no local para construção de edificações – requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

ALTERNATIVAS Tecnológicas para Edificações. São Paulo: Pini, 2008. v. 1.

BENDER, R. **Uma Visión de la Construcción Industrializada**. Barcelona: Gustavo Gilli, 1976.

BLACHÈRE, G. **Tecnologias de la Construcción Industrializada**. Barcelona: Gustavo Gilli, 1977.

BOSILJKOV, V. B. SCC Mixes with Poorly Graded Aggregate and High Volume of Limestone Filler. **Cement and Concrete Research**, n. 33. [S. l.], 2003. p. 1279-1286. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884603000139#>>. Acesso em: 15 jun. 2014.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat. Sistema Nacional de Avaliações Técnicas. Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos. **Diretriz Sinat n. 001**: diretriz para avaliação técnica de sistemas construtivos em paredes de concreto armado moldadas no local. Brasília, DF, 2010.

BREDA, C. F. **Concreto Celular Espumoso Moldado no Local**: identificação dos incentivos e obstáculos enfrentados pelas empresas construtoras para a implementação do método construtivo. 2012. 75 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

CARDÃO, C. **Técnica da Construção**. 5. ed. Belo Horizonte: Edições Engenharia e Arquitetura, 1981. v. 1.

CEOTTO, L. H. A Industrialização da Construção de Edifícios: de passado letárgico para um futuro promissor. In: FARIA, C. P. (Org.) **Inovação em Construção Civil**. São Paulo: Instituto UNIEMP, 2005. p. 85-106. Monografias.

CLUBE DO CONCRETO. **Concreto e Pré-Fabricados de Concreto**. Rio de Janeiro, c2010. Disponível em: <<http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/12/fotos-de-paredes-de-concreto-solucoes.html>>. Acesso em: 30 out. 2014

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Parede de Concreto**. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/caracteristicas/o-sistema/18/caracteristicas.html>>. Acesso em 30 out. 2014.

DUARTE, R. B. **Elementos de Avaliação da Industrialização na Construção por Sistemas no Rio Grande do Sul**. 1982. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1982.

EUROPEAN FEDERATION FOR ESPECIALIST CONSTRUCTION CHEMICALS AND CONCRETE SYSTEMS. **Specification and Guidelines for Self-compacting Concrete**. Farnham, UK, 2002.

GREVEN, H. A.; BALDAULF, A. S. F. **Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil: uma abordagem atualizada**. Porto Alegre: ANTAC, 2007. Coleção Habitare/Finep.

LINO, F. A Construção Civil Rumo à Industrialização. In: FARIA, C. P. (Org.) **Inovação em Construção Civil**. São Paulo: Instituto UNIEMP, 2005. p. 61-65. Coletânea de artigos.

LODI, J. B. **A Entrevista: teoria e prática**. São Paulo: Livraria Pioneira, 1971.

ORDOÑEZ, J. A. F. (Ed.) **Prefabricacion: teoria y práctica**. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1974. tomo 1.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de Cimento Portland**. 14. ed. São Paulo: Globo, 2005.

RIBEIRO, J. L. D.; MILAN, G. S. **Entrevistas Individuais: teoria e aplicações**. Porto Alegre: Editoração eletrônica: Denise Martins Chagas, 2004.

SH FÔRMAS, ANDAIMES E ESCORAMENTOS LTDA. **Lumifast SH**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.sh.com.br/site/index.php?option=com_content&view=article&id=725%3Alumifast-shr-&catid=13%3Aformas-para-concreto&Itemid=64&lang=pt>. Acesso em: 30 out. 2014.

SISTEMA Construtivo Parede de Concreto. Natal: todoimoveis.com, c2009. Disponível em: <<http://www.todoimoveis.com/parede-de-concreto>>. Acesso em: 30 out. 2014.

TECWALL. **Fôrmas Metálicas para paredes de concreto**. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/caracteristicas/o-sistema/18/caracteristicas.html>>. Acesso em: 30 out. 2014.

**APÊNDICE – Entrevista a um Agente Executor do
Sistema Parede de Concreto Armado
Moldada no Local na Íntegra**

1- Ao ser projetado o uso do sistema de parede de concreto armado moldada no local, foram tomados por base outros projetos semelhantes executados com esses sistemas ou foi algo inovador por parte da empresa?

ENGENHEIRO - A empresa A, começou a fazer as paredes de concreto devido a uma parceria com uma empresa parceira em dois empreendimentos grandes de prédios verticais. A empresa parceira possuía a tecnologia das casas em parede de concreto e estava ampliando o horizonte, queria construir no Rio Grande do Sul também, e assim o sistema entrou na empresa A. Foi algo inovador para a empresa, casas nunca haviam sido o forte da empresa, que sempre teve construções verticais. Até o início da parceria com a empresa parceira, a empresa A sempre teve construções relativamente menores, a maioria residencial, prédios de 40, 60, 90 unidades no máximo; depois, com a parceria, foram construídos condomínios com 1.000 apartamentos, 1.200 apartamentos, mudou um pouco a escala da construção.

RODRIGO - E já era consolidado esse método por parte dessa empresa parceira?

ENGENHEIRO - A empresa parceira já tinha o sistema avalizado pela Caixa, ainda não havia norma, e as obras foram financiadas pelo plano. No início, fizemos estudos: "E se fizer de alvenaria? Tem que rebocar. Quanto custa? Não tem como! As paredes internas têm que ser acartonadas". Como o processo de parede de concreto é muito rápido, num momento se consegue todas as divisórias da casa, foi pensado fazer só as externas de parede de concreto, e as internas de *dry wall*, o que seria possível, mas isso acrescentaria mais um ciclo no processo. Como a ideia é ter velocidade, e o processo da parede é muito rápido, não se ia ganhar velocidade no ciclo da parede, e iria se ter mais um serviço pra fazer dentro da casa. Financeiramente também não era uma diferença que valesse a pena acrescentar mais um serviço internamente. E como a empresa parceira detinha a tecnologia das fôrmas já saiu com o que a empresa parceira estava trabalhando. Fazendo um comparativo com outros métodos construtivos, vimos que a conta e o prazo não fechavam.

RODRIGO - E é economicamente viável? Então, acabou sendo melhor?

ENGENHEIRO - É bom. Em condomínios de classe mais popular, casas pequenas, de 40 até 60 ou 70 metros quadrados, é viável, há um retorno interessante para a empresa.

RODRIGO - Está no Programa Minha Casa, Minha Vida na faixa de 3 a 6 salários mínimos?

ENGENHEIRO - Depende do empreendimento, mas a maioria é de 3 a 6. Para a faixa de zero a 3, não se consegue atingir com esse produto.

2 - Considerando que os sistemas em paredes de concreto armado moldada no local é um método de vanguarda, quais as dificuldades que surgiram no seu planejamento?

ENGENHEIRO - No planejamento, é importante focar que, no uso das fôrmas, há uma sequência a seguir. É diferente da execução em um prédio, com parede de alvenaria, em que se executa por quadras, se consegue abrir 10 frentes de trabalho diferentes ao mesmo tempo; com uma empreiteira pequena, com dois pedreiros, se abre uma frente de trabalho. Com o uso da fôrma, que não é uma estrutura barata, há que se ter bem definido por onde se vai iniciar o serviço, quantas fôrmas usar, quantas equipes serão necessárias.

Se, durante a obra, há a perda de uma equipe, por ineficiência, por exemplo, vão ficar as fôrmas paradas, sendo pago o aluguel, considerando também que, se for precisar de outra equipe, não é muito fácil de se obter.

Há que haver o planejamento de ter as fôrmas a serem locadas disponíveis no momento que precisar - a empresa parceira é a proprietária das fôrmas que usamos -, e essa organização necessita de uma antecedência de 6 meses, 1 ano. O planejamento é essencial para se sequenciar a obra de maneira lógica, para que se obtenham produtividade e velocidade. É muito importante também considerar o prazo de entrega da unidade, as datas de início.

Quando há uma demanda muito grande de unidades, condomínios em locais distantes, com o mesmo modelo de casa, a logística deve ser muito bem pensada. Estamos iniciando um condomínio em Pelotas, um em Canoas e vamos iniciar um condomínio em Gravataí; hoje, somos proprietários das fôrmas, temos 12 conjuntos de fôrmas e, com esses conjuntos, temos que fazer todas as obras concomitantemente.

No planejamento, é importante o desenvolvimento das equipes, que muitas vezes são terceirizadas. E não é da noite para o dia que a equipe começa a trabalhar, se leva um ou dois meses para conseguir a equipe, o pessoal viaja, eles normalmente vêm de fora. O pessoal da empresa parceira, vêm do Nordeste, que é onde a empresa parceira tem as maiores obras. É um pessoal acostumado com o processo.

Não é um planejamento só da obra em si, mas o planejamento da empresa entre todas as obras.

3 - Quais foram as adequações que se fizeram necessárias no projeto da obra quanto ao *layout* de canteiro, dimensões das casas, interface com fundações e coberturas, instalações, aberturas, design ao se optar por esse método em detrimento aos métodos tradicionais?

ENGENHEIRO - Com este produto consolidado na empresa parceira não é fácil executar alterações, por exemplo, para aprovar um projeto em determinada prefeitura. Existem modelos de casas que atendem, via de regra, os planos diretores de todas as cidades, são casas simples, não são difíceis de serem atendidas, as dimensões sofrem poucas variações, internamente também não se consegue modificar, pelo tamanho da casa não se consegue inserir uma parede a mais, nem fazer divisórias internamente, é difícil obter uma mudança de *layout* interno das casas, têm que obedecer ao *layout* padrão.

Para o *layout* do canteiro, é necessária muita logística, organização para começar a fundação; na mesma sequência, fazer a parede, na mesma sequência, fazer o telhado. Tem que ter equipes para seguir a sequência.

Na fundação dos nossos modelos de casa é utilizado o modelo *radier*. Como é uma fundação que não demanda máquinas, não demanda uma empresa muito especializada, o segredo dessa fundação está no sucesso da compactação do solo, o *radier* distribui toda a carga da casa, do telhado, toda a carga da operação no solo, então há que ter o controle do solo, ensaios, liberar as camadas, o controle correto de aterrar a camada. Não tem estaca, não tem sapata, não tem bloco de fundação, então o solo é importante.

Às vezes, não só por ser *radier*, mas por se tratar de fundação, se fica mais suscetível ao problema climático, por isso então, para ter uma sequência boa da obra, o ideal é a infraestrutura andar na frente, para se liberar os platôs das casas e adiantar o *radier*. Não adianta concretar o *radier* e botar a fôrma da casa em cima. Daqui a pouco essa parede vai andar mais rápido que o *radier*, vai bater no teu *radier* e parar o serviço, sendo pago aluguel

das fôrmas e de mão-de-obra, e tudo fica parado. Então na interface com a fundação o segredo é andar com a fundação na frente.

Hoje, para a cobertura se tem basicamente dois fornecedores, e, como os modelos são sempre iguais, eles têm todo o projeto, já deixou de ser uma dificuldade. Há fornecedores que fazem uma estrutura leve, aço galvanizado, com produtividade muito boa. Como temos hoje 2 ou 3 equipes muito boas de montagem que trabalha no Rio Grande do Sul, a parte de cobertura dominamos. Todo o processo é industrializado, parede de concreto, racionalizado, estrutura metálica do telhado também superracionalizada. Temos o telhamento cerâmico, com uma qualidade melhor, uma telha muito boa, mas é uma parte do serviço um tanto formiguinha, vai-se colocando telha por telha no telhado. É uma telha que aumenta a qualidade do produto, é diferente do que se colocar uma telha de fibrocimento, uma telha metálica, a qualidade térmica da casa será totalmente diferente. Então, o processo da execução do telhado nossas casas é um tanto quanto formiguinha, mas acho que é importante, pois agrega valor. É um produto relativamente simples, para famílias humildes, mas tem uma qualidade muito boa.

RODRIGO - Durante o processo, então, parece que a execução do telhado destoa do restante do método?

ENGENHEIRO - Na hora de estruturar o telhado, se precisa da mão-de-obra, e tudo é muito otimizado, e, como é um processo formiguinha, e as equipes hoje estão dimensionadas para fazer o processo formiguinha, o que não atrapalha o ciclo das casas, a demanda de mão-de-obra aumenta.

Nas instalações também há que ser seguido o projeto, e não se consegue nenhuma modificação, fazer algo diferente em uma casa não existe, porque as esperas estão todas embutidas nas paredes, as fôrmas são furadas para essa espera sair para fora. Não é possível modificar 10 cm para um lado ou 20 cm para outro; no processo não há essa opção.

As aberturas também são padronizadas, todas definidas no projeto, nada a ser feito quanto alterações.

4 - Se o projeto foi aprovado antes da publicação da NBR 16055, quais as dificuldades encontradas ao se projetar as habitações?

ENGENHEIRO - O projeto foi aprovado muito antes da norma da parede de concreto. Ele é um projeto que está adaptado às exigências anteriores para serem adequados aos financiamentos do Projeto Minha Casa, Minha Vida, é um processo que foi aprovado pela Caixa. Depois da edição da norma não tivemos muitas dificuldades, muitas adequações a fazer. Mudou alguma coisa, como o tipo do concreto, a resistência do concreto - no projeto aprovado, ele tinha uma resistência mais baixa. No processo anterior, trabalhávamos com uma resistência mais baixa da parede. A parede tem uma resistência estrutural, mas a casa é térrea, não tem laje em cima, só telhado e forro, ela não tem carga vertical para sustentar, então ela tinha uma resistência similar a uma resistência de parede de alvenaria.

A norma da parede de concreto é genérica para todas as paredes de concreto, e não para paredes de concreto de casas térreas sem laje em cima, mas, para nos adequarmos à norma, tivemos que atingir o f_{ck} 20 MPa. Agora temos um f_{ck} muito além da necessidade estrutural da unidade. Entra depois a questão da durabilidade do concreto, corrosão da armadura.

Basicamente, com a norma, o nível exigido de fluidez do concreto não mudou muito, mas mudou bastante o traço do concreto, o tipo de aditivo, mudou o tipo de fibra interna.

Com a edição da norma, também vieram algumas exigências em relação à armadura, que também foram incorporadas no processo, os projetos foram adequados à norma. Aumento de custo houve, mas não foi significativo, foi mais trabalho, aumentou a taxa de armadura, diminuiu a produtividade do pessoal.

Todas as adequações foram possíveis de serem feitas. Não foi traumático adequar o projeto das casas à norma.

RODRIGO - E quanto aos valores do f_{ck} , houve um controle? Quanto valia antes e quanto vale hoje?

ENGENHEIRO - No projeto aprovado na Caixa, o concreto que se adquiria tinha um f_{ck} de 4,5 MPa, trabalhava-se com grande incorporação de ar, o que fazia cair a resistência. A quantidade de cimento não era baixa, mas se trabalhava com bastante incorporador de ar, que é bom para a questão térmica da casa, a casa com aquele concreto tinha uma qualidade térmica um pouco melhor comparativamente a hoje.

RODRIGO - E, agora, qual o valor que vocês atingem?

ENGENHEIRO - Agora, estamos trabalhando com f_{ck} 20 MPa, que é o mínimo exigido pela norma, por uma questão de durabilidade. A norma se sobrepõe à avaliação que a Caixa tinha do método, do processo. Então, de 4,5 MPa para 20 Mpa houve um custo um pouco maior, trabalha-se com um pouco mais de cimento, há que ter menos incorporador de ar. E talvez tenha havido uma queda na qualidade térmica da unidade, mas as casas hoje continuam sendo bem agradáveis.

Normalmente, com a espessura de parede de 10 cm não se tem revestimento com reboco, só a textura e a pintura, e pode-se ter a impressão de que haverá a transmissão do calor da parte externa para a parte interna muito grande, mas, comparando com as casas convencionais de concreto, acho que a qualidade térmica é muito boa, o telhado é totalmente ventilado por baixo, o que mantém a casa bem agradável.

5 - Qual foi o motivo da opção pelo método? Foi em função da redução de prazo ou custo? Melhores acabamentos? Menores desperdícios? Racionalização?

ENGENHEIRO - Foi a parceria que nos proporcionou começar a trabalhar com esse tipo de método construtivo. Esse método traz, sim, uma redução de prazo muito significativa. Esse é o ponto forte do método, porque ele dá um acabamento num ciclo, em um dia se concretam duas casas, dependendo do modelo de casa; em uma semana, se consegue concretar 6 casas. Pode-se entregar 6 casas como se estivesse com a alvenaria pronta, curada, com o reboco pronto, prontas para entrar a pintura. E isso se obtém com uma equipe composta por 9 funcionários. Quantos funcionários seriam necessários para se fazer 6 casas em 1 semana, alvenaria e reboco interno e externo? Seria muita gente. Então, o prazo é muito bom.

Mão-de-obra nota 10, diminui muito a quantidade de mão-de-obra; o desperdício é reduzido significativamente, porque o processo de concretagem, apesar de ser diário, não apresenta quebra de bloco, não há resto de argamassa de assentamento, não tem que abrir canaleta no bloco para botar a tubulação hidráulica e elétrica.

O item acabamento é mais discutível, é uma etapa do processo que apresenta uma dificuldade um pouco maior com relação à parede convencional de alvenaria e reboco. Numa parede convencional, no reboco, se consegue consertar, ajeitar muita coisa, e, na parede de concreto, com a fôrma montada, o pessoal concretando, as fôrmas com dimensões variáveis, de 60, 70,

80, até 90 cm, que obviamente têm emendas entre elas, em algum momento elas se encostam de topo, e ali vai surgir uma emenda, que é tratada depois da concretagem com uma raspagem, um arremate, que se tem feito com argamassa colante ou com cimento e areia. E essa emenda eventualmente aparece nas paredes.

As paredes podem ter também pequenas ondulações, faz parte do processo. São muito pequenas; quando o serviço é bem feito, montadas de maneira adequadas as fôrmas, essa emenda e essa ondulação são praticamente imperceptíveis.

Se a equipe não executou certo o processo, não colocou a quantidade de travamento necessária, não pregou a cantoneira de maneira adequada, não colocou os alinhadores, não conferiu, começa a ter problema nas paredes, começa a piorar o acabamento da casa. Se ficou 1 cm fora de prumo, não vai-se rebocar, ou vai se for muito. Mas, dentro do processo, não tem reboco. Então acabamento é um ponto que demanda uma atenção muito grande na hora da execução, porque qualquer falha vai repercutir no acabamento, o pintor não consegue salvar depois, vai talvez amenizar um pouco. Realizar o reboco da parede depois foge totalmente do processo, aí está-se tratando de um erro do processo de maneira isolada, não é para acontecer.

6 - Quando da seleção do sistema, foram levados em consideração os desempenhos técnicos, como resistência, durabilidade, segurança estrutural e segurança contra incêndio?

ENGENHEIRO - Todos os projetos são aprovados, e para o projeto estrutural há um responsável técnico. A questão de durabilidade sempre foi tratada; quanto à segurança estrutural, nunca tivemos problemas em relação às casas, se constrói há muitos anos essas casas com esse sistema.

Quanto à questão de incêndio, para esse tipo de empreendimento, que são casas residenciais, não há uma exigência tão grande internamente com os sistemas de proteção, não se tem um extintor dentro da casa - os PPCI são para áreas comuns. No empreendimento em si, de condomínios horizontais, grandes, de 300, 400, 500 casas, há a exigência de hidrantes no condomínio, tem PPCI aprovado dentro do condomínio, e, nas áreas de uso comum, há o

projeto de PPCI, que exige saídas e luzes de emergências, extintores. Mas, em relação à casa em si, acaba não se enquadrando.

RODRIGO - Não chegou a ser considerado que o concreto resiste mais em relação a outro material?

ENGENHEIRO - Agora há uma norma de incêndio que trata a questão de cobrimentos diferente, que há que ser analisada. Há períodos, prazos que a unidade tem que resistir ao fogo sem entrar em colapso, isso se deve principalmente ao tempo que a pessoa necessita para evacuar a unidade. Em casas essa visão é um pouco diferente do que em prédios. Em casas, se houver um incêndio, é em uma casa, o tempo para sair de 5, 6 ou 7 metros é curto. É diferente de um prédio com ou sem parede de concreto, em que, se uma unidade pega fogo, toda a estrutura vai pegar fogo junto, e a pessoa do último andar tem que ter tempo de descer pela escada de emergência. É variado. Para esse tipo de empreendimento, a parte de incêndio não vai ser tão relevante.

7 - Quais as alterações que precisaram ser feitas no cronograma da obra com a utilização desse método? Houve uma redução notável no tempo de execução da obra? Tornaram-se mais fáceis os controles dos avanços físicos e financeiros?

ENGENHEIRO - Não houve alterações do cronograma em relação a esse método porque nós nunca trabalhamos com outro método. O método sempre foi esse. No início, trabalhávamos com uma fôrma que não é tão boa como a com que trabalhamos hoje, e as produções não eram tão boas quanto às que temos hoje. Demorava um ciclo de 10 dias para concretar um número de casas. Hoje, concreta-se, dependendo da casa, todos os dias; dependendo das casas, se for um pouco maior, toda a semana, então é outro ciclo. Houve um tempo de redução. Esse tipo de obra, no entender da empresa, só é viável com esse método construtivo. Nunca se fariam casas nessa escala com esse valor agregado de vendas - é óbvio que, quando se fala em casa com valor mais alto de venda, pode-se passar para outro tipo de método construtivo sem problema algum -, mas, para esse método popular, há que ter uma produção muito alta, senão não viabiliza o projeto. Não adianta produzir uma casa a cada 10 ou 20 dias. E hoje em dia não há disponível tanta mão-de-obra para se ter 20 equipes trabalhando. Isso não existe mais.

Temos um controle de avanço físico-financeiro bem forte, eles andam em paralelo, e esse método construtivo traz para a fase de execução das paredes um custo considerado dos mais relevantes da obra, pois o concreto não é barato, faz-se a concretagem, dependendo do modelo, uma faixa de 30 metros cúbicos para uma dupla de casas, concretando todos os dias, 30 por dia, se tiver 5 jogos de fôrmas na obra, vai longe a conta. Demanda, então, um aporte financeiro grande para a obra na fase da execução das paredes. É uma das fases em que a curva de desembolso em termos de valores é maior. Até pela velocidade e custo do processo, porque a mão-de-obra não é barata, o produto concreto não é barato, é bastante significativo, o que acaba potencializando bastante o custo da obra na fase da execução das paredes.

RODRIGO - Quando há frente para sair a primeira casa, já é necessário que haja o planejamento até a última casa em sequência?

ENGENHEIRO - Não se pode parar. No planejamento há que ter certo quantas fôrmas se vai usar, quantas equipes serão necessárias. Quando se coloca a equipe para produzir na obra, na hora do cronograma, na hora que começar o *radier*, há que ter uma latência para o início das paredes, e essa latência pode ser o número de *radier* prontos, pode ser em dias, tanto faz, mas há que ter essa latência. Não adianta concretar um *radier* e ter a fôrma vindo logo em seguida. Pode-se trabalhar por equipe com uma latência de pelo menos 10 ou 15 concretagens na frente, o *radier* tem que estar na frente para a parede não pegar ele. O *radier* é de rápida execução, e é muito dependente das condições climáticas, é diferente da parede. Quando está chovendo forte não se trabalha também. Só que na parede, na hora que parou de chover, volta-se a trabalhar de novo. No *radier* não, se para de chover, tem que esperar um tempo, 2 ou 3 dias. Então, o *radier* fica muito suscetível a isso.

Sempre há que ter no cronograma, desde o início tem que prever, e na execução da obra também há que prever que tem que haver uma folga entre o *radier* e a parede, até porque, entre a execução do *radier* e a execução da parede, há outros serviços a serem executados. Há que ser feita toda a montagem da tela, da armadura dessa parede antes de chegar a fôrma, então a execução da tela pode andar na frente, e há que serem feitas todas as instalações antes de chegar a fôrma. Não se pode esperar chegar a fôrma para pensar em colocar a tela e fazer as instalações. Do contrário, acaba-se trabalhando com toda a equipe embolada, e a produção torna-se menor, potencializando-se, assim, o risco do erro. Se, por exemplo, o instalador hidráulico estiver instalando peças no banheiro e aparecer o responsável pela fôrma querendo

instalar a placa, a chance de o instalador cometer um erro é grande. Alguém o pressionando, ele pode colar mal o joelho, ou não lixar adequadamente o cano. A consequência é que, no momento do teste, se der problema, a parede vai ter que ser quebrada.

RODRIGO - Preferem então correr na frente não só no *radier*, mas, sim, nas armaduras, nas instalações, para, quando chegar a fôrma estar tudo pronto com antecedência?

ENGENHEIRO - Sempre andar na frente. Não precisa estar com 50 casas na frente, mas há que ter um ponto tal para não dar esse tipo de atropelo. Se der atropelo a chance de a obra ter problema aumenta muito. Vai dar problema que vai aparecer não na hora, mas depois. Na hora que concreta a parede parece que deu tudo certo, finalizado o ciclo aparece o problema.

8 - Qual o treinamento necessário para a capacitação dos funcionários para executar uma obra com esse método? Qual o procedimento no caso de ausência de algum membro da equipe?

ENGENHEIRO - Para esse processo, há certa dificuldade em criar equipes no Rio Grande do Sul. Via de regra, as equipes que foram criadas, com exceção de Pelotas, que foram de Pelotas, nas obras de Gravataí, de Santa Maria, de Santa Cruz, de Alvorada, falando de 6 mil unidades, vieram de fora, basicamente do Nordeste. É um processo no qual a empresa parceira trabalha há muito tempo e já criou essas equipes, esses empreiteiros, essas construtoras que fazem esse serviço. E, por se tratar de um processo industrial praticamente, que é muito sequenciado, depois que a equipe pega o jeito da fôrma, a maneira de trabalhar, define os seus 9 ou 10 membros da equipe, essa equipe não quer fazer outro tipo de serviço mais. As equipes que estão formadas mudam muito pouco.

Para a obra de Alvorada, se tentou bastante transformar equipes daqui para montar as casas, mas elas tiveram muita dificuldade de se adaptar a montar, não atingiram o ciclo, não adquiriram a qualidade de que precisávamos. E como esse serviço é remunerado pela concretagem, pela produção, a partir do momento em que a equipe não tem produção, eles produzem muito pouco, e a equipe vai receber muito pouco. E aí não vale a pena, o empreiteiro vai ter o salário fixo do cargo, e eles acabam desistindo do serviço.

Quanto à capacitação dos funcionários, eles são basicamente funcionários que vieram de fora e que já trabalharam com o sistema. Sempre se tem uma pessoa da equipe, um funcionário nosso, ou da empresa A ou da empresa parceira, que é líder de fôrma, que entende das fôrmas, que pode esclarecer qualquer dúvida que surgir, que ajuda a montar se precisar, que está junto, é um encarregado funcionário nosso, não é funcionário do empreiteiro, ele fica junto sempre às fôrmas.

E não existe substituição na ausência de um membro da equipe. Não há um procedimento para isso. As equipes são dimensionadas para trabalhar com um determinado número de funcionários; como normalmente essas pessoas vêm de fora, elas moram juntas ou muito próximas, eles vêm juntos para a obra, começam a trabalhar muito cedo da manhã, para ter a ideia de concretar no início da tarde, às 14 ou 15 horas já estão iniciando o concreto, e, se, eventualmente, um faltar, essa equipe consegue suprir, às vezes acabam, por isso, iniciando o processo da concretagem mais tarde, às 16h30. Na eventualidade de a metade da equipe faltar, vai-se concretar a metade da casa num dia e concluir no outro dia.

RODRIGO - E é tranquilo em relação ao fornecimento do concreto?

ENGENHEIRO - Temos um acerto com as concreteiras. No caso da última obra em Alvorada, quando trabalhamos com 4 equipes, basicamente, tínhamos concreto todos os dias para as paredes, e era muito difícil as 4 equipes falharem no mesmo dia. E esse concreto de parede, para se ter ciclo de 1 dia e tudo funcionar, há que ser feito à tarde, porque senão se perde o ciclo, pois a equipe montou todas as fôrmas, trabalhou até às 8 da noite, no outro dia de manhã concreta às 7h; às 9h está pronta e aí tem 10 pessoas paradas porque não tem o que fazer o resto do dia. Então não vale a pena concretar de manhã. Se está pronta a fôrma, para não dar correria à tarde, e se tiver a bomba que concreta, se concreta, mas sabe-se que aquele dia está sendo não tão produtivo. Quando o ciclo é diário, tem que ser diário, às 15h tem que ter a bomba na obra, o concreto na obra para concretar. Nesse caso de Alvorada, se tinha a bomba da concreteira marcada todos os dias a partir das 15h, o que mudava era que o responsável iria concretar 30, 60, 90 ou 120 metros ao dia. Trinta era muito difícil ter, normalmente ficava entre 60 e 90, pois tinha uma equipe que não era muito boa. Sessenta, 90, e eventualmente 120, então a bomba já estava lá. Se houver uma obra com uma fôrma só, aí vai ser diferente. Vai ter que dispensar a bomba ou ter que pagar taxa da bomba parada, há que ser avaliado caso a caso.

Equipes de fôrmas, de montagem e desmontagem das fôrmas, e arremates das paredes. Em média, cada equipe é composta de 9 ou 10 membros, dependente da produtividade de cada equipe. Quanto menos pessoas houver mais cada um vai receber. Uma equipe de 10 pessoas monta uma dupla de casas por dia, em tamanho normal.

9 - Houve algum tipo de resistência por parte dos trabalhadores em aderir a um sistema não convencional?

ENGENHEIRO - O pessoal daqui apresentou alguma resistência em aderir ao sistema. Dos membros de equipe do Rio Grande do Sul é difícil a adaptação ao processo. Foram tentadas várias vezes, se conseguiu um público pequeno, e com eles numa obra de Pelotas a empresa conseguiu executar, mas foi obtida pouca coisa. Em Santa Maria, com uma empresa de lá, também não foi muito longe, e em Santa Cruz se conseguiu uma equipe num período curto, para obras com poucas unidades, e executaram pouco com mão-de-obra do local. Via de regra, quem faz a parede com produção e com qualidade são os funcionários que já têm experiência e são do Nordeste, do Maranhão, pessoas que já estão há muitos anos trabalhando com esse tipo de serviço, gostam do serviço, sabem executá-lo e querem ir adiante. E fazem rápido.

10 - Para a execução desse sistema, quais projetos detalhados fazem-se necessários? E o porquê dessas escolhas? Quais as dificuldades que são encontradas em seguir os projetos de fôrmas, armaduras e instalações?

ENGENHEIRO - Basicamente, são os projetos básicos. Temos os projetos de fundação, *radier*, armadura, espessura de concreto, distribuição de resistência, módulo de elasticidade, etc., normal. E nas paredes, e nas instalações também. Tem que ter todos os projetos de instalação. Todas as instalações são embutidas, tanto no *radier* quanto na parede. No *radier*, uma pequena parte é embutida no concreto, a maioria é aterrada, embaixo do *radier*.

É necessário o projeto de instalações para *radier* e para paredes. E projeto de armaduras também é normal, como se fosse uma estrutura de concreto armado, o projeto de armadura tem bastante quantidade de armadura nas interfaces dos cantos vivos, em topo de porta, em quina de porta, nas quinas das janelas, há necessidade de uma densidade maior de armadura

ali para evitar uma fissura da parede, aquela em 45 graus, que acontece eventualmente. E há que ter um reforço no topo da parede também, com duas barras de ferro. O resto é malha, que vem pronta, só é preciso cortar do tamanho necessário, e a parede esta finalizada.

Um projeto um pouco diferente, que demanda um pouco mais de cuidado, é o de fôrmas em si: cada conjunto de fôrmas precisa de um projeto diferente de montagem. O arquitetônico é o mesmo, o produto final é o mesmo, a dimensão das peças são as mesmas, mas eventualmente há peças de dimensões diferentes. Há fôrmas de 58, de 60, de 72 cm, então, a colocação dessa fôrma dentro da casa pode ser diferente para diferentes conjuntos de fôrmas. Então antes de receber a fôrma, tem que ser analisado o projeto, tentar utilizá-lo de forma a evitar placas pequenas, que perde produtividade. É um projeto diferente dos convencionais, que precisa ser tratado de forma específica, por fôrma, não pelo modelo de casa. Se tenho 12 fôrmas do modelo X vou ter provavelmente 12 projetos do modelo X. Pode até acontecer de as fôrmas serem iguais, mas, via de regra, na hora que se monta a fôrma, se compra muitas vezes fôrmas usadas - elas agora são nossas -, e elas vêm no tamanho das peças para montar aquele projeto arquitetônico. Compra-se a fôrma para montar aquele determinado projeto arquitetônico. Se vai ser usada placa de 60 ou de 58 cm pode haver essa diferença. E por que não são todos iguais? Todo o processo é racionalizado, e chega o projeto das fôrmas, tu tem projetos diferentes? Era uma característica do nosso parceiro, da empresa parceira, que eles tinham muitas fôrmas e foram aproveitando e as adaptando, e essas adaptações não são as mesmas entre as fôrmas. Numa determinada fôrma estragaram as peças X e a Y, na outra a Z e a H, e é preciso remontar a fôrma, e acontece de elas ficarem um tanto transformadas. O importante é ter sempre o projeto atualizado da fôrma para, na hora da montagem, saber de cada fôrma onde está a sua peça. Como são equipes diferentes para a montagem das fôrmas não atrapalha a produtividade das equipes. Uma vez que a equipe está de posse do projeto e das fôrmas, ela vai fazer aquele projeto com aquela fôrma. As equipes não ficam trocando de fôrmas frequentemente. Não há perda de produtividade, mas a necessidade de haver um cuidado a mais na hora de receber o projeto, conferindo para identificar bem o projeto relacionado à fôrma para que a montagem ocorra corretamente.

11 - Fôrmas: Qual a escolhida e por quê? Quais os benefícios e dificuldades encontradas na sua utilização? (peso, montagem e desmontagem, conexões e vedações, quantidade de painéis por ciclo).

ENGENHEIRO - Trabalhamos no início da parceria com a fôrma de plástico, que mostrou uma deficiência na qualidade do produto, havia dificuldade em alinhar essas fôrmas, manter o prumo, manter as emendas bem feitas, não possuíam uma resistência adequada. Depois, tentamos montar duas fôrmas aqui no Rio Grande do Sul, e uma delas ficou muito pesada, não viabilizou. Trabalhamos com outra fôrma de montagem manual, de um fornecedor de Caxias do Sul, mas também era uma fôrma um pouco mais pesada do que a com que trabalhamos, e o acabamento apresentava mais ondulações dos que estamos tolerando, então ela foi descartada em algumas concretagens. Hoje trabalhamos com uma fôrma de alumínio, boa, relativamente leve, pesa 30 kg, 20 kg, não sei muito disso, é possível uma pessoa transportar a peça com relativa tranquilidade. Trabalhamos, hoje, com fôrmas de alumínio relativamente leves.

Conexões e vedações. As fôrmas são placas de dimensões de 60 a 90 cm, ligadas por pinos, cunhas e faquetas. Faqueta é o dispositivo que fica conectando a fôrma de um lado a outro e garante a espessura da parede. Para que ela fique travada entre as duas formas, apresenta dois furos nas extremidades, e esse furo é coincidente com o furo lateral da fôrma, então, no furo da faqueta com o furo das duas fôrmas, uma do lado da outra, se introduz o pino e faz-se o travamento dele com a cunha. Assim é feito o travamento da fôrma. Essa é a conexão entre as fôrmas. Na parte inferior da fôrma, temos a cantoneira, que é fixada com o finca-pino no piso, garantindo que o painel de baixo não abra, não escorregue. Tudo que abrir vai aparecer na parede pronta.

E a quantidade de painéis por ciclo....

12 - Armaduras: Como foi feito o fornecimento (malhas prontas ou corte e montagem no local) e o porquê dessa opção?

ENGENHEIRO - As malhas prontas no *radier* são as Q138, que vai ter 10x10, a malha da parede é mais leve, é a Q61, 15x15, tem que ser pronta, tem que vir em painéis, não deve vir em rolo. Muitas empresas compram essa malha em rolo, mas ela traz uma dificuldade para garantir os cobrimentos da armadura. Na colocação da armadura, usa-se um espaçador, mas,

quando é em rolo, o painel tende a se deslocar de um lado para outro. Então, optamos pelo uso em painel, que é apenas um pouco mais caro que o rolo. A malha tem que ser pronta, inviável pensar em armar esse tipo de malha numa parede, pontear ferrinho por ferrinho. Tem que abandonar o sistema porque não vai-se conseguir.

São feitos alguns cortes. O painel vem com 2,45 x 6 m, o pé direito da casa é 2,80 m, então o painel é cortado no meio no comprimento de 6 metros. Devem ser cortados no painel os vãos das janelas e das portas.

E esses painéis cortados não são descartados, podem servir de reforço para baixo das janelas e nos topos das portas, e, se mesmo assim, sobrar em uma área, podem ser utilizados nas calçadas em condomínios, nos trilhos de acesso. Essa malha muito pouco vai fora, só se for cortada sem cuidado, e a malha começa a formar nós, aí tem que ser descartada. Mas a ideia é consumir toda a armadura na obra. E tem alguma coisa de barra reta da armadura dos reforços e no topo das paredes, onde basicamente não se trabalha com corte ou dobra de aço.

13 - Instalações: Como se deve proceder no momento da concretagem para que as instalações embutidas nas paredes não sofram interferências? Quais os procedimentos adotados para evitar que o concreto fresco entre nas tubulações? Houve falhas? De que natureza e com que frequência?

ENGENHEIRO - As instalações das nossas casas são todas embutidas na parede, então há que se ter vários cuidados durante a execução. O início do problema da instalação já é no *radier*, errar a posição da parede no momento da concretagem do *radier*, e se essa tubulação não ficar centralizada na parede, ficar muito na face da parede, vai ter problema. Na colocação da fôrma, o funcionário pode bater na fôrma e quebrar a tubulação, e isso pode não ser visto no momento.

O ideal na etapa de inserção das tubulações é trazer os *kits* de hidráulica montados, para se ter menos trabalho possível no canteiro. Há algumas interferências, o pessoal da montagem dos painéis, como não é a mesma equipe da instalação, tem que entender o quão importante é não quebrar, não danificar, não mudar de posição, não entortar a caixa elétrica, é um trabalho rotineiro de cobrança para evitar problemas posteriores. Pode alguém quebrar um cano de

água, um cano de esgoto, remover uma caixa elétrica do lugar, na parte superior, no topo da parede. Tem também que cuidar para não deixar a extremidade da mangueira dentro da parede. Esses cuidados têm que ser tomados.

Quando do posicionamento da fôrma, tudo que sai para fora, joelhos hidráulicos, chuveiro, torneira, têm que estar bem fixados na fôrma, não podem estar solto, há que ter um elemento de fixação deles na fôrma; antes de desformar tem que soltar esse elemento. Se puxar o painel direto vem toda a tubulação junto. Com a base de registro do chuveiro, o mesmo cuidado há que se ter, tem que haver uma fixação muito boa, não pode torcer a base do registro. Se ocorrer de ter-se como resultado um acabamento de registro do chuveiro torcido no banheiro, vai ter quebra na parede para que seja colocado no lugar; pode perder a peça, e vai haver a necessidade de trocar, resultando num custo não contabilizado.

Na parte de elétrica, tem que cuidar muito as caixas, que têm que estar com um espaçador atrás de maneira que fique pressionada na parte da frente da fôrma, e essa caixa tem que ser embuchada com jornal ou papelão e, mais importante ainda, tem que ser fechada com fita crepe nos dois sentidos. Na hora da concretagem, se o concreto, que é o autoadensável, superfluido, entrar na caixa, há chance de ele atingir a tubulação, escorrer para dentro da tubulação, concretando a tubulação que está embaixo do *radier*, e aí o problema ocorre.

Com o CD, que também vai embutido na parede, basicamente há que se ter os mesmos cuidados que se tem com as caixas. Mas o CD é maior que a caixa, e a força do concreto é maior, ele acaba fechando no meio. Então é necessário haver um travamento. Não adianta colocar só fita crepe por cima, tem que pôr uma madeira internamente, por cima, para garantir que o CD não vá fechar. Se isso ocorrer, depois vai ter que ser quebrado o CD, vai haver a necessidade da troca da peça, e a tampa e o disjuntor não vão mais se adaptar. É preciso cuidado na conferência, todo dia tem que haver a cobrança, para não haver perda de tempo com o retrabalho.

Existem falhas, e a frequência delas depende da equipe que está controlando o serviço. Quando a equipe controla, confere, essa incidência baixa a quase zero. É possível haver uma incidência muito baixa de falhas, de entupimento, de quebra de cano, problemas com tubulação.

Na medida em que não há esses cuidados pela equipe na parte da execução, não dando a atenção necessária, acaba havendo uma recorrência bem maior de falhas, as falhas se potencializam. Se esperar completar 50 casas para conferir pode dar grandes problemas. Se houver um entupimento, este tem que ser verificado no momento da conferência. Finalizada a obra da casa, houve a desforma, começou a arrematar, tem que proceder à limpeza de todas as caixinhas, de todos os joelhos e das conexões que vão para fora, tem que ser feito o teste de pressão para a tubulação, para evitar problemas posteriores. E esse teste de pressão tem que ser feito logo depois da concretagem. Se esperar pelas 50 e a primeira deu problema, haverá 50 problemas. Se começou a concretar e em 3 deu problema, haverá apenas 3 problemas. A partir da terceira eles vão começar a cuidar. Eles não vão querer ter 50 problemas. Da mesma forma, com a elétrica. Após a concretagem da parede, o procedimento é desembuchar as caixinhas, usar o passa-fio em todas as tubulações e verificar. Se trancou, conserta no momento. Antes. Não espera ter 50 casas concretadas. O controle tem que ser feito gradativamente. É bem melhor fazer bem feito do que de qualquer jeito e depois ficar consertando. Quando há cuidado, os problemas ficam praticamente zerados. Havendo uma equipe capacitada, que cobra dos funcionários, consegue-se quase zerar o problema, e os que eventualmente surgirem serão pontuais.

RODRIGO - E são feitos testes antes de concretar?

ENGENHEIRO - Antes de concretar, não se consegue testar, pois as tubulações estão soltas. As conexões são feitas, se faz só a conferência de posicionamento delas, mas o teste com água corrente e com pressão é feito após a concretagem, até porque na tubulação solta colocar pressão pode provocar um problema. A gente testa água com pressão e água no esgoto para ver se estão descendo e indo para a caixa da frente. Teste com água corrente se faz também porque é muito importante.

14 - Concretos: Qual o tipo escolhido e por quê? Como foi feito o controle tecnológico do concreto? Em alguma oportunidade o fornecedor não atingiu as especificações? Quais as dificuldades encontradas em relação à vibração do concreto dentro das fôrmas? Que tipos de falhas ocorrem nas concretagens e com que frequência? Em caso de excesso de concreto, qual era sua destinação?

ENGENHEIRO - O concreto é praticamente o autoadensável, que não requer nenhum tipo de vibração na fôrma. Usa-se um aditivo superplastificante, pois, se houver incorporação de ar, a resistência baixa, e uma resistência de 20 MPa não é uma resistência que de qualquer forma se alcança. E utiliza-se também alguma coisa de fibra, e esse concreto com f_{ck} 20 chega na obra com *slump* 8 ± 1 , e é dosado na obra pelo responsável da concreteira. Como é um aditivo superplastificante e normalmente a distância da concreteira até a obra não é tão próxima quanto se desejaria, se dosar antes, chega à obra com grande parte do efeito do aditivo perdido. Então é feita essa dosagem no balão, é posto um cano para dosar na metade da carga, tomando-se todos os cuidados com essa dosagem na obra.

Não chamamos de autoadensável, porque não se faz espalhamento, é um concreto com *slump* $22, \pm 3$, lançado na fôrma. Como há oitões do telhado, eventualmente o concreto do último caminhão já não pode ser tão autoadensável, ou tão fluido, então, nesse momento, se trabalha com *slump* de 16, 18, para que se possa dar o acabamento; do contrário, o concreto não para nunca.

Não se realiza a vibração, trabalhamos com o concreto como se fosse um autoadensável, apesar de não o ser, não há vibrador, nenhum tipo de batidas na fôrma, somente se lança o concreto de cima, de maneira uniforme, não enchendo um ponto até em cima, até para não ter problema de a fôrma se movimentar.

Falha de concretagem acontece eventualmente, e isso normalmente é um problema no traço do concreto e acontece em geral quando estamos começando uma obra, até afinar bem o traço, e normalmente acontece onde há uma densidade maior de armadura, ou embaixo do vão da janela, por ser um local mais difícil de o concreto chegar. Mas não tem sido mais um problema recorrente nas obras, é um problema que está superado.

Desperdício e excesso de concreto não há. Como a fôrma é padrão, após regular com a concreteira o volume necessário exato, é praticamente impossível haver qualquer variação desse volume. Eventualmente o que sobra de concreto, por exemplo, $0,2 \text{ m}^3$, no momento da lavagem da calha na obra, geralmente dentro das coletoras de caliças, vira resíduo, assim como as outras caliças. E, se sobra concreto no caminhão balão, cabe à concreteira dar um destino correto a essa sobra.

RODRIGO - É muito difícil consertar as falhas que ocorriam antes de afinar o traço com a concreteira?

ENGENHEIRO - Não é muito fácil. Acaba tendo que fazer uma argamassa, ou um *grout*, dependendo do tamanho da bicheira que resta. Quando ela está localizada abaixo da janela, é fácil, pois é possível encostar a fôrma dos dois lados. O problema é quando uma bicheira está de cima para baixo; se em cima da janela ocorre uma bicheira, fica mais complicado encostar uma fôrma. Não é fácil, entra-se num processo artesanal, que é o que se tenta evitar, mas qualquer pedreiro com uma instrução normal resolve.

O controle tecnológico é padrão. Após o recebimento, são batidos dois *slumps*, um antes que tem que estar com o *slump* 8 ± 1 , e um depois da adição do superplastificante. Além disso, são moldados 4 corpos de provas por caminhão. Hoje, o nosso procedimento é o de romper 2 corpos de prova aos 7 dias e 2 corpos de prova aos 28 dias, que é o que a maioria das empresas faz no controle do padrão tecnológico, mas estamos estudando mudar um pouco esses dias de rompimentos.

15 - Quais os procedimentos realizados para que na fase de cura não fossem apresentadas falhas posteriores? Foi encontrada alguma dificuldade na etapa de cura do concreto?

ENGENHEIRO - No auge do verão, quando faz muito calor, algumas vezes se faz aspersão, molhagem das paredes, mas não é o usual. Normalmente, já há aditivos no concreto com a finalidade de diminuir a probabilidade de retração, que é o grande problema quando não ocorre a cura. Pelo fato de as paredes serem de espessura não muito grande, são paredes de 10 e 8 cm, não há um calor de hidratação tão grande como se fosse uma parede de 20 cm de concreto puro. Essa parede de 20 cm, sim, ela teria um calor de hidratação muito grande, ela pode ter uma necessidade de cura um pouco maior para evitar até uma fissura superficial, uma retração do concreto. Hoje, trabalhamos com aditivo para evitar qualquer tipo de retração, e não temos tido nenhuma patologia nas paredes por isso. Eventualmente, num dia de muito calor, se faz uma curada na parede no dia seguinte, mas não é um procedimento, e este não tem sido um problema de perda estrutural.

16 - Qual o acabamento dado às paredes e o porquê dessa escolha? Foi executado o acabamento conforme o planejado?

ENGENHEIRO - É importante haver um cuidado preliminar, porque, depois que se concretiza a parede, é difícil tratar, vai precisar haver outro serviço, como o reboco, que está fora do escopo. Hoje, se concretiza a parede, faz-se um tratamento nas emendas, uma raspagem, porque sempre resta um pequeno excesso de concreto; nas pequenas falhas ou bolhas que tenham ficado na parede, faz-se um tratamento com cimento e areia ou uma argamassa colante também, e assim se consegue tratar para deixá-la mais lisa. Depois disso, é feita a aplicação final para dar o acabamento na parede com o selador; uma correção com a massa corrida, massa acrílica para área externa. Essa correção é para evitar qualquer pequena falha de concretagem, alguma bolha. Após, é feita a aplicação de uma textura rolada e, em cima dessa última, duas demãos de tinta, finalizando o processo.

RODRIGO - E esse procedimento é padrão para todas as casas, ou há situações em que isso não se faz necessário?

ENGENHEIRO - Esse é o procedimento padrão para as casas do modelo mais simples do Minha Casa Minha Vida com que trabalhamos. Para as casas um pouco melhores, o processo da parede é o mesmo, o mesmo tratamento das juntas, a mesma correção com o cimento cola, só que entra o selador, e o acabamento da parede interna não é com textura, mas com massa corrida, então tem que dar duas ou três demãos de massa, para a parede ficar com um acabamento liso. Nas casas de padrão mais baixo, o acabamento da parede é com textura rolada, que fica com a pintura pongada como a textura da parede. Já tentamos alguma coisa diferente, mas o custo nunca viabilizou, e o produto não compensa um investimento maior para o acabamento da parede.

17 - Houve necessidade de algum retrabalho? Na execução desse sistema são frequentes os retrabalhos?

ENGENHEIRO - Na etapa de instalações, há que ter muito cuidado na execução dos vãos, de janela e de porta, no travamento desses vãos, pois, uma vez concretados de forma errada esses vãos, a porta não vai entrar, a janela também não; a porta e a janela têm dimensões

definidas padrão, e em cima desse padrão se faz a produção. Se começar a ter problema nos vãos, o que ocorre por falta de conferência, falta de travamento, esquecer de colocar alguma peça, acaba tendo que cortar o vão para colocar na medida certa, ou preenchendo o vão se ele ficou maior. Além das instalações, outro cuidado primordial é em relação aos vãos.

18 - O sistema mostrou-se economicamente viável?

ENGENHEIRO - Sim. Com esse sistema, conseguimos trabalhar dentro dos valores orçados, bem próximo do limite. E quanto à aceitação, a venda desse tipo de casa tem sido muito boa, praticamente o que se coloca disponível é vendido. Temos um empreendimento em Alvorada 100% vendido, são 2 mil casas, e começando a obra em Canoas com 166 unidades, todas vendidas. Então, é um produto que está vendendo, que é bom de morar.

19 - A opção por esse sistema é bem aceita pelos clientes? Como é a reação em relação à impossibilidade de alteração arquitetônica?

ENGENHEIRO - Muitos clientes executam ampliações nos fundos das casas, alguns gostam de fazer alteração no forro; eventualmente um quer mudar algum vão, transformar um quarto em *closet*, e a nossa instrução é bem clara desde a venda. A construtora dá garantia estrutural pela unidade, a qual não pode sofrer alterações estruturais, então não é possível abrir uma janela, mudar as portas de lugar, de maneira nenhuma, até porque o telhado está apoiado nessas paredes. Mas isso não impede de o cliente contratar um engenheiro que vá estudar o projeto estrutural da casa, fazer um projeto de reforço, executar essa alteração e modificar alguma abertura interna da casa. Mas, a partir desse momento, a empresa deixa de ser responsável pela parte estrutural da casa, que passa a ser deste engenheiro. Nada é impossível. Consegue-se abrir uma porta com esse cuidado, contratando um profissional que vai estudar o projeto, executar o reforço. Um cliente que adquire uma unidade de 90 a 120 mil, contratar um projetista para fazer um reforço estrutural e abrir um vão de porta não tem muita lógica; se este cliente quer adquirir algo mais personalizado, talvez o produto devesse ser outro. No entanto, alguns proprietários fazem isso. Entregamos casa padrão sem nenhum vão aberto em local indevido, e o proprietário recebe todas as instruções com relação a isso. Se mesmo assim, ele fizer, não temos mais o acompanhamento da unidade entregue. Se ele fizer e der

problema, será constatado que foi alteração após a entrega da casa. Se ele tiver um responsável técnico, este responderá.

Alvorada, primeiro empreendimento que tivemos, pequeno, 102 casas, foi o precursor de todos os problemas. Depois, começamos outro empreendimento em Santa Cruz, em Pelotas e, na sequência, em Santa Maria, praticamente juntos. Em Pelotas temos em torno de 2 mil unidades, Santa Maria em torno de 1.600 unidades, em Santa Cruz em torno de 500 unidades prontas. Em Gravataí fizemos o primeiro condomínio por enquanto com 444 casas. Temos um projeto grande em Gravataí de mais unidades, para chegar em 2 mil unidades. Em Canoas, estamos começando agora com o primeiro empreendimento, pequeno, é um *mix* de casas e prédios no mesmo condomínio, tendo o carro-chefe os prédios, que é grande, com bastantes unidades, e o condomínio de casas com 166 unidades. Em Alvorada o total é de 2 mil unidades.

20 - Qual a sua visão em relação à utilização de um sistema nesses moldes?

ENGENHEIRO - Relativamente à produtividade, para condomínios que demandam um grande número de unidades, para esse público, é um grande método construtivo. É difícil se obter uma produtividade similar a esta com outro método, sem demanda de equipamentos grandes. Não demandamos quase nada de equipamento. Uma parede pré-moldada demanda equipamentos grandes para realizar o transporte. A nossa fôrma é leve, possui de 30 a 40 kg, a pessoa que trabalha nela a transporta, não demanda muita tecnologia de equipamentos, se consegue utilizar bem as equipes, com uma boa produtividade, com consequente produto final muito bom, que é o que interessa.

Disponibilizar esse tipo de empreendimento só é viável com velocidade, para ser enquadrado dentro dos programas de financiamento. E está-se utilizando do concreto, um material bem conhecido; no revestimento se trabalha com tinta acrílica que se conhece bem; usa-se uma estrutura metálica dos telhados galvanizada muito bem aceita e de grande durabilidade; a cerâmica e as instalações são de boa qualidade também. Portanto, é um produto que tem tudo para dar certo. É óbvio que, quando se faz um produto bom, acaba-se tendo muitos clientes, e às vezes o resultado que o cliente dá pontualmente para a empresa não vale a incomodação que o cliente possa trazer, mas é um método para esse tipo de produto muito bom. Para produtos com um valor agregado maior, vai ser um público diferente, que vai querer

modificações, vai querer mais do produto, e não sei se esse produto vai atender a essas necessidades, de uma classe mais alta que deseja uma casa de um padrão melhor.

Outro conceito seria como o que estamos começando, o *MaxHaus*, que é feito com parede de concreto moldada *in loco*, é um produto com um conceito diferente que traz um valor agregado para um público com uma renda maior. Sendo modificado o sistema, talvez se consiga adaptar a parede de concreto para um público mais exigente e com mais recursos, mas, na verdade, está sendo comprado um conceito, é concreto, a parede fica sem revestimento algum, a laje no piso, aparecendo, o cliente não recebe o apartamento pronto, é um projeto conceitual para um público bem específico. Mas, para construir em larga escala, parede de concreto para um público que necessita de um valor agregado maior, talvez haja dificuldade, mas não é impossível. É um processo que, bem tratado, bem conferido, bem estudado, pode ser viabilizado, mas que apresenta dificuldades maiores.

21 - Pode-se afirmar que empresas não optam pela utilização de métodos construtivos racionalizados por falta de conhecimento da sua viabilidade técnica?

ENGENHEIRO - Este método é totalmente dependente da fôrma. Antes da norma tinha que ser aprovado junto ao órgão financiador, a Caixa. A partir do momento que a empresa parceira aprovou com a Caixa, aprovou apenas seus produtos. Um empreendedor menor não conseguia entrar no mercado. Era um produto aprovado para a empresa parceira. Se eu quisesse, teria que ir à Caixa e aprovar o meu método e, aí sim, começar a construir. Não se consegue esse produto sem o financiamento, então há que ter a aprovação da Caixa. Para esse público, é necessário o financiamento.

Por que as empresas não optam ainda tanto por este método? Há muitas empresas começando a construir com parede de concreto, não só moldada no local, mas moldada na obra e transportada para o local certo. O grande porém que vejo é que a fôrma não é barata, é um investimento inicial muito caro, ou tem que ser locada, e o valor também é considerável. Tem que ser avaliado o produto a ser locado. Para empresas pequenas ou de médio porte, para construções que não sejam condomínios grandes, o custo das fôrmas pesa bastante no valor total do empreendimento. Agora, com a edição da norma, a tendência é abrir o leque, não sendo mais necessário apresentar o sistema construtivo e aprová-lo, porque há uma norma

para ser seguida. Estando dentro da norma, teoricamente, está-se apto para conseguir linha de crédito.

Se a fôrma não for prática, leve, duradoura, começa a ter dificuldades.

RODRIGO - Acredita que possa haver uma evolução grande ainda na questão da tecnologia das fôrmas?

ENGENHEIRO - Acredito que sim. Dá para melhorar muito ainda, a fôrma pode ser ainda mais leve. O peso dela pode tornar cansativo o serviço. Eventualmente, pode-se trabalhar com outro material. Quem sabe, conseguir um que seja um pouco mais leve, com acabamento superficial, com a chapa colada na frente que propicie um melhor acabamento, e que permita mais facilmente sua manutenção, porque, hoje, a manutenção é difícil de ser efetivada. Quando começa a grudar muito concreto, a lavagem, a raspagem é demorada.

Acho que há muito a melhorar.

Quanto à questão dos andaimes para a montagem da fôrma, seria interessante conseguir uma fôrma com um encaixe melhor, o que facilitaria muito a concretagem. Os andaimes pelo lado de fora também podem melhorar.

Há muitos itens a serem melhorados. Eu já considero essa atual fôrma muito boa. O revestimento interno é alumínio, não tem madeira.

Há fôrmas de estrutura metálica, em que se adapta o alumínio, o compensado plastificado, usa-se determinadas vezes e, depois, vira-se o compensado e depois faz a sua troca. Também neste caso se perde a qualidade. O primeiro uso pode ser bom, mas no decorrer vai perdendo qualidade no acabamento. Vai ocorrer mais uma etapa ao processo. Em algum momento, vai ter que parar a execução com a fôrma pra modificar o compensado, vai haver perda de ciclo, e vai depender também da velocidade em que vai ser feita essa substituição.