

# Estudo de um sistema construtivo com a utilização do concreto autoadensável

Ana Cláudia Dlugokencki<sup>1</sup>  
Luciano Andreatta-da-Costa<sup>2</sup>

## Resumo

Este artigo tem como objetivo avaliar a implementação de um sistema de construção, utilizando o concreto autoadensável em um novo empreendimento. Nesse contexto, o presente trabalho aborda a utilização desse sistema construtivo que visa construir casas em série, com alta produtividade e com retrabalho mínimo. A pesquisa foi qualitativa, com análise de projetos, visita de campo e entrevistas com os profissionais responsáveis pela empresa. Os resultados mostram a avaliação da empresa, em relação à implementação do sistema construtivo com concreto autoadensável. Foi possível constatar as principais vantagens da utilização dessa tecnologia, bem como identificar alternativas para reduzir problemas na sua execução.

**Palavras-chave:** Concreto autoadensável. Sistemas construtivos. Novas tecnologias.

## Abstract

*This article aims to evaluate the implementation of a construction system using the self-compacting concrete in a new construction site. In this context, this paper addresses the use of this construction system, which aims to build houses in series with high productivity and with minimal rework. The research was qualitative with analysis of projects, construction site visits and interviews with the professionals responsible for the construction. The results show the company evaluation related to the implementation of the constructive system with self-compacting concrete. It was possible to determine the main advantages of using this technology, as well as to identify alternatives to reduce problems in its implementation.*

**Keywords:** Self-compacting concrete. Construction systems. New construction technologies.

<sup>1</sup> Engenheira civil pelo Centro Universitário Metodista do IPA, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: dlugokencki@gmail.com

<sup>2</sup> Doutor e mestre em Engenharia Civil, licenciado em Matemática e engenheiro civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS. Docente e pesquisador da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Porto Alegre, RS e Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha (FETLSVC), Novo Hamburgo, RS. E-mail: andreatta.luciano@gmail.com

## 1 Introdução

Atualmente, há uma busca de alternativas que possam melhorar as propriedades dos materiais da construção civil. Tais avanços possibilitam projetar um melhor aproveitamento das propriedades desses materiais.

O concreto é um dos materiais de maior versatilidade de aplicação na construção civil. Porém, com toda a dinâmica e a inovação nos projetos de engenharia ao longo dos anos, exigiu-se um estudo aprofundado a respeito dos componentes do concreto e um aprimoramento em sua composição, buscando aperfeiçoar a utilização do concreto para cada necessidade, desenvolvendo, assim, novos tipos que vão além do concreto convencional.

Dentro desse contexto, foi desenvolvido em 1988, no Japão, o Concreto Autoadensável (CAA) que tinha como objetivo sanar os problemas com o processo de adensamento do concreto convencional em estruturas muito complexas. Assim, o CAA surge da necessidade de estruturas mais duráveis e que não solicitassem o trabalho da compactação mecânica, por causa do alto custo e perda de tempo desse serviço.

Os concretos autoadensáveis são marcados por suas propriedades no estado fresco, as quais são alcançadas por meio da utilização de aditivos superplastificantes, combinados com alto teor de finos, sejam eles cimento Portland, adições de minerais ou areia fina.

O concreto autoadensável é um concreto de alta fluidez, com grande trabalhabilidade, capaz de preencher todos os espaços nas fôrmas sem a necessidade de vibração ou compactação externa.

Buscando uma nova maneira de aproveitar todas as propriedades que o CAA proporciona, surge a busca por sistemas construtivos que apliquem essa tecnologia e tragam vantagens ao mercado construtivo, sistemas capazes de obter um equilíbrio entre alta produção e qualidade e que alcancem a competitividade exigida pelo mercado atual.

## 2 Referencial teórico

### 2.1 Definições e conceitos

De acordo com a European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems (2011), para ser considerado como um concreto autoadensável, três propriedades devem ser alcançadas:

- fluidez;
- habilidade passante, definida como a coesão necessária, para que a mistura possa escoar intacta entre as barras de aço e outros obstáculos;
- resistência à segregação.

A propriedade fluidez é caracterizada pela capacidade que a mistura tiver de fluir dentro da fôrma e preencher todos os espaços. A habilidade passante é a capacidade que o concreto tem de escoar sobre a forma, passando pelas armaduras, sem apresentar obstrução do fluxo ou segregação e resistência à segregação é a propriedade que define a capacidade do CAA de se manter coeso ao fluir dentro das fôrmas, passando ou não por obstáculos (TUTIKIAN, 2004).

Segundo Coppolla (2000) e Araújo *et al.* (2003), o concreto autoadensável pode ser definido como um material que não necessita nenhuma forma de compactação ou vibração externa, para que possa se moldar as fôrmas e preencher cada espaço vazio, o CAA utiliza somente seu peso próprio, para que isso ocorra.

Para Repette (2005), a capacidade de movimentação interna do concreto autoadensável nas fôrmas por ação de seu peso próprio, sem a aplicação de forças externas para seu adensamento, a habilidade de preencher uniformemente todos os espaços vazios e a homogeneidade, resultante da estrutura são as principais características do CAA.

Loturco (2007) fez a seguinte consideração sobre concreto autoadensável:

Embora geralmente seja autonivelante, esse não é um requisito para que um concreto seja considerado autoadensável, pois as características do concreto fresco é que diferenciam o CAA do concreto convencional. O material também deve apresentar três propriedades básicas: coesão suficiente para escoar intacto e preencher espaços, habilidade de passar por restrições e capacidade de resistir à segregação. Estas características citadas dependem tanto da fluidez quanto da estabilidade da mistura. (LOTURCO, 2007, p. 46).

### 3 Procedimentos metodológicos

Primeiramente, aborda-se a caracterização da pesquisa que possui um caráter exploratório. Em seguida, são expressas as considerações sobre a delimitação e delineamento da pesquisa. Por fim, tem-se os dados relevantes para a elaboração da técnica de pesquisa e coleta de dados.

#### 3.1 Delineamento da pesquisa

Trata-se de um Estudo de Caso e a pesquisa será desenvolvida, iniciando-se com a pesquisa bibliográfica. Posteriormente, serão analisados os dados, a partir de levantamento junto à empresa construtora, visitas ao empreendimento e aplicação de questionário avaliativo sobre a utilização do concreto autoadensável.

#### 3.2 Caracterização da amostra de pesquisa

##### 3.2.1 Empresa construtora

A empresa construtora foi fundada em 1984 por dois engenheiros civis que iniciaram a construção de um *shopping center*. Com o passar do tempo, a empresa foi se especializando na construção e na incorporação de edifícios residenciais em Porto Alegre, consolidando-se no mercado de imóveis. Essa empresa se tornou responsável por mais de 55 empreendimentos e soma cerca de 1 milhão de m<sup>2</sup> de área construída.

Dentre os planos de qualidade da empresa, pode-se destacar as certificações ISO-9001/2000 e PBQP-H - Nível A. Além disso, a empresa já recebeu diversas premiações como Construtora do Ano Sinduscon-RS e *Top de Marketing* ADVB-RS, entre outras.

##### 3.2.2 Condomínio horizontal

Devido à localização do empreendimento, às opções de projetos construtivos e ao valor do produto, o condomínio horizontal estudado é destinado a pessoas da classe C. A construção do empreendimento necessita de algumas características específicas e, para que isso ocorra, as unidades devem ter área e custo reduzido. Projetar para esse segmento significa focar o projeto em resultados de elevada tecnologia com baixo custo. Para isso, a Empresa Construtora A teve duas metas como princípios: busca de terreno distante dos grandes centros urbanos, que pudessem oferecer locais amplos e mais baratos e, por segundo, uma forma construtiva mais rápida, utilizando sistemas construtivos mais econômicos, sem comprometer, com isso, a qualidade e o desempenho das edificações.

O condomínio horizontal está localizado no município de Gravataí, RS, e será constituído por três condomínios independentes totalizando um número aproximado de 444 unidades habitacionais de um pavimento, possuindo um modelo de casas. A fase 1, que será o foco deste estudo, será um condomínio que contará com 210 unidades, com aproximadamente 58 m<sup>2</sup> de área privativa cada unidade. A infraestrutura do condomínio será constituída de portaria central, salão de festas, minicampo de futebol, quiosque com churrasqueira e *playground*.

### 4 Descrição do sistema construtivo

O sistema construtivo adotado nesses empreendimentos tem como foco principal a relação entre a alta velocidade de produção e as simplicidades construtivas. Apresenta ainda um controle total do gerenciamento de resíduos

durante as fases de construção. Para um melhor entendimento do sistema construtivo, serão feitas descrições das atividades realizadas que levam ao produto final. As principais atividades são: fundações, sistema de fôrmas para paredes, concretagens, cobertura e acabamentos.

#### 4.1 Fundações

A opção escolhida para a realização de fundações foi o tipo radier. Por ser um empreendimento horizontal, as fundações desse tipo apresentam vantagens consideráveis, devido à distribuição uniforme das cargas, à capacidade

de suporte e às características de resistência do terreno.

Por ter a independência de utilização de equipamentos mecânicos, durante sua execução, o radier facilita o processo construtivo, tornando-o mais ágil e econômico. As instalações elétricas e hidráulicas ficam instaladas sob o radier e são envelopadas com areia, na parte superior ficam apenas as esperas que serão ligadas à tubulação das paredes. O radier executado nesse empreendimento apresenta uma fôrma de execução de duas casas, utiliza concreto convencional e possui fck (resistência do concreto) de 20 MPa e 8 cm de espessura (figura 1).

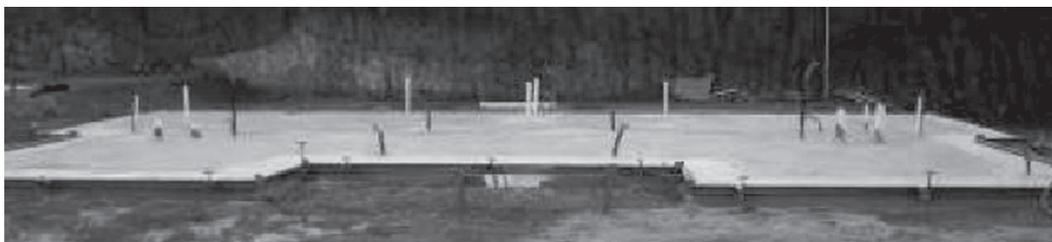


Figura 1 – Fundação Radier  
Fonte: Os autores (2014).

#### 4.2 Sistema de fôrmas para paredes

Para a execução do empreendimento, utilizou-se um sistema de fôrmas metálicas. O conjunto de fôrmas é composto por duas casas, denominadas casa modelo, que são compostas por duas unidades habitacionais geminadas, que podem ser reutilizadas, sem limite de tempo, contanto que não apresentem desníveis ou falhas.

A montagem das fôrmas se inicia após a concretagem do radier. Com o auxílio do gabarito de madeira, utilizado no radier, e as plantas de localização são feitas as marcações das paredes no piso que, posteriormente, servirão de base para a montagem das fôrmas. Após a marcação das paredes, são fixadas cantoneiras metálicas. Essas peças são responsáveis pelo alinhamento e esquadro das fôrmas, funcionando como guias (figura 2).



(a)  
Figura 2 – Alinhamento e esquadro das fôrmas: (a) fixação das cantoneiras no radier;  
(b) execução da marcação das paredes

Fonte: Os autores (2014).

Com a marcação desses locais, coloca-se as telas de aço (para dar sustentação) em todas as paredes. Utiliza-se reforço da armadura nas aberturas de portas e janelas com barras de aço de diâmetro 8mm e, no perímetro superior das paredes, é feita uma cinta constituída por duas barras de aço de diâmetro 10mm.

No que se referente à montagem das armaduras, a colocação dos espaçadores deve ser feita com máxima atenção, pois eles são responsáveis pelo correto cobrimento da armadura. Dessa forma, é possível garantir uma execução sem falhas, conforme demonstra a figura 3a.



Figura 3 – Espaçadores: (a) colocação de espaçadores; (b) instalações elétricas e hidráulicas posicionadas na armadura  
Fonte: Os autores (2014).

As instalações elétricas e hidráulicas são feitas embutidas nas telas. Os eletrodutos, redes de esgoto e água devem ser executados, conforme projetos específicos, atentando ao posicionamento correto no eixo das paredes. As caixas elétricas devem ser preenchidas com papel, a fim de evitar o entupimento dela com concreto, durante a concretagem. Nessa perspectiva, a utilização de espaçadores nas instalações embutidas é de extrema importância para garantir o seu posicionamento correto (figura 3b).

A próxima etapa é a montagem dos painéis das fôrmas metálicas. A montagem é iniciada pelo eixo central da parede, facilitando o esquadro e o fechamento dos painéis nos pontos que possuem instalações embutidas.

Deve-se aplicar uma camada de desmoldante nos painéis, seguindo a montagem, garantindo a cobertura de toda área que esteja em contato com o concreto, inclusive laterais dos

painéis. O desmoldante facilita a desforma, evitando que o concreto fique aderido à fôrma e que ocorram retrabalhos.

Com os dois lados da fôrma completos, pode-se iniciar a colocação dos quadros metálicos de travamento, das vigas metálicas para alinhamento dos painéis e dos parafusos metálicos para montagem do conjunto (figura 4). A correta instalação garante o alinhamento dos painéis, o esquadro interno das peças, o prumo das paredes e espessura final de todos os elementos. Após o travamento do sistema, deve-se utilizar linhas de *nylon* fixadas às paredes para a conferência do sistema, corrigindo dessa forma, eventuais imperfeições do conjunto, por exemplo, possíveis desalinhamentos das paredes.

Caso existam pequenas frestas entre os painéis, elas devem ser preenchidas com areia, assim, durante a concretagem, evita-se a fuga excessiva da nata do concreto.



Figura 4 – Montagem dos painéis metálico  
Fonte: Os autores (2014).

#### 4.3 Concretagens

A concretagem foi realizada com concreto autoadensável com resistência de fck 4,5 MPa. Para a movimentação dos funcionários com segurança e melhor acesso à parte

superior das fôrmas, deve-se assoalhar a casa com andaimes e placas de compensado, na altura de 1,90 m, como mostra a figura 5, formando assim um guarda-corpo, a fim de dispensar a utilização de cinto e cabo-guia, conforme a NR18.

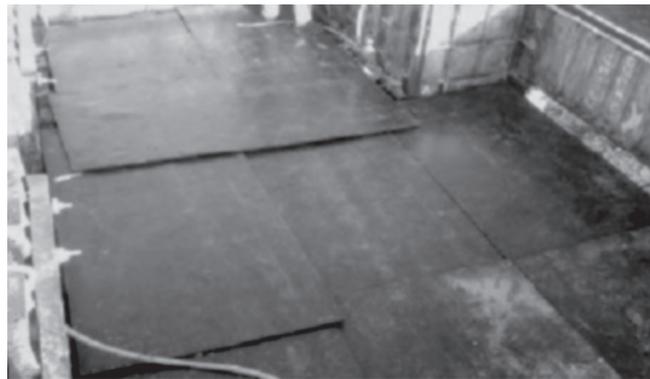


Figura 5 – Assoalho para concretagem  
Fonte: Os autores (2014).

O concreto pode ser bombeado diretamente do caminhão ou pode-se utilizar um

funil metálico junto ao mangote da bomba, para evitar desperdícios de concreto (figura 6a).



(a)



(b)

Figura 6 – Concretagem: (a) Concretagem utilizando funil; (b) Ensaio *Slump Test*  
Fonte: Os autores (2014).

Durante toda a concretagem, é obrigatório a utilização de equipamento de lava jato para a limpeza externas das fôrmas com o concreto ainda em estado fresco. Deve-se proceder assim visto que, muitas vezes, o concreto pode escorrer pela fôrma e a não remoção desse material pode inutilizar a fôrma posteriormente.

O ensaio de abatimento do cone é realizado em todos os caminhões para a concretagem. Consequentemente, o abatimento deverá ser de  $240 \text{ mm} \pm 20\text{mm}$ , garantindo a uniformidade do concreto (figura 6b).

A desforma das casas poderá ser feita após

12 horas da concretagem, período mínimo de cura do concreto. O início da desforma deverá ocorrer pelos painéis internos, ou seja, os primeiros na linha de montagem. As formas podem ser reutilizadas logo após a desforma, sendo somente necessário a limpeza dos painéis. Os serviços de arremates iniciam-se logo após a desforma, sendo aplicados em locais que sofreram algum dano na retirada dos painéis ou falhas de concretagem.

Se as casas obtiverem a qualidade desejada e boas condições de limpeza, podem-se iniciar as atividades das próximas etapas (figura 7).



Figura 7 – Casas após a desforma  
Fonte: Os autores (2014).

#### 4.4 Cobertura

A cobertura das casas é feita com estruturas metálicas e fechamento com telhas de cerâmica (figura 8). A estrutura da cobertura possui projeto específico, suas peças têm dimensões padrões para a casa modelo e necessitam apenas serem ancoradas sobre as paredes de concreto. Na parte interna da casa, é executada uma

separação da cobertura, pois a casa modelo é composta de duas unidades habitacionais, com tela metálica fixada à estrutura da cobertura.

As instalações elétricas são finalizadas antes da montagem do forro e todos os circuitos e caixas devem ser posicionados de acordo com os projetos específicos. Executa-se forro em gesso acartonado no acabamento interno da cobertura.



Figura 8 – Execução da cobertura em telhas cerâmica  
Fonte: Os autores (2014).

#### 4.5 Acabamentos

Uma das qualidades do uso do concreto autoadensável é que ele consegue fazer com que a superfície das paredes fiquem lisas e com bom acabamento superficial. Por esse motivo, o sistema facilita a aplicação de coberturas sobre as paredes, como tintas e texturas. Não é usado revestimento de argamassa, somente se usa esse material para a correção de pequenas irregularidades sobre a superfície plana, como defeitos de concretagem nas paredes. Sobre as paredes, serão aplicadas duas demãos de massa corrida na parte interna e, posteriormente tinta. Na parte externa, será aplicado textura sobre uma demão de selador e tinta acrílica (figura 9).

Os acabamentos internos possuem uma única opção, pois esse tipo de construção não permite que o cliente execute nenhum tipo de modificação, antes que o imóvel seja entregue, fazendo que o processo construtivo seja padronizado, resultando em uma maior velocidade construtiva. As residências possuem como acabamentos internos: piso cerâmico em todas as peças e no banheiro também é colocado azulejo na região do box do chuveiro. Além disso,

também são instalados tampos de aço inoxidável na cozinha, tanque de PVC na lavanderia e granitos nos banheiros, com suas respectivas louças e metais.

#### 5 Resultados obtidos com o sistema construtivo

A construção das primeiras unidades (figura 9) serviram de teste para avaliar, se os materiais e o modo de montagem estavam adequados. Assim, foi possível detectar quais itens poderiam ser melhorados com o ciclo do processo construtivo e que, principalmente, melhorassem a qualidade final do produto e a diminuição no prazo de execução. As principais mudanças foram feitas em alterações de projeto, troca de materiais e mudança na ordem de montagem dos painéis.

Após as alterações, houve diversos aspectos importantes a serem analisados. Esses aspectos encontrados na implantação dessa nova tecnologia estão ligados ao projeto, à execução, à mão-de-obra e ao acabamento final e, portanto, influem na qualidade do produto entregue aos clientes.



Figura 9 – Fachada das casas  
Fonte: Os autores (2014).

Entre as vantagens encontradas na implantação desse sistema construtivo destacam-se:

- rápido ciclo de produção;
- canteiro de obras organizado e limpo;
- redução do desperdício de materiais;
- concretagem simplificada.

No que diz respeito ao ciclo de produção eficiente e uma relativa velocidade rápida na execução, a principal característica, que esse sistema de construção apresenta, está no tempo de execução. Devido a algumas qualidades próprias dos materiais usados, como os painéis de fôrmas e o concreto autoadensável, um conjunto

de fôrma para duas unidades de casas levam, em média, de 5 a 12 dias úteis (de concretagem à concretagem), para as paredes estarem concluídas e, em média, são necessários de 7 a 9 profissionais entre ferreiros, carpinteiros e serventes para a montagem de cada conjunto de fôrmas. Entre as facilidades que esse sistema possui para o acelerado ritmo de construção estão a boa apresentação da planta baixa (projeto) e o livro de detalhamentos, com desenhos ilustrativos, que demonstram a posição da montagem do painel. Por possuir muitas peças, tais projetos possuem numerações que ajudam na sua correta colocação. Esse sistema de numeração é bastante importante, para que haja uma melhor agilidade e maior entendimento dos funcionários na hora da montagem da fôrma.

O transporte dos painéis, mesmo possuindo grandes dimensões, é outra característica relacionada à velocidade de produção desse sistema. Isso ocorre, quando é feita a desforma de uma casa concretada e sua cura concluída. Assim, é possível retirar painéis inteiros (uma parede inteira de um dormitório) e transportá-la para a próxima casa a ser concretada, aumentando a agilidade do processo de produção.

No que diz respeito à manutenção do canteiro de obras organizado, salienta-se o fato das paredes serem feitas de concreto. O uso de painéis para execução das paredes resulta em diminuição de muitas atividades e menor utilização de materiais no canteiro de obras, fazendo com que a área do empreendimento permaneça mais organizada e com menos materiais distribuídos pelo local. Sendo assim, pelo motivo da mudança de tecnologia construtiva, evita-se a utilização de tijolos ou blocos cerâmicos, argamassas para revestimento e madeiras para confecções de fôrmas, como também, há menos emprego de mão-de-obra, facilitando a organização do ambiente de trabalho e uma relativa diminuição de trabalhadores na obra.

A diminuição do desperdício de materiais está diretamente ligada à utilização dos painéis. Esse material possui suas dimensões exatas para a concretagem, evitando o trabalho de cortes nos

materiais. Outra vantagem está ligada às instalações elétricas e hidráulicas que são embutidas nas paredes e realizadas antes da concretagem.

O modo como as concretagens são realizadas pode ser visto como outra vantagem, pois são utilizados caminhões betoneiras para o transporte até o local, bem como bombas para o lançamento do concreto para a parte superior das paredes, onde é injetado o material. Essas bombas podem ser utilizadas com o funil metálico, como já citado anteriormente, ou com a estacionária. O concreto autoadensado é vantajoso por sua boa fluidez, não resultando em muito trabalho para a sua aplicação no interior das paredes, ou seja, não há entupimento na parte superior do painel, conseguindo uma boa condição de penetração pelas armaduras e fôrmas. Entre os problemas encontrados na implantação desse sistema construtivo estão:

- a falta de conferência das atividades durante a montagem dos painéis;
- a dificuldade em executar paredes com prumo, esquadro e alinhamento dentro dos padrões de qualidade;
- a fixação dos dispositivos elétricos e hidráulicos;
- a necessidade do uso de desmoldante;
- as falhas no acabamento superficial das paredes.

Uma das dificuldades encontradas está ligada à conferência de tarefas durante a montagem dos painéis, pois o processo de elevação e fechamento dos painéis possui um ciclo muito rápido e, por serem executadas várias fôrmas em processo de montagem ao mesmo tempo no canteiro, surgiram algumas deficiências nas inspeções de algumas tarefas executadas (pouca gente para fazer a conferência e dificuldade de acesso em certos setores da fôrma), principalmente em algumas atividades que necessitam de muito tempo para controle, como a correta colocação dos espaçadores em eletrodutos elétricos, tubulações da hidráulica e também reforços nas armaduras das aberturas.

Mesmo com todos os treinamentos que são fornecidos aos trabalhadores, muitas vezes, essas atividades ficam sob responsabilidade total dos próprios montadores e, além disso, não há cuidado satisfatório na colocação desses

espaçadores, resultando em alguns problemas pós-concretagem. Entre eles, cita-se a ocorrência das tubulações e armaduras ficarem expostas às paredes, necessitando de um reparo futuro para sua correção figura 10a e 10b.

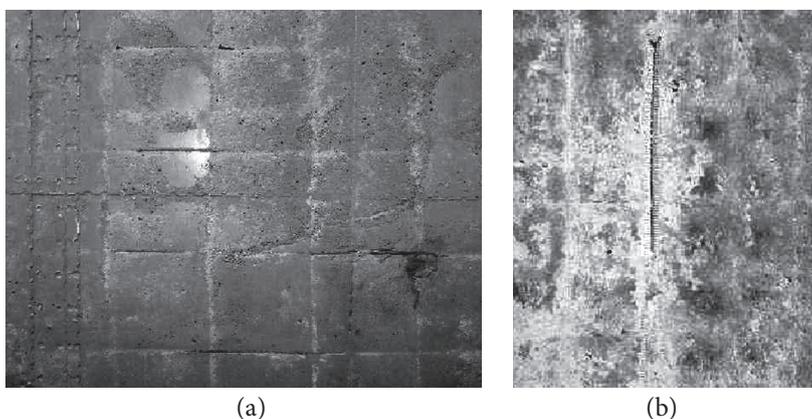


Figura 10 – Problemas pós-concretagem: (a) exposição da armadura após concretagem; (b) exposição de instalação elétrica após concretagem  
 Fonte: Os autores (2014).

Quando às dificuldades em executar paredes com prumo, esquadro e alinhamento, esses acabam sendo um dos problemas recorrente na utilização desse sistema construtivo. Constatou-se, portanto, uma grande quantidade de paredes que fica fora dos padrões de qualidade da empresa. Em outras palavras, os resultados obtidos para as paredes de concreto são insatisfatórios. Esse descontentamento acontece devido aos inúmeros retrabalhos realizados e ao tempo desperdiçado para arrumar os locais, onde as

paredes ficam fora dos padrões de qualidade, o que é necessário, para que o produto final esteja de acordo com o esperado pelos clientes.

Os principais problemas são devido à planezza, ou seja, as paredes sofrem ondulações, (figuras 11a e 11b), principalmente na parte inferior dos painéis, próximo ao piso. Esse local é onde existe maior pressão do concreto, bem como entre travamentos metálicos, mesmo que as distâncias entre as vigas metálicas e os quadros metálicos sejam próximas.

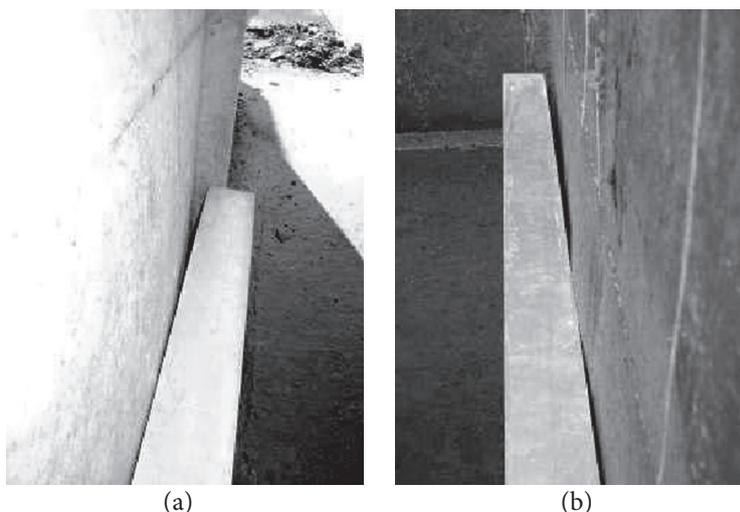


Figura 11 – Conferência da planicidade das paredes (a) externas; (b) internas  
 Fonte: Os autores (2014).

O local e o modo, onde o concreto é despejado inicialmente, influenciam na qualidade final das paredes, isso porque, ao se iniciar erroneamente a concretagem, podem ser ocasionados problemas de deslocamento das instalações presas às armaduras. Além disso, corre-se o risco comprometer o correto esquadro das paredes devido à pressão do concreto. A pressão, com que se lança o concreto para o interior das paredes, influencia no esquadro final da casa. Assim, quanto maior a pressão, maior a chance de acontecer a movimentação das fôrmas, podendo tirá-las da posição correta, conforme demonstra a figura 12.



Figura 12 – Conferência do esquadro nas paredes  
Fonte: Os autores (2014).

O risco de se comprometer o correto esquadro das paredes ou permitir o movimento do conjunto das fôrmas foi reduzido, alterando-se a sequência de despejo do concreto. Nesse sentido, o local do início de concretagem passou a ser a parede que faz divisa entre duas casas, reduzindo-se o movimento das fôrmas e permitindo-se que não se concentrasse o preenchimento do concreto em apenas uma parede. O importante é deixar o concreto preencher o restante, fazendo a sua injeção gradativamente pelo perímetro das casas até o seu topo.

Outro item de importância significativa está ligado à difícil conferência final, após toda estrutura estar montada, pois, no momento em que todos os painéis estão nas suas corretas posições e seus travamentos metálicos, fica muito difícil entrar nas casas, devido à grande quantidade de travamentos metálicos, dificultando,

dessa forma, uma completa verificação das suas fixações.

Quanto à qualidade dos materiais, alguns materiais de qualidade inferior e o mau uso de algumas das peças foi um dos problemas que resultaram na ocorrência de paredes com imperfeições, principalmente, os travamentos metálicos que são as cantoneiras, vigas, quadros e apuradores. Muitos deles estavam danificados e prejudicavam a qualidade final do produto. Como o principal objetivo desses equipamentos é de fazer a amarração completa da estrutura e absorver grande parte do esforço criado pela pressão do concreto, caso esses materiais não estejam em boas condições, certamente o produto final também não estará.

As peças metálicas são danificadas, devido ao mau uso e manuseio de forma inadequada, ou seja, os materiais são estocados ou utilizados de forma errada, ocasionando uma deformação, principalmente nas vigas e quadros metálicos, se esses estiverem tortos (figura 13), os painéis não terão o rendimento para o qual foram projetados. Para evitar que isso continue ocorrendo, está sendo feito um controle mais rigoroso dos materiais, tanto no recebimento, como na sua própria utilização em canteiro, de forma que os materiais que estejam danificados sejam separados, para posteriormente serem devolvidos ao fornecedor.



Figura 13 – Materiais danificados devido à má utilização  
Fonte: Os autores (2014).

Outra dificuldade está em se conseguir a fixação das caixas elétricas. Como não há fixadores especiais para a fixação das caixas elétricas e caixas de disjuntores, foram utilizados arames para a sua amarração na armadura, antes da concretagem, porém estão ocorrendo muitos defeitos, principalmente no desnível em que se encontram os materiais, após a concretagem (figura 14). Isso é causado pela movimentação e pressão do concreto dentro das fôrmas. Por isso, é necessário muitas correções pós-concretagem, onde é preciso quebrar o concreto na volta das caixas elétricas e caixa de disjuntores para colocá-los na devida posição.

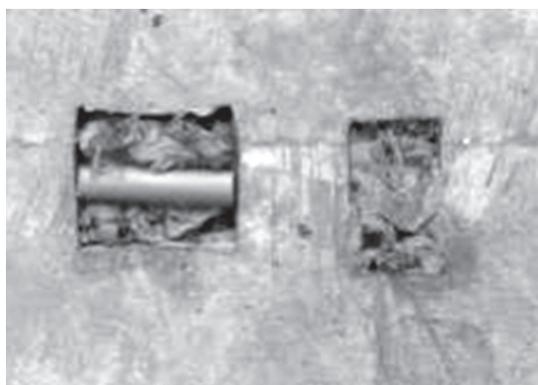


Figura 14 – Exemplo de caixas elétricas desalinhasadas  
Fonte: Os autores (2014).

No que diz respeito à estanqueidade das caixas e tubulações elétricas, atualmente, é feita vedação dessas com jornal, antes da concretagem. O jornal ajuda na contenção do concreto, porém, às vezes, esse concreto penetra no interior dos eletrodutos, obstruindo-os e entupindo-os. Para sua correção, a única maneira é tirá-lo do interior da parede concretada e substituí-lo por outro.

Os painéis são desformados manualmente e de forma simplificada, sem uso de força mecânica, porém houve a necessidade de utilizar desmoldante, antes das concretagens, divergindo dos procedimentos adotados pela empresa fornecedora do conjunto de fôrmas, pois, durante as primeiras concretagens, houve dificuldades para as retiradas dos painéis e, ao mesmo tempo, danos na superfície aparente do concreto.

A dificuldade em se obter um bom acabamento superficial está contradizendo uma das principais qualidades que, teoricamente, esse sistema construtivo possuiria, pois, inicialmente, seria necessário somente realizar o acabamento com massa corrida. Porém, houve muitos locais, onde necessitaram de arremates com argamassa, principalmente nas regiões, onde ficavam os espaçadores das fôrmas metálicas, nos locais onde ocorreram falhas de concretagens e nas partes superiores das paredes que se quebravam no momento da retirada dos painéis.

## 6 Entrevistas

Após visitas ao empreendimento, o engenheiro responsável e o coordenador de obras responderam um questionário avaliativo, elaborado com o objetivo de esclarecer melhor as etapas aplicadas, durante o processo de implementação da tecnologia do concreto auto adensável.

Segundo os entrevistados, quando uma empresa decide investir em novas tecnologias construtivas, ela visa uma melhora em seu rendimento no processo de execução, tanto no canteiro de obras, como em aspectos econômicos. A decisão de utilizar estruturas de concreto autoadensável foi a melhor opção encontrada pela empresa, para conseguir resultados de alta produção (grande quantidade de unidades), inserindo, assim, esse novo método construtivo em seus empreendimentos de condomínios horizontais.

Na construção do condomínio, utilizou-se concreto com resistência de 4,5 MPa com aditivos superplastificantes e adição de fibras de vidro para proporcionar um maior isolamento acústico e térmico. Assim, foi utilizado um sistema de fôrmas de alumínio para as paredes que possuem travamentos metálicos. Optou-se por esse sistema por apresentar uma vida útil maior de reutilização.

No que diz respeito aos controles de

qualidade, a empresa realiza ensaios de resistência à compressão, através de laboratórios, em todas as concretagens e, *in loco*, é realizado o ensaio de abatimento no cone Marsh (*Slump test*) com limites entre 240mm ± 20mm.

Por ser uma tecnologia que necessita de mão de obra especializada, a empresa optou por ministrar treinamentos para os funcionários que trabalham no canteiro de obras. Nesse treinamento são explicados o funcionamento dos procedimentos de execução de cada etapa de serviço. Além dos procedimentos de treinamento, a empresa possui planilhas de inspeção da qualidade e auditorias internas com o intuito de melhorar, cada vez mais, o controle das atividades realizadas e a satisfação do cliente com o produto final.

Quanto à ocorrência de falhas, os entrevistados descreveram os problemas ligados ao acabamento superficial das paredes como o de maior ocorrência. Para tentar minimizar esses problemas, a empresa optou por incorporar ao ciclo de execução das casas a utilização de desmoldante nas fôrmas, antes das concretagens, o que apresentou resultados significativos e melhoras no acabamento superficial.

Quando questionados sobre os resultados obtidos com a implementação dessa tecnologia, os entrevistados admitiram que a empresa obteve algumas respostas negativas, principalmente no quesito da alta produção, sendo essa a proposta principal de investimento no concreto autoadensável, notou-se que a produtividade tem uma faixa de oscilação muito grande, variando com as condições climáticas e com a alta rotatividade de funcionários.

Assim sendo, apesar de alguns resultados estarem abaixo das expectativas iniciais propostas com utilização dessa tecnologia, a empresa já dispõe de dois novos empreendimentos que seguem esse modelo de construção. Os entrevistados também acreditam que, com a constante melhora no processo e a sequência executiva, podem aperfeiçoar o sistema, diminuindo as falhas e criando o equilíbrio

necessário entre alta produtividade e qualidade do produto final.

## 7 Considerações finais

A inovação de materiais e técnicas construtivas na construção civil é uma iniciativa que tem por objetivo aumentar a produção, fazendo com que tarefas sejam realizadas de forma mais rápida, evitando desperdícios e tentando melhorar o aproveitamento maior da mão-de-obra. Porém, sempre que se investe em novos sistemas construtivos surgem dificuldades no entendimento do processo e, com isso, o produto final pode apresentar problemas em relação à qualidade.

A utilização do concreto autoadensável nesse empreendimento não apresentou a resposta esperada, em relação ao sistema construtivo. Esperava-se que, junto com a alta produção conseguida no empreendimento, a ocorrência de falhas fosse mínima, porém o que ocorreu foram repetitivas falhas de execução que prejudicaram o acabamento superficial das paredes, ponto de extrema importância do sistema. Os retrabalhos geraram atrasos de cronogramas e acréscimo na quantidade de materiais.

Ainda que o sistema construtivo não tenha apresentado todo potencial proposto por ele, acredita-se que ele ainda representa um sistema de qualidade para construções que priorizam a alta produtividade. A produção em massa de condomínios que aplicam essa tecnologia pode aprimorar os defeitos agora, presentes, por falta de compreensão dos profissionais e pela busca por melhores matérias que atendam às necessidades exigidas pelo sistema também está em constante evolução.

Dessa forma, o trabalho apresentou as facilidades e dificuldades da implantação do sistema construtivo, utilizando concreto autoadensável, porém somente com maiores investimentos em treinamento de funcionários e aprimoramento dos materiais utilizados, o sistema poderá apresentar todo o seu potencial.

## Referências

- ARAUJO, J. L. *et al.* Concreto autoadensável com materiais locais no nordeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, 45., 2003, Vitória. **Anais...** São Paulo: IBRACON, 2003.
- COPPOLA, L. Self-compacting concrete. In: **Concrete Technology**, [S.l.: s.n.], 2000. p. 42-47.
- EUROPEAN FEDERATION FOR SPECIALIST CONSTRUCTION CHEMICALS AND CONCRETE SYSTEMS. **Specification and guidelines for self-compacting concrete**. 2011. Disponível em: <<http://www.efnarc.org/publications.html>>. Acesso em: 23 out. 2013.
- LUTORCO, B. Mistura plástica: inovador por eliminar etapas e alterar rotina de canteiro, tecnologia do concreto autoadensável ainda é prejudicada pelo desconhecimento acerca de suas propriedades. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 125, p. 46-49, 2007. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/125/artigo59012-1.asp>>. Acesso em: 23 out. 2013.
- REPETTE, W. L. **Concreto autoadensável**. Florianópolis: Comunidade da Construção, 2005. 1 CD.
- TUTIKIAN, B. F. **Métodos para dosagem de concretos autoadensáveis**. 2004. 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.