XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

PLANEJAMENTO EM OBRAS COM SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS: ESTUDO DE CASO[1]

PIMENTA, Luciana de Castro Patricio (1); BRAGA, Rafael Pongeluppe (2); ANDERY, Paulo Roberto Pereira (3)

(1) Universidade Federal de Minas Gerais, lucianacpatricio@gmail.com
(2) Universidade Federal de Minas Gerais, rafaelpongelupe@yahoo.com.br
(3) Universidade Federal de Minas Gerais, pandery@ufmg.br

RESUMO

Nas últimas décadas, o crescimento da concorrência e oferta de serviços na construção civil no Brasil tornou necessária a utilização de sistemas construtivos cada vez mais industrializados e um melhor gerenciamento dos processos, aumentando a importância do planejamento e das inovações tecnológicas para execução dos serviços com maior produtividade e qualidade. Em obras habitacionais de interesse social, a assertividade de seu planejamento é especialmente importante, pois as margens de lucro das empresas são cada vez menores, seus prazos reduzidos e qualquer variação pode causar impacto na lucratividade, ou até mesmo na viabilidade do empreendimento. O presente trabalho tem como objetivo identificar os fatores que influenciam a confiabilidade do planejamento em obras de habitação de interesse social que utilizam sistemas construtivos industrializados. O método aplicado foi o de estudo de casos qualitativo através de observações diretas e entrevistas com os engenheiros das obras. Foram selecionados dois empreendimentos com sistemas construtivos distintos: parede de concreto moldada in loco e pré-fabricados de concreto, e comparados seus planejamentos. Concluiu-se que, independente do sistema utilizado, as variáveis que mais influenciaram seu planejamento foram o domínio da tecnologia utilizada, o investimento financeiro disponível, da padronização do processo de montagem e da logística de chegada dos suprimentos.

Palavras-chave: *Habitação. Planejamento. Sistemas construtivos.*

ABSTRACT

In the last decades, the growth of competition and the offer of services in civil construction in Brazil has made it necessary to use increasingly industrialized construction systems and better management of processes, increasing the importance of planning and technological innovations for the execution of services with greater productivity and quality. In housing projects, the assertiveness of their planning is especially important, since the profit margins of companies are increasingly smaller, their deadlines are reduced and any variation can impact the profitability, or even the viability of the enterprise. This work aims to identify the factors that influence the reliability of planning in housing projects of social interest that use industrialized construction systems. The method applied was a qualitative case study through direct observations and interviews with construction engineers. Two projects with different construction systems were selected: concrete walls molded in loco and prefabricated concrete and their plans were compared. It was concluded that, regardless of the system used, the variables that most influenced its planning were the domain of the technology used,

[1] PIMENTA, Luciana de Castro Patricio; BRAGA, Rafael Pongeluppe; ANDERY, Paulo Roberto Pereira. Planejamento em obras com sistemas construtivos industrializados: Estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

the financial investment avaiable, the standardization of the assembly process and the logistics of the arrival of the supplies.

Keywords: *Planning. Construction Systems. Housing.*

1 INTRODUÇÃO

A construção industrializada no Brasil iniciou-se com a utilização de sistemas de pré-fabricação e o desenvolvimento de equipamentos para executar a montagem desses elementos na formação das edificações. Além disso, com o crescimento da concorrência na oferta de serviços de construção civil no país, nas últimas duas décadas, tornou-se necessária uma mão de obra cada vez mais especializada e um melhor gerenciamento dos processos, aumentando assim a importância do planejamento e das inovações tecnológicas para a execução dos serviços com maior produtividade e qualidade.

Em obras habitacionais de interesse social, como as participantes do programa de incentivo do governo federal, Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), a confiabilidade de seu planejamento é essencial para tentar atender as margens de lucro estipuladas em sua viabilidade.

A literatura sugere que o uso de sistemas construtivos industrializados contribui para uma menor variabilidade nos processos de execução, menor incerteza com relação a logística de suprimentos e consequente aumento de sua produtividade. De tal forma que o fluxo de trabalho se torna mais previsível, havendo menores variações de prazo no planejamento das obras (CRUZ, SANTOS e MENDES, 2018).

Nesse contexto, o presente trabalho pretende apresentar os resultados parciais de um projeto de pesquisa que propõe analisar os fatores que interferem na confiabilidade do processo de planejamento de obras que utilizam dois sistemas construtivos industrializados distintos: parede de concreto moldada *in loco* e estrutura pré-fabricada de concreto armado com painéis mistos de concreto e bloco cerâmico.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta sessão serão brevemente apresentados conceitos que fazem parte do referencial teórico que balizaram esta pesquisa.

2.1 Sistemas construtivos industrializados

A utilização de sistemas construtivos industrializados em obras habitacionais de interesse social tem se tornado cada vez mais presente pela racionalização e padronização de seus processos.

Segundo Gibb (1999), há benefícios importantes em se substituir algumas atividades realizadas no canteiro de obras para dentro das fábricas como a diminuição das interrupções no processo produtivo e dos deslocamentos dos componentes, a melhora no controle sobre as atividades desenvolvidas, o treinamento especializado dos trabalhadores envolvidos, a padronização e simplificação de processos construtivos e a possibilidade da utilização de ferramentas e técnicas inovadoras.

Além disso, com a utilização de elementos pré-fabricados, é possível prever os resultados e antecipar as correções desde que esteja associada à compatibilidade

entre os diferentes elementos, de modo a permitir que os mesmos, produzidos por diferentes indústrias, possam ser usados na mesma edificação (GIBB, 2001).

O sistema construtivo pré-fabricado é constituído por vigas, pilares, escadas, painéis divisórios e pré-lajes produzidos em fábrica. Para a garantia das ligações hiperestáticas, faz-se necessário executar no canteiro de obras, após montagem, as vinculações de vigas e capeamento de laje. Os painéis divisórios não possuem função estrutural, são produzidos em blocos cerâmicos e vigas reforçadas por treliça. As pré-lajes são confeccionadas em concreto vibrado, armadas em aço e moldadas em forma metálica. As vinculações das vigas e capeamento das pré-lajes ocorrem após montagem de cada fase e contemplam armação, forma e concretagem, que são especificadas em normas técnicas (FIB, 2008).

Outro exemplo de sistema construtivo bastante utilizado pelas construtoras atualmente é o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*. Trata-se de uma parede maciça de concreto, moldada no local definitivo de sua existência e que se caracteriza pela capacidade de distribuir as cargas por toda sua estrutura. Ou seja, a vedação e a estrutura são compostas pelo mesmo componente que é moldado em uma única etapa de concretagem (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

A execução do sistema de paredes de concreto não exige mão de obra especializada. Os funcionários recebem treinamento específico e são capazes de desempenhar a função de montadores, bem como executar outras atividades do processo como armação, instalações, concretagem e desenforma dos painéis metálicos.

2.2 Planejamento de obras em sistemas construtivos industrializados

Os sistemas construtivos industrializados asseguram maior rapidez e qualidade nas obras, mas, por outro lado, demandam uma maior coordenação de projetos, um planejamento de obras mais detalhado e assertivo e um projeto de canteiro de obras mais elaborado (CRUZ et al., 2016).

Uma das dificuldades mais desafiadoras encontradas pelas construtoras é a execução das atividades conforme sua programação. As variações de prazo de algumas atividades das obras são bastante comuns, podendo afetar todo o fluxo de produção devido à sequência de sua realização (TOMMELEIN, RILEY; HOWELL, 1999).

Para Sabbatini (1989), o emprego de sistemas industrializados exige não só inovações tecnológicas e novos processos de execução, mas requerem também novas formas de planejamento e gestão da produção, a fim de garantirem total eficiência destes sistemas quanto à agilidade, redução de perdas e economia.

3 MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa utilizado neste trabalho foi o de estudos de casos exploratórios de caráter qualitativo, com o objetivo de compreender o sistema de planejamento físico de obras industrializadas, especificamente de habitações de interesse social, através de observações diretas e entrevistas não estruturadas com engenheiros de obra e engenheiros de planejamento e controle.

O critério usado para seleção das empresas participantes desta pesquisa foi o da seleção de empreendimentos que utilizassem sistemas construtivos industrializados, que possuíssem processos padronizados e que documentassem e fizessem a

rastreabilidade desses processos e estivessem dispostos a disponibilizar essas informações à pesquisa.

Como principais fontes de evidência destacam-se a observação presencial de rotinas de trabalho (planejamento e diversas etapas de execução das obras), análise de documentos de planejamento, documentos de medição e acompanhamento de serviços e entrevistas semiestruturadas com os engenheiros de obra e engenheiros de planejamento e controle.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Caracterização dos empreendimentos

O objeto desta pesquisa compreende duas obras de habitação de interesse social, participantes do Programa Minha Casa Minha Vida, situadas na região metropolitana de Belo Horizonte (MG), cada uma pertencente a uma construtora diferente e que utilizam sistemas construtivos industrializados distintos.

A obra A era composta por seis torres, sendo quatro torres de dez pavimentos tipo e duas torres de doze pavimentos tipo, com quatro apartamentos por pavimento. Seu quadro de funcionários era de aproximadamente trinta e dois funcionários na equipe operacional e uma equipe técnica formada por um gerente de obra e um coordenador de obra, ambos compartilhados, um engenheiro de obra, um engenheiro de planejamento e controle compartilhado, um auxiliar de engenharia, um técnico de segurança, um mestre de obra, um encarregado geral de obra, um almoxarife, um auxiliar de almoxarife e quatro estagiários.

O sistema construtivo utilizado na obra A foi o sistema de estrutura e vedações pré-fabricadas, com montagem em canteiro realizada por grua, constituído por vigas, pilares, escadas, painéis divisórios e pré-laje produzidos em fábrica (Figura 1).

Figura 1 – Vista de uma das torres (obra A)



Fonte: Autores (2020)

A equipe destinada à montagem do seu sistema estrutural era composta por doze funcionários: um técnico de montagem, um encarregado, três montadores, um armador, um sinaleiro, três pedreiros e três ajudantes, além de dois funcionários de empresas terceirizadas responsáveis pela operação da grua e pela operação da betoneira.

O ciclo de execução de cada pavimento consistia na montagem dos pilares (cada pilar atingia a altura de três pavimentos) com duração de dois dias, montagem de vigas com duração de meio dia, montagem de painéis com duração de um dia e meio, vinculação das vigas com duração de meio dia, montagem da pré-laje com duração de meio dia e concretagem da laje com duração de meio dia. Desta forma, a execução do pavimento tipo de cada uma das torres durava, em média, 4,17 dias.

A obra B era composta por vinte e quatro torres, sendo vinte e duas torres de quatro pavimentos e duas torres de três pavimentos, com quatro apartamentos por pavimento. Seu quadro era de aproximadamente quarenta e três funcionários na equipe operacional e uma equipe técnica formada por um gerente de obra compartilhado, um engenheiro de obra, um engenheiro e um assistente de planejamento e controle compartilhados, um auxiliar de engenharia, um técnico de segurança compartilhado, um mestre de obra, dois encarregados de obra, um almoxarife, um auxiliar de almoxarife e dois estagiários.

A sistema construtivo utilizado na obra B foi o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* com a utilização de um conjunto de formas metálicas que abrangia dois apartamentos e um hall de escada (Figura 2).

Figura 2 – Vista de uma das torres (obra B)



Fonte: Autores (2018)

A equipe destinada à execução de seu sistema estrutural era composta por dezoito funcionários: um encarregado, um líder de montagem, doze montadores, dois eletricistas e dois armadores. O ciclo de execução de cada pavimento foi, em média, de 2,68 dias para montagem e desmontagem das formas, armação, instalação elétrica e concretagem de paredes e laje.

4.2 Caracterização dos sistemas de planejamento

A obra A possuía um planejamento master com as principais atividades da obra e utilizava a ferramenta MSProject para fazer seu acompanhamento de prazo. Seu planejamento era realimentado com as informações adquiridas em seu acompanhamento semanal, realizado por um engenheiro de planejamento e controle em sua visita à obra. Trata-se de um controle considerado rigoroso, uma vez que a maioria das construtoras utilizam um controle mensal de prazo de seus serviços. Além disso, possuía outros métodos de acompanhamento como a Linha de Balanço e o Método do Caminho Crítico, visando introduzir maior confiabilidade ao

planejamento. Seu custo era acompanhado mensalmente, com a ajuda de um sistema de gestão integrado bastante utilizado pelas empresas do setor.

A obra B dispunha de um planejamento detalhado e realizava seu acompanhamento de prazo e custo mensalmente, usando outro sistema de gerenciamento de obras (software de Enterprise Resource Planning) também bastante empregado pelas construtoras. Utilizava como método de acompanhamento de prazo o Método do Caminho Crítico e Gráfico de Gantt, além de planilhas auxiliares de Excel para realizar sua análise físico-financeira mensal. Entretanto, na etapa de execução de estrutura, especificamente, seu acompanhamento foi diário devido à própria característica do sistema em apresentar uma alta velocidade de execução, elevando o risco de comprometimento de todo o fluxo da produção caso ocorressem atrasos.

Em obras com sistemas construtivos industrializados, o planejamento exige um claro detalhamento da forma de execução do sistema, a fim de evitar atrasos em sua execução que possam afetar todo o fluxo de produção.

Especialmente, nas paredes de concreto, o planejamento da equipe para posicionamento das formas deve ser assertivo, pois representa uma etapa dos serviços que não pode sofrer atrasos. Da mesma forma, no sistema de pré-moldados, a equipe destinada à montagem dos elementos não pode sofrer variação.

5 RESULTADOS

No planejamento inicial, ou seja, no planejamento master do empreendimento B, foi assumida uma curva de aprendizagem da mão de obra envolvida na montagem das formas, concretagem e desmontagem que previa que o ciclo de produção (execução de um pavimento) atingiria estabilidade em um período de 90 dias, a partir do qual a produtividade implicaria em um ciclo de produção de 2 dias por pavimento.

Nesse planejamento, foi estabelecido que, antes desses 90 dias, a produtividade cresceria gradativamente, de tal forma que o valor médio, considerando o período de aprendizado e de regime estável de produção, implicaria em um ciclo de produção de 3,3 dias por pavimento.

Esse valor foi considerado para efeitos de determinação de todos os aspectos de produção envolvidos: fluxo financeiro de recursos, manutenção das formas, aspectos de logística, fornecimento de concreto e coordenação com a equipe de montagem das instalações elétricas.

No entanto, a análise dos ciclos de planejamento semanal e os registros de controle "planejado x realizado" mostraram uma realidade distinta.

Observou-se que a estabilidade na produção, ou seja, uma produtividade estável gerando ciclos de produção estáveis, foi alcançada com 36 dias desde o início dos trabalhos, ao invés dos 90 dias previstos. Ou seja, houve uma antecipação de quase 60 dias. Nesse período de aprendizado, como indicado anteriormente, a produtividade da atividade de montagem das instalações e execução das paredes moldadas *in loco* foi crescendo de maneira gradativa.

Em função dessa antecipação, ou seja, dessa aceleração da curva de aprendizado, a produtividade média global, ao longo de todo o empreendimento B, foi de 2,68 dias por pavimento ao invés dos 3,3 dias inicialmente previstos.

Por consequência, conseguiu-se uma alta confiabilidade no planejamento de médio e curto prazo, com ciclos de produção fixados em 2 dias por pavimento, a partir de pouco mais de um mês de obra.

Dessa forma, a percentagem de atividades completadas em comparação com as previstas atingiu valores próximos de 100% a partir do momento em que a produtividade da equipe atingiu o valor da prevista.

Esses resultados permitem chegar a duas conclusões, aplicáveis a esse empreendimento específico.

Em primeiro lugar, é importante determinar, a partir de históricos de outros empreendimentos, uma curva de aprendizagem mais real. O planejamento de curto prazo antes de se atingir essa produtividade fica prejudicado, uma vez que não há assertividade sobre a produtividade das equipes. Por outro lado, o valor médio da produtividade estará relacionado à velocidade de aprendizado. No caso específico, um aprendizado mais rápido implicou em valor global de produtividade média maior que o esperado.

Em segundo lugar, verificou-se que o sistema industrializado, apresentando simplificação de processo de montagem, padronização das atividades e menor variabilidade dos insumos, de fato permite que sejam substancialmente reduzidas as fontes de variabilidade dos processos de execução, permitindo a estimativa de índices de produtividade estáveis e, portanto, previsíveis.

Em suma, desconsiderando a questão do aprendizado da mão de obra e correta alocação do número ótimo de profissionais para execução das atividades padronizadas, o sistema construtivo permite reduzir drasticamente a variabilidade do processo, introduzindo confiabilidade ao planejamento.

Constatou-se que aspectos como absenteísmo, eventual falha no fornecimento de concreto ou atrasos na entrega de suprimentos foram pontuais, e não afetaram a confiabilidade do planejamento.

Na obra de estrutura pré-fabricada, por ser um sistema bastante empregado na empresa, observou-se um menor índice de desvio do prazo planejado. Sua equipe era mais experiente e a logística de suprimentos bem definida. Porém, por se tratar de um sistema construtivo mecanizado, apresentou uma maior dependência com as falhas de equipamentos e ferramentas, ainda que estas não tenham impactado de maneira significativa em desvios na comparação entre atividades planejadas e executadas.

Nos dois casos, embora os sistemas fossem distintos, as variáveis que impactaram no planejamento foram relacionadas a questões de aprendizado – que uma vez atingido, permitiu menores desvios no planejamento – ou de logística. Efetivamente, observou-se pouca ou nenhuma variabilidade em função de aspectos comumente observados em outros sistemas menos industrializados.

6 CONCLUSÕES

De uma forma geral, do ponto de vista do planejamento de obras que utilizam sistemas construtivos industrializados, os resultados apontam para uma pequena variabilidade, independente do sistema utilizado. Isso significa que as variáveis críticas de planejamento não são as do sistema em si, mas do domínio da tecnologia, do investimento financeiro disponível, da padronização do processo de montagem e da logística de chegada de suprimentos.

Uma vez que essas variáveis estejam controladas, qualquer que seja o sistema, a assertividade de seu planejamento é alta. O que reforça a teoria de que quanto mais industrializada a obra, maior sua organização, produtividade e agilidade e, portanto, maior a confiabilidade de seu planejamento.

Por outro lado, uma maior efetividade do planejamento está associada a questões de gestão da produção como qualificação da mão de obra, aprendizado com relação a processos de montagem padronizados e eventuais questões associadas a fornecimento de suprimentos.

Nesse sentido, o estudo de caso corroborou referencial teórico que aponta para o fato de que maior nível de industrialização implica em redução da variabilidade dos processos, com um maior potencial de aumento da confiabilidade do planejamento.

Por outro lado, os dois sistemas avaliados têm níveis de industrialização distintos, mas apresentam as mesmas variáveis associadas a confiabilidade do planejamento. Ou seja, cabe levantar a hipótese, a ser corroborada em trabalhos futuros, de que algumas características intrínsecas aos sistemas industrializados já são suficientes para reduzir a variabilidade do planejamento, independentemente dos critérios adotados para determinar o nível de industrialização.

REFERÊNCIAS

CRUZ, H. M. et. al. Identificação de conceitos enxutos: Estudo de caso em uma obra de paredes de concreto. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2016.

CRUZ, H. M.; SANTOS, D. de; MENDES, L. A. Causas da variabilidade do tempo de execução dos processos em diferentes sistemas construtivos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 49-65, jan./mar. 2018.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON. Structural Connections for Precast Concrete Buildings. Lausanne: FIB, 2008. (Bulletin d'information; 43)

GIBB, A. G. F. **Off-site fabrication –** prefabrication, pre-assembly and modularization. Scotland: Whittles Publishing, 1999.

GIBB, A. G. F. Standardization and pre-assembly- distinguishing myth from reality using case study research. **Construction Management and Economics**, Loughborough, v. 19, n. 3, p. 307-315, 2001.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. Como Construir Paredes de Concreto. **Revista Téchne.** Edição 147. Jun. 2009.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de Métodos, Processos e Sistemas Construtivos** – formulação e aplicação de uma metodologia. 1989. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

TOMMELEIN, I.; RILEY, D. R.; HOWELL, G. A. Parade Game: impact of work flow variability on trade performance. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 125, n. 5, p. 304-310, 1999.