

UTILIZAÇÃO DE ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL - ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA INDUSTRIAL NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE

White José dos Santos¹; Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco¹; Pedro Pires Alves²

¹ Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil.

Abstract. In recent years the construction industry in Brazil is improving due to the high competitiveness in the market. The projects seek ways to increase productivity in performing services, streamline and automate processes, and reduce waste. Such factors are used as a means of reducing costs and complete the work according to planned deadlines. Systems precast concrete gained ground in the international scenario and then nationally on this context. Presents itself as a way of building more economical, durable, structurally and architecturally versatile, and engage in sustainability issues, as it provides less wasted materials. This paper presents the system of precast concrete, pointing from a literature review their construction methods, their advantages and limitations. We conducted a case study focusing on analysis of the planning and execution of works that follow this system. Finally, it was a proposal of conduct to be followed by professionals and companies, in order to define a proper posture that seeks efficiency and quality for an enterprise.

Keywords: Construction, Construction methods, Precast concrete.

E-mail addresses: white.santos@demc.ufmg.br, luizmelg@ufmg.br, pedro-smi@hotmail.com.

1. INTRODUÇÃO

A evolução da indústria da construção civil é caracterizada por uma diversidade de métodos, tecnologias e arquiteturas. Atualmente, observa-se uma significativa organização em alguns subsetores, onde há modernos sistemas construtivos e processos de gestão industrial. Entre estes sistemas, destaca-se os elementos pré-moldados de concreto [10].

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) pela [3] define como pré-moldado o elemento moldado previamente, fora do local de utilização definitiva da estrutura e em instalações temporárias; é definido como pré-fabricado todo elemento moldado, fora do local de utilização, porém industrialmente e em instalações permanentes de empresa destinada para esse fim, sob condições rigorosas de controle de qualidade.

O surgimento dos elementos pré-moldados está inteiramente relacionado com a história da industrialização, mais precisamente com o período histórico da mecanização, onde iniciou-se uma busca por máquinas e ferramentas que favorecessem a produção de bens [9]. Assim, as atividades exercidas pelo homem com auxílio de máquinas foram gradativamente substituídas por mecanismos, aparelhos mecânicos ou eletrônicos, ou genericamente por automatismos [9]. Ressalta ainda, que esses automatismos estão ligados aos processos de fabricação, transporte e de montagem, ao controle da qualidade, à criação de novos materiais e aos impactos que causam no meio ambiente [10].

Atualmente esse novo panorama fica evidenciado pelo fato dos elementos pré-moldados estarem presentes em todos os tipos de obras. E a tendência de sua utilização está cada vez mais forte, visto que há uma grande quantidade de obras nos Estados Unidos, Europa e até mesmo no Brasil, atestando sua viabilidade técnica, econômica e estética [1] e [4].

Porém, ao contrário do que ocorreu nos outros países, os métodos de execução da construção civil no Brasil não acompanharam o desenvolvimento tecnológico, onde adotar-se-ia processos construtivos mais racionais [5]. Tal fato, deve-se a então existência de mão de obra abundante e barata, o que compensava os gastos com desperdícios e processos de baixo controle [7].

Atualmente com cenário de aquecimento do mercado e a forte concorrência, as empresas da construção civil estão focadas em encontrar maneiras de se manterem competitivas. Para isso, é necessário reduzir os custos, tempos de execução e o desperdício, além de otimizar a mão de obra. Sendo que é fundamental a realização do controle de qualidade, afinal, um processo produtivo inadequado pode ocasionar manifestações patológicas, as quais irão, por sua vez, influenciar diretamente na aparência e durabilidade da estrutura [6].

Desta maneira, usar metodologias que propiciem a industrialização da construção civil se torna uma alternativa interessante, como é o caso da aplicação de elementos pré-moldados. A partir deste contexto, este trabalho visa o estudo deste sistema construtivo em uma obra na região metropolitana de Belo Horizonte, onde atualmente é bastante empregado em obras industriais, destacando suas vantagens e limitações. Além disso, pretende-se discutir as questões que envolvem todo gerenciamento da montagem e do transporte, a necessidade de planejamento bem elaborado e o controle da qualidade das peças e de toda obra, no geral.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a elaboração do projeto proposto consistiu de uma revisão bibliográfica sobre os elementos pré-moldados de concreto; seguido pelo estudo de caso, que consistiu da coletada de informações em diversos projetos relacionados ao empreendimento estudado e também, do acompanhamento técnico junto ao desenvolvimento da obra, onde se observou detalhes construtivos e executivos *in loco*.

A partir destas informações foi realizado uma análise dos resultados de modo a correlacionar/verificar se os termos contidos nas metodologias, propostas na bibliografia, e o que acontece em uma situação real de construção estão coerentes (“alinhados”) e, avaliar os pontos que tornam o sistema atrativo e/ou não. Além disso, propõe-se uma visão mais

geralista dos empreendimentos, baseado em uma série de medidas/ações a serem compreendidas e seguidas por profissionais e empresas em prol da execução de empreendimentos envolvendo pré-moldados de concreto de forma bem sucedida e otimizada.

3. ESTUDO DE CASO

3.1. Obra

A obra em questão, utilizou o sistema pré-moldado de concreto e trata-se da construção de um condomínio de galpões logísticos, pertencentes a Logixx Patrimonial LTDA, localizada na Rodovia BR-040, área remanescente número 02, bairro João Gomes, em Contagem-MG. Tal local é considerado estratégico pela proximidade ao CEASA-MG e à Belo Horizonte, conforme observa-se pelo mapa da Figura 1.



Figura 1: Localização da Logixx Patrimonial (Google Earth, 2013)

A obra foi executada pela construtora MCA Engenharia e Arquitetura LTDA, a qual fora responsável por todos os serviços referentes a execução da obra. As peças pré-moldadas de concreto foram fornecidas pela empresa Grupo Pádua LTDA e a montagem das mesmas foi realizada pela empresa CMD Montagem e Construções LTDA.

Pode-se trabalhar durante todo o período de execução da obra, o que garantiu a possibilidade de vivenciar experiências importantes quanto à utilização deste sistema construtivo, desde a fase de concepção do projeto à entrega da obra.

A concepção do projeto, realizado pela empresa MMGB Engenharia e Arquitetura LTDA, que prezou pela flexibilidade na ocupação dos galpões, os quais são divididos em 5 módulos e podem ser utilizados separadamente ou em conjuntos. Assim os módulos podem ser agrupados ou não, dependendo das relações comerciais estabelecidas pelo proprietário e locatário(s).

É importante ressaltar que desde a concepção do projeto já havia a definição que seria utilizado o sistema estrutural com peças pré-fabricadas de concreto. Tal fato é fundamental para que interferências com os outros subsistemas sejam bem avaliadas e compatibilizadas. A Figura 2 mostra uma perspectiva do empreendimento.



Figura 2: Perspectiva da Logixx Patrimonial.

A estrutura do galpão para depósito/logística é constituído por elementos em concreto pré-moldado, com área total de 13.837,50 m², a qual é composta por: 9 pórticos principais espaçados de 22,50m, com vigas de cobertura apoiadas em pilares espaçados de 18m. Pé-direito livre de 12m; 8 pórticos secundários espaçados de 22,50m, com vigas de cobertura apoiadas em vigas de transição a cada 18m. Pé-direito livre de 12 m; 2 mezaninos duplos com dimensões 67,5m x 7,5m em lajes alveolares, apoiados em vigas e pilares de pórtico; 2 mezaninos duplos com dimensões 112,5m x 7,5m em lajes alveolares, apoiados em vigas e pilares de pórtico, vide figura 3.

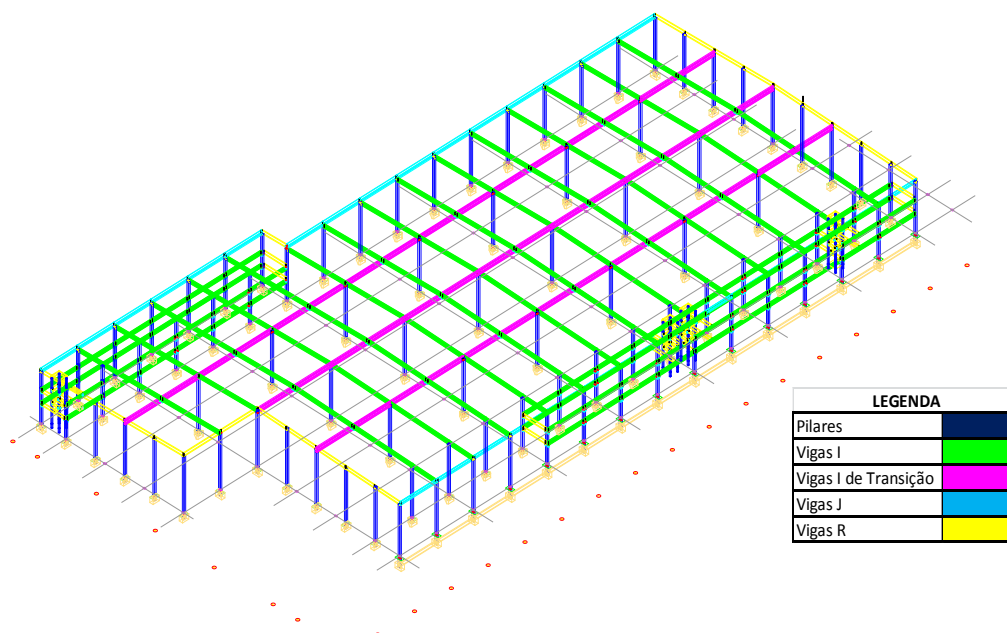


Figura 3: Estrutura do Galpão.

A adoção de vãos de 22,50m e o pé-direito de 12m internos remete a ideia do melhor aproveitamento do espaço. Tal fato é importante, pois não se sabiam quais atividades seriam desenvolvidas nos galpões quando o projeto fora concebido, já que foram feitos para locação. Assim, o leque de potenciais clientes é um atrativo do seu projeto. Para formação da estrutura, têm-se os seguintes elementos: pilares retangulares, para sustentação estrutural/fechamento, pilares retangulares, para sustentação estrutural, vigas “I” para tesouras de cobertura, vigas “I” de transição, para sustentação das tesouras, vigas “J” para sustentação estrutural/condução de

água pluvial, além de vigas retangulares, para sustentação estrutural/fechamento dos oitões.

Para a produção dos elementos pré-moldados foram consumidos os seguintes materiais: 803m³ de concreto com f_{ck} 35 MPa; 134m³ de concreto com f_{ck} 45 MPa; 133.552kg de aço CA-25 / CA-50 / CA-60 (armadura passiva); 16.863kg de aço em cordoalha CP-190 (armadura de protensão).

4. CONSTATAÇÕES E ANÁLISES REALIZADAS NO ACOMPANHAMENTO DA OBRA

Acompanhou-se toda execução da obra. Com isso, foi possível evidenciar os detalhes a serem usados em cada etapa referente ao sistema pré-moldados de concreto. Dessa forma, as experiências vivenciadas no canteiro de obras puderam enfatizar a necessidade de estabelecer um correto planejamento para execução de edificações utilizando este sistema.

Como serviço preliminar à montagem das peças, fez-se a fundação. Foi utilizada a fundação profunda em estacas a trado e blocos de coroamento tipo cálice. Conforme pode ser visto na Figura 4. Cuidados quanto a locação dos blocos foram estritamente necessária, por isso, foram feitos diversos travamentos da fôrma, além de conferências antes e durante a concretagem.

As peças estruturais pré-moldadas foram produzidas, transportadas e posicionadas no canteiro de obras durante a execução da fundação. Desta maneira, houve a necessidade de obedecer rigorosamente ao cronograma estabelecido, afinal, os blocos de coroamento teriam que estar prontos para dar início à etapa de montagem.



Figura 4: Bloco de Coroamento.

A Figura 5(a) mostra o pilar 62 da Logixx, devidamente identificado e aguardando o transporte ao canteiro de obras. Deve-se ressaltar o detalhe construtivo das ranhuras em sua base, as quais tem a função de melhorar a aderência na ligação entre pilar e fundação, garantindo a transmissão dos esforços da estrutura ao solo.

Outro aspecto importante pode ser observado na Figura 5 (b), onde tem-se outro pilar, também identificado corretamente, em processo de produção na fábrica. Percebe-se a integração do sistema pré-fabricado com o hidráulico. Tal fato deve ser previsto na concepção do projeto, indicando uma perfeita compatibilização dos mesmos.



(a)

(b)

Figura 5: Pilares pré-moldado de concreto em processo produtivo na fábrica do Grupo Pádua.

A etapa de montagem foi realizada com utilização de equipamentos de transporte, principalmente guindastes. A previsão temporal e financeira do uso deste equipamento é fundamental para que o tenha no canteiro de obras no prazo adequado e com todas as peças já transportadas de acordo com o planejado realizado previamente. Assim, evita-se a ociosidade do guindaste, o qual representa o maior impacto no custo quando referente a esta etapa construtiva.

A Figura 6(a) mostra os guindastes sendo usados, juntamente com plataformas elevatórias do tipo articuladas, onde os operários guiam a peça ao consolo, fixando-as com barras de ferro e graute.



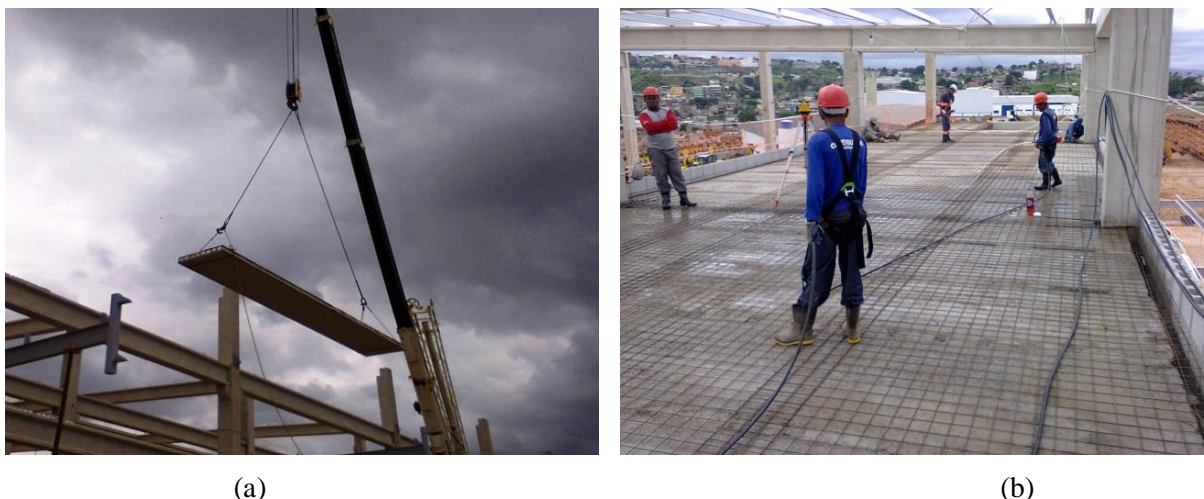
(a)

(b)

Figura 6: Etapa de montagem.

Já a Figura 6(b) aborda dois problemas enfrentados na montagem numa mesma peça relacionados ao padrão de qualidade: o primeiro decorreu do acabamento, já que as alças utilizadas no içamento foram removidas, porém o acabamento posterior não foi satisfatório. E o outro estava ligado ao processo de montagem, pelo fato de que surgiram fissuras no momento de içar e estocar a peça no canteiro. Desta maneira, tal peça fora substituída, porém houve o prejuízo em termos do tempo e retrabalho. É importante um bom controle de qualidade para evitar retrabalhos e atrasos.

As últimas peças estruturais de concreto montadas foram as lajes alveolares. A realização do capeamento conforme especificado em projeto, sendo que este trata-se de um quesito importante de acabamento, pois apresenta uma valorização estética aos mezaninos, assim como à toda edificação, no geral, vide Figuras 7 (a) e (b).



(a)

(b)

Figura 7: Lajes alveolares.

Após toda a montagem da estrutura, iniciaram-se os trabalhos simultâneos de vedações verticais e horizontais, execução do piso padrão industrial, ligações dos sistemas hidrossanitários e de combate e prevenção ao incêndio, colocação das esquadrias de alumínio, entre outros serviços de acabamento.

O fechamento lateral foi feito por telhas metálicas, as quais foram fixadas na estrutura através de uma estrutura metálica composta por terças, tirantes e frechais. Este sistema de fechamento pode ser visto na Figura 8.



Figura 8: Fechamento Lateral.

Os mesmos elementos metálicos estruturais foram utilizados na cobertura. Porém, para este sistema foram utilizadas telhas zipadas, as quais formam um grande e único "telhado plano".

Este tipo de cobertura é feita de forma contínua, através de uma "costura" que não deixa frestas entre os perfis e dispensa o uso de parafusos ou fitas de vedação. Assim, as telhas zipadas são contínuas e perfiladas no próprio canteiro de obras, sem qualquer tipo de emenda ou sobreposições, sendo então fixadas por cliques, e posteriormente zipadas. Dessa forma, não há fixações aparentes, garantindo estanqueidade e o aspecto estético de uma cobertura única.

Em relação ao conforto termo-acústico, foi utilizado um revestimento interno junto às telhas de cobertura, denominado "face felt". Trata-se de uma lã mineral colocada junto às

telhas com a função de evitar que os ruídos nas telhas, como no caso de chuvas, sejam muito fortes no interior do galpão. Além disso, foram utilizadas espaçadamente telhas de iluminação zenital, garantindo iluminação natural, e o lanternim no encontro das duas águas, necessário para a ventilação no interior do galpão. A Figura 9 mostra todos estes elementos.

No que se refere à destinação das águas pluviais, foi feita a impermeabilização através de tinta betuminosa nas vigas J, as quais recebem as águas da cobertura. A partir destas vigas, a água pluvial é conduzida ao sistema de drenagem embutidos nos pilares pré-moldados, sendo estes ligados a rede externa pertencente a toda edificação.



Figura 9: Cobertura.



(a) (b)
Figura 10: Sistema de condução das águas pluviais.

O estudo preliminar da condução das águas pluviais, permite a previsão em projeto da interação entre os sistemas estruturais e de drenagem. Consequentemente, é possível que não haja tubulações aparentemente externas à edificação, o que representa uma vantagem em termos de estética.

Ressalta-se a necessidade de se conter locais de inspeção para garantir a perfeita manutenção das instalações, assim ampliar sua vida útil.

5. ANÁLISE DO SISTEMA CONSTRUTIVO

Na fase de concepção do empreendimento, houve um gestor de projetos da MCA

Engenharia, o qual foi responsável pela integração entre o projeto arquitetônico e os demais projetos, garantindo a compatibilidade dos mesmos. Além disso, toda concepção foi bem focada na relação da estrutura pré-moldada com as instalações, o que proporcionou melhor “construtibilidade” à edificação.

Outro aspecto importante foi a execução que ocorreu conforme o planejamento. Tal fato é fundamental para que a vantagem, referente ao menor tempo de execução que o uso dos pré-moldados proporciona, seja maximizada. Assim, o sincronismo da fabricação das peças, o transporte e estocagem com a finalização da fundação e a preparação da equipe de montagem deve ser bastante enfatizada.

Segundo o cronograma da obra, o qual pode ser visto na Figura 11, o galpão fora dividido em duas partes. A estrutura pré-moldada de concreto de ambas seriam fabricadas, transportadas e montadas praticamente simultaneamente, com a previsão de 70 dias para a conclusão total das partes.

	Nome da tarefa	Duração	Início	Término
1	<input checked="" type="checkbox"/> OBRA 011 - CONDOMÍNIO DE GALPÕES LOGIXX	189 dias	Seg 20/08/12	Ter 23/04/13
2	<input checked="" type="checkbox"/> SERVIÇOS TÉCNICOS	100,5 dias	Seg 20/08/12	Sáb 29/12/12
28	<input checked="" type="checkbox"/> SERVIÇOS PRELIMINARES	49,5 dias	Qua 12/09/12	Qua 14/11/12
36	<input checked="" type="checkbox"/> TERRAPLENAGEM	29,5 dias	Seg 20/08/12	Qua 26/09/12
41	<input checked="" type="checkbox"/> PAVIMENTAÇÃO	27,6 dias	Seg 17/09/12	Ter 23/10/12
47	<input checked="" type="checkbox"/> DRENAGEM SUPERFICIAL	71,5 dias	Seg 15/10/12	Qua 16/01/13
61	<input checked="" type="checkbox"/> OBRAS COMPLEMENTARES	135,5 dias	Seg 08/10/12	Ter 02/04/13
70	<input checked="" type="checkbox"/> GALPÃO 01 - 5.000m ²	139,5 dias	Sex 14/09/12	Sex 15/03/13
71	<input checked="" type="checkbox"/> FUNDAÇÃO GALPÃO	73 dias	Sex 14/09/12	Seg 17/12/12
91	<input checked="" type="checkbox"/> ESTRUTURA DE CONCRETO PRÉ-FABRICADA	63,5 dias	Qua 24/10/12	Qua 16/01/13
112	<input checked="" type="checkbox"/> ESTRUTURA METÁLICA DE COBERTURA E FECHAMENTO LATERAL	87 dias	Qui 15/11/12	Sex 08/03/13
138	<input checked="" type="checkbox"/> ALVENARIA, DIVISÕES E FORROS	19 dias	Qua 12/12/12	Sex 08/01/13
143	<input checked="" type="checkbox"/> REVESTIMENTO	17 dias	Qua 09/01/13	Qua 30/01/13
148	<input checked="" type="checkbox"/> PISOS	15 dias	Ter 12/02/13	Sáb 02/03/13
156	<input checked="" type="checkbox"/> ESQUADRIAS DE FERRO E ALUMÍNIO	8 dias	Qui 17/01/13	Seg 28/01/13
159	<input checked="" type="checkbox"/> VIDROS	8 dias	Seg 28/01/13	Qua 06/02/13
164	<input checked="" type="checkbox"/> INSTALAÇÕES	25 dias	Ter 12/02/13	Sex 15/03/13
170	<input checked="" type="checkbox"/> PINTURA	16 dias	Qua 30/01/13	Ter 19/02/13
176	<input checked="" type="checkbox"/> DIVERSOS	4 dias	Qua 20/02/13	Seg 25/02/13
178	<input checked="" type="checkbox"/> GALPÃO 02 - 9.400m ²	157 dias	Seg 01/10/12	Ter 23/04/13
179	<input checked="" type="checkbox"/> FUNDAÇÃO - GALPÃO 02 - 9.400m ²	62,5 dias	Seg 01/10/12	Qua 19/12/12
197	<input checked="" type="checkbox"/> ESTRUTURA DE CONCRETO PRÉ-FABRICADA	63 dias	Qua 31/10/12	Ter 22/01/13
218	<input checked="" type="checkbox"/> ESTRUTURA METÁLICA DE COBERTURA E FECHAMENTO LATERAL	99 dias	Qui 15/11/12	Seg 25/03/13
244	<input checked="" type="checkbox"/> ALVENARIA, DIVISÕES E FORROS	35 dias	Qua 09/01/13	Qui 21/02/13
249	<input checked="" type="checkbox"/> REVESTIMENTO	34 dias	Sex 22/02/13	Sex 05/04/13
254	<input checked="" type="checkbox"/> PISOS	50 dias	Qua 23/01/13	Qua 27/03/13
260	<input checked="" type="checkbox"/> ESQUADRIAS DE FERRO / ALUMÍNIO	15 dias	Seg 01/04/13	Qui 18/04/13
263	<input checked="" type="checkbox"/> VIDROS	8 dias	Qua 10/04/13	Sex 19/04/13
265	<input checked="" type="checkbox"/> INSTALAÇÕES	45 dias	Seg 25/02/13	Ter 23/04/13
270	<input checked="" type="checkbox"/> PINTURA	15 dias	Seg 01/04/13	Qui 18/04/13
276	<input checked="" type="checkbox"/> DIVERSOS	2 dias	Qua 17/04/13	Qui 18/04/13

Figura 11: Cronograma da obra.

A montagem das peças pré-moldadas de concreto foi realizada efetivamente em 45 dias, obtendo uma média de 307,5m²/dia. Assim, o objetivo traçado inicialmente foi alcançado, tendo em vista que o tempo excedente foi relativo à entrega das peças pré-fabricadas. Estas foram entregues nos prazos acordados com o fabricante. Esta estratégia é importante porque demonstra um bom relacionamento entre a construtora e seus fornecedores o que é primordial para este tipo de empreendimento.

Portanto, percebe-se que a execução desta montagem em sistema pré-moldado de concreto para esta obra foi bem sucedida conforme o planejamento. A partir dessa etapa, abriram-se frentes para que os demais sistemas pudessem ser executados. Quando se compara com os sistemas de concreto moldado no local, percebe-se grande discrepância nestes quesitos, uma vez que geralmente neste último tem-se problemas com os prazos e custos (final em relação ao projetado). São feitos vários ajustes no planejamento e na execução ao longo da execução da obra o que não se observa e é inconcebível para sistema de pré-moldado de concreto. Por um lado isto é bom, porque permite prever as atividades com boa precisão, por outro exige da equipe de projeto e planejamento uma boa articulação e capacitação.

Pode-se constatar ainda, que segundo a [2], “a solução estrutural adotada em projeto deve atender aos requisitos de qualidade estabelecidos nas normas técnicas, relativos à capacidade resistente, ao desempenho em serviços e à durabilidade da estrutura.”. Assim, a qualidade desta solução em pré-moldados de concreto deve considerar as condições arquitetônicas, funcionais, construtivas, estruturais, de integração com os demais projetos (elétrico, hidráulico, ar-condicionado e outros), explicitadas pelos responsáveis técnicos de cada especialidade com a anuência do contratante, desde a fase de projeto/planejamento, sendo estes realizados de forma compatibilizada. As estruturas de concreto moldado no local são mais flexíveis, permitindo ajustes ao longo da execução o que acaba promovendo vícios e patologias nas construções.

Acrescenta-se ainda, que os projetistas devem considerar todas as possibilidades, as restrições e vantagens da utilização do pré-moldado de concreto. Além disso, deve-se observar seus detalhes, produção, transporte, montagem e estados de serviço antes de completar o projeto da estrutura pré-moldada. Há grande importância quanto a organização da equipe de projeto e a definição das rotinas de projeto, sendo recomendado que as empresas de pré-fabricados deixem informações referentes ao projeto e à produção disponíveis ao cliente, ao arquiteto, ao engenheiro responsável e aos demais projetistas e técnicos envolvidos, de modo a facilitar a compatibilização dos projetos [11]. Esta unificação das diretrizes para toda a equipe envolvida fornecerá os métodos adotados em todas as fases do projeto à todos, maximizando sua eficiência e seus benefícios. Tais cuidados são fundamentais nos estágios de produção e montagem, onde muitos engenheiros podem não estar familiarizados com alguns dos métodos usados.

É necessário compreender que é primordial se obter um empreendimento em estrutura pré-moldada de concreto, se esta for concebida desde o projeto preliminar e não meramente adaptada de um método tradicional de concreto moldado no local. Desta maneira, obtém-se maior ênfase quanto às suas vantagens se também forem considerados os seguintes pontos:

- respeito à filosofia específica deste sistema construtivo;
- explorar os aspectos que tornam atraentes, no sentido de eficiência e economia, a utilização das estruturas pré-moldadas, tais como:
 - utilizar um sistema de contraventamento próprio;
 - utilizar grandes vãos;
 - assegurar a integridade estrutural.

Ressalta-se que a padronização é um fator importante no processo de pré-fabricação de concreto, possibilitando a repetição e a experiência. Consequentemente, custos mais baixos, melhor qualidade e confiabilidade, assim como uma execução mais rápida quando comparados a outros sistemas construtivos. A padronização é aplicável nas seguintes áreas:

- modulação de projeto;
- padronização de produtos entre fabricantes;
- padronização interna para detalhes construtivos, para procedimentos na produção e ou montagem.
- padronização nos procedimentos para produção e ou montagem.

No sistema de pré-moldado de concreto, devem ser evitados detalhes muito complicados ou vulneráveis, sendo que a descrição dos projetos também devem se apresentar com simplicidade e sem erros. Outro fator a se considerar está em que os produtos de concreto pré-moldados apresentam inevitavelmente diferenças entre as dimensões especificadas e as executadas. Essas variações devem ser admitidas e previstas no projeto desde o início, por exemplo:

- possibilidade de tolerâncias de absorção nas ligações (entre dois elementos pré-moldados, e entre os elementos pré-moldados e as partes moldadas no local);
- necessidade de almofadas (aparelhos) de apoio;
- consequências causadas por curvaturas e diferenças em curvaturas;
- tolerância de movimentação, causada por retração, expansão térmica, etc.

Como a produção dos elementos de concreto pré-moldado deve se basear na industrialização, pode-se usar de tais artifícios no projeto, por exemplo:

- a pré-tração permite a produção de elementos em longas pistas de protensão;
- a padronização de componentes e de detalhes típicos garante a padronização do processo;
- a posição adequada dos detalhes, como barras de espera, diminui o tempo dos serviços;
- modificações imprevistas no projeto prejudicam o planejamento da produção, etc.

Assim, faz-se necessário um planejamento adequado de todas as atividades envolvidas no processo construtivo. Este deve contemplar o tempo de produção e entrega das peças, logística de transporte das mesmas, considerando a distância da fábrica à obra e o meio de transporte, os equipamentos para carga, descarga e montagem, a mão de obra especializada a ser utilizada, a análise e execução de um projeto correto de fundação em tempo compatível com a chegada das peças, os detalhes construtivos da montagem (engastamento, cotas, locação e prumo obedecidas), os suprimentos usados em todas as atividades, entre diversos outros aspectos. Observa-se, então, que trata-se de um sistema complexo, necessitando de uma gestão organizada e atuante, inclusive é mais exigente do que as estruturas de concreto moldado no local.

6. SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE PRÉ-FABRICADOS EM CONCRETO SOB UMA VISÃO SISTÊMICA

A partir do estudo de caso realizado e da revisão bibliográfica, buscou-se elaborar um conjunto observações/ponderações básicas a serem compartilhadas com outros profissionais e empresas da construção civil, de modo a tentar otimizar os processos de controle e garantir a qualidade nas edificações envolvendo elementos pré-moldados de concreto, tornando ainda mais eficientes e, também outros sistemas construtivos que admitirem a implementação de técnicas baseados no pensamentos mais sistêmico e sistematizados.

A seguir são apresentadas estas ponderações para cada etapa do empreendimento, as quais são propostas para dar uma visão sequencial/sistêmica ao processo construtivo. Segui-las poderá garantir que os empreendimentos sejam executados de forma eficiente, com resultados eficazes para todas as etapas envolvidas. Além disso, atendem-se as questões de segurança estrutural e do trabalho, meio ambiente e de qualidade.

- **Planejamento:** é a etapa inicial do empreendimento e envolve as atividades de elaboração do anteprojeto o qual se vislumbra o que se deseja edificar. Ao mesmo tempo, devem ser realizados estudos de viabilidade (financeira, ambiental, logísticas, legislativas, dentre outras). Como resultado, tem-se a criação do memorial descritivo de obra, definidos

objetivos e viabilidades do projeto. É uma fase muito subjetiva, mas com uma capacidade enorme de resolver os alguns problemas que podem surgir nas fases seguintes, os quais podem gerar agravantes em termos de prazos e custos. Portanto, tem-se a necessidade de se basear em dados confiáveis e conter uma equipe bem engajada e conectada por ambiente colaborativo ou grupo de trabalho virtual para facilitar a comunicação e o envio de informações.

- **Projeto:** a segunda etapa terá como base as informações e decisões elaboradas no planejamento inicial. Nesta fase, tem-se o detalhamento dos projetos (que deve ser estruturado pensado na obra como um todo, do projeto até a manutenção), sendo que o arquitetônico é o primeiro a se iniciar, seguido pelos demais. Contudo, estes devem ser confeccionados e terminados juntos. Estes projetos são criados de maneira compatibilizada deste o início, tendo um profissional gestor (compatibilizador), com conhecimentos de gerenciamento, técnicas projetivas e de execução – como um líder. Como geralmente os projetistas não trabalham em um mesmo escritório, pode-se usar ambiente extranet, tecnologias BIM com a busca da compatibilização (evitando falhas e interferências entre os projetos), por exemplo, com o uso de ferramentas 3D e/ou maquetes elétricas e sobreposições de desenhos. O compatibilizador deve possuir uma visão completa das etapas projetivas e construtivas, além de conhecer o empreendimento como um todo, seus fornecedores e objetivos. Indica-se a produção do projeto de construção que reúna todas as informações básicas necessárias para o desenvolvimento das atividades de execução da obra. Ressalta-se a necessidade de representantes dos responsáveis pela construção participando na elaboração dos projetos.
- **Materiais e Componentes:** esta etapa é elaborada juntamente com o projeto, permitindo assim que se possam tomar decisões nos projetos conforme os equipamentos, materiais e mão de obra disponíveis e necessários para a execução, uso e manutenção do empreendimento. Nesta etapa, projetistas, construtores, orçamentistas e fornecedores se juntam para fechar a parte técnica de modo a viabilizar a plena execução da edificação. Para tanto são desenvolvidas especificações de técnicas construtivas, materiais de construção, equipamentos e mão de obra; os orçamentos e cronogramas físicos-financeiros que serão utilizados durante a execução da obra e; também o manual do usuário, facilitando o uso e manutenção do empreendimento, vide Figura 12.

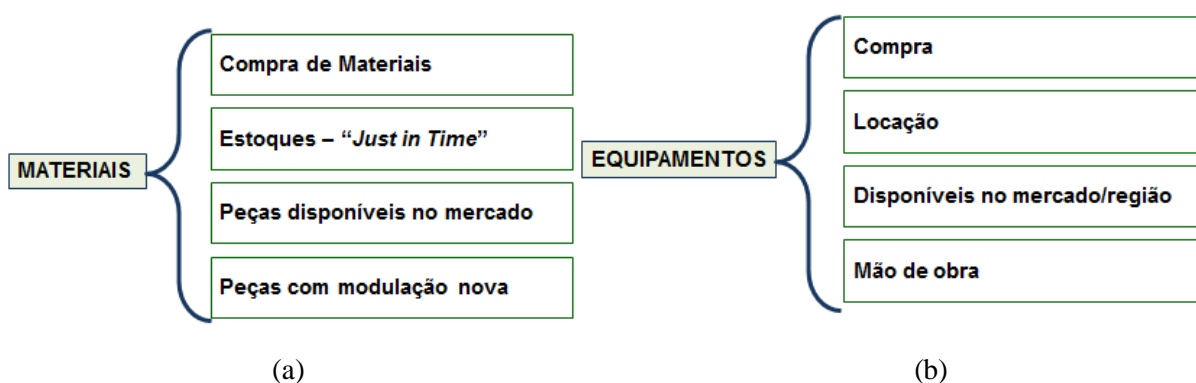


Figura 12: (a) Itens a serem observados para a otimização na especificação, compra, fornecimento e controle de materiais. (b) Itens a serem analisados para aquisição de equipamentos para a execução da obra.

- **Execução:** consiste na execução da edificação baseada nos projetos e especificações elaboradas nas etapas anteriores. Constitui-se por diversas atividades (infraestrutura, estruturas, acabamentos, entre outras) que são desenvolvidas/executadas de acordo com cronograma/orçamento previsto anteriormente. Além da execução, o controle de obra também é muito importante nessa etapa, tanto no que se refere aos aspectos físicos,

conferindo se o construído está adequado ao projetado, quanto ao financeiro, comparando se a movimentação dos recursos está coerente com o planejado. Assim, dá-se um retorno a equipe de gerenciamento para ajustes do projeto/planejamento atual e de empreendimentos futuros. No caso de estruturas pré-moldadas de concreto, esta etapa é importante, pois processos como: transporte das peças se não bem avaliados podem danificá-las, ou talvez causar acidentes devido ao equipamento utilizados; colocação das peças com encaixes adequados e de acordo com os projetos para evitar carregamentos/ações não previstas em projeto; entre outros, vide figura 13.

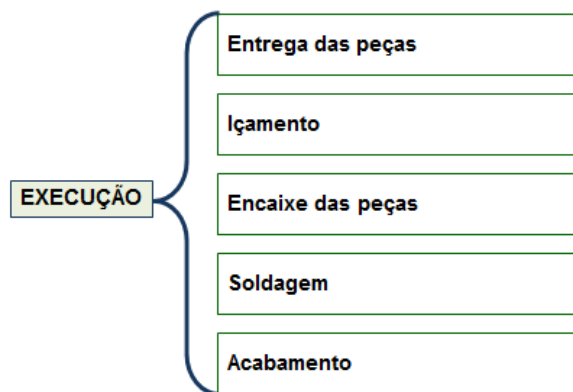


Figura 13: Itens a serem observados para a otimização durante a execução e controle do empreendimento.

- A [2] define que o controle da qualidade e a inspeção de todas as etapas de produção, transporte e montagens dos elementos pré-moldados devem ser executados de forma a cumprir as especificações do projeto. Deve haver uma identificação individual nos elementos e, quando conveniente, deve ser feita por lotes de produção. É necessário fazer registros por escrito em documento constando a identificação da peça, a data de fabricação, o tipo de aço e de concreto utilizados, além das assinaturas dos inspetores responsáveis pela liberação de cada etapa de produção devidamente controlada.
- Na inspeção e controle de qualidade devem ser utilizadas as especificações e os métodos de ensaio de Normas Brasileiras pertinentes [2]. O fabricante ou o construtor deve apresentar amostras representativas da qualidade especificada, as quais precisam ser aprovadas pelo proprietário e pela fiscalização. Estas irão constituir o termo de comparação para o controle de qualidade do produto acabado, onde constarão os parâmetros de inspeção e recepção, como por exemplo, a aparência, cantos, cor, rebarbas, textura, entre outros.
- Etapas importantes à serem acompanhadas pelo sistema de controle da qualidade trata-se da estocagem e do transporte até o local definitivo. Estas operações estão sujeitas a falhas, as quais podem gerar graves consequências, como o aparecimento de fissuras e variações indesejáveis na contra flecha de peças pretendidas. Erros, como no posicionamento dos calços sobre os quais a peça irá repousar, devem ser evitados com a execução do posicionamento conforme especificação do projeto [7].
- Quanto à montagem, o controle de qualidade deverá atuar conforme os seguintes itens: verificação da locação das fundações, da montagem dos elementos, da execução das ligações conforme especificações do projeto e dos acabamentos especificados [2].
- A [2] ressalta que no manuseio, as máquinas de montagem, balancins, cabos de aço, ganchos e outros dispositivos devem ser dimensionados considerando-se as solicitações dinâmicas. Assim, os dispositivos de levantamento, para manuseio e montagem, em contato com a superfície do elemento ou ancorados no concreto devem ser projetados para uma solicitação de cálculo no mínimo igual a quatro vezes a solicitação obtida para o peso próprio do elemento, isto é: $\beta_a \cdot \gamma_f \geq 4$, sendo β_a o coeficiente de ação dinâmica e

γ_f o coeficiente de majoração das ações. Outra informação importante a ser levantada, trata-se da ação do veto em relação ao uso dos aços das categorias CA50 e CA60 em alças de levantamento.

- É necessário também o planejamento da movimentação do equipamento, verificando as condições gerais para trabalhar com segurança. Este é chamado estudo de “*rigging*”. Considera diversos fatores como: o peso da peça, ângulos máximos permitidos na tabela do guindaste para a realização dos trabalhos, assim como uma avaliação minuciosa do local e equipamentos necessários para o andamento dos serviços a serem prestados.
- **Manutenção:** A manutenção é a ferramenta que garante uma vida prolongada e funcional ao empreendimento. Atividades como limpeza e reformas e também reposições de peças são realizadas a fim de fornecer um bom funcionamento de todos os equipamentos ao usuário. Com o processo de manutenção, pode-se coletar informações sobre o funcionamento da estrutura, permitindo que projetistas construtores e empreendedores possam criar um banco de dados que pode ser usado em construções novas e manutenções posteriores.

De forma geral, pode-se admitir o esquema da figura 14, como estrutura de gerenciamento geral de um empreendimento baseado no pensamento sistêmico para o sistema construtivo de estruturas em pré-moldados de concreto.

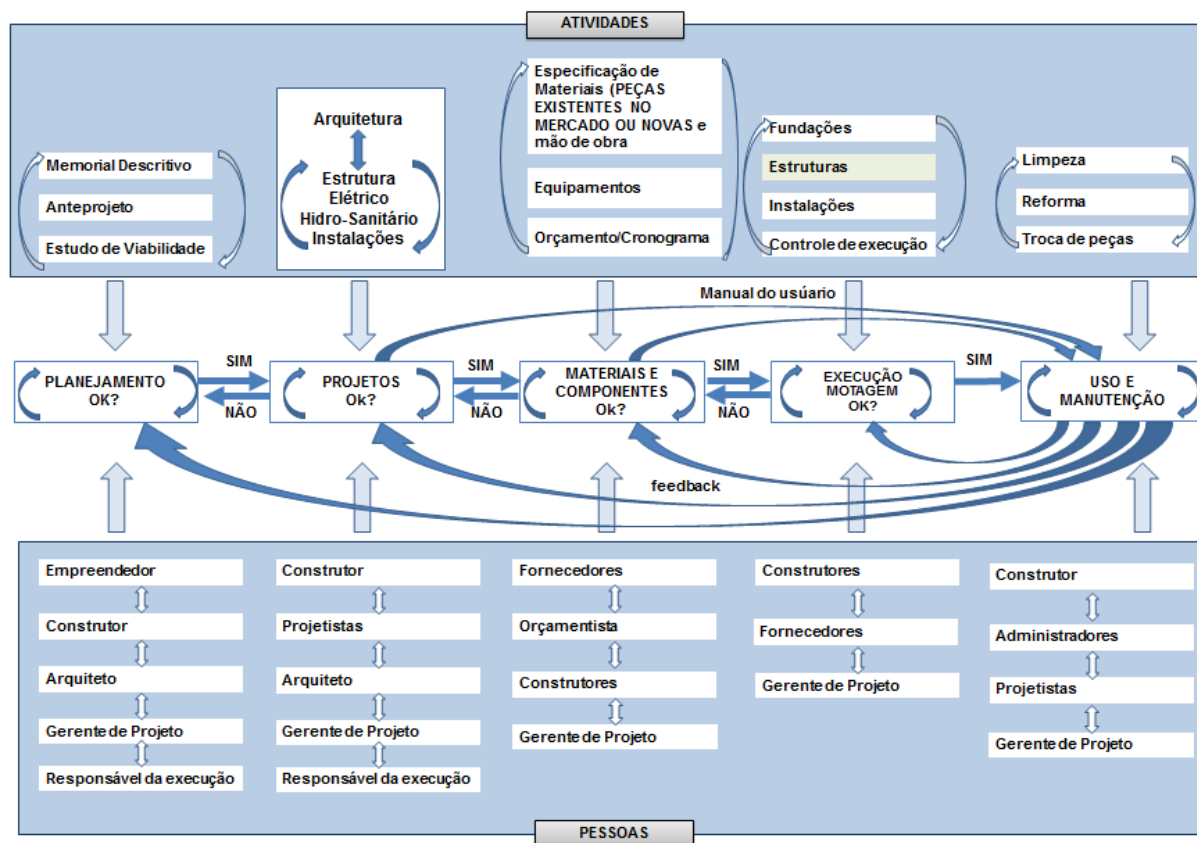


Figura 14: Fluzograma geral de gerenciamento e controle do empreendimento com pré-moldados de concreto.

É perceptível que a utilização de uma visão mais sistêmica e integrada para os procedimentos envolvidos neste tipo de empreendimento, é imprescindível para uma melhor compreensão de todos os intervenientes relacionados ao empreendimento e assim tomar a decisão mais acertada e se obter um resultado mais satisfatório e de acordo com o que foi planejado e idealizado, com construções mais eficientes e organizadas.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a revisão bibliográfica, o estudo de caso, análise da aplicação do sistema e a proposta de visão integrada e sistêmica, observa-se que os elementos pré-moldados veem ganhando espaço no mercado por possuir diversos atrativos, sendo os principais: a possibilidade de se obter maiores vãos, a industrialização de seu processo que garante melhor qualidade e ganhos em relação ao tempo de execução; além de oferecer uma flexibilidade grande em termos arquitetônicos. Como o mercado atualmente exige a execução das obras com orçamentos e prazos cada vez mais reduzidos, a utilização deste tipo de estrutura está se difundindo bem.

Observa-se inúmeras edificações na região metropolitana de Belo Horizonte utilizando tal sistema, desde conjuntos habitacionais populares a galpões industriais, semelhantes à obra estudada no presente trabalho. Além disso, novos materiais e procedimentos estão sendo aprimorados, como por exemplo, a possibilidade de comprar um banheiro inteiramente pré-moldado ou edifícios habitacionais com paredes pré-fabricadas, onde o cliente determina a divisão espacial do seu apartamento.

Porém, existem algumas limitações quanto à utilização dos elementos pré-moldados de concreto, como o fato de ser inviável economicamente usá-lo em edificações de pequeno porte, a ausência/carência de mão de obra capacitada e qualificada, o que resulta em custos com a mobilização de pessoas de outros estados ou até mesmo em investimentos em treinamentos para profissionais de outras áreas. Também, deve-se levar em consideração a localização da obra em relação à fábrica, já que o transporte pode ser um fator limitador em termos de distância ou até mesmo pelo porte das peças a serem fabricadas.

Finalmente, constata-se que este trabalho trás uma boa contribuir para o emprego e propagação de novas tecnologias, técnicas construtivas e de gestão, tais como as implementadas no sistema de pré-moldados de concreto na construção civil, que podem também se buscar adaptações para outros sistemas construtivos, tornando a construção civil mais moderna, eficiente e sustentável.

8. REFERÊNCIAS

- [1] A. T. de ALBUQUERQUE e M. K EL DEBS. *Levantamento dos sistemas estruturais em concreto pré-moldado para edifícios no Brasil*. 1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado, vol. 1, São Carlos, 2005.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento*. Rio de Janeiro, 2007;
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9062 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado*. Rio de Janeiro, 2006.
- [4] R. S ELLIOT. *Precast Frame Concepts, Economics and Architectural Requirements*. In workshop on Design & Construction of Precast Concrete Structures. Construction Industry Training Institute. Singapore, 2002.
- [5] M.A. FERREIRA. *A importância dos sistemas flexibilizados*, 8p. (Apostila). 2003.
- [6] K. A. W. MOREIRA. *Estudo das manifestações patológicas na produção de pré-fabricados de concreto*. 2009. 127 f. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais - PPGEM - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Curitiba, 2009.

[7] C. S.P. OLIVEIRA. *As Principais Características da Mão de Obra da Construção Civil que Interferem na Filosofia da Qualidade*. Artigo. Disponível em: <http://www.abepro.org.br>. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria/RS, 2010.

[8] RODRIGUES, PÚBLIO PENNA FIRME; AGOPYAN, VAHAN. *Boletim Técnico da escola Politécnica da USP: Controle de Qualidade na Indústria de Pré-Fabricados*. 49. ed. 19 p. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1991.

[9] S. J. SALAS. *Construção Industrializada: pré-fabricação*. São Paulo: Instituto de pesquisas tecnológicas, 1988.

[10] S. M. B. SERRA, M. de A FERREIRA; B. N. PIGOZZO. *Evolução dos pré-moldados de concreto*. 1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado,1., São Carlos, 2005.

[11] VAN ACKER, A. *Manual de sistemas Pré-Fabricados de Concreto*. Salvador: Centro Universitário Estácio da Bahia, 2002.