

PLANEJAMENTO DE PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO PARA A PRODUÇÃO INDUSTRIALIZADA EM LARGA ESCALA DE EDIFÍCIOS HABITACIONAIS: UM MODELO BASEADO NA INDÚSTRIA DE MANUFATURA

Fernanda B. Silva⁽¹⁾; Mercia M. S. B. de Barros⁽²⁾

(1) Escola Politécnica da USP, e-mail: fernanda.belizario@gmail.com

(2) Escola Politécnica da USP, e-mail: mercia.barros@poli.usp.br

Resumo

A construção de edifícios habitacionais para a população de baixa renda encontra-se atualmente em alta no Brasil. Para atuar neste segmento, que apresenta menor margem de lucro, é necessário operar com baixo custo de construção, produção em larga escala, alta produtividade e gestão eficaz, características que podem ser atendidas pela industrialização da construção. Este conceito envolve tanto aspectos relativos à tecnologia quanto à gestão, em que se destaca o planejamento dos processos de produção, considerado a base para a obtenção de uma produção econômica. Entretanto, os modelos de planejamento da construção são normalmente orientados ao gerenciamento de empreendimentos, e não à gestão de processos. A identificação desta necessidade motivou o desenvolvimento de um modelo de planejamento de processos de construção, cuja apresentação é o objetivo deste artigo. Realizou-se uma revisão bibliográfica para caracterizar o planejamento de processos na indústria de manufatura e na construção de edifícios, seguida de uma análise comparativa para extrair os elementos considerados adequados de ambas as áreas. O modelo resultante é composto por um plano de ação e por ferramentas destinadas ao registro do processo de construção definido. A apresentação do modelo é feita por meio de um exemplo de sua aplicação. Considera-se que o modelo tenha um grande potencial de contribuição para a construção industrializada, pois é focado na definição de processos com alto nível de detalhamento e otimização.

Palavras-chave: planejamento, processos de construção, industrialização da construção.

Abstract

The construction of residential buildings for the low-income population is nowadays very active in Brazil. In order to act in this segment, which presents a lower profit margin, it is necessary to operate with low construction costs, large-scale production, high productivity and effective management. These characteristics can be achieved by construction industrialization. This concept involves both aspects related to technology and to management, among which construction process planning must be highlighted, because it is considered to be the basis for obtaining an economical production. However, construction planning models are usually oriented towards project management, not process management. The identification of this need motivated the development of a construction process planning model, being its presentation the aim of the present paper. A literature review was carried out to characterize how process planning works in the manufacturing and in the construction industry, followed by a comparative analysis made to extract the elements considered suitable of each area. The resulting model is composed of an action plan and tools to register the defined construction process. Model presentation is made through an example of its application. We consider that this model has a great potential of contribution to industrialized construction, because it defines processes with a high level of reliability and optimization.

Keywords: planning, construction processes, construction industrialization.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a construção de edifícios habitacionais para a população de baixa renda é um dos segmentos mais ativos da construção civil no país (DIAS; CASTELO, 2010). Entretanto, ele apresenta algumas características específicas: devido à necessidade de manter o preço da unidade habitacional baixo e aos limites práticos para redução do custo de construção, as margens de lucro praticadas são reduzidas (LEAL, 2010). Sendo assim, para se ter um lucro absoluto satisfatório, é necessária a atuação em larga escala. Os ganhos de escala podem ser potencializados pela produção seriada, ou seja, com a padronização de parte do produto ou mesmo da unidade habitacional completa (AHADZIE; PROVERBS; OLOMOLAYIE, 2008). É necessário ainda ter alta produtividade, pois o aquecimento do mercado eleva o custo dos recursos empregados na construção (sobretudo mão de obra) (TAMAKI; ROCHA, 2010); e uma gestão eficaz, para evitar a ocorrência de desvios que poderiam comprometer a já reduzida margem de lucro deste segmento (LOTURCO, 2007).

Neste cenário, a estratégia de competição considerada mais adequada é a industrialização da construção (BARROS; CARDOSO, 2011). Este conceito engloba tanto aspectos relacionados à tecnologia de construção, tais como utilização de pré-fabricados, mecanização e automação da produção; como à gestão da produção, tais como especialização das funções, organização e racionalização da produção (SABBATINI, 1989). Entre os aspectos de gestão, destaca-se o planejamento dos processos de produção, pois a definição clara e precisa de processos provê a base para a melhoria da eficiência e da qualidade que resultam em uma produção competitiva (NIEBEL; DRAPER; WYSK, 1989). No entanto, a visão de processos não é comum entre os modelos de gestão da construção tradicional, os quais normalmente são orientados à gestão de contratos, devido ao caráter único dos empreendimentos (KIRSCH, 2008).

Tendo-se observado a necessidade de um modelo de planejamento de processos de construção adequado às características da produção industrializada de edifícios habitacionais, a autora realizou a sua pesquisa de mestrado, a qual resultou na proposta do Modelo de Planejamento de Processos de Construção (M-PPC), cuja apresentação é o objetivo do presente artigo.

2. METODOLOGIA

Para a construção do M-PPC, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre o planejamento de processos de produção tanto na indústria de manufatura, tomada como referência devido ao seu alto grau de organização industrial; como na construção de edifícios, para contemplar as peculiaridades deste setor. Conduziu-se então uma análise comparativa entre os elementos de planejamento das duas áreas pesquisadas, visando identificar similaridades, diferenças (justificáveis ou não), pontos positivos e negativos de cada uma das abordagens, formando assim a base para a proposta do M-PPC. As informações detalhadas sobre a construção do modelo podem ser encontradas em Silva, 2012.

Neste artigo, o M-PPC é apresentado por meio de um exemplo, que aborda o processo de construção do vedado vertical estrutural de um edifício de múltiplos pavimentos com a tecnologia de alvenaria estrutural não armada. As informações foram extraídas do acompanhamento de uma obra da qual a autora participou como responsável pela definição do processo construtivo.

3. EMBASAMENTO DO MODELO

A revisão bibliográfica e a análise comparativa conduzidos no estudo revelaram os seguintes aspectos que embasam a proposta do M-PPC e delimitam seu escopo:

- dado que o M-PPC tem como objetivo subsidiar a construção industrializada, trata-se de um modelo desenvolvido somente para a porção da construção passível de industrialização e que apresenta certo grau de repetibilidade e padronização. Isso ocorre normalmente no âmbito do edifício/ unidade habitacional e de seus componentes, o que foi denominado por Schramm, Costa e Formoso (2006) como “Unidade Base de Produção”. Para as partes não industrializáveis (ex: infraestrutura de condomínio, fundações, etc.), outros modelos de gestão devem ser aplicados;
- o planejamento de processos de construção deve ser desenvolvido em detalhe, para que a tomada de decisões seja feita pela Engenharia, o que potencialmente aumenta a qualidade da decisão e, conseqüentemente, do processo definido, uma vez que se tem mais tempo e mais recursos para análise do que na obra (onde tradicionalmente as decisões acerca dos detalhes dos processos construtivos são tomadas);
- além disso, o planejamento deve ser específico para cada configuração de produto, tal qual na indústria (CHRYSSOLOURIS, 2006) . Na construção de edifícios, mesmo modelos de planejamento com alto grau de detalhe resultam em recomendações aplicáveis a qualquer configuração de produto (genéricas), pois como os empreendimentos são únicos, reduz-se com isso a obsolescência da informação (FABRÍCIO E MELHADO, 1998);
- na manufatura, existe uma área específica para o planejamento de processos de produção, denominada Engenharia de Processos/ de Manufatura (CHANG, 1992). Seu escopo consiste em conceber processos de manufatura otimizados e, diferentemente da construção de edifícios, não inclui a programação da produção (CARDOSO, 1996). Considera-se que esta especialização seja interessante para a construção industrializada, motivo pelo qual se recomenda a criação de uma área semelhante, denominada Engenharia de Processos de Construção, que seria responsável pela elaboração do M-PPC.

4. APRESENTAÇÃO DO M-PPC

O Modelo de Planejamento de Processos de Construção (M-PPC) é apresentado por meio de um exemplo de aplicação ao planejamento do processo de construção do subsistema vedado estrutural de um edifício de múltiplos pavimentos, que emprega a tecnologia construtiva de alvenaria estrutural não armada.

4.1. Plano de ação

O M-PPC contempla um plano de ação para realização do planejamento do processo de construção, inspirado, em grande parte, no modelo adotado pela indústria de manufatura. Este plano é apresentado na Figura 1 (adaptada de Chang (1992) para a construção de edifícios) e suas atividades são descritas na sequência:

- análise de projetos: para planejar um processo de construção, é necessário conhecer as características do produto que embasam a definição das tecnologias de produção que serão empregadas no processo (CHANG, 1992). No caso vedado estrutural, a análise do projeto permitiu constatar a inexistência de pontos de grauteamento vertical, o que elimina operações de abertura de janelas de inspeção, inserção de armadura e grauteamento dos vazados verticais, e a inspeção dos pontos de grauteamento. A análise de projetos também possui a finalidade de que o responsável pelo processo de construção contribua para melhorar a construtibilidade do edifício (CHRYSSOLOURIS, 2006): neste exemplo, sugere-se a substituição de vergas e contravergas moldadas *in-loco* por pré-moldadas, eliminando as mesmas operações mencionadas no grauteamento vertical;

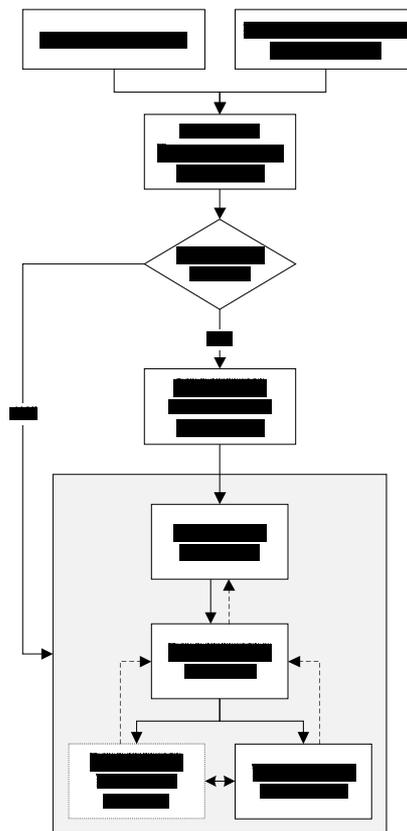


Figura 1 – Plano de ação do M-PPC.

- análise de requisitos de produção: além de atender as características do produto, o processo de construção deve ser concebido para atender aos requisitos de produção, tais como volume de produção, observação dos equipamentos disponíveis e respectiva capacidade, etc. (CHRYSSOLOURIS, 2006). No exemplo citado, os requisitos são: ritmo de produção de 4 dias/pavimento, disponibilidade de grua para transporte vertical e horizontal, existência de central de pré-moldados na obra, entre outros;
- análise de terceirização da construção: nem todos os componentes que pertencem ao subsistema precisam ou podem ser produzidos dentro da fábrica ou do canteiro de obras (CHANG, 1992). No exemplo, blocos de concreto e batentes metálicos, são produzidos em instalações industriais, enquanto a adaptação de blocos (ex.: canaletas com furos para passagem de eletrodutos) é feita em uma central de produção de blocos especiais, assim como alguns elementos produzidos na central de pré-moldados disponível no canteiro. A decisão deve ser tomada de modo a obter a produção mais econômica possível;
- seleção dos processos de construção: nesta etapa, definem-se as configurações do processo de acordo com as características e requisitos anteriormente identificados e com as tecnologias disponíveis (GOMES, 2010). Alguns exemplos de decisão são: utilização de escantilhões como referência para elevação da alvenaria, uso de gabaritos de vãos de janela e porta, entre outros.

As atividades que se encontram dentro do quadro destacado em cinza compõem a definição do processo de construção propriamente dita:

- definição da sequência: na manufatura, são especificadas as operações (atividades de transformação), inspeções (controle de qualidade), transportes (movimentação do produto, exceto a inerente às operações), estoques (manutenção do produto contra remoção não

autorizada) e esperas (tempos inativos, exceto aqueles inerentes às operações) (CHANG, 1992). As três últimas atividades são denominadas “atividades de fluxo” e se caracterizam por não agregarem valor ao processo, motivo pelo qual devem ser minimizadas (SHETH, 1996). O M-PPC contempla o planejamento de operações, inspeções, transportes e estoques – a atividade de espera não foi inserida no escopo porque, como os processos utilizados na construção de edifícios são pouco automatizados (além de muito variáveis), praticamente todas as atividades podem ser sucedidas de esperas (depende-se do operário iniciar a atividade subsequente). Além disso, são contempladas somente as atividades de fluxo que ocorrem nos limites da unidade que está sendo projetada (e que apresenta reprodutibilidade), sendo necessária a complementação com o planejamento do canteiro de obras caso a caso. Alguns exemplos relativos à definição da sequência:

- operações: a sequência de operações foi elaborada de acordo com as características da tecnologia alvenaria estrutural não armada, buscando-se o menor número possível de interrupções no processo – por exemplo, definiu-se que a passagem dos eletrodutos seria feita somente ao final da elevação, deixando-se passantes na cinta e utilizando-se caixinhas elétricas redondas instaladas com serra-copo;
 - inspeções: ao final da marcação e de cada uma das etapas de elevação, deve-se conferir o alinhamento, nivelamento, prumo e esquadro da alvenaria, para verificar o atendimento das tolerâncias estabelecidas;
 - transportes e estoques: a disponibilidade de grua permite que o transporte de blocos, elementos pré-moldados e de outros componentes seja feito em *pallets*, diretamente do estoque no térreo para o pavimento-tipo. No pavimento-tipo, configura-se um estoque intermediário, sendo os elementos consumidos a uma velocidade compatível com a produtividade dos operários.
- definição dos recursos: devem-se especificar os recursos necessários à consecução do processo, que incluem equipamentos, ferramentas, instrumentos de inspeção, recursos humanos e equipamentos de segurança do trabalho (HALEVI; WEILL, 1995; SCHRAMM, COSTA, FORMOSO, 2006). Os materiais e componentes não estão contemplados nesta especificação, pois a sua definição é atribuição do projeto do produto (na construção, do projeto do edifício). A maior parte dos recursos é inerente ao processo de construção, mas alguns podem ser definidos nesta etapa, como o uso de nível alemão para mapeamento, parafusadeira elétrica para fixação de escantilhões à laje, etc.;
 - definição dos parâmetros: devem ser especificados os parâmetros que caracterizam o processo, tais como tempo de cada atividade, quantidade de recursos, balanceamento da equipe, etc. (HALEVI; WEILL, 1995). Neste caso, definiu-se uma equipe de 4 pedreiros e 2 ajudantes para a produção do pavimento-tipo, a ser executado em 4 dias úteis;
 - definição de frentes de trabalho: na construção de edifícios, em alguns casos, é necessário definir como as equipes se dividem e se movimentam no produto para realização dos processos de construção, configurando as frentes de trabalho (SCHRAMM; COSTA; FORMOSO, 2006). Na manufatura não há necessidade desta informação, pois é o produto que normalmente se move ao longo da linha de produção. No exemplo, foram definidas 4 frentes de trabalho (1 pedreiro/frente), com 1 ajudante atendendo simultaneamente a 2 frentes.

Embora o exemplo apresentado seja focado no planejamento do subsistema, o plano de ação do M-PPC se aplica também para o planejamento do edifício como um todo. Para estabelecer a relação entre estas duas esferas, propõe-se o conceito de Unidade-Base de Processo (UBP), que define a unidade que se repete com o mesmo processo de construção – no exemplo

apresentado, a UBP da alvenaria estrutural é o pavimento-tipo (o pavimento térreo e a cobertura exibem atividades específicas, caracterizando, portanto, outro processo de construção). A UBP foi inspirada no conceito de Unidade Base de Produção de Schramm, Costa e Formoso (2006).

4.2. Ferramentas

Além do plano de ação, o M-PPC compreende algumas ferramentas necessárias para o registro do planejamento do processo de construção. Uma destas ferramentas é a Folha de Processo de Construção (inspirada na folha de processo adotada pela Engenharia de Manufatura), que reúne as seguintes informações: atividades do processo (operações, inspeções e segurança do trabalho), apresentadas na ordem da sequência de execução; recursos e parâmetros do processo (CHANG, 1992). Em seu cabeçalho, a folha veicula: códigos para identificação do documento e do produto (edifício), a identificação do processo (alvenaria estrutural não armada do pavimento tipo), o subsistema correspondente (vedo vertical estrutural), a Unidade-Base de Processo (UBP), a identificação da equipe necessária e do tempo de ciclo para execução da UBP completa. Os equipamentos de proteção individual que se aplicam ao processo como um todo são listados no início da folha, seguindo o modelo de folha de processo proposto para a construção de edifícios por Roy, Low e Waller (2005). Há ainda um espaço para referenciar o procedimento de execução correspondente; assim, mantém-se a folha como um documento de consulta rápida, e detalhes são registrados no procedimento para treinamento e eventual consulta em caso de dúvida.

A Figura 2 apresenta o início da folha de processo elaborada para o processo exemplificado. O processo completo contém 28 operações e 4 etapas de inspeção, além de uma atividade de segurança do trabalho (instalação da proteção periférica). Observa-se que o nível de detalhamento do planejamento é muito maior do que o usualmente praticado no planejamento da construção, no qual a definição de atividades normalmente se encerraria na separação “marcação/ elevação” e a especificação de recursos se limitaria aos equipamentos de maior porte (grua, argamassadeira, etc.).

FOLHA DE PROCESSO DE CONSTRUÇÃO		Código: <u>FOP-F01A-005</u>	Produto: <u>F01A (T+4/4) - 51M²</u>		
Processo: Alvenaria Estrutural não Armada (tipo)		Equipe: 4 pedreiros + 2 serventes (no pavimento) + equipe de apoio (térreo)			
Subsistema: Vedo vertical estrutural - andar tipo		Tempo de ciclo: 4 dias			
UBP: pavimento tipo		Procedimento: PEX-ALV-002			
Equipamentos de proteção individual necessários em todo o processo					
<input checked="" type="checkbox"/> botina	<input checked="" type="checkbox"/> uniforme completo				
<input checked="" type="checkbox"/> capacete	<input checked="" type="checkbox"/> protetor solar				
<input checked="" type="checkbox"/> óculos de sol					
<input checked="" type="checkbox"/> luva de látex					
nº	descrição da atividade	equipamentos - ferramentas - instrumentos		tempo de execução	observações
		especificação	qtde.		
s1	Elevar andaime fachadeiro para proteção periférica	andaime fachadeiro	-	0,5 dia (após montagem da laje)	equipe terceirizada
		ferramentas de montagem	-		
		cinto de segurança	2		
o1	Mapear o nível do piso e identificar ponto mais alto (referência para 1ª fiada)	Nível alemão c/ régua graduada	1	dia 1	equipe única
		Trena metálica 5m	1		
o2	Transferir referência da cantoneira de marcação do térreo e fixar bases de escantilhão dos 4 cantos externos principais ao piso c/ parafuso cabeça sextavada 3/16" x 45mm e bucha 6mm	Base de escantilhão	4	dia 1	equipe única
		Gabarito p/ laser	1		
		Laser de feixe vertical Anvi PLS3	2		
		Suporte p/ laser	2		
		Furadeira martetele Hilti TE1	1		
		Broca 6mm	1		
		Parafusadeira Hilti SIW 144-A	1		
		Soquete Gedore SX nº 19	1		
Martelo	1				

Figura 2 - Folha de processo de construção.

Para a representação das atividades de fluxo, utiliza-se outra ferramenta, denominada Fluxograma de Processo de Construção, também inspirada em ferramenta semelhante da

indústria de manufatura (KADOTA; SAKAMOTO, 1992) e recomendada por alguns modelos da construção (TZORTZOPOULOS; SEXTON; COOPER, 2005). Ela representa a mesma sequência de atividades apresentada na folha de processo (há inclusive uma codificação atribuída às atividades que permite a vinculação entre as ferramentas – vide fluxo principal no canto direito do documento) e as atividades de fluxo, de modo a esclarecer como se dá o abastecimento de materiais para consecução do processo. A simbologia adotada foi adaptada do padrão estabelecido pela *American Society of Mechanical Engineers* (ASME). A Figura 3 apresenta a parte inicial do fluxograma definido para o processo exemplificado.

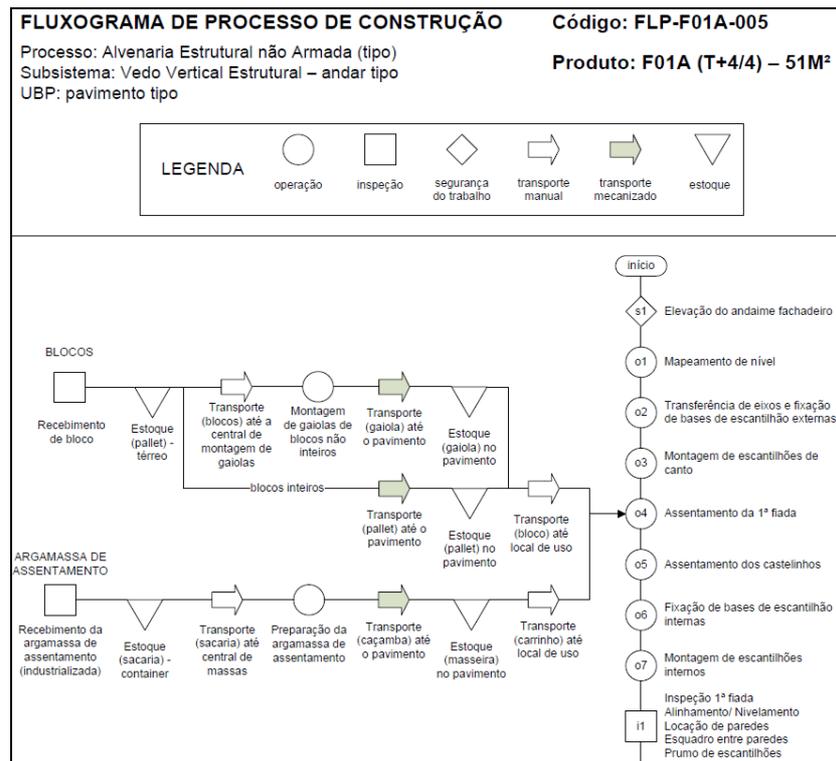


Figura 3 - Fluxograma do processo de construção.

Para representar as frentes de trabalho definidas, utiliza-se uma ferramenta extraída de um dos modelos da construção de edifícios, denominada Plano de Ataque (SCHRAMM; COSTA; FORMOSO, 2006). Este plano representa graficamente como se dá a divisão e/ou a movimentação das equipes para a execução da UBP para a qual o processo foi concebido. A Figura 4 ilustra as frentes de trabalho definidas para o processo de alvenaria estrutural (divisão da alvenaria do pavimento tipo entre os pedreiros).

Para o planejamento do processo de construção do edifício completo, recomenda-se o emprego do diagrama de rede tradicionalmente utilizado na construção de edifícios (SCHRAMM; COSTA; FORMOSO, 2006), tomando-se, no entanto, o cuidado de estabelecer o vínculo entre o planejamento geral e o dos subsistemas através das respectivas UBPs.

Observa-se que as ferramentas indicadas buscam representar as informações necessárias para a completa definição do processo de forma simples e objetiva, utilizando-se quadros, fluxos e representações gráficas e evitando-se descrições textuais extensas. Há ainda a preocupação de que o vínculo entre documentos diferentes referentes ao mesmo processo seja facilmente estabelecido. A versão completa das ferramentas apresentadas pode ser encontrada em Silva, 2012.

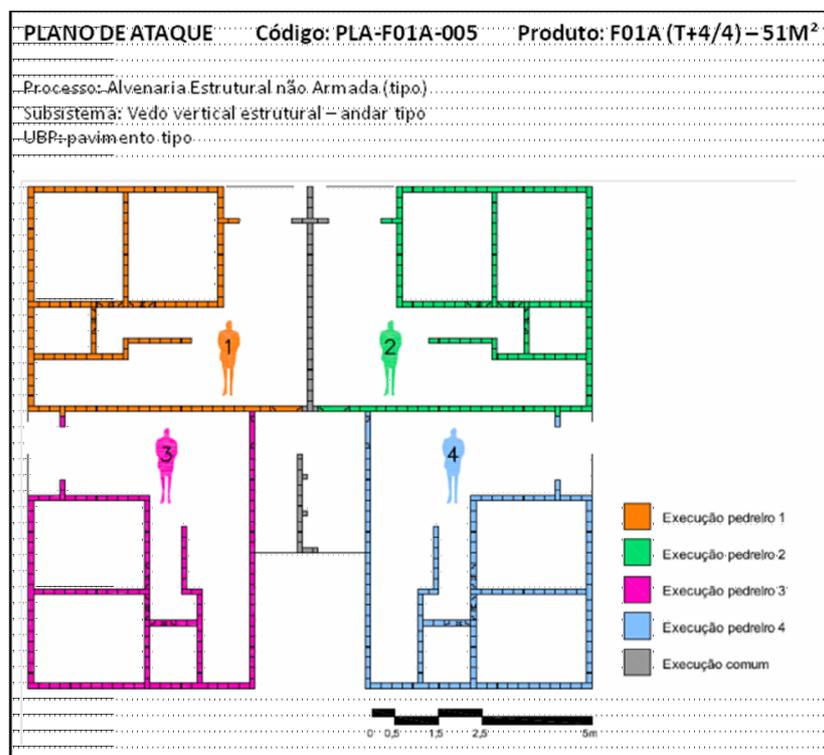


Figura 4 - Plano de ataque.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora não tenha sido possível realizar a aplicação do M-PPC ao planejamento do processo de construção de um edifício real para aferir seus benefícios, espera-se, com base na lógica utilizada para a sua construção, que o modelo ofereça uma contribuição significativa para a produção industrializada de edifícios habitacionais. Sua proposição é em grande parte embasada no modelo consolidado de planejamento de processos adotado pela indústria de manufatura, a qual apresenta um longo histórico de desenvolvimento de metodologias de gestão voltadas à produção seriada e industrializada, destacando-se os seguintes aspectos:

- visão voltada a processos e à sua otimização (um dos objetivos de se implantar a industrialização na construção de edifícios);
- planejamento detalhado voltado aos subsistemas e componentes (necessário para a produção em larga escala, pois evitam-se erros decorrentes da improvisação em canteiro devido a indefinições do processo);
- incorporação ao planejamento das atividades de inspeção e fluxo, o que também contribui com o aumento do grau de otimização do processo construtivo;
- veiculação do planejamento por meio de ferramentas simples e de fácil entendimento.

Entretanto, são necessárias pesquisas futuras, para testar a aplicação do modelo sugerido e os seus impactos sobre os processos construtivos e sua real contribuição para a industrialização da construção de edifícios.

REFERÊNCIAS

- AHADZIE, D. K.; PROVERBS, D. G.; OLOMOLAYIE, P. O. Critical success criteria for mass house building projects in developing countries. **International Journal of Project Management**, Guilford, v. 26, n. 6, p. 675-687, ago. 2008.
- BARROS, M. M. S. B.; CARDOSO, F. F. Inovação: espiral ou carrossel do conhecimento? **Conjuntura da Construção**, São Paulo, ano IX, n. 2, p. 10-11, jun. 2011.
- CARDOSO, F. F. **Strategies d'entreprises et nouvelles formes de rationalisation de la production dans le bâtiment au Bresil et en France**. 1996. 478p + anexos. Tese (Doutorado) – École Nationale de Ponts et Chaussées, França, 1996.
- CHANG, T-C. **Manufacturing process planning**. In: SALVENDY, G. (Ed.). Handbook of industrial engineering. 2nd ed. New York: Wiley, 1992. p. 587-611.
- CHRYSSOLOURIS, G. **Manufacturing systems: theory and practice**. 2nd ed. New York: Springer, 2006. 602p.
- DIAS, E. C.; CASTELO, A. M. Legado de um programa que apenas começou. **Conjuntura da Construção**, São Paulo, ano VIII, n. 2, p. 7-8, jun. 2010.
- FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. B. O papel do projeto para produção na construção de edifícios. In: ARQUITETURA E URBANISMO: TECNOLOGIAS PARA O SÉCULO XXI, 1998, São Paulo, **Anais...** São Paulo: FAU/USP, 1998. CD-ROM.
- HALEVI, G.; WEILL, R. D. **Principles of process planning: a logical approach**. 1st ed. London: Chapman & Hall, 1995. 399p.
- KIRSCH, J. **Organisation der Bauproduktion nach dem Vorbild industrieller Produktionssysteme: Entwicklung eines Gestaltungsmodells eines ganzheitlichen Produktionssystems für den Bauunternehmer**. 2008. 246 p. Dissertação (Mestrado) – Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften, Universität Karlsruhe, Karlsruhe, 2008.
- KADOTA, T.; SAKAMOTO, S. Methods analysis and design. In: SALVENDY, G. (Ed.). **Handbook of industrial engineering**. 2nd ed. New York: Wiley, 1992. p. 1415-1445.
- LEAL, U. Três não é demais. **Construção Mercado**, São Paulo, n. 109, p. 20-24, ago. 2010.
- LOTURCO, B. Horizonte planejado. **Téchne**, São Paulo, n. 130, p. 35-39, jan. 2007.
- NIEBEL, B. W.; DRAPER, A. B.; WYSK, R. A. **Modern manufacturing process engineering**. New York: McGraw Hill, 1989. 986 p.
- ROY, R.; LOW, M.; WALLER, J. Documentation, standardization and improvement of the construction process in house building. **Construction Management and Economics**, London, v. 23, n. 1, p. 57-67, jan. 2005.
- SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. 336 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- SCHRAMM, F. K.; COSTA, D. B.; FORMOSO, C. T. O projeto do sistema de produção na gestão de empreendimentos habitacionais de interesse social. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 59-74, abr./jun. 2006.
- SHETH, V. S. Factory requirements. In: WALKER, J. M. (Ed.). Handbook of manufacturing engineering. New York: Marcel Dekker, 1996. P. 137-184.
- SILVA, F. B. **Planejamento de processos de construção para a produção industrializada de edifícios habitacionais: proposta de um modelo**. 2012. 189 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- TAMAKI, L.; ROCHA, A. P. Modo econômico. **Téchne**, São Paulo, n. 165, p. 38-48, dez. 2010.
- TZORTZOPOULOS, P.; SEXTON, M.; COOPER, R. Process models implementation in the construction industry: a literature synthesis. **Engineering, Construction and Architectural Management**, Bradford, v. 12, n. 5, p. 470-486, 2005.