

**Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**  
**Departamento de Engenharia de Construção Civil**

ISSN 0103-9830

**BT/PCC/580**

---

**Planejamento de processos de  
construção para a produção  
industrializada de edifícios  
habitacionais: apresentação de um  
plano de ação**

---

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Construção Civil  
Boletim Técnico – Série BT/PCC

Diretor: Prof. Dr. José Roberto Cardoso

Vice-Diretor: Prof. Dr. José Roberto Piqueira

Chefe do Departamento: Prof. Dr. Alex Kenya Abiko

Suplente do Chefe do Departamento: Prof. Dr. Francisco Ferreira Cardoso

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alex Kenya Abiko

Prof. Dr. Francisco Ferreira Cardoso

Prof. Dr. João da Rocha Lima Jr.

Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves

Prof. Dr. Vanderley Moacyr John

Prof. Dr. Cheng Liang Yee

Coordenadora Técnica

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Silvia Maria de Souza Selmo

O Boletim Técnico é uma publicação da Escola Politécnica da USP/ Departamento de Engenharia de Construção Civil, fruto de pesquisas realizadas por docentes e pós-graduados desta Universidade.

**Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**  
**Departamento de Engenharia de Construção Civil**

ISSN 0103-9830

**BT/PCC/580**

---

**Planejamento de processos de  
construção para a produção  
industrializada de edifícios  
habitacionais: apresentação de um  
plano de ação**

---

**Fernanda Belizario Silva**  
**Mercia Maria Semensato Bottura de Barros**

**São Paulo – 2013**

O presente trabalho é parte da dissertação de mestrado apresentada por Fernanda Belizario Silva, sob orientação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mercia Maria Semensato Bottura de Barros: “Planejamento de processos de construção para a produção industrializada de edifícios habitacionais: proposta de um modelo” defendida em 26/03/2012, na EPUSP.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com a autora, na Biblioteca de Engenharia Civil da Escola Politécnica/USP e na página: <http://www.teses.usp.br/>.

*A referência bibliográfica deste boletim deve ser feita conforme o seguinte modelo:*

SILVA, F. B.; BARROS, M. M. S. B. **Planejamento de processos de construção para a produção industrializada de edifícios habitacionais: apresentação de um plano de ação**. São Paulo: EPUSP, 2013. 21 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/580)

## FICHA CATALOGRÁFICA

**Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. – N.1 (1986) - . – São Paulo, 2013.**

**Irregular**

**Conteúdo deste número: Planejamento de processos de construção para produção industrializada de edifícios habitacionais: apresentação de um plano de ação / F. B. Silva, M. M. S. B. Barros -- (BT/PCC/580)**

**ISSN 0103-9830**

**1.Habitação popular (Construção) 2.Construção civil (Processos) 3.Industrialização da construção 4.Manufatura I. Silva, Fernanda Belizario II. Barros, Mercia Maria Semensato Bottura de III.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil IV.t.**

## **Planejamento de processos de construção para a produção industrializada de edifícios habitacionais: apresentação de um plano de ação**

Silva, F. B.; Barros, M. M. S. B.

### **Resumo**

Atualmente, o segmento de construção de edifícios habitacionais voltados à população de baixa renda encontra-se em alta no Brasil. Para que represente um negócio rentável para as empresas construtoras, é necessário que se tenha produção em larga escala, com repetibilidade, padronização, alta produtividade e gestão precisa, características próprias da industrialização da construção. Entretanto, apesar de sua importância, não existem modelos de planejamento da construção voltados à construção industrializada. O objetivo do presente trabalho é propor um modelo de planejamento de processos de construção para a produção industrializada de edifícios habitacionais. A metodologia adotada consistiu em uma revisão bibliográfica para caracterização de como é feito o planejamento de processos na indústria de manufatura e na construção de edifícios, buscando-se, na última, modelos que representassem seu estado da arte. Realizou-se então uma análise comparativa, para identificação dos elementos para composição do modelo a ser proposto, definindo-se seu escopo e o plano de ação para sua realização. Considera-se que o modelo resultante representa uma contribuição para o desenvolvimento da construção industrializada, por possibilitar a reflexão sobre os processos de construção durante seu planejamento, estimulando sua otimização.

*Palavras-chave:* planejamento; processos de construção; industrialização da construção; manufatura.

### **Abstract**

Construction of residential buildings for low-income population is nowadays a very active sector in Brazil. To represent a viable business for construction companies, however, it is necessary to implement large scale production, repeatability, standardization, high productivity and precise management, characteristics that are proper of construction industrialization. Nevertheless, besides its importance, there are no planning models specifically developed for industrialized construction. This work aims to propose a construction process planning model for industrialized production of residential buildings. Methodology consisted of a literature review to characterize how process planning is made in the manufacturing industry and in the construction industry and, in the last one, models representative of the state-of-the-art were sought. Then, a comparative analysis was carried out for identifying the elements to compose the model to be proposed, defining its scope and an action plan for its implementation. It is considered that the resulting model represents a contribution for the development of industrialized construction, as it enables the reflection about construction processes during its planning, thus stimulating its optimization.

*Keywords:* planning; construction processes; construction industrialization; manufacture.

## 1 INTRODUÇÃO

O segmento de construção de habitações para a população de baixa renda é hoje um dos nichos de maior destaque no setor de construção de edifícios no Brasil, devido à combinação de alguns fatores: grande déficit habitacional (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2010); disponibilidade de financiamento a taxas de juros baixas e com longos prazos para quitação da dívida e de subsídios de programas governamentais (DIAS; CASTELO, 2010); e interesse de construtoras e incorporadoras neste segmento (MEDEIROS, 2009).

Entretanto, para que a construção de habitações econômicas seja um negócio rentável, algumas características devem ser observadas: o custo de construção deve ser minimizado, para que os preços sejam competitivos (LEAL, 2010); a escala de produção deve ser maximizada, para compensar as baixas margens de lucro praticadas neste segmento (LEAL, 2010); é desejável que haja padronização nos projetos, para potencializar os ganhos de escala pela repetibilidade (FARIA, 2008); a produtividade deve ser alta, em função dos altos custos de mão de obra decorrentes da atual escassez deste recurso (CASTELO; HENRIQUES; GARCIA, 2011); e é importante que a gestão da produção seja precisa, para evitar que as margens reduzidas de lucro sejam consumidas por desvios durante a obra (LOTURCO, 2007). Para fazer frente a essas demandas, muitas empresas estão optando pela industrialização da construção (BARROS; CARDOSO, 2011).

O conceito de industrialização da construção envolve aspectos relativos tanto à configuração do edifício – padronização, coordenação modular, pré-fabricação – quanto à organização da produção – metodologia de projeto, planejamento da construção, gestão da mão de obra, etc. (SABBATINI, 1989). Entre os aspectos organizacionais, destaca-se o planejamento dos processos de produção, uma vez que processos bem definidos e otimizados apresentam maior potencial de economia, contribuindo assim para uma melhor eficiência da construção (ROY; LOW; WALLER, 2005).

Entretanto, apesar de sua importância, o planejamento da construção tradicionalmente é feito com pouco detalhamento (FABRÍCIO; MELHADO, 1998), sem a visão de processos (KIRSCH, 2008) e deixando-se muitas definições a cargo da equipe de obra e de sua experiência (KEHL, 1997), o que não atende ao grau de organização exigido pela construção industrializada, que, por sua vez, não conta com modelos consolidados para seu planejamento. Buscando contribuir para atender a essa necessidade, o objetivo do presente trabalho consiste em propor um modelo de planejamento de processos de construção para a produção industrializada de edifícios habitacionais.

Para isso, optou-se por buscar referências da indústria de manufatura, dada a consolidação de sua organização industrial, caracterizando seu modelo de planejamento de processos de produção. Além disso, foram pesquisados modelos da construção de edifícios que representassem o estado da arte do planejamento e que se aproximassem das condições da construção industrializada, de modo a considerar também as particularidades dessa indústria. Ambas as caracterizações foram feitas por meio de uma extensa

revisão bibliográfica, realizando-se, então, uma análise comparativa para identificar os elementos que deveriam integrar o modelo proposto.

O trabalho completo é encontrado em Silva (2012), sendo aqui apresentado apenas a sua síntese.

## 2 PLANEJAMENTO DE PROCESSOS NA INDÚSTRIA DE MANUFATURA

Na indústria de manufatura, o planejamento de processos é escopo de uma área denominada Engenharia de Manufatura ou Engenharia de Processos (CHANG, 1992) e envolve as atividades de: seleção do processo a ser utilizado na manufatura de cada componente; definição detalhada da sequência de operações; especificação dos equipamentos, ferramentas e demais recursos necessários à produção; e estabelecimento dos parâmetros operacionais (exemplo: tempo de cada operação) (CHRYSSOLOURIS, 2006; MEYERS; STEPHENS, 2005). Ou seja, enquanto o projeto do produto define “o que” deve ser produzido, o planejamento (ou projeto) dos processos de produção define “como” produzir o produto, gerando informações que permitem a programação da produção e sua realização (BUFFA, 1973). Para isso, são necessárias algumas atividades, apresentadas na Figura 1 e detalhadas na sequência.

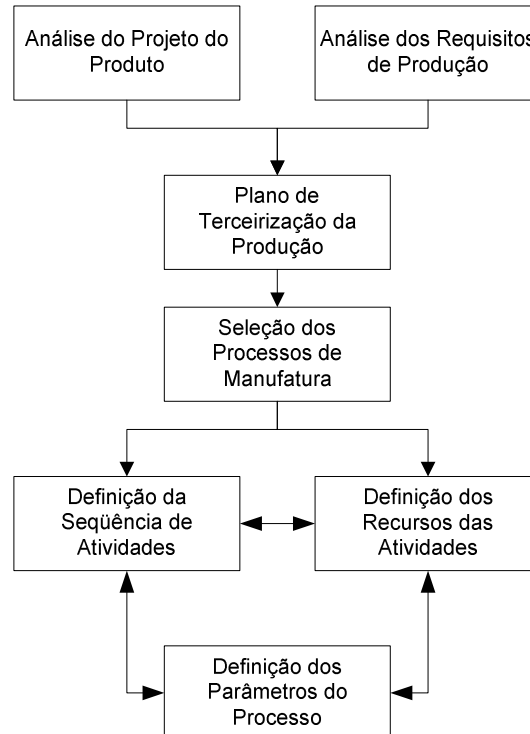


Figura 1 - Fluxo de atividades para o planejamento dos processos de manufatura (CHANG, 1992).

- **Análise do projeto do produto:** possibilita a identificação e compreensão das características do produto ou componente a ser manufaturado, tais como: dimensões, formas, tolerâncias, acabamentos e especificações, para que

sejam selecionados processos de manufatura adequados. Avalia-se ainda a construtibilidade do projeto, podendo-se solicitar alterações visando melhorar a eficiência da produção (CHRYSSOLOURIS, 2006);

- Análise dos requisitos de produção: trata-se de outro conjunto de dados de entrada, que envolve o entendimento de condições como: volume de produção, taxa de produção (ex: número de produtos por mês), disponibilidade e capacidade de equipamentos (em fábricas instaladas), que também influenciam na definição dos processos de manufatura (KALPAKJIAN; SCHMID, 2006);
- Plano de terceirização da produção: antes de selecionar os processos de produção, é necessário decidir quais componentes serão produzidos internamente e quais terão sua manufatura terceirizada, o que é conhecido em inglês como *make-or-buy plan* (CHANG, 1992). Somente a produção interna requer as atividades de planejamento subsequentes;
- Seleção dos processos de manufatura: devido à crescente diversidade de tecnologias de produção, normalmente é necessário conduzir uma seleção entre os processos de manufatura disponíveis, para escolher aquele que melhor atenda às características estabelecidas (de produto e de produção), ou seja, o modo de produção mais econômico (GOMES, 2010);
- Definição da sequência de atividades: uma vez selecionados os processos de manufatura, inicia-se seu detalhamento, definindo-se a sequência de operações (atividades de transformação propriamente ditas) e inspeções (atividades de controle) requeridas para a completa manufatura de um produto ou componente (CHANG, 1992). Também fazem parte dos processos atividades de transporte, estoque e esperas, que, por serem atividades de fluxo e não agregarem valor ao processo em si, são especificadas por outra área denominada Engenharia de Planta, responsável pelo *layout* e projeto das instalações fabris (MEYERS; STEPHENS, 2005);
- Definição dos recursos das atividades: a cada atividade definida para o processo de manufatura, correspondem recursos necessários à sua consecução, como equipamentos, dispositivos, ferramentas manuais, instrumentos de inspeção e até mesmo recursos humanos (HALEVI; WEILL, 1995). As características técnicas destes recursos deverão ser especificadas, seja para possibilitar sua aquisição ou o seu projeto, no caso, por exemplo, de equipamentos inovadores (GROOVER, 1996);
- Definição dos parâmetros do processo: para completar a definição dos processos de manufatura, é necessário definir seus parâmetros, que englobam a quantidade de recursos, tempo requerido pela atividade, velocidades de processamento, configurações de equipamentos, entre outros (HALEVI; WEILL, 1995). Esses parâmetros devem ser estabelecidos de forma balanceada, sobretudo em linhas de produção com velocidade única, para que não haja sobrecarga em alguns pontos e ociosidade em outros, resultando em uma produção global mais econômica (MEYERS; STEPHENS, 2005).



Observa-se na Figura 1 que as três últimas atividades são feitas de forma simultânea, pois se trata de atividades interdependentes, sobretudo pela necessidade de balanceamento da produção. Ao final, os processos de manufatura planejados são registrados em folhas de processo, que são repassadas às equipes responsáveis por programar o uso dos recursos apontados para operacionalizar a produção (Figura 2).

Part No: 031393		Part Name: Housing, valve		Rev. 2		Page <u>1</u> of <u>2</u>	
Matl: 416 Stainless		Size: 2.0 dia × 5. long		Planner: MPG		Date: 3/13/XX	
No.	Operation	Dept.	Machine	Tooling, gages	Setup time	Cycle time	
10	Face; rough & finish turn to 1.473 ± 0.003 dia. × 1.250 ± 0.003 length; face shoulder to 0.313 ± 0.002; finish turn to 1.875 ± 0.002 dia.; form 3 grooves at 0.125 width × 0.063 deep.	L	325	G857	1.0 h	8.22 m	
20	Reverse; face to 4.750 ± 0.005 length; finish turn to 1.875 ± 0.002 dia.; drill 1.000 + 0.006, -0.002 dia. axial hole.	L	325		0.5 h	3.10 m	
30	Drill & ream 3 radial holes at 0.375 ± 0.002 dia.	D	114	F511	0.3 h	2.50 m	
40	Mill 0.500 ± 0.004 wide × 0.375 ± 0.003 deep slot.	M	240	F332	0.3 h	1.75 m	
50	Mill 0.750 ± 0.004 wide × 0.375 ± 0.003 deep flat.	M	240	F333	0.3 h	1.60 m	

Figura 2 – Exemplo de folha de processo de manufatura (GROOVER, 1996).

### 3 PLANEJAMENTO DE PROCESSOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

Os empreendimentos do setor de construção de edifícios tradicionalmente são de caráter único, ou seja, não apresentam a repetibilidade observada na indústria de produção seriada. Por isso, o planejamento de sua produção normalmente emprega modelos e ferramentas de gerenciamento de projetos ou empreendimentos (*project management*), que se caracterizam como um esforço temporário para atingir determinado objetivo (KIRSCH, 2008). A seguir, são descritas, de forma geral, as suas atividades, usualmente desenvolvidas pela Engenharia de Planejamento nas construtoras:

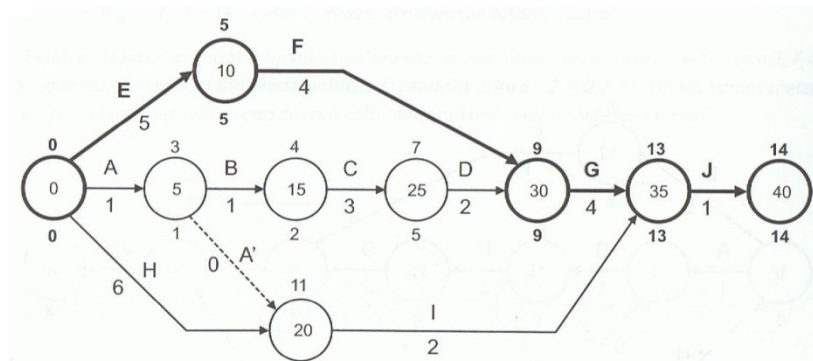
- **Elaboração da Estrutura Analítica de Projeto (EAP):** o planejamento tradicional se inicia pela divisão do empreendimento de acordo com uma estrutura hierárquica denominada Estrutura Analítica de Projeto (EAP) ou, em inglês, *Work Breakdown Structure* (WBS) (Figura 3) (HARRIS; MCCAFFER, 2006). Os elementos dessa estrutura configuram “pacotes de trabalho”, que, preferencialmente, devem corresponder a uma parte acabada e facilmente discernível do empreendimento completo (MATTOS, 2010). É usual a atribuição desses pacotes de trabalho a subempreiteiros especializados, ficando a construtora responsável pela gestão do todo (CALVERT, 1995).

Atividade	
0	<b>Casa</b>
1	<b>1 Infraestrutura</b>
2	1.1 Escavação
3	1.2 Sapatas
4	<b>2 Superestrutura</b>
5	<b>2.1 Paredes</b>
6	2.1.1 Alvenaria
7	2.1.2 Revestimento
8	2.1.3 Pintura
9	<b>2.2 Cobertura</b>
10	2.2.1 Madeiramento
11	2.2.2 Telhas
12	<b>2.3 Instalações</b>
13	2.3.1 Instalação elétrica
14	2.3.2 Instalação hidráulica

Figura 3 - Exemplo de Estrutura Analítica de Projeto (EAP) (MATTOS, 2010).

- Definição da sequência de execução: identificados os pacotes de trabalho e definidos os métodos construtivos para execução de cada componente do empreendimento, estabelece-se a sua sequência de execução, respeitando-se as precedências aplicáveis a cada atividade (MATTOS, 2010);
- Distribuição das atividades ao longo do tempo: é necessário estimar a duração de cada atividade que integra a sequência de execução e distribuí-las ao longo do tempo disponível para execução do empreendimento completo, o que é feito concomitantemente à definição dos recursos necessários, resultando no cronograma da obra. A escala de tempo normalmente utilizada é de semanas ou dias (HARRIS; MCCAFFER, 2006);
- Definição da quantidade de recursos: definem-se os recursos requeridos para que cada atividade de construção transcorra no tempo necessário, observando-se limitações de custo e procurando estabelecer uma produção balanceada (por exemplo, sem picos de mão de obra que onerem a infraestrutura de canteiro de obras) (HARRIS; MCCAFFER, 2006).

É comum que sejam utilizados diagramas de rede para elaboração do planejamento da construção (Figura 4).



Código	Atividade	Predecessoras	Duração (dias)
A	Limpeza do terreno	–	1
B	Locação da fundação	A	1
C	Escavação da fundação	B	3
D	Montagem das formas	C	2
E	Fornecimento do aço	–	5
F	Preparação da armação	E	4
G	Colocação da armação	D, F	4
H	Mobilização da betoneira	–	6
I	Instalação/teste da betoneira	A, H	2
J	Concretagem	G, I	1

Figura 4 - Exemplo de diagrama de rede (MATTOS, 2010).

O planejamento resultante pode ainda ser mais detalhado, identificando as atividades que compõem cada pacote de trabalho. Normalmente isto é feito em programações semanais, pela engenharia da obra, para possibilitar a supervisão de cada uma das equipes de produção, já com a obra em andamento (CALVERT, 1995). Mesmo nesses casos, a escala de tempo não costuma ser mais detalhada que um dia, que corresponde ao nível de gerenciamento possível com a estrutura organizacional usualmente disponibilizada para a gestão de obras (MATTOS, 2010).

Entretanto, o planejamento tradicional na construção de edifícios apresenta algumas deficiências. Nem sempre a divisão do empreendimento em pacotes de trabalho corresponde à forma em que as atividades ocorrem na obra, gerando incoerências para a gestão da produção (BALLARD et al., 2001; SERPELL; TAPIA, 2009). Além disso, o planejamento apresenta um baixo grau de detalhamento, o que pode ser atribuído tanto à prática de se considerar os processos construtivos como sendo de conhecimento geral (KEHL, 1997), quanto à unicidade dos empreendimentos e, por isso, o detalhamento não seria vantajoso, uma vez que não se tem perspectiva de utilizar essa informação para obras futuras (COSTA; SCHRAMM; FORMOSO, 2004). Isso resulta na tomada de decisões em obra pelos engenheiros, mestres ou mesmo operários, baseados em sua experiência (MIKAELSSON; SWENSSON, 2008).

Por isso, surgem outras propostas para o planejamento da construção na produção de edifícios, que procuram suprir algumas dessas lacunas:

- Projetos para produção: usualmente elaborado para um determinado subsistema do edifício, engloba tanto seu detalhamento construtivo (produto) quanto aspectos relativos ao planejamento da produção, tais como: procedimento de execução com passo a passo das atividades,

estabelecimento de condições para início do serviço, definição de frentes de trabalho e de diretrizes de controle de qualidade (BARROS; SABBATINI, 1996; MELHADO, 2005);

- Projeto do sistema de produção: diferentemente do planejamento tradicional, esta abordagem considera o fluxo e o caráter de geração de valor da produção (BALLARD et al., 2001), buscando analisar os processos produtivos com vistas à otimização do sistema de produção como um todo, sobretudo pela sincronização das diversas frentes de trabalho existentes (SCHRAMM; COSTA; FORMOSO, 2006). Define-se ainda a “unidade-base de produção”, trecho do empreendimento que apresenta repetibilidade (ex: pavimento tipo, casa, etc.), em torno da qual se estrutura o planejamento (SCHRAMM; COSTA; FORMOSO, 2006). Além disso, tal qual a indústria, separa-se o projeto do sistema de produção do planejamento e controle de produção, ao qual cabe operacionalizar as decisões tomadas pelo primeiro;
- Mapeamento de processos: consiste em elaborar fluxogramas operacionais contendo todas as atividades pertencentes a um determinado processo de construção e em analisá-lo, buscando identificar quais atividades não agregam valor ao processo, com vistas à sua eliminação (SANTOS; HEINECK, 2006). Normalmente, o mapeamento aplica-se a processos existentes, com o objetivo de melhoria (TZORTZOPOULOS; SEXTON; COOPER, 2005);
- Estudo de tempos e métodos: embora já considerado obsoleto em grande parte da indústria de manufatura (GROOVER, 1996), o estudo de tempos e métodos é citado, por alguns autores, como proposta para estabelecimento de processos de construção mais eficientes, sobretudo aqueles compostos por atividades altamente repetitivas com baixa mecanização (CALVERT, 1995; NUNNALLY, 1998).

As propostas mencionadas até o momento encontram-se consolidadas, seja na literatura técnica, ou em linhas de pesquisa, no Brasil ou no exterior. Foram encontradas ainda duas outras propostas isoladas, de pesquisadores específicos, mas que em função de sua contribuição merecem ser mencionadas:

- Sistema de documentação de processos: proposto por Roy, Low e Waller (2005), consiste na elaboração de um documento denominado *process sheet* (ou folha de processo) para descrição de atividades autônomas que compõem os processos de construção. A folha de processo contempla a definição da sequência de atividades de construção, dos materiais e componentes com suas respectivas quantidades, dos requisitos de qualidade e de indicações relativas à segurança do trabalho. Com isso, estimula-se o pensamento em função de processos, favorecendo a visualização de interferências e a eliminação de atividades que não agregam valor, melhorando assim a qualidade do planejamento;
- Projeto do processo: elaborado por Cardoso (2001), contém a definição da sequência de atividades, informação sobre o uso de equipamentos e ferramentas e especificação da quantidade de materiais necessários ao processo de construção. Propõe-se ainda que a linguagem adotada no

projeto do processo seja simples e de fácil acesso aos operários, o que faz do projeto do processo também uma referência para o treinamento da mão de obra.

#### 4 ANÁLISE COMPARATIVA

A partir da caracterização do planejamento de processos na indústria de manufatura e dos modelos adotados pela construção de edifícios, realizou-se sua análise comparativa para se identificar elementos que pudessem ser aproveitados para a elaboração de um modelo de planejamento de processos para a produção industrializada de edifícios habitacionais. Para isso, elaborou-se o Quadro 1, estabelecendo-se como referência o modelo de planejamento consolidado na indústria de manufatura e verificando a presença de seus elementos em cada um dos modelos identificados para a construção de edifícios. O planejamento tradicional da construção de edifícios não foi contemplado nessa comparação, devido à sua inadequação à finalidade do modelo a ser proposto neste trabalho.

elementos do planejamento de processos da indústria manufatureira		Modelos de planejamento de processos na construção de edifícios					
		Projeto para Produção	Projeto do Sistema de Produção	Mapeamento de Processos	Estudo de Tempos e Métodos	Sistema de Documentação de Processos	Projeto do Processo
definição da sequência de atividades	operações	sim	sim	sim	sim	sim	sim
	inspeções	sim	não	sim	sim	sim	talvez
	transportes	não	não	sim	sim	não	talvez
	estoques	não	não	sim	sim	não	talvez
	esperas	não	não	sim	sim	não	talvez
definição dos recursos das atividades	equipamentos	sim	sim	não	não	não	sim
	ferramentas	sim	sim	não	não	não	sim
	instrumentos de inspeção	sim	não	não	não	não	talvez
	recursos humanos	não	sim	não	não	não	sim
	tempos de execução	não	sim	não	sim	não	não
definição dos parâmetros do processo	configurações de equipamentos	sim	não	não	não	não	não
	quantidades de recursos	não	sim	não	sim	não	sim
	balanceamento de recursos	não	sim	não	sim	não	não

Quadro 1 - Correspondência entre os elementos de planejamento de processos do modelo da indústria de manufatura (referência) e dos modelos identificados para a construção de edifícios.

Legenda: sim = elemento presente (no modelo da construção de edifícios); talvez = elemento presente de acordo com a descrição do modelo, mas não verificado por meio de exemplo; não = elemento não presente.

Da análise geral do Quadro 1, observa-se que nenhum dos modelos de planejamento da construção de edifícios corresponde exatamente ao modelo adotado pela indústria de manufatura. Nota-se ainda, pela quantidade de respostas negativas, que o grau de especificação e detalhamento do planejamento de processos na construção de edifícios é bem inferior ao observado na manufatura.

Analisando-se especificamente cada elemento, depreende-se que:

- a maioria dos modelos da construção de edifícios especifica as operações – até porque, sem essa informação, não se define um processo de construção – e as inspeções, o que demonstra a correta preocupação com o controle de qualidade;
- atividades de fluxo (transportes, estoques e esperas) somente são especificadas nos modelos que se destinam à melhoria dos processos existentes, pois é difícil padronizar esta categoria de atividades na construção de edifícios, uma vez que são altamente dependentes das configurações do canteiro de obras, que variam entre empreendimentos e também em um mesmo empreendimento, com o avanço da construção;
- somente metade dos modelos especifica equipamentos e ferramentas, apesar da importância destes insumos para a adequada consecução dos processos de construção. Além disso, apenas dois dos seis modelos estudados especificam os instrumentos de inspeção;
- somente dois dos seis modelos incluem a especificação dos recursos humanos na construção de edifícios, não obstante sua importância devido ao caráter predominantemente manual das operações;
- menos da metade dos modelos da construção de edifícios definem os parâmetros dos processos de produção, o que deixa incompletos os processos de construção assim planejados.

Verificam-se ainda algumas diferenças do planejamento da construção de edifícios em relação à indústria de manufatura:

- alguns modelos incluem a definição de materiais e componentes no planejamento de processos, o que evidencia uma lacuna do projeto do produto (edifício ou seus subsistemas) que, a rigor, deveria conter este tipo de informação;
- é necessária a definição de frentes de trabalho, ou seja, a divisão das equipes para execução dos edifícios ou de suas partes, pois, diferentemente da indústria de manufatura, na construção de edifícios o produto permanece imóvel e as equipes se movimentam. A movimentação das equipes, por sua vez, é definida pelo estabelecimento de um “plano de ataque”, que representa a estratégia de execução do empreendimento.

## **5 MODELO DE PLANEJAMENTO DE PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO (M-PPC)**

Com base no levantamento dos modelos de planejamento de processos de construção na indústria de manufatura e na construção de edifícios e na sua análise comparativa, elaborou-se o Modelo de Planejamento de Processos de Construção (M-PPC). Nesta publicação, aborda-se somente parte deste modelo (escopo e plano de ação), que é apresentado na íntegra (com a discussão das condições que permitem sua aplicação e apresentação das ferramentas necessárias à sua operacionalização) em Silva (2012).

A definição do escopo do M-PPC é apresentada no Quadro 2.

Informações	Incluso no M-PPC?	
Definição da sequência de atividades	Operações	sim
	Inspeções	sim
	Transporte	não
	Estoques	não
	Esperas	não
Definição dos recursos das atividades	Equipamentos	sim
	Ferramentas	sim
	Instrumentos de inspeção	sim
	Recursos humanos (qualificação)	sim
	Equipamentos de segurança do trabalho	não
Definição dos parâmetros do processo	Tempos de execução	sim
	Configurações de equipamentos	sim
	Quantidades de recursos	sim
	Balanceamento de recursos	sim
Definição de frentes de trabalho/ plano de ataque	sim	

Quadro 2 - Definição do escopo do M-PPC a partir do escopo do planejamento de processos de produção da indústria de manufatura.

A justificativa dos itens inclusos no escopo do M-PPC encontra-se na discussão feita no item 4, em que se destacou a importância destes itens. A seguir, justificam-se as exclusões do escopo:

- as atividades de fluxo não são especificadas no M-PPC por não serem padronizáveis, pois dependem das características de cada canteiro de obras. Além disso, por ser o canteiro de obras um ambiente dinâmico, o planejamento de processos se tornaria rapidamente obsoleto, exigindo a constante revisão de um planejamento detalhado, o que foi considerado inviável;
- em função da não especificação das atividades de fluxo, não serão definidos no M-PPC os respectivos recursos;
- excluiu-se do escopo a definição dos equipamentos de segurança do trabalho, pois, apesar de sua importância, entende-se que seja de responsabilidade dos planos específicos de segurança do trabalho.

Destaca-se ainda a inclusão da definição de frentes de trabalho e do plano de ataque no M-PPC, devido à importância destes itens para a correta definição de processos de produção na construção de edifícios.

Uma vez estabelecido o escopo, definiu-se um plano de ação para a realização do planejamento de processos de construção, à semelhança do fluxo de atividades da indústria de manufatura (Figura 1). Este plano de ação, que integra o M-PPC, é apresentado na Figura 5 e cada uma de suas atividades é descrita no Quadro 3.

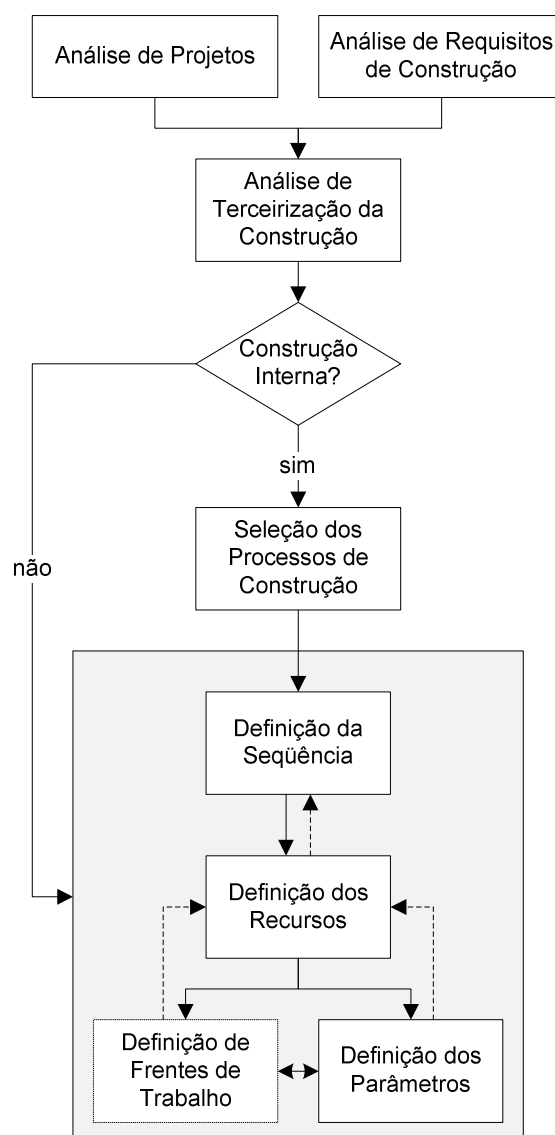


Figura 5 - Plano de ação proposto para o M-PPC. As setas tracejadas indicam retroalimentações entre as atividades.



Atividade	Descrição (ação do responsável pelo planejamento de processos)
Análise de projetos	Auxilia na elaboração dos projetos do edifício e/ou de seus subsistemas, analisando suas características (dimensões, formas, especificações, tolerâncias, requisitos de qualidade, etc.) e avaliando sua construtibilidade, requisitando revisões de projeto quando necessário.
Análise de requisitos de construção	Auxilia na definição dos requisitos de construção do edifício e/ou de seus subsistemas, analisando sua adequação aos processos de construção que possivelmente serão empregados.
Análise de terceirização da construção	Avalia quais subsistemas ou componentes do edifício serão produzidos internamente e quais terceirizados.
Seleção dos processos de construção	Para cada subsistema ou item a ser construído internamente, seleciona o processo de construção que atende aos requisitos de projeto e de produção da forma mais econômica possível.
Definição da sequência	Define a sequência de processos (produção do edifício completo) ou de atividades (produção de um subsistema). No caso das atividades, define operações e inspeções e as descreve sucintamente.
Definição dos recursos	Define os recursos necessários (equipamentos, ferramentas, instrumentos e recursos humanos) para cada processo ou atividade e analisa o possível compartilhamento de recursos entre processos distintos. Os recursos materiais são dados de entrada, definidos por projetos.
Definição dos parâmetros	Estabelece os parâmetros do processo (tempos de execução, quantidades de recursos, configurações de equipamentos), para que o processo esteja balanceado.
Definição de frentes de trabalho	Define as frentes de trabalho para cada processo de construção do edifício (quantidades de equipes simultâneas) ou para cada atividade do subsistema (divisão dos membros da equipe).

Quadro 3 - Descrição das atividades do plano de ação do M-PPC.

O M-PPC pode ser aplicado tanto para o planejamento da construção do edifício completo quanto para subsistemas específicos, pois as atividades de planejamento desenvolvidas em ambos os níveis são semelhantes. Enquanto a produção do edifício é composta por diversos macroprocessos de construção, a produção de um subsistema corresponde a um único processo, composto por diversas atividades (que também poderiam ser encaradas como “microprocessos”). Para possibilitar a relação entre o nível do edifício e do subsistema, estabeleceu-se o conceito de Unidade Base de Processo (UBP), adaptado do conceito de “unidade-base” do modelo de projeto de sistemas de produção da construção de edifícios. Dessa forma, a cada subsistema atribui-se uma UBP conforme as características de repetibilidade do processo de construção a ele associado. Portanto, o PPC do subsistema é elaborado para a sua respectiva UBP. Sendo assim, para conectar os dois níveis de planejamento definidos, é necessário analisar de quantas UBPs de cada subsistema é composto o edifício inteiro, o que deve estar refletido na estruturação do seu planejamento-macro (Figura 6).

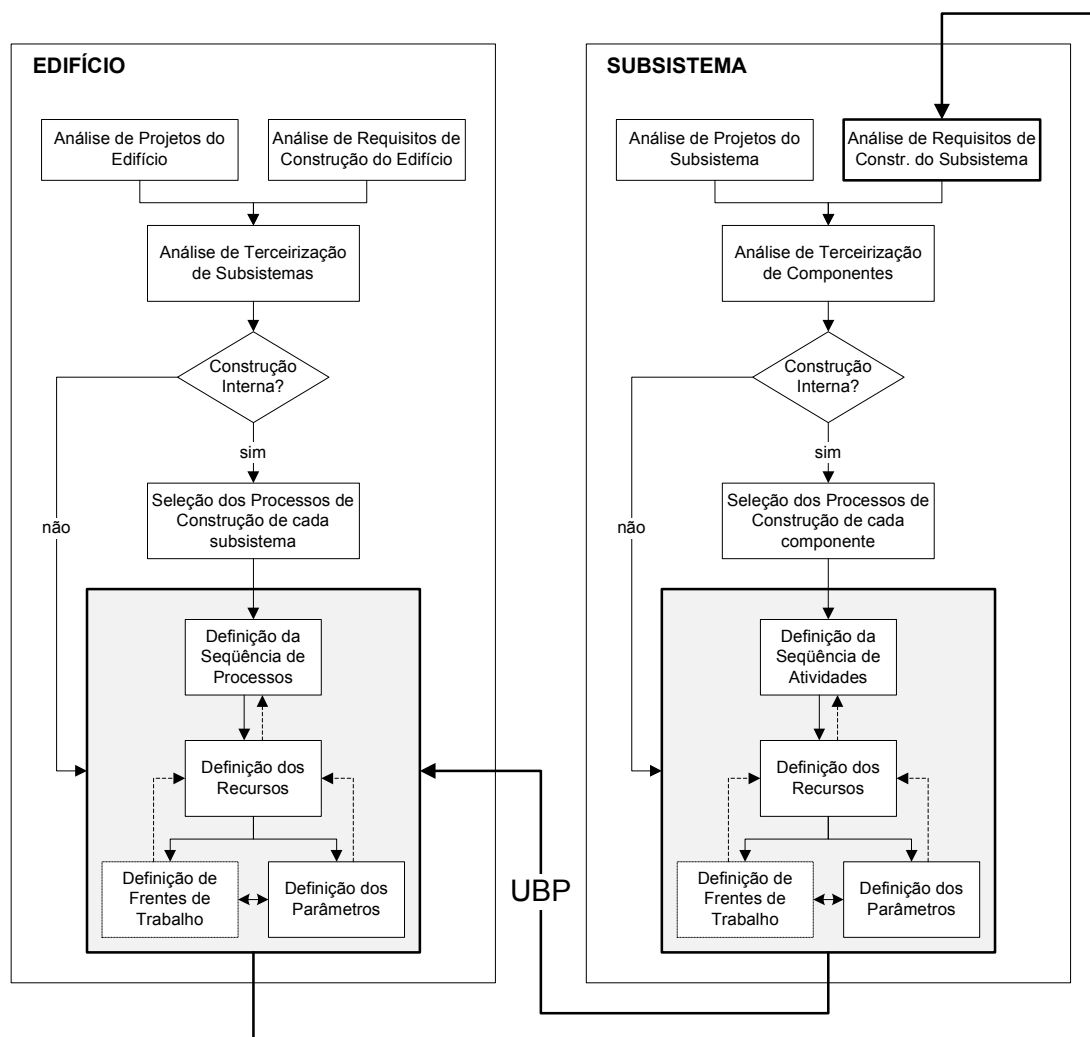


Figura 6 - Aplicação do M-PPC ao planejamento da construção do edifício ou de um subsistema específico e relação entre ambos os níveis estabelecida pela UBP.

As principais diferenças que se observam entre o plano de ação definido para o M-PPC e o planejamento tradicional da construção de edifícios consistem na existência de um planejamento detalhado formal voltado aos subsistemas (que usualmente têm sua execução descrita de forma genérica em procedimentos de execução); e na vinculação entre o planejamento detalhado do subsistema e do edifício, de modo que ambos constituam um planejamento único e coerente, possibilitando a produção industrializada de edifícios habitacionais (desde que sejam observadas as premissas estabelecidas para sua validade).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O M-PPC consiste em uma ferramenta de gestão relativamente simples e de fácil aplicação, direcionada ao planejamento direto das atividades de produção (atividade-fim das construtoras), e, por isso, constitui uma contribuição importante para o desenvolvimento da construção industrializada de edifícios. A sua implantação estimula a organização que o adota a pensar detalhadamente sobre seus processos. Isso ajuda a evidenciar falhas e oportunidades de melhoria, levando a uma produção eficiente, que é o objetivo principal da industrialização da construção.

## 7 REFERÊNCIAS

BALLARD, G. Production system design in construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 9., 2001, Singapore. **Proceedings...** Singapore: ILGC, 2001.

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.

BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. **Diretrizes para o processo de projeto para a implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. São Paulo: EPUSP, 2003. 24p. (Boletim Técnico – BT/PCC-172)

BUFFA, E. S. **Modern production management**. 4<sup>th</sup> ed. New York: Wiley, 1973. 704p.

CALVERT, R. E. **Introduction to building management**. 6<sup>th</sup> ed. Oxford: Newnes, 1995. 392 p.

CARDOSO, E. N. **O projeto do processo na melhoria da produtividade da construção civil**. 2001. 115p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

CASTELO, A. M.; HENRIQUES, S. M. P.; GARCIA, F. Crescimento e... inflação. **Conjuntura da Construção**, São Paulo, ano IX, n. 2, p. 8-9, jun. 2011.

CHANG, T-C. Manufacturing process planning. In: SALVENDY, G. (Ed.). **Handbook of industrial engineering**. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Wiley, 1992. p. 587-611.

CHRYSSOLOURIS, G. **Manufacturing systems: theory and practice**. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Springer, 2006. 602 p.

COSTA, D. B.; SCHRAMM, F. K.; FORMOSO, C. T. A importância do projeto do sistema de produção em empreendimentos habitacionais de interesse social. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004. CD-ROM.

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.

FABRÍCIO, 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.

- FARIA, R. Torres econômicas. **Téchne**, São Paulo, n. 130, p. 30-34, jan. 2008.
- GOMES, L. A. V. Desenvolvimento e detalhamento do projeto do processo produtivo. In: ROTONDARO, R.; MIGUEL, P. A. C.; GOMES, L. A. V. **Projeto do produto e do processo**. São Paulo: Atlas, 2010. p. 105-138.
- GROOVER, M. P. **Fundamentals of modern manufacturing**: materials, process and systems. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996. 1061 p.
- HALEVI, G.; WEILL, R. D. **Principles of process planning**: a logical approach. 1<sup>st</sup>. ed. London: Chapman & Hall, 1995. 399 p.
- HARRIS, F.; MCCAFFER, R. **Modern construction management**. 6<sup>th</sup> ed. Oxford: Blackwell, 2006. 666 p.
- KALPAKJIAN, S.; SCHMID, S. R. **Manufacturing engineering and technology**. 5<sup>th</sup> ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2006. 1295 p.
- KEHL, S. Produtividade na construção civil. In: CONTADOR, J. C. (Coord.) **Gestão de operações**: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1997. p. 469-486.
- KIRSCH, J. **Organisation der Bauproduktion nach dem Vorbild industrieller Produktionssysteme**: Entwicklung eines Gestaltungsmodells eines ganzheitlichen Produktionssystems für den Bauunternehmer. 2008. 246p. Dissertação (Mestrado) – Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften, Universität Karlsruhe, Karlsruhe, 2008.
- 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.
- MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: PINI, 2010. 420 p.
- MEDEIROS, F. B. Desafios da baixa renda. **Construção Mercado**, São Paulo, n. 90, p. 24-27, abr. 2009.
- MELHADO, S. B. (Coord.). **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: Nome da Rosa, 2005. 115 p.
- MEYERS, F. E.; STEPHENS, M. P. **Manufacturing facilities design and material handling**. 3<sup>rd</sup> ed. Columbus: Pearson Prentice Hall, 2005. 509 p.
- MIKAELSSON, L.; SWENSSON, L. Production planning, work organization and leadership on the building site. In: JOINT CIB CONFERENCE: PERFORMANCE AND KNOWLEDGE MANAGEMENT, 2008, Helsinki. **Proceedings...** Rotterdam: CIB, 2008. Disponível em: <<http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB9824.pdf>>. Acesso em: 27 mai. 2011.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Déficit Habitacional 2008**. Brasília: Secretaria Nacional de Habitação, 2010. 16p.

NUNNALLY, S. W. **Construction methods and management**. 4<sup>th</sup> ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998. 567 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.

SANTOS, D. G.; HEINECK, L. F. M. Seleção de processos construtivos através da segmentação de processos em suas atividades constituintes: caso das vedações verticais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 2006. CD-ROM.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos**: formulação e aplicação de uma metodologia. 1989. 336p. 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.

SERPELL, A. F.; TAPIA, C. M. Improving processes design and selection for construction operations. In: CIB JOINT INTERNATIONAL SYMPOSIUM 2009 – CONSTRUCTION FACING WORLDWIDE CHALLENGES, 2009, Dubrovnik. **Proceedings...** Rotterdam: CIB, 2009. Disponível em: <<http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB15837.pdf>>. Acesso em: 27 mai. 2011.

SILVA, F. B. **Planejamento de processos de construção para a produção industrializada de edifícios habitacionais**: proposta de um modelo. 2012. 203p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. No prelo.

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.

## ÚLTIMOS BOLETINS TÉCNICOS PUBLICADOS

- BT/PCC/579 - Coordenador de projetos de edificações: estudo e proposta para perfil, atividades e autonomia - CLAUDINO LINS NOBREGA JÚNIOR, SILVIO BURRATTINO MELHADO
- BT/PCC/578 - Fundos de investimento imobiliário - Governança corporativa – FERNANDA MARIA FERREIRA, CLAUDIO TAVARES ALENCAR, SÉRGIO ALFREDO ROSA DA SILVA
- BT/PCC/577 - Modalidades de contratos para obras do setor varejista: uma análise crítica – ELISABETE MARIA DE FREITAS, CLAUDIO TAVARES ALENCAR, SÉRGIO ALFREDO ROSA DA SILVA
- BT/PCC/576 - Manutenção baseada em condição aplicada a um sistema de ar condicionado como requisito para sustentabilidade de edifícios de escritórios – MARCOS MARAN, RACINE TADEU ARAUJO PRADO
- BT/PCC/575 - Utilização de métodos não destrutivos e semi destrutivos na avaliação de pontes de concreto - MELQUIADES HERMÓGENES C. SAHUINCO, TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT
- BT/PCC/574 - A evolução das técnicas construtivas em São Paulo: residências unifamiliares de alto padrão – LUANA SATO, FERNANDO HENRIQUE SABBATINI
- BT/PCC/573 - Método para gestão do custo da construção no processo de projeto de edifícios - CILENE MARIA MARQUES GONÇALVES, SILVIO BURRATTINO MELHADO
- BT/PCC/572 - Estrutura de um projeto para produção de alvenarias de vedação com enfoque na construtibilidade e aumento de eficiência na produção - ANA CRISTINA CATAI CHALITA, FERNANDO HENRIQUE SABBATINI
- BT/PCC/571 - Avaliação de pilares de concreto armado colorido de alta resistência, submetidos a elevadas temperaturas - CARLOS AMADO BRITZ, PAULO ROBERTO DO LAGO HELENE
- BT/PCC/570 - Controlando de forma local as propriedades de fibrocimentos fabricados em máquinas Hatschek - CLEBER MARCOS RIBEIRO DIAS, VANDERLEY MOACYR JOHN
- BT/PCC/569 - Metodologia para determinação da demanda de água em matrizes cimentícias processadas por extrusão - YATSEN JEPHTE MALDONADO SOTO, HOLMER SAVASTANO JÚNIOR
- BT/PCC/568 - Desempenho de sistemas de condicionamento de ar com utilização de energia solar em edifícios de escritórios - PAULO JOSÉ SCHIAVON ARA, RACINE TADEU ARAUJO PRADO
- BT/PCC/567 - Avaliação do conforto térmico e do nível de CO<sub>2</sub> em edifícios de escritório com climatização artificial na cidade de São Paulo - ELIANE HAYASHI SUZUKI, RACINE TADEU ARAUJO PRADO
- BT/PCC/566 - Parâmetros e conceitos dos custos de infra-estrutura em uma cidade média - EVANDRO JOSÉ DA SILVA ELOY, LUIZ REYNALDO DE AZEVEDO CARDOSO
- BT/PCC/565 - Método para gestão de portfólios de investimentos em edifícios de escritórios para locação no Brasil - PAOLA TORNERI PORTO, JOÃO DA ROCHA LIMA JÚNIOR
- BT/PCC/564 - Uso da ferramenta AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para análise da oportunidade de imobilização em imóveis corporativos - CAROLINA ANDREA GARISTO GREGÓRIO, JOÃO DA ROCHA LIMA JÚNIOR
- BT/PCC/563 - Influência da origem e do tratamento dos agregados reciclados de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto estrutural - LUCIA HIROMI HIGA MOREIRA, ANTONIO DOMINGUES DE FIGUEIREDO
- BT/PCC/562 - Contribuição à metodologia de avaliação das emissões de dióxido de carbono no ciclo de vida das fachadas de edifícios de escritórios - VANESSA MONTORO TABORANSKI, RACINE TADEU ARAUJO PRADO
- BT/PCC/561 - Desempenho energético e caracterização dos sistemas de aquecimento de água de piscinas – CLAUDIO AZER MALUF, RACINE TADEU ARAUJO PRADO
- BT/PCC/560 - Determinação das condições de operação de um sistema de climatização com distribuição de ar pelo piso instalado em uma sala de aula para a sua melhor efetividade da ventilação - RENATA MARIA MARÊ, BRENDA CHAVES COELHO LEITE

Os demais números desta série estão disponíveis na página <http://publicacoes.pcc.usp.br/> e na Biblioteca de Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP.

**Escola Politécnica da USP -Biblioteca "Prof.Dr. Telêmaco Van Langendorck"  
de Engenharia Civil**

Ed. Paula Souza- Av. Prof. Almeida Prado, Trav.2 n.83 - térreo

Tel: (0XX11) 3091-5204, 3091-9023 **e-mail:** biblioteca.civil@poli.usp.br