

# Análise quantitativa de indicadores de planejamento e controle da produção: impactos do Sistema *Last Planner* e fatores que afetam a sua eficácia

*A quantitative analysis of production planning and control metrics: impacts of the Last Planner System and factors that affect its effectiveness*

Camile Borges Moura  
Carlos Torres Formoso

## Resumo

Diversos esforços têm sido realizados para melhorar o desempenho do processo de planejamento e controle da produção na indústria da construção através da implementação do Sistema *Last Planner* de Controle da Produção. Em que pese a ampla disseminação deste sistema em diversos países, há poucos estudos quantitativos sobre o impacto da sua implementação e sobre os fatores que afetam a sua eficácia. Utilizando uma base de dados existente, o presente trabalho buscou avaliar o impacto da eficácia de sistemas de planejamento e controle da produção, baseados no *Last Planner*, no desempenho de empreendimentos da construção civil quanto ao custo e ao prazo. Foi também analisada a influência de boas práticas de canteiros de obras na eficácia destes sistemas. Apesar de algumas limitações nos dados disponíveis, discutiu-se as evidências sobre o impacto do *Last Planner* no desempenho dos empreendimentos e a importância das boas práticas de canteiros de obras na eficácia do planejamento.

**Palavras-chave:** Planejamento e Controle da Produção. *Last Planner*. Medição de Desempenho.

Camile Borges Moura  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil  
Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul  
Av. Osvaldo Aranha, 99, 3º  
andar  
Centro, Porto Alegre - RS -  
Brasil  
CEP 90035-190  
Tel.: (51) 3308-3518  
E-mail:  
camilemoura@gmail.com

Carlos Torres Formoso  
Programa de Pós Graduação em  
Engenharia Civil  
Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul  
E-mail: formoso@ufrgs.br

Recebido em 22/02/09  
Aceito em 10/09/09

## Abstract

*Much effort has been made for improving the performance of the production planning and control process in the construction industry through the implementation of the Last Planner System of Production Control (LPS). Despite the wide dissemination of Last Planner in different countries, very few quantitative analyses have been undertaken on the impact of its implementation and on the factors that affect its effectiveness. Using an existing database, this study aims to assess the impact of the effectiveness of Last Planner based production planning and control systems on the performance of construction projects in terms of cost and time. This investigation has also analyzed the impact of a set of site management practices on the effectiveness of those planning systems. Several analyses were carried out using regression analysis techniques. In spite of some limitations on the data available, the study discusses the influence of Last Planner on project performance, and of the importance of site management best practices on the effectiveness of planning and control.*

**Keywords:** Production Planning and Control. Last Planner. Performance Measurement.

## Introdução

Inúmeros estudos realizados no Brasil e no exterior indicam que deficiências no processo de planejamento e controle (PCP) estão entre as principais causas da baixa produtividade do setor de construção civil, das suas elevadas perdas e da baixa qualidade dos seus produtos (BALLARD, 1994; LIRA, 1996; FORMOSO *et al.*, 2002). Em que pese a importância do PCP, muitas empresas construtoras apresentam deficiências no mesmo (KOSKELA; BALLARD; HOWELL, 2007). Tais problemas vêm sendo apontados há várias décadas, desde o trabalho seminal de Laufer e Tucker (1987).

A partir de meados dos anos 90, uma nova forma de estruturar o processo de planejamento e controle da produção vem sendo adotada em vários países, incluindo Estados Unidos (BALLARD, 2000), Reino Unido (KOSKELA, 1999), Dinamarca (BERTELSEN, 2003), Brasil (BERNARDES, 2001; COELHO, 2003; SOARES, 2003), Chile (GONZÁLEZ; ALARCÓN; MUNDACA, 2007), Colômbia (BOTERO; ALVAREZ, 2005) e Equador (FIALLO; REVELO, 2002), com base em conceitos e ferramentas desenvolvidas inicialmente por Ballard e Howell (1997a, 1998). Tal abordagem foi denominada de *Last Planner System of Production Control* (LPS) (BALLARD, 2000), sendo a mesma fortemente baseada em conceitos e princípios de gestão da produção freqüentemente associados ao chamado paradigma da produção enxuta<sup>2</sup> (WOMACK; JONES; ROSS, 1992).

O sistema Last Planner utiliza um mecanismo de proteção da produção contra a variabilidade, denominado de shielding production, no nível de planejamento de curto prazo, e a identificação e remoção sistemática de restrições, no nível de médio prazo, que contribui para melhorar a confiabilidade dos fluxos de trabalho (BALLARD, 2000). Este sistema utiliza um conjunto de indicadores de desempenho, sendo o principal deles o percentual de pacotes concluídos<sup>3</sup> (PPC), utilizado para monitorar a eficácia dos planos (BALLARD, 2000).

O LPS vem sendo disseminado em diversos países pelo *International Group for Lean Construction*

(IGLC), criado em 1993. Essa comunidade é constituída por acadêmicos e profissionais do setor da construção civil que estudam e aplicam os princípios da produção enxuta. Ao longo dos anos, muitos trabalhos sobre o LPS foram publicados, principalmente nas conferências anuais do IGLC. Entretanto, a maior parte dos artigos relata pesquisas qualitativas, baseadas em estudos de caso ou pesquisa-ação, focados no processo de implementação, apontando, principalmente, benefícios obtidos em empreendimentos isolados.

Assim, existe uma escassez de estudos de caráter quantitativo que evidenciem os impactos do emprego do LPS ou que apontem, de forma bem fundamentada, os fatores que afetam o sucesso da sua implementação (GONZÁLEZ; ALARCÓN; MUNDACA, 2007). No Brasil, um dos poucos trabalhos visando a analisar quantitativamente dados do LPS foi realizado por Bortolazza (2006), que propôs uma série de procedimentos de coleta e análise de dados para avaliar o impacto do sistema de PCP no desempenho de empreendimentos. Através da técnica de regressão multivariada, o mesmo autor buscou explicar os valores de PPC semanais com base em outras variáveis disponíveis. No entanto, Bortolazza (2006) apontou para a necessidade de dar continuidade a esse tipo de estudo, principalmente no que se refere ao impacto da eficácia do PCP no desempenho de empreendimentos em termos de custo, prazo, qualidade e satisfação do cliente.

O presente artigo tem como objetivo principal avaliar o impacto de sistemas de planejamento e controle da produção baseados no *Last Planner* no desempenho de empreendimentos da construção civil em termos de custo e prazo, utilizando indicadores que são corriqueiramente adotados pelas empresas construtoras. Busca também identificar fatores que afetam a eficácia deste processo a partir de indicadores de boas práticas de planejamento de canteiros.

Este estudo foi realizado como parte do Projeto SISIND-NET, cujo objetivo foi o desenvolvimento e implantação de um sistema de indicadores para realização de benchmarking na indústria da construção (COSTA *et al.*, 2005). Ao longo dos três anos de realização desse projeto, foi construída uma base de dados de indicadores de gestão da produção, em parceria com empresas de construção, a qual foi utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa.

<sup>1</sup> Sistema *Last Planner* de Controle da Produção

<sup>2</sup> Produção Enxuta é um termo utilizado por Womack *et al.* (1992), ao se referir ao novo paradigma de gestão da produção, que tem se disseminado em diferentes indústrias, a partir de idéias originalmente desenvolvidas na *Toyota Motors* (Sistema Toyota de Produção).

<sup>3</sup> Em inglês é utilizada a expressão *percentage of plans completed* que também é traduzido por "percentagem de planos concluídos".

## Sistema *Last Planner*

Ballard (2000) afirma que o Sistema *Last Planner* (LPS) visa a criar um ambiente de produção confiável através da redução da variabilidade do fluxo de trabalho. Fluxo de trabalho é definido pelo mesmo autor como o movimento de informações e materiais através das unidades de produção (em contraposição ao fluxo dentro de cada unidade de produção), nas quais os mesmos são processados (BALLARD, 2000). No caso da construção civil, as unidades de produção (equipes) são móveis e o fluxo de trabalho é definido pelo movimento dessas equipes (BALLARD; 2000).

No LPS, existe uma hierarquização do processo de planejamento, conforme proposto por Laufer e Tucker (1987), de forma a evitar o excessivo detalhamento dos planos nas etapas iniciais do empreendimento. No *Last Planner*, o PCP normalmente está dividido em três níveis: planejamento de longo prazo (*master planning*<sup>4</sup>), planejamento de médio prazo (*look-ahead planning*<sup>5</sup>) e planejamento de curto prazo (*commitment planning*<sup>6</sup>).

O planejamento mestre deve estabelecer alguns objetivos globais e restrições que norteiam o empreendimento como um todo (BALLARD, 2000). Nesse nível, define-se o seqüenciamento, a duração e o ritmo das grandes etapas da obra.

O planejamento *look-ahead* tem várias funções, entre as quais se destaca o controle dos fluxos de trabalho entre as unidades de produção, através da identificação e remoção sistemática das restrições (BALLARD, 1997) Através desse mecanismo, busca-se reduzir a variabilidade nos fluxos de trabalho à montante, evitando que a mesma se propague para as unidades de produção à jusante, ao longo desses fluxos (KOSKELA, 1999). Através da redução da variabilidade nas unidades de produção e nos fluxos de trabalho, busca-se evitar que o mesmo seja interrompido ou realizado em condições inadequadas (BALLARD; HOWELL, 1997b; KOSKELA, 2004). Com isto, pode-se esperar um aumento de produtividade das unidades de produção e, assim, uma melhoria no desempenho do empreendimento como um todo, através da redução de custos e de prazos (BALLARD; HOWELL, 1998).

O terceiro e último nível tem como papel principal atribuir pacotes de trabalho às equipes e gerenciar os compromissos com as mesmas, em relação ao que vai ser feito, após a avaliação do que pode e do que deve

ser feito, baseados nos recursos disponíveis e no cumprimento de pré-requisitos (BALLARD; HOWELL, 1998). O nome do sistema, *Last Planner*<sup>7</sup>, é uma alusão a quem, em última instância, define as tarefas a serem executadas no nível de curto prazo. Assim, no LPS, novos planos são gerados, de forma participativa, à medida que são obtidas informações adicionais sobre os objetivos do empreendimento ou sobre o status do sistema de produção.

A proteção da produção se dá no momento da elaboração dos planos semanais de produção, ao se garantir que apenas sejam incluídas tarefas que tenham todas as suas restrições removidas, incluindo a disponibilidade de recursos (materiais, mão de obra, equipamentos, projeto, espaço, entre outros) e a conclusão das atividades antecedentes (BALLARD, 2000). Além disso, as atividades incluídas nos planos de curto prazo devem atender a outros requisitos de qualidade:

- (a) devem ser bem definidas;
- (b) o seqüenciamento de atividades estabelecido nos níveis superiores de planejamento deve ser atendido;
- (c) as equipes devem ser bem dimensionadas, e
- (d) a partir da análise das causas das falhas dos planos anteriores, deve-se buscar a introdução de melhorias (BALLARD; HOWELL, 1998).

O PPC é o principal indicador deste nível do planejamento, sendo calculado pela relação entre o número de pacotes de trabalho 100% concluídos e o número total de pacotes programados naquela semana, conforme indica a Fórmula 1:

$$PPC = \frac{\text{n}^\circ \text{ de Pacotes 100\% concluídos}}{\text{n}^\circ \text{ de Pacotes Planejados}} \times 100 \quad (1)$$

Para Ballard (2000), o PPC pode ser considerado uma medida de eficácia do sistema de gestão da produção no nível operacional. Segundo o mesmo autor, partindo-se do pressuposto de que os requisitos de qualidade do plano semanal foram atendidos e as restrições são sistematicamente identificadas e removidas no nível de médio prazo, um elevado PPC indica que o sistema de produção tem elevada confiabilidade. Dada a incerteza e variabilidade que normalmente existe na construção civil, dificilmente o PPC alcança médias muito próximas de 100%.

Juntamente com o PPC, devem ser identificadas nas reuniões de planejamento de curto prazo as causas da não conclusão dos pacotes de trabalho<sup>8</sup>

<sup>4</sup> Planejamento mestre

<sup>5</sup> Planejamento para olhar à frente

<sup>6</sup> Planejamento de comprometimento

<sup>7</sup> *Last Planner*: último planejador

<sup>8</sup> Em inglês utiliza-se a expressão *causes for the non-completion of work packages*, que também é traduzida por "causas do não cumprimento dos planos".

(BALLARD; HOWELL, 1998). Estas informações têm grande importância na identificação dos principais problemas que afetam a confiabilidade do sistema de produção, podendo servir de base para a melhoria contínua. Por ser de fácil compreensão tanto o PPC como as causas da não conclusão dos pacotes de trabalho são indicadores muito utilizados por empresas do setor da construção civil, sendo adotado pela maioria das empresas envolvidas no projeto SISIND-NET (COSTA *et al.*, 2005).

Em que pese a ampla utilização do PPC, devem ser destacadas algumas das limitações deste indicador, principalmente se os requisitos de qualidade propostos por Ballard e Howell (1998) não forem adequadamente aplicados. Por exemplo, é possível aumentar artificialmente este indicador através do estabelecimento de metas semanais de avanço físico inferiores à capacidade das equipes de produção. Este problema somente é detectado se existe um controle rigoroso da relação entre capacidade das equipes e a carga de trabalho atribuída às mesmas. Além disto, o valor do PPC pode ser afetado pelo grau de detalhamento dos planos: se uma determinada tarefa é dividida em pequenos pacotes de trabalho, o valor do PPC tende a ser maior em comparação à situação na qual é definido um pacote único para cada tarefa. Finalmente, se um pacote não é adequadamente definido, a avaliação da sua conclusão pode ser afetada por fatores subjetivos. Tais problemas foram observados em algumas empresas participantes do projeto SISIND-NET (COSTA *et al.*, 2005).

Em relação às causas da não conclusão dos pacotes de trabalho, a principal distorção que pode ocorrer é a não identificação das causas-raiz dos problemas existentes. Isto ocorre em geral quando

a reunião de planejamento de curto prazo não é adequadamente conduzida de forma a permitir a participação de todos na indicação destas causas.

## Método de pesquisa

A pesquisa foi dividida em três grandes etapas, conforme mostra a Figura 1.

O trabalho iniciou com um levantamento dos dados disponíveis na base de dados do Projeto SISIND-NET. Neste levantamento fez-se uma análise geral do conteúdo desta base e, após, uma triagem dos dados a serem efetivamente utilizados no presente estudo. Foram selecionadas aquelas obras cujos dados foram considerados consistentes e rastreáveis.

Todos os dados foram cedidos por empresas envolvidas no projeto SISIND-NET, que haviam recebido um treinamento referente à coleta, processamento e análise dos indicadores de desempenho envolvidos. Os dados desta base eram enviados diretamente pelas empresas através de um sistema *on-line* através da internet. Entretanto, os dados eram submetidos a um processo de validação antes de serem definitivamente inseridos na base de dados. Esta validação envolvia duas principais atividades:

- (a) uma análise estatística preliminar visando a identificar inconsistências nos dados inseridos; e
- (b) realização de visitas a empresas de construção com o objetivo de verificar a qualidade dos dados fornecidos, investigar a possibilidade de obtenção de dados adicionais, e discutir os resultados obtidos até o momento.

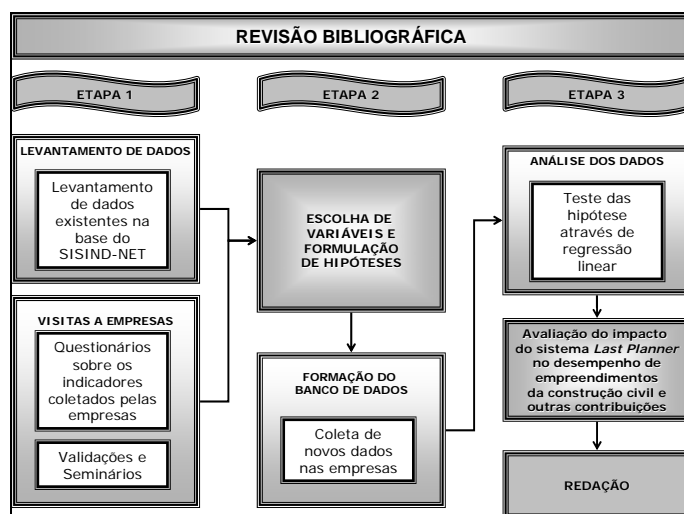


Figura 1 - Delineamento da pesquisa

Ao longo da realização desta etapa também foram realizadas visitas adicionais a algumas empresas para verificar a disponibilidade de novos dados, ainda não inseridos no sistema. Foram realizados também alguns seminários dirigidos às empresas envolvidas no projeto, nos quais os dados disponíveis foram apresentados e discutidos.

Na segunda etapa da pesquisa, fez-se a escolha das variáveis e formulação de hipóteses. Em seguida, buscaram-se alguns dados adicionais junto às empresas, possibilitando a montagem do banco de dados efetivamente utilizado nesta pesquisa.

Depois de formuladas as hipóteses e ajustadas todas as variáveis do banco de dados, iniciou-se a terceira etapa do trabalho, composta pela análise dos dados através da técnica de regressão linear. Com isso, chegou-se aos resultados, relacionados à análise do impacto do *Last Planner* no desempenho de empreendimentos de construção e também à identificação de fatores que contribuem para aumentar a eficácia do planejamento. Paralelamente às três etapas foi realizada uma revisão bibliográfica.

## Indicadores

Cinco indicadores existentes na base de dados do Projeto SISIND-NET foram utilizados para testar as hipóteses selecionadas. O PPC foi escolhido como indicador de eficácia do processo de planejamento e controle da produção, em função do seu papel na implementação do LPS, conforme citado anteriormente. Em algumas análises também foram utilizados os percentuais das causas da não conclusão dos pacotes de trabalho.

Para a avaliação do desempenho do empreendimento, foram utilizados dois indicadores, os quais são obtidos mensalmente a partir de uma curva “S” de controle de avanço físico da obra, que relaciona prazos com custos incorridos (KENLEY, 2003). O indicador de desvio de custos (DC\*) é dado pela relação entre o custo incorrido e o custo orçado (Fórmula 2), enquanto o indicador de desvio de prazo (DP\*) é obtido a partir da aplicação do *Earned Value Method*<sup>9</sup> (EVM), através do qual é comparado o avanço físico esperado com o avanço físico real, medido em dias (Fórmula 3).

$$DC^* = \frac{(\text{Custo Real} - \text{Custo Orçado})}{\text{Custo Orçado}} \times 100 \quad (2)$$

<sup>9</sup> O *Earned Value Method* (método do valor ganho) tem como procedimento fundamental a atribuição de um percentual do avanço físico a cada atividade, com base no seu custo ou no número de homens-hora estimado (KENLEY, 2003)

$$DP^* = \frac{(\text{Prazo Real} - \text{Prazo Previsto})}{\text{Prazo Previsto}} \times 100 \quad (3)$$

Quanto maior o DC\*, menor tende a ser o desempenho do empreendimento em termos de custo. Em relação ao DP\*, em muitos empreendimentos, quanto mais próximo de zero, melhor o desempenho em relação ao prazo. Entretanto, existem casos específicos nos quais o cliente deseja receber a obra o mais rápido possível – nestes casos, quanto maior o indicador, melhor o desempenho do empreendimento.

Ambos os indicadores são amplamente utilizados pelas empresas do setor, sendo, por esta razão, adotado no Projeto SISIND-NET para a realização de *benchmarking* (COSTA *et al.*, 2005). Estes indicadores possuem algumas limitações que são inerentes ao EVM (TURNER, 1993), principalmente em função do fato de que sua aplicação pode incentivar as equipes a realizar primeiramente as tarefas que são mais fáceis de serem executadas (KIM; BALLARD, 2001). Esta distorção é minimizada à medida que a divisão da obra em pacotes de trabalho e a definição de seu seqüenciamento são estabelecidas em detalhe e seu controle é efetuado pelo LPS.

Finalmente, o IBP, proposto inicialmente por Saurin (1997), é um indicador que tem como objetivo avaliar o grau de organização do canteiro de obras, a partir da aplicação de uma lista de verificação de boas práticas. Esta lista possuía originalmente 127 itens, classificados em três grandes categorias:

- (a) instalações provisórias;
- (b) segurança do trabalho; e
- (c) sistema de movimentação e armazenamento de materiais. Várias revisões foram realizadas nessa lista ao longo do tempo.

No projeto SISIND-NET propôs-se uma lista com 162 itens, que foi adotada como padrão para as empresas participantes do mesmo (COSTA *et al.*, 2005). Uma das principais alterações sofridas foi a adição de um quarto item, relativo à gestão dos resíduos sólidos no canteiro, uma vez que este passou a ser um importante item na gestão de canteiros de obras nos últimos anos. O IBP é calculado pela Fórmula 4, a qual é também utilizada para calcular sub-índices para cada um dos grandes itens, sendo que seu valor varia de uma escala de zero a dez.

$$IBP = \sum \frac{\text{Pontos Obtidos}}{\text{Pontos Avaliados}} \times 10 \quad (4)$$

## Hipóteses

Foram formuladas diversas hipóteses a partir da proposição inicial, fundamentada na bibliografia, de que o desempenho do empreendimento é influenciado positivamente pela eficácia do planejamento e controle da produção, que é medido pelo PPC em sistemas que adotam as práticas fundamentais do *Last Planner*.

Foram também formuladas algumas hipóteses, através das quais se procurou investigar os fatores que afetam a confiabilidade do planejamento e controle da produção, através da análise das causas da não conclusão de pacotes de trabalho ou da aplicação das boas práticas de canteiros de obras.

A seguir, são apresentadas as hipóteses formuladas para o presente trabalho:

- (a) Hipótese 1a: quanto maior a eficácia do planejamento, medida pelo PPC, melhor tende a ser o desempenho em relação a custos, medido pelo indicador DC;
- (b) Hipótese 1b: quanto maior incidência de uma determinada causa da não conclusão dos pacotes de trabalho, pior tende a ser o desempenho em relação a custos, medido pelo indicador DC;
- (c) Hipótese 2a: quanto maior a eficácia do planejamento, medida pelo PPC, melhor tende a ser o desempenho em relação a prazos, medido pelo indicador DP;
- (d) Hipótese 2b: quanto maior incidência de uma determinada causa da não conclusão dos pacotes de trabalho, pior tende a ser o desempenho em relação a prazos, medido pelo indicador DP;
- (e) Hipótese 3a: a aplicação de boas práticas em canteiros de obras, medida pelo índice de boas práticas de canteiros (IBP), contribui para melhorar a eficácia do planejamento, medida pelo PPC;
- (f) Hipótese 3b: a aplicação de boas práticas em canteiros de obras, medida pelo IBP, tende a reduzir a incidência de causas da não conclusão dos pacotes de trabalho.

## Preparação dos dados

Antes de iniciar a análise dos dados, um grande esforço foi despendido na preparação da base de dados. Optou-se por adotar o mês como período de análise. Assim, o PPC, que é coletado semanalmente, teve que ser convertido para a base mensal através do cálculo da média de 4 ou 5 semanas. No caso do DC\*, DP\* e IBP, não houve necessidade de conversão, pois a frequência de coleta já era mensal.

Além disto, por haver diferentes escalas nos indicadores escolhidos para este estudo, o PPC, o DC\* e o DP\* foram transformados uma escala de zero a dez, a mesma adotada para o IBP. No caso do indicador de não conclusão dos pacotes de trabalho, por ser medido pelo número de incidências, não se alterou a escala. No caso do PPC, o valor do indicador foi multiplicado por  $10^{10}$ , enquanto para o DP\* e DC\* considerou-se zero a pior situação e dez a melhor<sup>11</sup>. Estes dois últimos indicadores passaram a ser designados, respectivamente, de DC e DP. No caso específico do DP, considerou-se como melhor situação o menor valor de DP\*, ou seja, quando a obra era entregue o mais cedo possível em relação ao prazo contratual.

A Tabela 1 apresenta uma caracterização dos dados disponíveis para cada indicador. Cada caso representa o conjunto de dados disponíveis em uma obra num determinado mês. Nem sempre cada caso tem todos os indicadores disponíveis, uma vez que nem todos os dados eram coletados em todas as obras em todas as semanas. Para cada análise são considerados apenas os casos que tenham completos os dados em questão.

No total, obtiveram-se dados de 119 obras, executadas entre 2002 e 2007. Pode-se observar que os indicadores DC e DP foram obtidos apenas em uma e duas empresas, respectivamente, o que limitou o teste das hipóteses correspondentes. Assim, algumas análises foram feitas somente para uma ou duas destas empresas, denominadas Empresa A e Empresa C, neste estudo. A primeira atua no segmento de incorporações imobiliárias a preço fechado de empreendimentos comerciais e, principalmente, residenciais, enquanto a segunda atua em uma gama de empreendimentos muito mais variada, com destaque para empreendimentos industriais, comerciais e hospitalares para clientes privados. Os dados da amostra foram também classificados segundo quatro nichos de mercado, conforme indica a Tabela 2.

<sup>10</sup> Neste cálculo considerou-se o valor absoluto do PPC. Por exemplo, o PPC de 90% (0,9) passou a ter o valor de 9.

<sup>11</sup> Para efetuar esta alteração, os valores intermediários do DC e do DP foram calculados através de interpolação. Por exemplo, para o DC, o valor mínimo era de -100,00% e o máximo 68,09%, sendo que o valor negativo representa um melhor resultado e o positivo um pior resultado. Fez-se uma regra de três inversa para que o valor zero correspondesse à pior situação e o valor dez à melhor situação. Assim, os valores do desvio de custo foi calculado pela seguinte fórmula:  $DC = (DC^* (\%) - 68,09\%) / -168,09 \times 10$ .

Variável	Empresas	Obras	Casos
TOTAL	28	119	868
IBP	19	69	375
PPC e causas	19	75	512
DC	1	29	181
DP	2	36	242

Tabela 1 - Caracterização dos dados disponíveis para cada indicador

	Incorporações residenciais ou comerciais		Obras industriais e comerciais para clientes privados		Obras públicas diversas		Obras de habitação de interesse social		Total
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	
<b>Empresas</b>	15	53,57%	8	28,57%	4	14,29%	6	21,43%	28
<b>Obras</b>	37	31,09%	55	46,22%	4	3,36%	23	19,33%	119
<b>Casos</b>	371	42,74%	373	42,97%	13	1,50%	111	12,79%	868

Obs.: O somatório das percentagens de empresas é maior que 100% porque algumas delas atuam em mais de um nicho de mercado. As obras públicas diversas não incluem empreendimentos de habitação de interesse social.

Tabela 2 - Classificação dos dados por nicho de mercado

## Análise dos dados

A análise de dados envolveu três etapas:

- análise descritiva das variáveis selecionadas;
- análise de correlação de Pearson para avaliar o grau de relacionamento entre duas variáveis (DOWNING; CLARK, 2005); e
- aplicação da técnica da regressão multivariada para descobrir a relação entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes (HAIR *et al.*, 2005).

Além disso, foram feitos testes de normalidade dos resíduos da regressão para avaliar a coerência dos resultados. Para a realização das análises foi utilizado *software* SPSS<sup>12</sup>.

A técnica de regressão multivariada foi utilizada, por ser, segundo Hair *et al.* (2005), a mais adequada para analisar uma única relação de dependência entre variáveis métricas. A avaliação da precisão da equação de regressão foi realizada através do método dos mínimos quadrados, sendo que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) representa a porcentagem da variável dependente que é explicada pelas independentes (HAIR *et al.*, 2005).

## Resultados

A apresentação dos resultados está dividida em duas partes. Inicialmente, são apresentados dados descritivos dos cinco indicadores levantados. Na segunda parte, são apresentados os resultados dos testes de hipóteses através da técnica de regressão linear.

### Análise descritiva

#### Percentual de Pacotes Concluídos (PPC)

A amostra para este indicador é composta por 512 casos de 75 obras, pertencentes a 19 empresas. A Tabela 3 apresenta algumas estatísticas básicas para toda a amostra.

Pode-se observar que o PPC médio é menor para os nichos de obras industriais e comerciais e habitação de interesse social. No primeiro caso, o baixo PPC pode ser explicado pelo fato de que este tipo de obra é caracterizado por alta complexidade, curto prazo de execução e grande incerteza. No caso das obras de habitação de interesse social, as empresas são de pequeno porte, muitas das quais apresentam dificuldade de implementação de sistemas de planejamento baseados no LPS (COELHO, 2003; SCHRAMM, 2004; ANDRADE, 2005). Estes indicadores são da mesma ordem de grandeza daqueles apresentados em outros estudos quantitativos (BORTOLAZZA, 2006; ALARCÓN *et al.*, 2005; BOTERO; ALVAREZ, 2005).

<sup>12</sup> Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, 2009)

	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Todas as obras</b>	512	7,51	7,60	2,21	10,00
<b>Incorporações residenciais e comerciais</b>	205	7,78	8,10	2,21	9,72
<b>Industriais e comerciais para clientes privados</b>	218	7,36	7,28	2,92	10,00
<b>Obras públicas diversas</b>	13	7,49	7,53	3,33	9,06
<b>Habitação de interesse social</b>	76	7,21	7,36	3,68	9,17

Tabela 3 - Estatísticas básicas da Percentagem de Pacotes Concluídos (PPC)

### Causas da não conclusão dos pacotes de trabalho

As causas da não conclusão dos pacotes de trabalho foram classificadas em oito categorias, adotando-se a classificação utilizada por Bortolazza (2006): mão-de-obra, materiais, equipamentos, projeto, planejamento, interferência do cliente, problemas meteorológicos, e fornecedores. A Figura 2 apresenta os percentuais médios para cada uma destas categorias. Da mesma forma que no estudo de Bortolazza (2006), as duas categorias de causas com maior número de ocorrência são mão-de-obra (42%) e planejamento (28%).

Pode-se também constatar que 81% dos problemas são de origem predominantemente interna (inclui as categorias mão-de-obra, materiais, equipamento, projeto e planejamento), enquanto somente 19% são de origem externa (interferência do cliente, problemas meteorológicos e fornecedores). Estes números indicam que existe, em geral, um grande potencial de melhoria no desempenho do PCP, pois a maioria dos problemas são

predominantemente internos à organização. Este resultado é coerente com o que se tem observado em outros levantamentos quantitativos. No estudo de Bortolazza (2006), o percentual de problemas internos atingiu 77%, enquanto no estudo de Botero e Alvarez (2005), realizado na Colômbia, este percentual atingiu 63%. Ballard (1997), em um estudo realizado nos Estados Unidos, relatou ser mais de 80% as causas de origem interna.

### Desvio de Custo e Desvio de Prazo

Os dados de DC utilizados neste trabalho são referentes apenas à empresa C, totalizando 178 casos pertencentes a 28 obras (Tabela 4). O indicador de desvio de custo médio foi a 8,15.

O indicador de desvio de prazo foi disponibilizado apenas pelas empresas A e C, e constitui uma amostra de 242 casos referentes a 36 diferentes obras. Na Tabela 5 abaixo se apresentam as estatísticas básicas para o desvio de prazo acumulado de cada uma das duas empresas.



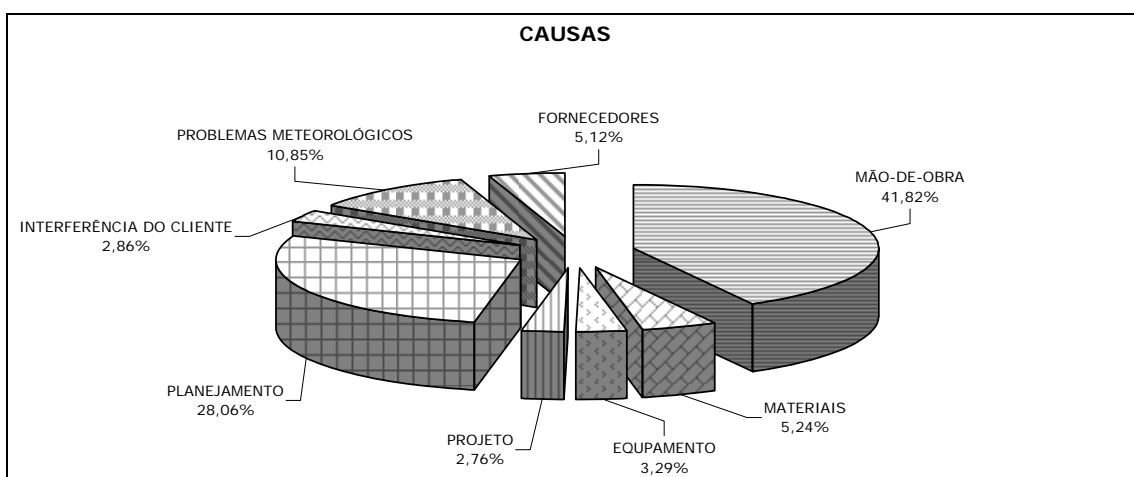


Figura 2 - Distribuição das causas da não conclusão das tarefas por grupos

	N	Média	Mediana	Mínimo	Máxima
<b>DC</b>	178,00	8,15	8,36	0,00	10,00

Tabela 4 - Estatísticas básicas do Desvio de Custo (DC)

	N	Média	Mediana	Mínimo	Máxima
<b>Empresa A</b>	69,00	9,29	9,29	9,24	9,32
<b>Empresa C</b>	173,00	8,55	8,95	0,00	10,00

Tabela 5 - Estatísticas básicas do Desvio de Prazo (DP) por empresa

### Índice de Boas Práticas em Canteiros de Obras (IBP)

O IBP teve registro de 375 casos, totalizando 69 obras de 19 empresas. As práticas classificadas no item gestão ambiental foram desconsideradas, devido ao pequeno número de obras que possuíam dados referentes ao mesmo. Na Tabela 6 estão apresentadas as principais estatísticas básicas do IBP.

Pode-se constatar que o item C, sistema de movimentação e armazenamento de materiais, possui a média mais baixa dentre os três. Paradoxalmente, essa categoria de práticas é a que tem o maior potencial para contribuir para a eliminação de atividades que não agregam valor, podendo exercer uma forte influência na eficácia do PCP e na produtividade das equipes.

Os valores de IBP da amostra estudada são bastante superiores àqueles encontrados em outros estudos, indicando que as obras estudadas são, em média, relativamente bem organizadas. No estudo de Saurin e Formoso (2000), realizado em 40 obras em diferentes cidades do Rio Grande do Sul o IBP médio foi de 5,10, enquanto no estudo de Souza (2005), em 41 obras de Porto Alegre, este índice atingiu a média de 5,91.

### Testes de hipótese

#### Teste das hipóteses 1a e 1b

Nesta análise o DC foi considerado como a variável dependente e o PPC e a percentagem de causas da não conclusão das tarefas as variáveis independentes. Havia na base de dados 51 casos de 10 obras, todas da empresa C.

Realizou-se o teste de correlação de Pearson entre PPC e DC e alcançou-se um valor  $p$  abaixo de 0,05, caracterizando que existe uma correlação linear entre as duas variáveis. Após, partiu-se para a regressão linear das duas variáveis, cujos resultados encontram-se no Quadro 1. Apenas 8% da variável independente é capaz de explicar a variável dependente, ou seja, o desvio de custo pode ser explicado pelo PPC em menos de 10%. De fato, analisando-se visualmente a Figura 3, parece não haver uma expressiva correlação entre essas duas variáveis.

Apesar de o teste de normalidade dos resíduos ratificar a normalidade, devido aos baixos valores da regressão linear e a falta de valores de referência, o resultado dessa análise não é conclusivo, devendo esta correlação ser melhor investigada em trabalhos futuros.

	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
IBP	7,90	8,20	2,80	9,80
A) Instalações provisórias	8,22	8,60	1,90	10,00
B) Segurança da obra	7,86	8,30	0,50	10,00
C) Sistema de movimentação e armazenamento de materiais	7,61	7,80	0,00	10,00

Tabela 6 - Estatísticas básicas do Índice de Boas Práticas de Canteiros de Obras (IBP) e de seus subitens

Resumo do modelo			
R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	Erro de estimativa padrão
0,284	0,080	0,062	2,563

ANOVA					
	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F	Sig.
Regressão	28,142	1	28,142	4,285	0,044
Resíduo	321,838	49	6,568		
Total	349,980	50			

Coeficientes					
	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.
	B	Erro padrão	Beta		
Constante	1,481	2,008		0,737	0,464
PPC	0,656	0,317	0,284	2,070	0,044

Quadro 1 - Regressão linear PPC x DC (Empresa C, sem dados espúrios)

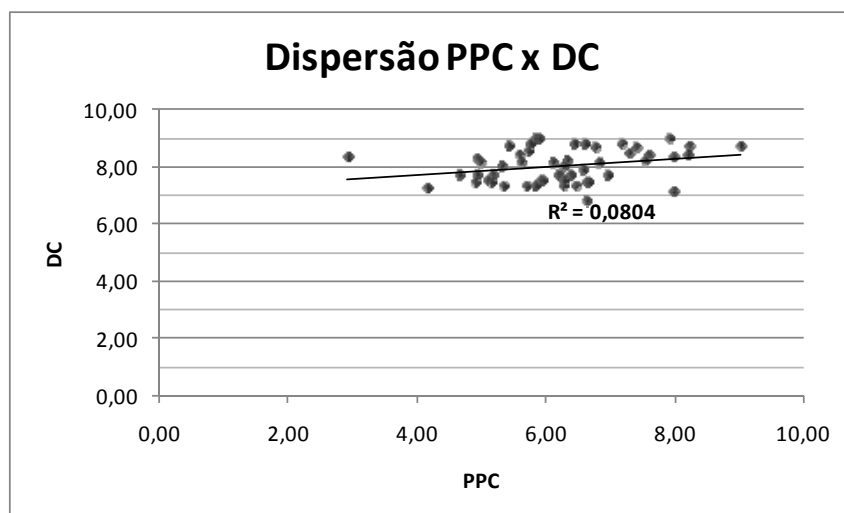


Figura 3 - Gráfico de dispersão PPC x DC (Empresa C)

Foi também testada a correlação entre as causas da não conclusão dos pacotes de trabalho e o DC. Aplicaram-se testes de correlação entre DC e as causas individuais, agrupadas em oito categorias, bem como agrupadas em internas e externas. No Quadro 2 são apresentadas apenas as causas

individuais que obtiveram maior correlação com DC ( $p < 0,05$ ). Em relação aos grupos de causas, os que apresentaram correlação com DC foram mão de obra, planejamento e projeto.

No teste de modelos de regressão para as causas separadas, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) desse modelo ficou em torno de 45% (Quadro 3). Ou seja, quanto maior a incidência de problemas relativos a absenteísmo, falta de programação de materiais, gerência do serviço e indefinição por parte do cliente, pior deve ser o desempenho dos empreendimentos no que diz respeito aos custos. Curiosamente, apenas a primeira e a terceira pertencem às categorias de causas que têm maior incidência: mão-de-obra e planejamento, respectivamente.

Para a análise feita para as causas agrupadas em oito grupos, o modelo que melhor se ajustou está no Quadro 4 abaixo. Nesse caso o coeficiente de determinação foi muito baixo, sendo que a variável independente “mão-de-obra” é responsável pela explicação de pouco mais de 10% da variável dependente (DC). Nos modelos que se utilizaram como variáveis independentes

as causas classificadas em internas e externas, o coeficiente de determinação foi também baixo, da ordem de 15%.

Assim, dentre os modelos testados, o que teve maior poder de estimação do DC foi o modelo no qual se considerou cada uma das causas separadamente. Este tipo de modelo pode dar indicações sobre os problemas que devem ser eliminados, para que uma determinada empresa melhore o seu desempenho no que diz respeito ao custo. Por exemplo, chama a atenção nos modelos testados a importância de problemas relacionados a projeto, apesar destes representarem apenas uma pequena parcela das causas da não conclusão dos planos (em média 3%). De fato, este é um problema típico do nicho de mercado da Empresa C atua, no qual em geral há grande simultaneidade entre projeto e produção.

		Absenteísmo	Falta de programação de materiais	Falta de projeto	Modificações dos planos	Problema na gerência do serviço	Indefinição por parte do cliente (projeto e/ou execução)
DC	Corr. Pearson	-0,332	-0,310	-0,360	-0,382	-0,433	-0,346
	Sig.	0,017	0,027	0,010	0,006	0,002	0,013
	N	51	51	51	51	51	51

Quadro 2 - Correlação linear DC x Causas da não conclusão dos pacotes (Empresa C, sem dados espúrios)

Resumo do modelo			
R	$R^2$	$R^2$ ajustado	Erro de estimativa padrão
0,666	0,443	0,395	2,058

ANOVA					
	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F	Sig.
Regressão	155,157	4	38,789	9,159	0,000
Resíduo	194,822	46	4,235		
Total	349,980	50			

Coeficientes					
	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.
	B	Erro padrão	Beta		
Constante	7,549	0,444		17,004	0,000
Absenteísmo	-0,129	0,045	-0,320	-2,844	0,007
Falta de programação de materiais	-0,584	0,274	-0,239	-2,134	0,038
Problema na gerência do serviço	-0,220	0,080	-0,312	-2,751	0,008
Indefinição por parte do cliente (projeto e/ou execução)	-0,535	0,162	-0,369	-3,298	0,002

Quadro 3 - Regressão linear DC x Causas da não conclusão dos pacotes de trabalho (Empresa C)

Resumo do modelo			
R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	Erro de estimativa padrão
0,366	0,134	0,116	2,487

ANOVA					
	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F	Sig.
Regressão	46,933	1	46,933	7,589	0,008
Resíduo	303,047	49	6,185		
Total	349,980	50			

Coeficientes					
	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.
	B	Erro padrão	Beta		
Constante	6,874	0,587		11,701	0,000
Mão-de-Obra	-0,069	0,025	-0,366	-2,755	0,008

Quadro 4 - Regressão linear DC x Grupos de causas (Empresa C)

Apesar de alguns coeficientes de correlação serem relativamente baixos, é importante ressaltar a consistência dos dados em termos de sinais dos coeficientes, que se comportam, em sua maioria, de acordo com o que se supunha na hipótese.

#### Teste das hipóteses 2a e 2b

Nesta análise considerou-se o DP a variável dependente, e o PPC e as causas da não conclusão das tarefas as variáveis independentes. Optou-se por analisar separadamente os dados das empresas A e C, visando a eliminar alguns fatores que poderiam prejudicar o ajuste do modelo, devido à grande diferença entre os nichos de mercado nos quais estas duas empresas atuam.

O gráfico de dispersão entre os indicadores DP e PPC da Empresa A está apresentado na Figura 4. Pode-se perceber que o valor do DP na empresa A é muito próximo de 10, independente do valor do PPC, indicando um alto desempenho em termos de cumprimento de prazo para todas as obras analisadas. Isso pode ser explicado pelo prazo relativamente longo de execução das obras desta empresa, fortemente ditado pela capacidade de pagamento dos seus clientes. Além disto, as obras da Empresa A tendem a ser muito semelhantes, existindo uma forte padronização na seqüência de execução, o que facilita o controle e a previsão de prazos de execução dessas obras.

Em que pese as limitações da análise dos resultados encontrados nas correlações entre PPC e DP, a comparação entre as Figuras 4 e 5 pode indicar que o impacto da eficácia do PCP é mais percebido em obras mais complexas, com grande incerteza e com curto prazo de execução, como é o caso das obras da empresa C, mas não em obras

de incorporação, que têm menos incerteza, possuem prazos maiores e são mais simples, como é o caso das obras da empresa A. Vale ressaltar que o impacto do tipo de obra deve ser investigado em mais profundidade, já que foram analisados dados provenientes de apenas duas empresas.

Em relação às causas da não conclusão dos pacotes de trabalho, foram feitas análises somente para a Empresa C. Aplicaram-se testes de correlação de Pearson entre o DP e as causas individuais, agrupadas em oito categorias, bem como agrupadas em internas e externas. No Quadro 5 são apresentadas apenas as causas que obtiveram correlação com DP ( $p < 0,05$ ). Em relação aos grupos de causas, o que apresentou maior correlação com o DP foi “interferência por parte do cliente”.

O passo seguinte foi produzir modelos de regressão que pudessem relacionar o desvio de prazo com as causas que estavam correlacionadas ao mesmo. Para a regressão entre DP e as causas separadamente, o modelo que melhor se ajustou é apresentado no Quadro 5. Neste modelo, as duas causas incluídas, “má qualidade do projeto” e “indefinição por parte do cliente” são capazes de explicar cerca de 51% do desvio de prazo. Este resultado é coerente com as características do segmento de obras industriais e comerciais, no qual a Empresa C atua. Nestas obras existem muitas interferências por parte dos clientes e há necessidade de simultaneidade entre as etapas de projeto e produção. O modelo oferece indícios de que esses problemas devem ser foco de atenção por parte da gerência das obras, de forma a influenciar positivamente o cumprimento dos prazos.

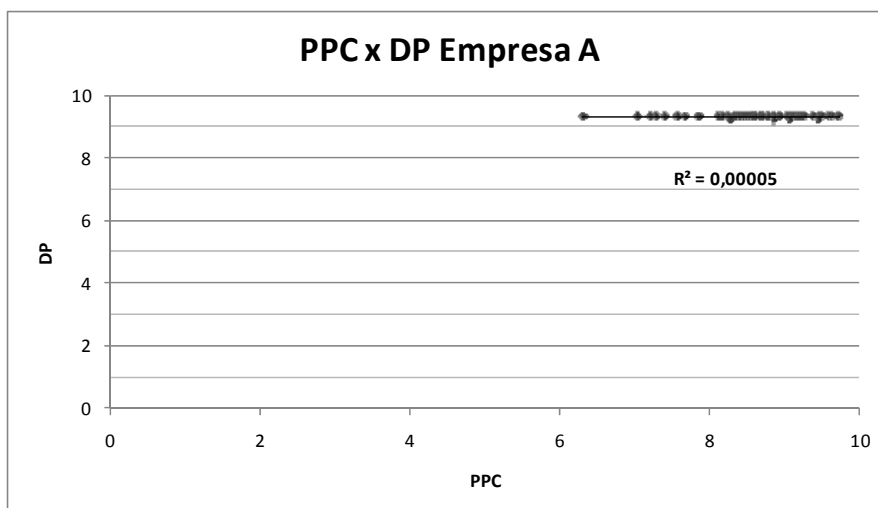


Figura 4 - Gráfico de dispersão PPC x DP (Empresa A)

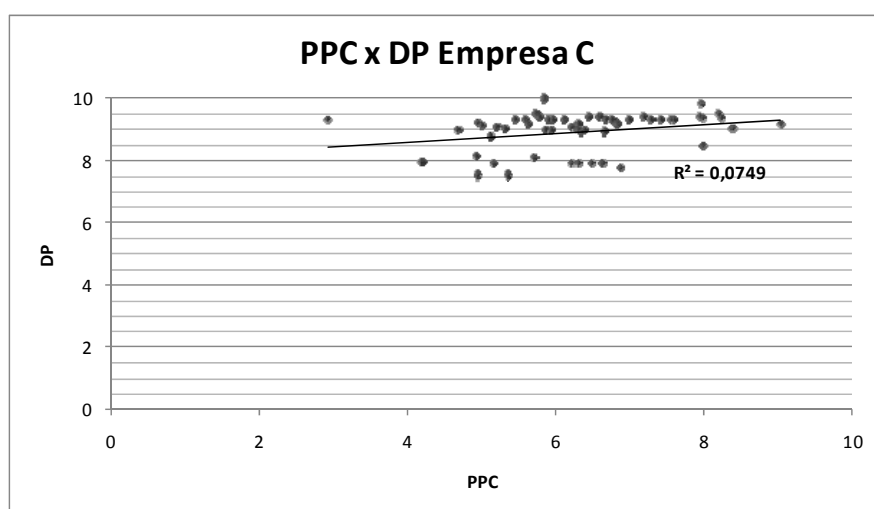


Figura 5 - Gráfico de dispersão PPC x DP (Empresa C)

		Má qualidade do projeto	Modificações dos planos	Indefinição por parte do cliente (projeto e/ou execução)
DP	Corr. Pearson	-0,280	-0,472	-0,647
	Sig.	0,037	0,000	0,000
	N	56	56	56

Quadro 5 - Correlação Linear DP x Causas da não conclusão dos pacotes de trabalho (Empresa C)

Para a análise feita para as causas agrupadas em oito grupos, o modelo de regressão tem um coeficiente de determinação bastante baixo, tendo um poder de explicação de apenas 10% do desvio de prazo. Portanto, da mesma forma que na análise realizada para o desvio de custo, o melhor modelo de regressão é aquele em que se consideram as causas da não conclusão dos pacotes de trabalho separadamente.

### Teste da hipótese 3

Nesta análise o PPC e as causas da não conclusão dos pacotes de trabalho são as variáveis dependentes e o IBP e seus subitens as variáveis

independentes. O tamanho da amostra foi de 244 casos, referentes a 40 obras de oito diferentes empresas.

A Figura 6 apresenta um gráfico de dispersão entre PPC e IBP. Através da análise de correlação de Pearson, parece existir uma certa correlação entre os dois indicadores ( $p < 0,05$ ). Entretanto, o coeficiente de determinação do modelo de regressão é extremamente baixo, ao redor de 10% (Quadro 6), indicando que outras variáveis não consideradas nesta análise influenciam o valor do PPC.

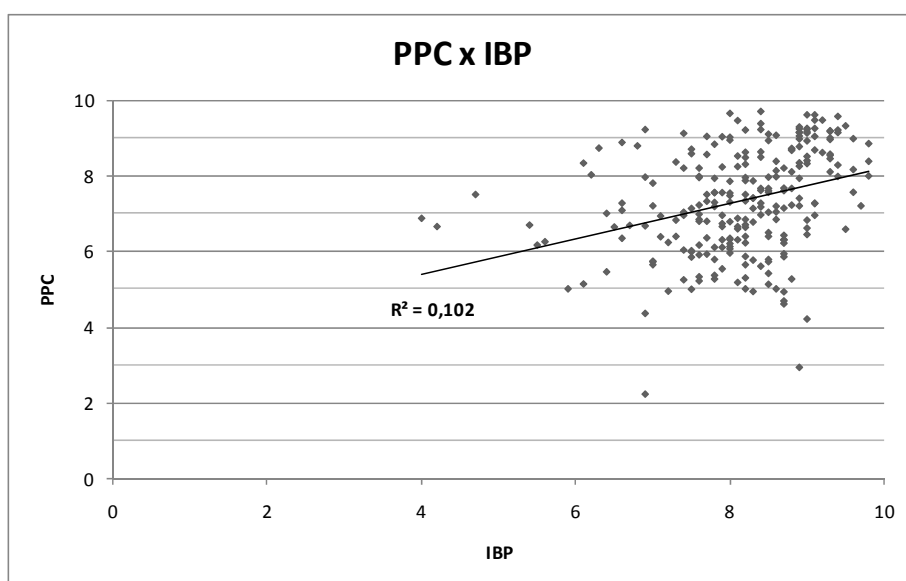


Figura 6 - Gráfico de dispersão PPC x IBP

Resumo do modelo			
R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	Erro de estimativa padrão
0,319	0,102	0,098	1,314

ANOVA					
	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F	Sig.
<b>Regressão</b>	47,474	1	47,474	27,500	0,000
<b>Resíduo</b>	417,779	242	1,726		
<b>Total</b>	465,253	243			

Coeficientes					
	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.
	B	Erro padrão	Beta		
<b>Constante</b>	3,539	0,726		4,873	0,000
<b>IBP</b>	0,465	0,089	0,319	5,244	0,000

Quadro 6 - Regressão linear PPC x IBP para amostra completa

Foram também realizadas análises para o nicho de incorporações residenciais ou comerciais, uma vez que o indicador IBP foi originalmente desenvolvido especialmente para esse tipo de obra. No Quadro 7 é apresentado o modelo de regressão encontrado, cujo coeficiente de determinação, por volta de 27%, ainda é relativamente baixo.

Foram também realizadas algumas análises considerando separadamente os três grupos de itens (instalações provisórias, segurança da obra e sistema de movimentação e armazenamento de materiais).

Considerando-se essas três partes, buscou-se ajustar o melhor modelo de regressão, que se encontra no Quadro 8. O IBP das instalações provisórias mostrou-se não significativo, possivelmente porque estas não possuem uma relação direta com a gestão da produção propriamente dita. Portanto, no modelo final foram consideradas somente as variáveis referentes às boas práticas de segurança do

trabalho e do sistema de movimentação e armazenamento de materiais. No entanto, o poder de estimação do modelo é fraco, sendo o  $R^2$  um pouco maior que 11%.

Testou-se modelos de regressão linear também para o nicho de incorporações, sendo os resultados apresentados no Quadro 9. A precisão preditiva do modelo exclusivo para o nicho citado foi de 29,3%, um pouco maior que para a amostra toda. Neste modelo apenas o IBP para a segurança do trabalho foi significativo, indicando que as boas práticas de segurança têm um maior impacto positivo na eficácia do planejamento, em relação aos demais grupos de práticas. Diferentemente do que se podia esperar, o IBP do sistema de movimentação e armazenamento de materiais não teve uma influência significativa no PPC. Em relação às causas da não conclusão dos pacotes de trabalho, não se encontrou qualquer correlação significativa com o IBP e seus subitens.

Resumo do modelo					
R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	Erro de estimativa padrão		
0,519	0,269	0,263	1,155		

ANOVA					
	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F	Sig.
Regressão	60,863	1	60,863	45,642	0,000
Resíduo	165,352	124	1,333		
Total	226,215	125			

Coeficientes					
	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.
	B	Erro padrão	Beta		
Constante	0,643	1,077		0,597	0,551
IBP	0,859	0,127	0,519	6,756	0,000

Quadro 7 - Regressão linear PPC x IBP para o nicho incorporação

Resumo do modelo			
R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	Erro de estimativa padrão
0,340	0,116	0,108	1,312

ANOVA					
	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F	Sig.
Regressão	53,855	2	26,928	15,650	0,000
Resíduo	411,237	239	1,721		
Total	465,093	241			

Coeficientes					
	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.
	B	Erro padrão	Beta		
Constante	3,900	0,619		6,297	0,000
B	0,249	0,070	0,229	3,565	0,000
C	0,181	0,061	0,190	2,963	0,003

Quadro 8 - Regressão linear PPC x Subitens do IBP para amostra completa

Resumo do modelo			
R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	Erro de estimativa padrão
0,542	0,293	0,288	1,135

ANOVA					
	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F	Sig.
Regressão	66,336	1	66,336	51,449	0,000
Resíduo	159,879	124	1,289		
Total	226,215	125			

Coeficientes					
	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.
	B	Erro padrão	Beta		
Constante	1,963	0,832		2,360	0,020
B	0,702	0,098	0,542	7,173	0,000

Quadro 9 - Modelo de regressão PPC x subitens de IBP para o nicho de incorporações

## Conclusões

O presente trabalho procurou contribuir para o avanço das pesquisas relativas ao processo de planejamento e controle da produção, a partir de uma análise estatística de indicadores relacionados a sistemas de PCP que adotam práticas do Sistema *Last Planner* de Controle da Produção. Foram apresentadas algumas estatísticas básicas de um conjunto de indicadores de gestão da produção, que podem ser utilizados como valores de referência, já que alguns destes indicadores são amplamente disseminados no setor da construção civil. Diversas análises foram realizadas, nas quais se buscou analisar o impacto da eficácia do planejamento, medida pelo PPC, no desempenho de empreendimentos em termos de custo e prazo e a influência das boas práticas de organização de canteiros de obras na eficácia do planejamento.

Em que pese evidências qualitativas que existem na literatura sobre os impactos do *Last Planner*, os resultados encontrados nas análises de regressão linear foram pouco conclusivas em relação ao impacto do Sistema *Last Planner* no desempenho de empreendimentos da construção civil em termos de custo e prazo. Os coeficientes de determinação das regressões lineares foram baixos, indicando a existência de outros fatores que influenciam as variáveis dependentes (DC, DP e PPC) e que não foram consideradas nas análises.

Tais resultados podem também ser motivados pelo fato de que existe a definição o PPC tem um caráter parcialmente subjetivo. Conforme apontado no item de revisão bibliográfica, este indicador pode ser influenciado pelo grau de detalhamento dos planos de curto prazo, a qualidade da definição dos pacotes de trabalho, assim como o nível de controle de execução

existente, mesmo que o *Sistema Last Planner* seja adequadamente implementado. Estes problemas foram acentuados pelo fato de que o presente trabalho utilizou uma base de dados construída a partir de indicadores coletados pelas próprias empresas e não pela equipe de pesquisa. Entretanto, deve ser salientado que as análises se mostraram bastante consistentes no que diz respeito ao sinal dos coeficientes que se apresentaram, em sua grande maioria, da maneira prevista na formulação das hipóteses.

Com base, foram encontradas algumas evidências, embora não conclusivas, de que a eficácia dos sistemas de PCP baseados no Sistema *Last Planner* afeta positivamente o desempenho de empreendimentos da construção civil em termos de custo e, no caso de obras industriais e comerciais com características complexas, também o cumprimento de prazos.

Com base no teste de Pearson, foram encontradas algumas evidências, embora não conclusivas, de que a eficácia dos sistemas de PCP baseados no Sistema *Last Planner* afeta positivamente o desempenho de empreendimentos da construção civil em termos de custo e, no caso de obras industriais e comerciais com características complexas, também o cumprimento de prazos. Em função das limitações nas análises realizadas, limitadas a duas empresas, existe a necessidade de realizar mais análises quantitativas, a partir da construção de bases de dados mais extensas.

As causas da não conclusão dos planos semanais mostraram-se uma fonte importante de informação. Através das análises de correlação de Pearson, pôde-se identificar as causas que têm maior influência na eficácia do planejamento.

Em relação à correlação entre os indicadores IBP e PPC, constatou-se que o coeficiente de



determinação tende a aumentar à medida que se analisa o nicho de mercado das incorporações imobiliárias, cujas obras são mais homogêneas, e quando se analisa a categoria de práticas relativa à segurança do trabalho.

## Referências bibliográficas

ALARCÓN, L. F. *et al.* Assessing the Impacts of Implementing Lean Construction. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 13., 2005, Sidney. **Proceedings...** Sidney: IGLC, 2005.

ANDRADE, F. R. **Proposta de um Modelo de Concepção e Gestão de Sistemas de Produção para Empreendimentos Habitacionais de Baixa Renda.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

BALLARD, G. The Last Planner. In: SPRING CONFERENCE OF THE NORTHERN CALIFORNIA CONSTRUCTION INSTITUTE, 1994, Monterey, EUA. **Proceedings...** Monterey: IGLC, 1994.

BALLARD, G. Lookahead Planning: the missing link in production control. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 5., 1997, Gold Coast, AU. **Proceedings...** Gold Coast: IGLC, 1997.

BALLARD, G. **The Last Planner System of Production Control.** 2000. 192 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade de Birmingham, Birmingham, 2000.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing Lean Construction: Improving Downstream Performance. In: ALÁRCÓN, L. (ed.). **Lean Construction.** Rotterdam: A. A. Balkema, 1997a. p.111-125.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing Lean Construction: stabilizing work flow. In: ALÁRCÓN, L. (ed.). **Lean Construction.** Rotterdam: A. A. Balkema, 1997b. p.101-110.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production: an essential step in production control. **Journal of Construction Engineering in Management**, Reston, EUA, v. 124, n. 1, p.18-24, 1998.

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas de Construção.** 2001. 310 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001

BERTELSEN, S. Complexity : construction in a new perspective. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 11., 2003, Blacksburg, EUA. **Proceedings...** Blacksburg: IGLC, 2003.

BORTOLAZZA, R. C. **Contribuições para a Coleta e a Análise de Indicadores de Planejamento e Controle da Produção na Construção Civil.** 2006. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

BOTERO, L. F.; ALVAREZ, M. E. Last Planner: an advance in planning and controlling construction projects. Case study in the city of Medellin. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 4., 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2005.

COELHO, H. O. **Diretrizes e Requisitos para o Planejamento e Controle da Produção em Nível de Médio Prazo na Construção Civil.** 2003. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

COSTA, D. B. *et al.* **Sistema de Indicadores para Benchmarking na Construção Civil:** manual de utilização. Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

DOWNING, D.; CLARK, J. **Estatística Aplicada.** Traduzido por Alfredo Alves de Farias. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

FIALLO, M.; REVELO, V. H. Applying the Last Planner Control System to a Construction Project: a case study in Quito, Ecuador. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 10., 2002, Gramado. **Proceedings...** Gramado: NORIE/UFRGS, 2002a.

FORMOSO, C. T. *et al.* Material Waste in Building Industry: main causes and prevention. **Journal of Construction Engineering and Management**, Nova York, v. 128, n.4 , p.316 - 325, 2002.

GONZÁLEZ, V.; ALARCÓN, L. F.; MUNDACA, F. Investigating the Relationship Between Planning Reliability and Project Performance: a case study. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 15., 2007, Michigan, EUA. **Proceedings...** Michigan: IGLC, 2007.

HAIR, J. F. *et al.* **Análise Multivariada de Dados**. Porto Alegre: ArtMed, 2005.

KENLEY, R. **Financing Construction**: cash flows and cash farming. Londres: Spon, 2003.

KIM, Y.; BALLARD, G. Earned Value Method and Customer Earned Value. **Journal of Construction Research**, Singapore, v. 3, n. 1, p. 55-66, 2001.

KOSKELA, L. Making Do: the eight category for waste. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 12., 2004, Helsinor, Dinamarca. **Proceedings...** Copenhagen: 2004.

KOSKELA, L. Management of Production in Construction: a theoretical view. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 7., 1999, Berkeley, EUA, **Proceedings...** Berkeley: IGLC, 1999.

KOSKELA, L.; BALLARD, G; HOWELL, G. Achieving Change in Construction. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 15., 2007, Michigan, EUA. **Proceedings...** Michigan: IGLC, 2007.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is Construction Planning Really Doing its job? A Critical Examination of Focus, Role and Process. **Construction Management and Economics**, Florence, EUA, v. 5, n. 3, p. 243-266, 1987.

LIRA J. **Diagnostico, Evaluación y Mejoramiento de Procesos de Planificacion de Proyectos en la Construccion**. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Pontificia Universidad Catolica de Chile, Santiago, 1996.

SAURIN, T. A. **Método para Diagnóstico e Diretrizes para Planejamento de Canteiros de Obra Edificações**. 1997. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

SAURIN, T. A; FORMOSO C. T. Análise das Práticas de Planejamento de Layout e Logística em um conjunto de Canteiros de obra no Rio Grande do Sul. **Revista Produto & Produção**. Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 14-25, out. 2000.

SCHRAMM, F. K. **O Projeto do Sistema de Produção na Gestão de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social**. 2004. 182f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SOARES, A. C. **Diretrizes para a Manutenção e o Aperfeiçoamento do Processo de Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras**. 2003. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SOUZA, J. S. **Avaliação da Aplicação do Índice de Boas Práticas de Canteiros de Obras em Empresas de Construção Civil**. 2005. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

STATISTICAL PACKAGE FOR THE SOCIAL SCIENCES. **SPSS**. Disponível em: <<http://www.spss.com>>. Acesso em: 28 set. 2009.

TURNER, J. R. **The Handbook of Project-Based Management**: improving the process for achieving strategic objectives. Londres: McGraw-Hill, 1993.

WOMACK, J.; JONES, D.; ROSS, D. A **Máquina que Mudou o Mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.