



ANÁLISE ESTATÍSTICA DO PPC E DO ÍNDICE DE BOAS PRÁTICAS DE CANTEIROS DE OBRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Camile B. Moura (1); Carlos T. Formoso (2)

(1) Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação – NORIE – Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil – e-mail: camile.moura@gmail.com

(2) Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação – NORIE – Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil – e-mail: formoso@ufrgs.br

RESUMO

A construção civil é amplamente conhecida por ser uma indústria atrasada, com baixos patamares de produtividade. No intuito de melhorar o desempenho dos empreendimentos, nas últimas décadas, tem-se aplicado o Sistema *Last Planner* de Planejamento e controle da produção (LPS). O principal indicador do LPS é o Percentual de Planos Concluídos (PPC) que mede a eficácia do planejamento. Muitos estudos qualitativos foram realizados sobre a implementação do LPS no Brasil, porém pouco se investigou de forma quantitativa o impacto desta implementação e os fatores que afetam a sua eficácia. Partindo-se da hipótese de que a melhoria das boas práticas em canteiros de obras, medida pelo índice de boas práticas, favorece o aumento da eficácia do planejamento, medida pelo PPC, o objetivo do presente trabalho é avaliar a relação existente entre esses indicadores. Para tanto, análises estatísticas foram realizadas onde dados de diversos empreendimentos de diferentes nichos foram analisados a fim de determinar essas relações.

Palavras-chave: *Last Planner*; PPC; indicadores de desempenho.

ABSTRACT

The construction is widely known as an industry delayed, with low levels of productivity. In order to improve the performance of projects, in recent decades, has been applied the Last Planner System (LPS). The main indicator of LPS is the Percent Plan Complete (PPC), which measures the reliability of planning. Many qualitative studies were performed on the implementation of LPS in Brazil, but not many studies have been performed to investigate the quantitative impact of this implementation and the factors that affect its effectiveness. Based on the hypothesis that the improvement of good practices in construction sites, measured by the index of good practices (IBP), favors increasing the reliability of planning, measured by the PPC, the objective of this study is to assess the relationship between these indicators. To this end, statistical analyses were performed where data of various projects of different niches were analyzed to determine those relationships.

Keywords: Last Planner; PPC; performance indicators

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é amplamente conhecida por ser uma indústria atrasada, com baixos patamares de produtividade e também elevados índices de desperdício de recursos (SAURIN, 1997; ISATTO *et al.*, 2000). Sua qualidade é considerada insuficiente, estando bastante defasada quando comparada à manufatura (KOSKELA, 1992; SAURIN, 1997).

Isatto *et al.* (2000) ressaltam que o baixo desempenho da construção tem origem em problemas gerenciais. Formoso *et al.* (1999) também ressaltam sobre a importância do planejamento e controle da produção (PCP), pois este processo é fundamental no desenvolvimento do setor da construção. Ballard (1994), afirma que uma das maneiras mais eficazes de aumentar a produtividade é melhorar o planejamento.

No intuito de mudar as práticas vigentes para melhorar o processo de planejamento e controle da produção, sob a ótica da nova filosofia de produção, um sistema de planejamento e controle para o processo de construção vem sendo desenvolvido, desde o ano de 1992, o chamado Sistema *Last Planner* (LPS) de controle da produção (BALLARD, 2000; KOSKELA, 2000).

O LPS é uma ferramenta de planejamento e controle utilizada para melhorar a confiabilidade do fluxo de trabalho, através da redução da variabilidade do mesmo por meio da produção protegida (BALLARD, 1994; BALLARD, 2000). Diversos estudos sobre o *Last Planner* vêm sendo feitos por pesquisadores da área em diferentes países do mundo. O LPS possui uma diversidade de indicadores que são coletados, sendo, segundo Ballard (2000), o Percentual de Planos Concluídos (PPC) a medida chave do mesmo.

O PPC é a medida utilizada pelo LPS para controlar a eficácia dos planos, sendo uma proporção entre atividades completadas e atividades planejadas dos planos de trabalho de um curto período (normalmente uma semana) (BALLARD, 2000). Outro indicador bastante utilizado pelas construtoras que trabalham em parceria com o NORIE/UFRGS é o índice de boas práticas em canteiros de obras (IBP), que atribui notas para boas práticas em canteiro divididas nos seguintes grupos: instalações provisórias, segurança da obra e sistemas de movimentação e armazenamento de materiais. O IBP é um indicador proveniente de um *check list* de boas práticas que tem por objetivo ser um instrumento para o diagnóstico simplificado de canteiros de obras (SAURIN, 1997). Uma vez que o IBP possui alguma repercussão positiva na eficiência da produção, segundo Lima (2005), e que o objetivo da melhoria na eficácia do planejamento é melhorar a eficácia da produção, é provável que haja uma relação entre a eficácia do planejamento, medida pelo PPC, e as boas práticas de canteiros de obras, medidas pelo IBP.

O objetivo deste artigo é avaliar quantitativamente, através de análises estatísticas a relação existente entre a eficácia do planejamento medida pelo PPC e as boas práticas de canteiros de obras, medidas pelo IBP. Para tanto será utilizado o método de regressão linear para testar a seguinte hipótese: **“A aplicação de boas práticas em canteiros de obras medida pelo Índice de Boas Práticas (IBP) favorece o aumento do PPC (Percentual de Planos Concluídos)”**.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Ao longo dos anos, diversos trabalhos foram publicados a respeito do sistema *Last Planner* em especial nas conferências anuais do IGLC (International Group for Lean Construction). Através de um levantamento realizado nos anais do referido evento, pode-se constatar a escassez de trabalhos no que se refere às análises quantitativas de dados provenientes de diversos empreendimentos que utilizam o LPS. A grande maioria dos trabalhos é de cunho qualitativo referentes à implementação, estudos de caso, melhorias de conceitos, barreiras e oportunidades, dentre outros.

Alarcón *et al.* (2005) realizaram um dos primeiros trabalhos quantitativos a respeito do assunto, onde analisaram o impacto da introdução do Sistema *Last Planner* em diferentes aspectos no desempenho de empreendimentos no Chile. Já Botero e Alvarez (2005) realizaram estudos em um grupo de empresas da cidade colombiana de Medellín em que foi analisada a relação entre a evolução do PPC e o grau de implementação do LPS.

Bortolazza (2006), por sua vez, analisou um banco de dados com diversos empreendimentos. As principais análises feitas por esse autor foram regressões multivariadas do PPC e causas de não cumprimento de tarefas, propondo, ao final do estudo, contribuições para a coleta e análise de dados que permitem avaliar o impacto de sistemas de PCP no desempenho de empreendimentos de construção civil e identificar as dificuldades de implementação dos mesmos. Como conclusão, o mesmo autor sugere ainda serem necessárias mais análises em torno dos indicadores de PCP, principalmente na comparação do PPC com demais indicadores.

3 MÉTODO

O presente trabalho faz parte dos estudos de uma dissertação de mestrado que dá continuidade ao trabalho de Bortolazza (2006) comparando indicadores de desempenho da construção civil. O mesmo está inserido no projeto SISIND-NET, que é um sistema on-line em que empresas parceiras do NORIE/UFRGS podem acessar um site restrito onde se faz a inserção de dados sobre indicadores de desempenho relativos aos empreendimentos e à empresa como um todo. Esses dados são inseridos na base de dados em forma de formulários referentes a cada empresa e obra e têm a periodicidade de coleta variável de acordo com o tipo de indicador.

A base de dados do sistema on-line possui atualmente 50 empresas cadastradas, totalizando 162 obras divididas em quatro nichos: incorporações residenciais ou comerciais, obras industriais e comerciais para clientes privados, obras públicas diversas e obras de habitação de interesse social. Os indicadores com maior número de inserções e mais difundidos nas empresas são o PPC e o índice de boas práticas, por esse motivo o presente artigo se deteve na análise desses.

Inicialmente fez-se um levantamento geral dos dados disponíveis na base de dados, seguido por coletas complementares de dados históricos em empresas parceiras. Nessa etapa inicial houve seminários, cursos de formação dos usuários do sistema, bem como visitas de validação de dados, onde pesquisadores do NORIE/UFRGS visitavam as empresas no intuito de conferir se os dados estavam sendo coletados nas mesmas de forma adequada. Todas essas atividades tinham como um dos objetivos o estímulo à inserção de dados na base de dados do SISIND-NET.

A segunda etapa do trabalho consistiu na montagem do banco de dados, extraído da base geral do sistema *on-line*. Essa montagem consistiu primeiramente na exportação dos dados existentes para planilhas Excel. Os dados de PPC, por terem registros semanais foram agrupados mensalmente através do cálculo da média dos valores de PPC semanais. Os dados de IBP não precisaram de ajustes, visto que os mesmos já são coletados mensalmente. Juntando os dados provenientes dos registros desses dois indicadores, e de outros que não serão relatados nesse artigo formou-se o banco de dados cujas variáveis escolhidas para este estudo foram: período (mês/ano), empresa, obra, nicho de mercado, IBP e seus subitens e PPC.

Após a montagem do banco de dados, os mesmos foram exportados para o software SPSS, no qual foram feitas as análises estatísticas. Inicialmente foi necessária a transformação da escala dos dados de PPC que variam de 0% a 100% para a escala de 0 a 10, que é a mesma utilizada para o índice de boas práticas. Após isso, foi feita a caracterização da base de dados, na qual foram feitos gráficos para testar a normalidade das variáveis, pressuposto esse básico para a realização da regressão linear.

Após a análise gráfica das variáveis, aplicou-se o teste de correlação bivariada de Pearson. A correlação mede como as variáveis são relacionadas, sendo que o coeficiente de correlação de Pearson é uma medida de associação linear.

Após a análise de correlação, realizou-se uma regressão linear, que estima coeficientes da equação linear, envolvendo uma ou mais variáveis independentes que melhor predizem o valor da variável dependente. A regressão linear assume as seguintes suposições: para cada valor da variável independente, a distribuição da variável dependente deve ser normal. A variância da distribuição da variável dependente deve ser constante para todos os valores das variáveis independentes. A relação entre a variável dependente e cada variável independente deve ser linear e todas as observações devem ser independentes.

4 RESULTADOS

Inicialmente foi feita a análise descritiva dos dados separando-os nos quatro nichos existentes na base de dados: incorporações residenciais ou comerciais, obras industriais e comerciais para clientes privados, obras públicas diversas e obras de habitação de interesse social. A tabela 1 abaixo mostra as quantidades de dados separados por nicho, por empresa, por obra e por caso. Cada caso representa os dados coletados em cada obra por mês.

Tabela 1 – Caracterização da base de dados: número de empresas, obras e casos por nicho de mercado.

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

Obs: existem empresas que atuam em mais de um nicho, por isso o somatório das porcentagens de empresas é maior do que 100%.

A tabela 2 abaixo é uma caracterização das variáveis PPC e IBP apresentando média, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) divididos por nicho.

Tabela 2 – Estatística descritiva das variáveis: PPC e IBP por nicho de mercado

		Incorporações residenciais ou comerciais	Industriais e comerciais para clientes privados	Obras públicas diversas	Habitação de interesse social	Todos projetos
PPC	Média	77,77%	73,64%	74,85%	72,14%	75,10%
	Desv. Pad.	13,26%	15,84%	17,33%	10,95%	14,37%
	CV	17,05%	21,51%	23,15%	15,18%	19,13%
	Amostra	205	218	13	76	512
IBP	Média	8,31	7,91	-	5,74	7,90
	Desv. Pad.	1,11	0,84	-	1,57	1,33
	CV	13,36%	10,62%	-	27,35%	16,84%
	Amostra	206	129	0	40	375

O próximo passo realizado foi o teste de correlação, para avaliar o grau de relacionamento linear entre as variáveis em análise. Na tabela 3 abaixo se encontram os resultados para a correlação de Pearson.

Tabela 3 – Correlação de Pearson para as variáveis PPC e IBP

		PPC	IBP
Correlação de Pearson	PPC	1,000	0,319
	IBP	0,319	1,000
Significância	PPC	-	0,000
	IBP	0,000	-
tamanho da amostra (N)	PPC	244	244
	IBP	244	244

Como mostra a tabela, as variáveis em estudo estão fortemente correlacionadas. Com o intuito de testar a hipótese acima mencionada realizou-se a regressão linear. A equação de regressão é do tipo:

$$PPC = \beta_0 + \beta_1 * IBP \quad (1)$$

A hipótese nula (H_0) e a hipótese alternativa (H_1) são as seguintes:

$$H_0 : \beta_1 = 0 \quad (2)$$

$$H_1 : \beta_1 \neq 0 \quad (3)$$

Os resultados da regressão estão apresentados nas tabelas 4 e 5 abaixo.

Tabela 4 – Regressão linear para a amostra completa: resumo do modelo

R	R ²	R ² ajustado	Erro padrão
0,319	0,102	0,098	1,314

Tabela 5 – Regressão linear para a amostra completa: coeficientes

	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Significância
	B	Erro padrão	Beta		
Constante	3,539	0,726		4,873	0,000
IBP	0,465	0,089	0,319	5,244	0,000

A hipótese nula (H_0) foi refutada, uma vez que a variável IBP é significativa no modelo de regressão, logo, é aceita a hipótese alternativa (H_1) de que $\beta_1 \neq 0$. Porém, o ajuste da reta de regressão é bastante fraco, como mostrado na tabela 4 pelo baixo valor do coeficiente ajustado de determinação (R^2 ajustado).

Como alternativa na busca de melhores resultados decidiu-se por realizar os mesmos testes apenas para o nicho de mercado de incorporações residenciais e comerciais. Esse nicho além de apresentar maior quantidade de dados, suas obras formam um grupo possivelmente mais homogêneo, uma vez que são obras bastante semelhantes entre si. Além disso, o índice de boas práticas foi desenvolvido inicialmente para obras desse tipo. Outro motivo pelo qual foi feita essa escolha é pela possível melhor qualidade dos dados, visto que boa parte deles foi validada por pesquisadores do NORIE/UFRGS junto às empresas parceiras desse grupo de pesquisa.

Os resultados da regressão linear para o nicho de mercado incorporações residenciais e comerciais encontram-se nas tabelas 6 e 7 abaixo.

Tabela 6 – Regressão linear para o nicho incorporações residenciais e comerciais: resumo do modelo

R	R ²	R ² ajustado	Erro padrão
0,319	0,990	0,979	1,152

Tabela 7 – Regressão linear para o nicho incorporações residenciais e comerciais: coeficientes

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

O modelo de regressão ficou o seguinte:

$$PPC(\%) = 0,643 + 0,859IBP \quad (4)$$

O próximo passo nas análises feitas foi desmembrar o índice de boas práticas em seus três grandes itens:

- instalações provisórias (variável A);
- segurança da obra (variável B);
- sistema de movimentação e armazenamento de materiais (variável C).

Para essas variáveis foram testadas a normalidade e a correlação das mesmas com o PPC. Uma vez que aquelas têm distribuições normais e têm forte correlação com essa, prosseguiu-se com os testes de regressão linear.

No primeiro modelo rodado a variável A foi não significativa. Retirou-se então a mesma e no segundo modelo rodado semelhantemente à regressão feita com a variável IBP o ajuste do modelo foi fraco, sendo o R^2 ajustado = 0,108.

Optou-se, também nesse caso, por realizar a regressão apenas para o nicho incorporações residenciais e comerciais na busca de resultados melhores e mais confiáveis. Também nesse caso a variável A não se mostrou significativa. Rodou-se, então, o modelo somente com as variáveis independentes B e C. Os resultados estão apresentados abaixo nas tabelas 8 e 9.

Tabela 8 – Regressão linear para o nicho incorporações residenciais e comerciais: resumo do modelo

R	R ²	R ² ajustado	Erro padrão
0,340	0,116	0,108	1,312

Tabela 9 – Regressão linear para o nicho incorporações residenciais e comerciais: coeficientes

	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Significância
	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

Para esse caso, o modelo de regressão ficou o seguinte:

$$PPC(\%) = 3,90 + 0,249B + 0,181C \quad (5)$$

5 CONCLUSÕES

O presente artigo teve como objetivo explorar a análise estatística de dados provenientes de obras de construção civil comparando a relação existente entre Percentual de Planos Concluídos (PPC) e índice de Boas Práticas (IBP). A hipótese testada foi confirmada, como se pode ver nas tabelas 6, 7, 8 e 9. O índice de boas práticas no canteiro de obras influencia positivamente a confiabilidade do planejamento na construção, o que reforça a idéia de que um canteiro de obras limpo, seguro e organizado reflete em melhores resultados no desempenho dos empreendimentos.

Especialmente no caso das tabelas 8 e 9, em que foram considerados a segurança da obra (B) e o sistema de movimentação e armazenamento de materiais (C), pode-se concluir, ao contrário do esperado, que a segurança no canteiro de obras é um item que influencia mais no cumprimento das tarefas planejadas do que a movimentação e armazenamento de materiais. Pode-se concluir também que as instalações provisórias da obra influenciam muito pouco a eficácia do planejamento.

Uma vez que para melhorar o desempenho da construção é necessário aumentar a eficácia do planejamento (medida pelo PPC), e com base nas análises acima apresentadas, sugere-se que um bom ponto chave para início das ações de melhorias numa obra seria a segurança do canteiro de obras, o que inclui cuidados com proteções de periferia, guias, guinchos e andaimes; fechamento de poços de elevador; fornecimento de EPI's adequados; bem como promover a adequada sinalização de segurança.

Devido aos baixos valores de R²ajustado, conclui-se que existem outros fatores importantes que influenciam a eficácia do planejamento, medida pelo PPC, que não foram considerados nos modelos rodados para o presente artigo e carecem de maiores estudos.

6 REFERÊNCIAS

- ALARCON, L.F.; DIETHELM, S.; ROJO, O.; CALDERON, R. Assessing the impacts of implementing lean construction. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 13., 2005, Sidney. **Proceedings...** Sidney: 2005. Disponível em: <http://www.iglc.net/conferences/2005/papers/session09/42_033_Alarcon_Diethelm_Rojo_Calderon.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2007.
- 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, 2005. 1 CD.
- BALLARD, G. Lookahead planning: the missing link in production control. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 5., 1997, Gold Coast. **Proceedings...** Gold Coast: 1997b. Disponível em : <<http://www.iglc.net/conferences/1997/papers/BALLARD.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2007.
- BALLARD, G. "The Last Planner". In: SPRING CONFERENCE OF THE NORTHERN CALIFORNIA CONSTRUCTION INSTITUTE, 1994, Monterey, CA. **Proceedings...** Monterey: 1994. Disponível em : <<http://www.leanconstruction.org/pdf/LastPlanner.pdf>>. Acesso em: 09 jun. 2007.
- BALLARD, G. **The Last Planner System of Production Control**. 2000. Thesis (Doctor of Philosophy) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering. University of Birmingham, Birmingham.
- BORTOLAZZA, R. C. **Contribuições para a Coleta e a Análise de Indicadores de Planejamento e Controle da Produção na Construção Civil**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

FORMOSO, C. T.; BERNARDES, M. M. S.; OLIVEIRA, L. F. M.; OLIVEIRA, A. K. **Termo de Referência para o Processo de Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras**. 1999. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ISATTO, E. L. et. al. **Lean Construction**: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na Construção Civil. Porto Alegre, SEBRAE/RS, 177p. (Construção Civil, 5; 2000).

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. Ph.D. Thesis – Technical Research Centre of Finland, Espoo.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Salford: Center for Integrated Facility Engineering, 1992. (CIFE Technical Report, n. 72).

LIMA, H.M.R. **Concepção e Implementação de um Sistema de Indicadores de Desempenho em Empresas Construtoras de Empreendimentos Habitacionais de Baixa Renda**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

SAURIN, T. A. **Método para Diagnóstico e Diretrizes para Planejamento de Canteiros de obra edificações**. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.