



**ENTAC2006**

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

## **ANÁLISES QUANTITATIVAS EM UM MODELO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO BASEADO NO *LAST PLANNER***

**Rodrigo C. Bortolazza (1); Carlos T. Formoso (2)**

(1) Mestrando pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, NORIE – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, e-mail: [bortolazza@cpgec.ufrgs.br](mailto:bortolazza@cpgec.ufrgs.br)

(2) Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, NORIE – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, e-mail: [formoso@ufrgs.br](mailto:formoso@ufrgs.br)

### **RESUMO**

Nos últimos anos, a construção civil tem buscado novas formas de gerenciar a produção para solucionar as crescentes exigências de redução do prazo e do custo dos empreendimentos, além dos constantes objetivos de aumentar a qualidade e a produtividade. Neste contexto, um modelo de Planejamento e Controle da Produção (PCP), baseado no sistema *Last Planner*, tem sido implementado desde meados dos anos noventa em diversos canteiros de obra, grande parte deles apoiado pelos trabalhos acadêmicos do NORIE /UFRGS. Após a realização desse grande número de estudos de implementação do modelo e da disseminação do Sistema *Last Planner* no setor, é possível avaliar alguns impactos, usando como fonte de evidência os indicadores normalmente coletados, tais como o Percentual do Planejamento Concluído (PPC) e as causas do não cumprimento dos pacotes de trabalho. O presente estudo se propõe a realizar uma análise estatística através do uso de regressão múltipla, com o objetivo de explicar a variação do PPC. Como principais conclusões, as causas do não cumprimento dos pacotes de trabalho mostram, em muitos casos, uma limitação na implementação do planejamento de médio prazo. Além disso, os problemas classificados como relacionados à mão-de-obra e ao planejamento mostraram-se mais significantes para explicar a variação do PPC.

Palavras-chave: Planejamento e Controle da Produção; *Last Planner*; Percentual do Planejamento Concluído.

### **ABSTRACT**

In recent years, construction companies have been looking for new ways of managing production in order to reduce project duration and costs, besides increasing quality and productivity. In this context, a model of planning and production control, based on Last Planner System has been implemented since mid-nineties in a large number of construction sites, most of them supported by academic studies carried out by NORIE/UFRGS. After the implementation of this model and the dissemination of the Last Planner System in Brazil, there seems to be a good opportunity to evaluate some impacts, based on performance measures such as the percentage of plans completed (PPC) and causes for the non-completion of work packages. In this paper, a multivariate regression analysis was used for explaining PPC. The results indicated that in most projects one of the major problems is the lack of effective implementation of look-ahead planning. Moreover, some causes for the non-completion of work packages like work force and planning have a strong contribution for the PPC explanation.

Keywords: Planning and Production Control; Last Planner; Percentage of Plans Completed.

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil tem se voltado, nos últimos anos, para o Planejamento e Controle da Produção (PCP) como uma das formas de reduzir o custo e o prazo dos empreendimentos, além dos constantes objetivos de aumentar a qualidade e a produtividade. Segundo Formoso *et al.* (1999), a falta de planejamento é um dos principais problemas da construção civil, sugerindo que as deficiências nesse processo estão entre as principais causas da baixa produtividade desse setor, das suas elevadas perdas e da baixa qualidade dos seus produtos.

Nesse âmbito, vale também ressaltar que as ações de planejamento e controle da produção podem ser entendidas como atividades indissociáveis, formando um ciclo contínuo. Enquanto o planejamento estabelece as metas e o caminho para que sejam alcançadas, o controle é o processo que garante que esse curso seja mantido (LAUFER; TUCKER, 1987).

O processo de PCP na construção vem, então, despertando a atenção por parte da comunidade acadêmica nos últimos anos. Esforços iniciais para a melhoria dessa atividade detiveram-se apenas em parte do processo, a de geração de planos, com resultados relativamente limitados (LAUFER; TUCKER, 1987). Procurando superar essas deficiências, Laufer e Tucker (1987) dividem o processo de planejamento e controle da produção em cinco fases: preparação do planejamento e controle, coleta de dados, preparação dos planos, difusão das informações e avaliação do PCP.

Somado a isso, a disseminação de idéias vinculadas à produção enxuta inspirou a introdução de mudanças na gestão da produção em diversos setores industriais, entre os quais está incluído a construção civil (KOSKELA, 1992). Para Koskela e Howell (2002), a “construção enxuta” vai além da visão tradicional da produção apenas como conversão, incluindo, então, as atividades que não agregam valor como parte de um fluxo e também considerando a idéia de geração de valor ao cliente. Como resultado, as etapas de planejamento, execução e controle do empreendimento mudam. O planejamento passa a levar em consideração as atividades de fluxo, que muitas vezes são negligenciadas. No gerenciamento da produção avaliam-se as metas de acordo com o comprometimento das tarefas dos responsáveis pela execução. O controle, por sua vez, muda de uma simples auditoria para a procura das causas das falhas, evitando futuros problemas através da aprendizagem (KOSKELA; HOWELL, 2002).

Uma das ferramentas que surgiu desse contexto é o sistema *Last Planner* de controle da produção. Com essa expressão, é ressaltada a importância do responsável pelo comprometimento das atividades no nível operacional, referido como o “último planejador” (BALLARD, 1994). Para Koskela e Howell (2002) uma das idéias principais desse sistema é o detalhamento no planejamento pouco tempo antes da execução.

O *Last Planner* tem sido implementado desde 1992 em diversos países: Estados Unidos, Inglaterra, Dinamarca, Finlândia, Indonésia, Austrália, Venezuela, Brasil, Chile, Equador e Peru (BALARD; HOWELL, 2003). O modelo de PCP desenvolvido pelo NORIE/UFRGS baseou-se nesse sistema, assim como na discussão conceitual deste tema, realizada por Laufer e Tucker (1987) e Laufer e Tucker (1988).

Os estudos anteriores para a concepção e implementação do modelo do NORIE/UFRGS basearam-se, principalmente, em análises qualitativas, apoiadas por um pequeno número de estudos de caso em cada pesquisa. Os principais indicadores até então coletados são o Percentual do Planejamento Concluído (PPC), que é a razão entre o número de tarefas executadas e o número de tarefas planejadas, e as causas do não cumprimento dos pacotes de trabalho. Nesse contexto, percebe-se a oportunidade de se entender melhor a natureza dos problemas que influenciam na confiabilidade da produção, a partir de análises quantitativas dessas medidas de desempenho coletadas.

Nesse contexto, o objetivo deste artigo é avaliar se as variáveis coletadas da etapa de planejamento e controle da produção (como causas do não cumprimento dos pacotes de trabalho, número de pacotes executados e semana em que ocorreram as medidas) são significativas para explicar a variabilidade do PPC. A ferramenta selecionada para essa finalidade foi a análise de regressão múltipla, cuja utilização é sugerida por Hair *et al.* (2005) quando se deseja prever ou explicar uma variável dependente do tipo métrica a partir de um conjunto de variáveis independentes.

## 2 PREPARAÇÃO DOS DADOS

Para a análise de regressão múltipla com as variáveis coletadas do PCP, consideram-se duas grandes etapas. Na primeira delas, o foco é na preparação dos dados, com o objetivo de gerar modelos com maior qualidade e mais precisos. A próxima fase é a aplicação da técnica de regressão, buscando os fatores mais relevantes para a explicação do PPC.

A etapa de preparação dos dados é de grande importância para a qualidade dos resultados posteriores e independe da técnica empregada (WEISS; INDURKHYA, 1998). Por esse motivo, procuraram-se boas práticas de análise preliminar dos dados para ferramentas além das tradicionais considerações para a técnica de regressão múltipla. Nesse sentido, diversas referências ressaltam a importância dessa etapa na área de Descobrimto de Conhecimento em Bases de Dados (DCBD) (CABENA *et al.*, 1997; HAN; KAMBER, 2001; PYLE, 1999; WEISS; INDURKHYA, 1998).

Alguns autores sugerem que a etapa de preparo dos dados deve ser responsável por cerca de 60% do tempo total (PYLE, 1999; CABENA *et al.*, 1997). Segundo Pyle (1999), essa fase é uma das mais importantes e mais difíceis, devendo ser a que mais consome tempo. Durante este período, o pesquisador refina suas buscas para apresentar resultados com melhor qualidade e gerados mais rapidamente. O referido autor ainda ressalta o que considera quase uma “lei da natureza”, representado pelo aforismo “*garbage in, garbage out*”, relevando a necessidade de bons dados para gerar modelos mais precisos.

Cabena *et al.* (1997) divide a etapa de preparação dos dados em três fases principais: seleção, pré-processamento e transformação dos dados. A última fase não será realizada, uma vez que ela tem maior importância para técnicas como a Rede Neural Artificial ou a Análise de Conglomerados.

A seleção dos dados tem como objetivo identificar as fontes disponíveis com os valores de interesse e organizá-los para as análises preliminares (CABENA *et al.*, 1997). A disposição dos dados, incluindo a definição das metas a serem alcançadas e a composição das variáveis é feita de acordo com a necessidade do pesquisador (WEISS; INDURKHYA, 1998).

O formato de organização de uma base de dados em uma tabela é quase que universalmente aceita. Nessa representação, as colunas são as variáveis e os registros (casos, observações, padrões, exemplos ou objetos) são as linhas horizontais. Além disso, matematicamente esse modelo é equivalente a uma matriz, com um caso representado por um vetor (como  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ ) sendo “X” o caso e “ $x_i$ ” (com  $i=1, \dots, n$ ) os atributos (WEISS; INDURKHYA, 1998; PYLE, 1999).

A fase de pré-processamento de dados é apontada como a mais trabalhosa, visto que os valores tendem a ser incompletos, com a presença de resultados espúrios e inconsistentes (CABENA *et al.*, 1997; HAN; KAMBER, 2001). Segundo Cabena *et al.* (1997), os valores não registrados podem acontecer por diversos motivos, como: erro humano, a informação não estava disponível no ingresso dos dados ou, ainda, a existência de valores desconhecidos quando forem originados de fontes heterogêneas. Contudo, para Hair *et al.* (2005), os efeitos dos dados perdidos somente podem ser amenizados se os mesmos acontecerem segundo um padrão aleatório. Nessas condições, Pyle (1999) ressalta que esses valores devem ser completados com extremo cuidado para não alterar os padrões existentes nos dados, evitando a inserção de valores espúrios que acabem prejudicando a amostra.

Valores espúrios são aqueles dados que estão fora do comportamento que era esperado no conjunto de variáveis considerado. Contudo, esse fato não indica, necessariamente, um valor indesejado. Eles podem ser um indício, por exemplo, de características da população que não seriam descobertas no curso normal da análise. Os casos problemáticos, por sua vez, que não são representativos da população, são contrários aos objetivos da análise e podem distorcer significativamente os testes estatísticos. Nesses casos, os valores podem ser retificados com diversas técnicas disponíveis para o tratamento de dados perdidos (HAIR *et al.*, 2005; CABENA *et al.*, 1997; PYLE, 1999).

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

#### 3.1 Criação do Banco de Dados

Um banco de dados foi montado a partir de registros de 133 obras, executadas entre os anos de 1996 e 2005. Nesse grupo, em 96 empreendimentos havia valores semanais do número de pacotes de trabalho planejados, número de pacotes executados e as causas do não cumprimento das tarefas, que foram agrupadas em oito categorias: mão-de-obra, materiais, equipamentos, projeto, planejamento, interferência do cliente, problemas meteorológicos e fornecedores. Por fim, os pacotes de trabalho não executados e que não apresentavam a causa do não cumprimento foram classificados como “não contabilizado”.

Quanto a origem desses valores, eles foram coletados em diversas fontes: (a) arquivos com dados coletados em pesquisas anteriores do Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) (3,76%) (CODINHOTO, 2003; SOARES, 2003); (b) dissertações ou teses anteriores desse mesmo grupo (23,31%) (OLIVEIRA, 1999; BERNARDES, 2001; KRAWCZYK F., 2003; GUTHEIL, 2004); (c) resultados do projeto QUALCON, que teve como objetivo desenvolver um programa para qualificação de empresas construtoras do Estado da Bahia, envolvidas em programas de melhoria da qualidade e produtividade, que também contaram com a participação do NORIE/UFRGS (11,28%) (BULHÕES, 2004); (d) projeto SISIND-NET (4,51%), com o objetivo de desenvolvimento e implementação de um sistema de indicadores de desempenho para *benchmarking* em empresas de construção, contexto em que se encontra essa pesquisa; (e) banco de dados inicial (15,04%), com indicadores de PCP organizados em um arquivo no Microsoft Access (tipo “mdb”) com valores de obras das cidades de Porto Alegre e Pelotas (RS), entre os anos de 2002 e 2004 ou (e) obtidos com empresas que utilizaram esse modelo de PCP nos últimos anos (42,10%).

Além das diversas fontes de dados que dificultaram a etapa de coleta, na fase de processamento teve-se a dificuldade de organizar dados fornecidos em formatos distintos, tais como documentos impressos ou arquivos em planilha eletrônica. Os dados em formato digital, por sua vez, eram organizados de forma distinta em cada empresa, necessitando de um esforço considerável de organização antes da análise. Por exemplo, para a contabilização das causas do não cumprimento dos pacotes de trabalho, algumas construtoras descreviam esses problemas, enquanto outras seguiam a classificação de uma lista pré-determinada.

A organização dos dados começou com a consolidação dessas informações em um arquivo único do Microsoft Excel (tipo “xls”), com cada planilha correspondendo a uma obra, na qual foi identificada a fonte de evidência de coleta, data de início do empreendimento, nicho de mercado, empresa, etc. Essas informações foram sintetizadas em duas planilhas diferentes. Na primeira delas, havia o registro do PPC médio da obra e do número de ocorrência de problemas. Nesse grupo, as análises se detiveram em histogramas do PPC, análises de variância (ANOVA) e gráficos de pizza com informações das causas do não cumprimento das tarefas. Na outra planilha, havia o registro semanal do número de pacotes de trabalho planejados, número de pacotes executado, as causas do não cumprimento das tarefas agrupadas nas oito categorias, além do nicho a que pertenciam. Essa segunda planilha foi então transferida para o pacote estatístico SPSS<sup>1</sup>, uma vez que esse *software* é mais apropriado para a geração de gráficos e para a análise com diversas técnicas estatísticas, como a análise de regressão múltipla.

#### 3.2 Preparação dos Dados

Na tabela que contabilizava os valores semanais, a preparação dos dados começou com a identificação dos dados espúrios, através de verificações nos erros padronizados da previsão. Hair *et al.* (2005) sugeriu identificar os casos superiores aos intervalos de 3 a 4 desvios-padrão em amostras com mais de 80 observações. Para esse artigo, identificaram-se todos os valores que excediam a 3 desvios-padrão (o que corresponde a 1,06% da amostra).

---

<sup>1</sup> Foi utilizada a versão 13.0 do *Statistical Package for Social Sciences* – <http://www.spss.com>

Depois de identificados os valores espúrios, deve-se decidir sobre a exclusão dos mesmos. O que se percebeu é que a grande parte desses valores estavam entre 3 e 4 desvios-padrão. Vale ressaltar, ainda, que a grande maioria deles tinha em comum um PPC semanal muito baixo (menor que 50%). Para Hair *et al.* (2005) esses registros devem ser mantidos, a menos que existam provas concretas de que estão fora do normal e que não são representativas de quaisquer observações da população, para não prejudicar a generalização.

### **3.3 Análise de Regressão Múltipla**

Para o planejamento da pesquisa, levou-se em conta o tamanho da amostra, excedendo o valor de 15 a 20 casos por variável independente, para garantir a representatividade (HAIR *et al.*, 2005). Tomou-se cuidado, também, com a relação entre as variáveis independentes e a dependente, que deve ser linear (HAIR *et al.*, 2005). Apenas em uma das variáveis foi necessária uma transformação, avaliada por tentativa e erro, comparando a melhoria contra a necessidade de transformações adicionais (HAIR *et al.*, 2005).

Na estimação do modelo de regressão múltipla, o critério mais importante é o bom conhecimento do pesquisador relativo ao contexto da pesquisa, permitindo fundamentação quanto às variáveis a serem incluídas e aos sinais e magnitudes esperados de seus coeficientes. Na interpretação das variáveis da regressão utilizam-se também os coeficientes *beta*, que permitem uma comparação direta entre coeficientes (porque eles são padronizados) e o quanto eles contribuem para a explicação da variável dependente (HAIR *et al.*, 2005). Leech *et al.* (2005) ressaltam outras medidas estatísticas para a análise do modelo gerado: o coeficiente de correlação ajustado (que significa o percentual da variância explicada com a combinação das variáveis independentes), o valor “t” e a significância, ambos contribuindo para a identificação de quais variáveis independentes são mais importantes para a explicação da variável dependente.

## **4 ANÁLISE DE RESULTADOS**

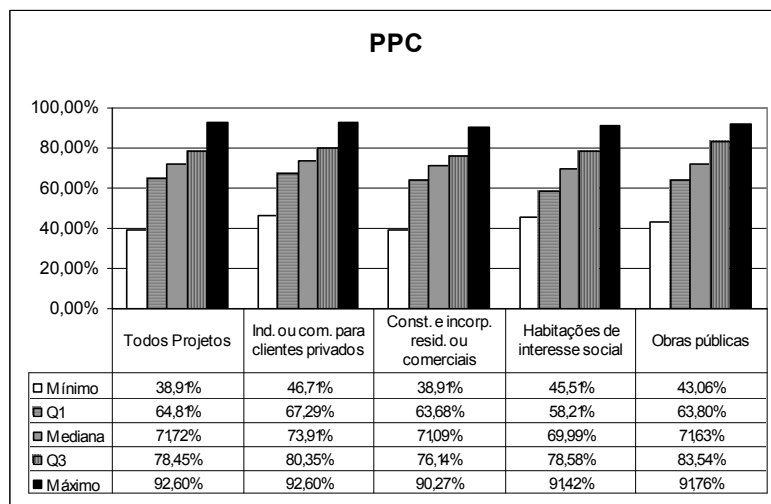
### **4.1 Análise do PPC médio das obras e das suas causas gerais do não cumprimento dos pacotes de trabalho**

Como a natureza dos empreendimentos nessa amostra varia bastante investigou-se, inicialmente, se o PPC médio e as causas gerais do não cumprimento das tarefas variavam significativamente nas obras de acordo com o nicho considerado. Com isso, informações de estatística descritiva para a tendência central e a dispersão dos dados em cada grupo de obras estão sintetizadas na figura 1. De um total de 133 empreendimentos, 67 (50,38%) deles são industriais ou comerciais para clientes privados, 36 (27,07%) são construções e incorporações residenciais ou comerciais, 21 (15,79%) são empreendimentos de interesse social e 9 (6,76%) são obras públicas diversas (estradas, estações elevatórias de esgoto e subestações de energia elétrica).

Contudo, na realização de uma análise de variância (ANOVA), o PPC médio das obras entre os diferentes nichos de mercado não se apresentou como estatisticamente significativo. Na figura 1, percebe-se que os valores de PPC, em sua maioria, são maiores no grupo das obras industriais ou comerciais para clientes privados. Em uma nova análise de variância, comparou-se esse nicho com os demais empreendimentos. Nesse caso, além de estatisticamente significativo, o PPC médio nesse grupo foi de 72,24%, contra 68,53% das demais obras. Por isso, foram feitas análises mais específicas nesse segmento de mercado, procurando-se possíveis fatores que possam explicar essa diferença.

Esse setor é formado, basicamente, por empreendimentos de duas construtoras e um terceiro grupo de obras composto pelas implementações do modelo de PCP do NORIE/UFRGS utilizado em estudos de caso de dissertações. A construtora A é responsável por 44,78% dos empreendimentos, a empresa B por 38,60% e 22,39% refere-se às demais obras. Os empreendimentos da construtora A, na maioria dos casos, possuem prazo reduzido para execução, muitas vezes é necessário interferir no processo produtivo do cliente (quando ocorrem em unidades operacionais em pleno funcionamento) e possuem uma grande diversidade de unidades construídas. Essa empresa adota, desde 1999, o modelo de PCP do NORIE/UFRGS, sendo que o aprimoramento nesse processo é considerado por seus diretores e gerentes como um diferencial competitivo. As obras da empresa B estão, para esse nicho, concentradas na construção de prédios para

universidades, não sendo empreendimentos que envolvam tanta complexidade quando comparado à empresa A. O modelo de PCP vem sendo utilizado desde 2000 nessa construtora.



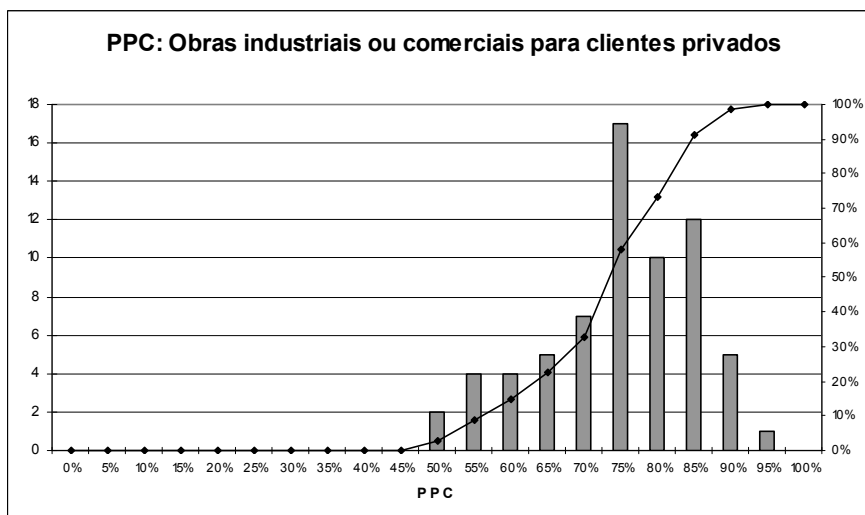
**Figura 1 – Dispersão do PPC médio na amostra de 133 empreendimentos**

Nesse setor, a análise de variância do PPC médio das obras foi significativa entre esses três sub-grupos, com os resultados na tabela 1. Na figura 2, encontra-se o histograma com a dispersão do PPC para as obras industriais ou comerciais para clientes privados.

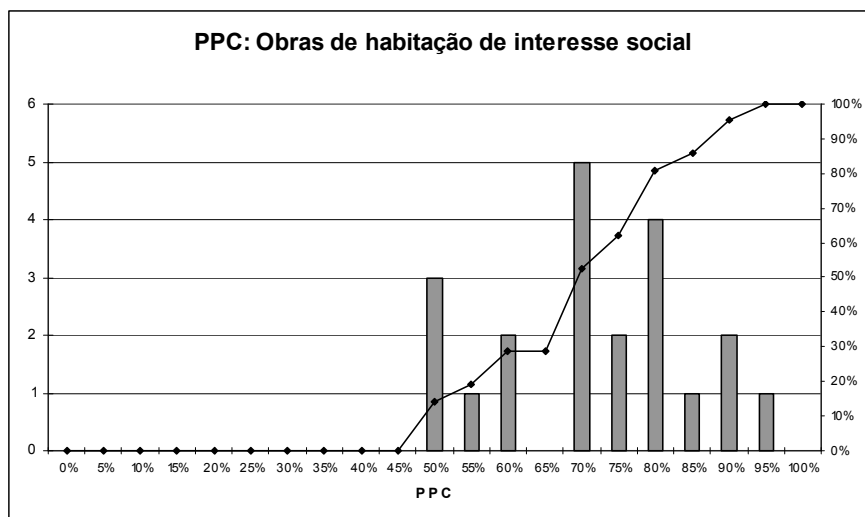
**Tabela 1 – Estatística descritiva nos empreendimentos industriais ou comerciais para clientes privados**

OBRAS	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Empresa A	30	67,93%	10,14%	49,83%	89,05%
Empresa B	22	80,31%	6,26%	63,54%	92,60%
Outras	15	69,03%	8,69%	46,71%	78,00%
Total	67	72,24%	10,30%	46,71%	92,60%

No outro extremo, observado na figura 1, nas obras do nicho de Habitações de Interesse Social os valores de mínimo, Q1 e mediana estão bastante próximos quando comparado aos demais setores. Além disso, os valores de Q1 e da mediana são os mais baixos. Esse resultado em parte pode ser explicado pela implementação parcial do modelo de PCP do NORIE/UFRGS para as obras desse segmento. Isso porque, em grande parte delas, não foi implementado o Planejamento de Médio Prazo que tem, como um de seus objetivos, a análise e remoção sistemática das restrições. O histograma dessas obras (figura 3) mostra que 30% possuem valores de PPC abaixo de 60%.



**Figura 2 – Dispersão do PPC médio em obras ind. ou com. para clientes privados**



**Figura 3 – Dispersão do PPC médio em obras de habitação de interesse social**

Na comparação entre esses dois setores do mercado, é possível que alguns fatores tenham uma influência positiva para um maior PPC na obra. São eles: a análise de restrições do planejamento de médio prazo, a gestão do sistema da qualidade (com a implementação das normas da série ISO 9000) ou o acompanhamento de pesquisadores para o uso dos resultados em estudos acadêmicos. O impacto da complexidade dos empreendimentos, embora pareça ser significativo, não foi avaliado nessa etapa. Considerando as 133 obras, a análise de variância mostrou significância estatística para esses três fatores. A tabela 2 sintetiza esses resultados.

**Tabela 2 – Fatores que possam influenciar no valor do PPC médio da obra**

	Análise de Restrições		Gestão do Sistema da Qualidade		Acompanhamento do Pesquisador	
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
PPC <sub>médio</sub>	67,50%	71,69%	73,67%	66,18%	67,54%	72,18%

Na tabela 2, o maior PPC nas obras que não utilizavam a análise de restrições antes de acrescentar as tarefas no plano de curto prazo indica que o plano de médio prazo não foi completamente implementado nesses empreendimentos avaliados. Quanto à gestão do sistema de qualidade, a necessidade de maior controle dos processos nessas empresas também demonstrou sua contribuição para a confiabilidade do planejamento. Por último, o acompanhamento do pesquisador corresponde, em grande parte, a implementação do modelo de PCP. As obras que não tiveram esse acompanhamento originaram-se, em grande parte, nas empresas “A” e “B” das obras industriais ou comerciais para clientes privados em que, naturalmente, se espera um aprendizado ao longo do tempo. Por esse motivo, essas obras apresentaram um maior PPC médio.

Em 105 empreendimentos dessa amostra, foi possível investigar as causas globais do não cumprimento dos pacotes de trabalho. A porcentagem de cada uma dessas tarefas não concluídas nas suas oito categorias (mão-de-obra, materiais, equipamentos, projeto, planejamento, interferência do cliente, problemas meteorológicos ou fornecedores) estão na tabela 3, na qual também se descreve essas ocorrências para cada um dos segmentos do mercado.

**Tabela 3 - Causas do não cumprimento dos pacotes de trabalho em 105 empreendimentos**

	<b>Todas Obras</b>	<b>Industriais / comerciais para clientes privados</b>	<b>Incorporações Residenciais</b>	<b>Habitações de Interesse Social</b>	<b>Obras Públicas</b>
<b>Mão-de-obra</b>	34,77%	30,24%	40,74%	42,45%	32,71%
<b>Materiais</b>	5,82%	5,76%	7,85%	2,99%	11,21%
<b>Equipamentos</b>	3,39%	3,60%	1,69%	4,83%	2,80%
<b>Projeto</b>	2,83%	3,81%	2,02%	0,80%	0,93%
<b>Planejamento</b>	30,29%	30,64%	33,10%	26,66%	21,96%
<b>Clientes</b>	4,08%	6,76%	0,21%	0,00%	4,67%
<b>Chuva</b>	14,17%	14,67%	9,46%	17,44%	21,50%
<b>Fornecedores</b>	4,66%	4,52%	4,92%	4,83%	4,21%

Na tabela 3, os problemas predominantemente vinculados a processos internos das construtoras (soma dos problemas de mão-de-obra, materiais, equipamentos, projeto e planejamento) correspondem a, aproximadamente, 70% das ocorrências no não cumprimento das atividades. Problemas como as condições meteorológicas se revelam importantes em canteiros horizontais (como as habitações de interesse social e as obras públicas). Mesmo assim, não chegam a ser muito maiores do que 20% do total.

#### **4.2 Análise de Regressão múltipla para a explicação do PPC**

A regressão múltipla foi utilizada para determinar a melhor combinação entre as oito variáveis que representam a causa do não cumprimento dos pacotes de trabalho, além da semana da obra em que estavam essas medidas, do número de pacotes planejados e do número de tarefas executadas para a explicação do percentual de pacotes concluídos. As análises aconteceram em todo o grupo e, posteriormente, para cada um dos nichos do mercado. A variável “número de tarefas planejadas” foi excluída da análise porque estava muito correlacionada com o “número de tarefas executadas” e, essa última, contribuía mais para a explicação do PPC. Além disso, utilizou-se o logaritmo do número das tarefas executadas, porque essa variável não apresentava originalmente uma relação linear com o PPC. Para cada uma das análises, as variáveis eram retiradas do modelo gerado quando não se mostravam estatisticamente significativo. A importância de cada uma delas pode ser comparado dentro do mesmo grupo através do valor “t” e do coeficiente beta.

De acordo com a tabela 4, os fatores que mais contribuem para a explicação do PPC nos diversos nichos são: logaritmo do número de pacotes executados, os problemas “não classificados” (mostrando a importância dessa informação, que não foi coletada), planejamento e mão-de-obra (esperado, visto que são as categorias que possuem a maior concentração do não cumprimento das tarefas) e as condições adversas do tempo.

Cabe ressaltar que, na amostra geral, aproximadamente 40% da variação do PPC não é explicada pelas variáveis coletadas. A própria divisão entre os nichos não contribuiu para a melhora desse valor nas obras industriais ou comerciais para clientes privados e nas habitações de interesse social. Fatores que não foram contabilizados nessa análise de regressão, como alguma medida de complexidade dos empreendimentos poderiam também contribuir com a explicação. No nicho das obras industriais ou comerciais para clientes privados, por exemplo, Soares (2003) comparou o PPC médio de 15 empreendimentos a três fatores de complexidade na gestão de obras: velocidade de produção, interferência do cliente e incerteza no projeto. Os mesmos foram classificados de acordo com a percepção do pesquisador em três níveis: alto, médio e baixo. Este autor descreveu que, à medida que os níveis desses fatores se elevavam, havia uma redução na medida do PPC médio do empreendimento.



**Tabela 4 – Análise de regressão para a explicação do PPC**

	Todas Obras		Industriais / comerciais para clientes privados		Incorporações Residenciais		Habitações de Interesse Social		Obras Públicas	
	$\beta$	t	$\beta$	t	$\beta$	t	$\beta$	t	$\beta$	t
CONSTANTE		118,43		88,703		43,405		49,722		33,922
Mão-de-obra	-,271	-17,08	-,246	-11,64	-,324	-11,34	-,356	-10,22	-,494	-8,900
Materiais	-,048	-3,107	0	0	-,119	-4,301	-,179	-5,52	-,230	-4,225
Equipamentos	-,101	-6,841	-,113	-5,790	-,052	-1,898	-,126	-3,90	-,221	-3,773
Projeto	-,110	-7,325	-,150	-7,633	-,066	-2,417	0	0	0	0
Planejamento	-,250	-15,56	-,259	-11,96	-,424	-15,32	-,190	-5,75	0	0
Clientes	-,125	-8,374	-,166	-8,452	0	0	0	0	-,136	-2,443
Chuva	-,286	-19,42	-,305	-15,80	-,133	-4,663	-,306	-9,44	-,369	-6,695
Fornecedores	-,126	-8,516	-,116	-5,987	-,182	-6,808	-,160	-4,975	0	0
Não Classificado	-,300	-20,27	-,374	-19,17	-,363	-13,66	-,122	-3,369	-,258	-4,727
logExecutado	,632	41,344	,596	29,570	,593	22,102	,641	16,444	,659	11,184
Semana	0	0	0	0	0	0	,105	3,000	0	0
N	1720		992		296		359		73	
R <sup>2</sup> ajustado	62,90%		63,40%		79,6%		63,40%		79,40%	

## 5 CONCLUSÕES

Na análise das causas do não cumprimento das atividades, os problemas mais importantes estão relacionados à mão-de-obra e falhas no planejamento, o que ficou evidente nos quatro setores do mercado. Dessa forma, no planejamento de médio prazo pode-se deter mais na remoção de restrições referentes a essas causas avaliando-se, posteriormente, se ocorreriam melhorias significativas no cumprimento dos pacotes de trabalho. Entretanto, mão-de-obra e planejamento podem ser categorias muito abrangentes para a classificação dos problemas, sendo que as mesmas correspondem aos efeitos observados e não causas raiz. Por essa razão, treinamentos aos profissionais envolvidos nessa etapa de coleta poderiam contribuir para valores classificados de forma mais precisa. Assim, a heterogeneidade observada nas etapas de coleta e classificação desses problemas também pode estar influenciando negativamente os resultados da análise de regressão, diminuindo a explicação.

No momento, a análise de regressão com as variáveis disponíveis mostrou a possibilidade de que existam outros atributos para a explicação do PPC que não estão sendo coletados. Nas obras industriais ou comerciais para clientes privados, uma variável que parece ser significativa é alguma medida do grau de complexidade da obra, conforme indicado por Soares (2003).

## 6 REFERÊNCIAS

- 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: 15 nov. 2005.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. **Shielding Production**: an essential step in production control. California: Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, 1997. (Technical Report 97-1)

BALLARD, G.; HOWELL, G.A. An update on last planner. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 11, 2003, Blacksburg. **Proceedings...** Blacksburg: 2003. Disponível em: <<http://strobos.cce.vt.edu/IGLC11/PDF%20Files/08.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2004.

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

BIRREL, G.S. Construction Planning: beyond the critical path. **Journal of the Construction Division**, EUA, p. 389-407, 1980.

BULHÕES, I.R. **Rede QUALCON - Planejamento e Controle da Produção**: relatório final. 2004. Não publicado.

CABENA, P.; HADJINIAN, P.; STADLER, R.; VERHEES, J.; ZANASI, A. **Discovering Data Mining: from concept to implementation**. Estados Unidos: Prentice Hall PTR, 1997.

CODINHOTO, R. **Diretrizes para o planejamento e controle integrado dos processos de projeto e produção na construção civil**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 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.

GUTHEIL, K.O. **Desenvolvimento de sistemas de Planejamento e Controle da Produção em micro empresas de construção civil, com foco no planejamento integrado de várias obras**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

HAIR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise Multivariada de Dados**. Porto Alegre: ArtMed Editora S.A., 2005.

HAN, J.; KAMBER, M. **Data Mining: concepts and techniques**. Estados Unidos: Morgan Kaufmann Publishers, 2001.

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

KOSKELA, L.; HOWELL, G. The theory of project management: explanation to novel methods. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 10, 2002, Gramado. **Proceedings...** Gramado: IGLC/UFRGS, 2002.

KRAWCZYK F., M. **Diretrizes para a programação de recursos em obras de curto prazo**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, EUA, v. 5, p. 243-266, 1987.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Competence and timing dilemma in construction planning. **Construction Management and Economics**, EUA, n. 6, p. 339-355, 1988.

LEECH, N.L.; BARRETT, K.C.; MORGAN, G.A. **SPSS for Intermediate Statistics: use and interpretation**. 2 ed. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2005.

MASON, C.H.; PERREAULT Jr., W.D. Collinarity, Power and Interpretation of Multiple Regression Analysis. **Journal of Marketing Research**, EUA, v. 28, p. 268-280, 1991.

OLIVEIRA, K.A.Z. **Desenvolvimento e Implementação de um Sistema de Indicadores no Processo de Planejamento e Controle da Produção**: proposta baseada em estudo de caso. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PYLE, D. **Data Preparation for Data Mining**. Estados Unidos: Morgan Kaufmann Publishers, 1999.

SOARES, A.C. **Diretrizes para a manutenção e o aperfeiçoamento do processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

WEISS, S.M.; INDURKHYA, N. **Predictive Data Mining: a practical guide**. Estados Unidos: Morgan Kaufmann Publishers, 1998.

## 7 AGRDECIMENTOS

Esse projeto de pesquisa foi possível com o apoio financeiro da CAPES (Coordenação para o Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior) e CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).