

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**Avaliação do Impacto do Sistema *Last Planner* no
Desempenho de Empreendimentos da Construção
Civil**

Camile Borges Moura

Porto Alegre
2008

Camile Borges Moura

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO SISTEMA *LAST
PLANNER* NO DESEMPENHO DE EMPREENDIMENTOS
DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Engenharia. Orientação: Prof. Dr.
Carlos Torres Formoso.

Porto Alegre

2008

M929a Moura, Camile Borges

Avaliação do impacto do sistema *Last Planner* no desempenho de empreendimentos da construção civil / Camile Borges Moura. – 2008.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2008.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Torres Formoso

1. Planejamento e controle da produção. 2. Medição de desempenho. 3. Indústria da construção. I. Formoso, Carlos Torres, orient. II. Título.

CDU-69:658(043)

CAMILE BORGES MOURA

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO SISTEMA *LAST
PLANNER* NO DESEMPENHO DE EMPREENDIMENTOS
DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA, Área de Construção, e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 02 de Julho de 2008.

Prof. Carlos Torres Formoso
Ph.D. pela University of Salford, Grã Bretanha
Orientador

Prof. Fernando Schnaid
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Flávio Sanson Fogliatto (PPGEP/UFRGS)
Ph.D. pela State University of New Jersey, Estados Unidos

Prof. Maurício Moreira e Silva Bernardes (PGDESIGN/UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Tarcísio Abreu Saurin (PPGEP/UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho (PPGEC/UFRGS)
Ph.D. pela University of Leeds, Grã Bretanha

Dedico este trabalho aos meus pais Marco Aurélio e Miriam e minha irmã Cristiane pela educação e amor que sempre me deram.

Às minhas avós Arnaldina Cardoso Moura (*in memoriam*) e Gladys Cabral de Mello Borges que sempre me apoiaram.

À minha madrinha Ângela Borges Masuero por todo o incentivo e exemplo que me deu.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor e orientador Carlos Torres Formoso por sua atenção e confiança a mim dedicadas. Aos demais professores do NORIE/UFRGS que também contribuíram para a minha formação.

Aos colegas Rodrigo Bortolazza, Letícia Berr, Bernhard Scheid Mallmann, Dayana Bastos Costa e Fábio Kellermann Schramm, cujo auxílio foi de extrema importância para a realização desta dissertação. Ao professor Flávio Sanson Fogliatto pelo auxílio em Estatística.

Agradeço à todas as empresas que deram contribuições importantes para a realização do presente trabalho.

À CAPES e ao CNPQ pela concessão das bolsas que me auxiliaram durante o todo o mestrado.

Aos amigos da turma de 2006, Caroline Kehl, Patrícia André Tillmann, Cecília Gravina da Rocha, Juliana Cruz, Guilherme Biesek, Ilídio Alexandre, Luís Fernando Félix, Paulo Salvador e demais colegas do NORIE, sem os quais esses dois anos teriam sido muito mais árduos. Obrigada pela companhia, pelas festas, pelas conversas, idéias trocadas e muitos chimarrões.

A todos os meus amigos e amigas que fizeram parte da minha vida nesse tempo, compartilhando comigo vitórias e angústias.

Aos meus familiares que sempre estiveram presentes tornando minha vida mais alegre e feliz.

Aos meus pais, por serem a minha base, por estarem sempre presentes me dando amor e carinho, por sempre terem dedicado esforço máximo pela minha formação.

À minha irmã, pelo exemplo que é pra mim, por todas as ajudas que me deu, pelas cobranças que me fez, com certeza, muito do que sou foi espelhado nela.

Por fim, agradeço a Deus por tudo que sou, e por ter chegado até aqui, pois sem Ele, com certeza, nada disso seria possível.

"Ainda que eu tivesse o dom da profecia, o conhecimento de todos os mistérios e de toda a ciência; ainda que eu tivesse toda a fé, a ponto de transportar montanhas, se não tivesse o amor, eu não seria nada."

1 Cor13,2

RESUMO

MOURA, Camile Borges. **Avaliação do Impacto do Sistema *Last Planner* no Desempenho de Empreendimentos da Construção Civil**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Diversos esforços têm sido dirigidos à melhoria do setor da construção civil no mundo inteiro, podendo ser destacado como um dos principais focos o processo de planejamento e controle da produção (PCP). Este processo tem grande impacto no desempenho dos empreendimentos de construção, em relação aos seus custos, prazos, qualidade e segurança. Uma das principais iniciativas realizadas para a melhoria do PCP foi o desenvolvimento e disseminação do Sistema *Last Planner* de Controle da Produção (LPS). Esse sistema vem sendo aplicado em diversos países desde meados da década de 1990. O principal indicador do LPS é o Percentual de Planos Concluídos (PPC), que mede a eficácia do planejamento. Contrastando com o elevado número de estudos qualitativos realizados sobre a implementação do LPS, poucas análises quantitativas foram realizadas sobre o impacto de sua implementação e os fatores que afetam a sua eficácia. A partir da construção de uma grande base de dados de empreendimentos, o presente trabalho buscou avaliar o impacto da eficácia de sistemas de PCP, baseados no LPS, no desempenho de empreendimentos da construção civil quanto ao custo e ao prazo. Buscou avaliar também influência de práticas de gestão da produção na construção civil na eficácia destes sistemas de PCP. A base de dados utilizada contém indicadores de PPC, desvio de custo, desvio de prazo, boas práticas de PCP e boas práticas de canteiros de obras. Através da técnica de regressão múltipla foram realizadas diversas análises. Como principais conclusões apontam-se algumas evidências sobre a forma como o PCP influencia o desempenho dos empreendimentos e a importância das boas práticas de PCP e de canteiros de obras na eficácia do planejamento. Apesar de as análises apresentarem níveis de correlação relativamente baixos, devido a algumas limitações dos dados disponíveis, observou-se uma forte consistência nos modelos de regressão desenvolvidos.

Palavras-chave: planejamento e controle da produção; *Last Planner*; medição de desempenho.

ABSTRACT

MOURA, Camile Borges. **Avaliação do Impacto do Sistema *Last Planner* no Desempenho de Empreendimentos da Construção Civil**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Several efforts for improving the construction sector have been made worldwide, and one of the main focus has been the production planning and control process. This process has a large impact on the performance of construction projects, in terms of cost, time, quality and safety. One of the main initiatives for improving the planning and control process has been the development and dissemination of the Last Planner System of Production Control (LPS). This system has been used in many different countries since the mid Nineties. The main performance indicator of the LPS is the Percentage of Plans Completed (PPC), which measures planning effectiveness. In contrast with the large number of qualitative studies on the implementation of LPS, very few quantitative analyses have been undertaken on the impact of its implementation and on the factors that affect its effectiveness. Based on the construction of a large project database, this research study aims to assess the impact of LPS based production planning and control systems on the performance of construction projects in terms of cost and time. This investigation has also analysed the impact of a set of production management practices on the effectiveness of those planning systems. The database contains the following indicators: PPC, cost deviation, time deviation, good production planning and control practices, and good site management practices. Several analyses were carried out using regression analysis techniques. As main conclusions, the study provided some evidences on the way production planning and control influences project performance, and the importance of good production planning and control practices, and site management practices on the effectiveness of planning and control. Despite the fact that some of the analyses indicated a fairly low correlation index, due to some limitations on the data available, the regression models produced were very consistent.

Keywords: production planning and control; *Last Planner*; performance measurement.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABELAS	6
1 INTRODUÇÃO	16
1.1 contexto e motivação	16
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	17
1.3 QUESTÕES DE PESQUISA	20
1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	20
1.5 DELIMITAÇÕES	21
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	21
2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	23
2.1 ConceitoS de Planejamento	23
2.2 Problemas do PCP tradicional	25
2.3 SISTEMA <i>LAST PLANNER</i>.....	29
2.3.1 Planejamento Mestre	31
2.3.2 Planejamento <i>Lookahead</i>	32
2.3.3 Planejamento de Comprometimento.....	34
2.4 conceitos inovadores de gestão da produção introduzidos pelo LPS	38
2.4.1 Proteção da produção, estabilização do fluxo de trabalho e redução da variabilidade.	38
2.4.2 Aumento da transparência	41
2.4.3 Curto ciclo de controle e melhoria contínua	42
2.4.4 Produção puxada.....	43
2.4.5 Gestão Participativa	44
2.4.6 Estabilidade básica.....	45
3 INDICADORES DE GESTÃO DA PRODUÇÃO	47
3.1 CONCEITOS BÁSICOS DE MEDIÇÃO DE DESEMPENHO.....	47
3.2 INDICADORES DE GESTÃO DA PRODUÇÃO	50
3.2.1 Indicadores de desempenho do empreendimento	50
3.2.1.1 Desvio de Custo (DC).....	50
3.2.1.2 Desvio de prazo.....	51
3.2.2 Indicadores de planejamento e controle da produção	53
3.2.2.1 Percentual de planos concluídos (PPC).....	53
3.2.2.2 Causas do não cumprimento dos planos	55
3.2.2.3 Índice de boas práticas de planejamento e controle da produção (IBPPCP).....	56
3.2.2.4 Estudos anteriores com indicadores do <i>Last Planner</i>	59
3.2.2.4.1 Estudo de Bortolazza (2006)	59
3.2.2.4.2 Outros estudos.....	62
3.2.3 Boas práticas de canteiros de obras	65

3.2.3.1 Índices de boas práticas de canteiros de obras	65
3.3 RELAÇÕES ENTRE OS INDICADORES ESTUDADOS.....	69
4 MÉTODO DE PESQUISA	71
4.1 CONTEXTO	71
4.2 ESTRATÉGIA DE PESQUISA	73
4.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA	74
4.3.1 Etapa 1	75
4.3.2 Etapa 2	79
4.3.2.1 Escolha das hipóteses.....	81
4.3.2.2 Definição das análises.....	82
4.3.2.3 Formação do banco de dados	83
4.3.3 Etapa 3	86
4.3.3.1 Análise de dados	88
4.3.3.1.1 Caracterização da base	88
4.3.3.1.2 Análise de observações atípicas	89
4.3.3.1.3 Tamanho da amostra	90
4.3.3.1.4 Definição da técnica a utilizar	90
4.3.3.1.5 Regressão Linear	92
5 RESULTADOS.....	94
5.1 caracterização por nichos de mercado.....	94
5.2 caracterização por variáveis	95
5.2.1 Percentual de Planos Concluídos (PPC)	96
5.2.2 Causas de não cumprimento das tarefas	98
5.2.3 Desvio de Custo (DC).....	102
5.2.4 Desvio de Prazo (DP)	104
5.2.5 Índice de Boas Práticas de Planejamento e Controle da Produção (IBPPCP)	105
5.2.6 Índice de Boas Práticas em Canteiros de Obras (IBP).....	108
5.3 Análises.....	112
5.3.1 Análise 1	112
5.3.1.1 Análise 1a	113
5.3.1.2 Análise 1b	116
5.3.2 Análise 2.....	121
5.3.2.1 Análise 2a	121
5.3.2.1.1 Empresa A.....	123
5.3.2.1.2 Empresa C	125
5.3.2.2 Análise 2b	127
5.3.3 Análise 3.....	130
5.3.3.1 Análise 3a	131
5.3.3.2 Análise 3b	133
5.3.4 Análise 4.....	136
5.3.4.1 Análise 4a	136
5.3.4.2 Análise 4b	141
5.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	142
6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	146
6.1 conclusões.....	146

6.2 sugestões para futuros trabalhos.....	148
REFERÊNCIAS.....	150
ANEXO 1 – CHECK LIST DO ÍNDICE DE BOAS PRÁTICAS EM CANTEIROS DE OBRAS	157

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dimensão horizontal do planejamento (LAUFER; TUCKER, 1987).	24
Figura 2: modelo de conversão (adaptado de KOSKELA, 1992).....	26
Figura 3: Processo de produção como fluxo (adaptado de KOSKELA, 1992).	28
Figura 4: Níveis do planejamento baseado no LPS (adaptada de Ballard e Howell, 1998.)	31
Figura 5: Processo de planejamento e proteção da produção (adaptado de BALLAR;HOWELL, 1998)	38
Figura 6: Esquema do fluxo de trabalho protegido.	40
Figura 7: Delineamento da pesquisa	74
Figura 8: Diagrama de seleção de técnica multivariada (adaptado de Hair <i>et al.</i> , 2005).....	91
Figura 9: distribuição de freqüências de PPC.	96
Figura 10: estatísticas de PPC por nichos de mercado.....	97
Figura 11: PPC médio das principais empresas.	98
Figura 12: distribuição das causas de não cumprimento das tarefas por grupos.....	99
Figura 13: comparação entre autores do valores de causas de não cumprimento dos planos semanais.	100
Figura 14: distribuição das causas de não cumprimento das tarefas para amostra total.....	101
Figura 15: histograma da distribuição do desvio de custo acumulado na empresa C.	102
Figura 16: desvio de custo acumulado final por obra da empresa C.	103
Figura 17: histograma da distribuição do desvio de prazo acumulado para as empresas A e C.	104
Figura 18: valores de desvio de prazo acumulado por obras das empresas A.	105
Figura 19: valores de desvio de prazo acumulado por obras das empresas C.	105
Figura 20: distribuição de freqüências de IBP para amostra total.	108
Figura 21: valores de IBP médio por empresa.	109
Figura 22: distribuição de IBP ao longo do tempo na empresa A.	109
Figura 23: distribuição de IBP ao longo do tempo na empresa C.	110
Figura 24: comparação entre autores de valores de IBP.....	112
Figura 25: gráfico de dispersão PPC x DC da empresa C.	114
Figura 26: gráfico de dispersão PPC x DC da empresa C sem dados espúrios.....	115
Figura 27: gráfico de dispersão PPC x DP para empresa A.....	123
Figura 28: gráfico de dispersão PPC x DP para empresa C.....	125
Figura 29: gráfico de dispersão PPC x IBP para amostra completa.....	137

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: exemplo de planilha de médio prazo.....	34
Tabela 2: exemplo de planilha de planejamento de curto prazo.....	37
Tabela 3: valores de referência de PPC em diversos países.	54
Tabela 4: lista de causas de não cumprimento.....	56
Tabela 5: lista das boas práticas de PCP.	58
Tabela 6: dados de referência do índice de boas práticas de PCP.	59
Tabela 7: resumo de trabalhos com indicadores de planejamento e controle da produção	65
Tabela 8: lista com os principais itens do <i>check-list</i> do índice de boas práticas em canteiros de obras.	67
Tabela 9: dados de referência do índice de boas práticas em canteiros de obras.	68
Tabela 10: resumos dos trabalhos sobre indicador de índice de boas práticas de canteiros de obras.	69
Tabela 11: Situações relevantes para diferentes estratégias de pesquisa.	74
Tabela 12: Quadro resumo das empresas.	77
Tabela 13: Lista de boas práticas de PCP.	81
Tabela 14: caracterização da base de dados.....	87
Tabela 15: Variáveis quanto ao tipo e escala.	88
Tabela 16: resumo dos dados por nicho de mercado quanto ao número de empresas, obras e casos.	95
Tabela 17: estatística descritiva das principais variáveis.....	96
Tabela 18: comparação de valores de PPC: Bortolazza [1996-2005] e Moura [2006-2007].....	97
Tabela 19: Estatística descritiva de desvio de prazo por empresa.	104
Tabela 20: média das boas práticas de PCP da empresa C.....	106
Tabela 21: média das boas práticas de PCP por obra e estatística descritiva...	107
Tabela 22: estatísticas descritivas do IBP e subitens para a amostra total.....	111
Tabela 23: correlação de Pearson $PPC \times DC$ da empresa C.....	113
Tabela 24: correlação de Pearson $PPC \times DC$ da empresa C, sem dados espúrios.	115
Tabela 25: Regressão linear $PPC \times DC$ da empresa C, sem dados espúrios.	116
Tabela 26: Correlação linear $DC \times causas$ da empresa C, sem dados espúrios.	117
Tabela 27: Correlação linear $DC \times grupo \ de \ causas$ da empresa C, sem dados espúrios.....	117
Tabela 28: Correlação linear $DC \times causas \ internas \ e \ externas$ da empresa C, sem dados espúrios.....	118
Tabela 29: Modelo de regressão $DC \times causas$ da empresa C, sem dados espúrios.	119
Tabela 30: Modelo de regressão $DC \times grupos \ de \ causas$ da empresa C, sem dados espúrios.....	119
Tabela 31: Modelo de regressão $DC \times causas$ da empresa C, sem dados espúrios.	120
Tabela 32: correlação de Pearson $PPC \times DP$ para as empresas A e C.	122
Tabela 33: modelo de regressão $PPC \times DP$ para as empresas A e C.....	122
Tabela 34: correlação de Pearson $PPC \times DP$ para empresa A.	124
Tabela 35: correlação de Pearson $DP \times mês \ da \ obra$ para empresa A.	124
Tabela 36: correlação de Pearson $PPC \times DP$ para empresa C.	126
Tabela 37: Modelo de regressão $DP \times PPC$ para empresa C.	126

Tabela 38: Correlação linear <i>DP x causas</i> para empresa C.	127
Tabela 39: Correlação linear <i>DP x grupo de causas</i> para empresa C.	128
Tabela 40: Correlação linear <i>DP x causas internas e externas</i> para empresa C.	128
Tabela 41: Modelo de regressão <i>DP x causas</i> para empresa C.	129
Tabela 42: Modelo de regressão <i>DP x grupos de causas</i> para empresa C.	130
Tabela 43: correlação <i>PPC x IBPPCP</i> para empresa C.	131
Tabela 44: correlação <i>PPC x práticas de PCP</i> para empresa C.	132
Tabela 45: correlação <i>IBPPCP x grupos de causas</i> para empresa C.	133
Tabela 46: correlação <i>IBPPCP x causas internas e externas</i> para empresa C. .	133
Tabela 47: correlação <i>prática de remoção de restrições x causas</i> para empresa C.	134
Tabela 48: correlação entre a prática de remoção de restrições e o grupo de causas para empresa C.	135
Tabela 49: correlação entre a prática de remoção de restrições e as causas internas e externas para empresa C.	135
Tabela 50: correlação de Pearson <i>PPC x IBP</i> para amostra completa.	136
Tabela 51: Modelo de regressão <i>PPC x IBP</i> para amostra completa.	138
Tabela 52: Modelo de regressão <i>PPC x IBP</i> para o nicho incorporação.	139
Tabela 53: correlação de Pearson <i>PPC x subitens de IBP</i> para amostra completa	140
Tabela 54: Modelo de regressão <i>PPC x subitens de IBP</i> para amostra completa	140
Tabela 55: Modelo de regressão <i>PPC x subitens de IBP</i> para nicho de incorporações.	141
Tabela 56: Resumo das análises e principais conclusões	144
.	144
Tabela 57: Resumo das análises e principais conclusões.	145

LISTA DE SIGLAS

ANOVA: Análise de Variância

CPM: método do caminho crítico (*Critical Path Method*)

CV: coeficiente de variação

DC: Desvio de Custo

DP: Desvio de Prazo

JIT: *just-in-time*

IBP: Índice de Boas Práticas

IBPPCP: Índice de Boas Práticas de Planejamento e Controle da Produção

IRR: Índice de Remoção de Restrições

IGLC: *International Group of Lean Construction*

LPS: Sistema *Last Planner (Last Planner System)*

MRP: planejamento das necessidades de materiais (*Material Requirements Planning*)

NORIE: Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

PCP: Planejamento e Controle da Produção

PERT: técnica de avaliação e revisão de programa (*Program Evaluation and Review Technique*)

PPC: Percentual de Planos Concluídos

PPI: Índice de Produtividade do Projeto (*Project Productivity Index*)

PRI: Índice de Confiabilidade do Processo (*Process Reliability Index*)

r: coeficiente de correlação

R²: coeficiente de determinação

SISIND: Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil

SISIND-NET: Sistema de Indicadores para *Benchmarking* na Indústria da Construção com a utilização de instrumentos da Tecnologia da Informação

SPSS: *Statistical Package for the Social Sciences*

TI: Tecnologia da Informação

UFRGS: Universidade federal do Rio Grande do Sul

1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo apresenta o escopo do trabalho. Nele são apresentados o contexto e a motivação, o problema de pesquisa, as questões e objetivos de pesquisa, suas delimitações e a estrutura do trabalho.

1.1 CONTEXTO E MOTIVAÇÃO

Segundo Lantelme (1994), o crescimento da competitividade empresarial no setor da construção civil desde a década de 1990 tem levado as empresas a procurarem por melhorias de desempenho. Isso se dá por meio dos programas de melhoria da qualidade e produtividade que demandam avaliação sistemática de desempenho.

Costa (2003) ressalta que a importância dos sistemas de medição de desempenho vem crescendo no Brasil. Tais sistemas contribuem para que o foco principal das atividades seja nos resultados, sendo necessário que haja um conjunto de indicadores que relacione estratégias, planos de ação e metas da empresa (COSTA, 2003).

No ano de 1993 o NORIE/UFRGS desenvolveu um Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil, denominado SISIND no intuito de contribuir para o avanço das pesquisas na área de medição de desempenho. Em 2003, um novo sistema, baseado no anterior, foi desenvolvido com a utilização de um sistema *on-line* via Internet, denominando-se SISIND-NET¹ (COSTA *et al.*, 2005). O objetivo principal do SISIND-NET é o desenvolvimento e implantação de um sistema de indicadores para realização de *benchmarking* na indústria da construção (COSTA *et al.*, 2005). Esse projeto vem envolvendo um grupo de empresas de construção civil, que estabeleceram uma

¹ SISIND-NET foi desenvolvido com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

relação de parceria com o NORIE/UFRGS. As mesmas contribuem para o funcionamento do sistema através do envio sistemático de dados de indicadores de desempenho coletados em seus empreendimentos, sendo que o SISIND-NET fornece às mesmas relatórios periódicos de indicadores do setor.

O presente trabalho insere-se no projeto SISIND-NET, tendo como motivação inicial a grande disponibilidade de dados e a oportunidade de analisá-los a fim de contribuir para o avanço das pesquisas na área de medição de desempenho.

Nesse sentido, foram realizadas validações de dados inseridos na base e, principalmente, uma análise dos indicadores disponibilizados, com foco no processo de planejamento e controle da produção. Esse processo foi escolhido em função da sua importância para o desempenho do setor.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Ballard (1994) afirma que uma das maneiras mais eficazes de aumentar a eficiência do setor da construção civil é melhorar o planejamento e controle da produção (PCP). Formoso *et al.* (1999) corroboram essa afirmação, apontando que o PCP é fundamental, uma vez que, potencialmente, pode ter um grande impacto na qualidade, produtividade e confiabilidade quanto a prazos dos empreendimentos do setor.

Em que pese a importância do processo de PCP, muitas empresas construtoras apresentam deficiências no mesmo (KOSKELLA; BALLARD; HOWELL, 2007), que vêm sendo apontadas há várias décadas, desde o trabalho seminal de Laufer e Tucker (1987).

Desde os 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 2003a), Brasil (BERNARDES, 2001), Chile (GONZÁLEZ; ALARCÓN; MUNDACA, 2007) e Equador (FIALLO; REVELO, 2002), com base em conceitos e ferramentas desenvolvidas inicialmente por Ballard e Howell (1997a, 1997b). Tal abordagem foi denominada de *Last Planner System of Production Control*² (LPS)

² Sistema *Last Planner* de Controle da Produção

(BALLARD, 2000), sendo a mesma fortemente baseada em conceitos e princípios freqüentemente associados à produção enxuta (WOMACK; JONES, 1992) ou ao Sistema Toyota de Produção.

O sistema *Last Planner* busca introduzir um mecanismo de proteção da produção, denominado por Ballard (1994) de *shielding production*³, para a redução da variabilidade no curto prazo, e a análise sistemática de restrições, que contribui para melhorar a confiabilidade dos fluxos de trabalho (BALLARD, 2000).

O *Last Planner* envolve a coleta de alguns indicadores, sendo o principal deles o percentual de planos concluídos (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 industrialistas que estudam e aplicam os princípios da produção enxuta. O IGLC realiza anualmente uma conferência internacional, sediada cada vez em um diferente país do mundo. Como consequência da disseminação dessas idéias, foram criados *Lean Construction Institutes* em diferentes países, tais como EUA, Grã Bretanha, Dinamarca, Alemanha, entre outros.

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 isolados⁴.

Pôde-se constatar a escassez de estudos de caráter quantitativo que evidenciassem os impactos do emprego do LPS ou que apontassem, de forma mais contundente, os fatores que afetam o sucesso da sua implementação. Esta lacuna é também apontada por González, Alarcón e Mundaca (2007), os quais afirmam existir poucos estudos que evidenciem propriamente a relação existente entre eficácia dos planos e desempenho do empreendimento.

³ Produção protegida

⁴ Alguns desses trabalhos serão discutidos no Capítulo 3

Um dos trabalhos visando a analisar quantitativamente os dados do LPS foi efetuado por Bortolazza (2006). O trabalho propõe uma série de contribuições para os processos de coleta e análise de dados que permitam avaliar o impacto do sistema de PCP no desempenho de empreendimentos de construção civil.

Na tentativa de comparar os benefícios de uma melhor eficácia dos planos (medida pelo PPC) com os objetivos do empreendimento, Bortolazza (2006), realizou uma série de análises envolvendo PPC, causas de não cumprimento de pacotes de trabalho e outras variáveis como, por exemplo, desvio de custo (DC) e desvio de prazo (DP). Através da técnica de regressão multivariada, buscou explicar os valores de PPC semanais com base em outras variáveis pertencentes ao estudo. Os resultados dessas análises foram satisfatórios, obtendo valores de aproximadamente 70% na explicação do PPC semanal (BORTOLAZZA, 2006).

No entanto, o referido autor apontou para a necessidade de dar continuidade a esse tipo de análise, principalmente no que se refere ao impacto da eficácia do planejamento no resultado dos empreendimentos em termos de custo, prazo, qualidade e satisfação do cliente. Essas considerações corroboram a visão de Ballard (2000) sobre a necessidade de pesquisas que busquem quantificar e compreender os benefícios da eficácia do planejamento.

O presente trabalho representa uma continuidade do trabalho iniciado por Bortolazza (2006), buscando investigar a possível relação entre a eficácia do sistema de planejamento e controle da produção baseado no LPS e o desempenho do empreendimento, quanto a metas de custo e prazo. Contribui ainda para a realização deste trabalho a existência de uma base de dados criada pelo projeto SISIND-NET que reúne um número expressivo de empreendimentos.

Além do PPC, essa base possui dados referentes a desvios de prazo, desvios de custo, boas práticas de planejamento de canteiros (IBP) e também acesso a dados de boas práticas de planejamento e controle da produção (IBPPCP)⁵. Não foram encontradas análises estatísticas referentes aos dois últimos indicadores, o que constitui, também, uma lacuna no conhecimento e uma oportunidade para o presente trabalho.

⁵ Esses indicadores serão detalhados no Capítulo 3.

1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

Com base no que foi apresentado acima, surgiu a seguinte questão de pesquisa: **Qual o impacto da eficácia do processo de planejamento e controle, baseado no Sistema *Last Planner*, no desempenho de empreendimentos da construção civil?**

Para responder essa questão faz-se necessário primeiramente entender alguns outros pontos a respeito do assunto que surgiram como questão secundária desse trabalho:

- a) qual a relação existente entre a eficácia do planejamento, medida pelo PPC (Percentual de Planos Concluídos), e os desvios de custo e de prazo?

Dada a disponibilidade de dados, ao longo do trabalho foi definida uma segunda questão de pesquisa, também investigada no estudo de Bortolazza (2006): **Quais os fatores que afetam a eficácia do PCP em empreendimentos da construção civil?**

Para responder a essa questão formularam-se duas outras questões secundárias:

- a) qual a relação existente entre as boas práticas de canteiro de obras, medida pelo Índice de Boas Práticas de Canteiros de Obras (IBP), e a eficácia do planejamento, medida pelo PPC?
- b) qual a relação existente entre as boas práticas de PCP (Planejamento e Controle da Produção), medidas pelo índice de boas práticas de planejamento e controle da produção (IBPPCP), e a eficácia dos planos produzidos, medida através do PPC?

1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA

Com base nas questões acima apresentadas definiram-se os objetivos desse trabalho:

- a) avaliar o impacto da eficácia do planejamento e controle, baseados no Sistema *Last Planner*, no desempenho de empreendimentos da construção civil;
- b) identificar os fatores que afetam o PCP em empreendimentos da construção civil.

Os objetivos secundários do presente trabalho são:

- a) determinar a relação existente entre o indicador de desempenho do Sistema *Last Planner*, PPC, e as causas de não cumprimento dos planos com dois indicadores de desempenho do empreendimento, desvio de custo e desvio de prazo;
- b) determinar a relação entre indicadores de boas práticas de PCP e de canteiros de obras com a eficácia do planejamento, medida pelo PPC.

1.5 DELIMITAÇÕES

Este trabalho apresenta as seguintes delimitações:

- a) a disponibilidade de dados depende do estágio de desenvolvimento dos sistemas de medição de desempenho das empresas envolvidas e do interesse das mesmas em fornecê-los para a pesquisa;
- b) existe a possibilidade de variabilidade na forma de coleta dos dados, uma vez que os indicadores normalmente são coletados pelas próprias empresas, e não pela equipe de pesquisa;
- c) não são consideradas possíveis distorções no processo de coleta que não são detectadas na validação dos dados do SISIND-NET.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além do presente capítulo, o trabalho é constituído por mais cinco.

O capítulo dois apresenta uma revisão bibliográfica sobre planejamento e controle da produção, bem como, sobre o Sistema *Last Planner*.

O capítulo três apresenta uma revisão bibliográfica sobre indicadores de gestão da produção, com ênfase nos indicadores utilizados no presente trabalho.

O capítulo quatro descreve detalhadamente o método utilizado na pesquisa, incluindo a estratégia de pesquisa, o delineamento da mesma e a descrição das etapas realizadas.

No quinto capítulo são apresentados os resultados das análises estatísticas realizadas.

O sexto e último capítulo é composto pelas conclusões e sugestões para futuros trabalhos.

2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Neste capítulo faz-se uma revisão bibliográfica sobre o tema planejamento e controle da produção, bem como uma discussão sobre esse processo no contexto da construção civil.

2.1 CONCEITOS DE PLANEJAMENTO

Ackoff (1976) define planejamento como um processo de tomada de decisão, realizado antecipadamente à ação e que se empenha em projetar um futuro desejado e formas eficazes de realizá-lo.

Lauffer e Tucker (1987) afirmam que o processo de controle visa a assegurar que o curso da ação seja mantido e que as metas sejam alcançadas, envolvendo a medição e a avaliação do desempenho, juntamente com a realização de ações corretivas, quando o desempenho é considerado inadequado. Ou seja, o controle se dá através da comparação de uma situação real em relação a um padrão de desempenho pré-estabelecido (ACKOFF, 1976).

Para ser eficaz, um sistema de controle deve ser integrado ao sistema de planejamento, formando um ciclo contínuo de planejamento e controle (DERMER, 1977⁶ *apud* LAUFER; TUCKER, 1987). Formoso *et al.* (1999) corroboram essa afirmação:

Planejamento é definido como um processo gerencial, que envolve o estabelecimento de objetivos e a determinação dos procedimentos necessários para atingi-los, sendo somente eficaz quando realizado em conjunto com o controle.

⁶ DERMER, J. **Management Planning and Control Systems**. Irwin-Dorsey, Georgetown. Ontário. 1977

Logo, o planejamento só se faz útil na medida em que o controle exerce seu real papel que é o de monitorar, com base nos objetivos do empreendimento, e de realizar ações corretivas (BALLARD, 2000).

Segundo Laufer e Tucker (1987), na prática, o planejamento deve definir quatro quesitos: o que fazer (atividades), como realizar (métodos), quem irá executar (recursos) e quando realizar (cronograma). Esses quatro quesitos são explicitados nas suas duas dimensões: a dimensão horizontal e a vertical.

A dimensão horizontal do planejamento define as etapas do mesmo conforme mostra a figura 1 abaixo:

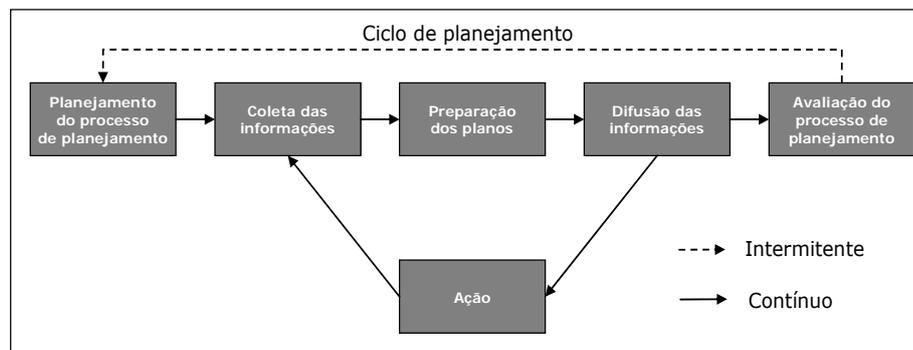


Figura 1: Dimensão horizontal do planejamento (LAUFER; TUCKER, 1987).

Conforme a figura 1, o planejamento em sua dimensão horizontal pode ser dividido em cinco etapas: planejamento do processo de planejamento, coleta de informações, preparação dos planos, difusão das informações e avaliação do processo de planejamento. A primeira e a última são intermitentes, ocorrendo apenas em ocasiões específicas dentro da empresa (LAUFER; TUCKER, 1987). Segundo os mesmos autores, as etapas intermediárias formam um ciclo contínuo ao longo do processo de produção, envolvendo ciclos de revisão das ações a serem realizadas.

Já a dimensão vertical do planejamento indica que o mesmo deve ser realizado em diferentes níveis gerenciais da empresa (LAUFER; TUCKER, 1987), sendo convencionalmente adotados três: estratégico, tático e operacional (ACKOFF, 1976; BERNARDES, 2003). Para cada nível vertical requerem-se diferentes graus

de detalhamento do planejamento, podendo envolver distintos níveis hierárquicos da empresa (HOPP; SPEARMAN, 1996).

Segundo Ackoff (1976), o planejamento estratégico, em geral, abrange o escopo da empresa, e não do empreendimento, tendo um caráter de longo prazo, orientado para os objetivos da organização.

Já o planejamento tático se destina a escolher os meios pelos quais se tenta atingir os objetivos especificados, sendo que esses são ditados pelos níveis hierarquicamente mais altos na empresa (ACKOFF, 1976).

É no nível operacional que são definidas com maior precisão as tarefas a serem executadas, de que maneira, por quem e os prazos (ACKOFF, 1976).

Segundo Eilon (1971⁷ *apud* LAUFER; TUCKER, 1987), planejamento estratégico, tático e operacional definem, respectivamente:

- a) escopo e metas;
- b) recursos e restrições;
- c) ações a serem realizadas.

2.2 PROBLEMAS DO PCP TRADICIONAL

A evolução do planejamento e controle da produção está fortemente relacionada à história da gestão da produção, desde a Primeira Revolução Industrial no século XVIII, passando pela segunda Revolução Industrial no início do século XIX e pela Administração Científica de Frederick Taylor. Já no século XX, tem-se a produção em massa de Henry Ford no início do século, o MRP⁸ nas décadas de 60 e 70 e o JIT (*just-in-time*) dos japoneses nas décadas de 80 e 90 (HOPP; SPEARMAN, 1996).

Koskela (1992) faz uma crítica aos sistemas de gestão da produção tradicionais do ponto de vista conceitual. Esse autor aponta que o modelo tradicional de

⁷ EILON, S. **Management Control**. Macmillan, London. 1971

⁸ MRP: planejamento das necessidades de materiais (*Material Requirements Planning*)

gestão pressupõe que a produção é conceitualizada como um processo de conversão, tendo as seguintes características:

- a) um processo de produção é a conversão de uma entrada em uma saída;
- b) o processo de conversão pode ser dividido em sub-processos, que também são processos de conversão;
- c) o custo do processo total pode ser reduzido, reduzindo-se o custo de cada sub-processo;
- d) o valor da saída de um processo é associado com os custos (ou valor) das entradas do mesmo processo.

Na figura 2 encontra-se um esquema do modelo de conversão.

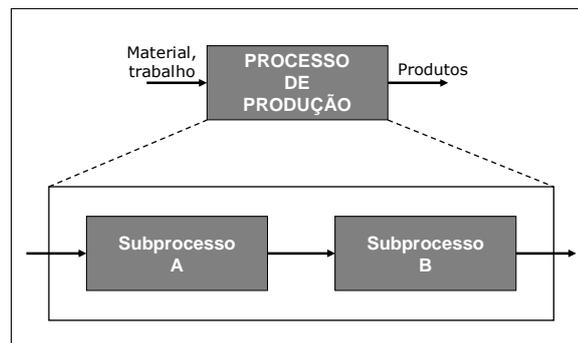


Figura 2: modelo de conversão (adaptado de KOSKELA, 1992).

De acordo com esse modelo, no ambiente da construção, os sistemas tradicionais de PCP são fortemente baseados no método do caminho crítico (CPM⁹) e na técnica de avaliação e revisão de programa (PERT¹⁰) (LAUFER; TUCKER, 1987). Tais técnicas surgiram para gerenciar empreendimentos de importância estratégica nos EUA, nos quais se pressupõe a existência de um controle central, característica essa que raramente é encontrada na construção civil, sendo assim, inadequadas para esse contexto (LAUFER; TUCKER, 1987).

⁹ *Critical Path Method*

¹⁰ *Program Evaluation and Review Technique*

Laufer e Tucker (1987) apontam ainda que o seqüenciamento de atividades no CPM é definido principalmente em função de restrições tecnológicas, enquanto que as limitações de recursos raramente são consideradas. Outra crítica dos mesmos autores é que as redes PERT/CPM destinam-se basicamente a operações seqüenciais, não se aplicando à grande maioria das atividades da construção.

Birrel (1980) critica as técnicas de redes pelo seu excessivo grau de detalhamento. O mesmo autor destaca o caráter único de cada empreendimento, que torna a gestão da produção bastante diferente e mais complexa, em comparação à indústria manufatureira.

Como o ambiente da construção civil é dinâmico e existe muita variabilidade e incerteza nos processos, é difícil elaborar planos detalhados confiáveis muito antes de executar as atividades (BALLARD, 2000). Segundo o mesmo autor, decidir qual será o próximo trabalho e a quantidade a ser executada por uma equipe no curto prazo raramente é uma questão de simplesmente seguir um planejamento mestre estabelecido no início do empreendimento.

Uma vez que diversas organizações estão envolvidas nesse processo, segundo Birrel (1980), é muito freqüente que as atividades planejadas tenham que ser modificadas por forças que fogem ao controle da empresa construtora. Uma vez que o planejamento de um empreendimento requer um elevado grau de detalhamento, a realização de alterações nas redes consome muito tempo (LAUFER; TUCKER 1987).

Laufer e Tucker (1987) ressaltam ainda o fato de que essas técnicas consideram que variabilidade e interferências raramente ocorrem, uma vez que a realização de alterações nas mesmas consome muito tempo, devido ao elevado grau de detalhamento requerido para o planejamento de um empreendimento. Birrel (1980) afirma que essas devem ser levadas em conta pelo sistema de planejamento, sendo o mesmo suficientemente flexível para absorvê-las (BIRREL, 1980).

Koskela (1992) aponta a necessidade de mudança conceitual na gestão da produção, através da identificação e gerenciamento das atividades que não agregam valor. O mesmo autor afirma que essa mudança conceitual está implicitamente contida nas novas abordagens de gestão da produção,

freqüentemente associadas à chamada Produção Enxuta (KOSKELA, 1992). Nessa visão, o mesmo autor define processo como um fluxo de materiais ou informações desde a matéria-prima até o produto final, no qual esses são processados (ou transformados), inspecionados, estocados ou movimentados. Koskela (1992) classifica as atividades em duas categorias: atividades de conversão ou transformação (que agregam valor) e as atividades de fluxo (que não agregam valor), que incluem inspeção, estoques e transporte. Na figura 3 apresenta-se um esquema do processo de produção como fluxo, segundo a definição de Koskela (1992).

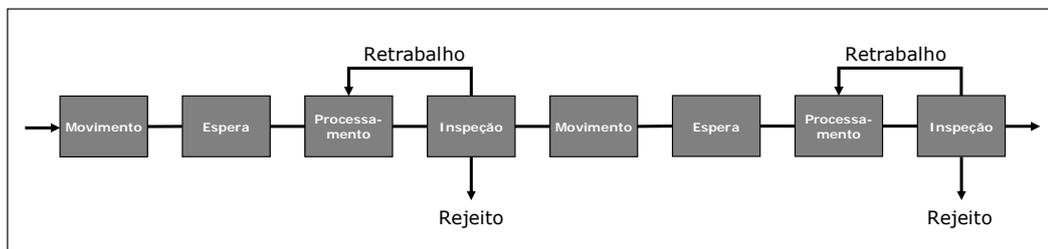


Figura 3: Processo de produção como fluxo (adaptado de KOSKELA, 1992).

Enquanto todas as atividades possuem custos e consomem tempo, apenas as atividades de conversão adicionam valor ao material ou informação sendo transformado em um produto (KOSKELA, 1992). Portanto, segundo o mesmo autor, a melhoria das atividades de fluxo deveria primeiramente ser focada na sua redução ou eliminação, enquanto que as atividades de conversão deveriam ser feitas de forma mais eficiente.

Em função dessa visão, as ferramentas tradicionais de planejamento e controle, tais como as redes PERT/CPM, não são adequadas, pois raramente explicitam atividades que não agregam valor, consideradas como perdas na produção enxuta, tais como esperas, armazenamento em estoques, movimentação de materiais e inspeção (KOSKELA, 1992). Segundo o mesmo autor, é através da identificação e eliminação dessas atividades que não agregam valor que se podem alcançar grandes melhorias na eficiência e eficácia de sistemas de produção na construção civil.

Laufer e Tucker (1987) sugerem que, em vez de se produzir um plano inicial bastante detalhado, que brevemente ficará obsoleto, deve-se dividir o processo de planejamento em níveis hierárquicos. Os mesmos autores acrescentam que não se devem preparar planos sem se definir os métodos de produção a serem adotados. Entretanto, o fato de que os métodos utilizados são detalhados pela gerência operacional não exclui a necessidade de um plano geral que integre o empreendimento como um todo, ou seja, o planejamento em nível operacional deve ser sistemático, contínuo e coordenado, a partir dos planos de hierarquia superior (LAUFER; TUCKER, 1987).

Assim, o processo de planejamento e controle da produção, dividido em níveis hierárquicos, produz planos com graus de detalhamento conforme o horizonte e a abrangência de cada nível. Por exemplo, a alta gerência da construção está envolvida em alcançar os objetivos do empreendimento, tais como qualidade, custo e prazo, a média gerência é mais envolvida na seleção de recursos, enquanto que o nível operacional assessora a média gerência no desenvolvimento e seleção de soluções (LAUFER; TUCKER, 1987). O plano desenvolvido para cada um desses níveis deve estar de acordo com seus objetivos.

Laufer e Tucker (1987) destacam ainda que o planejamento de métodos a serem utilizados deveria preceder a tomada de decisão relativa a recursos e prazos. Porém, na maioria das vezes, segundo esses autores, dá-se maior ênfase aos prazos e custos do que à alocação de recursos. Isso é um dos grandes problemas do planejamento, uma vez que se administra uma obra de forma a cumprir prazos e custos a qualquer preço, ignorando-se questões como qualidade e segurança do trabalho.

Baseado em novos conceitos de gestão da produção e na necessidade de hierarquização do planejamento, surge em meados dos anos 90 um novo sistema de PCP voltado para a construção, chamado de Sistema *Last Planner*.

2.3 SISTEMA *LAST PLANNER*

No intuito de melhorar a eficácia dos sistemas de planejamento e controle da construção civil, Ballard (2000) aponta que o Sistema *Last Planner* (LPS) foi

desenvolvido a partir de modelos e conceitos desenvolvidos na Engenharia de Produção. O mesmo autor salienta que esse sistema provê um ambiente de produção confiável em empreendimentos através da redução da variabilidade do fluxo de trabalho. Segundo Ballard (2000), por fluxo de trabalho entende-se o movimento de informações e materiais através das unidades de produção, nas quais os mesmos são processados. No caso da construção as unidades de produção (equipes) são móveis e o fluxo de trabalho é definido pelo movimento dessas equipes (BALLARD; 2000).

Ballard (2000) define o LPS como uma filosofia, regras e procedimentos, e um conjunto de ferramentas que facilitam a implementação desses procedimentos.

No LPS, os planos são produzidos à medida que são obtidas informações sobre o status do sistema, fornecida por alguém em um nível hierárquico acima, o que se assemelha ao conceito mais amplo de produção puxada proposto por Hopp e Spearman (1996). Por exemplo, uma atividade somente é incluída no plano operacional se a mesma for considerada como prioritária nos planos de nível superior e se estiver com todas as restrições removidas. Para fazer parte do nível tático, essa mesma atividade deve primeiramente ter sido programada no plano de longo prazo.

O LPS adota a idéia de hierarquização do planejamento, citada por Laufer e Tucker (1987), pois, dessa forma, pode-se evitar o excessivo detalhamento dos planos nas etapas iniciais do empreendimento. No *Last Planner*, normalmente o planejamento e controle está dividido em três níveis, conforme ilustra a figura 4: Planejamento Mestre (ou de longo prazo), Planejamento *Lookahead*¹¹ (ou de médio prazo) e Planejamento de Comprometimento (ou de curto prazo).

¹¹ *Lookahead*: olhar à frente.

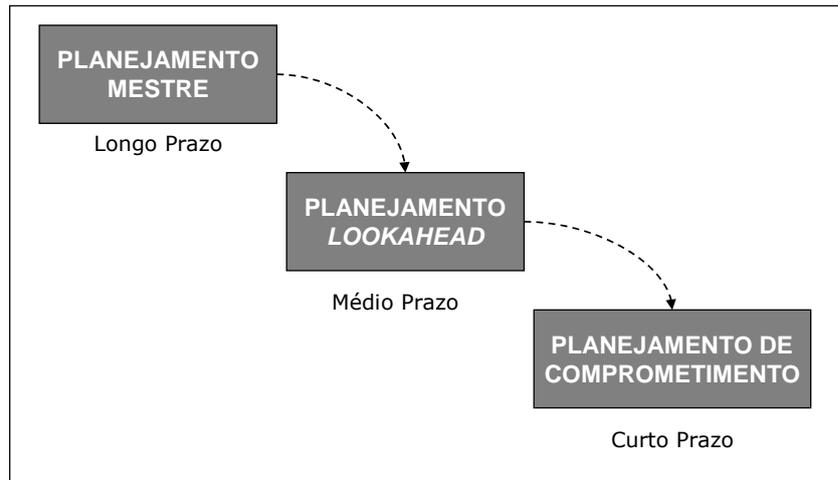


Figura 4: Níveis do planejamento baseado no LPS (adaptada de Ballard e Howell, 1998.)

O Planejamento Mestre deve estabelecer os objetivos globais e restrições que governam o projeto como um todo (BALLARD, 2000). O planejamento *Lookahead* tem como principal função dar forma e controlar o fluxo de trabalho (BALLARD, 2000). 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 o que deve ser feito, baseados nos recursos disponíveis e no cumprimento de pré-requisitos (BALLARD; HOWELL, 1998). Em cada nível, existe a necessidade de definir e monitorar os planos de forma participativa.

O nome do sistema é uma alusão a quem, em última instância, define as tarefas a serem executadas (no curto prazo): *Last Planner*¹².

Nos parágrafos seguintes serão detalhados os três níveis de planejamento.

2.3.1 Planejamento Mestre

Na maioria dos empreendimentos de construção é realizado um planejamento mestre próximo ao seu início, o qual se refere a toda a fase de construção (BALLARD, 1997b). Esses planos devem servir, segundo o mesmo autor, para muitos propósitos, desde a coordenação de algumas atividades no longo prazo à projeção dos gastos e desembolsos. Conforme mencionado anteriormente, esses planos não devem ser muito detalhados, devido à falta de informação sobre as

¹² último planejador

reais durações e entregas. É também no plano de longo prazo que se definem os ritmos dos principais processos de produção (BERNARDES, 2003) através de técnicas como a linha de balanço, por exemplo.

Após a elaboração desse plano mestre, segundo Ballard e Howell (1998), podem-se produzir orçamentos e cronogramas gerais da obra e definir um conjunto de datas-marco (*milestones*), incluindo as datas de conclusão e entrega do empreendimento. Nesta fase, segundo Bernardes (2003), deve ser programada a entrega de recursos que requerem um longo prazo de aquisição (*lead time*), incluindo compra de materiais, compra ou aluguel de equipamentos e também a contratação de mão-de-obra.

2.3.2 Planejamento *Lookahead*

São vários os papéis cumpridos por este nível de planejamento. Bernardes (2003) destaca a função de elo para a ligação entre o planejamento de longo e o de curto prazo. Neste nível, o plano mestre é detalhado e ajustado a partir da maior disponibilidade de informações sobre o empreendimento (BALLARD e HOWELL, 1998). São definidas as atividades que devem ser executadas no horizonte de médio prazo (COELHO, 2003), cabendo aos gerentes a realização das ações necessárias para a execução das tarefas selecionadas, bem como a reprogramação daquelas que, por algum motivo, não puderam ser executadas naquele momento (BALLARD, 1997b). Dá-se então maior ênfase à programação de recursos, com destaque para aqueles que possuem médio prazo de aquisição (inferior ao horizonte do planejamento de médio prazo) (BERNARDES, 2001).

Segundo Ballard (2000), a introdução do processo de planejamento de médio prazo no LPS foi inicialmente motivada pela simples observação de que os mecanismos de proteção da produção no nível de curto prazo eram insuficientes para criar condições para que as equipes atingissem uma elevada eficiência. Dessa forma, o planejamento *Lookahead* constitui-se também em um mecanismo de proteção da produção, à medida que serve como uma barreira que impede a liberação de atividades que não cumpram critérios de qualidade¹³ para a produção (BALLARD; HOWELL, 1998).

¹³ Os critérios de qualidade das atividades serão apresentados no item 2.3.3.

Essa proteção é realizada através da identificação e remoção sistemática das restrições (COELHO, 2003). Parte-se do pressuposto que uma atividade não deveria iniciar até que todos os itens necessários para sua completa realização estejam disponíveis (RONEN, 1992¹⁴ *apud* KOSKELA, 1999). Sendo assim, o fluxo de trabalho que vai para o curto prazo ganha forma e é controlado a partir da liberação de atividades do médio prazo que passaram pela análise e remoção de todas as suas restrições (BERNARDES, 2003).

Além disso, também faz parte do processo de remoção de restrições a avaliação das necessidades específicas de cada processo (COELHO, 2003). Segundo esse autor, o objetivo desse procedimento é a identificação e solução prévia de possíveis interferências entre equipes de trabalho ou recursos que serão utilizados pelas mesmas. Essa análise é importante para que se possam alocar as equipes no tempo e no espaço, a fim de evitar atividades ou movimentações desnecessárias (COELHO, 2003), reduzindo a parcela de atividades que não agregam valor ao processo de produção (BERNARDES, 2001).

Segundo Coelho (2003), o horizonte de planejamento no médio prazo é bastante variável. Esse período pode variar de duas semanas a três meses, dependendo da complexidade e duração da obra (BERNARDES, 2003). Ressalta-se que o horizonte de planejamento é sempre maior que o ciclo de controle, por exemplo, o horizonte de planejamento pode ser de dois meses e o ciclo de controle quinzenal, ou seja, a cada quinzena se programa a obra em nível de médio prazo para os próximos dois meses. Nessa etapa podem estar envolvidas programação e aquisição de recursos, bem como contratação de mão-de-obra (BERNARDES, 2003).

Outra importante função do planejamento de médio prazo é o ajuste dos ritmos definidos no longo prazo, que podem estar desatualizados (COELHO, 2003). Segundo Coelho (2003), existem duas formas pelas quais se faz esse ajuste de ritmos: (a) pelo detalhamento das tarefas oriundas do planejamento mestre, e (b) pela retro-alimentação de dados coletados na produção.

Na tabela 1 abaixo se encontra um exemplo de planilha para realização do médio prazo.

¹⁴ RONEN, B. The complete kit concept. Int. J. Prod. Res., 30 (10), 1992. P.2457-2466

Tabela 1: exemplo de planilha de médio prazo.

		PLANO DE MEDIO PRAZO		Obra: XXX Coordenador: Xxxxx Engenheiro(a): Xxxxx Administrativo: Xxxxx Mestre: Xxxxx TST: Xxxxx		Período 1		Datas =		Início 10/7/2006					
		Planejamento x Execução				10/7/2006		à 6/8/2006		1ª Semana 10/7/2006					
						FM100-07				Data: 11/7/2006					
Equipe	Descrição da tarefa	Restrições	Início	Fim	Duração	OK	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		
							10/7/2006	16/7/2006	17/7/2006	23/7/2006	24/7/2006	30/7/2006	31/7/2006	6/8/2006	
NOME DA OBRA													10/7	15/10	20
BUILDING 01													11/7	9/8	19
FUNDAÇÕES													11/7	29/7	14
EVG TERRAPLANAGEM	Escavação		11/7/06	12/7/06	2										
PARADIGMA	Formas e Armaduras	1	12/7/06	14/7/06	3										
PARADIGMA	Concretagem Sapatas e Vigas Baldrames	2	15/7/06	15/7/06	0										
PARADIGMA	Concreto Piso	3	28/7/06	29/7/06	1										
ESTRUTURA METÁLICA													18/7/06	7/8/06	14
MÓDULO	Montagem dos Pilares		18/7/06	19/7/06	2										
MÓDULO	Montagem das Tesouras		19/7/06	21/7/06	3										
MÓDULO	Montagem das Terças		20/7/06	27/7/06	6										
MÓDULO	Fechamento Cobertura		22/7/06	25/7/06	2										
MÓDULO	Fechamento Lateral		28/7/06	31/7/06	4										
	Esquadrias - Vidros	4	31/7/06	7/8/06	5										
ÁREA INTERNA													2/8/06	12/8/06	3
	Piso Cerâmico	5	2/8/06	3/8/06	0										
	Piso Fademac	6	7/8/06	12/8/06	0										
	Divisórias	7	4/8/06	8/8/06	1										
	Forro Armstrong	8	9/8/06	12/8/06	0										
	Gesso Acartonado	10	2/8/06	6/8/06	3										
INSTALAÇÕES													28/7/06	9/8/06	6
ELETROTEC	Hidrossanitários	11	28/7/06	29/7/06	1										
ELETROTEC	Elétrica	12	30/7/06	2/8/06	3										
	Ar Condicionado	9	4/8/06	9/8/06	1										
ELETROTEC	PCI	13	28/7/06	3/8/06	5										
LISTA DE RESTRIÇÃO		Obra: Xxxx		Data limite para remoção da restrição				Período		1		FM100-07		Data: 30/05/06	
		Eng: Xxxx		Semanas											
Nº	Descrição da Restrição (Projeto, Materiais, Equipamentos, MO, Espaço, Segurança)	Responsável	Data	10/07	17/07	24/07	31/07	Encaminhamento	STATUS	Problema					
				a 16/7	a 23/7	a 30/7	a 6/8								
				S1	S2	S3	S4								
1	Aço data entrega - OC	Xxxxxx	11/7	11/7				Xxxx/Xxxx/Xxxx/Xxxx						ok	
2	Fechar concreiteira - Encaminhar OC	Xxxxxx	12/7	12/7				Xxxx/Xxxx/Xxxx/Xxxx						Em andamento	
3	Contratar empresa para execução do piso	Xxxxxx	19/7		19/7			Xxxx/Xxxx/Xxxx/Xxxx						Em andamento	
4	Contratar empresa para fornecimento e colocação	Xxxxxx	20/7		20/7			Xxxx/Xxxx/Xxxx/Xxxx							
5	Cotar e enviar para cliente	Xxxxxx	21/7		21/7			Xxxx/Xxxx/Xxxx/Xxxx							
6	Contratar Fornecedor - Piso Fademac	Xxxxxx	21/7		21/7			Xxxx/Xxxx/Xxxx/Xxxx						Em andamento	
7	Contratar Fornecedor - Divisórias	Xxxxxx	24/7			24/7		Xxxx/Xxxx/Xxxx/Xxxx						Em andamento	
8	Contratar Fornecedor - Forro Armstrong	Xxxxxx	26/7			26/7		Xxxx/Xxxx/Xxxx/Xxxx						Em andamento	
9	Contratar Fornecedor	Xxxxxx	25/7			25/7		Xxxx/Xxxx/Xxxx/Xxxx							
10	Contratar Fornecedor - Gesso Acartonado	Xxxxxx	25/7			25/7		Xxxx/Xxxx/Xxxx/Xxxx						Em andamento	
11, 12, 13	Ajustes nos projetos	Xxxxxx	14/7	14/7				Xxxx/Xxxx/Xxxx/Xxxx						Em andamento	

2.3.3 Planejamento de Comprometimento

O planejamento de comprometimento é o nível no qual se especificam meios para atingir os objetivos estabelecidos no planejamento mestre (BALLARD,

2000). Isso se dá através da produção dos planos semanais de trabalho em que se orienta de forma direta a execução da obra através da atribuição às equipes de pacotes de trabalho e se gerencia o comprometimento das mesmas em realizá-los (Ballard, 2000).

A definição dos pacotes de trabalho no curto prazo deve atender ao mecanismo da produção protegida, que, segundo Ballard e Howell (1998), é uma estratégia de redução do impacto das condições incertas de fluxo de trabalho, através da elaboração de planos que atendem a certos requisitos de qualidade. Esse processo inicia com uma análise detalhada das atividades programadas no plano de médio prazo. É feita uma triagem dos pacotes de trabalho que tiveram todas as suas restrições removidas e somente esses são considerados para inclusão no plano de curto prazo (BALLARD; HOWELL, 2003). Os pacotes de trabalho incluídos no plano de curto prazo, segundo Ballard e Howell (1998), devem também atender a cinco requisitos de qualidade:

- a) definição: a especificação da tarefa deve ser tal que se possa identificar o correto tipo e quantidade de material, que seja possível de coordenar com outras equipes e que seja possível de definir se o trabalho foi concluído;
- b) solidez: deve haver a disponibilidade de todos os materiais necessários, projeto completo, trabalho anterior (pré-requisito) completo;
- c) seqüenciamento: a seleção das tarefas deve ser coerente com uma ordem construtiva que atenda os requisitos da equipe de produção e do cliente (interno) daquele processo;
- d) dimensionamento: as tarefas devem ser dimensionadas de acordo com a capacidade produtiva de cada equipe e coerentes com o tempo disponível para a execução das mesmas, bem como de forma a atender o formato e o tamanho dos trabalhos requeridos pelas próximas unidades de produção;
- e) aprendizado: deve haver o monitoramento das tarefas que não foram realizadas e identificação das causas raízes para a não realização das mesmas.

Grande parte dos problemas enfrentados no curto prazo pode ser evitada se no médio prazo houver uma boa análise de cada uma das tarefas a serem incluídas no planejamento de comprometimento (BALLARD, 1999b), de forma a produzir planos que cumpram os cinco requisitos da qualidade supracitados.

O planejamento de comprometimento tem o papel de buscar o comprometimento das equipes operacionais, através da participação de um representante de cada uma delas na reunião semanal de planejamento (BALLARD; HOWELL, 1998). Cada representante pode contribuir para a elaboração do plano através do seu conhecimento sobre a capacidade da equipe e restrições existentes e também através do estabelecimento de um elo de comunicação com os demais trabalhadores.

O produto final desse planejamento é uma lista de tarefas a serem realizadas no horizonte de curto prazo, para as quais existe um comprometimento por parte dos representantes das equipes operacionais (BALLARD e HOWELL, 1998).

Como existe uma alta probabilidade de se executar as tarefas do plano de curto prazo, através de uma correta definição das mesmas, diminui o risco de propagação da variabilidade dos fluxos (KOSKELA, 1999). Como normalmente existe uma variabilidade e incerteza residual, em geral são planejadas, quando possível, tarefas reservas para cada equipe, que serão utilizadas caso a tarefa principal não possa ser realizada, evitando perdas devido à ociosidade (KOSKELA, 1999).

A eficácia do processo de planejamento é avaliada pelo indicador percentual de pacotes concluídos (PPC¹⁵). Segundo Ballard e Howell (1997b), esse indicador é também uma medida de confiabilidade, uma vez que mede o grau com que estão sendo incluídas nos planos de curto prazo tarefas confiáveis, ou seja, que atendem aos requisitos de qualidade e que têm grande probabilidade de serem concluídas.

Além do PPC, pode-se obter no controle de curto prazo uma relação de causas de não realização dos pacotes de trabalho, através do rastreamento das causas raiz,

¹⁵ Esse indicador será detalhado no capítulo 3.

2.4 CONCEITOS INOVADORES DE GESTÃO DA PRODUÇÃO INTRODUZIDOS PELO LPS

Através da adoção do LPS como base para a concepção de sistemas de planejamento e controle da produção, introduzem-se alguns conceitos e princípios de gestão da produção que podem ser considerados como inovadores no contexto da construção civil. A seguir, são discutidas essas inovações.

2.4.1 Proteção da produção, estabilização do fluxo de trabalho e redução da variabilidade.

O conceito de produção protegida consiste em garantir, através da seleção de tarefas de qualidade, a redução da incerteza do fluxo de trabalho (BALLARD; HOWELL, 1998).

Esse processo se dá no planejamento de curto prazo conforme a figura 5 abaixo.

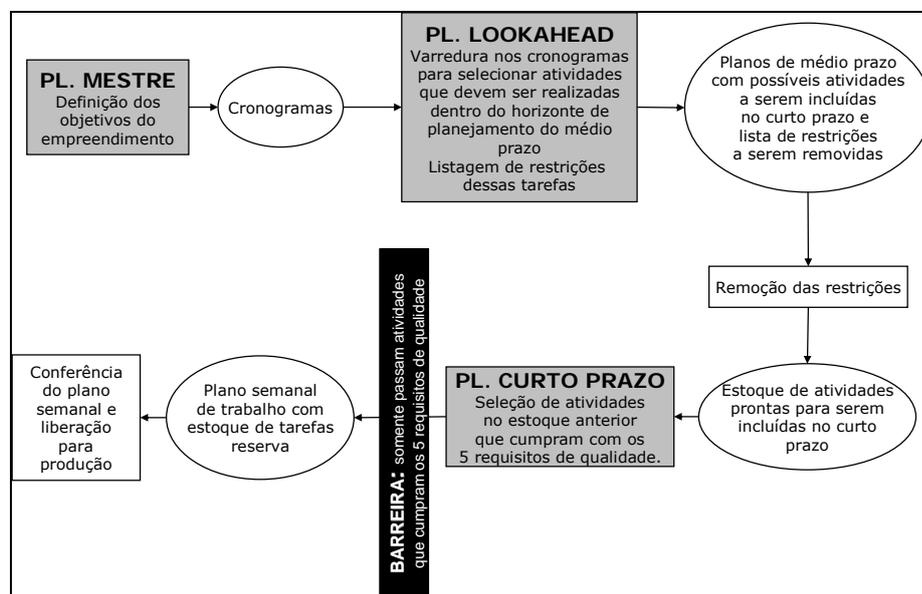


Figura 5: Processo de planejamento e proteção da produção (adaptado de BALLARD;HOWELL, 1998)

Na figura 5 apresenta-se uma representação do processo de planejamento e controle, desde a definição dos objetivos do empreendimento no planejamento mestre (longo prazo) até a liberação para a produção, no planejamento de

comprometimento (curto prazo). A proteção da produção se dá no momento da elaboração dos planos semanais de trabalho, ao se garantir que apenas sejam incluídas tarefas que cumpram com os cinco requisitos de qualidade citados anteriormente.

O mecanismo de proteção da produção tem consequência direta no comportamento do fluxo de trabalho das equipes. Por exemplo, se por algum motivo uma tarefa que não teve todas as suas restrições removidas for incluída no plano semanal de trabalho, essa tarefa provavelmente não poderá ser executada, ou será executada parcialmente. A equipe responsável pela mesma ficará ociosa ou irá realizar alguma outra tarefa programada como reserva. Como consequência dessa não realização do trabalho, tem-se o atraso na entrega daquele serviço para o cliente do processo, que pode ser a equipe que viria logo após a primeira para executar o serviço subsequente, criando uma interrupção no fluxo de trabalho. Ao mesmo tempo, o deslocamento da equipe para outra frente de trabalho tende a aumentar a parcela de atividades que não agregam valor.

Dessa forma, um dos motivos pelo qual se protege a produção é a tentativa de estabilizar o fluxo de trabalho de forma que não haja atrasos na realização das atividades e nem interferência entre uma equipe e outra por motivos que poderiam ser evitados através da realização da proteção do fluxo (BALLARD; HOWELL, 1997b).

No entanto, mesmo que se tenha instalado o mecanismo de proteção da produção e se tenha obtido um grau satisfatório de estabilização, nem sempre é possível eliminar toda a variabilidade e incerteza no fluxo de trabalho. Dessa forma, os próximos passos são: reduzir a variabilidade à montante e aumentar a produtividade à jusante (BALLARD; HOWELL, 1997b), conforme indica a figura 6.

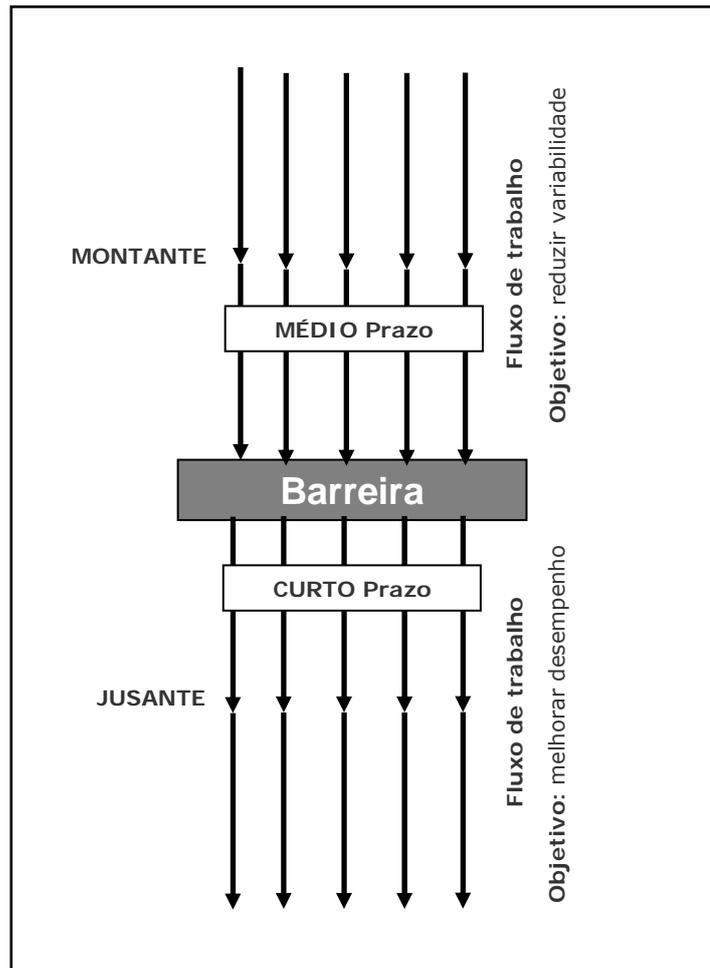


Figura 6: Esquema do fluxo de trabalho protegido.

A figura 6 representa o sistema de proteção instalado entre o médio e curto prazo. À montante da barreira encontram-se fornecedores e à jusante os clientes. Segundo Ballard e Howell (1997b) o objetivo para a melhoria do desempenho geral do processo é que se possa mover à montante desse ponto para eliminar ou reduzir a variabilidade do fluxo de trabalho, evitando que a mesma se propague ao longo do fluxo (KOSKELA, 1999). Uma vez que se reduza a variabilidade, se melhora a produtividade, e assim, é possível que isso tenha reflexos no desempenho do empreendimento como um todo, através da redução de custos e de prazos (BALLARD; HOWELL, 1998).

Ballard e Howell (1998) afirmam que há um aprendizado nesse processo, o que contribui ainda mais para a redução das incertezas e variabilidade através da ação sobre as causas raiz dos problemas enfrentados. Isso se dá através da medição do que realmente foi realizado em comparação com o que estava

previsto para a semana em questão, com a subsequente identificação dos motivos para não cumprimento de alguma tarefa.

Um outro ponto importante para aumentar a produtividade das equipes é alcançar a qualidade desejada do trabalho executado. Se o trabalho não for executado dentro de padrões de qualidade que atendam os requisitos do cliente, ocorrem perdas e re-trabalho, comprometendo também a estabilidade do fluxo de trabalho (BALLARD; HOWELL, 1997a). Assim, segundo esses autores, deve haver também um esforço paralelo de padronização das atividades, que pode ser feita com o apoio de *check-lists* e de procedimentos padronizados.

Em suma, proteger a produção estabiliza os fluxos de trabalho e reduz a variabilidade do processo de forma que se podem obter ganhos, principalmente de produtividade, refletindo na redução dos prazos, como também em ganhos no desempenho relativo aos custos, devido à redução de desperdícios e eliminação de uma parcela das atividades que não agregam valor.

2.4.2 Aumento da transparência

O princípio da transparência consiste na perfeita visualização e compreensão do fluxo de trabalho, do início ao fim, por todos os agentes envolvidos no processo (KOSKELA, 1992). Segundo esse autor, isso pode ser atingido de diversas formas: por meio físicos ou organizacionais, através de medição e da disposição pública de informações.

A falta de transparência aumenta a propensão a erros, reduz a visibilidade dos mesmos e diminui a motivação para melhoria (KOSKELA, 1992). Esse princípio tem uma aplicação bastante importante no sistema de gestão da produção possuindo diversas abordagens.

Em nível tático, uma medida aplicada por algumas empresas é a análise de restrições e o cálculo de índice de remoção de restrições (IRR¹⁶), proposto por Codinhoto (2003). Esse índice mede a eficácia da remoção das restrições do planejamento de médio prazo (STERZI, 2006). Através da análise detalhada das atividades que compõem o planejamento *Lookahead* se tem disponível uma lista

¹⁶IRR: relação entre o número de restrições identificadas no plano de médio prazo e o número de restrições removidas.

com todas as atividades que podem ser incluídas nos planos de curto prazo e de quais restrições as mesmas dependem para essa inclusão. A divulgação dessa lista entre os interessados torna o processo mais transparente, à medida que os agentes envolvidos têm especificadas, com clareza, todas as possíveis atividades para o próximo ciclo de produção. O cálculo do IRR permite identificar as falhas na remoção de restrições, bem como agir sobre as mesmas, gerando um aprendizado a fim de evitar repetições.

Uma outra abordagem para a transparência é a medição do desempenho da produção (OLIVEIRA, 1999). Segundo esse autor, através de indicadores de desempenho é possível que se tornem mais visíveis as deficiências do processo produtivo, permitindo melhorias. Além do IRR, do nível tático, tem-se, no nível operacional, a medição do PPC e das causas de não cumprimento das tarefas semanais, que contribuem para uma melhor compreensão do que ocorre no fluxo de trabalho, permitindo assim o aumento da transparência.

Também no nível tático, quando se analisam as restrições de cada tarefa, deve-se dar atenção à liberação dos locais de trabalho e para os fluxos das equipes, de forma que não haja sobreposição das mesmas no mesmo local. Uma vez que se tenha um canteiro organizado, com *layouts* e fluxos bem definidos a transparência do processo também será aumentada, tornando-o mais organizado e observável.

Uma outra abordagem para transparência é o controle visual em que se têm informações úteis e visíveis, de forma clara, melhorando o desempenho da produção, a qualidade e a organização do local de trabalho (KOSKELA, 1992). Isso se dá através do uso de dispositivos visuais, como gráficos, planilhas, *layouts*, *andons* que permitam, de forma fácil, visualizar padrões, resultados e avisos de segurança, entre outras informações.

2.4.3 Curto ciclo de controle e melhoria contínua

O LPS pressupõe que seja estabelecido um curto ciclo de controle formalizado da produção, resultando em alguns benefícios relacionados à aplicação do princípio da redução do tempo de ciclo, conforme sugerido por Koskela (1992), tais como a identificação rápida de problemas, a diminuição da necessidade de estimativas de longo prazo e a introdução de medidas corretivas de forma mais rápida.

Considerando o aumento da transparência, citado no item anterior, a criação de um controle sistemático no nível de curto prazo cria melhores condições para a ocorrência de melhoria contínua.

No *Last Planner* normalmente o ciclo de controle é semanal e, através da medição do PPC e da análise sistemática das causas para o não cumprimento das tarefas pode-se agir sobre as causas raiz. Dessa forma, espera-se que de uma semana para a outra não se repitam os mesmos erros, de forma a aumentar a produtividade das equipes, uma vez que se evita reincidência de alguns problemas. Assim, espera-se que com o aumento da produtividade das equipes se alcance melhores resultados no desempenho dos empreendimentos.

2.4.4 Produção puxada

Produção puxada, proveniente da filosofia *just-in-time*, é um conceito no qual a liberação de materiais ou informações no sistema de produção é baseada no estado do mesmo, observada através da quantidade de trabalho em progresso, qualidade de tarefas disponíveis, entre outros fatores, havendo juntamente uma preocupação com as datas de entrega (HOPP; SPEARMAN, 1996).

Na construção civil, a forma tradicional de planejamento e controle tem uma predominância de produção empurrada, à medida que planos de longo prazo bastante detalhados constituem-se nos únicos planos formalizados.

O *Last Planner* é responsável pela introdução de algumas técnicas de produção puxada tanto no nível de médio quanto de curto prazo, embora raramente se observe a aplicação completa do sistema *just-in-time*. No médio prazo, faz-se a identificação de restrições, o que desencadeia uma série de ações de remoção das mesmas, incluindo a aquisição ou a produção de recursos para a produção. No curto prazo, analisam-se as tarefas disponíveis, ou, conforme Hoop e Spearman (1996), de acordo com o status do sistema, liberam-se para a produção apenas aquelas que realmente têm condições de serem realizadas.

O sistema de gestão resultante passa então a ser uma combinação de produção empurrada e puxada, uma vez que continua havendo a necessidade de um plano de longo prazo que estabelece as metas do empreendimento, já que a demanda na construção tem um caráter dependente, ao contrário de outras indústrias,

cuja demanda é independente. Assim, a produção puxada na construção normalmente se aplica aos clientes internos de cada processo (BALLARD, 2000).

Segundo Ballard (2000), uma importante mudança no LPS é a detecção de variações no objetivo de cada equipe, podendo-se realizar ações corretivas e mudar o curso das ações. Isso difere do sistema tradicional no qual o propósito é realizar as atividades conforme o planejado, sem levar em conta as mudanças que porventura ocorrem no meio do caminho.

2.4.5 Gestão Participativa

A gestão participativa é um princípio que tem um caráter complementar ao aumento da transparência (LANTELME; FORMOSO, 2000; SOARES, 2003). O principal resultado da gestão participativa é o comprometimento das pessoas envolvidas em todos os níveis hierárquicos do processo em compartilhar informações, aderir aos planos, trocar experiências (OLIVEIRA, 1999).

Lantelme e Formoso (2000) afirmam ser importante a existência de encontros formais, com a finalidade de avaliar resultados e produzir novos planos. Esses encontros devem promover um ambiente participativo, em que haja a oportunidade para questionamentos, reflexões e surgimento de idéias criativas.

No LPS, esses encontros participativos ocorrem tanto em nível operacional quanto tático, na medida em que as reuniões de produção de planos de médio e curto prazo contam com a participação de representantes de diferentes equipes e setores envolvidos (OLIVEIRA, 1999). Nessas reuniões são discutidos e acordados datas, recursos e formas de execução, dentre outros, sempre havendo um diálogo entre as partes envolvidas para que se chegue a um comum acordo sobre a melhor maneira de se executarem os planos.

A gestão participativa contribui para a melhoria do desempenho. Por exemplo, uma reunião de planejamento que conte com a participação de engenheiros, mestres, encarregados e fornecedores permite que sejam feitos planos de melhor qualidade, uma vez que os envolvidos diretamente com o processo produtivo podem dar melhores informações sobre o status do mesmo, sobre capacidade produtiva, bem como sobre a disponibilidade de aquisição de equipamentos e materiais. A elaboração de planos de qualidade contribui não só

para a proteção da produção, como para o aumento da produtividade das equipes, bem como para a melhoria contínua no desempenho geral do empreendimento.

2.4.6 Estabilidade básica

Esse conceito tem sido recentemente discutido na bibliografia como um requisito essencial para a implementação dos conceitos e princípios do Sistema Toyota de Produção. Por estabilidade básica no processo de planejamento e controle entende-se a existência de um mínimo de recursos necessários para que se possa produzir determinado produto, de forma a garantir a estabilidade do fluxo de produção (SMALEY, 2005).

Segundo Smaley (2005), para implementar princípios da produção enxuta, algumas pré-condições são necessárias, incluindo: reduzido número de problemas com equipamentos, disponibilidade de materiais de qualidade e uma forte supervisão no nível operacional.

Os consultores de produção da Toyota utilizam uma espécie de tabela de implementação para ajudar a alcançar essa estabilidade básica (SMALEY, 2005). Dessa forma, pode-se dar início aos trabalhos de produção e reduzir a probabilidade de paradas da mesma por falta de recursos. Essa tabela tem por objetivo estabelecer a estabilidade básica, melhorar o fluxo do processo, ajustar o ritmo de produção, desenvolver sistemas puxados e nivelar a produção (SMALEY, 2005).

Segundo esse autor, deve-se começar pelos pontos com maiores dificuldades no fluxo de produção para se atingir a estabilidade básica antes de tentar atingir a perfeição no fluxo de trabalho. Dessa forma, de maneira prática, pode-se considerar que a estabilidade básica consiste em previsibilidade geral e consistente disponibilidade de quatro recursos, os chamados "4M" (SMALEY, 2005):

- a) mão-de-obra: inclui força de trabalho bem treinada para cada uma das atividades necessárias;
- b) máquinas: disponibilidade de equipamentos que atendam à demanda do processo;

- c) materiais: disponibilidade de materiais, de forma a ter o mínimo de estoque possível;
- d) métodos: inclui procedimentos e padrões para realização de cada tarefa.

Segundo o mesmo autor, sem a disponibilidade desses quatro itens básicos não é possível dar início a qualquer atividade de produção.

No sistema *Last Planner* a verificação dos "4M" ocorre na análise e posterior remoção de restrições. Assim, através do conceito de produção protegida, o LPS garante a estabilidade básica para o bom andamento do fluxo de produção.

Um trabalho baseado no conceito de estabilidade básica foi recentemente desenvolvido no Brasil. Gallardo *et al.* (2006) afirmam que a estabilidade básica é o primeiro passo para a padronização básica.

Esses autores desenvolveram um estudo sobre esses conceitos em uma fábrica de telhas de concreto no estado de São Paulo. Os autores afirmam que a produção enxuta possui diversas ferramentas que favorecem o atingimento da estabilidade básica. Gallardo *et al.* (2006) citam três ferramentas utilizadas em seu trabalho: mapeamento do fluxo de valor, gráfico de balanceamento do operador e *andon*.

O mapeamento do fluxo de valor permite visualizar o processo como todo e identificar as perdas no mesmo, permitindo que as mesmas sejam eliminadas ou reduzidas (GALLARDO *et al.*, 2006). O gráfico de balanceamento do operador permite balancear as equipes, favorecendo a continuidade do fluxo e uma distribuição de tarefas baseada no ritmo da produção (GALLARDO *et al.*, 2006). Por fim, segundo os mesmos autores, o *andon* permite identificar em, tempo real, os problemas ocorridos na produção, permitindo ações corretivas imediatas e evitando interferências futuras que possam prejudicar a continuidade do fluxo de trabalho. Essas três ferramentas contribuem para que se atinja a estabilidade básica nos quatro recursos apresentados acima.

3 INDICADORES DE GESTÃO DA PRODUÇÃO

No presente capítulo são apresentados alguns conceitos básicos de medição de desempenho e apresentados os indicadores de gestão da produção utilizados neste trabalho. Além disso, são apresentados resultados de pesquisas sobre a análise de indicadores de desempenho na gestão da produção na construção civil. Por fim, é discutida a relação existente entre os indicadores apresentados.

3.1 CONCEITOS BÁSICOS DE MEDIÇÃO DE DESEMPENHO

A medição de desempenho é vista tradicionalmente, segundo Neely *et al.* (1996), como um meio de quantificar a eficiência e eficácia da ação. A medição de desempenho pode, também, ser considerada como o principal meio de induzir coerentemente a tomada de decisão e a realização de ações, podendo ser usada para influenciar o comportamento e, assim, afetar a implementação das estratégias de uma empresa (NEELY *et al.*, 1994).

Segundo Crowther (1996), a sobrevivência de uma empresa depende, em parte, da sua habilidade em avaliar o desempenho e selecionar estratégias que permitam à mesma atingir um desempenho adequado. Desse modo, fica bastante clara a importância que tem a medição de desempenho para uma organização.

Segundo Sink e Tuttle (1993), toda atividade que ocorre numa empresa deveria focar dois objetivos: realizar o trabalho e melhorar o desempenho. Para esses autores, não se pode gerenciar aquilo que não se pode medir. A razão pela qual se mede o desempenho é buscar a melhoria dos processos (SINK; TUTTLE, 1993). Os mesmos autores ressaltam, ainda, que a medição é importante pela necessidade inata do ser humano de uma retro-alimentação, para saber como e onde melhorar, priorizando, assim, as metas para despende os recursos.

A medição é necessária para o processo de controle e, por isso, as medidas utilizadas para esse propósito devem ser apropriadas para tal, de forma a poder-se monitorar se o processo está acontecendo de acordo com o previsto (CROWTHER, 1996). Nesse sentido, segundo Bernard (1962¹⁷, *apud* NEELY, 1999), a medição de desempenho é uma parte integrante do ciclo de planejamento e controle. Logo, a mesma deve ser utilizada não somente para relatar o passado, mas também para orientar a definição de uma direção estratégica das empresas, visando a garantir sua viabilidade futura (CROWTHER, 1996).

Os sistemas tradicionais de medição de desempenho, em geral, têm uma grande ênfase na função financeira das empresas, baseadas em técnicas de contabilidade de custos, que vêm sendo adaptadas e aprimoradas ao longo de várias décadas (KAPLAN; NORTON 1997). Segundo Kaplan e Norton (1997), o uso extensivo de sistemas de controle financeiro vem sendo criticado por ter um foco excessivo no curto prazo, sem dar ênfase à criação de valor a longo prazo. Isso tende a gerar insatisfação por parte dos interessados (investidores, acionistas, etc.), pois os relatórios financeiros retratam o desempenho passado, sem apresentar informações que ajudem a prever o desempenho futuro .

Segundo Souza e Abiko (1997), indicadores são expressões quantitativas que representam uma informação gerada a partir da medição e avaliação de uma estrutura de produção, dos processos que a compõem ou dos produtos resultantes. Um indicador denomina-se de desempenho quando o mesmo representa um resultado de um processo ou característica de um produto final. Os mesmos podem ser divididos em indicadores de qualidade e produtividade (LANTELME, 1994; SOUZA; ABIKO, 1997; LIMA, 2005).

Indicadores de qualidade estão relacionados ao desempenho do produto ou serviço, considerando as necessidades dos clientes internos ou externos (SOUZA; ABIKO, 1997). Para Lantelme (1994), esses indicadores estão relacionados à eficácia da empresa no atendimento das necessidades dos clientes.

¹⁷ BERNARD, C. I. (1962) **The Functions of the Executive**. Harvard University Press, Cambridge, MA.

Indicadores de produtividade são medidas de eficiência do processo, relacionando recursos utilizados e resultados atingidos (LANTELME, 1994; SOUZA; ABIKO, 1997).

Lantelme, Tzortzopoulos e Formoso (2001) adotam outra classificação para os indicadores, dividindo os mesmos em indicadores de produto e de processo. Indicadores de produto são aqueles que avaliam o atendimento dos requisitos do cliente que dizem respeito às características do produto, enquanto que os indicadores de processo servem para avaliar se as necessidades dos clientes foram atendidas em termos de processo (LANTELME, TZORZOPOULOS E FORMOSO, 2001).

Segundo Sink e Tuttle (1993) existem três passos para a implementação dos indicadores: coleta, processamento e avaliação.

A coleta dos dados deve ser planejada de forma a simplificar o processo e reduzir custos (SINK; TUTTLE, 1993). Devem ser levados em consideração, segundo os mesmos autores, dados já disponíveis nas empresas, elaboração das planilhas de coleta de acordo com a realidade da empresa, adequada documentação dos dados, treinamento das pessoas envolvidas no processo, rotinização do processo de coleta.

O processamento dos dados, segundo Sink e Tuttle (1993), deve ser planejado de forma a que a informação se torne acessível e de fácil compreensão e análise. Os autores ressaltam ser importante nessa fase o cumprimento dos prazos das entregas de informações, a utilização de sistemas de informação para agilizar o processamento e aumentar a confiabilidade do mesmo, bem como a representação das informações através de mecanismos de fácil visualização e compreensão (como gráficos e figuras).

A avaliação deve ser feita de forma a analisar os resultados sistemicamente, entendendo as relações de causa e efeito entre as variáveis (SINK; TUTTLE, 1993). Segundo esses autores, a avaliação deve considerar a formalização de reuniões para discussão de resultados, deve também promover um ambiente participativo entre os envolvidos, incentivar à reflexão dos problemas e respectivas causas, bem como promover motivação para a comparação de resultados com valores de referência através de processos de *benchmarking*.

3.2 INDICADORES DE GESTÃO DA PRODUÇÃO

Diversos são os indicadores de gestão da produção na construção. Nos próximos itens são apresentados aqueles que foram importantes para a realização do presente trabalho, divididos em: indicadores de desempenho do empreendimento, indicadores de planejamento e controle da produção e boas práticas de canteiros de obras.

3.2.1 Indicadores de desempenho do empreendimento

Os indicadores de desempenho do empreendimento discutidos neste trabalho são os relativos ao custo e ao prazo, apresentados nos itens a seguir.

3.2.1.1 Desvio de Custo (DC)

O desvio de custo (DC) é uma medida de variação do custo que tem por principal objetivo o monitoramento das diferenças entre o custo orçado e o custo real da obra, possibilitando que seja feito um acompanhamento periódico desses dados.

Tradicionalmente a variação do custo é monitorada através da curva-S (TURNER, 1993). Normalmente se produzem duas curvas, a dos custos planejados e a dos realizados, permitindo a comparação entre ambas (TURNER, 1993; LIMMER, 1997). Da curva-S podem ser extraídos, segundo Limmer (1997) e Kenley (2003), os valores do custo orçado e do custo real, sendo a variação do custo calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{VarCusto} = \text{CustoOrçado} - \text{CustoReal} \quad (1)$$

Os mesmo autores apresentam ainda um índice de desempenho de custo, calculado pela seguinte equação:

$$\text{DesempenhoCusto} = \text{CustoOrçado}/\text{CustoReal} \quad (2)$$

Para esse desempenho, valores mais próximos de zero indicam um desempenho aquém do planejado; desempenho de custo igual a 1 (um) indica que o custo foi igual ao planejado; e valores superiores a 1 (um) indicam que se gastou menos do que o planejado para executar os serviços (LIMMER, 1997; KENLEY, 2003).

Turner (1993) propõe uma outra forma de calcular o desempenho relativo aos custos. O referido autor sugere um índice que corresponde ao percentual da variação entre o custo real e o custo orçado, também denominado de desvio padronizado. Se o percentual da variação é positivo, significa que o empreendimento ultrapassou o orçamento. Se o valor for negativo, indica que o mesmo cumpriu as atividades com menos gasto do que o destinado para tal (Turner, 1993).

Dessa forma, o DC é calculado no presente trabalho conforme sugerido por Turner (1993) e que é a mesma forma adotada no SISIND-NET (COSTA *et al.*, 2005):

$$DC = \frac{(\text{CustoReal} - \text{CustoOrçado})}{\text{CustoOrçado}} \times 100 \quad (3)$$

Apesar de sua ampla utilização e importância, esses indicadores de desempenho de custos têm limitações. Turner (1993) relata que uma das limitações existentes é quando se considera os valores de custos apenas para as despesas, ou seja, quando os indicadores mostram apenas a relação existente entre o que foi gasto e o que se planejava gastar num determinado período. Isso não significa que dentro do valor gasto tenha sido realizado o trabalho previsto (TURNER, 1993). Segundo Turner (1993), num caso extremo, poderia haver nenhum trabalho feito e, mesmo assim, terem-se acumulado despesas.

Turner (1993) indica que a maneira correta de avaliar os indicadores de custo é levando em consideração o valor agregado do que foi produzido, ou seja, devem-se considerar as diferenças entre custo orçado e custo real em relação ao que foi produzido (avanço físico) e não simplesmente em relação ao que deveria ter sido produzido até certa data.

3.2.1.2 Desvio de prazo

O desvio de prazo (DP) é uma medida de variação do prazo e tem por objetivo principal o monitoramento do andamento da obra, comparando-se o prazo previsto e o prazo efetivo (LANTELME; TZORTZOPOULOS; FORMOSO, 2001).

Analogamente à variação dos custos, calcula-se a variação dos prazos através da seguinte equação (LIMMER, 1997; KENLEY, 2003):

$$\text{VarPrazo} = \text{PrazoPrevisto} - \text{PrazoReal} \quad (4)$$

O índice de desempenho dos prazos é calculado pela razão entre a variação e o prazo previsto (TURNER, 1993), sendo a fórmula de cálculo utilizada neste trabalho e também no SISIND-NET (COSTA *et al.*, 2005):

$$\text{DP} = \frac{(\text{PrazoReal} - \text{PrazoPrevisto})}{\text{PrazoPrevisto}} \times 100 \quad (5)$$

Através das mesmas curvas-S utilizadas para calcular a variação de custo, podem-se extrair os valores de prazo real e prazo previsto. No gráfico que compara custo e prazo são traçadas três curvas: a linha de base (que representa o custo planejado do trabalho previsto), a linha que indica o custo real do trabalho completado e a que indica o custo planejado do trabalho completado (TURNER, 1993). Através da posição relativa entre essas três linhas podem-se identificar quatro possíveis situações para um empreendimento:

- a) adiantado e com custo aquém do previsto;
- b) adiantado e com custo além do previsto;
- c) atrasado e com custo aquém do previsto;
- d) atrasado e com custo além do previsto.

Assim, a simples comparação do custo e do prazo, em determinado momento de um empreendimento, à sua linha base (custo e prazo previstos) não produz informações conclusivas. As informações de valor que podem ser tiradas da curva-S são aquelas em que se compara custo e prazo reais em relação ao trabalho executado, ou seja, ao avanço físico da obra, representado pela linha de custo real do trabalho completado.

Apenas um trabalho encontrado na literatura buscou fazer análises estatísticas a respeito dos indicadores de desempenho do empreendimento relacionando-os ao planejamento. Bortolazza (2006) avaliou a relação entre DP e DC com o PPC, no entanto as correlações encontradas foram muito fracas.

3.2.2 Indicadores de planejamento e controle da produção

Dentre os indicadores relativos ao processo de planejamento e controle são explorados no presente trabalho o percentual de pacotes concluídos (PPC), causas do não cumprimento dos planos e índice de boas práticas de planejamento e controle da produção.

3.2.2.1 Percentual de planos concluídos (PPC)

O principal indicador do processo de planejamento e controle da produção é o Percentual de Planos Concluídos (PPC), que é calculado através da seguinte expressão:

$$PPC = \frac{\text{n}^\circ \text{ de Pacotes } 100\% \text{ concluídos}}{\text{n}^\circ \text{ de Pacotes Planejados}} \times 100 \quad (6)$$

Segundo Ballard (1994; 2000), o PPC passou a ser utilizado por diversas empresas de construção como a principal 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 (ver item 2.3.3), o aumento do PPC é considerado como um indicador de tendência de que está se atingindo alta eficiência e que o avanço físico da obra está adequado. Neste caso, considera-se que as restrições são sistematicamente identificadas e removidas no planejamento em nível de médio prazo e que existe um esforço para dimensionar as equipes de acordo com a sua capacidade real. Cabe salientar, entretanto, que ainda não foram realizados estudos que evidenciem quantitativamente essa relação.

Por outro lado, há estudos que indicam que, apesar da ampla disseminação do *Last Planner*, o indicador de PPC muitas vezes não é aplicado corretamente, devido a distorções que ocorrem na elaboração dos planos de curto prazo, tais como:

- a) erros na definição e no dimensionamento das tarefas, produzindo, por exemplo, atividades muito fáceis de serem completadas ou muito aquém da real capacidade das equipes (OLIVEIRA, 1999);

b) divisão do plano de curto prazo em pacotes de trabalho muito pequenos, visando também a aumentar artificialmente os valores de PPC (AKKARI, 2003).

Isso distorce os resultados do indicador, resultando em valores de PPC bastante altos, que apontam erroneamente para uma elevada eficácia do planejamento, resultando em um avanço físico do empreendimento mais lento do que a meta estabelecida nos planos de nível superior.

A tentativa de distorcer o PPC pode acontecer quando esse indicador é utilizado para comparar equipes de trabalho de um empreendimento ou obras dentro de uma mesma empresa, podendo ser um dos quesitos envolvidos nos programas de participação de resultados (ou participação nos lucros).

Assim, é muito importante que o planejamento de curto prazo seja elaborado de acordo com os requisitos de qualidade acima apontados, para que o PPC possa efetivamente ser usado para medir a eficácia do planejamento, evitando dessa forma distorções e interpretações errôneas.

Por ser um indicador bastante difundido, diversos trabalhos apresentam valores de referência do percentual de planos concluídos. A seguir, na tabela 3, se apresentam os valores de trabalhos realizados por alguns dos principais autores da área em diferentes países. Alguns desses trabalhos apresentam apenas valores de referências e aqueles que vão mais a fundo na análise dos indicadores serão discutidos no item 3.2.2.4.

Tabela 3: valores de referência de PPC em diversos países.

PPC médio	ANO	Descrição	País	AUTORES
69,00%	1996-1997	PPC médio de um prédio comercial com 7600m ²	Finlândia	Koskela, Ballard e Tanhuanpää (1997)
70,58%	1996-2005	PPC médio de diversas obras de diversos nichos de mercado	Brasil	Bortolazza (2006)
69,27%	1998-2003	PPC médio de obras industriais para clientes privados de uma única empresa	Brasil	Soares (2003)
75,46%	1999	PPC médio de 41 semanas de um empreiteiro de revestimento e sistemas de coberturas em um único empreendimento	Reino Unido	Ballard (2000)
63,00%	2001	PPC médio em 77 empreendimentos de 12 empresas	Chile	Alarcón <i>et al.</i> (2005)
67,00%	2002			
71,00%	2003			
75,50%	2003	PPC médio de diversas empresas no nicho de habitações de interesse social	Colômbia	Botero e Alvarez (2005)

3.2.2.2 Causas do não cumprimento dos planos

No planejamento de curto prazo deve ser registrada uma causa associada à não conclusão de pacotes de trabalho no horizonte de curto prazo (BERNARDES, 2001). Essas causas podem ser utilizadas para identificar oportunidades de melhoria no sistema de gestão da produção, constituindo em uma importante fonte de dados para melhorar o desempenho da obra.

Cada empresa pode desenvolver uma lista de causas mais comuns, de acordo com sua realidade, para facilitar o preenchimento da planilha. Para o presente trabalho a lista adotada foi retirada do manual de utilização do SISIND-NET (COSTA *et al.*, 2005). Essa lista foi desenvolvida com a participação de diversas empresas do setor, sendo ela utilizada como padrão para inserção de causas de não cumprimento de tarefas nos registros do sistema *on-line*. A tabela com as 36 causas de não cumprimento de tarefas, divididas em oito grupos encontra-se a seguir:

Tabela 4: lista de causas de não cumprimento.

MAO-DE-OBRA	
1.	Absenteísmo
2.	Falta de comprometimento do empreiteiro
3.	Baixa produtividade (mesma equipe)
4.	Modificação da equipe (decisão gerencial)
5.	Afastamento por acidente
6.	Falta de programação de mão-de-obra
7.	Superestimação da produtividade
8.	Interferência entre equipes de trabalho
9.	Falta de dados sobre a produção de um novo serviço
MATERIAIS	
10.	Falta de programação de materiais
11.	Falta por perda elevada (acima da estimada)
12.	Falta de materiais do empreiteiro
EQUIPAMENTO	
13.	Falta de programação de equipamento
14.	Manutenção de equipamento da construtora
15.	Mau dimensionamento
PROJETO	
16.	Falta de projeto
17.	Má qualidade do projeto
18.	Incompatibilidade entre projetos
19.	Alteração do projeto
20.	Falta de conferência do projeto
PLANEJAMENTO	
21.	Modificações dos planos
22.	Má especificação da tarefa
23.	Atraso da tarefa antecedente
24.	Pré-requisito do plano não foi cumprido
25.	Falha na solicitação do recurso
26.	Problema não previsto na execução
27.	Problema na gerência do serviço
INTERFERÊNCIA DO CLIENTE	
28.	Solicitação de modificação do serviço que já estava sendo executado
29.	Solicitação de inclusão de pacote de trabalho no plano (diário ou semanal)
30.	Solicitação de paralisação dos serviços
31.	Indefinição por parte do cliente (projeto e/ou execução)
32.	Liberação de serviços extras
PROBLEMAS METEOROLÓGICOS	
33.	Condições adversas do tempo
FORNECEDORES	
34.	Fornecedor
35.	Atraso na entrega
36.	Manutenção de equipamento do fornecedor

(Fonte: Costa *et al.*, 2005).

3.2.2.3 Índice de boas práticas de planejamento e controle da produção (IBPPCP)

Esse indicador foi inicialmente proposto por Bernardes (2001), tendo como objetivo avaliar o grau de implementação de sistemas de planejamento e controle da produção baseados no *Last Planner*. O referido autor propôs 14 práticas e através da atribuição de notas a essas práticas pode-se chegar a um valor de eficácia da implementação do sistema de PCP, medido em porcentagem. As notas são atribuídas da seguinte forma: (a) peso 1 (um), para práticas utilizadas de maneira integral; (b) peso 0,5, para práticas utilizadas de maneira

parcial pela empresa; e (c) peso 0 (zero), para práticas não utilizadas. No presente trabalho este índice foi denominado de índice de boas práticas de planejamento e controle da produção.

O indicador IBPPCP é calculado pela seguinte expressão:

$$IBPPCP = \frac{\sum \text{NotasDasPráticas}}{\text{n}^{\circ} \text{ dePráticas}} \quad (7)$$

No trabalho em que foi proposto esse indicador, Bernardes (2001) aplicou a lista de verificação em 10 empresas nas cidades de Porto Alegre, Canoas e Santa Maria, entre os anos de 1996 e 1999.

Soares (2003) analisou o sistema de planejamento e controle de uma empresa construtora de Porto Alegre, após a estabilização do mesmo. Essa análise foi feita com base nas 14 práticas propostas por Bernardes (2001). O autor analisou um grupo de 15 empreendimentos da empresa a fim de contribuir para o sucesso do sistema de planejamento e controle da mesma utilizando-se do PPC, das causas de não cumprimento das tarefas, do IBPPCP, bem como entrevistas com diretores, clientes e engenheiros. Uma das principais conclusões foi que a identificação das 14 práticas e o cálculo da eficácia de implementação das mesmas teve um efeito positivo na implementação do sistema de PCP e que esse indicador pode ser usado para orientar a implementação desses sistemas, bem como para avaliar sua eficácia (SOARES, 2003).

Bulhões e Formoso (2005) desenvolveram um trabalho no estado da Bahia em que aplicaram a lista de verificação de boas práticas de planejamento proposta por Bernardes (2001) com alguns ajustes para se adaptar ao processo de implementação realizado naquele estudo.

Na tabela 5 a seguir apresenta-se a lista com as práticas utilizadas para o cálculo de IBPPCP nos três trabalhos. Tentou-se apresentá-las de forma a comparar as práticas equivalentes:

Tabela 5: lista das boas práticas de PCP.

	Bernardes (2001) Soares (2003)	Bulhões e Formoso (2005)
1	Padronização do PCP	Formalização do processo de PCP
2	Hierarquização do planejamento	
3	Análise e avaliação qualitativa dos processos	Análise Crítica do conjunto de dados
4	Análise dos fluxos físicos	Planejamento e controle dos fluxos físicos
5	Análise de restrições	Inclusão no plano de curto prazo de pacotes de trabalho sem restrições
		Remoção sistemática das restrições
6	Utilização de dispositivos visuais	Utilização de dispositivos visuais para disseminar as informações no canteiro
7	Formalização do planejamento de curto prazo	Rotinização das reuniões de curto prazo
8	Especificação detalhada das tarefas	Definição correta dos pacotes de trabalho
9	Programação de tarefas reservas	Programação de tarefas suplentes
10	Tomada de decisões participativas	Tomada de decisão participativa nas reuniões de curto prazo
11	Utilização do PPC e identificação das causas dos problemas	
12	Utilização de sistemas de indicadores de desempenho	Utilização de indicador para avaliar o cumprimento de prazo da obra
13	Realização de ações corretivas a partir das causas dos problemas	Realização de ações corretivas a partir das causas do não cumprimento dos planos
14	Realização de reuniões para difusão das informações	
		Elaboração de um plano de longo prazo transparente
		Atualização sistemática do plano mestre para refletir o andamento da obra
		Rotinização do planejamento de médio prazo

Na tabela 6 a seguir são apresentados dados de referência provenientes dos trabalhos citados.

Tabela 6: dados de referência do índice de boas práticas de PCP.

Autor	Período de coleta	n° de obras	IBPPCP médio
Bernardes (2001)	1996-1999	22	31,61%
Soares (2003)	1998-2003	15	44,87%
Bulhões e Formoso (2005)	2002-2003	18	66,00%

3.2.2.4 Estudos anteriores com indicadores do *Last Planner*

Diversos estudos foram realizados com base nos indicadores apresentados acima. A seguir, apresentam-se relatos sobre alguns dos trabalhos mais expressivos, que têm contribuições importantes relacionadas ao tema deste trabalho.

3.2.2.4.1 Estudo de Bortolazza (2006)

O NORIE/UFRGS vem realizando diversos trabalhos relativos a indicadores de desempenho. Um dos trabalhos mais recentes realizados por esse grupo de pesquisa foi o estudo de Bortolazza (2006) sobre indicadores de planejamento. Na etapa de preparação de dados, Bortolazza (2006) utilizou três fontes de dados: pesquisas anteriores do NORIE/UFRGS, dados do SISIND-NET e dados coletados complementarmente em empresas. Os dados coletados pelo referido autor foram organizados numa base de dados única, sendo que inicialmente fez-se um tratamento dos valores espúrios e dados faltantes. O banco de dados final contava com registros de 141 obras executadas entre os anos de 1996 e 2005. Dessas, 105 obras possuíam, além dos registros de PPC, os registros das causas de não cumprimento dos pacotes de trabalho. Poucas obras possuíam registros de outras medidas como desvio de custo e de prazo, por exemplo. Isso possibilitou a realização de uma análise conjunta entre PPC e essas outras variáveis em obras de apenas duas empresas.

Os registros no banco de dados eram semanais, sendo incluídas, além do PPC e das causas de não cumprimento, variáveis como: número de pacotes planejados, número de pacotes executados, fonte de coleta do dado (pesquisas anteriores, SISIND-NET ou diretamente na empresa), data de início do empreendimento, nicho de mercado e empresa.

Os dados foram sintetizados em três diferentes planilhas. A primeira delas possuía dados de PPC médio e serviu para a análise visual de histogramas e análises de variância (ANOVA¹⁸). Na segunda planilha incluíram-se as causas de não cumprimento de pacotes de trabalho, da qual foram extraídos diversos gráficos de barras com os quais se analisaram as causas de não cumprimento de forma geral e separadamente por nicho de mercado. A terceira planilha possuía, além dos dados anteriores, os registros de número de pacotes planejados e executados, possibilitando a análise de regressão, principal resultado do trabalho de Bortolazza (2006).

A etapa de análise de dados e resultados iniciou com a estatística descritiva para análises de medidas de tendência central e dispersão, tais como: mínimo, primeiro quartil, mediana, terceiro quartil, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação. Bortolazza (2006) fez uma descrição bem detalhada de todos os nichos de mercado propostos em seu trabalho apresentando gráficos e comparando resultados com outros trabalhos.

Em seguida o autor fez uma identificação, através da análise de variância, dos fatores que poderiam influenciar o PPC das obras. Através dessa análise é possível verificar estatisticamente se os dados são provenientes de populações com médias iguais (HAIR *et al.*, 2005). Os fatores considerados foram: existência de análise de restrições do planejamento de médio prazo, existência de sistema de gestão da qualidade na empresa, obra, presença do pesquisador na coleta de dados. Todos os fatores testados obtiveram significância estatística quando comparados à eficácia do planejamento medida pelo PPC.

O passo seguinte no trabalho de Bortolazza (2006) foi a caracterização dos dados de causas de não cumprimento de tarefas divididos por grupos de causas e por nichos de mercado, tendo essa análise sido bastante detalhada.

Após, foi realizada uma análise de regressão múltipla para a identificação das variáveis mais significativas na explicação da variância do PPC semanal. As variáveis consideradas nesta fase foram as causas de não cumprimento dos pacotes de trabalho, agrupadas em nove grupos (oito deles conforme os

¹⁸ Analysis of Variance

descritos na tabela 4 e mais um item para os casos não especificados), semana da obra, número de pacotes planejados e número de tarefas executadas.

Inicialmente o autor analisou graficamente a existência de algum comportamento linear na comparação de cada uma das variáveis com o PPC. Através do processo de tentativa e erro, o referido autor conseguiu aumentar a relação linear da variável "número de tarefas executadas" através de uma transformação logarítmica, passando então a ser essa a variável utilizada na regressão.

O passo seguinte foi a análise de regressão da amostra total do trabalho que era composta por 1674 registros semanais. Como principais resultados dessa análise, Bortolazza (2006) chegou a uma explicação da variância do PPC semanal em torno dos 63% com as variáveis consideradas no modelo. Eliminando alguns casos para melhorar a qualidade da amostra, o autor conseguiu elevar para 73% de explicação da variância. Porém, em ambos os casos, provou-se que outros fatores são influentes na predição do PPC semanal e que não foram considerados nos modelos testados. Bortolazza (2006) tentou incluir as variáveis: análise de restrições, sistema de gestão da qualidade e presença do pesquisador; mas nenhuma melhoria no modelo foi percebida pela inclusão das mesmas.

Para dar continuidade às análises, o mesmo autor optou por agrupar as causas em apenas dois grupos, internas e externas. Dessa análise, pôde-se concluir que, à medida que o PPC aumenta, a redução dos problemas de origem interna é mais drástica do que a redução nos problemas de origem externa.

O passo seguinte foi produzir modelos separados de regressão para cada um dos nichos de mercado considerados no trabalho a fim de testar se, em grupos mais homogêneos, havia um aumento na precisão de predição do PPC semanal pelas variáveis independentes. Apenas para o nicho de incorporações residenciais e comerciais percebeu-se uma melhoria na predição do PPC, não tendo ocorrido o mesmo nos demais nichos.

Bortolazza (2006) buscou outros atributos que pudessem melhorar os modelos de regressão por ele testados. Dessa forma, procurou avaliar a evolução das medidas de desempenho de três empresas a fim de comparar a eficácia do planejamento com avanço físico, desvio de custo e desvio de prazo.

Uma das análises feitas por Bortolazza (2006) foi em uma empresa que atua em diversos nichos de mercado em que ele fez uma regressão linear com todas as variáveis incluídas nas regressões anteriores acrescidas da variável desvio de prazo. Nessa análise conseguiu-se chegar a uma explicação de 63,11% do PPC com as variáveis independentes, sendo que o DP foi uma das variáveis que menos contribuiu para a predição.

Numa nova análise, o autor optou por fazer uma regressão assumindo o desvio de prazo como variável dependente, sendo independentes as demais variáveis junto com o PPC. Os resultados dessa análise não foram muito satisfatórios, uma vez que apenas 39,73% do desvio de prazo pode ser explicado pelas demais variáveis.

Em uma outra empresa, Bortolazza (2006) analisou os dados de obras de incorporações residenciais e comerciais em que havia registros de desvio de custo, desvio de prazo e avanço físico. Os resultados dessa análise indicaram que o PPC médio mensal pode ser explicado apenas em pouco mais de 10% pela variável mês e pelo desvio de custo. As outras variáveis foram excluídas da regressão por estarem fora do nível de significância desejado. Num segundo momento o autor analisou as mesmas variáveis, mas substituindo o PPC médio mensal pelo PPC acumulado mensal. Nessa análise o coeficiente de determinação elevou-se para próximo dos 20% e as variáveis significativas foram avanço físico e desvio de custo. O desvio de prazo foi retirado do modelo por não apresentar o nível de significância desejado.

3.2.2.4.2 Outros estudos

Alarcón *et al.* (2005) desenvolveram análises em um banco composto de dados provenientes de 77 empreendimentos distribuídos por 12 empresas, com o objetivo de analisar o impacto da introdução do LPS em diferentes aspectos no desempenho dos empreendimentos. Diversas foram as análises feitas por Alarcón *et al.* (2005). Os mesmos relatam que, ao analisar graficamente o PPC ao longo dos anos nessas obras, percebeu-se que o mesmo cresceu gradativamente. Em uma sub-amostra de onze empreendimentos chilenos e cinco internacionais, pôde-se constatar que o grau de implementação do LPS influenciava positivamente o aumento do PPC (ALARCÓN *et al.*, 2005). Esse grau

de implementação é considerado de acordo com a aplicação de algumas práticas como: definição de planos semanais de trabalho, medição do PPC e causas de não cumprimento de tarefas, realização de reuniões de planejamento, realização de planejamento de médio prazo, definição de tarefas reserva, processo de aprendizagem; quanto maior o número de práticas realizadas maior o grau de implementação (ALARCÓN *et al.*, 2005).

Quanto às causas de não cumprimento das atividades planejadas, os referidos autores concluíram que aquelas associadas aos agentes externos aumentaram ao longo dos anos, provavelmente pelo maior controle das causas internas. Alarcón *et al.* (2005) analisaram também, através de análises estatísticas, a relação entre o PPC médio e o coeficiente de variação (CV). Os autores relatam terem sido os resultados semelhantes àqueles atingidos por Bernardes (2001), em que o PPC se torna melhor previsível à medida que seu valor aumenta, provendo um senso de controle à equipe do empreendimento. Alarcón *et al.* (2005) analisaram também o impacto da utilização de tecnologia da informação (TI) no desempenho do PPC constatando uma influência positiva daquela nesse, bem como a melhoria do desempenho, que constataram ser de difícil medição para algumas empresas. Como conclusão desse trabalho, Alarcón *et al.* (2005) afirmam ser as práticas propostas para a implementação do LPS eficazes, sendo o mesmo uma ferramenta eficaz para melhorar a eficácia dos planos.

Botero e Alvarez (2005) desenvolveram um trabalho com o objetivo de apresentar resultados da aplicação do LPS em empreendimentos de construção em Medellín, Colômbia. Inicialmente foram levantadas as causas de não cumprimento dos planos e em seguida fez-se a análise dessas causas através de um gráfico de Pareto, bem como a análise da evolução do PPC na medida em que foi sendo implementado o LPS, através de uma regressão linear entre PPC e o número de semanas das obras. Botero e Alvarez (2005) concluíram ao final do estudo ser o LPS uma ferramenta muito útil para aumentar a eficácia e reduzir a incerteza do planejamento, sendo que o planejamento *Lookahead*, os planos semanais de trabalho e as reuniões de controle mostraram efeitos positivos no desenvolvimento e desempenho dos empreendimentos em diferentes aspectos: coerência dos planos, comprometimento das equipes, desenvolvimento de uma cultura de medição e a melhoria contínua. Os autores exploraram esses aspectos

apenas qualitativamente, não havendo ainda evidências quantitativas que provem essas relações.

Ballard *et al.* (2007) analisaram dados de uma obra de uma refinaria para testar a hipótese de que o aumento do PPC contribui para aumentar a produtividade do trabalho. Os dados utilizados nesse trabalho foram o PPC semanal e as medidas de produtividade correspondentes de uma equipe de instalações hidráulicas da referida obra, sendo feita uma análise de regressão para corroborar a hipótese supracitada (BALLARD *et al.*, 2007).

González, Alarcón e Mundaca (2007), no intuito de contribuir com o conhecimento sobre a relação entre a eficácia dos planos e o desempenho dos empreendimentos, desenvolveram um trabalho em um empreendimento residencial, no qual eles propuseram dois novos indicadores em dois níveis: atividade e empreendimento. Os indicadores propostos foram: Índice de Confiabilidade do Processo (PRI¹⁹) e o Índice de Produtividade do Empreendimento (PPI²⁰). PRI é uma taxa real do progresso do plano semanal de uma atividade, representando um índice de eficácia do planejamento em nível de tarefa, enquanto que o PPI reflete as melhorias reais na produtividade em nível de empreendimento (GONZÁLEZ; ALARCÓN; MUNDACA, 2007). O estudo desses autores explorou estatisticamente esses indicadores a fim de verificar a relação entre a eficácia dos planos e o desempenho do empreendimento. A proposição desses indicadores se deu pelo fato de o PPC ser calculado de forma binária (0 ou 100% de conclusão das tarefas), escondendo assim a real produtividade de cada tarefa. Segundo González, Alarcón e Mundaca (2007), comparar o PPC a indicadores de desempenho de atividades poderia gerar inferências errôneas por esses serem indicadores em níveis diferentes (empreendimento e tarefa). Inicialmente os autores compararam a relação entre os indicadores de desempenho em nível de tarefa (PRI) ao PPC, através de correlações, sendo os resultados pobres, provando a afirmação dos referidos autores sobre as diferenças em nível de atividade e empreendimento. Num segundo momento os autores compararam os indicadores de desempenho em nível de empreendimento ao PPC, obtendo uma forte correlação linear entre eles. Como

¹⁹ Process Reliability Index

²⁰ Project Productivity Index

conclusão do trabalho, o aumento da eficácia do planejamento, medida pelo PPC, mostrou contribuir positivamente para o aumento do desempenho em nível geral do empreendimento (GONZÁLEZ; ALARCÓN; MUNDACA, 2007).

Na tabela 7 a seguir se apresenta um resumo dos trabalhos relativos aos Indicadores de planejamento e controle da produção.

Tabela 7: resumo de trabalhos com indicadores de planejamento e controle da produção

INDICADOR	AUTORES	ANO	OBJETIVOS	CONTRIBUIÇÕES
PPC e causas de não cumprimento	Alarcón <i>et al.</i>	2005	Comparar implementação do LPS com a eficácia do planejamento.	Contribuições para escolha de métodos estatístico para análise de indicadores. Contribuição sobre a importância do PPC na melhoria do desempenho do planejamento na mudança de causas de não cumprimento de internas para externas.
	Botero e Alvarez	2005	Analisar resultados da aplicação do LPS.	Contribuições sobre a análise de causas de não cumprimento das tarefas e sobre a evolução do PPC ao longo das semanas.
	Bortolazza	2006	Analisar o PPC e causas de não cumprimento e a relação entre esses indicadores	Contribuições para o processo de coleta e análise de indicadores, contribuições para os métodos estatísticos para essas análises.
	Ballard <i>et al.</i>	2007	Analisar correlação entre PPC e produtividade.	Contribuições para análises estatísticas de correlação entre PPC e outras variáveis; teste de hipóteses e regressão linear.
	González, Alarcón e Mundaca	2007	Investigar a relação entre eficácia do planejamento e desempenho dos empreendimentos	Primeiras análises estatísticas comparando eficácia do planejamento ao desempenho do empreendimento.
IBPPCP	Bernardes	2001	Desenvolvimento de um modelo de PCP para micro e pequenas empresas de construção.	Lista de verificação com boas práticas de PCP para cálculo do IBPPCP.
	Soares	2003	Identificar as principais barreiras e fatores que contribuem para o sucesso do sistema de PCP.	Conclusão de que a identificação das práticas tem efeito positivo no desenvolvimento do processo de produção, guiando a implementação e avaliando sua eficácia. A análise das práticas podem proporcionar aprendizado, uma vez que tornam mais explícitos os princípios do sistema de PCP.
	Bulhões e Formoso	2005	Refinar o modelo de PCP e adaptar ao contexto de diversos segmentos da indústria da construção da Bahia.	Ampliação da aplicação do check-list para demais tipos de obras além de obras de incorporação residenciais e comerciais.

3.2.3 Boas práticas de canteiros de obras

Existem também indicadores que medem a eficácia do planejamento de canteiros de obra, o que tem grande impacto no *layout* e logística dos mesmos. O índice de boas práticas de canteiros (IBP) tem sido bastante utilizado em estudos acadêmicos no Brasil (SAURIN, 1997) e também por diversas empresas do setor da construção (COSTA *et al.*, 2005). A seguir, o IBP é apresentado em detalhes.

3.2.3.1 Índices de boas práticas de canteiros de obras

O IBP foi proposto inicialmente no trabalho de Saurin (1997), tendo como objetivo avaliar o planejamento do canteiro de obras e a implementação de instalações provisórias, sendo o referido indicador dividido em três grandes itens:

- a) instalações provisórias;

- b) segurança da obra;
- c) sistema de movimentação e armazenamento de materiais.

Saurin (1997) propôs uma lista de verificação de 127 itens, divididos nos três grandes grupos citados acima. Essa lista sofreu pequenas alterações ao longo do tempo, inclusive por parte da equipe do SISIND-NET. A versão desse sistema foi adotada como padrão para as empresas participantes do mesmo. Uma das alterações sofridas foi a adição de um quarto item, relativo à gestão dos resíduos sólidos no canteiro, uma vez que esse passou a ser um importante item na gestão de canteiros de obras nos últimos anos. Por ainda não ser amplamente disseminada nas empresas, a gestão de resíduos não entra na contagem dos pontos para o cálculo final do IBP.

Devido ao fato do *check-list* do IBP ser bastante extenso, o mesmo encontra-se na íntegra no anexo 1. A seguir encontra-se uma tabela resumida do mesmo:

Tabela 8: lista com os principais itens do *check-list* do índice de boas práticas em canteiros de obras.

A) INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS
A1) TIPOLOGIA DAS INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS
A2) TAPUMES
A3) ACESSOS
A4) ESCRITÓRIO (Sala do mestre/Engenheiro)
A5) ALMOXARIFADO
A6) LOCAL PARA REFEIÇÕES
A7) VESTIÁRIO
A8) INSTALAÇÕES SANITÁRIAS
A9) ÁREAS DE LAZER
B) SEGURANÇA DA OBRA
B1) ESCADAS
B2) ESCADAS DE MÃO
B3) POÇO DO ELEVADOR
B4) PROTEÇÃO CONTRA QUEDA NO PERÍMETRO DOS PAVIMENTOS
B5) ABERTURAS NO PISO
B6) PLATAFORMA DE PROTEÇÃO (bandeja salva-vidas)
B7) SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA
B8) EPI's
B9) INSTALAÇÕES ELÉTRICAS
B10) ANDAIMES SUSPENSOS E SIMPLEMENTE APOIADOS
B11) PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO
B12) GUINCHO
B13) GRUA
C) SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS
C1) VIAS DE CIRCULAÇÃO
C2) ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS
C3) PRODUÇÃO DE ARGAMASSA/CONCRETO
D) GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO CANTEIRO
D1) DISPOSIÇÃO DO RESÍDUO
D2) TRANSPORTE DO RESÍDUO
D3) REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM DO RESÍDUO

(Fonte: Costa *et al.*, 2005).

O IBP é calculado pela seguinte fórmula para cada um dos itens:

$$IBP = \sum \frac{\text{PontosObtidos}}{\text{PontosAvaliados}} \times 10 \quad (8)$$

A nota final é a média geométrica dos itens "a", "b" e "c" supracitados.

No trabalho inicial de Saurin (1997), aplicou-se o *check-list* em obras das cidades de Porto Alegre e Santa Maria. O referido autor fez uma análise detalhada de cada um dos itens propostos em sua lista de verificação e propôs parâmetros para a avaliação dos mesmos.

Saurin e Formoso (2000), por sua vez, ampliaram a quantidade de canteiros de obras analisados através do *check-list*, estendendo para as cidades de Canoas, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Passo, Fundo e Santa Rosa, além das cidades que já faziam parte do trabalho de Saurin (1997). Ressalta-se que esse trabalho foi uma continuação do anterior, dessa forma os dados de Saurin (1997) estão contidos no trabalho de Saurin e Formoso (2000).

Souza (2005) realizou um trabalho no qual buscou analisar a eficácia da aplicação do indicador de boas práticas de canteiros de obra em duas empresas. Nesse trabalho, a referida autora analisou dados de duas obras que visitou, além da base dados do SISIND-NET, comparativamente aos dados de Saurin e Formoso (2000). Souza (2005) constatou índices um pouco mais elevados em todos os subitens do indicador de boas práticas nas obras em que analisou em comparação aos valores das obras analisadas por Saurin e Formoso (2000).

Na tabela 9 a seguir são apresentados dados de referência provenientes desses trabalhos.

Tabela 9: dados de referência do índice de boas práticas em canteiros de obras.

Autor	Período de coleta	Nº de obras	IBP	A	B	C
Saurin e Formoso (2000)	1996-1998	40	5,10	4,90	4,80	5,60
Souza (2005)	2004-2005	41	5,91	6,76	5,87	5,09

A seguir, na tabela 10, é apresentado um resumo dos trabalhos relativos índice de boas práticas de canteiros de obras.

Tabela 10: resumos dos trabalhos sobre indicador de índice de boas práticas de canteiros de obras.

INDICADOR	AUTORES	ANO	OBJETIVOS	CONTRIBUIÇÕES
IBP	Saurin	1997	Desenvolver métodos e diretrizes para planejamento de canteiro de obras.	Propôs o índice de boas práticas, parâmetros para a avaliação de cada um dos itens da lista de verificação. Aplicou o check list em diversas obras.
	Saurin e Formoso	2000	Analisar as práticas usuais de planejamento de <i>layout</i> e logísticas em canteiros de obras.	Ampliação da amostra de obras visitadas em relação ao trabalho anterior. Conclusões sobre as causas que afetam a falta de padronização dos canteiros de obra.
	Souza	2005	Analisar a eficácia da aplicação do indicador de boas práticas de canteiros de obra em algumas empresas.	Conclusões sobre os benefícios trazidos pelo adequado planejamento do canteiro e aplicação da lista de verificação, tais como: diagnóstico de possíveis problemas dentro do canteiro de obras sob a ótica do layout e da logística das instalações provisórias, da segurança, da movimentação e armazenamento de materiais e da gestão de resíduos de construção.

3.3 RELAÇÕES ENTRE OS INDICADORES ESTUDADOS

A partir da análise dos indicadores acima descritos, foram identificadas diversas possíveis relações entre os mesmos, que posteriormente deram origem a várias hipóteses²¹ a serem testadas no presente trabalho. A seguir são destacadas algumas dessas relações.

Duas importantes relações podem ser destacadas em relação aos indicadores relacionados à eficácia do planejamento e controle da produção:

- a) o desempenho do empreendimento é influenciado pela eficácia do planejamento;
- b) a eficácia do planejamento é influenciada por boas práticas de PCP ou de canteiro de obras.

Na relação "a", PPC pode influenciar diretamente desvio de custo e desvio de prazo. Descartada a possibilidade de distorções nos valores de PPC, dado o cuidado com a definição de tarefas, espera-se que, à medida que crescem os valores de PPC, o empreendimento corra dentro de uma rotina esperada (ou o mais próximo do que foi planejado).

Na relação "b" espera-se que o valor de PPC aumente, caso uma elevada parcela de boas práticas de PCP sejam efetivamente aplicadas, tais como a correta definição das tarefas a serem realizadas, levando-se em consideração as

²¹ As hipóteses serão apresentadas no capítulo 4.

restrições existentes e capacidade das equipes, a gestão participativa, a análise de causas de não cumprimento de pacotes de trabalho e realização de ações corretivas, entre outras.

Com relação à aplicação de boas práticas em canteiros de obras, estas envolvem a aplicação do princípio de aumentar a transparência de processos, bem como a aplicação de práticas de gestão de fluxos físicos, que contribuem para eliminar atividades que não agregam valor e também para alcançar a chamada estabilidade básica (ver item 2.4.6). Conseqüentemente, espera-se que o aumento do IBP contribua para aumentar a eficácia do planejamento e controle, medida pelo PPC.

4 MÉTODO DE PESQUISA

No presente capítulo é apresentado o método de pesquisa utilizado para a realização desta dissertação.

4.1 CONTEXTO

O presente trabalho está inserido no contexto do Projeto SISIND-NET. Esse projeto tem como objetivo desenvolver um sistema *on-line*²² de indicadores para *Benchmarking* na indústria da construção civil, dando continuidade a um projeto anterior denominado de SISIND (Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil). O SISIND-NET foi desenvolvido pelo NORIE/UFRGS em parceria com diversas empresas do setor de construção civil e teve seu início em setembro de 2003.

No Projeto SISIND-NET foi desenvolvido um *site* de visitação livre e um de visitação restrita, no qual as empresas cadastradas têm acesso através de uma senha. Na área de acesso livre encontram-se algumas informações gerais sobre indicadores de desempenho, valores de referência e publicações na área. Na área de acesso restrito, chamada de Módulo Empresa, os usuários cadastrados de cada empresa têm acesso aos dados da mesma, das obras e de todos os formulários inseridos no sistema, bem como acesso aos gráficos da empresa e aos gráficos de referência. Nesse módulo é possível também enviar mensagens para contato direto com a administração do SISIND-NET, sem sair do sistema, e acessar uma página de informações gerais.

Foi construída uma base de dados de indicadores de desempenho de empresas de construção civil para realização de *benchmarking*. Para tal, as empresas participantes do projeto, após treinamento inicial, são cadastradas no sistema e passam a enviar sistematicamente os dados de indicadores coletados na

²² www.cpgec.ufrgs.br/norie/benchmarking

empresa e em cada uma de suas obras. A escolha dos indicadores a serem coletados é a cargo de cada empresa.

Formulário é a denominação usada para a planilha eletrônica *on-line* preenchida pela empresa e enviada à administração do sistema para cada indicador, em cada período. Para cada período (mês, semestre, ano, ou coleta única) e indicador de uma empresa, existe um formulário correspondente.

Além do Módulo Empresa, existe o Módulo Administrador, no qual são gerenciados todos os dados do SISIND-NET. O funcionamento do sistema se dá da seguinte forma: a empresa cadastra suas obras em andamento, indicando os indicadores a serem coletados por cada obra; mensalmente o responsável pela administração do sistema manda gerar todos os formulários possíveis, sendo esses detectados automaticamente pelo sistema, de acordo com as indicações de cada empresa do que vai ser coletado; imediatamente após sua geração, os formulários são enviados para o responsável de cada empresa, que tem o encargo de repassá-los para os responsáveis pelo seu preenchimento; após preenchê-los, os responsáveis enviam os formulários para o administrador da empresa, que tem a incumbência de encaminhá-los de volta para a administração do SISIND-NET para aprovação; depois de algumas conferências, os formulários podem ser aprovados, entrando para o banco de dados do SISIND-NET, ou reprovados, voltando para a empresa para correção dos possíveis erros ou confirmação de valores.

Ainda no módulo administrador é possível consultar gráficos com valores de referência, bem como exportar todos os valores da base de dados para uma planilha eletrônica, por indicador. Dentro do Módulo Empresa também é possível fazer essa exportação de dados para planilhas eletrônicas e visualização de gráficos. Porém, essa opção dá acesso somente aos valores da própria empresa e aos valores de referência, sem identificar as demais empresas participantes.

Além dessa conferência por parte da administração do SISIND-NET, antes da aprovação dos formulários a serem inseridos na base de dados final podem ser feitas validações *in loco*. Essas visitas de validação ocorrem periodicamente, a fim de constatar e garantir a qualidade dos dados coletados pelas empresas e enviados ao SISIND-NET. Elas podem ocorrer tanto a pedido da empresa como a

critério da administração do SISIND-NET, quando se achar necessário. As visitas consistem basicamente na observação da situação da obra, na observação de reuniões dentro da empresa ou da análise de registros da mesma, variando conforme o tipo de indicador que estiver sendo validado. Após essas visitas, relatórios são apresentados para as empresas ou seminários são realizados para apresentação desses resultados. Através do resultado dessas validações, podem ser aprovados possíveis dados pendentes no sistema ou tomarem-se medidas corretivas nos mesmos, caso os processos de coletas não estejam sendo realizados da maneira correta, conforme os procedimentos do SISIND-NET.

4.2 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

O contexto em que se insere este trabalho favoreceu a escolha da estratégia de pesquisa de análise de arquivos, devido à existência de um banco de dados disponível para ser analisado.

Segundo Yin (2005), existem três condições que diferenciam os diversos tipos de estratégias de pesquisa. São elas:

- a) tipo de questão de pesquisa proposta;
- b) extensão de controle que o pesquisador tem sobre eventos comportamentais atuais;
- c) grau de enfoque em acontecimentos contemporâneos em oposição a acontecimentos históricos.

Na tabela 11 encontra-se um quadro resumo das três condições apresentadas, que auxiliam na escolha da estratégia de pesquisa.

Tabela 11: Situações relevantes para diferentes estratégias de pesquisa.

Estratégia	Forma da questão de pesquisa	Exige controle sobre eventos comportamentais	Focaliza acontecimentos contemporâneos
Experimento	como, porque	sim	sim
Levantamento	quem, o que, onde, quantos, quanto	não	sim
Análise de arquivos	quem, o que, onde, quanto, quanto	não	sim / não
Pesquisa histórica	como, porque	não	não
Estudo de caso	como, porque	não	sim

(Fonte: COSMOS Corporation. *apud* YIN, 2005).

Com base na tabela 11 acima, pode-se justificar a escolha da estratégia de pesquisa análise de arquivos, que, segundo Yin (2005), é mais vantajosa quando o objetivo da pesquisa for de descrição de incidência ou predominância de um fenômeno ou, ainda, quando o mesmo for previsível diante de alguns resultados.

4.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa foi dividida em três etapas, conforme mostra a figura 7 abaixo.

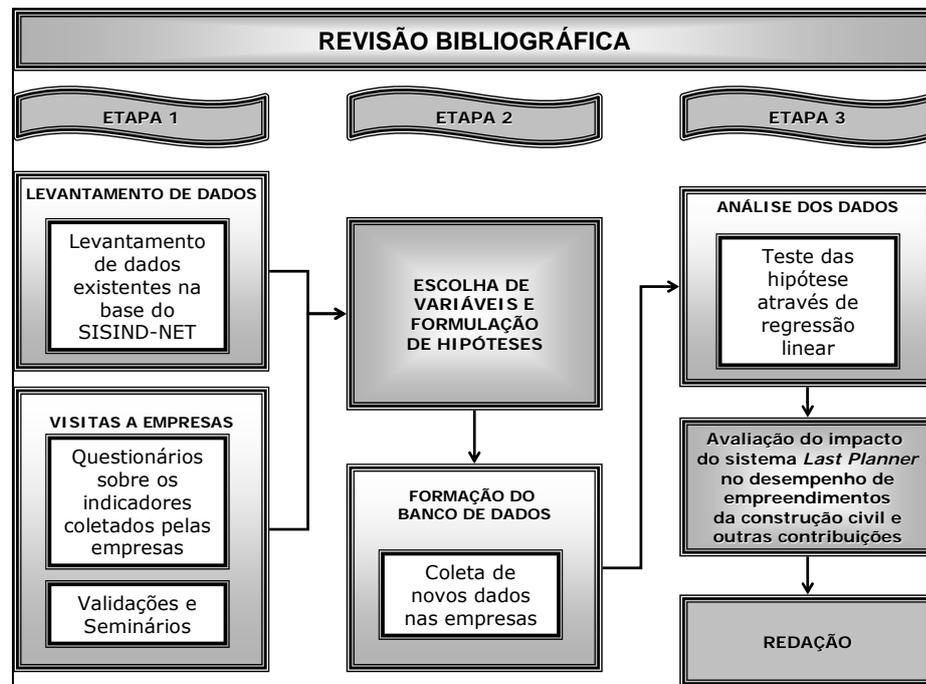


Figura 7: Delineamento da pesquisa

O trabalho começou com um levantamento de dados na base de dados do SISIND-NET, sendo feito, em paralelo, visitas a empresas de construção em que foram feitas validações e seminários para apresentação de resultados, bem como aplicações de questionários sobre potenciais dados para o presente trabalho. Num segundo momento, após a identificação dos principais dados disponíveis para a pesquisa, fez-se a escolha das variáveis e formulação de hipóteses. Em seguida, buscaram-se mais dados a respeito das variáveis selecionadas junto às empresas, possibilitando a montagem do banco de dados final.

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, que não se restringiram apenas à análise do impacto do *Last Planner* no desempenho de empreendimentos de construção. Finalmente partiu-se para a fase de redação da dissertação. Paralelamente às três etapas foi realizada uma revisão bibliográfica.

4.3.1 Etapa 1

No início desta etapa a autora desta dissertação foi introduzida ao sistema *on-line* do SISIND-NET, o que ocorreu no mês de agosto de 2006. Aos poucos a mesma foi atuando na manutenção do sistema, através da aprovação de formulários e obras cadastradas no mesmo. Ao longo do segundo semestre de 2006, a autora participou, também, de reuniões do Clube de *Benchmarking* para empresas de construção civil, realizado pelo NORIE/UFRGS.

No mês de março de 2007, fez-se um levantamento dos dados disponíveis na base de dados do SISIND-NET, a fim de avaliar a quantidade e qualidade dos mesmos, e também decidir sobre a necessidade da busca de dados adicionais. Esse levantamento foi feito através da utilização de filtros existentes no sistema *on-line*, que permitem selecionar formulários por quatro categorias: indicador, empresa, situação no sistema e nome da obra. Esse trabalho estendeu-se até meados do mês de abril de 2007.

No levantamento foram registrados: o número de empresas, de obras e formulários cadastrados no sistema. Cada formulário é preenchido pelo responsável da empresa, podendo ser mensal, semestral ou de coleta única,

referente à obra ou à empresa, dependendo do tipo de indicador a que se refere. Nessa etapa utilizou-se a análise através de gráficos de Pareto para identificar os principais indicadores e empresas presentes no sistema. Mais de 80% dos formulários aprovados referiam-se aos seguintes indicadores:

- a) percentual de planos concluídos (PPC);
- b) índice de boas práticas em canteiros de obras (IBP);
- c) avaliação de fornecedores de serviço;
- d) desvio de prazo (DP);
- e) número de não conformidades em auditorias.

O número total de obras registradas na época eram 152 e de empresas 50, ressaltando que nem todas as obras e empresas coletam todos os indicadores disponibilizados pelo SISIND-NET. A seguir, são apresentados alguns resultados desse levantamento de dados:

- a) existiam oito empresas ativas, ou seja, que estavam inserindo, à época do levantamento, dados no sistema. Estas eram responsáveis por mais de 80% dos formulários aprovados no mesmo;
- b) dentre essas oito empresas existiam 30 obras ativas (em andamento);
- c) além das obras ativas, existiam outras 94 concluídas;
- d) existia um total de mais de 1000 formulários aprovados;
- e) mais de 40% dos formulários aprovados eram de PPC;
- f) quase 30% dos formulários aprovados eram de IBP;
- g) o número de formulários era bem menor para os demais indicadores, sendo que nenhum ultrapassava 5% dos formulários aprovados.

Ainda no ano de 2006, a presente pesquisadora iniciou visitas de validação de dados em diversas empresas colaboradoras do SISIND-NET. Além da validação de dados, nessas visitas foram aplicados questionários para avaliar o

funcionamento do sistema *on-line* e também identificar potenciais indicadores para o presente trabalho que não estavam sendo inseridos na base de dados. Quatro empresas foram visitadas entre outubro de 2006 e junho de 2007, denominadas de A, B, C e D. Uma descrição resumida dessas empresas encontra-se na tabela 12 abaixo:

Tabela 12: Quadro resumo das empresas.

EMPRESA	A	B	C	D
Nicho de mercado	Incorporações residenciais e comerciais	Incorporações residenciais e comerciais	Obras industriais para clientes privados	Incorporações residenciais e comerciais
Porte	Grande	Pequeno	Médio	Grande
Cidades de atuação	Porto Alegre	Bento Golçalves	Porto Alegre e interior do estado	Porto Alegre
Foco da empresa	Empreendimentos residenciais verticais de padrão médio a alto, com mais de uma torre	Empreendimentos residenciais de padrão médio, prédios de universidades	Reformas de hospitais, obras industriais de grande porte, normalmente sem a paralisação das atividades.	Empreendimentos residenciais e comerciais de alto padrão

A empresa A é uma construtora e incorporadora da cidade de Porto Alegre que atua no setor de obras residenciais e comerciais. O principal foco da empresa é a construção de empreendimentos residenciais verticais, normalmente com mais de uma torre, de classe média a média-alta, caracterizados pela padronização e repetição das unidades residenciais. No mês de outubro de 2006, realizou-se um seminário nessa empresa, que vem desenvolvendo trabalhos em parceria com o NORIE/UFRGS há alguns anos. A partir desse seminário iniciou-se um trabalho de incentivo à inserção de dados no sistema *on-line*. A empresa A possuía um número muito grande de dados coletados, mas que não estavam sendo inseridos no sistema. Após esse seminário foram realizados dois treinamentos, um para os engenheiros e outro para os estagiários das obras, que passaram a ser os responsáveis pela inserção dos dados no sistema *on-line* a partir de então. Os dados anteriores a esse período, que estavam disponíveis na empresa, foram inseridos na base de dados pela presente pesquisadora.

No mês de novembro de 2006 foram realizadas, também na empresa A, visitas de validação de dados de índice de boas práticas em canteiros de obras em oito obras que estavam em andamento na época. Essa validação, a cada três meses, foi realizada em todas as obras da empresa que estivessem em andamento no mês em questão. No mês de março de 2007 a presente pesquisadora participou

de uma reunião de planejamento de curto prazo a fim de fazer uma validação de indicadores de PPC. No mês de junho de 2007, um novo seminário foi realizado em parceria com essa empresa, com o objetivo de apresentar resultados do levantamento de dados feitos nos sistema *on-line* e das validações, bem como incentivar a continuidade da inserção de dados.

A empresa B é uma construtora de pequeno porte da cidade de Bento Gonçalves, que atua no ramo comercial e residencial, principalmente na construção de edifícios residenciais de médio padrão e construções de prédios para universidades da região. No mês de dezembro de 2006 fizeram-se algumas análises em dados enviados por essa empresa com o objetivo de preparar uma visita de validação. Essa visita foi realizada no mês de janeiro de 2007.

A empresa C é uma construtora de médio porte que atua no ramo de obras comerciais e industriais para clientes privados, principalmente na cidade de Porto Alegre, mas também em outras cidades do estado do Rio Grande do Sul. A empresa atua em obras normalmente complexas, como reformas de hospitais e indústrias, e tem como peculiaridade a não interrupção das atividades por parte do cliente. No mês de janeiro de 2007 a presente pesquisadora visitou a sede da empresa para uma reunião com a engenheira responsável pelo envio de dados ao sistema *on-line*, que explicou sobre o funcionamento da coleta de indicadores na empresa, bem como sobre a rotina das reuniões de planejamento. No mês de janeiro de 2007 a autora participou de uma reunião de planejamento de curto prazo nessa empresa, apenas com o intuito de melhor entender como se dá o processo de planejamento da mesma. No mês de maio de 2007 fizeram-se novas vistas à empresa, em uma obra da cidade de Canoas, na qual se fez validações de PPC, com a participação em reuniões de planejamento de médio e curto prazos.

A empresa D é uma incorporadora da cidade de Porto Alegre que atua nos ramos residencial e comercial de alto padrão. No mês de março de 2007 a referida empresa solicitou uma visita da equipe do SISIND-NET a fim de obter auxílio na coleta de indicadores de índice de boas práticas de canteiros de obras. A autora participou de uma reunião na sede da empresa com dois engenheiros, esclarecendo dúvidas a respeito do processo de coleta dos indicadores.

Através dos questionários de avaliação do SISIND-NET, do levantamento de dados do sistema e do contato direto com as quatro empresas, além de contatos por *e-mail* com outras empresas participantes do projeto, foram identificados os indicadores que vinham sendo coletados pelas mesmas e que não eram inseridos na base de dados. Nesta oportunidade, buscou-se também incentivar a inserção de dados no SISIND-NET.

4.3.2 Etapa 2

A partir dos resultados da etapa 1, decidiu-se por buscar novos dados junto às empresas. Para tanto, primeiramente foram definidas as dimensões de desempenho a serem estudadas no presente trabalho, assim como as hipóteses que norteariam o mesmo e as respectivas variáveis. Num segundo momento buscou-se adquirir novos dados para aumentar o tamanho da amostra. A etapa de escolha de variáveis e formulação de hipóteses ocorreu no mês de julho de 2007.

Com base nos resultados da etapa anterior e nos objetivos e questões de pesquisa, foram escolhidos os seguintes indicadores para serem estudados neste trabalho:

- h) percentual de planos concluídos (PPC): conforme apresentado no capítulo 2, é medida de eficácia de sistemas de planejamento e controle da produção baseados no *Last Planner*;
- i) desvio de custo (DC): é uma medida de desempenho do empreendimento em termos de eficácia no controle de custos;
- j) desvio de prazo (DP): é uma medida de desempenho do empreendimento em termos de eficácia no controle de prazos;
- k) índice de boas práticas do planejamento e controle da produção (IBPPPCP): é uma medida da eficácia da empresa na adoção de boas práticas de sistemas de planejamento e controle da produção, baseados no *Last Planner*;
- l) índice de boas práticas em canteiros de obras (IBP): é uma medida de eficácia do planejamento e implementação de *layout* e instalações de canteiro de obras.

Alguns desses indicadores, como percentual de planos concluídos (PPC), desvio de custo (DC) e desvio de prazo (DP), vêm sendo amplamente utilizados tanto na indústria como em trabalhos acadêmicos. O índice de boas práticas de canteiros de obras (IBP) e o índice de boas práticas de planejamento e controle da produção (IBPPCP), por sua vez, têm tido uma aplicação mais limitada nos estudos desenvolvidos pelo NORIE/UFRGS. Entretanto, o primeiro vem sendo bastante difundido na indústria da construção regional, existindo dados que podem ser utilizados como comparação. Esses indicadores podem ser divididos em dois grandes de grupos:

- a) indicadores de desempenho do empreendimento: DC e DP;
- b) indicadores que avaliam o desempenho de processos gerenciais: PPC, IBP e IBPPCP.

Apenas a empresa C possuía dados do indicador IBPPCP, no entanto a lista de práticas usadas pela empresa foi adaptada da lista original de Bernardes (2001), sendo acrescentadas mais duas práticas. Como, para esse indicador, apenas dados da referida empresa foram analisados, optou-se por utilizar a lista com 16 práticas apresentadas na tabela 13, ao lado da lista original proposta por Bernardes (2001).

Tabela 13: Lista de boas práticas de PCP.

BERNARDES (2001)		Empresa C	
1	Padronização do PCP	1	O PCP é padronizado (planilhas padronizadas, reuniões em horário fixo, etc)?
2	Hierarquização do planejamento	2	O planejamento é hierarquizado (os planos são detalhados de acordo com o nível de incerteza)?
3	Análise e avaliação qualitativa dos processos	3	E realizada análise qualitativa e quantitativa dos processos (observações de campo, fotografias, etc) para reduzir perdas?
4	Análise dos fluxos físicos	4	Os fluxos físicos são analisados (através de LDs)?
5	Análise de restrições	5	E realizado o processo de análise e remoção de restrições?
6	Utilização de dispositivos visuais	6	São utilizados dispositivos de análise visual
7	Formalização do planejamento de curto prazo	7	O planejamento de curto prazo é formalizado?
8	Especificação detalhada das tarefas	8	Pacotes de trabalho bem definidos (ação, elemento e local)
9	Programação de tarefas reservas	9	São programadas tarefas reservas?
10	Tomada de decisões participativas	10	A tomada de decisão é participativa? Os mestres e principais fornecedores participam das decisões?
11	Utilização do PPC e identificação das causas dos problemas	11	E utilizado o PPC e a identificação das causas dos problemas para a tomada de decisão? Os principais intervenientes (fornecedores e equipes de produção) têm acesso?
12	Utilização de sistemas de indicadores de desempenho	12	São utilizados indicadores de desempenho?
13	Realização de ações corretivas a partir das causas dos problemas	13	São realizadas ações corretivas através das causas dos problemas? É utilizada a técnica dos 5 por ques?
14	Realização de reuniões para difusão das informações	14	São realizadas reuniões para difusão de informações? Os planos são divulgados as equipes de produção?
		15	Os processos chaves (gargalos da obra) são identificados? Este processos são analisados mais profundamente (por exemplo com linha de balanço, sincronia fábrica-obra, prototipagem, etc)?
		16	É utilizado um plano de ataque a obra (Zonas de trabalho, sequenciamento de execução, sistemas de transporte, estratégia de entrega, acessos a obra, etc)?

4.3.2.1 Escolha das hipóteses

As hipóteses definidas para o presente trabalho, relacionadas aos indicadores supracitados, são as seguintes:

- a) **hipótese 1:** quanto maior a eficácia do planejamento, medida pelo percentual de planos concluídos (PPC), menor tende a ser o desvio de custos da obra;
- b) **hipótese 2:** quanto maior a eficácia do planejamento, medida pelo percentual de planos concluídos (PPC), maior tende a ser o cumprimento dos prazos da obra;
- c) **hipótese 3:** a implementação de boas práticas de PCP (Planejamento e Controle da Produção) medidas pelo indicador de índice de boas práticas de PCP (IBPPCP) influencia positivamente a eficácia dos planos produzidos, medida através do PPC;

d) **hipótese 4:** 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).

4.3.2.2 Definição das análises

Com base nas hipóteses escolhidas, definiram-se as análises a serem feitas no presente trabalho:

- a) análise 1a: desvio de custo mensal x PPC médio mensal;
- b) análise 1b: desvio de custo mensal x causas;
- c) análise 2a: desvio de prazo mensal x PPC médio mensal;
- d) análise 2b: desvio de prazo mensal x causas;
- e) análise 3a: PPC médio mensal x boas práticas de PCP;
- f) análise 3b: causas x boas práticas de PCP;
- g) análise 4a: PPC médio mensal x índice de boas práticas de canteiro de obras mensal;
- h) análise 4b: causas x índice de boas práticas de canteiro de obras mensal.

A primeira análise (1a) teve o objetivo de avaliar a influência da eficácia do planejamento, medida pelo PPC no desempenho do empreendimento quanto ao custo. Num segundo momento (análise 1b), buscou-se analisar a influência das causas de não cumprimento dos planos semanais no desvio de custos dos empreendimentos.

As análises 2a e 2b tiveram por objetivo avaliar as relações existentes entre o PPC e as causas de não cumprimento de tarefas no desempenho dos empreendimentos no cumprimento dos prazos, respectivamente, sendo o desvio de prazo a variável dependente.

A análise 3a foi realizada para avaliar a influência das boas práticas de PCP na eficácia do planejamento. Num segundo momento (análise 3b) buscou-se

entender como essas práticas contribuem para a maior ou menor incidência das causas de não cumprimento dos planos semanais de trabalho.

Por fim, as análises 4a e 4b tiveram como propósito analisar a influência das boas práticas de canteiros de obras no PPC, bem como na incidência de causas de não cumprimento das tarefas, respectivamente.

Com base nos indicadores, hipóteses e análises acima citados, foram realizadas visitas às empresas participantes do SISIND-NET, para coletar dados de desvio de custo, desvio de prazo e boas práticas de planejamento e controle da produção. Essas visitas ocorreram no mês de agosto de 2007.

4.3.2.3 Formação do banco de dados

Ainda no mês de agosto de 2007, deu-se início à montagem do banco de dados final utilizado na presente dissertação, concluída no mês seguinte. Essa etapa contou com a ajuda de um auxiliar de pesquisa do NORIE/UFRGS.

Inicialmente foram exportados da base do SISIND-NET os dados de PPC e IBP, através de uma ferramenta do sistema *on-line*, que permite exportar os dados em formato MS Excel[®]. Os dados de PPC são exportados por semana, constando o número de pacotes planejados, o número de pacotes 100% concluídos, o número de pacotes não concluídos, o PPC e a incidência de cada uma das causas do não cumprimento dos planos. Uma dificuldade encontrada nesta etapa foi que a planilha de exportação gerava uma linha para cada uma das causas ocorridas na semana, havendo para cada semana mais de uma linha na planilha. Outra dificuldade enfrentada era que o IBP gerava uma planilha em que cada linha correspondia a um mês, enquanto que na planilha gerada pelo PPC cada linha representava uma semana. Como o objetivo era gerar um banco de dados único, sendo cada linha um caso do banco de dados, optou-se por estruturá-lo a partir de indicadores mensais das obras.

Dessa forma, adaptações na planilha MS Excel[®] gerada pela exportação dos dados de PPC do SISIND-NET tiveram que ser feitas. Primeiramente os números de incidência das causas foram transpostos de linhas para colunas, de forma que para cada semana na planilha ficassem todos os dados representados em apenas uma linha. Nessa fase foram detectadas algumas discrepâncias entre o número

de causas não cumpridas e o somatório de incidências das causas. Algumas delas puderam ser corrigidas através da consulta aos formulários correspondentes na base do sistema *on-line*. As demais foram mantidas da maneira que estavam.

Um segundo passo no ajuste dos dados de PPC foi calcular a média das quatro ou cinco semanas de cada mês, conforme o caso, e calcular o somatório das incidências das causas de não cumprimento das tarefas, permitindo, dessa forma, que os dados ficassem agrupados em cada linha conforme o caso definido para o banco de dados (por mês de cada obra).

O passo seguinte na montagem do banco de dados foi juntar as planilhas de PPC e IBP numa única planilha MS Excel[®]. Após, classificou-se os dados por período (mês/ano). Para aqueles meses das obras que tinham registros de ambos os indicadores, havia duas linhas, cada uma proveniente da exportação das respectivas planilhas. O passo seguinte foi agrupar esses dados correspondentes às mesmas obras e mesmo mês em apenas uma linha, para que não se perdesse a peculiaridade do caso do banco de dados. Esse trabalho foi feito manualmente, com o apoio de um auxiliar de pesquisa.

Os dados de desvio de custo e desvio de prazo foram obtidos das empresas A e C. Não houve a possibilidade de coletar mais dados de desvio de custo devido à dificuldade de se conseguir a liberação dos mesmos por parte da gerência das empresas. A empresa A chegou a disponibilizar tais dados, mas eles eram calculados de uma maneira diferente da empresa C, que utilizava o procedimento sugerido pelo SISIND-NET, o que inviabilizou a realização de comparações entre ambas. Por esse motivo os dados da empresa A não foram considerados nesta análise. Pelo fato de haver poucos registros desses indicadores na base do sistema *on-line*, e também por esses serem de registro único ao final da obra, optou-se por utilizar apenas os registros coletados diretamente na empresa.

O cálculo do desvio de prazo na empresa A era feito de forma distinta da fórmula utilizada pelo SISIND-NET, fórmula essa utilizada também pela empresa C. Dessa forma foi necessário recalcular o DP da empresa A. Como havia dados desmembrados de prazo previsto e prazo realizado nos registros da empresa, esse cálculo foi realizado com facilidade.

Ao final dessa adaptação, agregaram-se esses indicadores à base de dados do trabalho, através da adição de novas colunas à planilha, tomando-se o cuidado de acrescentar os dados aos casos já existentes ou de criar novos casos quando ainda não houvesse registro da obra e do mês em questão.

Por último, apenas na empresa C, obtiveram-se registros mensais das boas práticas de planejamento e controle da produção. Esses dados também foram acrescentados à base de dados sendo adicionada uma coluna para cada uma das práticas, e mais uma para o IBPPCP.

Assim, o banco de dados completo ficou composto por 96 colunas, ou seja, 96 variáveis, na seguinte ordem:

- a) período;
- b) empresa;
- c) obra;
- d) nicho;
- e) IBP e subitens (totalizando 33 colunas);
- f) número de pacotes planejados;
- g) número de pacotes 100% concluídos;
- h) número de pacotes não concluídos;
- i) PPC médio mensal;
- j) causas do PPC (totalizando 36 colunas);
- k) DC;
- l) DP;
- m) IBPPCP e as 16 práticas (totalizando 17 colunas).

4.3.3 Etapa 3

No início da etapa 3 exportou-se o banco de dados completo para o software SPSS^{®23} e fez-se a devida caracterização das variáveis no programa.

O primeiro passo dessa etapa foi fazer uma transformação das variáveis para que todas ficassem na mesma escala a fim de que se pudessem fazer as análises. A escala escolhida como padrão foi de zero a dez. O índice de boas práticas prescindiu de adaptações, uma vez que tanto o IBP quanto seus subítemos já estavam nessa escala no banco de dados original. A transformação de PPC foi simples, visto que ele estava em escala de 0 (zero) a 100, necessitando apenas dividir por dez para ficar na escala desejada. O mesmo procedimento foi adotado para o IBPPCP; os índices referentes às 16 práticas separadamente necessitaram ser multiplicadas por dez para assumir a escala definida.

Os indicadores de desvio de custo e desvio de prazo requereram uma transformação mais complexa por serem representados por um percentual que pode assumir valores negativos ou positivos. Para o desvio de custo 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. Dessa forma, se fez uma regra de três inversa para que o valor zero correspondesse à pior situação e o valor dez à melhor situação. Então o novo valor de desvio de custo foi calculado pela seguinte fórmula:

$$DC^* = \frac{(DC\% - 68,09\%)}{(-16,809\%)} \quad (9)$$

Da mesma maneira o desvio de prazo foi calculado. Como os valores mínimo e máximo para esse indicador eram, respectivamente, -45,83% e 600,00% a equação de transformação ficou a seguinte:

$$DP^* = \frac{(DP\% - 600,00\%)}{(-64,583\%)} \quad (10)$$

²³ SPSS[®]: *Statistical Package for the Social Sciences*, software para análises estatísticas.

A tabela 14 abaixo caracteriza a base de dados quanto à quantidade de dados existentes.

Tabela 14: caracterização da base de dados.

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
IBPPCP	1	31	202

Foi adotada a mesma classificação de Bortolazza (2006), que classificou as obras em quatro nichos de mercado:

- a) incorporações residenciais ou comerciais;
- b) obras industriais e comerciais para clientes privados;
- c) obras públicas diversas;
- d) obras de habitação de interesse social.

A seguir, a tabela 15 mostra cada uma das variáveis do banco de dados e sua classificação quanto ao tipo, bem como a escala final utilizada nas análises.

Tabela 15: Variáveis quanto ao tipo e escala.

Variável	Tipo	Escala
Período	métrica	[jul/02;set/07]
Empresa	categórica	-
Obra	categórica	-
Nicho	categórica	-
IBP e subitens	métrica	[0;10]
Nº pacotes planejados	métrica	[0;∞)
Nº pacotes 100% concluídos	métrica	[0;∞)
PPC médio mensal	métrica	[0;10]
Causas	métrica	[0;∞)
Desvio de Custo	métrica	[0;10]
Desvio de Prazo	métrica	[0;10]
IBPCPC e práticas	métrica	[0;10]

4.3.3.1 Análise de dados

4.3.3.1.1 Caracterização da base

Esta etapa iniciou-se pela caracterização da base quanto às medidas de tendência central e de dispersão das variáveis. Foram gerados gráficos para análise visual das variáveis, de forma geral e separada por nicho de mercado.

As medidas utilizadas nesta fase foram: valor mínimo, valor máximo, primeiro e terceiro quartis, média, mediana e desvio padrão. O primeiro quartil representa o valor da amostra para o qual um quarto dos valores está abaixo dele; a mediana é o ponto central, ou seja, metade das observações está abaixo desse valor e metade está acima; e o terceiro quartil é o valor para o qual três quartos das observações estão abaixo dele (DOWNING; CLARK, 2005). O desvio padrão, segundo esses mesmos autores, é a raiz quadrada da variância, que é uma medida de dispersão que mede a distância média de cada número em relação à média.

4.3.3.1.2 Análise de observações atípicas

O passo seguinte foi a análise das observações atípicas. Segundo Hair *et al.* (2005) existem quatro causas para a ocorrência dessas observações:

- a) classe 1: erro de procedimento ou entrada de dados;
- b) classe 2: resultado de um evento extraordinário que pode ser explicado por uma certa peculiaridade;
- c) classe 3: resultado de um evento extraordinário sem explicação;
- d) classe 4: valores que são combinações de outras variáveis, mas a combinação foi feita de forma errada.

No banco de dados foram identificados alguns valores atípicos. Quanto à classe 1 observaram-se poucos valores que apresentassem essa característica, tais como valores de PPC maiores que 100%. Essa identificação foi feita na etapa de montagem do banco de dados e a grande maioria pode ser corrigida através da consulta aos formulários do SISIND-NET. Aqueles valores que não puderam ser corrigidos foram eliminados, conforme sugerem Hair *et al.* (2005).

Para as observações atípicas de classe 2 foram identificados alguns valores de desvio de custo e desvio de prazo que, no ponto de vista da pesquisadora, podem ser explicadas por algumas peculiaridades do tipo de obra a que se referiam. Segundo Hair *et al.* (2005), é facultativa ao pesquisador a manutenção da observação na amostra. Dessa forma optou-se por manter os dados.

Não foram encontradas neste trabalho observações atípicas de classe 3. Quanto às observações atípicas de classe 4, excetuando-se os casos que já haviam sido corrigidos na montagem do banco de dados, verificou-se que, das 512 observações de PPC e causas de não cumprimento, em 8,8% delas (45 observações) o somatório dos registros das causas não conferia com o número de pacotes de trabalho não concluídos. Para esse caso Hair *et al.* (2005) sugerem que se mantenham as observações, a não ser que exista alguma evidência específica para desconsiderar as mesmas. Dessa forma a pesquisadora optou por manter as observações atípicas de classe 4.

4.3.3.1.3 Tamanho da amostra

Segundo Hair *et al.* (2005) o tamanho da amostra define o poder de uma análise estatística, sendo o mesmo definido como a probabilidade de rejeitar de forma correta a hipótese nula quando essa é falsa, encontrando a relação correta quando ela é existente. Os mesmos autores também afirmam que o tamanho de amostra ideal para cada estudo depende do tamanho do efeito adotado, do nível de significância e do poder desejado para tal análise. Para um tamanho de efeito moderado e um nível de significância $\alpha=0,05$, para atingir o nível satisfatório de poder de 80% seria necessário um tamanho de amostra por volta de 70 casos. No presente trabalho nem todas as análises obtiveram tamanho de amostra maior ou igual a 70. Nesses casos o poder da análise estatística foi menor que 80%.

4.3.3.1.4 Definição da técnica a utilizar

Para a escolha da técnica multivariada, seguiu-se a seqüência de decisões proposta por Hair *et al.* (2005), apresentada na figura 8. Seguindo-se o diagrama, no primeiro ponto de decisão está se examinando uma relação de dependência. No segundo ponto de decisão, está se analisando uma variável dependente em uma única relação. E, por fim, no terceiro ponto de decisão a escala de medidas da variável dependente em cada caso é métrica, chegando à opção da regressão múltipla ou análise conjunta. Foi escolhida a técnica da regressão múltipla, por essa técnica já ter sido utilizada pela literatura da área, permitindo que se façam comparações.

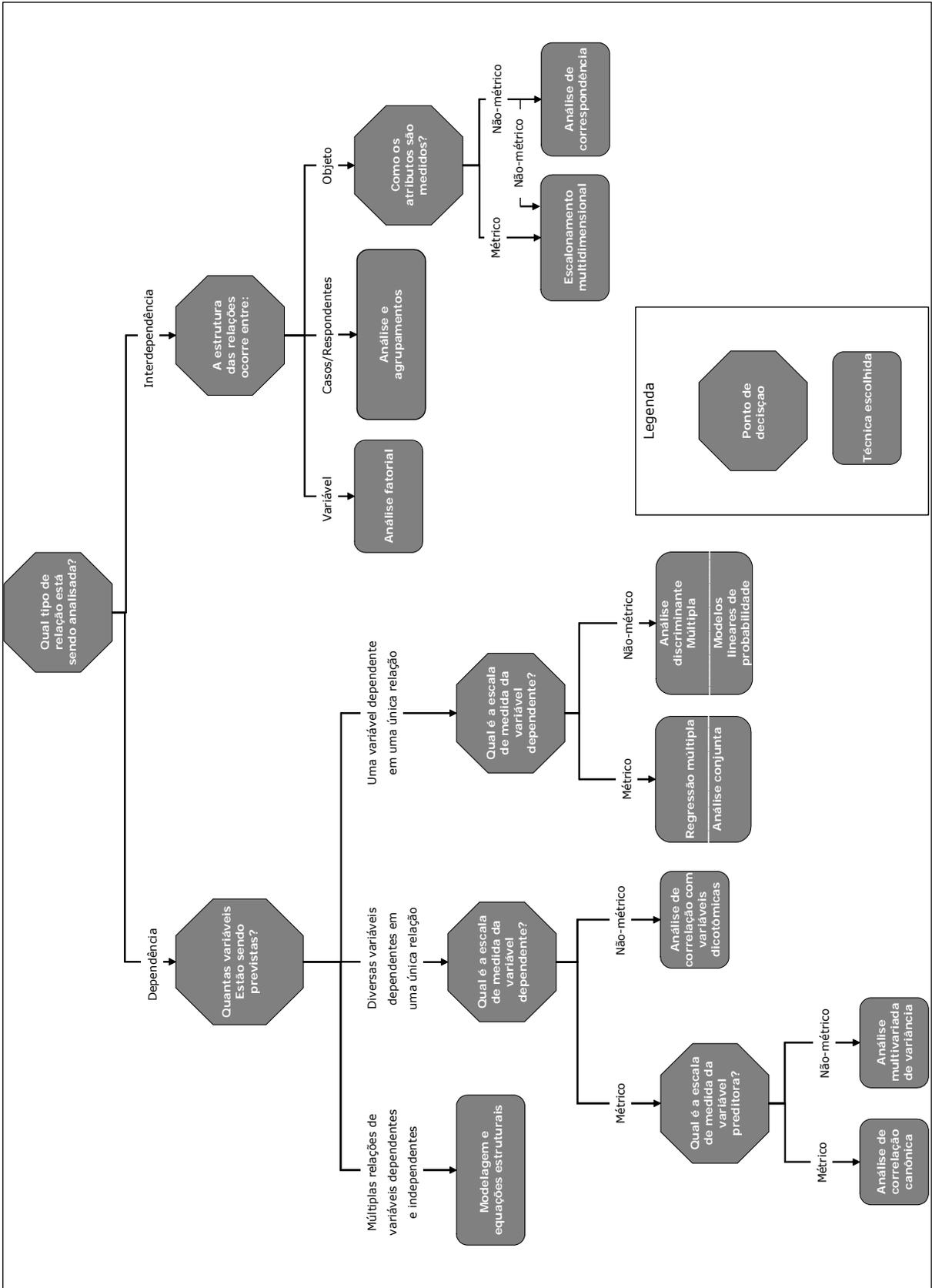


Figura 8: Diagrama de seleção de técnica multivariada (adaptado de Hair *et al.*, 2005)

4.3.3.1.5 Regressão Linear

Antes de dar início às regressões lineares buscou-se analisar a correlação entre as variáveis, de acordo com as análises acima citadas. A correlação avalia diretamente o grau de relacionamento entre duas variáveis (DOWNING; CLARK, 2005). Para o presente trabalho foi utilizada a correlação de Pearson. O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida de associação linear.

Inicialmente analisou-se a correlação das cinco variáveis principais entre si duas a duas (PPC, IBP, DC, DP e IBPPCP). Após essa etapa partiu-se para a etapa de regressões.

A análise de regressão é uma técnica estatística que pode ser usada para descobrir a relação entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes (HAIR *et al.*, 2005). No caso de uma única variável independente é chamada de regressão simples e para mais de uma variável independente regressão múltipla (DOWNING; CLARK, 2005). O objetivo principal, segundo Hair *et al.* (2005), é poder, através das variáveis independentes, cujos valores são conhecidos, prever o valor da variável dependente em questão.

No presente trabalho, para as análises citadas anteriormente, ficaram definidas as seguintes variáveis dependentes:

- a) análise 1: desvio de custo;
- b) análise 2: desvio de prazo;
- c) análise 3: PPC e causas;
- d) análise 4: PPC e causas.

Como resultado da regressão, são atribuídos pesos para as variáveis independentes, os quais significam a contribuição relativa de cada uma das delas na predição da dependente (HAIR *et al.*, 2005). O produto de uma regressão é a chamada equação de regressão ou reta de regressão, representada pela equação a seguir:

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n \quad (11)$$

onde β_0 é o intercepto e $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ os coeficientes de regressão.

A avaliação da precisão dessa equação de regressão, segundo Hair *et al.* (2005) é feita através da soma de quadrados de erros e, através do método dos mínimos quadrados, podem-se estimar os valores dos coeficientes de forma que a soma dos quadrados dos erros seja minimizada.

Outro parâmetro importante na análise de regressão, por avaliar a precisão da previsão, é o coeficiente de correlação (r), que descreve a relação entre duas variáveis (HAIR *et al.*, 2005). Segundo o autor, para equações com mais de uma variável independente, o coeficiente de determinação (R^2) representa o efeito combinado de toda variável estatística da previsão. O R^2 representa a força da relação, ou seja, que porcentagem da variável dependente é explicada pelas independentes.

5 RESULTADOS

O presente capítulo apresenta os resultados das análises feitas nos dados desta dissertação. Os dados são provenientes de 119 obras registradas no sistema *on-line* do SISIND-NET, executadas entre os anos de 2002 e 2007. Além da caracterização da base de dados, são apresentados e discutidos os resultados obtidos, sendo esses comparados a trabalhos anteriores apresentados na literatura. Por fim, é avaliado o impacto dos indicadores do processo de planejamento e controle da produção no desempenho de empreendimentos da construção civil e são analisados os fatores que afetam a eficácia desse processo.

5.1 CARACTERIZAÇÃO POR NICHOS DE MERCADO

Conforme citado anteriormente, os casos constantes do banco de dados foram classificados em quatro segmentos de mercado:

- a) incorporações residenciais ou comerciais: geralmente são obras verticais com mais de três pavimentos, possuindo um pavimento tipo;
- b) obras industriais e comerciais para clientes privados: têm como característica serem bastante variadas, com peculiaridades específicas nas diferentes obras, alta interferência do cliente e curto prazo de execução;
- c) obras públicas diversas: obras de natureza variada contratadas por órgãos públicos;
- d) obras de habitação de interesse social: são obras normalmente financiadas ou contratadas por órgãos públicos, tendo como tipologia casas, sobrados e edificações com no máximo cinco pavimentos; caracterizando-se pela repetitividade das unidades habitacionais.

Os dados classificados por nichos de mercado e também o total quanto ao número de empresas, obras e casos estão apresentados na tabela 16.

Tabela 16: resumo dos dados por nicho de mercado quanto ao número de empresas, obras e casos.

	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%.

Como se pode observar na tabela 16, a grande maioria (mais de 80%) dos dados concentra-se nos nichos de mercado de incorporações residenciais ou comerciais e obras industriais e comerciais para clientes privados, sendo a maioria das obras (46,22%) pertencentes a esse último nicho.

5.2 CARACTERIZAÇÃO POR VARIÁVEIS

Após a classificação das obras em nichos de mercado, partiu-se para a caracterização por variáveis. Na tabela 17 abaixo são apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis citadas. Para cada caso (mês de uma obra) existe pelo menos um dos indicadores citados. Para os indicadores que não havia dados disponíveis, em cada caso, caracteriza-se um dado faltante.

Tabela 17: estatística descritiva das principais variáveis.

	PPC	DC	DP	IBPPCP	IBP
Dados válidos	512	181	242	202	375
Dados faltantes	356	687	626	666	493
Média	7,51	4,05	8,76	7,90	7,90
Desvio padrão	1,44	0,97	1,14	1,21	1,33
CV	19,13%	24,05%	13,01%	15,28%	16,84%
Mínimo	2,21	0,00	0,00	1,56	2,80
1º quartil	6,62	3,73	8,49	7,50	7,40
Mediana	7,60	4,05	9,28	8,13	8,20
3º quartil	8,68	4,25	9,29	8,75	8,90
Máximo	10,00	10,00	10,00	9,69	9,80

5.2.1 Percentual de Planos Concluídos (PPC)

A amostra desse indicador é composta por 512 casos, de 75 obras, pertencentes a 19 empresas. A figura 9 abaixo apresenta a distribuição de freqüências da variável PPC.

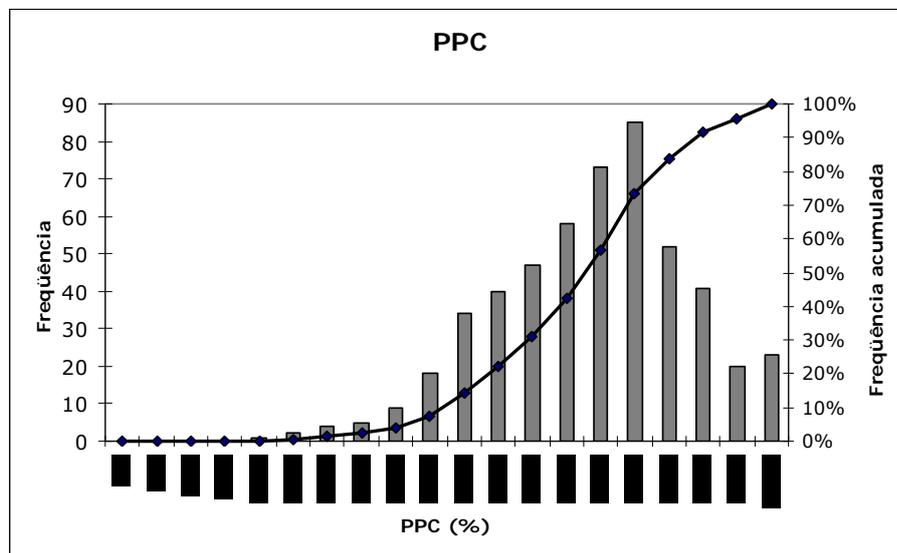


Figura 9: distribuição de frequências de PPC.

Conforme a figura 9, a distribuição de PPC é assimétrica, o que limita a análise dos dados.

A figura 10 abaixo apresenta as estatísticas básicas de PPC para cada um dos nichos de mercado.

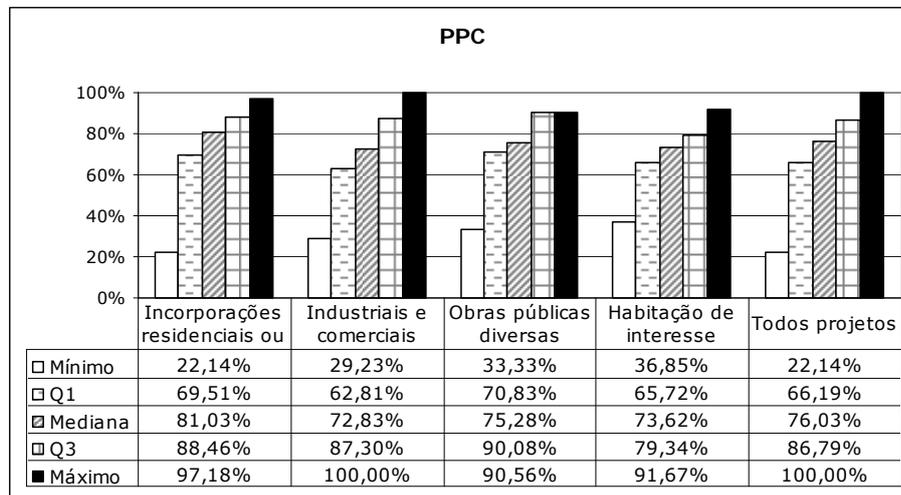


Figura 10: estatísticas de PPC por nichos de mercado

Para fins de comparação de valores com os dados de Bortolazza (2006), calcularam-se as estatísticas de PPC para os casos do banco de dados deste trabalho do ano de 2006 em diante, visto que as análises do referido autor compreendiam dados entre os anos de 1996 e 2005, evitando-se assim sobreposições. Na tabela 18 abaixo se encontram esses valores.

Tabela 18: comparação de valores de PPC: Bortolazza [1996-2005] e Moura [2006-2007]

	PPC total		Incorporações Residenciais ou Comerciais		Obras industriais e comerciais para clientes privados		Obras públicas diversas		Obras de habitação de interesse social	
	BORTOLAZZA	MOURA	BORTOLAZZA	MOURA	BORTOLAZZA	MOURA	BORTOLAZZA	MOURA	BORTOLAZZA	MOURA
Média	70,58%	75,70%	68,04%	81,44%	72,50%	70,72%	69,01%	85,88%	68,90%	72,28%
Desv. Pad.	11,74%	13,24%	12,71%	11,87%	9,92%	13,59%	15,85%	6,62%	13,42%	9,74%
CV	16,63%	17,49%	18,67%	14,58%	13,68%	19,21%	22,97%	7,71%	19,48%	13,47%
Obras	141	52	36	18	74	25	10	1	21	8

Analisando a tabela acima se percebe uma diferença considerável, principalmente no nicho de incorporações residenciais ou comerciais, o que pode caracterizar uma mudança no perfil da amostra.

A seguir, calculou-se o PPC médio das quatro principais empresas que participaram deste trabalho. A empresa C, que é a única das quatro atuante no mercado de obras industriais para clientes privados, possui um PPC médio relativamente menor do que as demais, que possuem obras, em sua grande maioria, de incorporação. Isso pode ser um indicativo de que, para obras industriais, que normalmente são complexas, haja uma tendência de um PPC mais baixo do que para obras de incorporação.

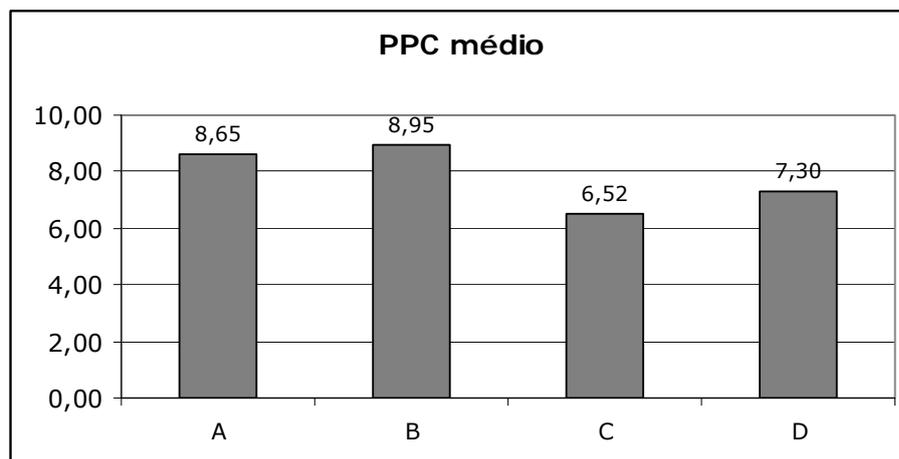


Figura 11: PPC médio das principais empresas.

5.2.2 Causas de não cumprimento das tarefas

Quanto às causas de não cumprimento das tarefas, a figura 12 abaixo mostra as porcentagens de ocorrências dos oito grupos de causas.

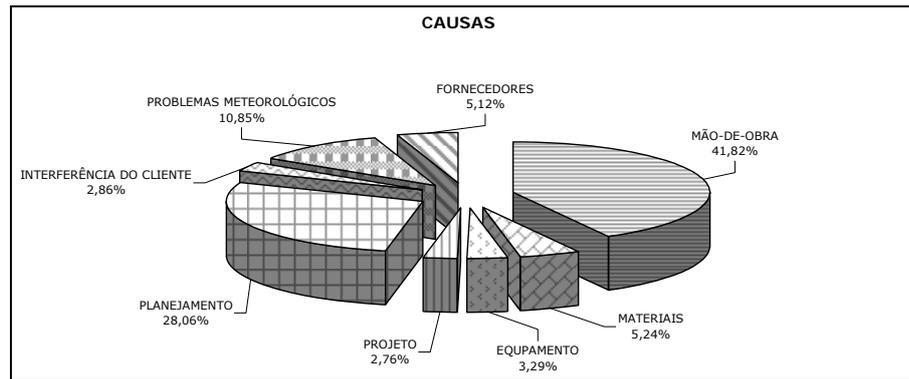


Figura 12: distribuição das causas de não cumprimento das tarefas por grupos.

As causas com maior número de ocorrência são as do grupo de mão-de-obra e as do grupo de planejamento.

Igualmente para as causas de não cumprimento, para fins de comparação com os valores apresentados por Bortolazza (2006), utilizaram-se apenas as ocorrências do ano de 2006 em diante.

A figura 13 abaixo mostra um comportamento semelhante para ambos os casos, existindo uma diferença relativamente alta, de aproximadamente dez pontos percentuais, apenas nas causas relativas à mão-de-obra. No entanto, é importante ressaltar que a ordem de maior ocorrência é a mesma para as três principais causas: mão-de-obra, planejamento e problemas meteorológicos. As demais causas têm valores muito parecidos para ambas as amostras. Dessa forma, identifica-se uma consistência dos dados referentes às causas do não cumprimento dos pacotes de trabalho em ambos os grupos de obras.

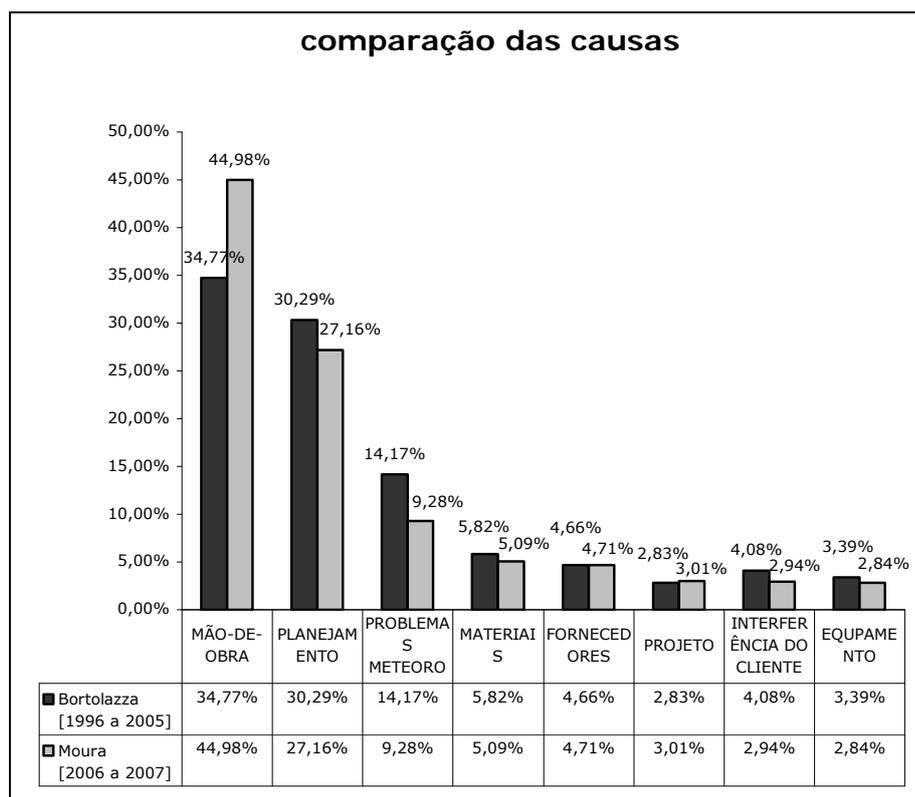


Figura 13: comparação entre autores do valores de causas de não cumprimento dos planos semanais.

Outra análise importante é feita em problemas de origem interna (somatório das causas mão-de-obra, materiais, equipamento, projeto e planejamento) e externa (interferência do cliente, problemas meteorológicos e fornecedores).

Na comparação dos dados de Bortolazza (2006) e do presente trabalho, apresentados na figura 13, as causas de origem interna somaram, respectivamente, 77,1% e 83,08%. As causas externas, por sua vez, somaram 22,9% e 16,92%. Apesar da diferença entre os valores, mantém-se o padrão de haver uma parcela substancialmente maior de causas internas em relação às externas.

A figura 14 abaixo mostra a ocorrência percentual das causas de não cumprimento dos pacotes de trabalho, para a base de dados completa.

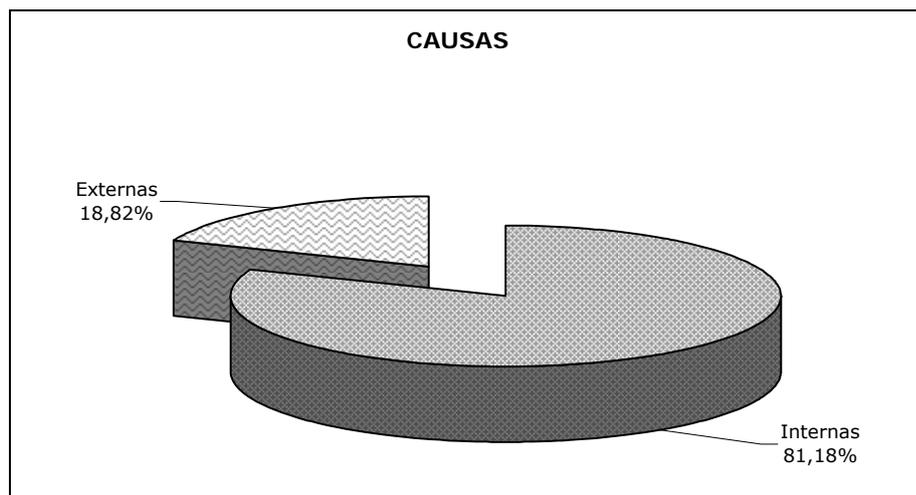


Figura 14: distribuição das causas de não cumprimento das tarefas para amostra total.

A elevada parcela de causas de origem predominantemente interna caracteriza um grande potencial de melhoria por parte da equipe envolvida no processo de planejamento e controle. Segundo Neves, Coelho e Formoso (2002), espera-se que, com o passar do tempo, haja uma evolução no sentido de diminuir os problemas de natureza interna e aumentar a parcela de problemas de natureza externa.

Apesar de haver diferenças em relação aos dados do Brasil, em estudos realizados em outros países, como o de Botero e Alvarez (2005), na Colômbia, os problemas internos também são predominantes. Esses autores citam que 63% dos problemas são internos e apenas 37% de problemas de natureza externa. Ballard (1997b), em um estudo realizado com uma equipe de um empreiteiro nos Estados Unidos, relatou ser mais de 80% das causas de não cumprimento de origem interna.

Esse comportamento identifica, ainda, a necessidade de aprendizagem em relação ao processo de PCP nas empresas, já que a elevada parcela de problemas de natureza interna indica a existência de oportunidades de melhoria que dependem predominantemente da empresa construtora (Neves, Coelho e Formoso, 2002).

5.2.3 Desvio de Custo (DC)

Os dados de DC utilizados neste trabalho são referentes apenas à empresa C, e totalizam 181 casos pertencentes a 28 obras. O desvio de custo possui a média de 0,07%. Esse valor na escala transformada ficou em 4,05, bem abaixo da média das demais variáveis. Isso se deve a três observações com valores muito acima das demais, que não foram retiradas da amostra por não haver evidências de erro nas mesmas que justificassem sua exclusão. Na figura 15 abaixo se encontra um histograma de distribuição do DC.

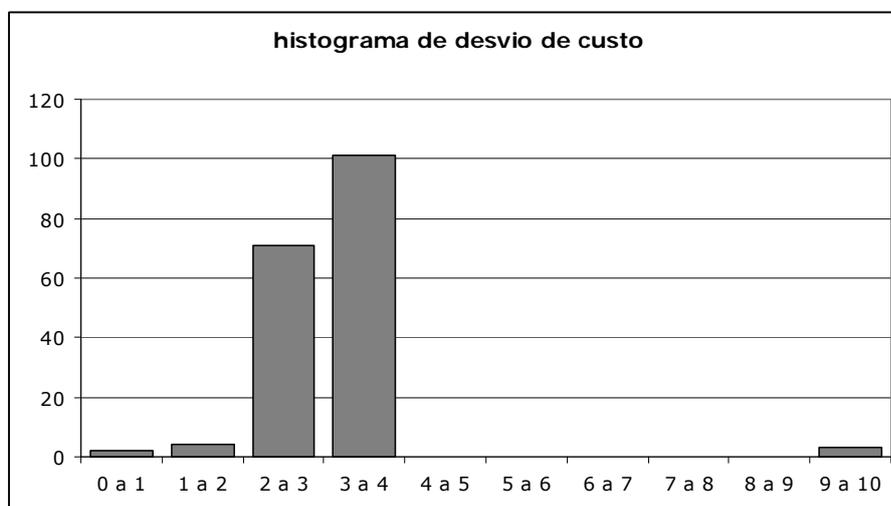


Figura 15: histograma da distribuição do desvio de custo acumulado na empresa C.

Devido ao fato de que os valores de desvio de custo terem registros cumulativos, apresenta-se na figura 16 abaixo um gráfico com os valores finais por obra.

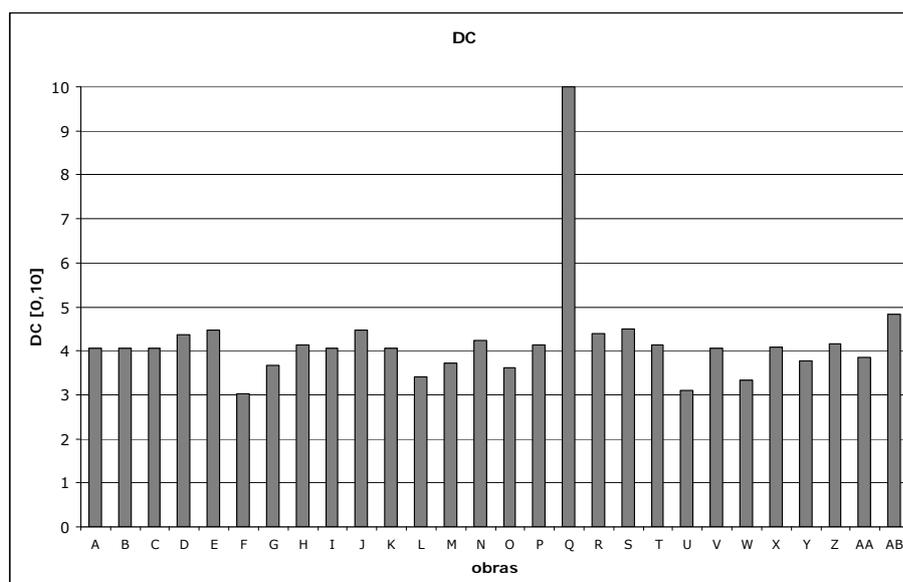


Figura 16: desvio de custo acumulado final por obra da empresa C.

O valor médio dos valores finais por obra, na escala de zero a dez foi de 4,21. Esse valor corresponde a um desvio de custo de -2,59% na escala não transformada, o que significa que essas obras tiveram um ganho percentual maior do que previsto inicialmente. No entanto, observa-se na obra Q um comportamento completamente atípico em relação às demais. Dessa forma, considerando-se a mediana das obras 4,05 na escala de zero a dez, correspondendo ao valor -0,07% na escala não transformada, o que é muito próximo de zero, indicando que as obras em questão estão muito próximas do cumprimento dos custos planejados.

Alarcón *et al.* (2001) citam que, em um trabalho realizado em empresas chilenas, o desvio de custo médio era de -3,6%. Nesse trabalho foram analisados 34 empreendimentos entre edifícios e obras industriais. Comparativamente ao presente trabalho, as obras chilenas apresentaram, no geral, uma variação muito menor nos valores de DC, ficando entre -25% e 15%, enquanto que neste trabalho os valores variam de -100% a 17,16%. Uma vez que o trabalho de Alarcón *et al.* (2001) é referente a obras de sete empresas e este de apenas uma, era de se esperar que aquele tivesse uma variabilidade maior.

5.2.4 Desvio de Prazo (DP)

O desvio de prazo foi disponibilizado pelas empresas A e C, e constitui uma amostra de 242 casos referentes a 36 diferentes obras. Na figura 17 encontra-se um histograma desse indicador cuja mediana é 1,42% (correspondente ao valor 9,27 na escala transformada).



Figura 17: histograma da distribuição do desvio de prazo acumulado para as empresas A e C.

Na tabela 19 abaixo se apresentam as estatísticas separadas para as duas empresas para o desvio de prazo acumulado, sendo a empresa C responsável por mais de 70% da amostra de DP.

Tabela 19: Estatística descritiva de desvio de prazo por empresa.

DP	Empresa A	Empresa C
Nº casos	69	173
nº obras	7	29
Média	9,29	8,55
Mediana	9,29	8,95
Mínimo	9,24	0,00
Máximo	9,32	10,00

A seguir, nas figuras 18 e 19 são apresentados os valores de DP acumulado (baseados no último registro de cada obra) em ordem cronológica para as empresa A e C, respectivamente.

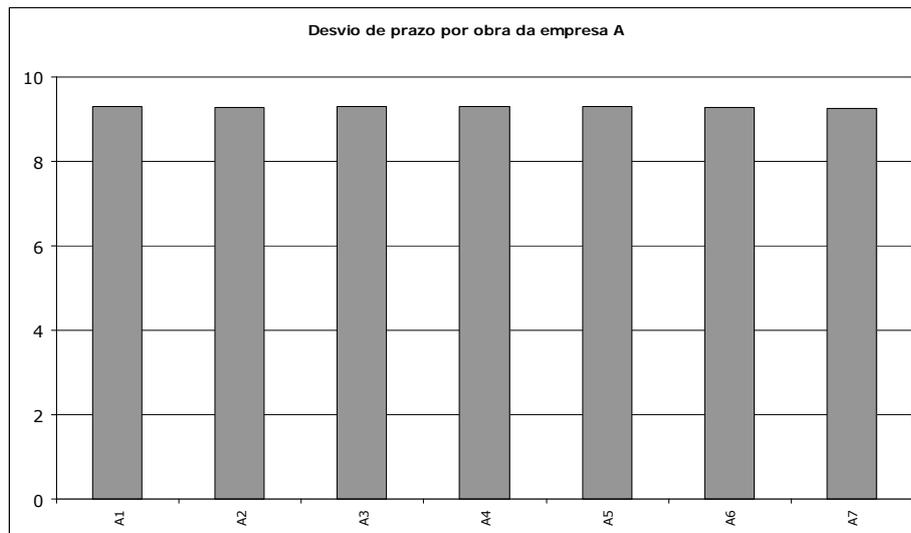


Figura 18: valores de desvio de prazo acumulado por obras das empresas A.

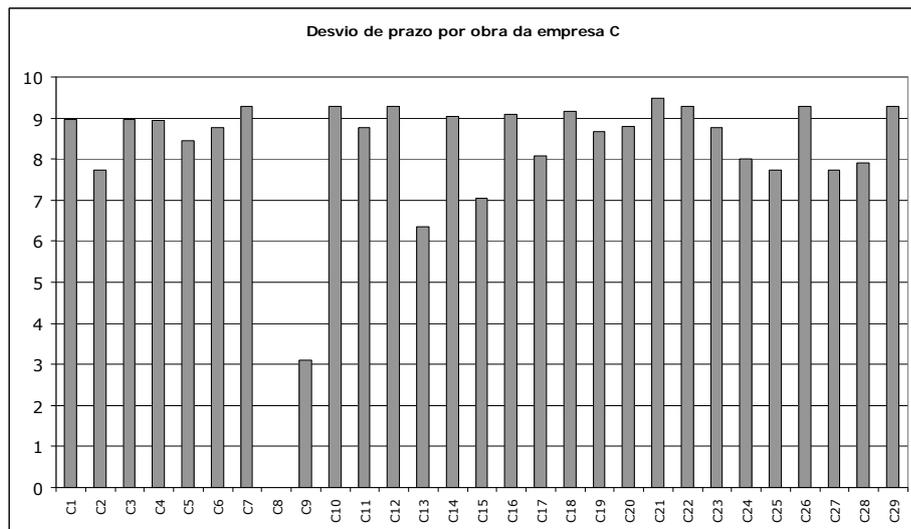


Figura 19: valores de desvio de prazo acumulado por obras das empresas C.

5.2.5 Índice de Boas Práticas de Planejamento e Controle da Produção (IBPPCP)

Esse indicador foi fornecido apenas pela empresa C, sendo que a amostra é composta por 202 casos de 31 obras. A tabela 20 apresenta os valores médios, mínimo e máximo para cada uma das 16 práticas para a amostra total. Dessas, a mais bem aplicada na empresa é a prática 8, com média 9,73, que se refere à

boa definição de pacotes de trabalho. A prática que menos é aplicada é a 4, com média 4,28, que se refere à análise dos fluxos físicos.

Tabela 20: média das boas práticas de PCP da empresa C.

#	PRÁTICA	média	mínimo	máximo
4	Os fluxos físicos são analisados (através de LDs)?	4,28	0	10,00
13	São realizadas ações corretivas através das causas dos problemas? É utilizada a técnica dos 5 por ques?	5,54	0	10,00
12	São utilizados indicadores de desempenho?	6,01	0	10,00
11	É utilizado o PPC e a identificação das causas dos problemas para a tomada de decisão? Os principais intervenientes (fornecedores e equipes de produção) têm acesso?	7,08	0	10,00
5	É realizado o processo de análise e remoção de restrições?	7,33	0	10,00
6	São utilizados dispositivos de análise visual	7,40	0	10,00
15	Os processos chaves (gargalos da obra) são identificados? Este processos são analisados mais profundamente (por exemplo com linha de balanço, sincronia fábrica-obra, prototipagem, etc)?	7,43	0	10,00
9	São programadas tarefas reservas?	7,57	0	10,00
1	O PCP é padronizado (planilhas padronizadas, reuniões em horário fixo, etc)?	8,59	0	10,00
2	O planejamento é hierarquizado (os planos são detalhados de acordo com o nível de incerteza)?	8,79	0	10,00
3	É realizada análise qualitativa e quantitativa dos processos (observações de campo, fotografias, etc) para reduzir perdas?	8,89	0	10,00
16	São realizadas reuniões para difusão de informações? Os planos são divulgados as equipes de produção?	9,31	0	10,00
14	É utilizado um plano de ataque a obra (Zonas de trabalho, sequenciamento de execução, sistemas de transporte, estratégia de entrega, acessos a obra, etc)?	9,33	0	10,00
7	O planejamento de curto prazo é formalizado?	9,46	0	10,00
10	A tomada de decisão é participativa? Os mestres e principais fornecedores participam das decisões?	9,70	5	10,00
8	Pacotes de trabalho bem definidos (ação, elemento e local)	9,73	0	10,00
IBPPCP		7,90	1,56	9,69

Na tabela 21 abaixo se apresentam pos valores médios por obras. Como se pode notar existe uma grande variação nos valores das práticas quando considerada a média das médias de cada obra. O menor valor é da prática relativa aos fluxos físicos (3,60) e o maior valor é da prática relativa à tomada de decisão participativa (9,42).

Tabela 21: média das boas práticas de PCP por obra e estatística descritiva.

Obra	IBPPCP%	PCP1	PCP2	PCP3	PCP4	PCP5	PCP6	PCP7	PCP8	PCP9	PCP10	PCP11	PCP12	PCP13	PCP14	PCP15	PCP16
C*1	9,40	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	0,00	10,00	10,00	10,00	10,00
C*2	8,56	10,00	10,00	10,00	2,00	10,00	10,00	10,00	10,00	0,00	10,00	10,00	10,00	5,00	10,00	10,00	10,00
C*3	7,50	10,00	10,00	6,43	0,00	10,00	9,29	10,00	10,00	7,14	10,00	5,00	5,00	0,00	7,86	9,29	10,00
C*4	9,20	10,00	9,21	10,00	7,89	6,05	10,00	10,00	10,00	7,89	10,00	7,63	10,00	8,95	10,00	10,00	9,47
C*5	5,63	5,00	10,00	5,00	0,00	5,00	0,00	8,75	10,00	7,50	10,00	3,75	5,00	0,00	10,00	5,00	5,00
C*6	8,55	10,00	10,00	6,84	9,47	10,00	8,95	10,00	9,21	9,47	10,00	10,00	0,00	4,21	9,47	9,21	10,00
C*7	7,74	8,33	9,72	10,00	2,78	7,78	5,00	9,44	9,72	6,67	10,00	5,28	6,67	7,50	8,06	8,06	8,89
C*8	7,50	10,00	10,00	5,00	5,00	10,00	5,00	10,00	10,00	10,00	10,00	5,00	5,00	5,00	10,00	5,00	5,00
C*9	7,31	7,50	10,00	5,00	5,00	10,00	5,00	10,00	7,50	7,50	10,00	5,00	5,00	5,00	10,00	10,00	7,50
C*10	7,81	9,00	10,00	5,00	5,00	10,00	10,00	10,00	10,00	8,00	9,00	5,00	10,00	4,00	10,00	0,00	10,00
C*11	7,75	10,00	10,00	9,44	4,44	9,44	5,00	10,00	10,00	8,89	9,44	9,44	9,44	8,89	8,89	5,00	9,44
C*12	6,90	5,00	10,00	10,00	0,00	10,00	10,00	10,00	5,00	0,00	10,00	5,00	10,00	0,00	10,00	10,00	5,00
C*13	1,56	0,00	0,00	5,00	0,00	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00
C*14	7,50	10,00	10,00	10,00	0,00	10,00	2,50	10,00	10,00	2,50	10,00	5,00	10,00	5,00	10,00	5,00	10,00
C*15	7,31	9,00	9,00	8,00	0,50	7,00	9,50	10,00	10,00	9,50	9,00	5,00	4,50	0,00	10,00	6,00	10,00
C*16	6,14	6,43	5,36	7,86	0,71	2,86	1,07	6,79	9,64	3,93	9,64	7,14	8,21	5,71	8,93	5,36	8,57
C*17	7,42	6,88	6,25	10,00	5,00	6,25	6,88	9,38	10,00	7,50	9,38	4,38	5,63	7,50	8,13	6,25	9,38
C*18	6,80	7,50	3,75	10,00	5,00	5,00	7,50	8,75	10,00	6,25	8,75	2,50	3,75	5,00	10,00	6,25	8,75
C*19	5,94	6,67	0,00	8,33	0,00	8,33	0,00	6,67	8,33	6,67	10,00	6,67	6,67	10,00	8,33	0,00	8,33
C*20	8,02	9,00	10,00	9,00	0,00	5,00	4,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,00	9,00	8,00	10,00	5,00	9,00
C*21	8,13	10,00	10,00	10,00	0,00	10,00	5,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	5,00	10,00	5,00	10,00	10,00
C*22	8,13	10,00	10,00	10,00	0,00	10,00	5,00	10,00	10,00	10,00	10,00	5,00	10,00	5,00	10,00	5,00	10,00
C*23	7,81	0,00	10,00	10,00	5,00	0,00	10,00	8,33	10,00	8,33	10,00	5,00	10,00	8,33	10,00	10,00	10,00
C*24	7,50	5,00	5,00	10,00	5,00	2,50	10,00	7,50	10,00	7,50	5,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	2,50
C*25	7,60	7,50	5,83	10,00	4,17	5,00	8,33	10,00	10,00	8,33	10,00	5,00	5,83	7,50	8,33	5,83	10,00
C*26	7,67	10,00	8,89	10,00	0,56	7,22	10,00	10,00	10,00	9,44	10,00	6,11	2,78	0,00	10,00	7,78	10,00
C*27	7,68	10,00	10,00	10,00	0,00	6,43	10,00	10,00	10,00	9,29	10,00	6,43	0,71	0,00	10,00	10,00	10,00
C*28	8,96	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	8,33	10,00	8,33	6,67	10,00	3,33	6,67	10,00	10,00	10,00
C*29	9,00	10,00	10,00	10,00	9,00	10,00	6,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	0,00	9,00	10,00	10,00	10,00
C*30	8,31	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	0,00	10,00	10,00	10,00	0,00	8,00	5,00	10,00
C*31	8,53	6,00	9,00	10,00	5,00	4,00	10,00	9,50	10,00	8,50	10,00	9,00	10,00	8,50	10,00	7,50	9,50
Média das médias das obras	7,54	8,03	8,45	8,74	3,60	7,51	7,06	9,14	9,34	7,07	9,42	6,53	6,34	5,15	9,23	6,82	8,75
Desvio Padrão	1,42	2,76	2,87	1,92	3,57	2,85	3,25	1,95	2,01	3,26	1,35	2,62	3,65	3,54	1,88	3,09	2,03
CV	18,78%	34,38%	33,93%	22,02%	99,15%	37,93%	45,98%	21,37%	21,53%	46,05%	14,37%	40,09%	57,60%	68,79%	20,33%	45,27%	23,24%

No trabalho de Bernardes (2001), os valores de IBPPCP para cada uma das empresas foram mais baixos, variando entre 0,42 e 5,0 (numa escala de 0 a 10). Como esse foi um dos primeiros estudos acadêmicos de implementação de sistemas de planejamento e controle da produção baseados no sistema *Last Planner* no Brasil, era de se esperar que os valores fossem baixos.

Soares (2003) fez uma análise de um conjunto de obras da mesma empresa C entre os anos de 1998 e 2003, as quais foram classificadas segundo três fases de desenvolvimento do sistema de PCP: implementação, manutenção e aperfeiçoamento. Para as obras da última etapa os valores de IBPPC oscilavam entre 5,0 e 8,2 com média 6,85. Assim, observa-se um aumento de 1,05 no valor do IBPPCP das obras realizadas entre março de 2005 e julho de 2007,

comparativamente aos valores da época, o que indica uma preocupação da empresa na melhoria do seu sistema de planejamento e controle da produção.

No estudo de Bulhões e Formoso (2005), realizado em quinze empresas no Estado da Bahia, obteve-se notas entre 3,7 e 10, e uma média de 6,6, semelhante àquela encontrada por Soares (2003). Diferentemente dos estudos realizados por Bernardes (2001) e Soares (2003), nesse estudo o tipo de obras era bastante variado, incluindo obras de reformas, de incorporação imobiliária, industriais, de saneamento e rodoviárias.

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

O IBP teve registro de 375 casos, totalizando 69 obras de 19 empresas. Na figura 20 abaixo se apresenta uma distribuição de freqüências dessa variável.

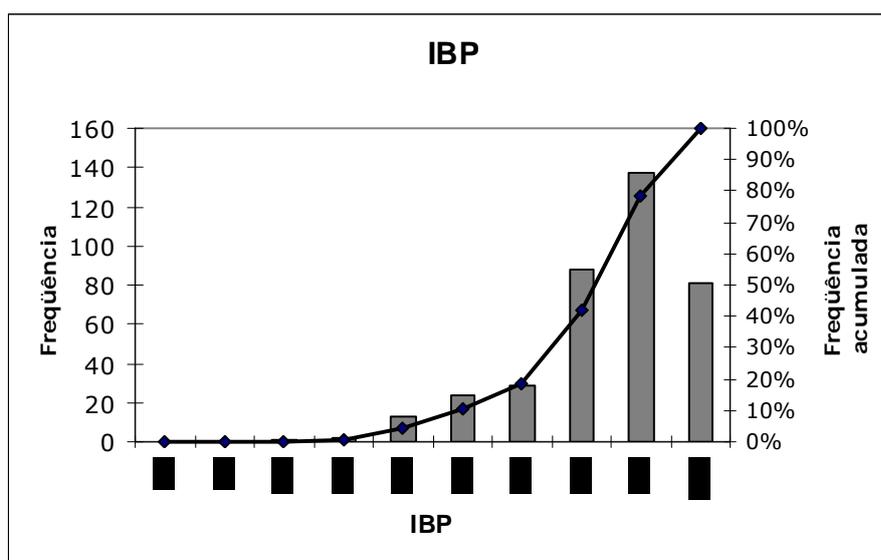


Figura 20: distribuição de freqüências de IBP para amostra total.

Conforme a tabela 17 (ver item 5.2), a média do IBP foi de 7,90 com um coeficiente de variação de 16,84%. Na figura 21 abaixo se apresentam valores médios por empresa das médias das obras. Os valores variam de 3,90 a 8,82. Percebe-se uma grande variação entre as médias dos empreendimentos, indicada pelo coeficiente de variação de 23,16%. Estão destacadas as empresas A e C que são as que tiveram maior contribuição de dados.

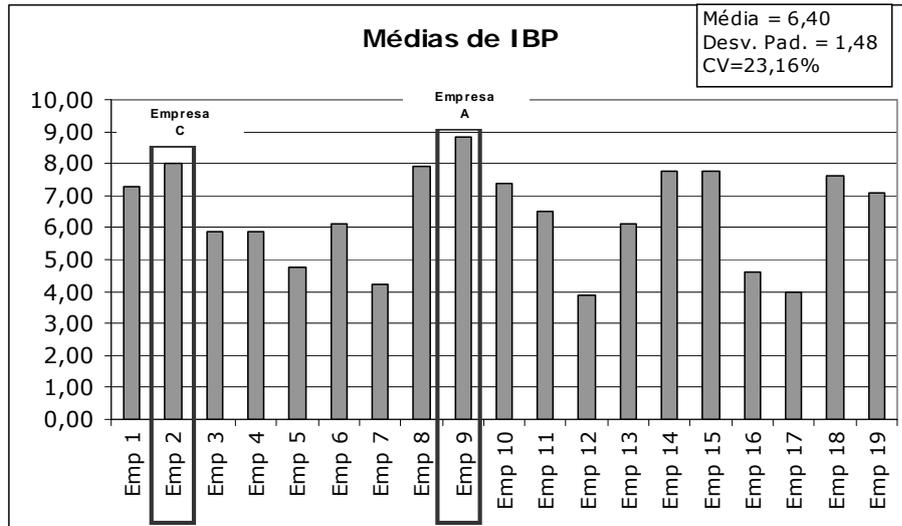


Figura 21: valores de IBP médio por empresa.

Nas figuras 22 e 23 apresentam-se diagramas IBP x tempo para as empresas A e C. A empresa A é responsável por 36,53% dos dados de IBP e a empresa C por 28,80% desses.

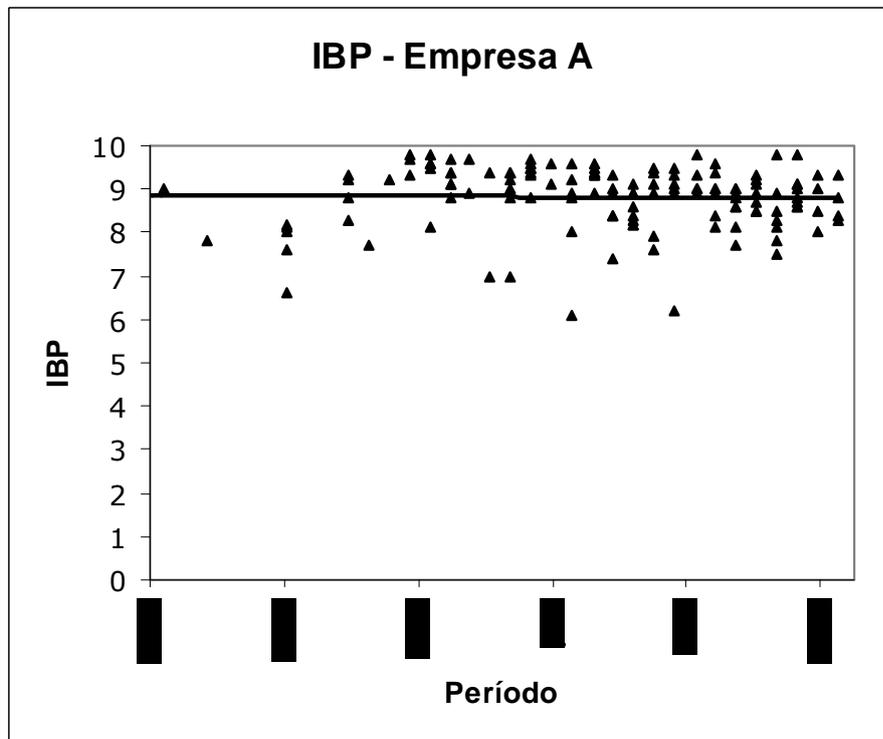


Figura 22: distribuição de IBP ao longo do tempo na empresa A.

Conforme se pode analisar no gráfico acima, existe uma tendência de redução nos valores de IBP da empresa A no decorrer do tempo. Com base em dados qualitativos coletados na referida empresa, concluiu-se que esse leve decréscimo de desempenho foi resultado do aumento da exigência por parte dos avaliadores, em função da grande preocupação que havia na empresa em relação a esse indicador. De fato, os canteiros de obras dessa empresa têm um elevado nível de organização, conforme indica a mediana do IBP que é igual a 9,00.

Por sua vez, a empresa C apresenta uma tendência de crescimento nos valores de IBP ao longo do tempo. Coletaram-se evidências qualitativas de que ao longo do período analisado houve também um esforço no sentido de incrementar a implementação de boas práticas nos canteiros de obra.

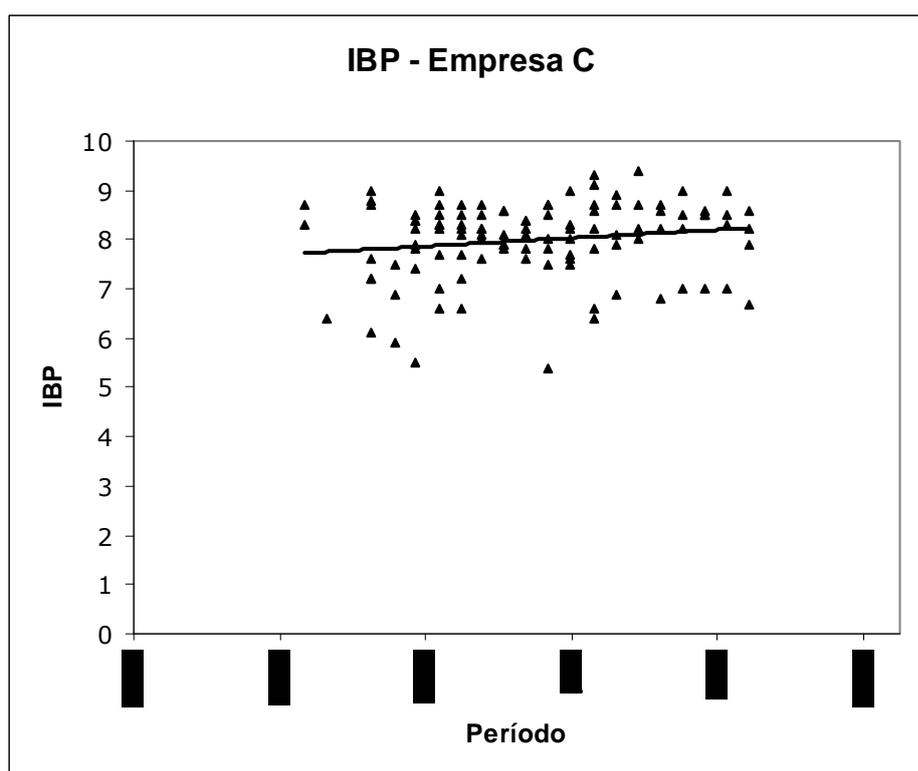


Figura 23: distribuição de IBP ao longo do tempo na empresa C.

Na figura 23 pode-se perceber que a empresa C, diferentemente da empresa A, não possui notas tão elevadas de IBP. Em parte, o desempenho mais baixo pode ser explicado pela natureza das obras, que são bastante complexas e mudam

bastante suas características de um empreendimento para outro, diferentemente da empresa A. Observa-se também a existência de um patamar de valores abaixo da linha de tendência. Esta alta dispersão no IBP pode ser justificada pela variabilidade do tipo de obras executadas por essa empresa (C) e pelo elevado grau de interferência do cliente, ao contrário do que acontece na empresa A.

O índice de boas práticas é dividido em três subitens: instalações provisórias (A), segurança da obra (B) e sistema de movimentação e armazenamento de materiais (C). Na tabela 22 abaixo estão apresentados, média, desvio padrão, valor mínimo, primeiro quartil, mediana, terceiro quartil e valor máximo para cada uma dessas partes do indicador.

Tabela 22: estatísticas descritivas do IBP e subitens para a amostra total.

	IBP	A) INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS	B) SEGURANÇA DA OBRA	C) SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS
Média	7,90	8,22	7,86	7,61
Desv. Pad.	1,33	1,38	1,81	1,60
Mínimo	2,80	1,90	0,50	0,00
1º quartil	7,40	7,60	7,20	6,70
Mediana	8,20	8,60	8,30	7,80
3º quartil	8,90	9,20	9,10	8,80
Máximo	9,80	10,00	10,00	10,00

Como se pode constatar, o item (C) sistema de movimentação e armazenamento de materiais possui média e mediana mais baixas dentre os três: 7,61 e 7,80 respectivamente. Paradoxalmente, essa prática tem o potencial de contribuir fortemente para a eliminação de atividades que não agregam valor e podem exercer uma forte influência no cumprimento das tarefas planejadas. Em segundo lugar, se apresenta o item (B), segurança da obra, com média de 7,86 e mediana de 8,30 e, por último, o item (A) instalações provisórias, com as maiores média e mediana: 8,22 e 8,60 respectivamente.

Na figura 24 abaixo são apresentados valores referentes aos trabalhos de Saurin e Formoso (2000) e Souza (2005) para fins de comparação com o presente trabalho. Como no trabalho de Souza (2005) os dados utilizados foram provenientes também do SISIND-NET, optou-se por considerar na comparação

somente os dados do presente trabalho que fossem referentes aos anos de 2006 e 2007, não contabilizando os dados anteriores para evitar sobreposições.

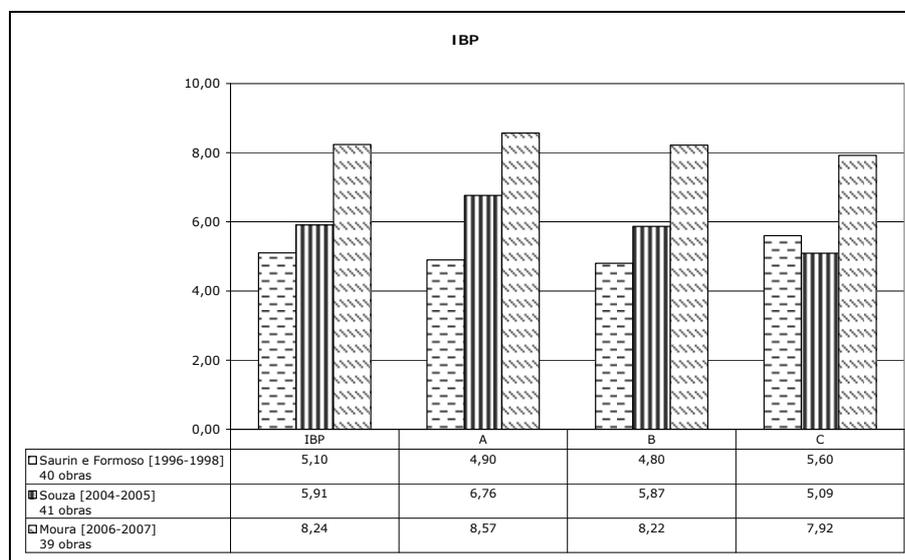


Figura 24: comparação entre autores de valores de IBP.

Nota-se um expressivo aumento nos índices do presente trabalho em relação aos trabalhos anteriores. Cabe ressaltar que as empresas que compõem a maior parcela de dados recentes da amostra do presente trabalho são empresas que reconhecidamente têm boa organização de seus canteiros, o que explica os valores bastante altos do IBP e de cada um dos subitens de boas práticas.

5.3 ANÁLISES

5.3.1 Análise 1

Essa análise consistiu no cruzamento entre o percentual de planos concluídos e as causas do não cumprimento de pacotes de trabalho com o desvio de custo, a fim de testar a hipótese 1 do presente trabalho apresentada no item 4.3.2.1, que supõe que o desempenho do empreendimento relativo aos custos pode ser influenciado pela eficácia do planejamento. DC é a variável dependente e PPC e causas de não cumprimento das tarefas as variáveis independentes. Havia na base de dados 54 casos de 10 obras, todas da empresa C, a única que disponibilizou ambos os indicadores (PPC e DC).

5.3.1.1 Análise 1a

Nesta análise testou-se a hipótese 1 através das seguintes equações:

$$DC = \beta_0 + \beta_1.PPC \quad (12)$$

$$H_0 : \beta_1 = 0 \quad (13)$$

$$H_1 : \beta_1 \neq 0 \quad (14)$$

O objetivo era testar a hipótese nula (H_0) a fim de comprová-la ou rejeitá-la.

O primeiro passo realizado foi a correlação de Pearson entre PPC e DC. A tabela 23 abaixo mostra essa correlação. O valor p encontrado é bastante alto: 0,826; o que indica não haver correlação linear entre essas duas variáveis, corroborando a hipótese nula.

Tabela 23: correlação de Pearson *PPC x DC* da empresa C.

		PPC	DC
PPC	Corr. Pearson	1,000	0,031
	Sig.		0,826
	N	512	54
DC	Corr. Pearson	0,031	1,000
	Sig.	0,826	
	N	54	181

Assim, segundo esta análise estatística, não há evidências de que a eficácia do planejamento esteja afetando diretamente o desvio de custo dos empreendimentos na empresa em questão.

Na figura 25 abaixo segue um gráfico de dispersão entre PPC e DC no qual se pode confirmar não haver um padrão no comportamento dos dados, que possa descrever uma reta ou qualquer outro tipo de equação.

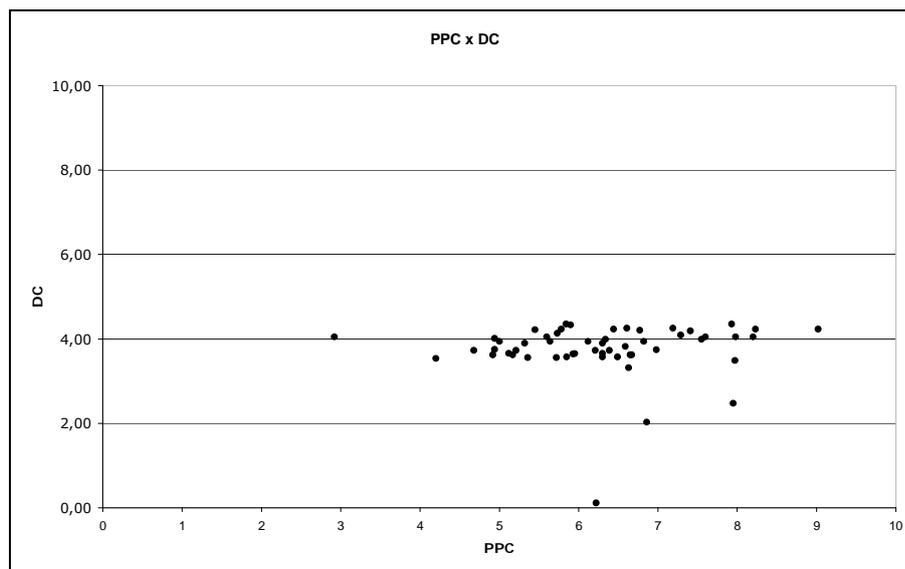


Figura 25: gráfico de dispersão PPC x DC da empresa C.

No entanto, fazendo-se uma análise visual do gráfico da figura 25, pode-se notar a existência de três pontos bastante discrepantes dos demais. Investigou-se sobre esses dados diretamente com a referida empresa, em entrevista com engenheira responsável. Esses três pontos discrepantes pertencem a obras de um mesmo cliente. Esse cliente é bastante distinto dos demais, pois, por diversos motivos, solicita a paralisação dos serviços, atrapalhando o andamento das obras e interferindo principalmente nos prazos, conseqüentemente nos custos das mesmas. Dessa forma optou-se por retirar os pontos da amostra.

Eliminaram-se os três pontos que estavam fora do intervalo de DC entre 3,00 e 4,50, restando, dos 54 casos anteriores, apenas 51.

Após esse passo, realizou-se novamente a correlação de Pearson entre PPC e DC. O resultado dessa correlação encontra-se na tabela 24 abaixo. Como se pode perceber, o valor p ficou abaixo de 0,05, caracterizando que existe uma correlação linear entre esses valores.

Tabela 24: correlação de Pearson $PPC \times DC$ da empresa C, sem dados espúrios.

		PPC	DC*
PPC	Corr. Pearson	1,000	0,284
	Sig.		0,044
	N	54	51
DC*	Corr. Pearson	0,284	1,000
	Sig.	0,044	
	N	51	51

Na figura 26 abaixo tem-se um gráfico PPC x DC em que se pode comprovar a existência dessa correlação linear.

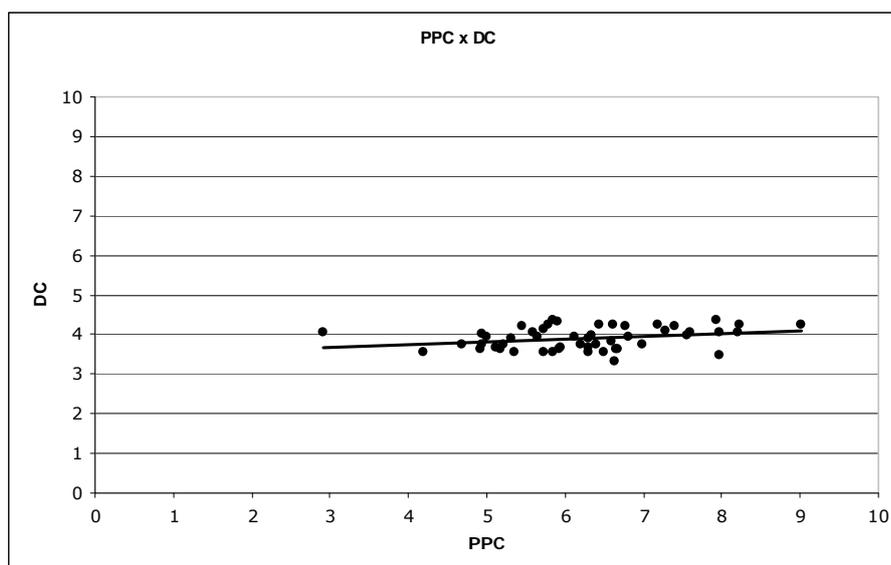


Figura 26: gráfico de dispersão PPC x DC da empresa C sem dados espúrios.

Dessa forma, partiu-se para a regressão linear das duas variáveis. Os resultados da regressão encontram-se na tabela 25 abaixo. 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%, os outros mais de 90% devem ser explicados por outras variáveis que não foram testadas neste trabalho. Analisando-se visualmente a figura 26, não se observa a existência de correlação entre essas duas variáveis, ainda que os coeficientes da correlação mostrem o contrário.

Tabela 25: Regressão linear *PPC x DC* da empresa *C*, sem dados espúrios.

Resumo do modelo			
R	R ²	R ² 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

Poucos trabalhos encontrados na literatura realizaram análises semelhantes sobre a relação entre essas variáveis. Alarcón *et al.* (2001) relatam em suas análises ter sido a amostra de DC pequena demais para que se pudesse comparar com outros indicadores envolvidos em seu estudo (como o PPC, por exemplo). Os autores não relatam evidências estatisticamente significativas dessas relações, mas afirmam que podem ser percebidas algumas tendências.

Assim, devido à existência de dados espúrios, aos baixos valores da regressão linear e a falta de valores de referência, o resultado dessa análise não é conclusivo, devendo essa correlação ser melhor investigada em trabalhos futuros.

5.3.1.2 Análise 1b

Essa análise teve início testando-se a correlação das variáveis causas de não cumprimento dos pacotes de trabalho com o DC. Inicialmente aplicaram-se os testes com a variável DC e as causas uma a uma e agrupadas nas oito categorias já citadas anteriormente, bem com em internas e externas. Nesse caso foram encontradas algumas correlações entre DC e algumas causas. As correlações são

apresentadas nas tabelas 26, 27 e 28 abaixo. Na tabela 26 apresentam-se apenas as causas que mostraram correlação com DC.

Tabela 26: Correlação linear *DC x causas* da empresa C, sem dados espúrios.

		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

Nas Tabelas 27 e 28, os grupos de causas que apresentaram correlação com DC estão pintados de cinza.

Tabela 27: Correlação linear *DC x grupo de causas* da empresa C, sem dados espúrios.

		MÃO-DE-OBRA	MATERIAIS	EQUIPAMENTO	PROJETO	PLANEJAMENTO	INTERFERÊNCIA DO CLIENTE	PROBLEMAS METEOROLÓGICOS	FORNECEDORES
DC	Corr. Pearson	-0,366	-0,088	0,058	-0,323	-0,377	-0,075	0,166	-0,072
	Sig.	0,008	0,538	0,686	0,021	0,006	0,600	0,245	0,615
	N	51	51	51	51	51	51	51	51

Tabela 28: Correlação linear *DC x causas internas e externas* da empresa C, sem dados espúrios.

		INTERNAS	EXTERNAS
DC	Corr. Pearson	-0,430	-0,003
	Sig.	0,002	0,985
	N	51	51

O próximo passo dessa análise foi o teste de modelos de regressão. Para o caso no qual as variáveis dependentes eram as causas separadas, o modelo final de regressão está apresentado na tabela 29 abaixo. O coeficiente de determinação desse modelo ficou em torno de 45%, ou seja, as quatro causas incluídas no modelo foram responsáveis pela explicação de quase 45% do desvio de custo. Ou seja, quanto maior a incidência de absenteísmo, de falta de programação de materiais, de problema na gerência do serviço e de indefinição por parte do cliente, pior será o desempenho dos empreendimentos no que diz respeito aos custos.

Tabela 29: Modelo de regressão *DC x causas* da 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

Para a análise feita para as causas agrupadas em oito grupos, o modelo que melhor se ajustou está na tabela 30 abaixo.

Tabela 30: Modelo de regressão *DC x grupos de causas* da empresa C, sem dados espúrios.

Resumo do modelo				
R	R ²	R ² 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

Nesse caso o coeficiente de determinação foi muito baixo, significando que a variável independente mão-de-obra é responsável pela explicação de pouco mais de 10% da variável dependente desvio de custo.

Por fim, conforme os resultados do modelo de regressão apresentados na tabela 31 abaixo, em que se utilizou como variáveis independentes as causas classificadas em internas e externas, apenas as internas contribuíram para o modelo. De qualquer forma a precisão de predição deste modelo foi bastante baixa, pouco mais de 15%.

Tabela 31: Modelo de regressão *DC x causas* da empresa C, sem dados espúrios.

Resumo do modelo			
R	R ²	R ² ajustado	Erro de estimativa padrão
0,430	0,185	0,169	2,412

ANOVA					
	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F	Sig.
Regressão	64,806	1	64,806	11,135	0,002
Resíduo	285,174	49	5,820		
Total	349,980	50			

Coeficientes					
	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.
	B	Erro padrão	Beta		
Constante	7,519	0,675		11,146	0,000
Internas	-0,048	0,014	-0,430	-3,337	0,002

Portanto, dentre os modelos testados, o que tem melhor precisão de predição do DC foi o modelo no qual se considerou cada uma das causas separadamente. Isso parece lógico uma vez que as causas que contribuíram para esse modelo pertencem a diferentes grupos. Logo, nos modelos apresentados nas tabelas 30 e 31, algumas das principais causas não foram consideradas por não fazerem parte dos grupos considerados nos modelos.

Como conclusão dessa análise, tem-se que, para melhorar o desempenho no que diz respeito ao custo, deve-se agir diretamente sobre as causas apontadas, ou seja, as principais causas que afetam o custo de um empreendimento são:

absenteísmo, falta de programação de materiais, problema na gerência do serviço e indefinição por parte do cliente. Curiosamente, apenas a primeira e a terceira pertencem aos grupos que têm maior incidência de causas de não cumprimento: mão-de-obra e planejamento, respectivamente. Vale ressaltar que devido ao fato desses dados serem de apenas uma empresa pertencente ao nicho de mercado obras industriais e comerciais para clientes privados, o modelo não é generalizável os demais nichos de mercado ou empresas.

Apesar de alguns coeficientes serem um pouco baixos, é importante ressaltar a consistência dos dados que se confirma pelos sinais dos coeficientes, que se comportam, em sua maioria de acordo com o que se supunha na hipótese. Além disso, os baixos valores do coeficiente de determinação não são resultados ruins, uma vez que existe uma grande variabilidade dos dados.

5.3.2 Análise 2

Nesta análise buscou-se entender as relações do percentual de planos concluídos, as causas de não cumprimento dos planos semanais e o desvio de prazo a fim de testar a hipótese 2 do presente trabalho (item 4.3.2.1), com qual se pretende testar se a eficácia do planejamento afeta o desempenho do mesmo com relação ao cumprimento de prazos. DP é a variável dependente sendo o PPC e as causas de não cumprimento das tarefas as variáveis independentes. Para esse caso, o tamanho da amostra era de 124 casos, de 18 obras das empresas A e C em que havia registro de ambos os indicadores.

5.3.2.1 Análise 2a

Nesse caso pretendeu-se testar a hipótese 2 através das seguintes equações:

$$DP = \beta_0 + \beta_1 \cdot PPC \quad (15)$$

$$H_0 : \beta_1 = 0 \quad (16)$$

$$H_1 : \beta_1 \neq 0 \quad (17)$$

Inicialmente testou-se a correlação de Pearson entre PPC e DP conforme se pode observar na tabela 32 abaixo. As variáveis estão fortemente correlacionadas, obtendo um valor p igual a zero, o que rejeita a hipótese nula H_0 .

Tabela 32: correlação de Pearson *PPC* x *DP* para as empresas A e C.

		PPC	DP
PPC	Corr. Pearson	1,000	0,442
	Sig.		0,000
	N	242	124
DP	Corr. Pearson	0,442	1,000
	Sig.	0,000	
	N	124	512

Para os dados de ambas as empresas o modelo de regressão é o apresentado na tabela 33 a seguir.

Tabela 33: modelo de regressão *PPC* x *DP* para as empresas A e C.

Resumo do modelo			
R	R ²	R ² ajustado	Erro de estimativa padrão
0,442	0,196	0,189	0,399

ANOVA					
	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F	Sig.
Regressão	4,714	1	4,714	29,666	0,000
Resíduo	19,387	122	0,159		
Total	24,102	123			

Coeficientes					
	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.
	B	Erro padrão	Beta		
Constante	8,126	0,187		43,361	0,000
PPC	0,132	0,024	0,442	5,447	0,000

O modelo de regressão PPC x DP não foi consistente uma vez que o teste de normalidade dos resíduos comprovou que estes não são normais. Dessa forma buscou-se fazer uma transformação na variável dependente no intuito de achar um melhor ajuste. Foram testados logaritmo natural de DP, inversa de DP, quadrado de DP e raiz quadrada de DP. Para todos os casos foram feitas regressões e testadas as normalidades de seus resíduos, não se encontrando em nenhuma dessas transformações alguma que possuísse resíduos normais.

Dessa forma, apesar da correlação encontrada nos dados, não é possível ter respostas mais conclusivas a respeito da relação entre esses indicadores.

No intuito de aprofundar a análise da relação entre o percentual de planos concluídos e o desvio de prazo, optou-se por dividir a amostra em cada uma das empresas. Dessa forma eliminam-se alguns fatores que poderiam estar prejudicando o ajuste do modelo, devido à grande diferença entre os tipos de obra, ou por algum fator que seja peculiar às empresas.

5.3.2.1.1 Empresa A

Inicialmente gerou-se um gráfico de dispersão DP x PPC. Esse se encontra na figura 27.

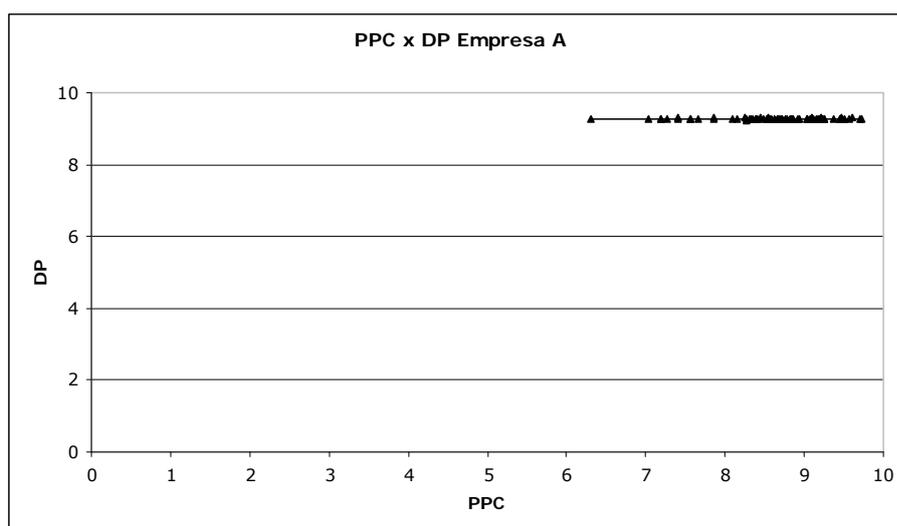


Figura 27: gráfico de dispersão PPC x DP para empresa A.

Como se pode perceber o valor do DP na empresa A é muito próximo de uma constante para qualquer valor de PPC. Os valores se aproximam de 10, indicando um bom resultado de desvio de prazo para todas as obras analisadas. Ou seja, independentemente do PPC, a empresa consegue ter bons resultados de DP. Isso pode ser explicado pela forte rigidez adotada na empresa quanto ao cumprimento dos prazos, principalmente de entrega aos clientes finais e também pelo fato de serem obras de incorporação, normalmente muito semelhantes, o que facilita a previsão de prazos de execução dessas obras, bem como o cumprimento dos mesmos.

Na tabela 34 abaixo se encontra o resultado da correlação de Pearson entre desvio de prazo e PPC para a empresa A.

Tabela 34: correlação de Pearson *PPC x DP* para empresa A.

		PPC	DP
PPC	Corr. Pearson	1,000	-0,006
	Sig.		0,959
	N	69	68
DP	Corr. Pearson	-0,006	1,000
	Sig.	0,959	
	N	68	100

Como era de se esperar, com base no gráfico da figura 27 acima, não houve correlação entre as duas variáveis em questão quando considerados os dados da empresa A.

Para esta empresa, havia registros do mês da obra desde seu início, por exemplo, primeiro mês, segundo mês, etc. Aproveitou-se para fazer uma correlação de Pearson para analisar se o andamento das obras ao longo do tempo influenciava no desvio de prazo. O resultado dessa análise se encontra na tabela 35 abaixo.

Tabela 35: correlação de Pearson *DP x mês da obra* para empresa A.

		Mês	DP
Mês	Corr. Pearson	1,000	-0,243
	Sig.		0,044
	N	240	69
DP	Corr. Pearson	-0,243	1,000
	Sig.	0,044	
	N	69	69

Como se pode notar existe uma forte correlação negativa entre essas duas variáveis, o que indica que, na empresa A, quanto mais avançada no tempo a obra, pior é seu desvio de prazo. Esperava-se que, à medida que passassem os meses da obra, houvesse uma maior preocupação no cumprimento dos prazos.

Testou-se também para esse caso um modelo de regressão, mas como os resultados foram muito fracos, optou-se por não apresentar os mesmos.

Também para essa empresa procurou-se avaliar se, de alguma forma, o DP pudesse estar sendo influenciado pelo PPC de forma defasada. Para tal se testou os valores com um e dois meses de defasagem em relação aos valores originais, mas em ambos os casos o percentual de planos concluídos continuou não apresentando correlação com o desvio de prazo.

5.3.2.1.2 Empresa C

Inicialmente gerou-se o gráfico PPC x DC (figura 28) em que se pode constatar que, apesar dos altos valores e da tendência linear dos mesmos, não são tão bem ajustados à reta como no caso da empresa A. Nota-se também a existência de valores inferiores na empresa C em relação aos da empresa A.

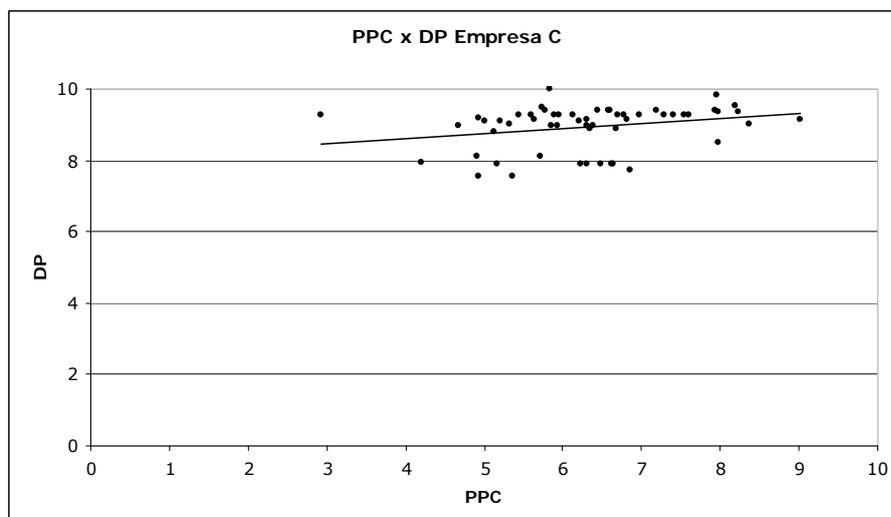


Figura 28: gráfico de dispersão PPC x DP para empresa C.

Percebe-se, nesse gráfico, que existe uma tendência de melhora no desvio de prazo à medida que aumentam os valores de PPC. A partir da figura 28, identifica-se um impacto positivo do PPC no desempenho do empreendimento em termos de prazo. Esse impacto é percebido em ambientes de construção mais complexos (como é o caso das obras da empresa C), mas não em obras de incorporação, que são mais simples (como é o caso das obras da empresa A).

Com base na análise do gráfico acima, optou-se por testar a correlação (tabela 36) entre DP e PPC. Para a empresa C, houve correlação e, dessa forma partiu-se para o modelo de regressão, que é apresentado na tabela 29 abaixo.

Tabela 36: correlação de Pearson *PPC x DP* para empresa C.

		PPC	DP
PPC	Corr. Pearson	1,000	0,275
	Sig.		0,040
	N	103	56
DP	Corr. Pearson	0,275	1,000
	Sig.	0,040	
	N	56	173

Tabela 37: Modelo de regressão *DP x PPC* para empresa C.

Resumo do modelo			
R	R ²	R ² ajustado	Erro de estimativa padrão
0,275	0,076	0,058	0,588

ANOVA					
	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F	Sig.
Regressão	1,524	1	1,524	4,411	0,040
Resíduo	18,658	54	0,346		
Total	20,182	55			

Coeficientes					
	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.
	B	Erro padrão	Beta		
Constante	8,019	0,442		18,146	0,000
PPC	0,144	0,069	0,275	2,100	0,040

Verificou-se através do teste de normalidade dos resíduos que esta análise não segue uma distribuição normal. Ou seja, o modelo de regressão não é adequado para a predição desta variável.

Da mesma forma que para a análise 1a, existem poucos trabalhos relacionados à análise de correlações entre DP e PPC. O único relato sobre análise desse tipo encontrado na bibliografia foi o estudo de Bortolazza (2006). O referido autor realizou análise semelhante à do presente trabalho, porém com uma amostra de menor tamanho em apenas uma empresa. Os resultados não indicaram qualquer tendência, apresentando baixa correlação entre os indicadores em questão. Bortolazza (2006) apontou que uma possível causa para este resultado é a aplicação incompleta do *Last Planner*, na medida que poucas obras tinham adequadamente implementado o planejamento de médio prazo (embora não houvesse evidências quantitativas que permitissem chegar a essa conclusão).

5.3.2.2 Análise 2b

Para esta análise optou-se por manter a amostra apenas da empresa C. Inicialmente fez-se a correlação linear de Pearson entre as variáveis causas de não cumprimento de tarefas planejadas e desvio de prazo. Foram testadas as correlações entre DP e cada um das causas bem como essa mesma correlação com as causas agrupadas em oito grupos e também em externas e internas. Essas análises encontram-se nas tabelas 38, 39 e 40 abaixo.

Tabela 38: Correlação linear *DP x causas* para 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

Nas tabelas 39 e 40, os grupos de causas que apresentaram correlação com DP estão pintados de cinza.

Tabela 39: Correlação linear *DP x grupo de causas* para empresa C.

		MÃO-DE-OBRA	MATERIAIS	EQUIPAMENTO	PROJETO	PLANEJAMENTO	INTERFERÊNCIA DO CLIENTE	PROBLEMAS METEOROLÓGICOS	FORNECEDORES
DP	Corr. Pearson	0,074	0,081	0,041	-0,175	-0,251	-0,316	0,132	0,046
	Sig.	0,586	0,551	0,762	0,197	0,062	0,018	0,334	0,734
	N	56	56	56	56	56	56	56	56

Tabela 40: Correlação linear *DP x causas internas e externas* para empresa C.

		INTERNOS	EXTERNOS
DP	Corr. Pearson	-0,079	-0,145
	Sig.	0,561	0,285
	N	56	56

O passo seguinte foi produzir modelos de regressão que pudessem relacionar o desvio de prazo com as causas que estavam correlacionadas com o mesmo. Para regressão entre DP e as causas separadamente, foram feitos dois modelos, até chegar-se ao apresentado na tabela 41 abaixo.

Tabela 41: Modelo de regressão *DP x causas* para empresa C.

Resumo do modelo					
R	R ²	R ² ajustado	Erro de estimativa padrão		
0,713	0,508	0,489	0,433		
ANOVA					
	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F	Sig.
Regressão	10,248	2	5,124	27,337	0,000
Resíduo	9,934	53	0,187		
Total	20,182	55			
Coeficientes					
	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.
	B	Erro padrão	Beta		
Constante	9,183	0,067		136,233	0,000
Má qualidade do projeto	-0,198	0,064	-0,298	-3,096	0,003
Indefinição por parte do cliente	-0,223	0,033	-0,656	-6,801	0,000

Como se pode notar, a precisão de predição desse modelo foi de que as duas causas incluídas no mesmo são capazes de explicar pouco mais de 50% dos valores de desvio de prazo. Ou seja, 50,8% dos resultados relativos a prazo nos empreendimentos são influenciados pela má qualidade do projeto e indefinição por parte do cliente. Isso é bem típico de obras complexas que é o caso das obras da empresa C. Isso oferece indícios de que esses problemas devem ser foco de atenção por parte da gerência das obras de construção civil, uma vez que essas causas influem diretamente no cumprimento dos prazos. No entanto sabe-se que a indefinição por parte do cliente é uma causa externa, sendo de difícil intervenção. A qualidade do projeto, em alguns casos, pode ser considerada uma causa externa, caso o projeto tenha sido contratado pelo cliente e não pela construtora, podendo também ser uma causa de difícil intervenção.

Para a análise feita para as causas agrupadas em oito grupos, o modelo de regressão está na tabela 42. Nesse caso o coeficiente de determinação foi bastante baixo, significando que a variável independente interferência do cliente, é responsável pela explicação de apenas 10% do desvio de prazo. Isso indica

haver outras variáveis não consideradas no modelo que são importantes nessa explicação.

Tabela 42: Modelo de regressão *DP x grupos de causas* para empresa C.

Resumo do modelo			
R	R ²	R ² ajustado	Erro de estimativa padrão
0,316	0,100	0,083	0,580

ANOVA					
	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F	Sig.
Regressão	2,010	1	2,010	5,973	0,018
Resíduo	18,172	54	0,337		
Total	20,182	55			

Coeficientes					
	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.
	B	Erro padrão	Beta		
Constante	9,095	0,102		89,053	0,000
Interf. Cliente	-0,053	0,022	-0,316	-2,444	0,018

Portanto, a conclusão desta análise é semelhante à análise de desvio de custo: o melhor modelo de regressão é aquele em que se consideram as causas separadamente.

Comparando esses resultados aos apresentados na literatura, apenas o trabalho de Bortolazza (2006) realizou uma análise semelhante. O citado autor analisou um conjunto de 32 obras de uma empresa que atua em três dos nichos de mercado: incorporações residenciais ou comerciais, obras industriais e comerciais para clientes privados e obras de habitação de interesse social. Bortolazza (2006) produziu um modelo com coeficiente de determinação de 39,73%. No entanto, esse modelo considerou, além das causas de não cumprimento, variáveis como PPC, semana da obra e logaritmo do número de tarefas executadas como variáveis independentes e como variável dependente o desvio de prazo. As causas incluídas no modelo do referido autor foram planejamento e equipamento.

5.3.3 Análise 3

Essa análise consiste na avaliação da relação entre percentual de planos concluídos, as causas de não cumprimento das tarefas e o índice de boas

práticas de planejamento (IBPPCP), a fim de testar a hipótese 3 apresentada no item 4.3.2.1, que supõe que as boas práticas de PCP afetem a eficácia do planejamento. O PPC e as causas de não cumprimento dos planos semanais são as variáveis dependentes e o IBPPCP e suas 16 práticas as variáveis independentes. Para tal, havia na base de dados 64 casos de 12 obras apenas da empresa C, a qual disponibilizou dados de ambos os indicadores (PPC e IBPPCP).

5.3.3.1 Análise 3a

Nessa análise pretendeu-se testar a hipótese 3, expressa através das seguintes equações:

$$PPC = \beta_0 + \beta_1 \cdot IBPPCP \quad (18)$$

$$H_0 : \beta_1 = 0 \quad (19)$$

$$H_1 : \beta_1 \neq 0 \quad (20)$$

O objetivo era testar a hipótese nula (H_0) a fim de comprovar a influência ou não das boas práticas do processo planejamento e controle da produção e na eficácia desse processo.

O passo inicial foi fazer a correlação entre PPC e IBPPCP bem como entre PPC e cada uma das 16 práticas. Essas correlações apresentam-se nas tabelas 43 e 44 abaixo.

Tabela 43: correlação *PPC x IBPPCP* para empresa C.

		PPC	IBPPCP
PPC	Corr. Pearson	1,000	0,014
	Sig.		0,915
	N	64	64
IBPPCP	Corr. Pearson	0,014	1,000
	Sig.	0,915	
	N	64	64

Como se pode verificar na tabela 43 acima, os indicadores de percentual de planos concluídos e índice de boas práticas de planejamento e controle da produção não estão linearmente relacionados, o que corrobora a hipótese nula

H_0 . Na tabela 44, são apresentados dados referentes à análise da correlação das práticas, separadamente, e o PPC. As práticas que apresentaram correlação foram:

- a) É utilizado o PPC e a identificação das causas dos problemas para a tomada de decisão? Os principais intervenientes (fornecedores e equipes de produção) têm acesso?
- b) São utilizados indicadores de desempenho?
- c) É utilizado um plano de ataque à obra (Zonas de trabalho, seqüenciamento de execução, sistemas de transporte, estratégia de entrega, acessos à obra, etc.)?

Tabela 44: correlação *PPC x práticas de PCP* para empresa C.

		É utilizado o PPC e a identificação das causas dos problemas para a tomada de decisão? Os principais intervenientes (fornecedores e equipes de produção) têm acesso?	São utilizados indicadores de desempenho?	É utilizado um plano de ataque a obra (Zonas de trabalho, seqüenciamento de execução, sistemas de transporte, estratégia de entrega, acessos a obra, etc.)?
PPC	Corr. Pearson	0,306	-0,290	0,264
	Sig.	0,014	0,020	0,035
	N	64	64	64

O passo seguinte foi partir para os modelos de regressão. Primeiramente, testou-se um modelo levando em consideração apenas as três práticas que apresentaram correlação com o PPC. Após rodar três modelos, o que melhor se ajustou considerava-se apenas a prática relacionada à utilização do PPC e identificação de causas dos problemas. Por não fazer muito sentido relacionar a prática de medição do PPC com o próprio valor do PPC, esse modelo não será apresentado. Quanto às demais práticas, não há evidências de que essas contribuam substancialmente para a predição do PPC.

5.3.3.2 Análise 3b

Neste caso foram testadas as correlações entre o índice de boas práticas de PCP, as causas agrupadas em oito grupos e em internas e externas. Nas tabelas 45 e 46 abaixo se apresentam essas correlações.

Tabela 45: correlação *IBPPCP* x *grupos de causas* para empresa C.

		MÃO-DE-OBRA	MATERIAIS	EQUIPAMENTO	PROJETO	PLANEJAMENTO	INTERFERÊNCIA DO CLIENTE	PROBLEMAS METEOROLÓGICOS	FORNECEDORES
IBPPCP	Corr. Pearson	0,571	0,292	0,159	0,134	0,334	-0,201	-0,064	0,358
	Sig.	0,000	0,019	0,209	0,291	0,007	0,111	0,614	0,004
	N	64	64	64	64	64	64	64	64

Tabela 46: correlação *IBPPCP* x *causas internas e externas* para empresa C.

		INTERNAS	EXTERNAS
IBPPCP	Corr. Pearson	0,572	-0,016
	Sig.	0,000	0,899
	N	64	64

Como se pode ver nas tabelas 45 e 46 acima, existe uma forte correlação do IBPPCP com as causas de não cumprimento das tarefas do planejamento de curto prazo. Os grupos de causas que apresentam correlação com o índice de boas práticas de PCP são: mão-de-obra, materiais, planejamento e fornecedores. Isso é um indício de que obras que praticam as boas práticas de planejamento e controle da produção tenderiam a ter uma menor incidência de não cumprimento de tarefas, devido às causas supracitadas, todas elas de caráter predominantemente interno. O mesmo vale para a percentagem de causas internas.

No entanto, alguns modelos de regressão não foram conclusivos ou tiveram baixa precisão de predição, indicando que outras variáveis não incluídas nos mesmos são também importantes na predição do PPC e das causas de não cumprimento.

Uma atenção especial se deu à prática relativa à remoção de restrições do médio prazo devido à reconhecida importância que esse tem no planejamento. Apesar da mesma não apresentar correlação direta com o PPC, buscou-se analisar a correlação dessa prática com cada uma das causas de não cumprimentos dos planos semanais e também com os grupos de causas. Essas correlações são apresentadas nas tabelas 47, 48 e 49 abaixo.

Tabela 47: correlação *prática de remoção de restrições x causas* para empresa C.

		Falta de programação de mão-de-obra	Atraso da tarefa antecedente	Pré-requisito do plano não foi cumprido	Problema na gerência do serviço
É realizado o processo de análise e remoção de restrições?	Corr. Pearson	-0,408	-0,296	-0,418	-0,275
	Sig.	0,001	0,017	0,001	0,028
	N	64	64	64	64

Na tabela 47 acima, foram apresentadas apenas as causas que obtiveram correlação com a prática de remoção de restrições. Ressaltam-se as causas: falta de programação de mão-de-obra e pré-requisito do plano não foi cumprido. Claramente essas duas causas de não cumprimento dos planos semanais estão diretamente relacionadas ao médio prazo. Em princípio, nenhuma tarefa deveria ser liberada para os planos semanais sem o cumprimento de todos os pré-requisitos e a programação da mão-de-obra. Para as outras duas causas não parece tão clara essa relação direta com a análise de restrições do médio prazo. As causas atraso na tarefa antecedente e problema na gerência do serviço são mais relacionadas ao curto prazo, uma vez que dependem mais da ação das equipes que executam as tarefas do que de uma programação propriamente dita feita no médio prazo.

Nas tabelas 48 e 49 abaixo se apresentam todos os grupos de causas, aqueles que apresentaram correlações estão pintados de cinza.

Tabela 48: correlação entre a prática de remoção de restrições e o grupo de causas para empresa C.

		MÃO-DE-OBRA	MATERIAIS	EQUIPAMENTO	PROJETO	PLANEJAMENTO	INTERFERÊNCIA DO CLIENTE	PROBLEMAS METEOROLÓGICOS	FORNECEDORES
E realizado o processo de análise e remoção de restrições?	Corr. Pearson	-0,254	-0,123	0,051	0,087	-0,379	0,063	0,101	0,268
	Sig.	0,043	0,331	0,687	0,493	0,002	0,624	0,427	0,033
	N	64	64	64	64	64	64	64	64

Tabela 49: correlação entre a prática de remoção de restrições e as causas internas e externas para empresa C.

		INTERNAS	EXTERNAS
E realizado o processo de análise e remoção de restrições?	Corr. Pearson	-0,328	0,226
	Sig.	0,008	0,073
	N	64	64

Alguns modelos foram rodados considerando a prática de remoção de restrições como variável independente e cada uma das causas separadamente como variável dependente. Os resultados não foram muito expressivos e, portanto, não serão apresentados. Dessa análise pode-se inferir que a melhor aplicação da prática de análise e remoção de restrições contribui para a redução de cada uma das causas apresentadas que apresentaram correlação nas tabelas, 47, 48 e 49 acima. Chama-se a atenção em especial para os grupos de causas mão-de-obra, planejamento e internas que, como citado anteriormente, são as que apresentam maior incidência na amostra total de obras do banco de dados utilizado neste trabalho, confirmando a importância do planejamento de médio prazo na melhoria do PCP como um todo.

5.3.4 Análise 4

Nessa análise investigou-se a relação entre o percentual de planos concluídos, as causas de não cumprimento dos planos semanais e o índice de boas práticas de canteiros de obras e seus subitens. Teve-se como objetivo de testar a hipótese 4 deste trabalho (item 4.3.2.1), buscando-se investigar se as boas práticas de canteiros de obras têm influência significativa na eficácia do planejamento. PPC e as causas são as variáveis dependentes e o IBP e seus subitens as variáveis independentes. Nesse caso o tamanho da amostra era de 244 casos referentes a 40 obras pertencentes a oito empresas em que havia registro de ambos os indicadores.

5.3.4.1 Análise 4a

Nessa análise testou-se a hipótese 4 através das seguintes equações:

$$PPC = \beta_0 + \beta_1 \cdot IBP \quad (21)$$

$$H_0 : \beta_1 = 0 \quad (22)$$

$$H_1 : \beta_1 \neq 0 \quad (23)$$

O primeiro passo na análise foi testar a correlação entre PPC e IBP. Conforme a tabela 50 abaixo, existe uma forte relação linear entre esses indicadores, como era esperado, sugerindo uma rejeição da hipótese nula.

Tabela 50: correlação de Pearson *PPC x IBP* para amostra completa.

		PPC	IBP
PPC	Corr. Pearson	1,000	0,319
	Sig.		0,000
	N	512	244
IBP	Corr. Pearson	0,319	1,000
	Sig.	0,000	
	N	244	375

Na figura 29 abaixo segue um gráfico de dispersão entre PPC e IBP. Verifica-se que, apesar de existir uma forte correlação entre esses indicadores, os pontos são bastante dispersos.

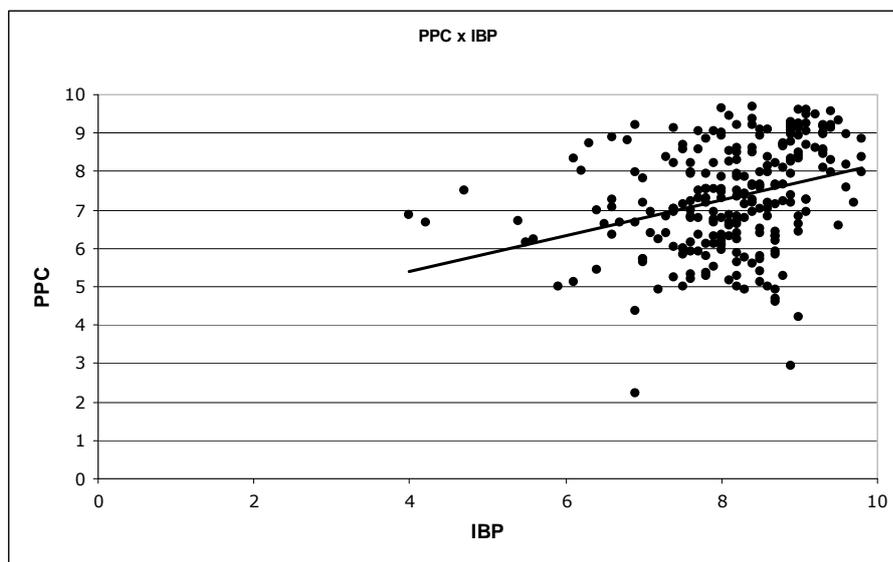


Figura 29: gráfico de dispersão PPC x IBP para amostra completa.

Uma vez que há correlação entre as variáveis, partiu-se para o ajuste do melhor modelo de regressão linear, que se encontra na tabela 51 abaixo.

Tabela 51: Modelo de regressão *PPC x IBP* para amostra completa.

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

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

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

Conforme o modelo de regressão acima, o percentual de planos concluídos poderia ser predito através da seguinte equação:

$$PPC = 3,539 + 0,465IBP \quad (24)$$

A equação acima, no entanto, não é uma equação muito satisfatória, uma vez que o coeficiente de determinação do modelo de regressão é extremamente baixo, ao redor de 10%, o que é evidente também pelo gráfico de dispersão apresentado na figura 29. Nesse caso, optou-se por aprofundar as análises. Decidiu-se por testar modelos de regressão apenas para o nicho de incorporações residenciais ou comerciais, uma vez que o indicador de índice de boas práticas foi desenvolvido especialmente para esse tipo de obra. Na tabela 52 abaixo se apresenta o modelo.

Tabela 52: Modelo de regressão *PPC x IBP* para o nicho incorporação.

Resumo do modelo					
R	R ²	R ² 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

A tabela 52 acima mostra um resultado um pouco melhor que o da tabela 51 na predição do percentual de planos concluídos. Por volta de 27% do PPC podem ser estimados pelo índice de boas práticas quando se trata de obras do nicho de incorporações residenciais ou comerciais. Esse valor de coeficiente de determinação ainda é muito baixo, indicando que outras variáveis são responsáveis pelos valores de PPC que não foram testadas nesta análise. Porém, a análise ainda se faz válida na medida em que mostra a forte correlação existente entre as boas práticas de canteiros de obras e a eficácia do planejamento, expressa em números pelo percentual de planos concluídos.

Devido à importância dessa relação, optou-se por detalhar ainda mais a análise da mesma entre esses indicadores através do desmembramento do indicador IBP em suas três partes:

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

Testando-se as correlações das partes A, B e C com o PPC verifica-se, na tabela 53 abaixo, que todos os subitens de IBP estão fortemente correlacionados com o percentual de planos concluídos.

Tabela 53: correlação de Pearson *PPC x subitens de IBP* para amostra completa.

		A	B	C
PPC	Corr. Pearson	0,158	0,289	0,262
	Sig.	0,013	0,000	0,000
	N	244	244	242

Após esse passo partiu-se então para o ajuste do melhor modelo de regressão. Esse modelo encontra-se na tabela 54 abaixo.

Tabela 54: Modelo de regressão *PPC x subitens de IBP* para amostra completa.

Resumo do modelo			
R	R ²	R ² 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

Nas tentativas de rodar modelos em busca do melhor modelo de regressão, as instalações provisórias mostraram-se não significativas, como era de se esperar, visto que essas estão mais relacionadas a fatores motivacionais, pelas suas contribuições ao bem estar dos trabalhadores, do que diretamente com a melhoria dos fluxos e do desempenho das atividades do canteiro. Portanto, no modelo final foram consideradas as variáveis de segurança da obra e de sistema de movimentação e armazenamento de materiais. No entanto, assim como o modelo apresentado na tabela 52, a precisão de predição do modelo é fraca, sendo o R² um pouco maior que 10%.

Também para a relação entre o percentual de planos concluídos e cada uma das três partes do índice de boas práticas analisaram-se os dados apenas para o nicho de incorporações residenciais ou comerciais. Esses resultados encontram-se na tabela 48 abaixo.

Tabela 55: Modelo de regressão *PPC x subitens de IBP* para nicho de incorporações.

Resumo do modelo					
R	R ²	R ² 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

A precisão preditiva do modelo exclusivo para o nicho citado é um pouco maior que para a amostra toda. Passando de um coeficiente ajustado de determinação próximo de 11% para um ao redor de 30%. No modelo da tabela 55 apenas a variável segurança da obra foi significativa. Diferente do que se podia esperar, a variável sistema de movimentação e armazenamento de materiais não foi influente na explicação da eficácia do planejamento.

No intuito de aprimorar ainda mais essas análises procurou-se fazer uma análise restrita a algumas das empresas que tinham a maior quantidade de dados uma a uma. Não houve correlação entre PPC e IBP e, por isso, não são apresentados esses dados.

5.3.4.2 Análise 4b

Nessa análise buscou-se verificar a influência que o índice de boas práticas de canteiros de obras e seus subitens têm nas causas de não cumprimento das tarefas incluídas no planejamento semanal.

Inicialmente testou-se a correlação entre as causas de não cumprimento, o IBP e seus subitens. Nenhuma correlação significativa foi encontrada.

5.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com base nos resultados apresentados acima, puderam-se identificar algumas importantes correlações entre alguns indicadores de desempenho, considerando alguns dos indicadores mais utilizados pelas empresas que tem buscado melhoria de seus sistemas de gestão da produção na construção civil.

As análises 1 e 2 contribuíram para alcançar o objetivo de avaliar o impacto da eficácia do planejamento e controle baseado no Sistema *Last Planner* no desempenho de empreendimentos da construção civil. No primeiro caso há evidências que a eficácia do planejamento, medida pelo PPC, tem influência no desempenho do empreendimento em termos de custos. No entanto, no segundo caso a não normalidade dos dados impediu que maiores conclusões a respeito da influência do PPC no desempenho do empreendimento em termos de prazos. Apesar dos resultados, existem outros fatores ainda não testados que podem contribuir para a melhoria do desempenho. Melhorias na análise dessas relações necessitam ser feitas.

As causas de não cumprimento dos planos semanais mostraram-se uma fonte importante de informação obtendo-se resultados expressivos para os modelos de regressão. A análise das mesmas, através da busca por suas causas raízes, e a realização de ações corretivas contribuem não apenas para a melhoria da eficácia do sistema de planejamento como um todo, como também, para a melhoria do desempenho dos empreendimentos.

As análises 3 e 4 contribuíram para o outro objetivo deste trabalho, que era identificar os fatores que afetam a eficácia do PCP em empreendimentos da construção civil.

Com relação às boas práticas de planejamento e controle da produção não se pode chegar a conclusões satisfatórias, sendo necessárias ainda pesquisas futuras sobre esse indicador que pode ser fonte de informações interessantes. No entanto, com relação às causas de não cumprimento pode-se chegar a indícios

de que as causas mão-de-obra, planejamento e materiais, bem como causas internas são as que mais afetam a eficácia do planejamento, reiterando a importância da redução das causas internas para melhoria da eficácia planejamento.

Por fim, a análise 4 buscou relacionar as boas práticas no canteiro de obras com a eficácia do planejamento e controle da produção. Conforme os resultados obtidos, é bastante forte a influência dessas boas práticas no PPC. Apesar da grande dispersão dos pontos no gráfico PPC x IBP, é evidente a tendência linear e a importância que se deve dar às boas práticas de canteiro, em especial aos itens relativos à segurança dos trabalhadores e ao sistema de movimentação e armazenamento dos materiais. Os resultados reforçam a importância de diversos trabalhos dedicados à gestão de segurança de canteiros de obra.

Em suma, como principais resultados do presente trabalho, tem-se que o desempenho do empreendimento quanto aos custos é afetado pela eficácia do PCP, ainda que outras variáveis não consideradas neste estudo afetem a eficácia desse processo. Outro importante resultado é que o índice de boas práticas afeta diretamente a eficácia do planejamento e controle da produção; e que apesar das poucas evidências, é provável que as boas práticas de planejamento e controle da produção afetem a eficácia do planejamento.

A seguir, nas tabelas 56 e 57, encontram-se quadros com o resumo das análises feitas no presente trabalho, classificadas de acordo com os dois objetivos principais desta dissertação e apresentando os principais resultados e conclusões.

Tabela 56: Resumo das análises e principais conclusões

OBJETIVO: Avaliar o impacto da eficácia do planejamento e controle baseados no Sistema Last Planner no desempenho de empreendimentos da construção civil			
Variável dependente	Análise 1a	Análise 1b	Análise 2a
	DC	DC	DP
Variáveis independentes incluídas	PPC	a) causas b) grupos de causas c) causas internas e externas	PPC a) causas b) grupos de causas
N	51	51	124
Empresas	1	1	2
R ² ajustado	0,062	a) 0,395 b) 0,116 c) 0,169	0,189 a) 0,489 b) 0,083
Hipótese	Hipótese 1: quanto maior a eficácia do planejamento, medida pelo Percentual de Planos Concluídos (PPC), menor tende a ser o desvio de custos da obra;	Hipótese 2: quanto maior a eficácia do planejamento, medida pelo Percentual de Planos Concluídos (PPC), maior tende a ser o cumprimento dos prazos da obra	Hipótese 2: quanto maior a eficácia do planejamento, medida pelo Percentual de Planos Concluídos (PPC), maior tende a ser o cumprimento dos prazos da obra
Conclusões	Apesar de corroborada a hipótese 1, o baixo R ² ajustado e os dados expúrios que foram retirados da análise indicam que a mesma é não conclusiva. Necessitando ser aprofundada.	Os grupos e causa que mais influenciam o DC são justamente aqueles que têm maior incidência. Isso seria um indicio de que a maior incidência de causas implica um pior desempenho quanto aos custos. Portanto, a ação corretiva sobre as principais causas de não cumprimento dos planos seria uma maneira eficaz de melhorar o desempenho.	Os bons resultados de R ² ajustado para as presentes análises são um indicio de que a análise das causas e tomadas de ação corretivas sobre as mesmas são fortes candidatas a ações de melhoria para a consequente melhoria no desempenho de empreendimentos quanto ao prazo. Chama-se atenção especial para as causas relacionadas à interferência do cliente.

Tabela 57: Resumo das análises e principais conclusões.

OBJETIVO: Identificar os fatores que afetam o PCP em empreendimentos da construção civil				
	Análise 3a	Análise 3b	Análise 4a	Análise 4b
Variável dependente	PPC	causas de não cumprimento das tarefas	PPC	causas de não cumprimento das tarefas
Variáveis independentes incluídas	IBPPCP práticas de PCP	IBPPCP práticas de PCP	a) IBP (amostra total) b) subitens (amostra total) c) IBP (nicho incorporações) d) subitens (nicho incorporações)	a) IBP e subitens (amostra total) b) IBP e subitens (nicho incorporações)
N	64	64	244	244
Empresas	1	1	8	8
R ² ajustado	-	-	a) 0,098 b) 0,108 c) 0,263 d) 0,288	-
Hipótese	Hipótese 3: a implementação de boas práticas de PCP (Planejamento e Controle da Produção) medidas pelo indicador de índice de boas práticas de PCP influencia positivamente a eficácia dos planos produzidos, medida através do PPC.	Hipótese 4: 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).		
Conclusões	Ao contrário do esperado, não há indícios de que as boas práticas de PCP afetem a eficácia do planejamento. No entanto o aumento do tamanho da amostra poderia contribuir para a melhoria dessa análise.	Há indícios de que indício de que obras que praticam as boas práticas de planejamento e controle da produção tenderiam a ter uma menor incidência de não cumprimento de tarefas devido às causas de mão de obra, planejamento e materiais, bem como causas internas.	O índice de boas práticas de canteiro de obras possui grande influência no PPC, sendo as análises mais significativas aquelas aplicadas somente para o nicho de incorporações. O item segunraça da obra influi mais na eficácia do planejamento do que o sistema de movimentação e armazenamento de materiais. O item instalações influi muito pouco ou não influi.	Nenhuma correlação interessante foi encontrada.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

No presente capítulo são apresentadas as principais conclusões do trabalho e também sugestões para futuras pesquisas.

6.1 CONCLUSÕES

O presente trabalho procurou contribuir para o avanço das pesquisas relativas a medição de desempenho na construção civil, a partir de uma análise estatística de indicadores relacionados ao processo de planejamento e controle da produção. Foi criada uma base de dados composta por informações contidas na base de dados do SISIND-NET e também informações complementares adquiridas diretamente em empresas. Diversas análises foram realizadas, nas quais se buscou analisar o impacto da eficácia do planejamento, medida pelo PPC (percentagem de pacotes concluídos), o principal indicador proveniente do sistema *Last Planner*, no desempenho de empreendimentos em termos de custo e prazo.

Os objetivos principais deste trabalho foram avaliar o impacto da eficácia do planejamento e controle baseados no Sistema *Last Planner* no desempenho e identificar os fatores que afetam o PCP de empreendimentos da construção civil. Foram também estabelecidos como objetivos secundários determinar a relação existente entre o PPC com outros indicadores de desempenho (IBP, IBPPCP, DC e DP), e aprofundar análises estatísticas realizadas em estudos anteriores, utilizando indicadores ainda não investigados na literatura.

O cumprimento do objetivo principal quanto ao desempenho de empreendimentos se deu com as análises 1 e 2, na qual estudou-se a relação entre PPC e dois indicadores de desempenho do empreendimento, Desvio de Custo (DC) e Desvio de Prazo (DP), respectivamente. Para o Desvio de Custo, após a eliminação de alguns dados espúrios, concluiu-se que existia uma

correlação entre a eficácia do planejamento e o desempenho relativo aos custos na empresa estudada, corroborando a hipótese de que o desempenho de custos de um empreendimento é afetado positivamente pelo aumento da eficácia do planejamento. Para o desvio de prazo não se corroborou a hipótese de que esse é afetado positivamente pela melhoria da eficácia do planejamento devido a não normalidade dos dados. Para ambos os casos ressalta-se a importância do grupo de causas de não cumprimento internas, bem como as relativas a projeto e planejamento, por serem essas as que mais influenciam no desempenho do empreendimento tanto em custos quanto em prazos.

O cumprimento do objetivo principal quanto à identificação dos fatores que afetam o PCP se deu através das análises 3 e 4, em que se comparou o PPC ao IBPPCP e IBP, respectivamente. Para as boas práticas de PCP, as análises foram pouco conclusivas não havendo evidências da relação direta entre PPC e IBPPCP. Já para as boas práticas de canteiros de obra os resultados foram bastante expressivos e corroborou-se a hipótese de que a melhoria do IBP afeta positivamente a eficácia do planejamento. Nessas análises pode-se constatar, também, a importância da segurança no canteiro de obras e do sistema de movimentação e armazenamento de materiais e da influência desses itens no PPC.

Assim, as análises 1, 2, 3 e 4 contribuíram para o cumprimento do objetivo secundário que era relacionar a eficácia do planejamento aos demais indicadores. As análises 3 e 4, por sua vez, contribuíram para o segundo objetivo secundário que era de explorar novos indicadores que ainda não houvessem sido analisados estatisticamente. Entretanto, é importante considerar que algumas das análises foram limitadas por haver poucos dados disponíveis, principalmente aquelas relativas aos indicadores DC, DP e IBPPCP.

Apesar das correlações encontradas e da corroboração de duas das quatro hipóteses formuladas no presente trabalho, os resultados das regressões lineares tiveram forças de predição bastante fracas. Isso indica a existência de outros fatores que influenciam as variáveis dependentes (DC, DP e PPC) e que não foram consideradas nas análises. Isso é indício também de que a subjetividade das variáveis medidas afeta as análises, podendo dificultar a obtenção de correlações entre variáveis, que eram esperadas, mas não se confirmaram.

Por outro lado, as análises mostraram-se bastante consistentes no que diz respeito ao sinal dos coeficientes que se apresentaram, em sua grande maioria da maneira esperada, prevista nas hipóteses.

Em suma, o presente trabalho não é definitivo na análise estatística de indicadores de desempenho do PCP, mas contribuiu para avançar o conhecimento sobre as relações entre alguns dos indicadores mais utilizados no processo de planejamento e controle da produção, principalmente no que diz respeito à influência da eficácia do processo de planejamento e controle da produção no desempenho de empreendimentos. Também na avaliação dos fatores que afetam o PCP, o presente trabalho contribuiu no sentido de evidenciar de forma quantitativa a importância de alguns fatores que já haviam sido investigados em trabalhos qualitativos, tais como boas práticas de PCP, e também identificou como significativa a influência do planejamento do canteiro de obras na eficácia do planejamento. Essa avaliação, feita na análise 4, foi a que teve maior ineditismo entre todas, uma vez que ainda não havia sido realizado nenhum estudo sobre a relação entre essas duas variáveis.

6.2 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

No futuro, as análises desenvolvidas neste estudo devem ser ampliadas e aprofundadas, à medida que se consiga uma maior quantidade de dados. A seguir, são apresentadas algumas sugestões para futuros trabalhos identificadas ao longo deste trabalho:

- a) ampliar as análises de correlação entre PPC e indicadores de desempenho de empreendimentos, tais como DC e DP, utilizando uma base de dados mais ampla, de forma que os resultados sejam mais amplamente generalizáveis;
- b) investigar também a relação entre PPC e um indicador de qualidade ou satisfação do cliente, que avalie o sucesso do empreendimento em termos de valor;
- c) testar a correlação entre PPC e DC de forma defasada, ou seja, comparar DC com o PPC de meses anteriores;

- d) aprofundar as análises entre causas de não cumprimento dos planos semanais com DC e DP e IBP;
- e) aprofundar as análises relativas às boas práticas de planejamento em relação ao PPC, com dados de mais empresas.

REFERÊNCIAS

ACKOFF, R. L. **Planejamento empresarial**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1976. 114p.

AKKARI, Abla Maria Prôencia. **Interligação entre o planejamento de longo, médio e curto prazo com o uso do pacote computacional MSProject**. 2003. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

ALARCÓN, 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.

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. Can Pull Techniques be used in design management?. In: CONFERENCE ON CONCURRENT ENGINEERING IN CONSTRUCTION, 1999, Helsinki, Finland. **Proceedings...** Helsinki: 1999b. Disponível em: <http://www.leanconstruction.org/pdf/PullinDesign.pdf>. Acesso em: 11 jun 2007.

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.

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.

BALLARD, G.; HOWELL, G. An update on last planner. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 11., 2003, Blacksburg. **Proceedings...** Blacksburg: 2003. Disponível em: <<http://strobos.cee.vt.edu/IGLC11/PDF%20Files/08.pdf>>. Acesso em: 09 jun. 2007.

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

BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing Lean Construction: Stabilizing work flow. In: ALÁRCON, 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**, v. 124, n. 1, p.18-24, 1998.

BALLARD, G.; KIM, Y. W.; JANG, J.; LIU, M. **Roadmap for Lean Implementation at the Project Level**, a report from Research Team 234 to the Construction Industry Institute, 2007.

BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e Controle da Produção para Empresas de Construção Civil**, Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2003.

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.

BERTELSEN, S. Complexity – construction in a new perspective. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 11., 2003, Blacksburg. **Proceedings...** Blacksburg: 2003a. Disponível em: <<http://www.ezstrobe.com/iglc11/PDF%20Files/55.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2008.

BIRREL, G. S. Construction planning - beyond the critical path. **Journal of the Construction Division**, New York, v.106, n.3, p.389-407, set. 1980.

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.

BOTERO, L. F.; ALVAREZ, M. E. Last planner: an advance in planning and controlling construction projects. Case study in the city of Medellín. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 4., 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2005. Disponível em : <<http://www.benchcolombia.com/Libreria/PonenciaIVSibragec.pdf>>. Acesso em: 14 mar 2008.

BULHÕES, I. R.; FORMOSO, C. T. O Papel do Planejamento e Controle da Produção em Obras de Tipologias Diferentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 4., 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2005. Disponível em : < <http://www.infohab.org.br/login.aspx> >. Acesso em: 14 mai 2008.

CODINHOTO, R. **Diretrizes para o Planejamento e Controle Integrado dos Processos de Projeto e Produção na Construção Civil**. 2003. 176 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

COELHO, H.O. **Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo 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.

COSTA, D.B. **Diretrizes para Concepção, Implementação, e Uso de Sistemas de Indicadores de Desempenho para Empresas de Construção Civil**. 2003. 174 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

COSTA, D.B.; FORMOSO, C.T.; LIMA, H.M.R.; BARTH, K.B. **Sistema de Indicadores para Benchmarking na Construção Civil**: manual de utilização. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Não publicado.

CROWTHER, D. E. A. Corporate Performance operates in three dimensions. **Managerial Auditing Journal**, Birmingham, UK, v. 11, n. 8, p. 4-13, 1996.

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

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: 2002a. Disponível em : < <http://www.cpgec.ufrgs.br/norie/iglc10/papers/30-Fiallo&Revelo.pdf> >. Acesso em: 7 mar. 2008.

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.

GALLARDO, C. A. S.; GRANJA, A. D; PICCHI, F. A.; FOLCH, A. T. Stabilization and Standardization on a Precast Production Process. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 14., 2006, Santiago. **Proceedings...** Santiago: 2006. Disponível em : < http://www.iglc2006.cl/doc/pres_IGLC/CAPITULO%203/3-6-Paper.pdf >. Acesso em: 09 jun. 2008.

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. **Proceedings...** Michigan: 2007. Disponível em : <http://www.iglc.net/conferences/2007/folder.2007-06-29.2095743756/10%20Gonzales%20Alarcon%20Mundaca_Investigating%20the%20relationship%20between%20planning%20reliability%20and%20project%20performance.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2008.

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

HOPP, W.; SPEARMAN, M. **Factory Physics**: foundation of manufacturing management. Boston: McGraw Hill, 1996.

KAPLAN, R.S.; NORTON, D.P. **A estratégia em ação**: balanced scorecard. 10. ed. São Paulo: Campus, 1997.

KENLEY, R. **Financing Construction**: cash flow and cash farming. New York: Spon Press, 2003.

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

KOSKELA, L. Management of Production in Construction: a theoretical view. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 7., 1999, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley: 1999. Disponível em : <<http://www.ce.berkeley.edu/~tommelein/IGLC-7/PDF/Koskela.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2008.

KOSKELA, L.; BALLARD, G.; TENHUANPÄÄ, V. P. Towards Lean Design Management. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 15., 2007, Michigan. **Proceedings...** Michigan: 2007. Disponível em : <<http://www.iglc.net/conferences/1997/papers/LAURI.pdf>>. Acesso em: 7 mar. 2008.

KOSKELA, L.; BALLARD, G.; HOWELL, G. Achieving Change In Construction. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 15., 2007, Michigan. **Proceedings...** Michigan: 2007. Disponível em : <<http://www.ezstrobe.com/iglc11/PDF%20Files/04.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2008.

LANTELME, E.; FORMOSO, C. Improving Performance Through Measurement: the application of lean production and organizational learning principles.. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 8, 2000, Brighton. **Proceedings...** Brighton, 2000. Disponível em :

<<http://www.iglc.net/conferences/2000/Papers/LantelmeFormoso.pdf> >. Acesso em: 13 mar. 2008.

LANTELME, E.M.V. **Proposta de um sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil**. 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LANTELME, E.M.V.; TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C.T. **Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil**. Porto Alegre: Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. (Relatório de Pesquisa).

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.

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.

LIMMER, C. V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1997.

NEELY, A. et al. Design performance measure: a structure approach. **International Journal of Operation & Production Management**, Bradford, v. 17, n. 11, p. 1131-1152, 1996.

NEELY, A. et al. Realizing strategy through measurement. **International Journal of Operation & Production Management**, Bradford, v. 15, n. 3, p. 140-152, 1994.

NEVES, A.M; COELHO, H.O.; FORMOSO, C.T. Aprendizagem na implementação do PCP. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2002. Curitiba. **Anais...** Curitiba: ENEGEP, 2002. Disponível em : <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR14_1112.pdf >. Acesso em: 03 abr. 2008.

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 de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 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.

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, vol. 4, n. 3, p. 14-25, out. 2000.

SINK D.S.; TUTTLE, T.C. **Planejamento e medição para performance**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993.

SMALLEY, A. Achieving Basic Stability. **Lean Management Institute**, 2005. Disponível em : <http://www.leaninstituut.nl/publications/achieving_basic_stability.pdf>. Acesso em: 13 mai. 2008.

SOARES, A. C. **Diretrizes para a manutenção e o aperfeiçoamento do processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. 2003. Trabalho de conclusão (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante da Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SOUZA, J. S. **Avaliação da aplicação do Índice de Boas Práticas de Canteiros de Obras em empresas de construção civil**. 2005. Trabalho de diplomação (graduação em engenharia civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2005.

SOUZA, R.; ABIKO, A. **Metodologia para Desenvolvimento e Implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade em Empresas Construtoras de Pequeno e Médio Porte**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1997. Disponível em: <<http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/btpcc190.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2008.

STERZI, M. P. **Diretrizes para a integração dos fornecedores estratégicos ao sistema de PCP de empresas construtoras**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

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

WOMACK, J.; JONES, D.; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

YIN, R.K. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

**ANEXO 1 – CHECK LIST DO ÍNDICE DE BOAS PRÁTICAS EM
CANTEIROS DE OBRAS**

A) INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS	S	N	NA
A1) TIPOLOGIA DAS INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS			
• São utilizadas apenas instalações móveis (containers) ? (não entra no cálculo)			
• Se a resposta for <i>sim</i> passe para o item A2			
A1.1) Há modulação dos barracos			
A1.2) Os painéis são unidos com parafusos, grampos ou solução equivalente que facilite o processo de montagem e desmontagem			
A1.3) Os painéis são pintados e estão em bom estado de conservação			
A1.4) Foram aproveitadas construções pré-existentes para instalações da obra			
A1.5) Os barracos estão em locais livres da queda de materiais, ou então a sua cobertura tem proteção			
A1.6) Há divulgação do planejamento das atividades a serem realizadas pelas equipes de trabalho Explique como: _____			
A1.7) Existe alguma espécie de mural para a divulgação de informações, tais como resultados de indicadores, gráficos, metas...			
A1.8) Há planta de implantação da obra com layout do canteiro indicando locais de descarga, armazenamento, processamento e circulação.			
Obs:			
A2) TAPUMES			
A2.1) Existe alguma espécie de pintura decorativa e/ou logomarca da empresa			
A2.2) Os tapumes são constituídos de material resistente e estão em bom estado de conservação			
A2.3) Os tapumes possuem altura mínima de 2,20m.			
Obs:			
A3) ACESSOS			
A3.1) Existe portão exclusivo para entrada de pedestres (clientes e operários)			
A3.2) Há campanha ou vigilância no portão de entrada de pessoas			
A3.3) O portão possui fechadura ou puxador, além de conter inscrição identificadora (tipo " <i>Entrada de pessoas</i> ") e o número do terreno			
A3.4) Existe caminho, calçado e coberto, desde o portão até a área edificada			
A3.5) Há possibilidade de entrada de caminhões no canteiro			
A3.6) Caso a obra localize-se em uma esquina, o acesso de caminhões é pela rua com trânsito menos movimentado			

A3.7) Junto ao portão de entrada existe cabideiro ou caixa com capacetes para os visitantes			
Obs:			
A4) ESCRITÓRIO (Sala do mestre/Engenheiro)			
A4.1) Tem chaveiro, com as chaves das instalações da obra e dos apartamentos			
A4.2) A documentação técnica da obra está à vista e é de fácil localização			
A4.3) Tem estojo com materiais para primeiros socorros			
A4.4) Existe janela ou abertura que permita a visualização da obra.			
A4.5) Há local adequado para a realização de reuniões.			
Obs:			
A5) ALMOXARIFADO			
A5.1) Está perto do ponto de descarga de caminhões			
A5.2) Existem etiquetas com nomes de materiais e equipamentos			
A5.3) É dividido em dois ambientes, um para armazenamento de materiais e ferramentas e outro para sala do almoxarife com janela de expediente			
A5.4) Existem planilhas para controle de estoque de materiais			
Obs:			
A6) LOCAL PARA REFEIÇÕES () existe () não existe			
A6.1) Há lavatório instalado em suas proximidades ou no seu interior (NR-18)			
A6.2) Tem fechamento que permite isolamento durante as refeições (NR-18)			
A6.3) Tem piso de concreto, cimentado ou outro material lavável (NR-18)			
A6.4) Tem depósito com tampa para detritos (NR-18)			
A6.5) Há assentos em número suficiente para atender aos usuários (NR-18)			
A6.6) As mesas são separadas de forma que os trabalhadores agrupem-se segundo sua vontade			
Obs:			
A7) VESTIÁRIO () existe () não existe			
A7.1) Tem piso de concreto, cimentado, madeira ou material equivalente (NR-18)			
A7.2) Tem bancos e cabides que não sejam de pregos			
A7.3) Tem armários individuais dotados de fechadura e dispositivo para cadeado (NR-18)			
A7.4) Tem área de 1,5m ² /pessoa (segundo NR-24)			
A7.5) Tem iluminação natural e/ou artificial.			
Obs:			

A8) INSTALAÇÕES SANITÁRIAS () existem () não existem			
Nº de chuveiros : _____ Nº de vasos sanitários : _____			
Nº de lavatórios : _____ Nº de mictórios : _____			
A8.1) Possuem chuveiros em número suficiente (1 / 10 trabalhadores) NR 18.			
A8.2) Possuem lavatórios em número suficiente (1 / 20 trabalhadores) NR 18.			
A8.3) Possuem vasos sanitários em número suficiente (1 / 20 trabalhadores) NR 18.			
A8.4) Possuem mictórios em número suficiente (1 / 20 trabalhadores) NR 18.			
A8.5) Os banheiros estão ao lado do vestiário			
A8.6) O mictório e o lavatório são passíveis de reaproveitamento			
A8.7) Há banheiros volantes nos andares (somente para prédios com 5 ou mais pavimentos)			
A8.8) Há papel higiênico e recipientes para depósito de papéis usados no banheiro (NR-18)			
A8.9) Nos locais onde estão os chuveiros há piso de material antiderrapante ou estrado de madeira (NR-18)			
A8.10) Há um suporte para sabonete e cabide para toalha correspondente à cada chuveiro (NR-18)			
A8.11) Há um banheiro somente para o pessoal de administração da obra (mestre, Engº, técnico)			
A8.12) Para deslocar-se do posto de trabalho até as instalações sanitárias é necessário percorrer menos de 150,0 m (NR-18)			
A8.13) As paredes internas dos locais onde estão instalados os chuveiros são de alvenaria ou revestidas com chapas galvanizadas ou outro material impermeável			
A8.14) Caso o lavatório e o mictório sejam do tipo calha, cada 60cm na horizontal corresponde a 1 peça.			
Obs:			
A9) ÁREAS DE LAZER			
A9.1) O refeitório ou outro local é aproveitado como área de lazer, possuindo televisão ou jogos			
Obs:			
NOTA DE INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS			
PONTOS POSSÍVEIS (PP)	PONTOS OBTIDOS (PO)	NOTA: (PO / PP) X 10	

B) SEGURANÇA DA OBRA	S	N	NA
----------------------	---	---	----

B1) ESCADAS			
B1.1) Há corrimão provisório constituído de madeira ou outro material de resistência equivalente e possui uma travessa superior a 1,20m de altura e intermediária a 0,70m e rodapé de 0,20m de altura. (NR-18)			
B1.2) Há escada ou rampa provisória para transposição de pisos com desnível superior a 40 cm (NR-18)			
B1.3) Os corrimãos, caso sejam de madeira, estão isentos de qualquer pintura que encubra nós e rachaduras na madeira e estão em bom estado de conservação			
B1.4) Existem lâmpadas nos patamares das escadas (caso a alvenaria já esteja concluída)			
Obs:			
B2) ESCADAS DE MÃO			
B2.1) As escadas de mão ultrapassam em cerca de 1,0 m o piso superior (NR-18)			
B2.2) As escadas de mão estão fixadas nos pisos, superior e inferior, ou são dotadas de dispositivo que impeça escorregamento (NR-18)			
Obs:			
B3) POÇO DO ELEVADOR			
B3.1) Há fechamento provisório, com guarda-corpo e rodapé revestidos com tela, de no mínimo 1,20 m de altura (NR-18)			
B3.2) O fechamento provisório é constituído de material resistente e está seguramente fixado à estrutura (NR-18)			
B3.3) Há assoalhamento com painel inteiriço dentro dos poços para amenizar eventuais quedas (no mínimo a cada 3 pavimentos) (NR-18)			
Obs:			
B4) PROTEÇÃO CONTRA QUEDA NO PERÍMETRO DOS PAVIMENTOS			
• Há andaime fachadeiro?			
• Se a resposta for <i>sim</i> passe para o item B5			
B4.1) Há proteção efetiva, constituída por anteparo rígido com guarda-corpo e rodapé revestido com tela (NR-18)			
Obs:			
B5) ABERTURAS NO PISO			
B5.1) Todas as aberturas nos pisos de lajes têm fechamento provisório resistente			
Obs:			
B6) PLATAFORMA DE PROTEÇÃO (bandeja salva-vidas)			

ATENÇÃO :

- Se apesar da atual fase da obra requisitá-las, mas elas não estiverem sendo utilizadas, marque **não** para todos os itens;
- Caso a fase atual ou o número de pavimentos da obra não exijam o uso de bandejas, marque **não se aplica** para todos os itens

B6.1) A plataforma principal de proteção está na primeira laje que esteja no mínimo um pé-direito acima do nível do terreno e tem largura de 2,50m + 0,80m(a 45°)(NR-18)

• se estiver em outra indique : _____

B6.2) Existem plataformas secundárias de proteção a cada 3 lajes, a partir da plataforma principal e tem 1,40 m + 0,80 m (a 45°) respectivamente (NR-18)

B6.3) As plataformas contornam toda a periferia da edificação (NR-18)

B6.4) Os painéis das bandejas são fixados com parafuso, borboletas ou solução equivalente

B6.5) A fixação das treliças é feita através de furo na viga, espera na laje ou solução equivalente

B6.6) O conjunto bandejas/treliças é pintado (caso não seja de madeira) e está em bom estado de conservação

B6.7) Há isolamento das áreas sujeitas aos riscos de queda de materiais e equipamentos.

Obs:

B7) SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA

B7.1) Há identificação dos locais de apoio (banheiros, escritório, almoxarifado, etc.) que compõe o canteiro (NR-18)

B7.2) Há alertas, quanto à obrigatoriedade do uso de EPI, específicos para a atividade executada, próximos ao posto de trabalho (NR-18)

B7.3) Existe identificação dos andares da obra

B7.4) Há advertências quanto ao isolamento das áreas de transporte e circulação de materiais por grua, guincho e guindaste (NR-18)

B7.5) Há uma placa no elevador de materiais, indicando a carga máxima e a proibição do transporte de pessoas (NR-18)

Obs:

B8) EPI's

B8.1) São fornecidos capacetes para os visitantes

B8.2) Independente da função, todo trabalhador está usando botinas e capacetes

B8.3) Os trabalhadores estão usando uniformes cedidos pela empresa (NR-18)

B8.4) Trabalhadores em andaimes externos ou qualquer outro serviço à mais de 2,0 m de altura, usam cinto de segurança com cabo fixado na construção (NR-18)

B8.5) É utilizado o cinto limitador de espaço durante a elevação até 1,20m de

altura.			
Obs:			
B9) INSTALAÇÕES ELÉTRICAS			
B9.1) Circuitos e equipamentos não têm partes vivas expostas, tais como fios desencapados (NR-18)			
B9.2) Os fios condutores estão em locais livres do trânsito de pessoas e equipamentos, de modo que está preservada sua isolação (NR-18)			
B9.3) Todas as máquinas e equipamentos elétricos estão ligados por conjunto plugue e tomada (NR-18)			
B9.4) As redes de alta tensão estão protegidas de modo a evitar contatos acidentais com veículos, equipamentos e trabalhadores (NR-18)			
B9.5) Junto a cada disjuntor há identificação do circuito / equipamento correspondente			
Obs:			
B10) ANDAIMES SUSPENSOS E SIMPLEMENTE APOIADOS			
B10.1) É revestido com tela e constituído por uma travessa superior a 1,20m de altura e intermediária a 0,70m e rodapé de 0,20m de altura. (NR-18)			
B10.2) Existe tela de arame, náilon ou outro material de resistência equivalente presa no guarda-corpo e rodapé (NR-18)			
B10.3) O andaime é sustentado por perfis I chumbados na laje através de braçadeiras ou dispositivo semelhante			
B10.4) Cada perfil I corresponde a sustentação de dois guinchos			
B10.5) Caso o andaime simplesmente apoiado seja apoiado sobre cavaletes, o piso de trabalho tem altura máxima de 2,0 m e largura superior a 0,90 m. (NR-18)			
B10.6) Andaimos (simplesmente apoiado) com piso de trabalho superior a 1,50 m de altura são providos de escadas ou rampas. (NR-18)			
B10.7) Os andaimos suspensos são dotados de placa de identificação, colocada em local visível, onde conste a carga máxima de trabalho permitida. (NR-18)			
B10.8) Há verificação diária dos dispositivos de sustentação dos andaimos suspensos antes do início dos trabalhos. (NR-18)			
Obs:			
B11) PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO			
B11.1) O canteiro possui extintor de incêndio próximo a serra elétrica.			
B11.2) O canteiro possui extintor de incêndio próximo ao almoxarifado.			
B11.3) O canteiro possui extintor de incêndio próximo ao depósito de materiais inflamáveis (marcar "Não se aplica" caso este esteja dentro do almoxarifado).			
B11.4) O canteiro possui extintor de incêndio próximo ao depósito de madeiras.			
B11.5) Indicar outros locais onde há a presença de extintores.			

Especifique:					
B11.6) Há um sistema de alarme.					
B11.7) O canteiro possui equipes de operários treinadas para o primeiro combate ao fogo.					
Obs:					
B12) GUINCHO					
B12.1) A torre do guincho é revestida com tela (NR-18)					
B12.2) As rampas de acesso à torre são dotadas de guarda-corpo e rodapé, sendo planas ou ascendentes no sentido da torre (NR-18)					
B12.3) Há algum sistema de amortecimento para plataforma do elevador no térreo					
B12.4) O posto de trabalho do guincheiro é isolado e possui cobertura de proteção contra queda de materiais (NR-18)					
B12.5) Há assento ergonômico para o guincheiro (NR-18)					
B12.6) A plataforma do elevador é dotada de contenções laterais em todas as faces (porta nas faces em que há carga / descarga) (NR-18)					
B12.7) No térreo, o acesso à plataforma do elevador é plano, não exigindo esforço adicional para empurrar carrinhos/gericas					
B12.8) Nas concretagens são deixados ganchos de ancoragem nos pavimentos para atirantar a torre do guincho					
B12.9) A plataforma do elevador possui cobertura (NR-18)					
Obs:					
B13) GRUA					
B13.1)A grua está aterrada, com a ponta da lança afastada no mínimo 3 metros de obstáculos e da rede de alta tensão.					
B13.2)Há comunicação direta (visual, rádio) ente o operador da grua e o apontador de lança.					
B13.3)As operações realizadas são suaves, sem arranques e paradas bruscas ou içamentos oblíquos.					
B13.4)Existe delimitação das áreas de carga e descarga de materiais (NR-18).					
B13.5)A grua possui alarme sonoro que é acionado pelo operador quando há movimentação de carga (NR-18).					
Obs:					
NOTA DE SEGURANÇA NA OBRA					
PONTOS POSSÍVEIS (PP)		PONTOS OBTIDOS (PO)		NOTA: (PO / PP) X 10	

C) SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS	S	N	NA
C1) VIAS DE CIRCULAÇÃO			
C1.1) Há contrapiso nas áreas de circulação de materiais ou pessoas			
C1.2) Existe cobertura para transporte de materiais da betoneira até o guincho			
C1.3) É permitido o trânsito de carrinhos/gericas perto dos estoques em que tais equipamentos fazem-se necessários			
C1.4) Há caminhos previamente definidos para os principais fluxos de materiais, próximo ao guincho, e nas áreas de produção de argamassa e armazenamento			
Obs:			
C2) ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS			
CIMENTO			
C2.1) Existe estrado sob o estoque de cimento			
C2.2) As pilhas de cimento têm no máximo 10 sacos			
C2.3) O estoque está protegido da umidade em depósito fechado e coberto.(Caso não exista depósito há cobertura com lona ou outro dispositivo)			
C2.4) É praticada estocagem do tipo PEPS (o primeiro saco à entrar é o primeiro à sair), utilizando, por exemplo, marcação da data de entrega em cada saco			
C2.5) No caso das pilhas estarem adjacentes à paredes (do depósito ou não), há uma distância mínima de 0,30 m para permitir a circulação de ar			
Obs:			
AGREGADOS E ARGAMASSA			
C2.6) As baias para areia/brita/argamassa têm contenção em três lados			
C2.7) As baias têm fundos cimentados para evitar contaminação do estoque			
C2.8) A areia é descarregada no local definitivo de armazenagem (não há duplo manuseio)			
C2.9) A argamassa é descarregada no local definitivo de armazenagem (não há duplo manuseio)			
C2.10) As baias de areia e argamassa estão em locais protegidos da chuva ou tem cobertura com lona			
C2.11) As baias de areia e argamassa estão próximas da betoneira • Estime as distâncias em metros : _____			
Obs:			
ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA			
C2.12) A argamassa é descarregada no local definitivo de armazenagem (não há duplo manuseio)			
C2.13) O material é estocado em local protegido de chuvas			
C2.14) A altura máxima da pilha é menor ou igual a 10 sacos			
C2.15) Há proteção contra a umidade na base (por exemplo, estrado de madeira)			

C2.16) Há espaçamento lateral entre os sacos e as paredes			
C2.17) Existe política de usar primeiramente o material estocado há mais tempo em relação aos estocados mais recentemente (PEPS)			
Obs:			
TIJOLOS/BLOCOS			
C2.18) O estoque está em local limpo e nivelado, sem contato direto com o solo			
C2.19) É feita a separação de tijolos por tipo			
C2.20) As pilhas de tijolos têm até 1,80 m de altura			
C2.21) Os tijolos são descarregados no local definitivo de armazenagem			
C2.22) O estoque está em local protegido da chuva ou tem cobertura com lona			
C2.23) O estoque está próximo do guincho			
• Estime a distância em metros			
Obs:			
AÇO			
C2.24) O aço é protegido do contato com o solo, sendo colocado sobre pontaletes de madeira e uma camada de brita			
C2.25) Caso as barras estejam em local descoberto, há cobertura com lona			
C2.26) As barras de aço são separadas e identificadas de acordo com a bitola (NR-18)			
Obs:			
TUBOS de PVC			
C2.27) Os tubos são armazenados em camadas, com espaçadores, separados de acordo com a bitola das peças (NR-18)			
C2.28) Os tubos estão estocados em locais livres da ação direta do sol, ou tem cobertura com lona			
Obs:			
C3) PRODUÇÃO DE ARGAMASSA/CONCRETO			
C3.1) A betoneira está próxima do guincho			
• estime a distância em metros : _____			
C3.2) A betoneira descarrega diretamente nos carrinhos/masseiras			
C3.3) Há indicações de traço para a produção de argamassa, e as mesmas estão em local visível			
C3.4) A dosagem do cimento é feita por peso			
C3.5) A dosagem da areia é feita com equipamento dosador (padiola, carrinho dosador ou equipamento semelhante que padronize a dosagem)			
C3.6) A dosagem da água é feita com equipamento dosador (recipiente graduado, caixa de descarga ou dispositivo semelhante)			
Obs:			
NOTA DE MOMOVIMENTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS			

PONTOS POSSÍVEIS (PP)	PONTOS OBTIDOS (PO)	NOTA: (PO / PP) X 10

NOTA GLOBAL DO CANTEIRO

$\frac{\text{Nota Inst. Prov.} + \text{Nota Seg.} + \text{Nota Mov. e Arm}}{3} =$	
---	--

D) GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO CANTEIRO	S	N	NA
D1) DISPOSIÇÃO DO RESÍDUO			
D1.1) Os resíduos estão depositados em local adequado, de forma a não prejudicar a segurança e circulação de materiais e pessoas			
D1.2) Existe separação dos resíduos em Classe A, Classe B, Classe C e Classe D <i>Classe A</i> - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras. <i>Classe B</i> - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros. <i>Classe C</i> - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso. <i>Classe D</i> - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros. Classificação conforme Resolução CONAMA 307 (2002)			
D1.3) Os resíduos estão armazenados em locais que eliminam a possibilidade de mistura com solo argiloso			
D1.4) Os resíduos estão protegidos da chuva ou tem cobertura com lona			
D1.5) O entulho é transportado para o terreiro através de equipamento adequado			
Obs:			
D2) TRANSPORTE DO RESÍDUO			
D2.1) Os resíduos são encaminhados para locais adequados de descarga estabelecidos pelo município (se existe)			
Obs:			
D3) REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM DO RESÍDUO			
Caso, o resíduo "Classe A" seja reaproveitado na obra como agregado reciclado:			
D3.1) Há equipamento adequado para trituração dos resíduos na obra, que elimine a possibilidade de contaminação do resíduo			

D3.2) Há caixas coletoras adequadas para armazenamento do entulho reciclado			
D3.3) Há documentação que evidencie o estabelecimento e realização de ensaios tecnológicos nos concretos, argamassas e elementos produzidos com o resíduo.			
D3.4) Os elementos utilizados com o entulho reciclado são facilmente rasteáveis.			
Obs:			
NOTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DO CANTEIRO			
PONTOS POSSÍVEIS (PP)	PONTOS OBTIDOS (PO)	NOTA: (PO / PP) X 10	

FONTE: Costa *et al.*, 2005