

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

**ANÁLISE DE INDICADORES DA GESTÃO DE PRODUÇÃO EM OBRAS
CORPORATIVAS**

Autora: Leiza Silva Mergh

Orientadora: Profa. Dra. Sidnea Eliane Campos Ribeiro

Coorientadora: Profa. Dra. Danielle Meireles de Oliveira

Belo Horizonte

Fevereiro/2019

Leiza Silva Mergh

**ANÁLISE DE INDICADORES DA GESTÃO DE PRODUÇÃO EM OBRAS
CORPORATIVAS**

Dissertação apresentada a Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Construção Civil. Área de concentração: Tecnologia na Construção Civil. Linha de pesquisa: Gestão na Construção Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Sidnea Eliane Campos Ribeiro

Coorientadora: Profa. Dra. Danielle Meireles de Oliveira

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2019

Leiza Silva Mergh

ANÁLISE DE INDICADORES DA GESTÃO DE PRODUÇÃO EM OBRAS CORPORATIVAS

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Construção Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

Belo Horizonte, 19 de fevereiro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Sidnea Eliane Campos Ribeiro
Orientadora - UFMG/DEMC

Profa. Dra. Danielle Meireles de Oliveira
Coorientadora - UFMG/DEMC

Prof. Dr. Hisashi Inoue
UFSJ

Profa. Dra. Carmen Couto Ribeiro
UFMG/DEMC

O correr da vida embrulha tudo, a vida é assim: esquenta e esfria, aperta e depois afrouxa, sossega e depois desinquieta.

O que ela quer da gente é coragem.

João Guimarães Rosa

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família pelo amor, incentivo e apoio incondicionais.

À professora Sidnea, agradeço não apenas pelo trabalho de orientação e pelos conhecimentos transmitidos, mas também pela disponibilidade, atenção, compreensão, confiança e apoio.

À professora Danielle sempre atenciosa e gentil, agradeço pela coorientação, disponibilidade e valiosa ajuda.

À professora Carmen, sempre positiva, pela extrema confiança.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da UFMG, pelos ensinamentos e contribuições para este trabalho.

À Deus.

RESUMO

A melhoria no setor da construção civil tem sido objeto de estudos e esforços nos últimos 20 anos e o papel do sistema de Planejamento e Controle da Produção (PCP) é fornecer informações e modelos para gestão eficiente dos recursos, focando nas estratégias para melhoria da produtividade e gerando valor através das prioridades competitivas como custo, qualidade, flexibilidade, sequência executiva e segurança. Uma das ferramentas mais importantes do PCP é o *Last Planner System* (LPS) comumente utilizado nas indústrias manufatureiras e seu principal indicador é o Percentual de Planejamento Concluído (PPC). Outro indicador de planejamento, é o Desvio de Ritmo (DR) que identifica possíveis atrasos das atividades com relação ao planejado. Além disso, é cada vez mais comum a medição do desempenho para controlar resultados e os indicadores mais utilizados são o Desvio de Custo (DC) e o Desvio de Prazo (DP). O presente estudo analisa as correlações entre os indicadores de planejamento, PPC e DR e os indicadores de desempenho, DP e DC, em dois empreendimentos para uso corporativo em seu ciclo completo de 22 e 21 meses. Foram realizadas análises das características de cada obra, além das análises estatísticas de correlação, regressão simples linear, quadrática, cúbica e regressão múltipla, a fim de se obter equações práticas entre os indicadores e a comprovação estatística da relação entre as variáveis. Constatou-se que há correlação entre as variáveis envolvidas e verificou-se a influência que cada indicador exerce no comportamento do outro, podendo comprovar que o prazo é muito influenciado pelo ritmo e que o PPC exerce influência nos resultados do DC, DP e DR. Nos testes de regressão múltipla os resultados mais significativos foram encontrados nas equações onde se manifestavam todas as variáveis. Como principal conclusão, aponta-se que os valores obtidos nos testes de regressão sugerem que outras variáveis, além do PPC e DR, não consideradas nesta análise, influenciam os valores dos indicadores de desempenhos DC e DP.

Palavras-chave: *Last Planner*. Planejamento e Controle da Produção. Desvio de Custo. Desvio de Prazo. Desvio de Ritmo.

ABSTRACT

The improvement in the civil construction field has been the object of studies and efforts in the last 20 years, and the role of the Production Planning and Control Process (PCP) system is to provide information and models for efficient resource management, focusing on strategies for improvement of productivity and generating value through competitive priorities such as cost, quality, flexibility, executive sequencing and security. One of the most important tools of the PCP is the Last Planner System (LPS), commonly used in manufacturing industries, and its main indicator is the Percent Plan Complete (PPC). Another planning indicator is the Rhythm Deviation (RD) that identifies possible delays of the activities in relation to the planned. In addition, it is common to measure performance to control outcomes and the most commonly used indicators are Time Deviation (TD) and Cost Deviation (CD). The present study analyzes the correlations between the planning indicators, PPC and RD and the indicators of performance, TD and CD, in two projects with 22 and 21 months of cycle. Analyzes of the characteristics of each construction were performed, in addition to the statistical analysis of correlation, simple linear regression, quadratic and cubic regression and multiple regression, in order to obtain practical equations between the indicators and statistical proof of the relations between the variables. It was verified that there is a correlation between the variables involved and it was verified the influence that each indicator exerts on the performance of the other, being able to prove that TD is very influenced by the RD and that the PPC exerts influence in the results of the CD, TD and RD. In the multiple regression tests the most significant results were found in the equations where all the variables appeared. As a main conclusion, it is pointed out that the values obtained in the regression tests suggest that other variables besides PPC and RD, not considered in this analysis, influence the values of the indicators CD and TD.

Keywords: Cost deviation, Rhythm deviation, Last planner, PCP, Time deviation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – As Fases da Dimensão Horizontal	7
Figura 3.2 – Dimensão Vertical do Processo Hierarquizado	8
Figura 4.1 – Etapas do Desenvolvimento da Pesquisa	30
Figura 5.1 – Avanço Físico Mensal Previsto e Realizado – Empreendimento 1 ...	43
Figura 5.2 – Avanço Físico Acumulado Previsto e Realizado – Empreendimento 1	44
Figura 5.3 – Desvio de Prazo – Empreendimento 1	45
Figura 5.4 – Prazo Previsto x Prazo Executado – Empreendimento 1	46
Figura 5.5 – Desvio de Ritmo – Empreendimento 1	46
Figura 5.6 – Desvio de Custo – Empreendimento 1	47
Figura 5.7 – Desvio de Prazo x Desvio de Custo – Empreendimento 1	48
Figura 5.8 – PPC – Empreendimento 1	49
Figura 5.9 – Foto das Estacas de Contenção – Empreendimento 1	50
Figura 5.10 – Foto do Reforço da Fundação do Muro Vizinho – Empreendimento 1	51
Figura 5.11 – Foto dos Blocos de Funadação dos Poços de Elevadores – Empreendimento 1	51
Figura 5.12 – Foto do Molde das Molduras da Fachada – Empreendimento 1.....	52
Figura 5.13 – Avanço Físico Mensal Previsto e Realizado – Empreendimento 2.	53
Figura 5.14 – Avanço Físico Acumulado Previsto e Realizado – Empreendimento 2.....	54
Figura 5.15 – Desvio de Prazo – Empreendimento 2.....	55

Figura 5.16 – Prazo Previsto x Prazo Executado – Empreendimento 2.....	56
Figura 5.17 – Desvio de Ritmo – Empreendimento 2.....	57
Figura 5.18 – Desvio de Custo – Empreendimento 2.....	58
Figura 5.19 – Desvio de Prazo x Desvio de Custo – Empreendimento 2.....	59
Figura 5.20 – PPC – Empreendimento 2	60
Figura 5.21 – Foto da Estrutura no 7º pavimento – Empreendimento 1	63
Figura 5.22 – Foto do Subsolo – Empreendimento 1	63
Figura 5.23 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X$ ($Y = DP$ e $X = DR$).....	72
Figura 5.24 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X$ ($Y = DC$ e $X = DP$).....	72
Figura 5.25 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X$ ($Y = DC$ e $X = DR$).....	73
Figura 5.26 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X$ ($Y = DC$ e $X = PPC$)	73
Figura 5.27 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X$ ($Y = DP$ e $X = PPC$).....	74
Figura 5.28 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X$ ($Y = PPC$ e $X = DR$)	75
Figura 5.29 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X$ ($Y = DR$ e $X = DP$).....	75
Figura 5.30 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X$ ($Y = DP$ e $X = DC$).....	76
Figura 5.31 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X$ ($Y = DR$ e $X = DC$).....	77
Figura 5.32 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X$ ($Y = PPC$ e $X = DC$)	77
Figura 5.33 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X$ ($Y = PPC$ e $X = DP$).....	78
Figura 5.34 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X$ ($Y = DR$ e $X = PPC$)	78
Figura 5.35 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$ ($Y = DP$ e $X = DR$) .	81
Figura 5.36 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$ ($Y = DC$ e $X = DP$) .	82
Figura 5.37 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$ ($Y = DC$ e $X = DR$)	82
Figura 5.38 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$ ($Y = DC$ e $X = PPC$)	83

Figura 5.39 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$ ($Y = DP$ e $X = PPC$)	83
Figura 5.40 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$ ($Y = PPC$ e $X = DR$)	84
Figura 5.41 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$ ($Y = DR$ e $X = DP$) ..	84
Figura 5.42 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$ ($Y = DP$ e $X = DC$) .	85
Figura 5.43 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$ ($Y = DR$ e $X = DC$) .	85
Figura 5.44 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$ ($Y = PPC$ e $X = DC$)	86
Figura 5.45 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$ ($Y = PPC$ e $X = DP$)	86
Figura 5.46 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$ ($Y = DR$ e $X = PPC$)	87
Figura 5.47 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$ ($Y = DP$ e $X = DR$).....	89
Figura 5.48 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$ ($Y = DC$ e $X = DP$).....	89
Figura 5.49 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$ ($Y = DC$ e $X = PPC$)	90
Figura 5.50 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$ ($Y = DC$ e $X = DR$).....	91
Figura 5.51 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$ ($Y = DP$ e $X = PPC$)	91
Figura 5.52 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$ ($Y = PPC$ e $X = DR$).....	92

Figura 5.53 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$ ($Y = DR$ e $X = DP$).....	92
Figura 5.54 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$ ($Y = DP$ e $X = DC$).....	93
Figura 5.55 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$ ($Y = PPC$ e $X = DC$).....	93
Figura 5.56 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$ ($Y = DR$ e $X = DC$).....	94
Figura 5.57 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$ ($Y = PPC$ e $X = DP$).....	94
Figura 5.58 – Representação do Modelo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$ ($Y = DR$ e $X = PPC$)	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Exemplo de planejamento de médio prazo - lookahead	11
Tabela 4.2 – Classificação DP	36
Tabela 4.3 – Classificação DR	37
Tabela 4.4 – Classificação PPC.....	38
Tabela 5.1 – Resumo dos testes de correlação entre as variáveis	66
Tabela 5.2 – Resultado dos testes de correlação encontrados por Pereira C. (2018)	67
Tabela 5.3 – Resumo dos testes de correlação encontrados por Pereira M. (2017)	68
Tabela 5.4 – Comparativo dos testes de correlação	68
Tabela 5.5 – Resultados obtidos para o modelo $Y = a + b. X$	71
Tabela 5.6 – Resultados obtidos para o modelo $Y = a + b. X + c. X^2$	80
Tabela 5.7 – Resultados obtidos para o modelo $Y = a + b. X + c. X^2 + d.X^3$	88
Tabela 5.8 – Resumo dos testes de regressão múltipla - DP variável dependente	95
Tabela 5.9 – Resumo dos testes de regressão múltipla - PPC variável dependente	96
Tabela 5.10 – Resumo dos testes de regressão múltipla - DR variável dependente	96
Tabela 5.11 – Resumo dos testes de regressão múltipla - DC variável dependente	97
Tabela 5.12 – Comparativo dos testes de regressão múltipla	97

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Significados dos valores do PPC	17
Quadro 3.2 - Coeficientes de correlação.....	21
Quadro 5.1 – Resumo dos indicadores dos empreendimentos para AF, PPC, DR, DP, e DC.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PCP - Planejamento e controle da produção

PPC - Percentual planejado concluído

DC - Desvio de custo

DP - Desvio de prazo

DR - Desvio de ritmo

AF - Avanço físico

AFM - Avanço físico mensal

AFA – Avanço físico acumulado

LPS - *Last Planner System*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	5
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
3.1	Planejamento e Controle da Produção.....	6
3.2	<i>Last Planner System (LPS)</i>	9
3.2.1	Planejamento Mestre ou de Longo Prazo	10
3.2.2	Planejamento Lookahead ou de Médio Prazo	10
3.2.3	Planejamento de Curto Prazo, Operacional ou de Comprometimento	12
3.3	Indicadores de Planejamento da Gestão da Produção	14
3.3.1	Avanço Físico e Desvio de Ritmo	14
3.3.2	Percentual de Planejamento Concluído	15
3.4	Indicadores de Desempenho da Gestão de Produção.....	17
3.4.1	Desvio de Custo.....	18
3.4.2	Desvio de Prazo.....	19
3.5	Análise Estatística	20
3.5.1	Análise de Correlação.....	20
3.5.2	Análise de Regressão.....	22
4	METODOLOGIA.....	28
4.1	Tipo de Pesquisa.....	28

4.1.1	Abordagem da Pesquisa.....	28
4.1.2	Estratégia da Pesquisa	28
4.2	Delineamento da Pesquisa	29
4.2.1	Etapa 1: Delimitação da Pesquisa	31
4.2.2	Etapa 2: Coleta e Levantamento dos Dados.....	34
4.2.2.1	Desvio de Custo (DC).....	34
4.2.2.2	Desvio de Prazo (DP)	35
4.2.2.3	Desvio de Ritmo (DR).....	36
4.2.2.4	Percentual de Planejamento Concluído (PPC).....	37
4.2.3	Etapa 3: Análise dos Resultados	38
4.2.3.1	Análise Inicial	38
4.2.3.2	Análise Estatística.....	39
4.2.3.2.1	Tratamento das Variáveis	39
4.2.3.2.2	Análise de Correlação de Pearson.....	40
4.2.3.2.3	Análise de Regressão	41
4.2.4	Etapa 4: Considerações Finais	41
5	RESULTADOS.....	42
5.1	Análise Inicial	42
5.1.1	Empreendimento 1.....	42
5.1.2	Comparativo dos Resultados Iniciais.....	60
5.2	Análise Estatística.....	64

5.2.1	<i>Análise de Regressão</i>	70
5.2.1.1	<i>Regressão Linear</i>	70
5.2.1.2	<i>Análise de Segundo e Terceiro Grau</i>	79
5.2.1.3	<i>Regressão Múltipla</i>	95
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
	APÊNDICE A – Avanços Físicos Mensais e Acumulados - Empreendimento 1 .	106
	APÊNDICE B – Avanços Físicos Mensais e Acumulados - Empreendimento 2 .	107
	APÊNDICE C – Valores dos indicadores calculados - Empreendimentos 1	108
	APÊNDICE D– Valores dos indicadores calculados - Empreendimento 2.....	109
	APÊNDICE E – Valores dos indicadores na escala transformada	110

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o estudo da produtividade em obras vem ganhando mais importância e a busca de melhores indicadores de qualidade e eficácia é um dos principais pontos enfatizados. Apesar de bastante estudado e do custo relativamente baixo de seu processo, o planejamento de obras ainda é uma incógnita para muitas construtoras brasileiras. Empresas mais estruturadas têm procurado se adequar ou desenvolver sistemas de planejamento às suas necessidades e perfil, mas existe uma parte que ainda não considera as ferramentas do planejamento como um meio de melhorar a produtividade e reduzir perdas. Implantar um sistema de planejamento e controle requer a remoção de barreiras culturais e o comprometimento das equipes envolvidas. Para tanto são importantes reuniões motivacionais com a mão de obra e levantamentos e registros de índices que permitam controlar, monitorar e premiar as melhores equipes, além de detectar focos de desvio com equipes não envolvidas com o sistema. Para Ballard (2000), planejamento e controle são atividades essenciais em qualquer ramo de atividade industrial, porém, o planejamento só se faz útil na medida em que o controle monitora, com base nos objetivos do empreendimento e na realização de ações corretivas.

Para Laufer e Tucker (1987), o Planejamento e Controle da Produção (PCP) é considerado extremamente importante e cumpre papel fundamental para que seja alcançado êxito na coordenação de todas as variáveis que compõem um empreendimento. Diversas empresas temem o excesso de burocracia e acreditam que os instrumentos de planejamento não atendam ao seu porte ou método de

trabalho. Muitas vezes, existe o planejamento, mas não existe controle, porém, os dados de produtividade e os modelos preditivos podem levar a planejamento e programação de obras mais precisos e mais qualificados, e que venham a permitir o estabelecimento de índices mais confiáveis e de cunho mais estratégico a serem adotados pelas empresas para manutenção e melhoria da eficácia de obras, como se busca atualmente nos programas de qualidade e produtividade existente em todo o país.

Qualquer empreendimento exige uma combinação de recursos (materiais, mão-de-obra, equipamentos e capital), que estão sujeitos a limites e restrições. A alocação de recursos, no devido tempo, somente é possível através de um eficiente sistema de planejamento, programação e controle que vai balizar a ação gerencial, identificando e quantificando os desvios relativos às previsões originais possibilitando a adoção de ações corretivas para se obter os resultados desejados.

O processo de planejamento e controle não deve ser confundido somente com a aplicação de técnicas de programação, pois tem um âmbito muito mais amplo, envolvendo diversas etapas, como coleta de dados e geração de plano, no qual são aplicadas as técnicas, controle, avaliação e replanejamento.

Sendo assim, a utilização dos conceitos, análises e técnicas, garante a busca sistemática da otimização de resultados operacionais dos empreendimentos, com estudos de ferramentas sobre as fontes de perda ou desperdício de valor, observadas durante a execução de suas atividades, minimizando a baixa produtividade e a incidência de perdas além de promover o controle e

acompanhamento de índices. Dessa forma, o papel da medição de desempenho é de extrema importância, para prover de informações essenciais o planejamento e controle dos processos.

Neste estudo analisou-se os dados da produtividade das equipes de mão de obra obtidos por meio do acompanhamento e levantamento de informações em dois empreendimentos para uso corporativo. Esses dados foram obtidos por meio da comparação sistemática do planejamento executivo de longo prazo, elaborado na fase de orçamentação da obra e os dados reais apurados no decorrer da obra, através do planejamento de curto prazo.

As obras de dois edifícios utilizados para fins corporativos com construções do tipo “*Shell Building*”, com salas em vãos livres foram acompanhadas em seu ciclo completo num período de 22 para uma obra e 21 meses para outra, entre 2015 a 2017 . Foram calculados para os empreendimentos os indicadores Avanço Físico (AF), Percentual de Planejamento Concluído (PPC), Desvio de Ritmo (DR), Desvio de Prazo (DP) e Desvio de Custo (DC). A partir da validação de um planejamento e orçamentos iniciais foram então calculados os avanços físicos e custos previstos das obras. Na sequência, com base no acompanhamento semanal sistemático, foram também calculados os avanços físicos reais e os custos reais. Com todos os dados calculados e validados, foram realizadas análises de correlação e regressão entre os índices e sua relação com uma possível redução do prazo de conclusão da obra e do custo global de produção.

Este estudo se justifica uma vez que é importante conhecer a cadeia de valor no processo produtivo e desenvolver esforços sistemáticos para eliminar ou reduzir o peso de atividades que não agregam valor ao produto final, buscando a garantia de fluxo contínuo, pois conforme Pinheiro (2011) esses passos podem ser fundamentais para a melhoria da produtividade, diminuição do desperdício como um todo, estimativa de custos de projetos futuros e para prover de informações essenciais o planejamento e controle de processos.

Foi verificado na bibliografia, alguns estudos que utilizam os índices de desempenho para avaliar os impactos do sistema PCP no sistema de gestão. Nesse segmento pode-se destacar os trabalhos de Bortolazza (2006), Moura (2008), Pereira, M. (2017) e Pereira, C. (2018).

Pereira, M. (2017) estudou o desempenho do empreendimento quanto às metas de custo e prazo em obras residenciais. Já Pereira, C. (2018) buscou investigar a eficácia do sistema quanto às metas de custos, prazo e avanço físico.

Dessa forma, neste estudo pretende-se complementar os trabalhos iniciados por Pereira, M. (2017) e Pereira, C. (2018), em obras para uso corporativo e entender a possível relação entre a eficácia do sistema de planejamento e controle da produção e o desempenho do empreendimento quanto às metas de custos, prazos e ritmo.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho é coletar, processar e analisar os indicadores gerados a partir dos planejamentos de longo e curto prazo dos empreendimentos selecionados, comparando e analisando a evolução de alguns indicadores de planejamento e desempenho estabelecidos para este estudo buscando quantificar e compreender suas relações, contribuindo para a consolidação e refinamento desses indicadores na construção de edifícios corporativos.

Para alcançar o objetivo geral, alguns objetivos específicos foram definidos para o estudo, tais como:

- selecionar, coletar e analisar variáveis do sistema de planejamento e controle da produção para os empreendimentos em estudo;
- estudar os planejamentos iniciais e compará-los com o executado nos empreendimentos, verificando a eficácia e as metas previstas para custo, prazo e ritmo através do avanço físico;
- verificar e determinar a existência e a natureza da relação entre os indicadores de desempenho, Desvio de Custo (DC) e o Desvio de Prazo (DP) e os indicadores de planejamento, Desvio de Ritmo (DR) e Percentual de Planejamento Concluído (PPC).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo foi elaborada a revisão bibliográfica para apresentar a evolução sobre o tema planejamento e controle da produção (PCP) no contexto da construção civil. Também será realizada uma revisão a respeito de indicadores de planejamento e desempenho.

3.1 Planejamento e Controle da Produção

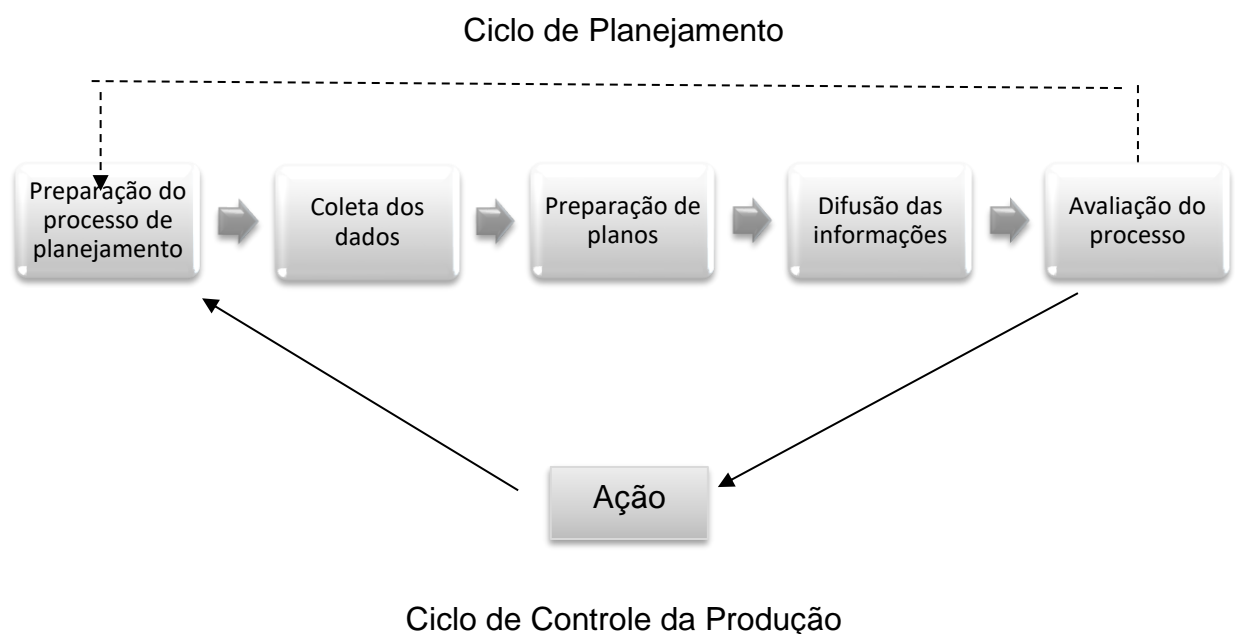
O PCP tem sido muito estudado por diversos autores desde final da década de 1980. De acordo com Laufer e Tucker (1987), o processo de planejamento e controle da produção deve ser entendido como atividades indissociáveis que fazem parte de um processo gerencial. O planejamento estabelece as metas e indica como elas serão cumpridas, enquanto que o controle acompanha o desempenho das atividades propostas pelo planejamento, garante que o caminho seja mantido e determina o uso de ações corretivas, quando necessário. Coelho (2003) acrescenta que o planejamento deve estabelecer as atividades a serem executadas; os métodos a serem utilizados; os recursos a serem empregados; o sequenciamento e a programação das atividades.

Nas três últimas décadas, a melhoria no setor da construção civil tem sido objeto de estudos e esforços numa tentativa de medir e melhorar os índices de desempenho de produtividade. Segundo Paez *et al.* (2005), a construção tem buscado aplicar técnicas da indústria, porém as diferenças entre os processos de fabricação industrial e de construção mostraram que nem todas as ferramentas se aplicam, mas que adaptadas compartilham muitos elementos comuns. Neste contexto, o sistema de PCP fornece informações e modelos para gestão eficiente

dos recursos, focando nas estratégias para melhoria da produtividade e geração de valor através das prioridades competitivas como custo, qualidade, flexibilidade, sequência executiva e segurança.

Para Laufer e Tucker (1987), o processo de PCP é representado em duas dimensões: vertical e horizontal, onde na horizontal o planejamento é composto por cinco etapas: preparação do processo de planejamento e controle, coleta de dados, preparação de planos, difusão de informações e avaliação do processo de planejamento, configurando um ciclo contínuo, com aplicações de ações corretivas caso seja necessário, como mostra a Figura 3.1.

Figura 3.1 – Fases da dimensão horizontal



Fonte: Adaptado de Laufer e Tucker (1987 *apud* COELHO, 2003, p. 26).

Na dimensão vertical o processo é hierarquizado, vinculando cada etapa a um nível gerencial da organização (Figura 3.2). Laufer e Tucker (1987) defendem que as gerências devem participar das decisões de planejamento uma das outras, em maior ou menor grau. Os processos são divididos em horizontes de longo prazo, estratégico; médio prazo, tático e curto prazo, operacional. Segundo Coelho (2003) essa divisão se faz necessária devido a complexibilidade, variabilidade e nível de incerteza dos processos de produção dos empreendimentos.

Figura 3.2 – Dimensão Vertical do Processo Hierarquizado



Fonte: Oliveira, Djalma, 2007, p. 15 (adaptado).

Ballard (1994) diz que uma das maneiras mais eficazes para melhorar a produtividade, reduzindo atrasos, combinando mão de obra disponível, trabalhando na sequência executiva e coordenando diversas atividades interdependentes, é melhorando o planejamento e que essa melhoria deve superar vários obstáculos comuns na indústria da construção civil.

Na busca dessa melhoria por modernização gerencial no setor da construção, surgiram inúmeras abordagens para a eficácia dos processos gerenciais e melhoria da produtividade em obras através do PCP (AKKARI *et al.*, 2004). A melhoria na prática não pode ser alcançada sem uma teoria aprimorada, pois esta fornece uma explicação do comportamento observado e contribui para compreensão e previsão do comportamento futuro (KOSKELA; VRIJHOEF, 2000).

Corroborando com essa ideia, Bortolazza (2006) afirma que devido às deficiências observadas na prática e a sua importância, o PCP vem recebendo bastante atenção por parte da comunidade acadêmica nas últimas décadas, atualmente assumindo relevância nas pesquisas relacionadas a este tema.

Para atender a necessidade da hierarquização apontada por Laufer e Tucker (1987) surge, em meados dos anos 90, o *Last Planner System* (LPS), tendo como objetivo principal evitar o detalhamento excessivo nos planos iniciais dos empreendimentos.

3.2 *Last Planner System* (LPS)

Muitas são as formas que podem ser utilizadas para planejar o processo construtivo, uma delas é o LPS que, conforme Ballard (2000), aumenta a confiabilidade do plano e pode minimizar desperdício de tempo e custos reduzindo a variabilidade do fluxo de trabalho. No LPS o planejamento é decomposto em planejamento de longo prazo ou planejamento mestre, de médio prazo e de curto prazo.

3.2.1 *Planejamento Mestre ou de Longo Prazo*

O planejamento de longo prazo da produção ou plano mestre deve conter de forma global todo o trabalho que será executado na obra. Segundo Bernardes *et al.* (2000), nesse plano devem ser estabelecidas as datas de início e fim de cada uma das etapas e processos de produção da obra, definindo-se os ritmos e a ordem em que deverão ser executados. Segundo Coelho (2003), esse plano tem como principal função identificar os principais objetivos estratégicos e táticos do empreendimento, além de manter a alta gerência informada sobre as atividades que estão sendo realizadas (BERNARDES, 2001).

3.2.2 *Planejamento Lookahead ou de Médio Prazo*

O planejamento de médio prazo, também chamado *Lookahead*, caracteriza a forma como o planejador deve lidar com esse nível de planejamento, antevendo problemas, restrições e ajustando ritmos, quando necessário (COELHO, 2003). Ele é móvel, pois a cada semana se insere uma nova semana no horizonte de planejamento, vinculando o plano mestre e os planos de curto prazo ou planos operacionais, como pode ser observado na Tabela 3.1. No planejamento de médio prazo, os serviços que estão definidos no plano mestre são detalhados e organizados em pacotes de trabalho que deverão ser executados (FORMOSO *et al.*, 1999). De acordo com Ballard e Howell (1998), é uma fase em que se protege as unidades de produção das incertezas, permitindo que melhore a produtividade à jusante de forma que não tenha nenhuma restrição à execução dos pacotes de trabalho e assim possam ser inseridos no planejamento de curto prazo.

Na Tabela 3.1 pode-se observar o fluxo de trabalho, que de acordo com Ballard (2000), pode ser entendido como o movimento de informações e materiais através das unidades de produção. Para a construção civil, as equipes são móveis e o fluxo de trabalho é definido pela sua movimentação e pela sequência executiva.

Tabela 3.1 - Exemplo de planejamento de médio prazo - *lookahead*

Esquadrias Fachada - Atualização 23/11/17 – Lookahead						
Responsáveis Processo	Obra	Emp. Aluminio	Obra	Emp. Aluminio	Emp. Aluminio	Emp. Aluminio
	Sical/Reb	Ancor.	CM	Coluna	Folha	Vidro/Arrem
Ciclo (dias)		15		15	15	10
Fachada 9 (Pele vidro)	OK OK		- -	19/11/17 11/12/17	14/12/2017 6/1/18	07/01/2018 21/1/18
Fachada 9 (Venez.)	26/10/17 20/11/17	OK OK	- -	23/11/17 15/12/17	16/12/2017 8/1/18	11/01/2018 25/1/18
Fachada 3 (Pele)	03/11/09 13/11/17	OK OK	- -	19/11/17 11/12/17	14/12/2017 5/1/18	07/01/2018 21/1/18
Fachada 3 (Entre vãos)	26/10/17 04/12/17	- -	26/10/17 15/12/17	16/12/2017 8/1/18	11/01/2018 1/2/18	02/02/2018 16/2/18
Fachada 4 (Pele vidro)	03/11/17 24/11/17	25/11/17 17/12/17	- -	18/12/2017 12/1/18	13/01/2018 3/2/18	04/02/2018 18/2/18
Fachada 4 (Entre vãos)			23/11/17 11/12/17	14/12/2017 6/1/18	07/01/2018 28/1/18	29/01/2018 12/2/18
Fachada 2 (Pele Vidro)	03/11/17 20/11/17	OK OK	- -	23/11/2017 15/12/17	16/12/2017 8/1/18	11/01/2018 25/1/18
Fachada 2 (Entre vãos)		- -	03/11/17 04/12/17	07/12/2017 30/12/17	31/12/2017 22/1/18	25/01/2018 8/2/18
Fachada 2 (Veneziana)	11/11/17 23/11/17	OK OK		30/11/17 22/12/17	23/12/2017 15/1/18	17/01/2018 1/2/18
Fach. 5 (P.Vidr/Venez)	03/11/17 11/12/17	14/12/2017 16/12/17		17/12/2017 11/1/18	12/01/2018 2/2/18	03/02/2018 17/2/18
Fachada 5 (Pele Vidro)	16/11/17 11/12/17	- -		14/12/17 6/1/18	07/01/2018 28/1/18	29/01/2018 12/2/18
Fachada 5 (Entre vãos)	03/11/17 13/11/17	- -	14/12/17 31/12/17	04/01/2018 25/1/18	26/01/2018 16/2/18	17/02/2018 3/3/18
Fachada 1 (Venez.)	03/11/17 11/12/17	OK OK		14/12/2017 6/1/18	07/01/2018 28/1/18	29/01/2018 12/2/18

Considerações: itens amarelos atrasaram em relação à semana anterior

Fachada 3 (Entre vãos) : A obra tem previsão de atrasar 6 dias para entregar CM

Fachada 4 (Pele vidro) : A obra está liberando para a empresa aluminio entrar no dia 25/11 – Atraso 2 dias

Fachada 5 (Pele vidro) : Em 20/11 serviço de reboco paralisado devido a interferência c/ granito aerado 9 dias

Fachada 1 (Veneziana) : Serviço paralisado devido a sobreposição de balancins na fachada 5 – atraso 14 dias

Fonte: Adaptado de Ballard (1997 apud BERNARDES, 2001, p.30).

De acordo com Ballard (2000) as funções do processo *lookahead* podem ser resumidas em:

a) modelar o fluxo de trabalho na melhor sequência, visando o cumprimento dos objetivos do empreendimento;

- b) balancear o fluxo de trabalho e a capacidade da mão de obra;
- c) separar as atividades do planejamento de longo prazo em pacotes de trabalho e operações;
- d) desenvolver métodos detalhados para a execução do trabalho;
- e) manter estoque de tarefas prontas para a execução;
- f) atualizar e revisar, quando necessário, os níveis de programação superiores.

Assim conclui-se que todo o processo de planejamento de médio prazo visa garantir uma melhor qualidade aos planos de curto prazo, pois nesta etapa é possível efetuar o gerenciamento das atividades antes de sua execução. A ausência do planejamento *lookahead* resulta em menor confiabilidade do processo de produção e mais incertezas, podendo gerar retrabalhos e maiores custos para os obras.

3.2.3 *Planejamento de Curto Prazo, Operacional ou de Comprometimento*

O planejamento de curto prazo ou planejamento operacional, segundo Coelho (2003) orienta diretamente a execução da obra e é realizado em ciclos semanais, sendo elaborado juntamente com a equipe da obra (mestres, encarregados, líderes de equipes e empreiteiros). De acordo com Ballard e Howell (1998) é nesta fase que os recursos referentes à mão de obra, materiais, ferramentas e equipamentos serão atribuídos aos pacotes de serviços e a equipe responsável pela sua execução deve selecionar os pacotes que possam ser cumpridos. Coelho (2003) denominou o planejamento de curto prazo como planejamento de comprometimento, uma vez que os responsáveis pela sua elaboração se envolverão e responsabilizarão com a execução e o produto final desse planejamento é uma lista de tarefas a serem realizadas no horizonte de curto prazo.

Ainda segundo Coelho (2003), o produto do planejamento de curto prazo é um plano detalhado suficiente para que não ocorram dúvidas de como deve ser

executado, desta forma, o plano de curto prazo pode ser representado através de uma lista que inclui as tarefas a serem executadas na semana, conforme exemplificado na Tabela 3.2.

Na coluna “atividade” da Tabela 3.2 são apontadas as tarefas que serão executadas na semana seguinte à elaboração do plano. Então, nas colunas que correspondem aos dias de trabalho são anotados com um “X” os dias em que serão executadas as tarefas. A próxima coluna, “OK”, se assinalada, mostra que a tarefa foi concluída. A outra coluna é para que se possa anotar o responsável pela execução da tarefa e a última para registrar a causa real do problema que impossibilitou a conclusão 100% do pacote de trabalho.

Tabela 3.2 - Exemplo de planejamento de curto prazo

PLANO DE PRODUÇÃO SEMANAL						07/03 a 11/03/16			
ATIVIDADE	DIA DA SEMANA					STAF	RESPONSÁVEL	PROBLEMA	
	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª				
1	Estrutura dry wall 3º Pavto		x	x	x		OK	geसेiro 1	
2	Emplacamento dry wall 3º Pavto				x	x	OK	geसेiro 1	
3	Reboco pano 12 - sem espalas 9º - 8º - 7º - 6º		x	x	x	x		pedreiro 1	MO desviada da função
4	Limpeza 1o. Pavto p/ pintura - 15%	x	x	x	x	x	OK	servente 1	
5	Encunhamento portaria	x	x	x			OK	equipe 1	
6	Montagem balancim pano 11 lado reboco			x	x	x	OK	equipe 1	
7	Poço elevador limpeza e calafetação	x	x	x	x	x	OK	servente 2	
8	Barrilete da loja - chapisco, ponto			x	x	x	OK	equipe 1	
Nº Prev.: 8									
Nº Real: 7									
PPC: 0,88 (nº Real/ nº Previsto)									

Fonte: Adaptado de Ballard e Howell (1997 apud BERNARDES, 2001, p.32).

Ao final do ciclo que pode ser diário, semanal ou quinzenal, deve ser realizado o monitoramento das metas executadas, bem como o registro das causas pelas quais o planejado não foi cumprido (BERNARDES, 2001). Pode-se observar na Tabela 3.2 que o valor do indicador, PPC nesse exemplo é de 0,88 (88,0%).

Cada um desses planejamentos (planejamento mestre, *Lookahead* e planejamento operacional ou de curto prazo) gera um ou mais indicadores que poderão ser utilizados nas tomadas de decisões e também no aprimoramento dos próximos serviços assim como nas novas obras a serem executadas.

3.3 Indicadores de Planejamento da Gestão da Produção

Com o objetivo de detectar problemas e diminuir as restrições, o processo de planejamento e controle da produção possui vários ciclos de retro-alimentação onde tanto a produtividade quanto o planejamento sofrem avaliações e ajustes (LANTELME; TZORTZORTPOULOS; FORMOSO, 2001). Sendo assim, a efetivação destes ciclos requer um grupo de indicadores - Avanço Físico (AF), Desvio de Ritmo (DR) e Percentual de Planejamento Concluído (PPC), que ofereça os dados e fatos necessários à tomada de decisão em cada fase do planejamento.

3.3.1 Avanço Físico e Desvio de Ritmo

Segundo Moura e Formoso (2009), no planejamento de longo prazo, define-se o sequenciamento e a duração com um ritmo que gera os indicadores de avanço físico, com projeções de atrasos e adiantamentos da obra. Para os mesmos autores, a definição dos ritmos é realizada a partir da avaliação do volume e da capacidade de produção da empresa, além de aspectos relacionados às dependências entre atividades.

De acordo com Pereira, A. (2010), o avanço físico (AF) é calculado em percentual, através do cronograma e representa o avanço real dos serviços executados mensalmente sendo comparado ao avanço planejado dentro desse mesmo período. Essa comparação é gráfica e realizada através das análises entre as curvas do prazo previsto *versus* a projeção do prazo realizada.

O Ritmo (R) é a taxa de produção ou razão de execução definido em número de unidade por tempo ou seja, o tempo necessário para execução de cada unidade de repetição, que para um edifício único, pode ser o pavimento (PRADO, 2002). Esse

indicador consegue mostrar com qual velocidade pode-se produzir um determinado produto ou serviço em um intervalo de tempo. Acompanhando este indicador, é possível analisar como a velocidade executada atende a demanda estabelecida. Segundo Costa (2003), o desvio de ritmo (DR) é um indicador que tem por objetivo identificar possíveis atrasos das atividades com relação ao planejado, devido a queda do ritmo de uma ou mais atividades da obra.

De acordo com Costa [201-?] o desvio de ritmo (DR) pode ser calculado utilizando a equação (3.1).

$$DR = \frac{\textit{Percentual Executado}}{\textit{Percentual Planejado}} \times 100 \quad (3.1)$$

3.3.2 *Percentual de Planejamento Concluído*

Ballard (2000) afirma que o sistema de planejamento é mensurado através do resultado da execução dos planos e para isto é utilizado o Percentual de Planejamento Concluído (PPC), que pode ser considerado como o principal indicador do processo da produção.

Devido à alta variabilidade existente no processo de produção da construção civil, é necessário o seu constante acompanhamento e monitoramento com a finalidade de remover as restrições e diminuir as incertezas, mantendo a sua confiabilidade.

Este indicador é definido pelo planejamento de curto prazo e avalia a eficácia do processo de PCP. Através dele é possível identificar os problemas na execução de tarefas, orientar a implementação de ações corretivas e evitar repetições de erros. Também avalia o grau de comprometimento dos subempreiteiros, uma vez que controla os pacotes de trabalhos executados por cada um em relação ao que foi planejado.

Em geral o período de coleta do indicador deve ser estabelecido pela empresa, em função da fase e do ritmo de execução da obra. Geralmente, a coleta é semanal ou

quinzenal e é sempre realizada pela equipe da obra. Os dados necessários para o cálculo do indicador devem ser retirados da planilha de planejamento semanal da obra (COSTA *et al.*, 2005).

Segundo Akkari (2003) o Percentual de Planejamento Concluído (PPC) ou Percentual de Planos Completos (PPC) pode ser calculado utilizando a equação (3.2) e é a razão entre o número de pacotes de trabalho 100% completos e o número de pacotes de trabalho planejados.

$$PPC = \frac{n^{\circ} \text{ de tarefas } 100\% \text{ concluídas}}{n^{\circ} \text{ de tarefas planejadas}} \times 100 \quad (3.2)$$

O PPC será igual a 100% se todas as atividades programadas no período forem realizadas, o que indica o quanto das tarefas que estavam programadas foram de fato concluídas. Entretanto, devido a deficiências que podem ocorrer no planejamento de curto prazo, esse indicador muitas vezes não é empregado corretamente, quando o planejador é muito conservador, muito audacioso ou quando são planejados serviços que não fazem parte do caminho crítico da obra gerando valores que não correspondem à realidade. O resultado dificilmente alcança médias muito próximas de 100%, devido a alta variabilidade e incertezas que existem na construção civil. Quando se consegue um aumento do PPC, isso pode ser considerado como uma tendência a se atingir uma alta eficiência e pode significar que o avanço físico da obra está adequado (BALLARD, 2000).

Nas reuniões semanais de planejamento de curto prazo, as causas da não conclusão dos pacotes de serviços devem ser identificadas, para que não se repitam os mesmos erros (COSTA *et al.*, 2005). De acordo com o critério de análise utilizado por Akkari (2003), o PPC é “bom” quando é maior que 80%, quando fica entre 80% e 60% é “médio” e abaixo de 60% é “ruim”. Para Mattos (2010) quando o PPC indica um valor entre 75% e 85% reflete um bom desempenho para uma programação desafiadora, que visa investigar se as equipes atingiram as produtividades mais altas. Valores muito altos ou muito baixos para o PPC podem ter diversos significados como representado no Quadro 3.1.

Moura (2008) complementa que resultados de PPC bastante altos podem apontar erroneamente uma elevada eficácia do planejamento, pois o planejador pode ter sido muito cauteloso colocando metas muito baixas.

Quadro 3.1 - Significados dos valores do PPC

Muito Baixos	Muito Altos
Produtividades muito apertadas.	Produtividades muito folgadas
Otimismo excessivo no desempenho das atividades.	Tarefas com duração mais longa do que deveriam ter.
Grande incidência de fatores imprevistos.	Programação muito fácil de realizar, o que pode acarretar acomodação das equipes e relaxamento na obtenção de produtividades altas.

Fonte: Mattos (2010, p. 316)

3.4 Indicadores de Desempenho da Gestão de Produção

Segundo Lima (2005), vários são os conceitos de desempenho encontrados na literatura, e eles podem estar ligados a um produto ou aos processos realizados para sua obtenção. O que diferencia as categorias de desempenho, ou seja, se é produto ou processo, é o objeto de avaliação.

Conforme Sink e Tuttle (1993) a busca da melhoria dos processos é a razão pela qual se deve medir o desempenho. Essa medição é necessária para todo o processo de controle e as medidas utilizadas para esse propósito devem ser apropriadas, para monitorar se o processo está acontecendo de acordo com o previsto (CROWTHER, 1996).

De acordo com Navarro (2006) a medição do desempenho é muito importante para se alcançar a eficiência, que é executar a obra da melhor maneira utilizando menos recursos e com eficácia, ou seja, atingir os resultados esperados nos processos operacionais contribuindo para melhoria na gestão dos empreendimentos de

construção civil. Pinheiro (2011) complementa afirmando que o indicador de desempenho deve ser considerado parte do processo de planejamento e controle, já que fornece informações a serem utilizadas na tomada de decisão e que deve ser medido através de uma expressão ou número, de forma a permitir a comunicação entre os envolvidos.

Os critérios de concepção e seleção dos indicadores de desempenho eficientes e eficazes do ponto de vista da gestão estratégica tem sido preocupação de vários autores (AHMAD & DHAFR, 2002; HRONEC, 1994; NEELY *et al.*, 1996). Eles sugerem que os indicadores de desempenho devem ser úteis, transparentes, fáceis de serem implementados e simples de entender além de terem impacto visual, foco na melhoria, baixo custo e estarem relacionados com os objetivos e estratégia da organização.

Pinheiro (2011), desenvolveu um trabalho em Portugal que visa demonstrar a importância da implantação dos conceitos e práticas dos indicadores de desempenho da construção civil. De acordo com a pesquisa realizada pelo autor, os indicadores mais comuns utilizados em tais projetos são os de custo, que contemplam o custo total do empreendimento e seu desvio, os de tempo, que levam em conta a duração total do empreendimento e o seu desvio, além da segurança, produtividade e os itens relacionados à satisfação dos clientes.

Os indicadores de desempenho propostos por Costa *et al.* (2005) são os Desvio de Custo (DC) e Desvio de Prazo (DP) e o trabalho apresentado por Pinheiro (2011) corrobora a importância dos indicadores de prazo e custo e principalmente a influência que o acompanhamento e utilização de tais indicadores tem nos resultados dos empreendimentos.

3.4.1 *Desvio de Custo*

De acordo com Costa *et al.* (2005), o objetivo do indicador Desvio de Custo (DC) é avaliar o desempenho da obra finalizada. Seu cálculo é feito através da relação entre a variação do custo realizado e o custo orçado para uma determinada obra

ou tarefa, conforme a equação (3.3), proposta por Turner (1993 *apud* MOURA, 2008), que é a mesma adotada no SISIND-NET (COSTA *et al.*, 2005).

$$DC = \frac{(\text{Custo Real} - \text{Custo Orçado})}{\text{Custo Orçado}} \times 100 \quad (3.3)$$

Essas variáveis são obtidas pela empresa através dos registros de orçamento da obra e, também, dos registros de controles sistemáticos dos custos realizados durante a execução da obra (COSTA *et al.*, 2005). Assim, se a variação tiver resultado positivo, indica que a obra ultrapassou o orçamento. Se o resultado for negativo, indica que a obra está menos onerosa que o planejado.

Turner (1993 *apud* MOURA, 2008) também ressalta que a maneira correta de se avaliar os indicadores de custos, é levando-se em conta o avanço físico, considerando as diferenças entre o custo orçado e o real em relação ao que foi produzido.

3.4.2 *Desvio de Prazo*

Segundo Navarro (2005) o Desvio de Prazo (DP) mede a variação do prazo do empreendimento através da relação entre os prazos previstos e reais e seu principal objetivo é o monitoramento do andamento da obra ao longo de sua execução. Navarro (2005), assim como Costa *et al.* (2005), ressaltam que para este monitoramento, podem ser utilizadas diversas ferramentas como Linha de Balanço, Gráficos de Ritmos, entre outras com as quais é possível acompanhar o desvio de ritmo das atividades e o avanço físico no decorrer da obra.

Analogamente ao cálculo do DC, a fórmula proposta por Turner (1993 *apud* MOURA, 2008) que é a mesma adotada no SISIND-NET (COSTA *et al.*, 2005) é indicada na equação (3.4).

$$DP = \frac{(\text{Prazo Real} - \text{Prazo Previsto})}{\text{Prazo Previsto}} \times 100 \quad (3.4)$$

O resultado deste indicador indica:

- a) quando o valor percentual DP é positivo, que a obra está atrasada em relação ao planejamento;
- b) quando o valor percentual DP é negativo, que a obra está adiantada em relação ao planejamento;
- c) quando o valor percentual DP é zero, que a obra está dentro do prazo previsto no planejamento.

3.5 Análise Estatística

De acordo com Levin *et al.* (2012), a coleta de dados representa apenas a etapa inicial de uma análise estatística, a qual busca transformá-los em um conjunto de medidas significativas, validando a pesquisa científica. Neste sentido, julga-se importante a explicação dos principais conceitos e testes estatísticos que estão explicitados nos itens 3.5.1, 3.5.2 e 3.5.3.

3.5.1 Análise de Correlação

É possível verificar a existência e a intensidade da relação entre duas variáveis envolvidas em um estudo, através da análise de correlação.

Segundo Levin *et al.* (2012), na maior parte dos casos, os pesquisadores buscam estabelecer correlações lineares entre as variáveis. O coeficiente de correlação de Pearson (r) fornece a medida do grau de correlação linear existente entre duas variáveis X e Y e assim pode-se determinar a intensidade e a direção da relação entre elas.

Este coeficiente oscila entre -1,00 e +1,00, sendo que quanto mais próximo de 1,00 em qualquer direção, positiva ou negativa, maior a intensidade de correlação, como se vê no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 - Coeficientes de correlação

Valores	Tipos de Correlação
-1,00	correlação negativa perfeita
-0,60	correlação negativa forte
-0,30	correlação negativa
-0,10	correlação negativa fraca
0,00	nenhuma correlação
+0,10	correlação positiva fraca
+0,30	correlação positiva
+0,60	correlação positiva forte
+1,00	correlação positiva perfeita

Fonte: Levin *et al.* (2012) p. 303 e 304 (adaptado)

Com relação à direção, pode-se observar que:

- a) valores negativos: as duas variáveis apresentam uma relação inversa (quanto maior o valor de uma variável, menor o valor de outra);
- b) valores próximos de zero: indicam que não existe uma associação linear entre as duas variáveis, ou seja, nenhuma correlação;
- c) valores positivos: as duas variáveis apresentam uma relação direta (quanto maior o valor de uma variável, maior o valor da outra).

Segundo Oliveira, Danielle (2007), o coeficiente de Pearson fornece uma medida do grau de correlação linear existente entre as variáveis em uma determinada amostra. Para verificar se a associação obtida entre X e Y realmente existe na população é necessário testar a significância do coeficiente r encontrado. Dessa forma, são estabelecidas as seguintes hipóteses:

- Hipótese nula (H_0): não existe correlação na população, ou seja, $r = 0$;

- Hipótese alternativa (H_1): existe correlação na população, isto é, $r \neq 0$;

De acordo com Levin *et al.* (2012) há significância estatística ou o resultado é estatisticamente significativo quando o valor de p observado é menor que o nível de significância α .

Se o coeficiente r for igual ou superior, em módulo, a um valor crítico tabelado correspondente a um determinado nível de significância α e com $N - 2$ graus de liberdade, a hipótese nula será rejeitada. Em outras palavras, a hipótese nula será rejeitada diretamente a partir da constatação de que o valor p obtido é inferior à α .

O valor de p representa um índice decrescente da confiabilidade de um resultado. Quanto mais alto o p , menos se pode acreditar que a relação observada entre as variáveis na amostra é um indicador confiável da relação entre as respectivas variáveis na população. Especificamente, o valor de p representa a probabilidade de erro envolvida em aceitar o resultado observado como válido, isto é, como resultado representativo da população.

3.5.2 *Análise de Regressão*

Segundo Levin *et al.* (2012) a análise de regressão consiste na realização de uma análise estatística com o objetivo de se verificar a existência de uma relação funcional entre uma variável dependente com uma ou mais variáveis independentes. Através da análise de regressão, é possível estabelecer uma equação que expresse o relacionamento entre as variáveis resposta ou dependente "Y" e explicativa ou independente "X", ou seja, a análise também é usada para verificar como o valor de "Y" pode variar em função da variável "X".

O objetivo da regressão é obter um modelo matemático que melhor se ajuste aos valores observados de "Y" em função da variação dos níveis da variável "X" (LEVIN *et al.*, 2012). A reta que contém os valores da verificação da variação é chamada de reta de regressão linear e se a variável explicativa "X" tiver um valor único, a regressão será chamada de regressão linear simples.

Na regressão linear simples, a relação entre duas variáveis pode ser representada por uma linha reta, criando uma relação direta de causa e efeito. Assim, será possível prever os valores de uma variável dependente com base nos resultados da variável independente, como ocorre em um gráfico de uma equação de primeiro grau.

Um dos métodos que se pode utilizar para obter a relação funcional se baseia na obtenção de uma equação estimada de tal forma que as distâncias entre os pontos do diagrama e os pontos da curva do modelo matemático, no todo, sejam as menores possíveis (LEVIN *et al.*, 2012), já que os pontos do diagrama real das variáveis X e Y ficam um pouco distantes da curva do modelo matemático escolhido. Este método é denominado de Método dos Mínimos Quadrados (MMQ) (LEVIN *et al.*, 2012).

Em resumo por este método a soma de quadrados das distâncias entre os pontos do diagrama e os respectivos pontos na curva da equação estimada é minimizada, obtendo-se, desta forma, uma relação funcional entre X e Y, para o modelo escolhido, com um mínimo de erro possível.

Segundo Levin *et al.* (2012), o modelo estatístico seria o que está indicado na Equação (3.5), para o teste de regressão linear simples, pois supõe-se uma tendência linear entre as variáveis e a existência de uma única variável independente:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i \quad (3.5)$$

Onde:

Y_i = valor observado para a variável dependente Y no i-ésimo nível da variável independente X;

β_0 = constante de regressão. Representa o intercepto da reta com o eixo Y;

β_1 = coeficiente de regressão. Representa a variação de Y em função da variação de uma unidade da variável X;

X_i = i-ésimo nível da variável independente X ($i = 1, 2, \dots, n$);

e_i = erro que está associado à distância entre o valor observado Y_i e o correspondente ponto na curva, do modelo proposto, para o mesmo nível i de X .

Para se tentar estabelecer uma equação que representa o fenômeno em estudo e verificar como se comportam os valores da variável dependente (Y) em função da variação da variável independente (X), utiliza-se o modelo ajustado. Visando a minimização dos erros e para obter a equação estimada, de acordo com Levin *et al.*(2012), utiliza-se o MMQ.

Por meio da obtenção de estimadores de β_0 e β_1 , chega-se a equação (3.6).

$$Y = a + b X \quad (3.6)$$

Uma vez definidos os parâmetros do modelo, deve-se testar a significância da regressão. Assim, definem-se as hipóteses nula H_0 e alternativa H_1 , sendo:

- Hipótese nula (H_0): $b = 0$;
- Hipótese alternativa (H_1): $b \neq 0$.

Segundo Levin *at al.* (2012) caso a hipótese nula não seja rejeitada pode-se concluir que X é pouco importante para explicar a variação em Y , ou que a relação verdadeira entre X e Y não é linear. Por outro lado, rejeitar H_0 indica que X é importante para explicar a variabilidade em Y . Isto pode significar que a reta ajustada é realmente adequada para representar o relacionamento entre as variáveis X e Y , ou que, embora haja um efeito linear, outros modelos (incluindo, por exemplo, termos polinomiais de ordem mais elevada em X) poderiam conduzir a melhores resultados. Nesse caso, a partir das variáveis existentes, pode-se construir novas variáveis polinomiais e a regressão poderá ter mais capacidade quanto maior o grau do polinômio criado.

Vale lembrar que de acordo com Oliveira, Danielle (2007), de forma análoga aos testes de hipóteses, pode-se rejeitar H_0 diretamente a partir da constatação de que

o valor p obtido é inferior à $\alpha = 0,05$, mas também, utilizando o procedimento de análise de variância, cuja formula básica é escrita como na equação (3.7).

$$SQ_T = SQ_R + SQ_E \quad (3.7)$$

Onde:

- " SQ_T ": soma quadrática total corrigida (equação (3.8)).

$$SQ_T = \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \quad (3.8)$$

- " SQ_R ": soma quadrática da regressão (equação (3.9)).

$$SQ_R = b \cdot S_{xy} \quad (3.9)$$

- " SQ_ϵ ": soma quadrática dos erros (equação 3.10))

$$SQ_\epsilon = SQ_T - b \cdot S_{xy} \quad (3.10)$$

As somas quadráticas SQ_T , SQ_R e SQ_ϵ possuem, respectivamente, N-1, 1 e N-2 graus de liberdade.

A hipótese nula será rejeitada se a equação (3.11) for atendida.

$$F_0 = \frac{SQ_R/1}{SQ_\epsilon/(N-2)} = \frac{MQ_R}{MQ_\epsilon} > F_\alpha(1, N - 2) \quad (3.11)$$

Onde SQ, é uma estimativa da variação dos pontos em torno do modelo em relação a Y; MQ_R e MQ_ϵ são denominados médias quadráticas e podem ser interpretadas como uma medida do erro médio quadrático da equação da regressão, $F_\alpha(1, N - 2)$ é um valor crítico tabelado, correspondente a um determinado nível de significância α e com (1, N-2) graus de liberdade e F_0 é a razão entre o SQ da regressão e o SQ do resíduo, ou seja, a razão entre a variação explicada e a não explicada em Y

(LEVIN *et al.*, 2012). Dessa forma, esses parâmetros listados acima são utilizados para determinar a razão F, pois considera-se a regressão significativa quando a proporção da variação explicada e a razão F forem grandes.

Além de testar a significância da regressão, é importante avaliar a quantidade de variabilidade dos dados explicada pelo modelo. Esta avaliação é realizada por meio do coeficiente de determinação R^2 , definido pela equação (3.12).

$$R^2 = \frac{SQ_R}{SQ_T} = 1 - \frac{SQ_E}{SQ_T} \quad (3.12)$$

De acordo com Levin *et al.* (2012), o coeficiente de determinação R^2 é uma medida de ajustamento de um modelo estatístico linear, em relação aos valores observados. O R^2 varia entre 0 e 1, indicando, em percentagem, o quanto o modelo consegue explicar os valores observados. Assim, quanto mais próximo de 1 for o coeficiente melhor o modelo representa a relação entre as variáveis.

Após o ajuste do modelo $Y = a + b \cdot X$, pode-se considerar os modelos polinomiais $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$ e $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$. Nestes casos, a hipótese nula estabelece que $b = c = d = 0$. Portanto, rejeitar H_0 significa que pelo menos um dos termos $b \cdot X$, $c \cdot X^2$ ou $d \cdot X^3$ devem ser incluídos no modelo.

Em muitos casos uma única variável independente não é capaz de explicar tudo a respeito da variável dependente, assim, pode ser necessário o uso de de uma regressão linear múltipla. Segundo Levin *et al.* (2012), regressão múltipla é uma coleção de técnicas estatísticas para construir modelos que descrevem de maneira razoável relações entre várias variáveis explicativas de um determinado processo. A diferença entre a regressão linear simples e a múltipla é que na múltipla são tratadas duas ou mais variáveis explicativas, permitindo comparações entre a combinação de diversos fatores e seu resultado no desenvolvimento do produto.

Assim é possível analisar os principais aspectos influenciadores de uma variável e saber qual combinação de variáveis é prejudicial para os principais indicadores do projeto e qual permite que os resultados sejam considerados ideais.

4 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta o tipo de pesquisa realizada e descreve, no item delimitação, o desenvolvimento das etapas do estudo.

4.1 Tipo de Pesquisa

No subitem 4.1.1 é apresentada a abordagem do presente trabalho, enquanto no subitem 4.1.2 apresenta-se a estratégia utilizada para esta pesquisa.

4.1.1 Abordagem da Pesquisa

A pesquisa foi realizada através de levantamento de dados e do ponto de vista de sua natureza, é uma pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos a solução de problemas específicos (SILVA; MENEZES, 2001).

Quanto à forma de abordagem do problema, é uma pesquisa quantitativa, pois traduz em números as informações para classificá-las e analisá-las e requer o uso de recursos e técnicas estatísticas como percentagem, média, mediana, desvio padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão, entre outros. Logo, considera tudo o que é possível ser quantificável e utiliza a linguagem matemática para descrever, por exemplo, as causas de um fenômeno e as relações entre as variáveis. Isto significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

4.1.2 Estratégia da Pesquisa

Segundo Silva; Menezes (2001), sob o ponto de vista de seus objetivos, a estratégia da pesquisa é descritiva pois visa estabelecer relações entre variáveis e envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados e observação sistemática que em geral, assume a forma de levantamento.

Yin (2005) afirma que as estratégias de levantamento e análise de arquivos são interessantes quando o objetivo da pesquisa for representar a incidência ou a predominância de um fenômeno através de análises estatísticas ou quando ele for previsível sobre certos resultados.

4.2 Delineamento da Pesquisa

Serão utilizados registros de uma empresa construtora e incorporadora que possui departamento de planejamento, gerenciamento e controle em seus empreendimentos. Serão estudados, analisados e compilados os relatórios mensais das obras que possibilitarão a determinação dos indicadores Avanço físico mensal (AFM), Avanço físico acumulado (AFA); Percentual de planejamento concluído (PPC), Desvio de custo (DC), Desvio de prazo (DP) e Desvio de ritmo (DR).

Serão estudados e analisados os dados de 2 (dois) empreendimentos de tipologia corporativa com caráter repetitivo – muitos pavimentos tipo – no modelo “*Shell Building*”, ou seja sem nenhuma divisão nem acabamentos internos.

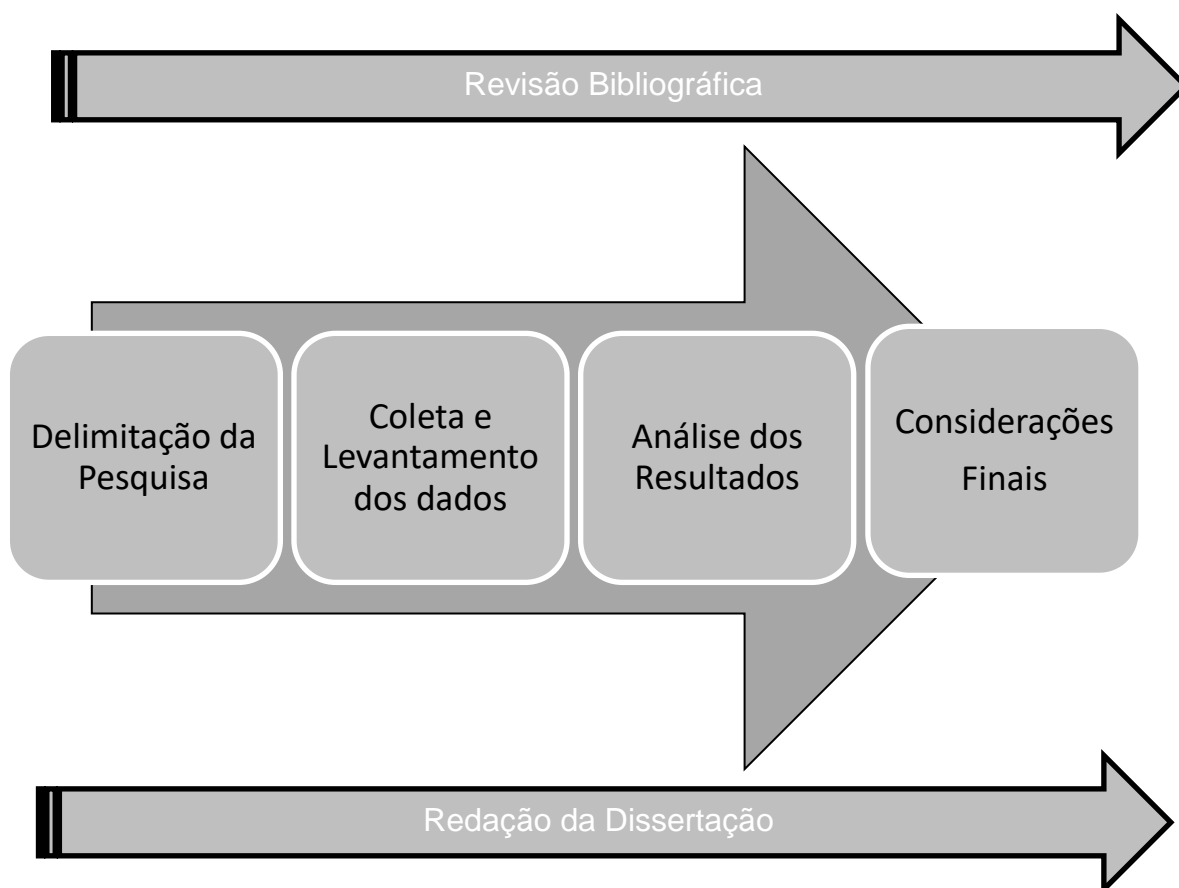
Com o intuito de obter uma amostra significativa, que possibilite uma análise confiável, foram coletados 43 (quarenta e três) relatórios que correspondem ao tempo total de obra dos dois empreendimentos.

Este trabalho consiste na análise de indicadores de planejamento e desempenho em duas obras onde a autora foi responsável pelas atividades de orçamentação, planejamento, controle da produção e acompanhamento, sendo também responsável por fomentar, introduzir e verificar as melhorias das práticas do *last planner system* e suas principais ferramentas nas obras.

Se por um lado isso facilita a atividade de observação e coleta de dados, por outro, exige um maior cuidado para que o pesquisador se afaste das rotinas de produção e seja capaz de fazer análises através de uma perspectiva científica e acadêmica.

A pesquisa foi desenvolvida compreendendo as etapas apresentadas na Figura 4.1. A metodologia adotada é semelhante àquelas empregadas por Pereira, M. (2017) e Pereira, C. (2018), que também realizaram estudos sobre indicadores em obras de construção civil.

Figura 4.1 – Etapas do Desenvolvimento da Pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora

A revisão bibliográfica foi considerada como a base para todas as etapas do trabalho e não como uma etapa em si. Ela é intensificada no início do trabalho e continuará sendo feita de acordo com sua evolução, pois é dessa forma que se terá a fundamentação teórica para que seja realizado o estudo dos principais conceitos que permearão as análises. A síntese dos principais fundamentos teóricos pertinentes ao tema deste trabalho é apresentada na revisão bibliográfica.

Na primeira etapa foram feitas as definições iniciais, com a seleção das obras estudadas, a escolha das variáveis e finalmente a caracterização e tamanho da amostra.

A segunda etapa é a coleta e levantamento de dados, onde foram utilizados os dados que normalmente eram coletados nas obras e calculados os indicadores para os empreendimentos selecionados. Também foi realizada uma revisão na literatura, buscando coletar dados dos indicadores base desta pesquisa em outros estudos para comparação.

A terceira etapa é a de análise dos dados. Foi criado um banco de dados com todos os resultados obtidos. A partir de então, a pesquisa foi dividida de forma a se fazer dois tipos de análises:

- (i) inicial, em que foram estabelecidos alguns parâmetros para então apresentar a interpretação dos resultados; e
- (ii) estatística, que compreende o tratamento das variáveis; as análises e resultados.

Uma vez analisados os dados e demonstrados os resultados, é possível elaborar as considerações finais da pesquisa.

A seguir serão detalhadas todas as etapas.

4.2.1 Etapa 1: Delimitação da Pesquisa

Nesse item cada fase dessa etapa será explicada de forma mais detalhada.

4.2.1.1 Seleção das Obras Estudadas

Primeiramente foram selecionadas as obras que possibilitarão o desenvolvimento da pesquisa, assim, foram escolhidas duas obras de padrão corporativo, com características semelhantes - construções com caráter repetitivo e tipo "Shell

Building”- com duração de 22 meses para uma e 21 para a outra, no período entre 2015 e 2017.

4.2.1.2 Escolha de Variáveis

Após a seleção das obras, foram escolhidos os indicadores a serem analisados mensalmente nesta pesquisa, sendo eles:

- a) Avanço físico mensal (AFM);
- b) Avanço físico acumulado (AFA);
- c) Desvio de ritmo (DR);
- d) Percentual de planejamento concluído (PPC);
- e) Desvio de prazo (DP);
- f) Desvio de custo (DC).

4.2.1.3 Formulação de Hipóteses

Ao longo do acompanhamento e do estudo dos indicadores, percebeu-se que podem existir relações entre eles. Foram formuladas alguns referenciais que serão testados e analisados ao longo da pesquisa e é possível destacar a seguinte hipótese inicial:

- Os indicadores de planejamento quanto à eficácia e ritmo influenciam o desempenho do empreendimento em custo e prazo.

Entende-se que o DC e DP podem ser influenciados diretamente pelo DR e PPC e assim, quanto mais se consiga atingir os níveis ideais para o PPC e para DR, espera-se que o empreendimento esteja dentro do planejado para custo e prazo.

Essa hipótese inicial é desdobrada em referenciais de forma a conduzir as análises deste trabalho:

- Referencial 1: Quanto menor a variação de ritmo medido pelo DR, melhor tende a ser o desempenho em relação a prazos, medido pelo indicador DP;
- Referencial 2: Quanto menor a variação de ritmo medido pelo DR, melhor tende a ser o desempenho em relação a custos, medido pelo indicador DC.
- Referencial 3 – Quanto maior a eficácia do planejamento medido pelo PPC melhor tende a ser o desempenho em relação a custos, medido pelo indicador DC;
- Referencial 4 – Quanto maior a eficácia do planejamento medido pelo PPC melhor tende a ser o desempenho em relação a prazos, medido pelo indicador DP;
- Referencial 5 – Quanto maior a eficácia do planejamento medido pelo PPC melhor tende a ser o desempenho em relação a ritmo medido pelo DR;
- Referencial 6 – Quanto menor a variação de prazo medido pelo DP, melhor tende a ser o desempenho em relação a custos, medido pelo indicador DC.

Os indicadores PPC, DR, DP e DC vem sendo cada vez mais utilizados no meio da construção. Sendo assim, existem alguns trabalhos realizados que tratam dos indicadores citados e que serão utilizados para efeito de comparação.

4.2.1.4 Caracterização e Tamanho da Amostra

Segundo Levin *et al.* (2012), deve-se garantir que os elementos da amostra sejam suficientemente representativos da população como um todo, de modo a permitir generalizações precisas a respeito dela. Desta forma, pode-se afirmar que amostras excessivamente pequenas podem levar a resultados não confiáveis. Neste sentido, definiu-se que o acompanhamento seria realizado ao longo de 22 e 21 meses que correspondem ao período de execução de cada um dos dois empreendimentos selecionados, chegando-se, portanto ao tamanho de amostra igual a 43 casos para cada variável estudada.

Sendo assim, o acompanhamento foi iniciado em março/2015 e finalizado em outubro/2017. As duas obras selecionadas para estudo estão situadas na região centro-sul de Belo Horizonte/Minas Gerais e fazem parte do portfólio de uma empresa regional que atua no mercado de edificações residenciais e comerciais.

Vale ressaltar que os dois empreendimentos foram selecionados devido à similaridade entre eles e não houve nenhuma alteração de escopo ao longo do acompanhamento.

4.2.2 *Etapa 2: Coleta e Levantamento dos Dados*

O *Last Planner System* necessário para o levantamento dos dados necessários para esta pesquisa, já estava sendo implantando na empresa alguns anos antes da data de início dos empreendimentos selecionados juntamente com alguns conceitos baseados na *Lean Construction* e suas ferramentas de gerenciamento. Desse modo só foram necessários alguns ajustes nos relatórios e o desenvolvimento de algumas planilhas para sintetizar as informações e calcular os indicadores que serão analisados.

Nessas planilhas, foram agrupados os dados referentes ao avanço físico mensal e acumulado, ao ritmo, prazo, PPC e ao custo, separadamente. Nesta etapa foi feito um estudo de cada um desses indicadores propostos em pesquisas anteriores para garantir que as informações fossem compiladas seguindo os mesmos padrões e para criar classificações que melhorariam as análises a serem realizadas, pois a intenção é comparar os registros de outros trabalhos com os resultados obtidos neste estudo.

Desse modo, é considerado fundamental destacar algumas considerações sobre os indicadores estudados, bem como apresentar as classificações consideradas para este trabalho. Vale acrescentar que DC, DP e DR (que é obtido do avanço físico) tiveram suas coletas realizadas mensalmente, enquanto que para o PPC foi semanalmente.

4.2.2.1 *Desvio de Custo (DC)*

Será utilizado neste estudo os mesmos critérios de análise utilizados por Pereira, M. (2017) por se tratar de obras de edificação com nenhuma variação de escopo e

também pelo fato do sistema já estar implantado na empresa. A classificação do DC pode ser observada na Tabela 4.1.

Tabela 4.1– Classificação DC

Classificação	Faixa
Ótimo	DC < 0,00%
Bom	DC \cong 0,00%
Ruim	DC > 0,00%

Fonte: Pereira, M. (2017, p. 50)

E pode-se afirmar que:

- a) quando o DC é menor que 0,00%, ou seja, negativo, significa que o empreendimento está abaixo das metas definidas para os custos;
- b) caso o indicador fique próximo ao 0,00%, o custo do empreendimento está próximo ao que foi orçado.
- c) quando o DC é maior que 0,00%, ou seja, positivo, significa que o empreendimento ultrapassou o orçamento;

4.2.2.2 Desvio de Prazo (DP)

Também para o DP foi criado um critério de análise, como foi feito para o indicador de DC. Pereira, M. (2017), em seus estudos, classificou o DP em “ruim”, “aceitável”, “bom” e “ótimo”. Já Pereira, C.(2018) realizou uma adaptação dessa classificação e retirou a classificação aceitável, quando o DP estiver entre 0,00% e 10,00%. Nesse estudo será utilizada a mesma classificação de Pereira, C.(2018) pois a política da empresa não admite atrasos sob pena de multa com o condomínio, caso o prazo não seja cumprido. Dessa forma o DP será classificado conforme a Tabela 4.2.

Tabela 4.2– Classificação DP

Classificação	Faixa
Ótimo	DP < 0,00%
Bom	DP = 0,00%
Ruim	DP > 0,00%

Fonte: Pereira, C.(2018, p. 35)

De acordo com a classificação descrita na Tabela 4.2, considera-se:

- a) quando o DP é menor que 0,00%, ou seja, negativo, significa que o empreendimento está adiantado em relação às metas definidas para os prazos;
- b) caso o indicador fique igual a 0,00%, o prazo do empreendimento está igual ao planejado para o empreendimento;
- c) quando o DP é maior que 0,00%, ou seja, positivo, significa que o empreendimento ultrapassou o prazo planejado e a obra encontra-se atrasada.

4.2.2.3 Desvio de Ritmo (DR)

Apesar do que foi exposto anteriormente, com relação a empresa da qual fazem parte os empreendimentos estudados, não admitir atrasos sob pena de multa caso a obra ultrapasse os meses planejados e a entrega não seja cumprida, foi criada uma classificação de DR diferente da que foi utilizada por Pereira, C.(2018), que classifica o DR como “ruim” se o resultado está abaixo de 100%. Isso foi possível, pois os processos de acompanhamentos se encontram muito bem estabilizados e muitas vezes o DR abaixo, mas bem próximo dos 100% não representa um atraso no final da obra. Assim, foi criada uma nova faixa com a classificação “aceitável” para o resultado do DR que está entre 90% e 100%, conforme pode ser observado na Tabela 4.3.

Tabela 4.3– Classificação DR

Classificação	Faixa
Ótimo	DR > 100,00%
Bom	DR = 100,00%
Aceitável	90% ≤ DR < 100,00%
Ruim	DR < 90,00%

Fonte: Elaborado pela autora

Segundo a classificação descrita na Tabela 4.3, considera-se:

- a) quando o DR é maior que 100%, ou seja o avanço físico executado está maior que o planejado e significa que a obra está adiantada;
- b) caso o indicador fique igual a 100%, o avanço físico do empreendimento está igual ao planejado para o empreendimento e a obra está no prazo estipulado;
- c) caso o indicador fique entre 90% e 100%, o avanço físico do empreendimento está mais lento que o previsto, porém aceitável;
- c) quando o DR é menor que 90%, significa que o avanço físico executado está menor que o planejado e a obra encontra-se atrasada, ou seja, abaixo das metas definidas para prazo.

4.2.2.4 Percentual de Planejamento Concluído (PPC)

Vale repetir que a periodicidade deste indicador nos empreendimentos estudados foi semanal e para se chegar aos valores mensais necessários que serão apresentados, foi feita uma média das semanas de cada mês.

Para uniformizar as análises desse indicador, nesse trabalho, o PPC será considerado “ruim” quando estiver abaixo de 60%, “médio” entre 60% e 75%, “ideal” entre 75% e 85% e “bom” quando estiver acima de 85%, mesmo critério adotado por Pereira, M. (2017), conforme Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Classificação PPC

Classificação	Faixa
Bom	85% a 100%
Ideal	75% a 85%
Médio	60% a 75%
Ruim	Até 60%

Fonte: Pereira M. (2017, p. 49)

Assim que se fizer a classificação dos indicadores, faz-se uma análise dos resultados encontrados, onde busca-se identificar o comportamento dos empreendimentos e justificar os resultados encontrados para os indicadores.

4.2.3 Etapa 3: Análise dos Resultados

Com objetivo de analisar os dados, primeiramente foi criada uma planilha eletrônica para cada um dos indicadores coletados durante o acompanhamento de cada empreendimento separadamente. Num segundo momento, essas planilhas foram compiladas numa planilha resumo com a finalidade de agrupar todas as informações obtidas em um mesmo formato e em um mesmo arquivo, possibilitando a realização das análises, como se pode observar nos Apêndices A, B, C e D. Uma vez criada a base de dados, realizou-se a análise inicial dos empreendimentos separadamente, para em seguida se fazer a análise estatística.

4.2.3.1 Análise Inicial

Essa análise busca identificar o comportamento de cada empreendimento e justificar os resultados encontrados para os indicadores, descrevendo o comportamento dos indicadores de planejamento e desempenho dos empreendimentos de forma global. Assim, pode-se iniciar os testes estatísticos de análises de correlação e regressão.

4.2.3.2 Análise Estatística

Com essas análises pretende-se verificar a existência de correlação entre as variáveis e determinar a função de regressão. As análises de correlação e de regressão são métodos estatísticos amplamente utilizados para estudar o grau de relacionamento entre as variáveis.

A análise estatística de dados envolveu três etapas:

- tratamento das variáveis;
- análise de correlação de Pearson para avaliar o grau de relacionamento entre duas variáveis;
- aplicação da técnica da regressão linear e múltipla para determinar a relação entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes.

4.2.3.2.1 Tratamento das Variáveis

Por haver diferentes escalas nos indicadores escolhidos para este estudo, o DR, o PPC, o DC e o DP foram transformados em uma escala de zero a dez, a mesma adotada por Moura; Formoso, (2009), com o objetivo de parametrizá-las, possibilitando a realização das análises.

A transformação das variáveis ocorreu conforme descrito a seguir e os valores obtidos podem ser observados no Apêndice E.

PPC: como o indicador originalmente é representado em percentual, já encontra-se na escala de 0 a 100. Dessa forma, foi necessário apenas dividir o resultado encontrado por 10, conforme a razão (13).

$$PPC_{transformado} = \frac{PPC_{original}}{10} \quad (13)$$

DC e DP: como esses indicadores originalmente são representados por um percentual que pode variar entre valores positivos e negativos, a transformação a ser realizada é mais complexa. Então, foi feita uma regra de três onde o valor 0 correspondesse à pior situação e o valor 10 à melhor situação. Assim, os novos valores para DC e DP foram calculados de acordo com a razão (14), onde X representa C (custo) ou P (prazo).

$$DX \text{ transformado} = 10 \cdot \frac{(DX_{original \%} - DX_{máximo \%})}{(DX_{mínimo \%} - DX_{máximo \%})} \quad (14)$$

DR: analogamente a DC e DP, esse indicador originalmente também é representado por percentual, mas não tem valor negativo e diferentemente do custo e do prazo, quanto maior o seu valor, melhor a performance. Também nesse caso, a transformação foi realizada de forma que o valor 0 correspondesse à pior situação e o valor 10 à melhor situação e assim a fórmula foi modificada. Os novos valores para DR foram calculados de acordo com a razão (15), onde Y representa R (ritmo)

$$DY \text{ transformado} = 10 \cdot \frac{(DY_{original \%} - DY_{mínimo \%})}{(DY_{máximo \%} - DY_{mínimo \%})} \quad (15)$$

4.2.3.2.2 *Análise de Correlação de Pearson*

Com o intuito de se verificar a existência ou não de correlação linear entre as variáveis serão realizadas as análises de correlação de Pearson. É importante ressaltar que todos os cálculos estatísticos foram realizados através de um *software* especializado, MINITAB, e que todos os conceitos necessários para o entendimento deste trabalho foram apresentados no Capítulo 3.

Inicialmente será analisada a correlação das quatro variáveis entre si, duas a duas (DR, PPC, DC e DP), o que resulta em seis testes : DC – DP ; DC – DR; DP – DR; PPC – DC; PPC – DP e PPC – DR.

Com os resultados obtidos e constatando-se a correlação entre as variáveis, pretende-se compará-los aos resultados encontrados por outros autores e fazer os testes de regressão para estudar o grau de relacionamento entre os indicadores.

4.2.3.2.3 *Análise de Regressão*

Como já foi dito anteriormente, através da análise de regressão, é possível estabelecer uma equação que expresse o relacionamento entre as variáveis resposta ou dependente Y e explicativa ou independente X. Foi utilizado o mesmo *software* que foi empregado para os testes de correlação.

Vale lembrar que no caso de uma única variável independente tem-se a denominada regressão simples e para mais de uma variável independente, tem-se a regressão múltipla.

Serão testados o modelo $Y = a + b \cdot X$, para DP, DC, PPC e DR dependentes e os demais indicadores independentes resultando em doze combinações. Após o ajuste do modelo $Y = a + b \cdot X$, serão considerados os modelos polinomiais $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$ e $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$.

Será testado o modelo de regressão múltipla, onde serão tratadas duas ou mais variáveis explicativas, permitindo comparações entre a combinação de diversos fatores e seu resultado no desenvolvimento do produto.

Finalizados os cálculos estatísticos, partiu-se para a análise dos dados e a formulação dos resultados.

4.2.4 *Etapa 4: Considerações Finais*

Após analisados os dados e demonstrados os resultados, foi possível elaborar considerações finais apresentadas no Capítulo 6.

5 RESULTADOS

O presente capítulo apresenta os resultados obtidos através das análises de dados coletados para a elaboração da pesquisa e a comparação destes com trabalhos realizados anteriormente.

Após a coleta dos dados, foram calculados e analisados os resultados dos indicadores. Para a análise estatística, os valores foram transformados utilizando-se uma escala de 0 a 10 onde 0 é o pior resultado e 10 o melhor.

É importante novamente ressaltar que os dados são provenientes do acompanhamento da execução de duas obras, com duração total de 22 meses para um empreendimento e 21 para o outro. As obras foram executadas no período de 2015 a 2017 na região centro-sul de Belo Horizonte/Minas Gerais.

5.1 Análise Inicial

Inicialmente será apresentada uma análise prática dos dois empreendimentos corporativos, denominados Empreendimento 1 e Empreendimento 2. Essa análise foi realizada com o objetivo de avaliar previamente os valores obtidos para os indicadores estudados.

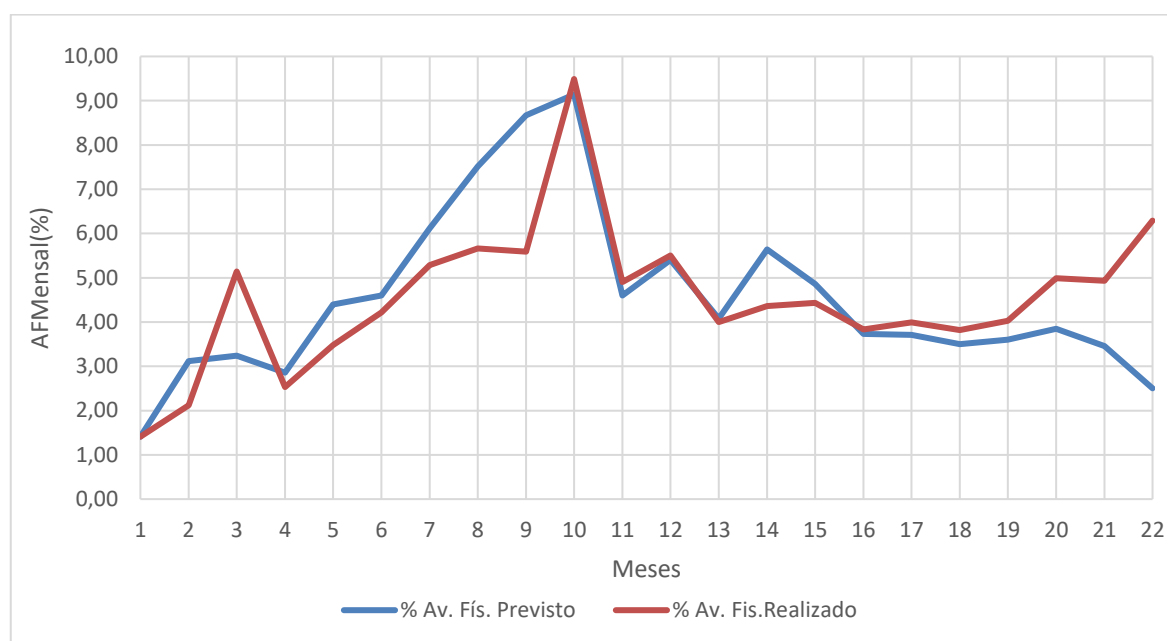
5.1.1 Empreendimento 1

O Empreendimento 1 trata-se de um edifício *Shell Building* com as seguintes características:

- a) estrutura em concreto armado;
- b) 11 andares tipo;
- c) edifício com 17 pavimentos, sendo 1 pavimento de *hall*, 4 de garagens e 12 pavimentos de salas com aproximadamente 300m²;
- d) prazo inicial da obra de 22 meses.

Os dados mostrados na Figura 5.1 são referentes ao Avanço Físico Mensal (AFM), planejado e realizado.

Figura 5.1 – Avanço Físico Mensal Previsto e Realizado – Empreendimento 1



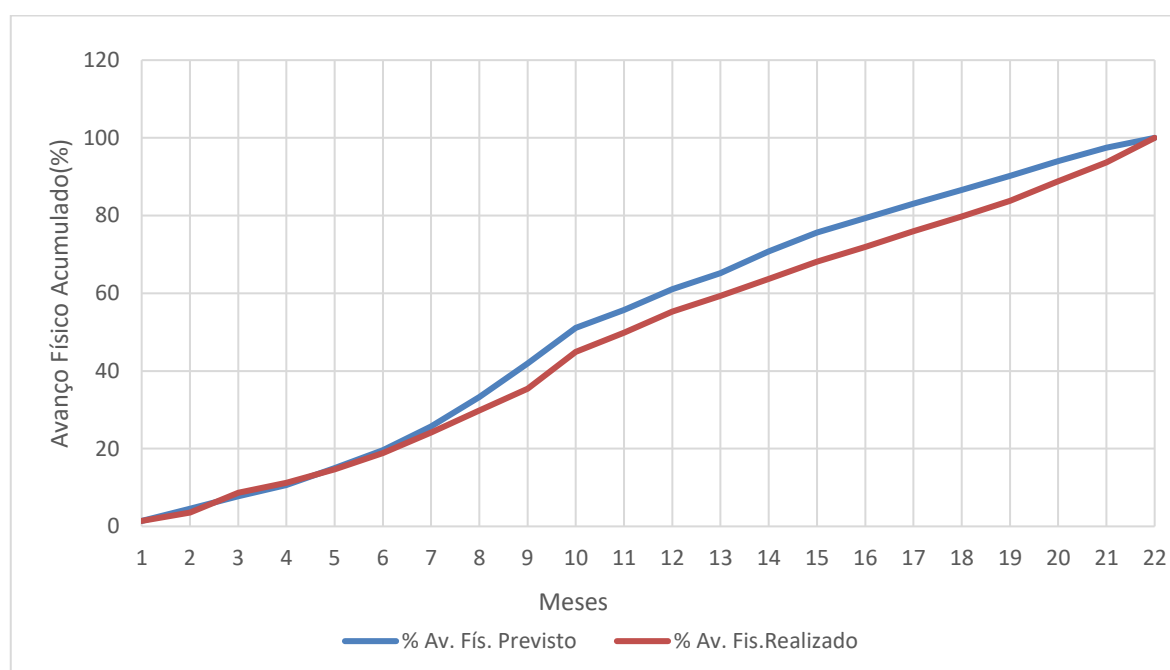
Fonte: Elaborado pela autora

Analisando a Figura 5.1 percebe-se que nos meses 3, 10, 11, 12 e depois, a partir do mês 16 até o mês 22, ou seja durante 11 meses ou a metade da duração da obra, a produção real ficou acima dos valores planejados inicialmente. Também, é notório que o mês 1 apresenta a menor diferença entre o avanço físico previsto e o realizado, seguido dos meses 13 e 16, quando a curva de percentual realizado começou a se distanciar da curva de percentuais previstos planejados. Em contrapartida, a maior diferença está no mês 22, último mês de obra quando o AF realizado ficou 2,50 vezes maior que o AF previsto planejado, a fim de se finalizar a obra.

A análise do AFM deve ser acompanhada da análise do Avanço Físico Acumulado (AFA), cujos dados são apresentados na Figura 5.2.

Observa-se na Figura 5.2 que nos meses 1 ao 6 o AF previsto e realizado acumulados estavam bem similares. A partir do 7º mês, o AF realizado acumulado começa a se distanciar do AF previsto acumulado, ficando com os valores inferiores aos que previstos para a obra, só coincidindo novamente no último mês. Comparando esses valores com os obtidos na Figura 5.1, percebe-se que existem alguns pontos de diferença significativa acima e abaixo do planejado entre os valores de AF previstos e realizados no 3º e 9º mês. Entre os meses 4 e 10, a sequência de resultados ficou abaixo do planejado, o que poderia ter afetado a data de término prevista. Porém à partir do mês 16 todos os resultados ficaram acima do previsto, o que contribuiu para diminuir o atraso paulatinamente quando se trata de valores acumulados, finalizando a obra no prazo previsto.

Figura 5.2 – Avanço Físico Acumulado Previsto e Realizado – Empreendimento 1



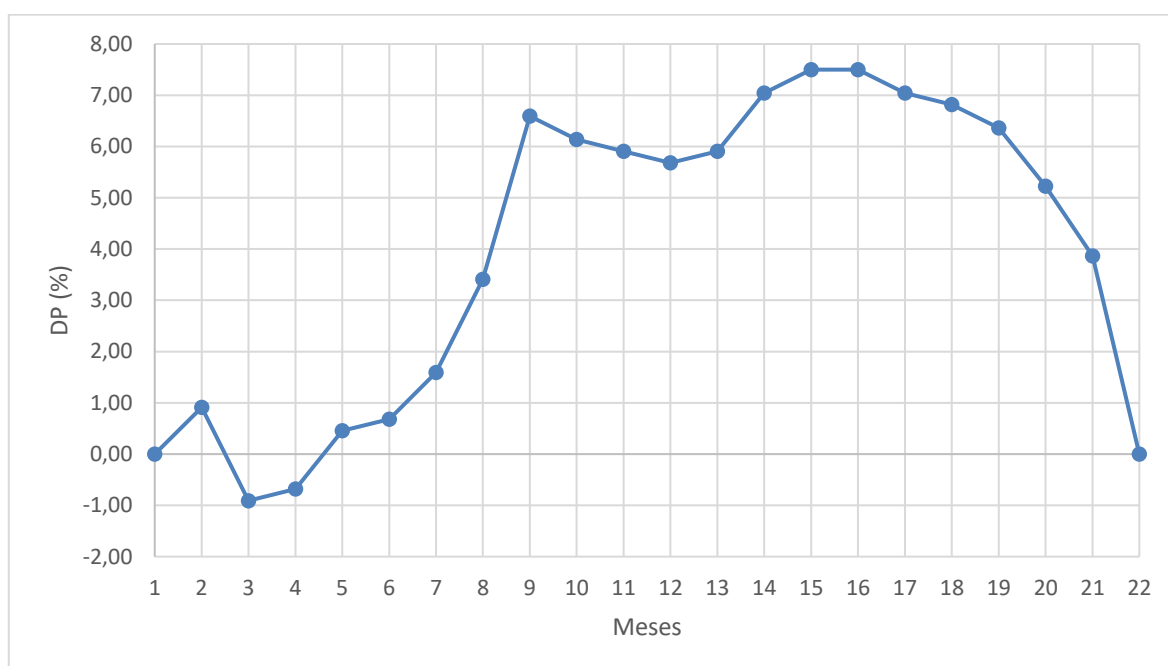
Fonte: Elaborado pela autora

Os dados dos AFM e AFA previstos e realizados poderão ser consultados no Apêndice A.

A análise do AF deve ser realizada em conjunto com o Desvio de Prazo (DP). Neste sentido, é apresentado na Figura 5.3, o gráfico mensal do DP.

Na Figura 5.3 os resultados que estão abaixo de zero, como nos meses 3 e 4, indicam que a obra está adiantada e os resultados acima de zero, como nos meses 2 e 5 ao 21, caracterizam a obra como atrasada. Baseando-se nas informações contidas na Figura 5.3, observa-se que a obra em seu prazo final teve o DP igual a zero.

Figura 5.3 – Desvio de Prazo – Empreendimento 1

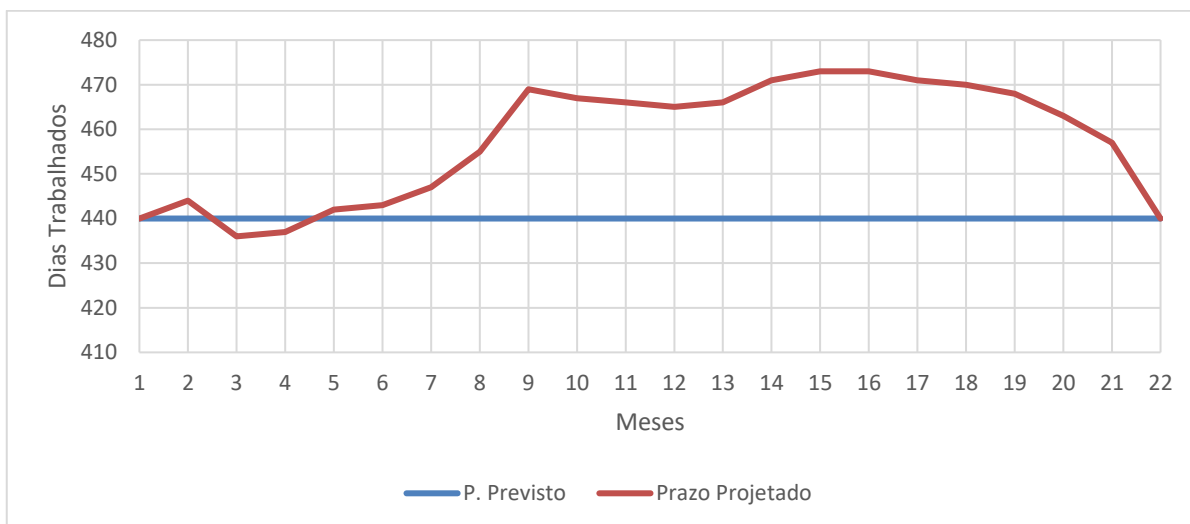


Fonte: Elaborado pela autora

Na Figura 5.4 pode-se observar a variação mensal da projeção do prazo final da obra. No planejamento inicial foram considerados 440 dias para se concluir a obra, trabalhando-se 20 dias por mês, o que resulta um período de 22 meses. Pode-se verificar que a obra apresentou uma projeção de término abaixo de 440 dias nos meses 3 e 4. Depois foi aumentando até chegar em 473 dias nos meses 15 e 16 para em seguida ir diminuindo até finalizar com os mesmos 440 dias previstos no planejamento inicial.

Se for realizada uma análise conjunta das Figuras 5.2 e 5.3, é possível afirmar que a diferença entre o AFA previsto e realizado à partir do 7º mês não foi determinante para gerar atraso na data de término da obra, significando que as tarefas atrasadas podem não estar no caminho crítico.

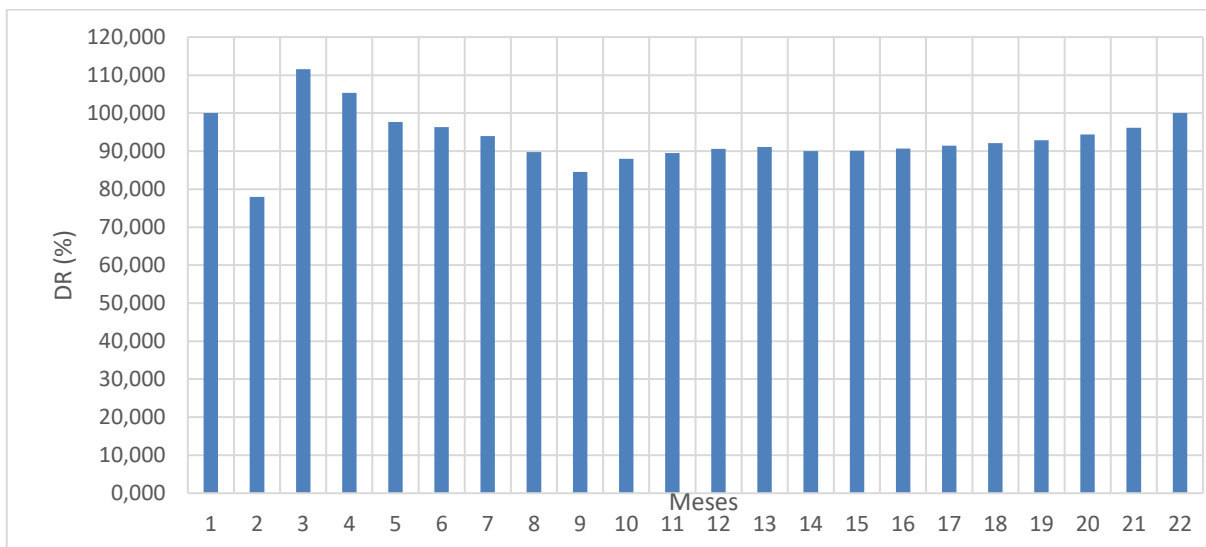
Figura 5.4 – Prazo Previsto x Prazo Executado– Empreendimento 1



Fonte: Elaborado pela autora

A análise do empreendimento continua com a apresentação do resultado do indicador Desvio de Ritmo (DR) na Figura 5.5.

Figura 5.5 – Desvio de Ritmo – Empreendimento 1

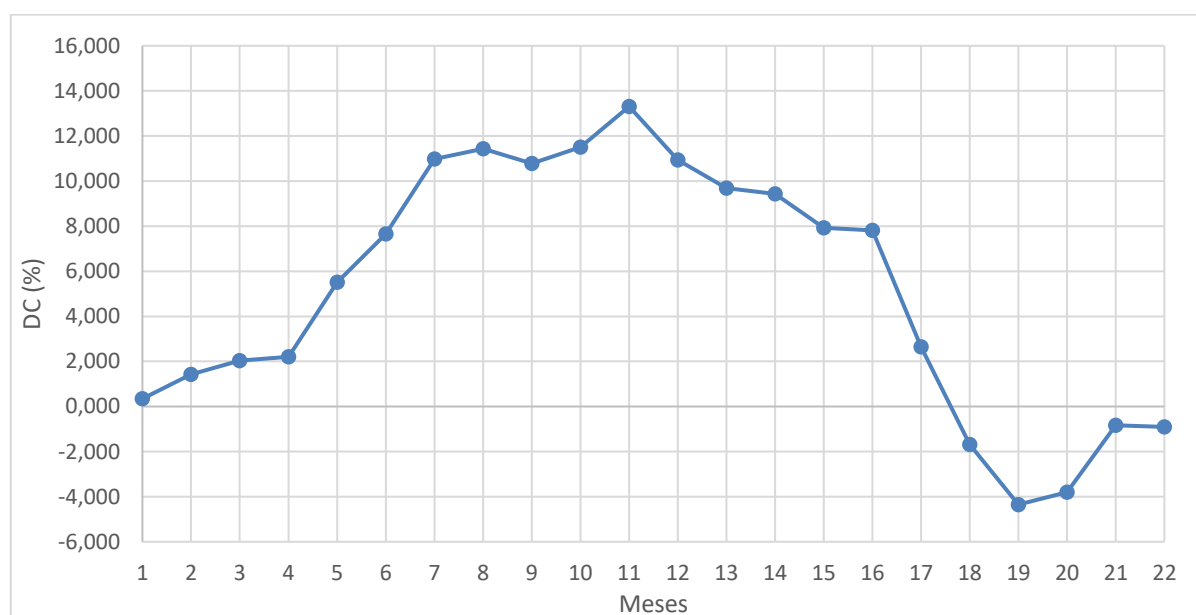


Fonte:Elaborado pela autora

De acordo com a Figura 5.5 e a classificação na Tabela 4.3, Capítulo 4, o DR foi considerado “bom” no mês 1 e 22, quando o avanço físico executado foi igual ao previsto. Nos meses 3 e 4, o DR foi considerado “ótimo”, pois foi maior que 100%, ou seja, a obra avançou mais que o previsto. O DR teve a classificação “aceitável” nos meses 5 a 7, 12, 13 e depois do mês 15 ao 21, quando se manteve entre 90% e 100%, o que significa que o ritmo se manteve bem próximo do previsto. Nos demais meses, 2, 8 ao 11 e 14, o DR foi considerado ruim pois ficou abaixo de 90%. Analisando conjuntamente as Figuras, 5.2, 5.3 e 5.4 é possível afirmar que mesmo apresentando um percentual executado abaixo do previsto, projetando um atraso, com o ritmo na maior parte do tempo mais lento que o previsto mas bem próximo dele e ascendendo do mês 15 até o final, foi possível finalizar a obra no prazo previsto.

Para complementar a análise do empreendimento, é apresentado o resultado do indicador Desvio de Custo (DC) na Figura 5.6.

Figura 5.6 – Desvio de Custo – Empreendimento 1

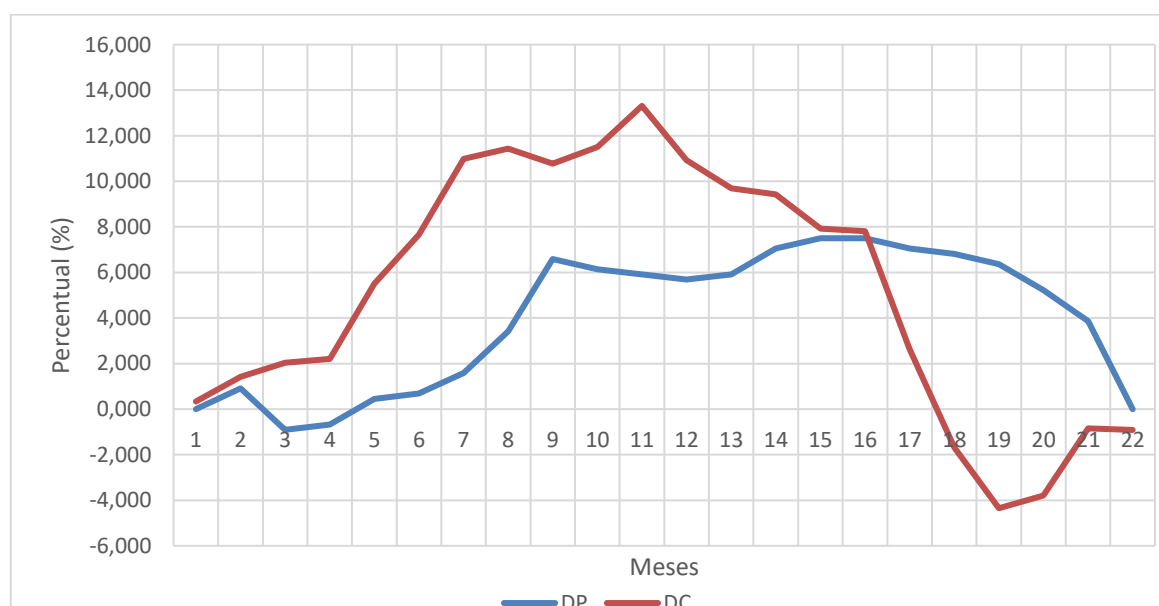


Fonte: Elaborado pela autora

Percebe-se que desde o mês inicial analisado, a obra apresentava um resultado projetado acima do orçamento previsto, permanecendo assim até o mês 17, alcançando seu pior resultado no mês 11, ou seja, 13,31% acima do orçado. Já a partir do mês 12 esse valor foi diminuindo até que no mês 18 o DC apresentou um resultado de 1,69% abaixo do orçamento. No mês 19 o DC apresentou seu melhor resultado de 4,35% menor que o custo orçado até finalizar no mês 22 abaixo do orçamento previsto em 0,91%.

É possível verificar na Figura 5.7, um movimento similar em se tratando de prazo e custo, pois tanto o DP quanto o DC, com exceção dos meses 3 e 4, para DP e do mês 18 ao 22 para DC, se mantiveram acima do previsto, porém a obra foi finalizada no prazo previsto e abaixo do custo. Isso demonstra que o prazo pode influenciar o custo, mas não é o único fator. Ou seja, se houve uma projeção de atraso durante obra, não necessariamente isso irá gerar um atraso da obra no final ou um orçamento acima do previsto. Existem outros fatores como, compras de suprimentos, produtividade, dificuldade na execução, consumo de materiais, preço e qualidade de serviços, que combinados ao DP, são determinantes para que o custo supere ou não o orçamento.

Figura 5.7 – Desvio de Prazo x Desvio de Custo – Empreendimento 1

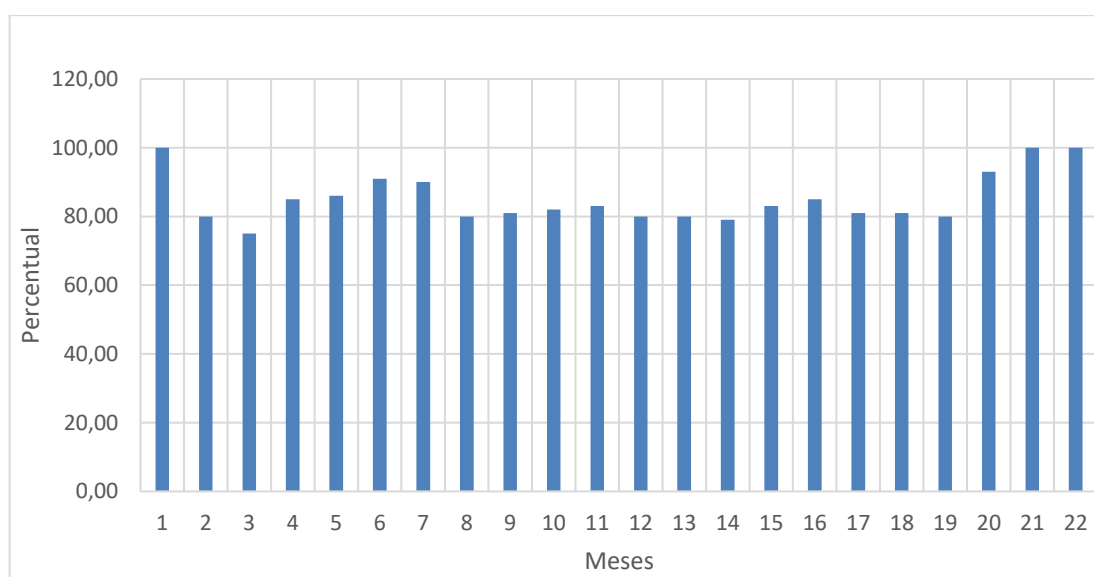


Fonte: Elaborado pela autora

Por fim, o resultado obtido da implantação do planejamento de curto prazo é o Percentual de Planejamento Concluído (PPC), na Figura 5.8 é apresentado o PPC ao longo do período de acompanhamento da obra.

Analisando o gráfico PPC (Figura 5.8) e de acordo com os critérios adotados para esse trabalho descritos na Tabela 4.4 do Capítulo 4, pode-se observar que o PPC se manteve entre 75% e 85%, que é considerado “ideal” nos meses 2, 4 e 8 ao 19, ou seja na maioria dos meses de execução da obra. O resultado ficou “médio” apenas no mês 3, onde o PPC obteve o resultado de 75% se apresentando entre 60% e 75%. Nos meses, 1, 5, 6, 7, 20, 21 e 22 tiveram um resultado acima de 85% e o PPC foi considerado “bom”. Pode-se observar não houve resultado “ruim”, pois nenhum valor ficou abaixo de 60%.

Figura 5.8 – PPC – Empreendimento 1



Fonte: Elaborado pela autora

Com o auxílio das informações apresentadas no Apêndice C, é possível verificar que a média para o indicador PPC obtido ao longo do período de acompanhamento foi de 85,23%, que é um resultado considerado “bom”, de acordo com o critério de análise estabelecido para esse indicador. Demonstra-se pouca variabilidade nos

resultados, o que contribui para não impactar na data de término prevista para o empreendimento.

É importante ressaltar que esse resultado está dentro da expectativa, pois trata-se de uma empresa que já trabalhava com uma rotina de planejamento muito bem estabelecida, porém vale ressaltar que mesmo tendo algumas dificuldades e motivos para gerar resultados de PPC mais baixos, isso não aconteceu, devido ao acompanhamento sistemático do planejamento e modificações no planejamento *lookahead*. Alguns dos desafios foram registrados e são apresentados nas Figuras 5.9, 5.10, 5.11 e 5.12.

No mês 2, a equipe da obra estava executando as etapas de fundação e contenção em estacas tipo hélice contínua. Foram 109 estacas das quais 44 unidades eram de contenção e nesse período já estavam executadas e impermeabilizadas, como mostrado na Figura 5.9. Porém, as estacas do corpo do prédio também estavam programadas para serem finalizadas nesse mês, mas tiveram que ser paralisadas devido à execução de um reforço na fundação do muro do vizinho (Figura 5.10).

Figura 5.9 – Foto das Estacas de Contenção



Fonte: Arquivo da autora

Figura 5.10 – Foto do Reforço da Fundação do Muro do Vizinho



Fonte: Arquivo da autora

Já no mês 4, a dificuldade foi a execução dos imensos blocos de fundação do poço dos elevadores, e devido o tamanho do bloco e complexidade de execução a equipe demorou mais tempo que o previsto (Figura 5.11).

Figura 5.11 – Foto dos Blocos de Fundação do Poço dos Elevadores



Fonte: Arquivo da autora

A fachada do prédio era toda revestida em granito aerado, e no mês 15 estava previsto o início da colocação dos inserts metálicos para a fixação do granito, mas então surgiu uma dificuldade no detalhamento de projeto que mobilizou a equipe responsável na execução de um molde em MDF para referência das molduras da fachada, no 3º pavimento, como mostra a Figura 5.12.

Figura 5.12 – Foto do Molde da Moldura da Fachada



Fonte: Arquivo da autora

Dessa forma, mesmo com alguns percalços e incertezas ao longo de sua execução quando se parte de um planejamento de longo e médio prazo criterioso, com o pessoal bem treinado e fornecedores fidelizados, é possível elaborar o dimensionamento de curto prazo com informações consistentes e bem próximo da realidade.

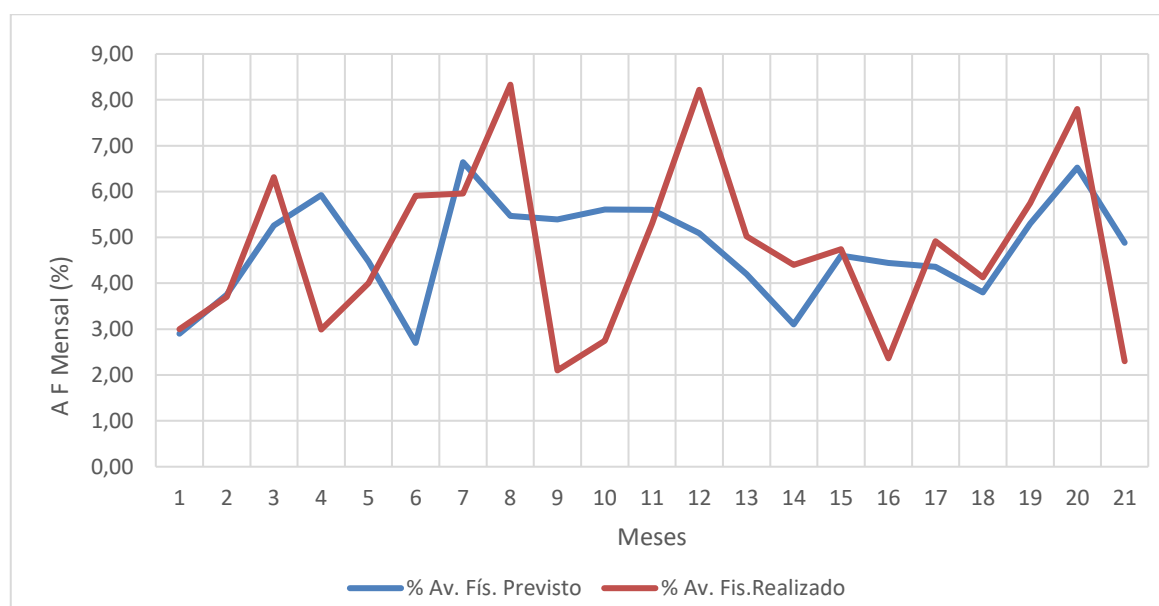
5.1.2 Empreendimento 2

O Empreendimento 2 trata-se de um edifício *Shell Building* com as seguintes características:

- a) estrutura em concreto armado;
- b) 7 pavimentos tipo, e um andar de loja;
- c) edifício com 12 pavimentos, sendo 1 subsolo, 1 pavimento de *hall* e loja, 3 pavimentos de garagens e 7 pavimentos de salas com aproximadamente 30m² cada;
- d) prazo inicial da obra de 21 meses.

Os dados sobre o Avanço Físico Mensal (AFM) obtidos ao longo dos 21 meses de acompanhamento do empreendimento são apresentados na Figura 5.13.

Figura 5.13 – Avanço Físico Mensal Previsto x Realizado – Empreendimento 2

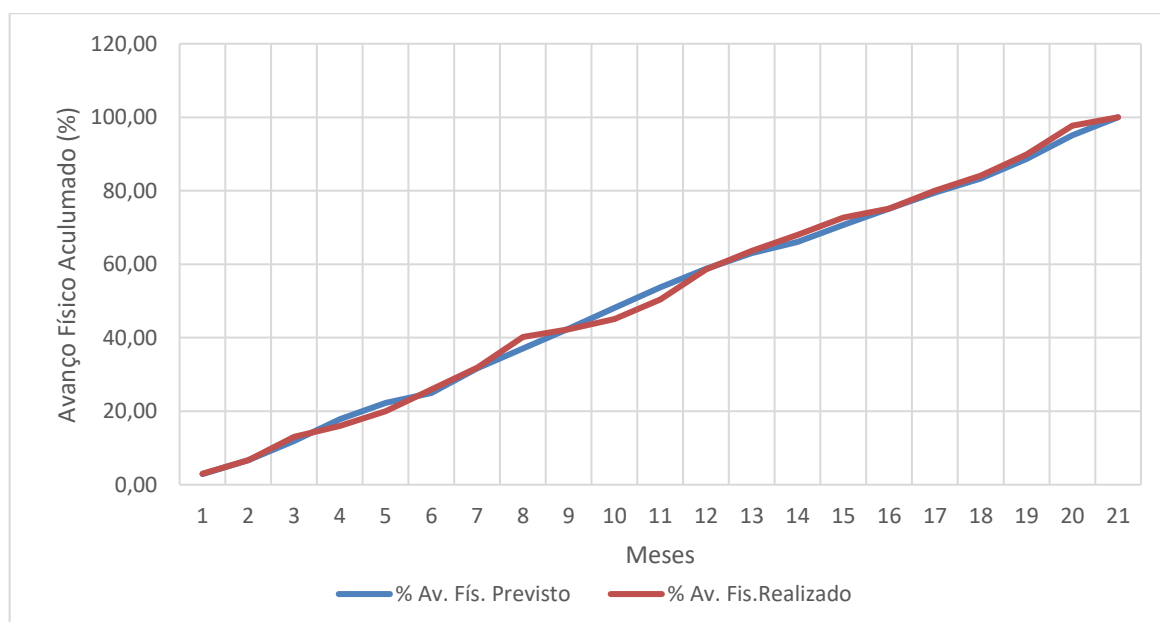


Fonte: Elaborado pela autora

Analisando o gráfico da Figura 5.13 percebe-se que no primeiro mês o AF foi maior que o planejado, situação que se repetiu nos meses 3, 6, 8, do mês 12 ao 15 e depois do 17 ao 20, ou seja, em mais da metade do período de duração da obra os valores reais de produção se mantiveram acima dos valores planejados inicialmente. Também, é notório que o mês 2 apresenta a menor diferença entre o avanço físico previsto e o realizado e que a curva de avanço físico realizado se apresenta bastante instável, o que mostra que ora a produtividade era alta, ora baixa. Observa-se que as maiores produtividades foram nos meses 8, 12 e 20 e as menores nos meses 4, 9, 16 e 21, sendo que o mês 21 foi o último mês de obra.

Uma análise complementar pode ser feita ao observar a Figura 5.14, que contém os dados do Avanço Físico Acumulado (AFA).

Figura 5.14 – Avanço Físico Acumulado Previsto x Realizado – Empreendimento 2



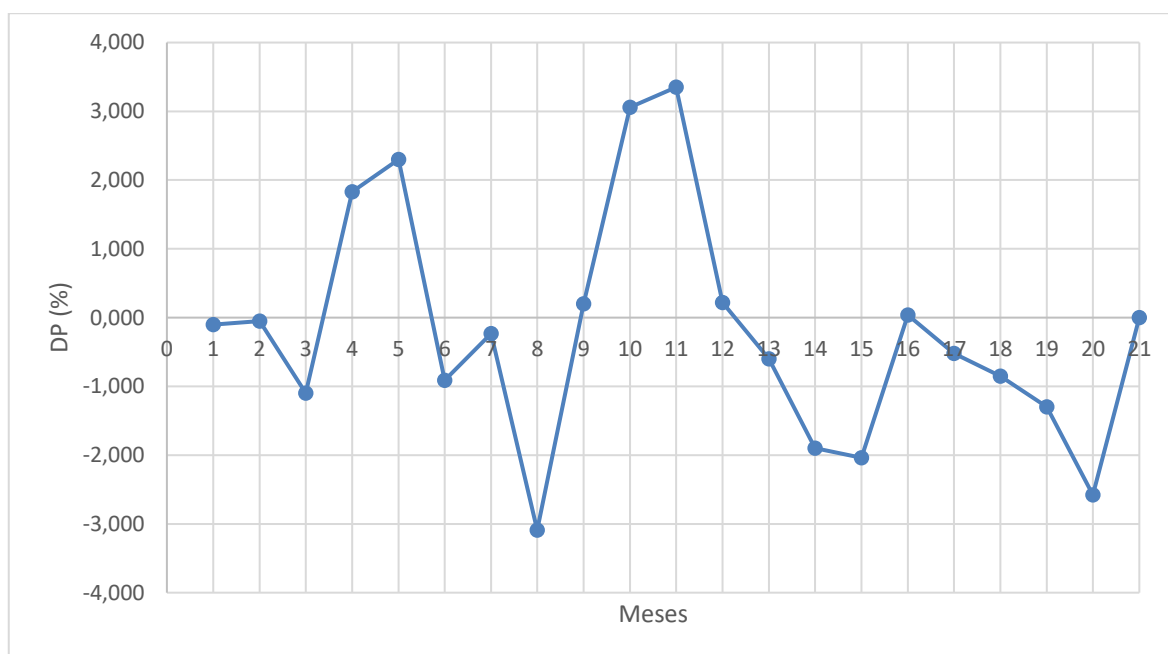
Fonte: Elaborado pela autora

Observa-se na Figura 5.14 que durante toda a obra as curvas de AF previsto e AF acumulado estavam bem similares. Com o auxílio do Apêndice B percebe-se, que em alguns meses o AFA realizado se distancia do AFA previsto, ficando com os valores superiores aos previstos para a obra nos meses 1 a 3, 6 a 8, 13 a 15 e 17 a 20 e finalizando na data prevista.

Comparando esses valores com os obtidos na Figura 5.13, percebe-se que existem alguns pontos de diferença acima e abaixo do planejado entre os valores de AF previstos e realizados, onde se pode deduzir que a produtividade pequena de um período foi compensada em outro mês de produtividade maior. Porém, observa-se que essa diferença variou pouco, atingindo o maior resultado no mês 8, com o AFA acima do previsto em 3,09% e no mês 11, com o AFA acumulado abaixo do previsto em 3,35%.

Como a análise do AF deve ser realizada em conjunto com o DP, é apresentado na Figura 5.15, o gráfico mensal do desvio de prazo.

Figura 5.15 – Desvio de Prazo – Empreendimento 2

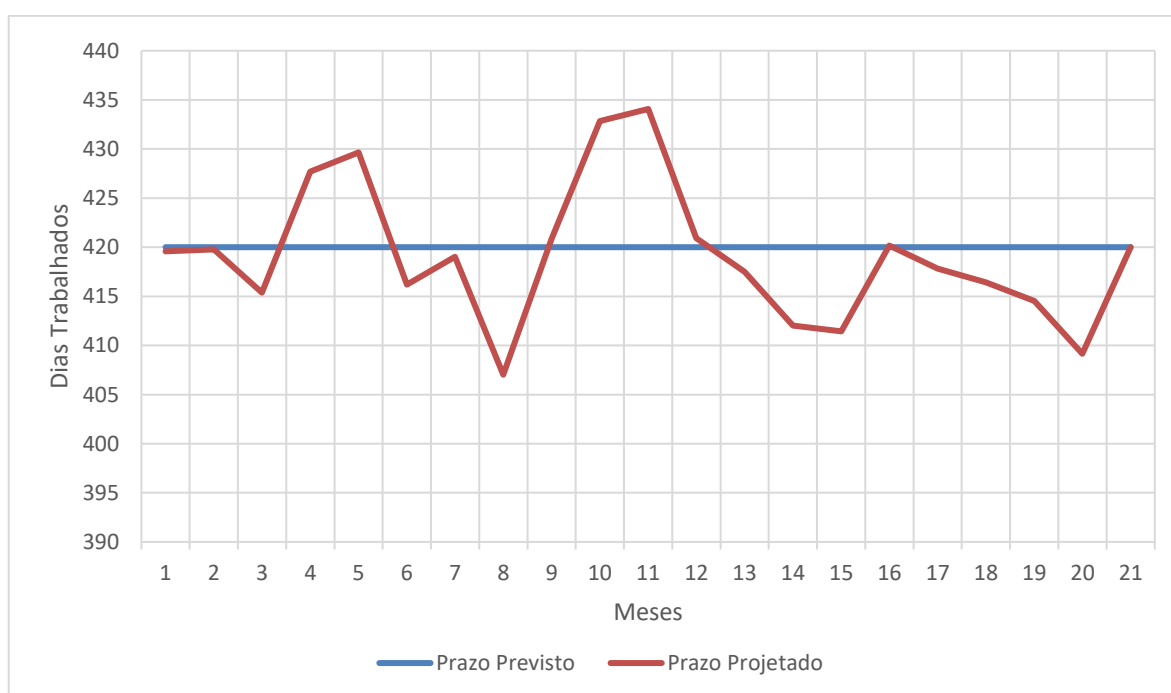


Fonte: Elaborado pela autora

Na Figura 5.15 os resultados que estão abaixo de zero, como nos meses 1 a 3, 6 a 8, 13 a 15 e 17 a 20, indicam que a obra está adiantada e os resultados acima de zero, como nos meses 4, 5, 9 a 12 e 16, caracterizam a obra como atrasada. Baseando-se nas informações contidas na Figura 5.14, observa-se que a obra em seu prazo final teve o DP igual a zero.

Na figura 5.16 pode-se observar a variação mensal da projeção do prazo final da obra. No planejamento inicial foram considerados 420 dias para se concluir a obra, trabalhando-se 20 dias por mês, o que resulta um período de 21 meses. Pode-se verificar que a obra apresentou uma projeção de término igual aos 420 dias nos meses 1, 2 e 16. Já nos meses 3, 6 a 8, 13 a 15 e 17 a 20, a projeção de término foi abaixo de 420 dias. Nos demais meses a projeção de término foi maior que os 420 dias, chegando em seu máximo no mês 11 projetando 434 dias, 14 dias após a data prevista, mas esse atraso foi recuperado e a obra terminou no prazo previamente estipulado.

Figura 5.16 – Prazo Previsto x Executado – Empreendimento 2

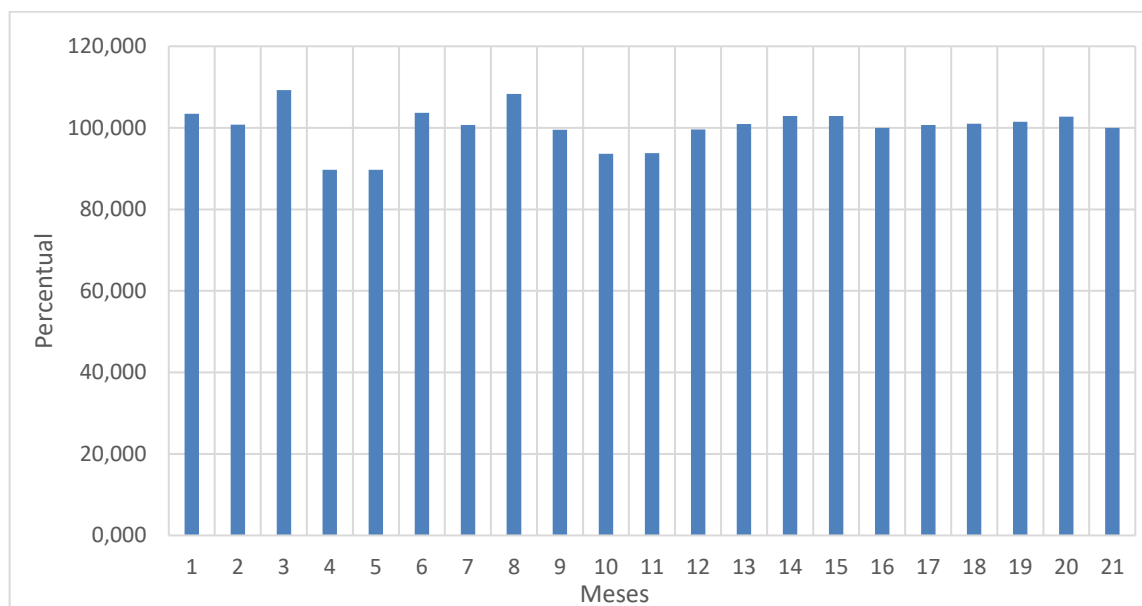


Fonte: Elaborado pela autora

Pode-se afirmar que as variações de projeção de prazo de término foram pequenas e que a obra foi bem administrada, sendo os atrasos compensados com maior produção.

A análise do empreendimento continua com a apresentação do resultado do indicador desvio de ritmo na Figura 5.17.

Figura 5.17 – Desvio de Ritmo – Empreendimento 2

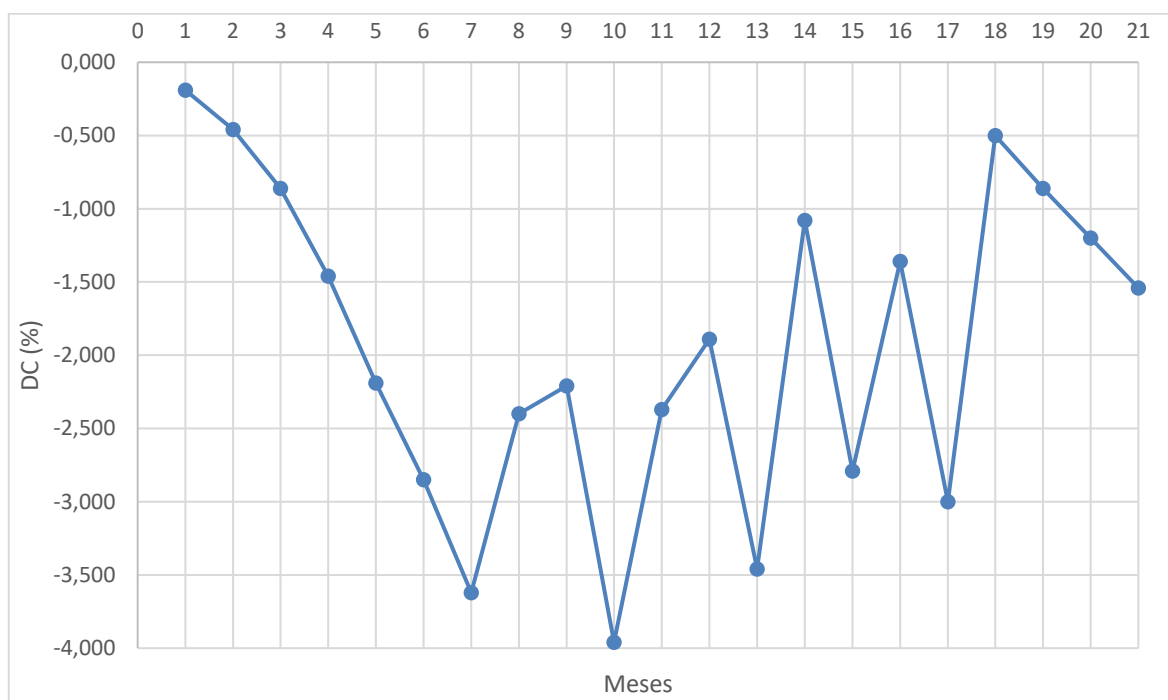


Fonte: Elaborado pela autora

De acordo com a Figura 5.17 e a classificação na Tabela 4.3, Capítulo 4, o DR foi considerado “ótimo” nos meses 1, 2, 3, 6 a 8, 13 a 15 e 17 a 20, quando o avanço físico executado foi maior que 100%, ou seja, a obra avançou mais que o previsto. O mês 3 foi o período que o DR atingiu o maior valor, quase 110% o que contribuiu para compensar a performance ruim dos meses 4 e 5. Também pode-se constatar que o DR só foi considerado “bom”, ou seja igual a 100% no mês 21, último mês de obra. Nos meses 9 a 11, 12 e 16, o DR teve classificação “aceitável”, obtendo um resultado entre 90% e 100%, porém com o auxílio do Apêndice D, pode-se verificar que nos meses 9, 12 e 16 o resultado foi de mais de 99%, ou seja muito próximo ao ritmo previsto. Isto foi fundamental para finalização da obra no prazo previsto e para para que as curvas do previsto e realizado se mantivessem quase que coincidentes quando se compara com a a Figura 5.14. Também pode-se observar que em nenhum dos meses o ritmo foi “ruim”, já que não foi obtido resultado abaixo de 90%.

Para complementar a análise do empreendimento, é apresentado o resultado do indicador Desvio de Custo (DC) na Figura 5.18.

Figura 5.18 – Desvio de Custo – Empreendimento 2



Fonte: Elaborado pela autora

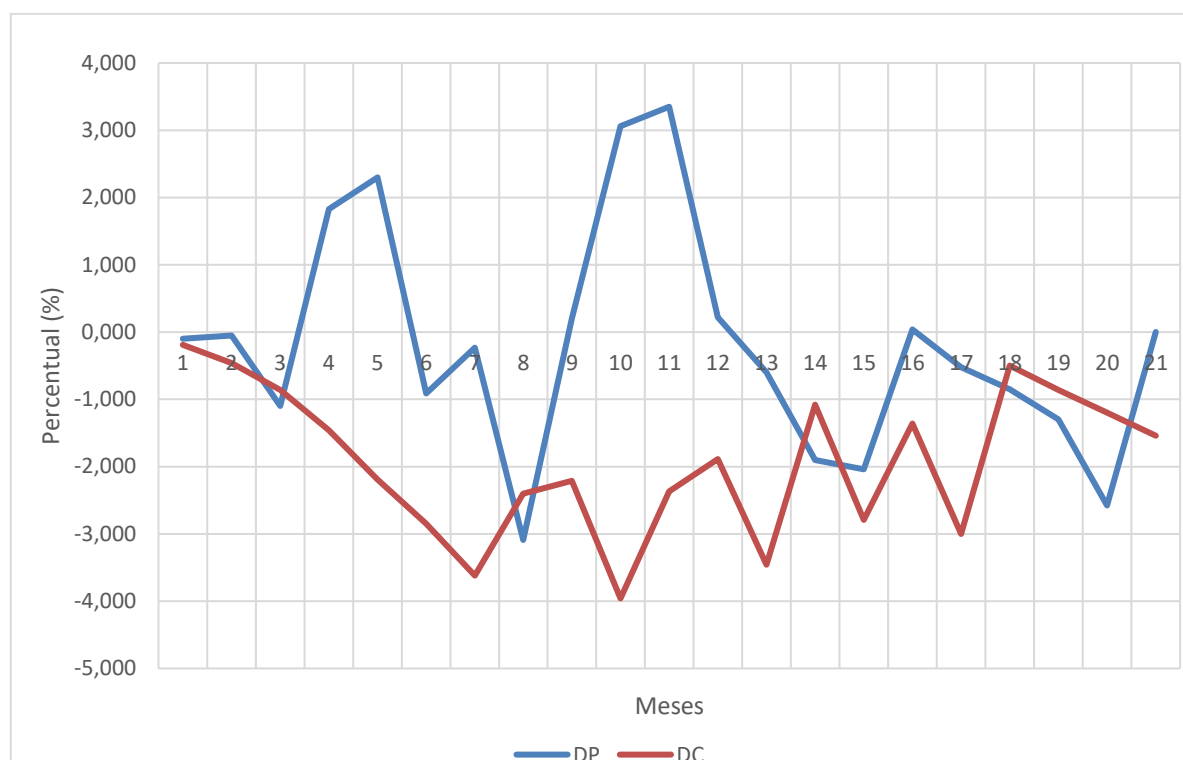
Percebe-se na Figura 5.18, que durante todo o período de sua execução, desde o primeiro até o último mês, a obra apresentou resultados negativos, ou seja custo projetado abaixo do orçamento previsto. Desde o mês 1 até o mês 7, ocorre uma redução gradativa dos custos. Nos meses 8 e 9 essa redução fica menor para atingir sua melhor performance no mês 10, com 3,96% abaixo do orçamento.

Observa-se que do mês 8 ao mês 17, a curva sofreu muita variabilidade, porém sempre apresentando resultados abaixo do previsto. No mês 18, o custo fica muito próximo do orçamento e depois vai baixando novamente até finalizar a obra com o resultado de 1,54 abaixo do custo orçado.

É possível verificar na Figura 5.19, que as curvas de DC e DP sofreram variações, apesar da curva de DP ter projetado um atraso da obra em determinados períodos como nos meses 4, 5 e de 9 a 12, a curva do DC permaneceu por todo o período abaixo de zero. Este fato pode ser explicado porque nessa época, a alta direção alterou a rotina de fechamento de contrato de esquadrias de alumínio que é um item importante da curva ABC, ou seja, um item caro, que onera o valor da obra,

passando a comprar o alumínio e instalar uma central de fabricação dentro da própria obra. Como a mobilização demorou um pouco e todo início de serviço requer o tempo de aprendizado, o DP projetou atraso. Ao mesmo tempo, como essa atitude gerou uma grande economia, o DC apresentou o seu valor mais baixo.

Figura 5.19 – Desvio de Prazo x Desvio de Custo – Empreendimento 2

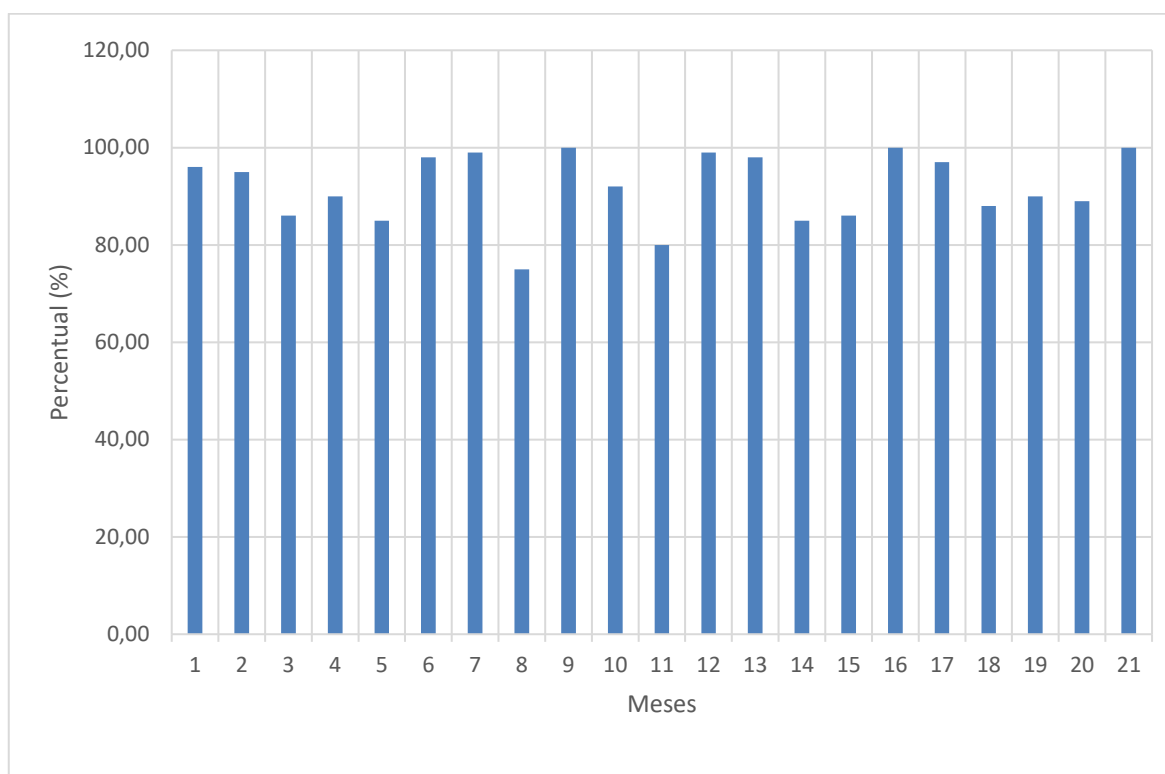


Fonte: Elaborado pela autora

Por fim, o resultado obtido da implantação do planejamento de curto prazo é o Percentual de Planejamento Concluído (PPC), na Figura 5.20 é apresentado o PPC ao longo do período de acompanhamento da obra.

Analisando o gráfico PPC e de acordo com os critérios adotados para esse trabalho descritos na Tabela 4.4, Capítulo 4, pode-se observar não houve resultado “ruim”, pois nenhum valor ficou abaixo de 60%. O resultado foi classificado como “médio” apenas no mês 8, quando o PPC foi de 75%, seu registro pode ser conferido na Figura 5.21. Nos meses 5, 11 e 14 o resultado foi “ideal”, pois os valores ficaram entre 75% e 85%. Já os demais meses, tiveram um resultado acima de 85% e o PPC foi considerado “bom”.

Figura 5.20 – PPC – Empreendimento 2



Fonte: Elaborado pela autora

Com o auxílio das informações apresentadas no Apêndice D, é possível verificar que a média para o indicador PPC obtido ao longo do período de acompanhamento foi de 91,81%, que é um resultado considerado “bom”, de acordo com o critério de análise estabelecido para esse indicador. O gráfico da Figura 5.20 demonstra pouca variabilidade nos resultados, atestando mais uma vez o domínio da empresa e da equipe com as ferramentas de gestão.

Quando se comparam as Figuras 5.15 e 5.20, observa-se que mesmo nos períodos em que o DP era positivo, ou seja, em que a obra apresentava atrasos, o PPC não foi influenciado.

5.1.2 Comparativo dos Resultados Iniciais

Após análise individual dos indicadores dos empreendimentos no item 5.1.1 e 5.1.2, foi elaborado o Quadro 5.1 resumindo o resultados dos indicadores de

planejamento AF, DR e PPC e dos indicadores de desempenho DC e DP, baseados nos trabalhos de Akkari (2003), Pereira, M. (2017) e Pereira, C. (2018) e com o auxílio dos Apêndices A, B, C e D. Como a situação das obras não são constantes e apresentam variações ao longo de sua execução, a coluna de situação foi preenchida com os resultados de comportamento de projeção mais frequente em pelo menos 55% do tempo de execução das obras.

Quadro 5.1 – Resumo dos indicadores dos empreendimentos para AF, PPC, DR, DP e DC.

Indicador		Empreendimento 1	Empreendimento 2
Avanço Físico (%)	Situação	Menor que o previsto	Maior que o previsto
	Conclusão	Execução de menos tarefas que o previsto ou tarefas com % físico menor	Execução de mais tarefas que o previsto ou tarefas com % físico maior
PPC (%)	Situação	Resultado Bom	Resultado Bom
	Conclusão	Boa confiabilidade no Planej. Curto Prazo	Boa confiabilidade no Planej. Curto Prazo
Desvio de Ritmo (%)	Situação	Entre 90% e 100%	Maior que 100%
	Conclusão	Obra atrasada	Obra adiantada
Desvio de Prazo (%)	Situação	Maior que 0	Menor que 0
	Conclusão	Obra atrasada	Obra adiantada
Desvio de Custo (%)	Situação	Maior que 0	Menor que 0
	Conclusão	Obra acima do orçamento	Obra abaixo do orçamento

Fonte: Elaborado pela autora

Analisando os resultados, percebe-se que no Empreendimento 1, o que era tendência durante a maior parte da execução da obra, não se confirmou no final dela, ou seja, durante a maior parte do tempo de sua execução, a obra apresentou o DR menor que 100%, o que significa que teve um ritmo mais lento que o esperado e se projetou atrasada, com o DP maior que zero na maioria dos meses.

O AF também foi menor que o previsto, configurando que ou foram executadas menos tarefas ou que executaram muitas tarefas que tinham um percentual físico menor.

O DC maior que zero, configura uma obra com o orçamento acima do custo original, apesar do PPC ter um resultado “ideal”, o que significa que as tarefas estabelecidas no planejamento de curto prazo são em sua maioria cumpridas. O único ponto de atenção, é verificar se todas as tarefas do plano de longo prazo estão sendo consideradas no curto prazo, pois mesmo com o PPC na categoria “ideal”, a obra apresenta atraso.

Mesmo com quase todos os indicadores apontando uma obra atrasada e acima do custo previsto, é importante ressaltar que o empreendimento 1 foi finalizado no prazo e com o custo 0,91% abaixo do orçamento original.

Talvez a projeção de atraso e alto custo se deva ao fato de que essa era uma obra com muitas peculiaridades como ilustram as Figuras 5.21 e 5.22.

As fotos das Figuras 5.21 e 5.22 foram tiradas no mesmo dia no 8º mês da obra. Nelas pode-se perceber que enquanto a estrutura se eleva sem percalços e já com o ciclo estabilizado, todos os serviços que são feitos na terra do subsolo como infraestrutura de redes, dutos de ar condicionado, esgoto, água pluvial, entre outros ainda se encontram bastante atrasados, na escavação, pois devido à manifestação de fissuras nos blocos de fundação do empreendimento vizinho, tiveram que ser executados avaliação geotécnica e serviços de sondagem rotativas mistas em solo e concreto, com ensaios a cada metro do trecho em pontos determinados pelo engenheiro consultor. Também foi instalado *Bench Mark* e controle de requalque de pilares por um período de 3 meses e só depois disso os demais serviços no local foram liberados.

Figura 5.21 – Foto da Estrutura do Prédio no 7º Pavimento – Empreendimento 1



Fonte: Arquivo da autora

Figura 5.22 – Foto do Subsolo do Prédio – Empreendimento 1



Fonte: Arquivo da autora

O Empreendimento 2, ao contrário, confirmou o prognóstico, ou seja, durante a maior parte do tempo de sua execução, a obra apresentou o DR maior que 100%

configurando um ritmo rápido e se projetou adiantada, com o DP menor que zero na maioria dos meses finalizando dessa forma.

O AF também foi menor que o previsto, o que significa que ou foram executadas mais tarefas ou que executaram tarefas que tinham percentual físico maior.

O DC menor que zero, configura uma obra com o orçamento abaixo do custo original e o PPC obteve um resultado “bom”, o que significa que as tarefas estabelecidas no planejamento de curto prazo são em sua maioria cumpridas.

Conclui-se que as obras apresentam bons resultados quando se trata de custo e prazo final e percebe-se uma possível correlação entre desvio de prazo e desvio de custo, pois quando o DP foi maior que zero (obra atrasada) o DC também foi maior que zero, com o custo acima do orçado (Quadro 5.1). O mesmo se deu com desvio de prazo e desvio de ritmo.

Em ambas as obras, o PPC alto significa que, à princípio, a empresa tem domínio sobre o planejamento de curto prazo, apesar do AF no empreendimento 1 ter sido abaixo do esperado.

Assim, pode-se considerar que a análise realizada, mesmo proporcionando uma visão geral dos empreendimentos e sendo de extrema importância, não é suficiente para demonstrar uma clara relação entre os indicadores analisados, então, percebe-se a necessidade de complementar o estudo com uma análise estatística, abordada no próximo item.

5.2 Análise Estatística

Após coletados e calculados os dados dos indicadores, foi realizada a transformação dos valores calculados utilizando-se uma escala entre 0 e 10 para as duas obras, onde 0 representa o pior resultado 10 o melhor resultado. É importante lembrar que a transformação do PPC de valores reais para transformados é simples, basta dividir os valores reais por 10. Essa transformação

foi detalhada no item 4.2.3 e os valores dos indicadores transformados para a nova escala podem ser consultados no Apêndice E.

Adequada a escala dos indicadores, iniciam-se as análises estatísticas de correlação, por meio da qual torna-se possível verificar a existência e a intensidade da relação entre duas variáveis e da análise de regressão através da qual é possível estabelecer uma equação que expresse o relacionamento entre as variáveis resposta ou dependente, Y e explicativa ou independente, X.

5.2.1 Análise de Correlação

Com o objetivo de verificar se existe dependência entre os indicadores de planejamento e controle da produção das edificações estudadas e também para calcular qual o grau de dependência entre duas dessas variáveis, será utilizada a análise de correlação. Serão realizadas seis análises diferentes, com os resultados dos dois empreendimentos totalizando 43 valores para cada indicador, relacionadas a seguir:

- Análise 1: Desvio de Custo x Desvio de Prazo;
- Análise 2: Desvio de Custo x PPC;
- Análise 3: Desvio de Custo x Desvio de Ritmo;
- Análise 4: Desvio de Prazo x PPC;
- Análise 5: Desvio de Prazo x Desvio de Ritmo;
- Análise 6: Desvio de Ritmo x PPC.

Os resultados obtidos na análise de correlação entre as variáveis estudadas estão mostrados na Tabela 5.1 a qual apresenta o resumo dos coeficientes de correlação de Pearson (r) e os resultados do teste de significância (p) correspondentes às variáveis, bem como a conclusão do resultado de cada teste.

Os valores do coeficiente de correlação de Pearson (r) em todos os testes da Tabela 5.1 são positivos. Isto significa que as variáveis possuem uma relação

direta, ou seja, quanto maior o valor de uma variável, maior o valor de outra, conforme esperado.

Tabela 5.1 – Resumo dos testes de correlação entre as variáveis

Teste	Variáveis	r	p	Resultado
1	DC-DP	0,546	0,000	Rejeita-se H ₀
2	PPC-DC	0,466	0,002	Rejeita-se H ₀
3	DC-DR	0,506	0,001	Rejeita-se H ₀
4	PPC-DP	0,433	0,004	Rejeita-se H ₀
5	DP-DR	0,755	0,000	Rejeita-se H ₀
6	PPC-DR	0,330	0,031	Rejeita-se H ₀

Fonte: Elaborado pela autora

Segundo Levin *at al.* (2012), a significância estatística é um procedimento para se verificar a discrepância de uma hipótese e é medida pelo valor de p. Quanto mais alto o valor de p, menos se pode acreditar na relação entre as variáveis. Diz-se que o resultado é estatisticamente significativo quando o valor de p é menor que o nível de significância α definido para o estudo. Este é geralmente determinado pelo pesquisador antes da coleta dos dados e é tradicionalmente fixado em 0,05 ou menos. O valor utilizado para este trabalho foi de 0,05.

Analisando a Tabela 5.1, observa-se que o menor valor de p foi obtido para as relações DC- DP e DP-DR com o resultado igual a zero. Já o maior valor para o teste de significância foi de 0,031 para a relação PPC-DR. É constatado que tanto no resultado de menor valor de p quanto no maior, os resultados foram estatisticamente significantes já que os dois valores são menores que $\alpha = 0,05$. Conclui-se portanto que as associações obtidas entre as variáveis realmente existem na população.

Com o auxílio do coeficiente de correlação de Pearson (r) pode-se determinar a intensidade e a direção da relação entre as variáveis e é importante lembrar que quanto mais próximo de um o coeficiente de Pearson (r) estiver, maior é a

correlação entre as variáveis. Na Tabela 5.1, pode-se verificar que a maior correlação é entre DP e DR ($r = 0,755$) considerado uma correlação positiva forte (Quadro 3.2). Em seguida a relação DC e DP ($r = 0,546$), e DC e DR ($r = 0,506$), que pode-se dizer que são correlações positivas quase no limite entre moderadas e fortes (Quadro 3.2).

Isto significa que um avanço físico real menor que o previsto tende a gerar um atraso da obra, aumentando o prazo e aumentando os custos. Já quando o avanço físico real for maior que o previsto, o prazo e o custo da obra tendem a diminuir.

Os demais resultados apresentados na Tabela 5.1 se referem aos resultados do PPC e DC ($r = 0,466$), PPC e DP ($r = 0,433$) e PPC e DR ($r = 0,330$), que de acordo com o Quadro 3.2 são correlações moderadas, sendo notório que a mais fraca entre as moderadas é entre PPC e DR.

A Tabela 5.2 mostra os resultados encontrados por Pereira C. (2018), para as variáveis DC, DP e DR. Vale a pena destacar que PPC não fez parte do estudo realizado por Pereira, C. (2018).

Tabela 5.2 – Resultados dos testes de correlação encontrados por Pereira C.(2018)

Teste	r	p	α	Resultado
DC-DP	0,324	0,005	0,05	Rejeita-se H_0
DC-DR	0,351	0,003	0,05	Rejeita-se H_0
DP-DR	0,540	0,000	0,05	Rejeita-se H_0

Fonte: Pereira C. (2018) p. 69

Na Tabela 5.3 pode-se observar os resultados do estudo de Pereira, M. (2017) para PPC, DC e DP. Também o indicador DR não fez parte do trabalho de Pereira, M (2017).

Tabela 5.3 – Resultados dos testes de correlação encontrados por Pereira M.(2017)

Teste	r	p	α	Resultado
PPC-DC	0,272	0,015	0,05	Rejeita-se H_0
PPC-DP	0,434	0,000	0,05	Rejeita-se H_0

Fonte: Pereira M.(2017) p.99

Na Tabela 5.4 é apresentado um comparativo dos resultados dos testes de correlação encontrados por Pereira M. (2017), Pereira, C. (2018) e dessa autora.

Tabela 5.4 – Comparativo dos testes de correlação

Teste	Pereira, M. (2017)		Pereira, C.(2018)		Autora	
	r	p	r	p	r	p
DC-DP	-	-	0,324	0,005	0,546	0,000
PPC- DC	0,272	0,015	-	-	0,466	0,002
DC-DR	-	-	0,351	0,003	0,506	0,001
PPC-DP	0,434	0,000	-	-	0,433	0,004
DP-DR	-	-	0,540	0,000	0,755	0,000
PPC-DR	-	-	-	-	0,330	0,031

Fonte: Elaborado pela autora

Observando as Tabelas 5.2 e 5.4, percebe-se que os maiores valores encontrados por Pereira, C. (2018) ocorreram para DP e DR, como neste estudo. Quando se comparam os valores, verifica-se que o valor de r no estudo de Pereira, C. (2018) ($r = 0,540$) foi menor que o encontrado neste trabalho ($r = 0,755$). Os valores de p para este teste foram iguais a zero para ambos. Ainda considerando o trabalho de Pereira, C. (2018), o seu segundo valor mais alto foi obtido para o teste de correlação entre DC e DR ($r = 0,351$ e $p = 0,003$), enquanto que para este estudo o segundo valor mais alto ocorreu para DC e DP ($r = 0,546$ e $p = 0,000$). Os menores resultados foram encontrados por Pereira, C. (2018) para DC e DP ($r = 0,324$ e $p = 0,005$) e neste estudo ocorreu entre DC e DR ($r = 0,506$ e $p = 0,001$). Pode-se verificar que os resultados do coeficiente de Pearson entre DC e DP e DC e DR tiveram uma diferença mínima, tanto para este estudo quanto para a outra autora.

É importante comentar que quanto maior o valor do DR, DP e DC na escala transformada, melhores os resultados, sendo assim, conclui-se que quanto melhor o resultado do DR, melhores os resultados para DP e DC. Ou seja, quanto melhor o ritmo, melhor o prazo e o custo do empreendimento.

Resultados similares para valores de r e p entre as variáveis PPC e DP e PPC e DC foram encontrados por Pereira M. (2017). Como pode ser verificado nas Tabelas 5.3 e 5.4, a correlação alcançada por ela também foi mais moderada que a obtida nesse estudo. Para Pereira, M. (2017), o melhor resultado foi para o teste entre PPC e DP ($r=0,434$ e $p = 0,000$). Neste estudo os valores entre PPC e DP foram $r = 0,433$ e $p = 0,004$, porém a melhor correlação obtida foi entre PC e DC ($r = 0,466$ e $p = 0,002$).

A relação entre PPC e DR não pode ser comparada, pois como foi dito anteriormente, o PPC não fez parte do estudo realizado por Pereira, C. (2018), assim como DR não fez parte do trabalho de Pereira, M. (2017).

Comparando-se DP, DC e PPC e seguindo o mesmo critério da escala transformada, chega-se à conclusão que quanto melhores os resultados do PPC melhores os resultados para DP e DC. Ou seja, à medida em que os valores do PPC crescem, é esperado que o empreendimento se desenvolva dentro do planejado.

Desta forma, pode-se afirmar que o desvio de prazo e o desvio de custo podem ser influenciados diretamente pelo PPC, estabelecendo uma relação entre a eficácia do planejamento e os indicadores de desempenho dos empreendimentos.

Todas as correlações dos outros autores acima mencionados, se apresentam mais moderadas que as encontradas neste estudo, o que pode caracterizar uma mudança no perfil da amostra e no ciclo de acompanhamento das obras. Vale justificar que os melhores resultados encontrados nesse estudo, podem ser devido ao tipo de obra e ao período de acompanhamento. Neste estudo foram utilizadas obras de edificações corporativas de alto padrão e foram acompanhadas por todo

o período de execução da obra, enquanto que as amostras utilizadas por Pereira, C. (2018) foram de obras de terraplenagem e pavimentação acompanhadas por um período dos 12 meses iniciais e as obras utilizadas por Pereira, M. (2017) foram obras residenciais de baixo padrão e foram acompanhadas por um período de 10 meses.

Os coeficientes obtidos indicam uma tendência, porém há observações que não seguem este padrão. Dessa forma, as relações existentes entre as variáveis envolvidas neste estudo serão melhor avaliadas utilizando a técnica de análise de regressão, que será apresentada no próximo item.

5.2.1 Análise de Regressão

Na regressão, o interesse é encontrar a força de associação entre as variáveis e em especificar a natureza da relação entre elas, assim, se estabelece uma variável que é dependente, e a outra, independente. Para os resultados dos índices estudados serão executados os testes de regressão simples, segundo grau ou quadrática, terceiro grau ou cúbica e regressão múltipla.

5.2.1.1 Regressão Linear

Para o teste de regressão linear simples, supõe-se a existência de uma única variável independente e uma tendência linear entre as variáveis, estabelecendo uma equação que expresse o relacionamento entre as variáveis resposta ou dependente, Y e explicativa ou independente, X, no modelo $Y = a + b X$.

A partir da definição dos parâmetros do modelo, a significância da regressão deve ser testada, como apresentado anteriormente no Capítulo 3, item 3.5.2.

Neste estudo, conforme pode ser verificado na Tabela 5.5, conclui-se que para todos os testes H_0 foi rejeitada, ou seja, $b \neq 0$.

Além de testar a significância da regressão, é importante avaliar a quantidade de variabilidade dos dados explicada pelo modelo. Esta avaliação é realizada por meio do coeficiente de determinação R^2 .

Os resultados obtidos, como equação da regressão, valor de p e coeficiente de determinação R^2 , para todos os modelos ajustados para $Y = a + b \cdot X$ estão apresentados na Tabela 5.5 e os gráficos correspondentes às equações encontradas nas Figuras 5.23 a 5.34.

Observa-se na Tabela 5.5, que todos os modelos podem ser considerados úteis para explicar a variabilidade, uma vez que, em todos os casos, os valores de p mostram-se inferiores ao nível de significância $\alpha = 0,05$.

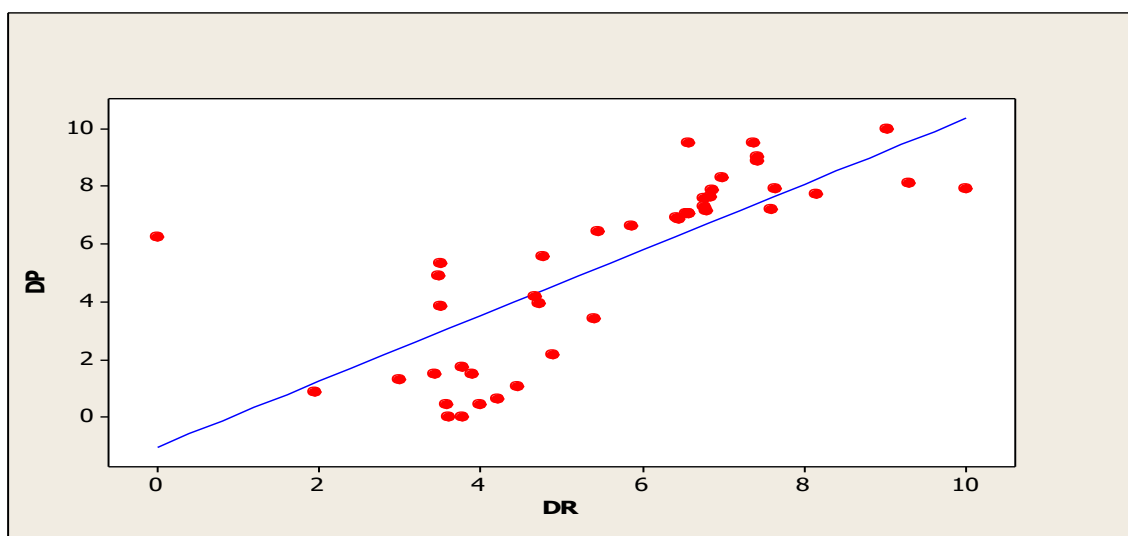
Tabela 5.5 – Resultados obtidos para o modelo do tipo $Y = a + b \cdot X$
Y (dependente) e X (independente)

Regressões de primeiro grau			
Equação de regressão	p	R²	Gráfico
DP = - 1,033 + 1,139 DR	0,000	57,00%	Fig. 5.23
DC = 3,714 + 0,5359 DP	0,000	29,80%	Fig. 5.24
DC = 2,385 + 0,7492 DR	0,001	25,60%	Fig. 5.25
DC = - 9,334 + 1,798 PPC	0,002	21,70%	Fig. 5.26
DP = - 9,736 + 1,702 PPC	0,004	18,80%	Fig. 5.27
PPC = 8,138 + 0,1266 DR	0,031	10,90%	Fig. 5.28
DR = 2,918 + 0,5003 DP	0,000	57,00%	Fig. 5.29
DP = 1,667 + 0,5565 DC	0,000	29,80%	Fig. 5.30
DR = 3,335 + 0,3418 DC	0,001	25,60%	Fig. 5.31
PPC = 8,050 + 0,1209 DC	0,002	21,70%	Fig. 5.32
PPC = 8,257 + 0,1103 DP	0,004	18,80%	Fig. 5.33
DR = -2,014 + 0,8586 PPC	0,031	10,90%	Fig. 5.34

Fonte: Elaborado pela autora

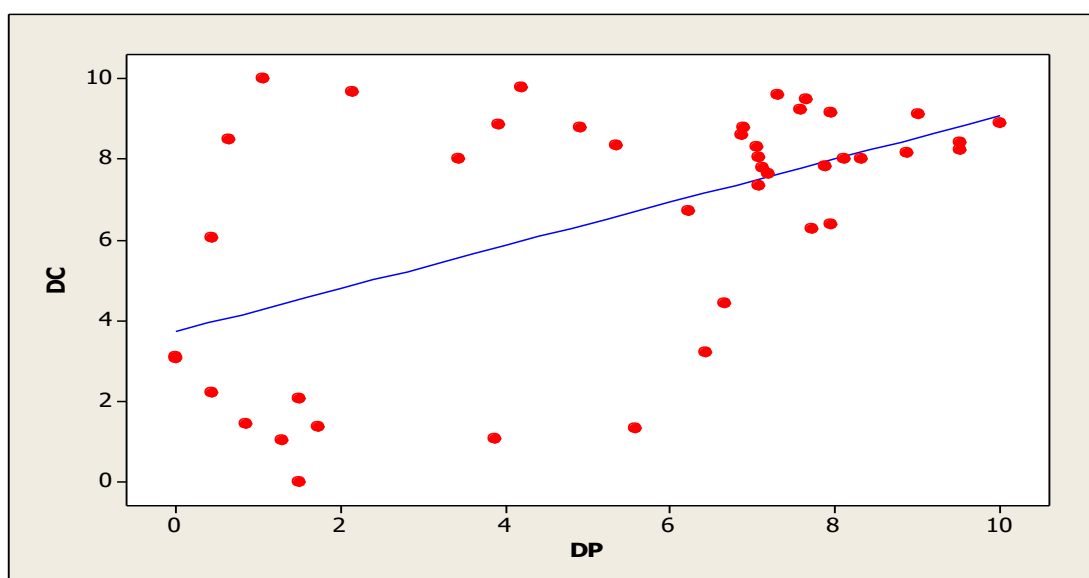
Vale comentar que, dentre eles as equações entre DP (variável dependente) e DR (variável independente ou explicativa); e DR (variável dependente) e DP (variável independente ou explicativa), representadas graficamente nas Figuras 5.23 e 5.29, podem ser consideradas as mais adequadas, uma vez que apresentam o maior R^2 , com valor de 57%. Pode-se observar que os pontos dessas duas figuras estão muito próximos da curva e menos dispersos.

Figura 5.23 – Representação do Modelo - $DP = - 1,033 + 1,139 DR$

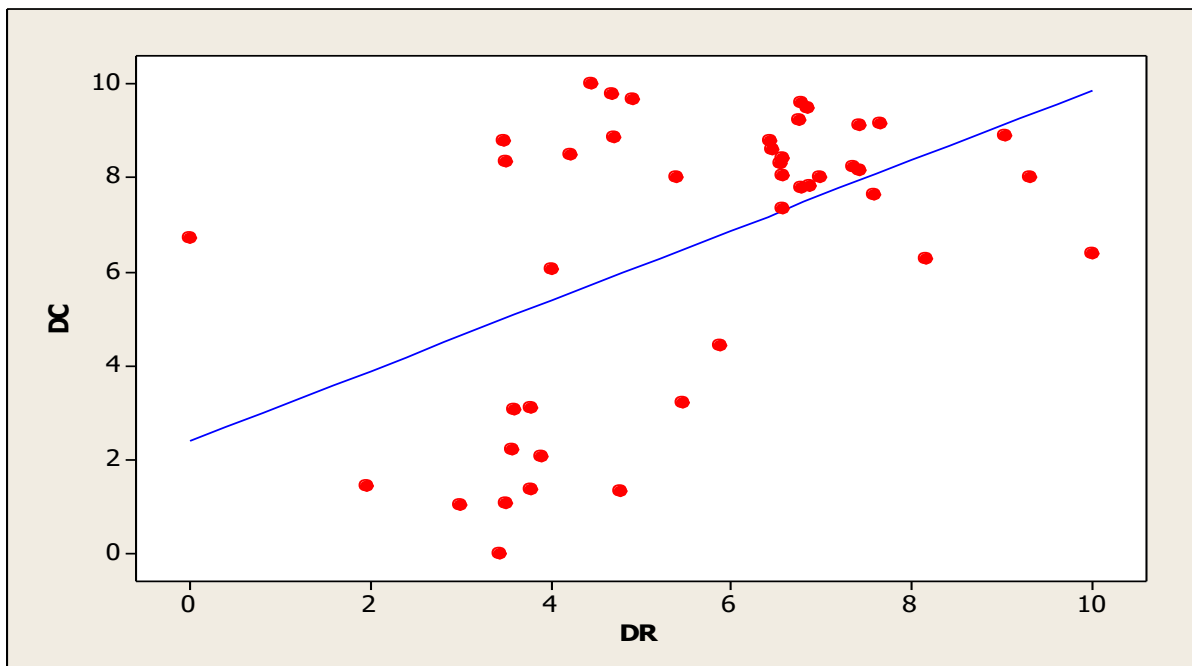


Fonte: Elaborado pela autora

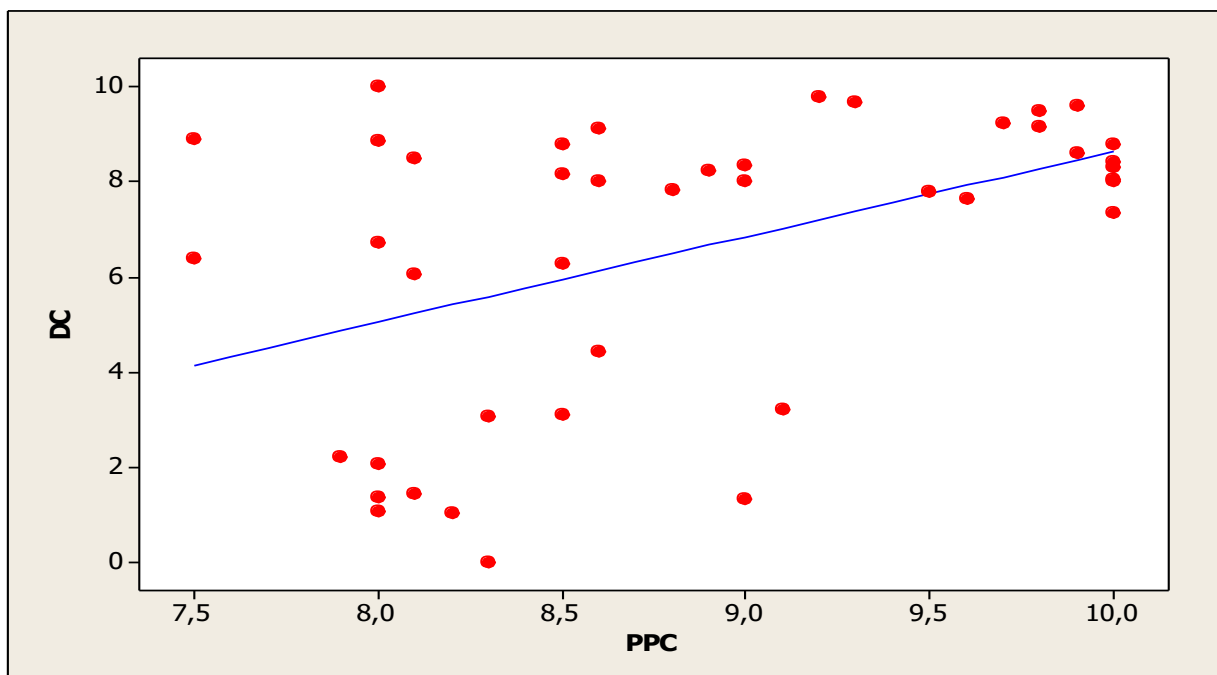
Figura 5.24 - Representação do modelo $DC = 3,714 + 0,5359 DP$



Fonte: Elaborado pela autora

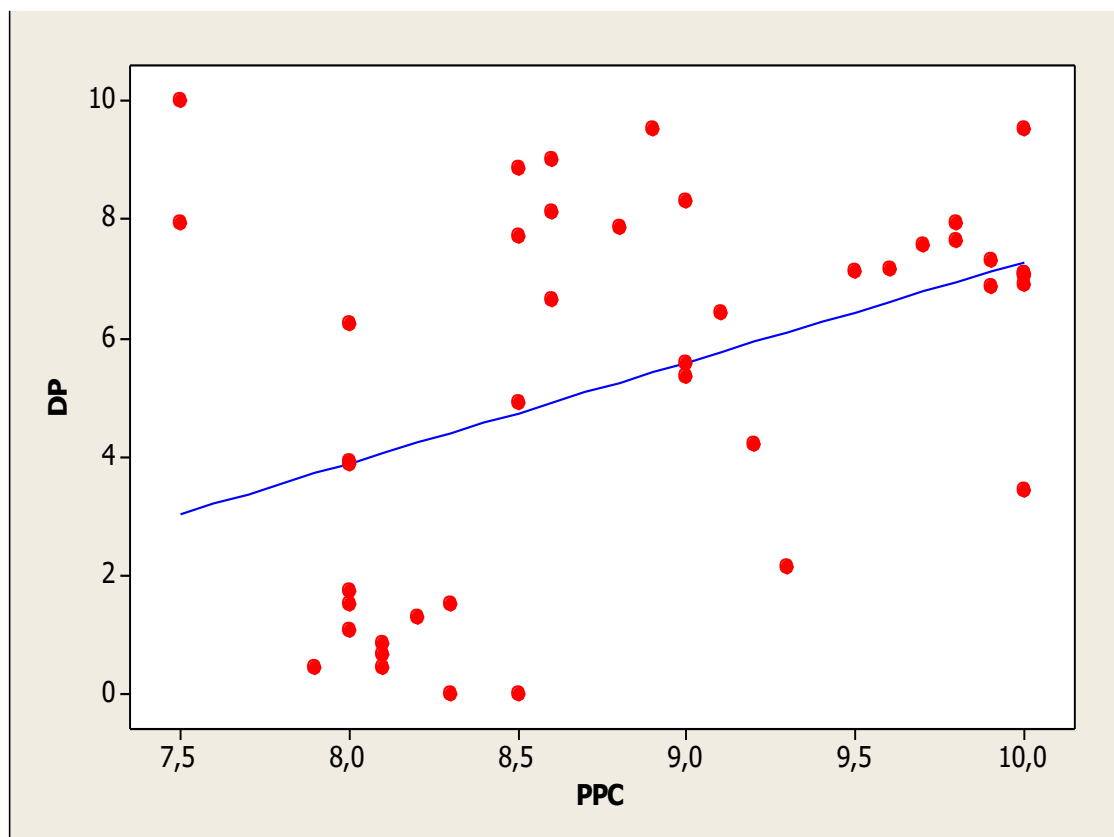
Figura 5.25: Representação do modelo $DC = 2,385 + 0,7492 DR$ 

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.26 - Representação do modelo $DC = - 9,334 + 1,798 PPC$ 

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.27: Representação do modelo $DP = - 9,736 + 1,702 PPC$

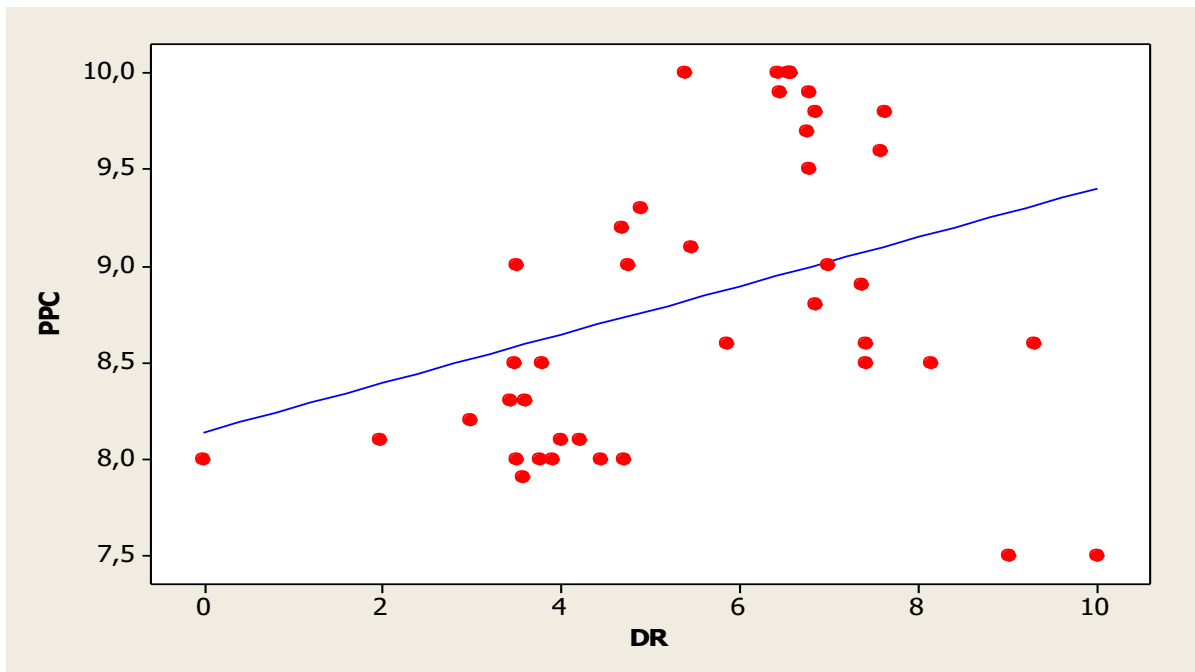


Fonte: Elaborado pela autora

As Figuras 5.28 e 5.34 representam os gráficos de dispersão entre PPC e DR. Através da análise de correlação de Pearson parece existir correlação entre os dois indicadores ($p < 0,05$). Entretanto, o coeficiente do modelo de regressão, R^2 , é extremamente baixo, ao redor de 10% (Tabela 5.5), indicando que outras variáveis não consideradas nesta análise devem influenciar o valor de PPC.

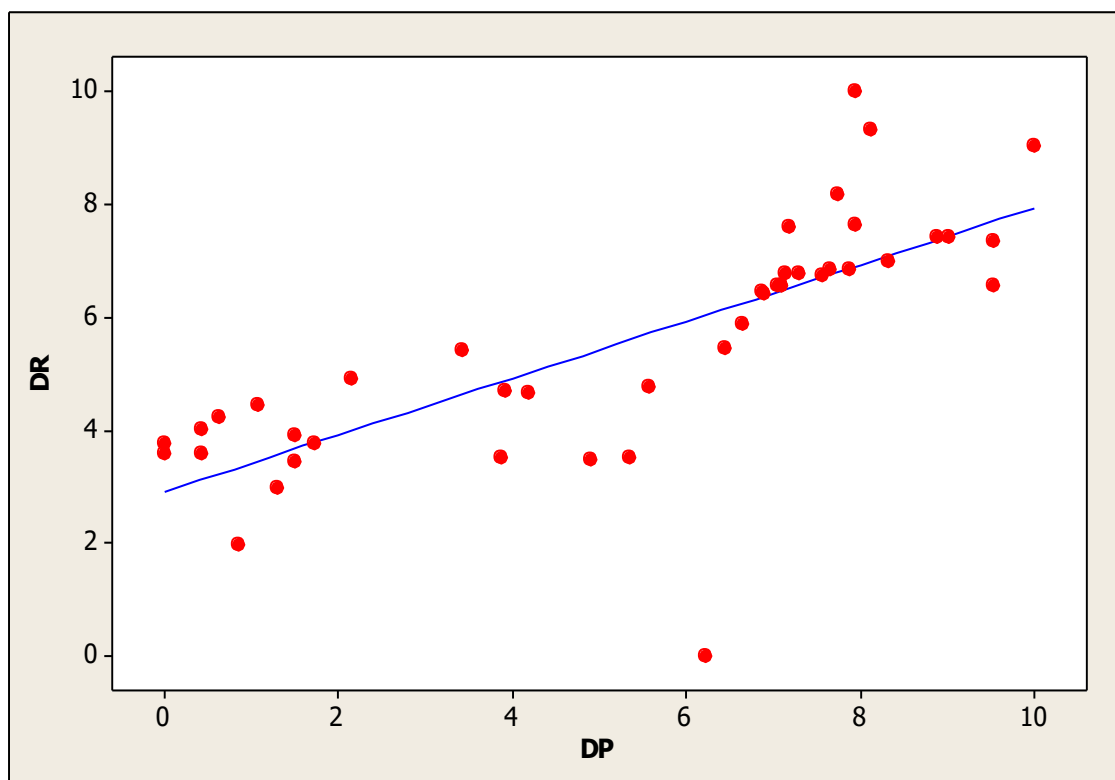
O impacto da eficácia do planejamento, medida pelo PPC, no desempenho de empreendimentos, em termos de custo e prazo, estão representados nas Figuras 5.26, 5.27, 5.32 e 5.33 e na Tabela 5.5 é apresentado o modelo de regressão encontrado, cujo coeficiente de determinação, entre 18,80% para DP e PPC e 21,70% para DC e PPC ainda é relativamente baixo. Embora não conclusivas, há evidências que a eficácia dos sistemas de PCP baseados no Sistema *Last Planner* afeta positivamente o desempenho de empreendimentos em custos e prazos.

Figura 5.28: Representação do modelo $PPC = 8,138 + 0,1266 DR$



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.29 - Representação do modelo $DR = 2,918 + 0,5003 DP$

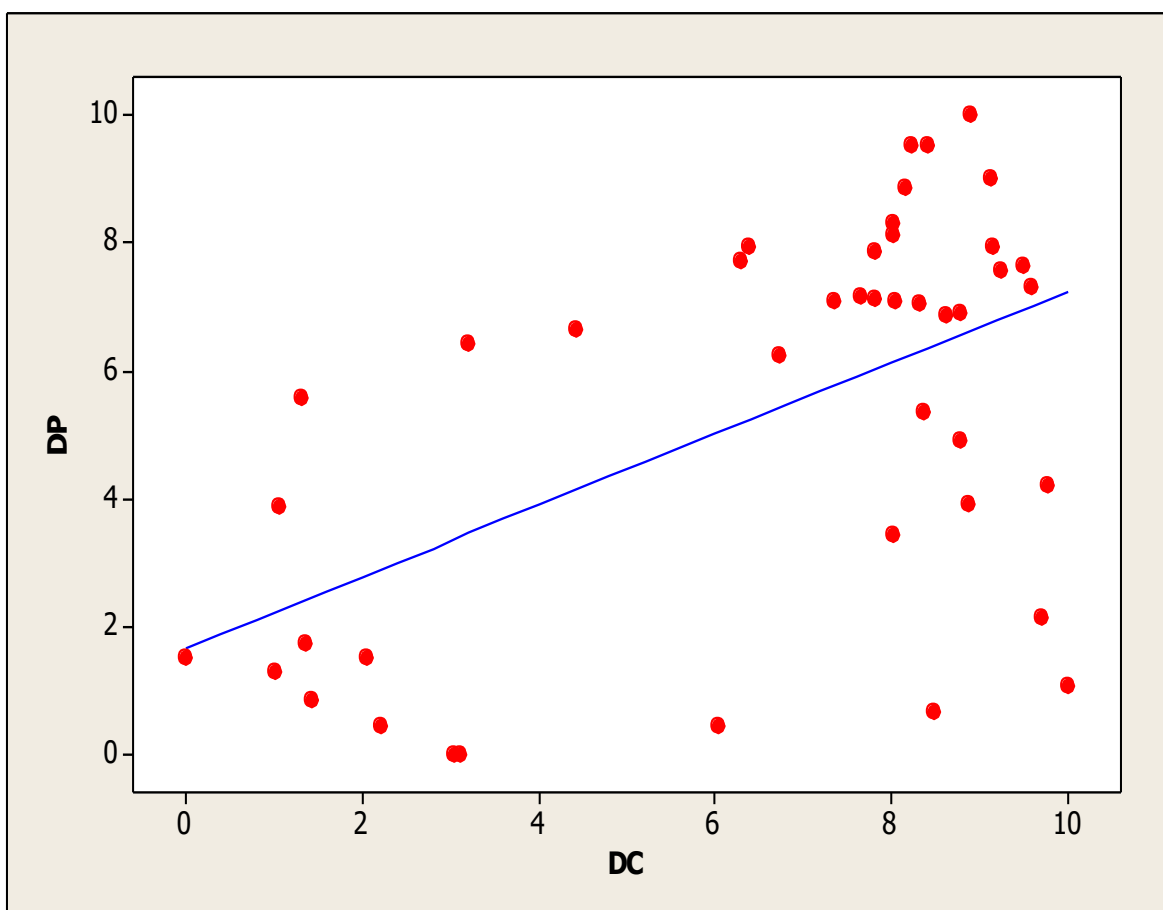


Fonte: Elaborado pela autora

Testou-se modelos de regressão linear no primeiro grau também para as variáveis DC e DP ($R^2 = 29,80\%$) e DC e DR ($R^2 = 25,60\%$) apresentados respectivamente nas Figuras 5.24, 5.30; e 5.25 e 5.31.

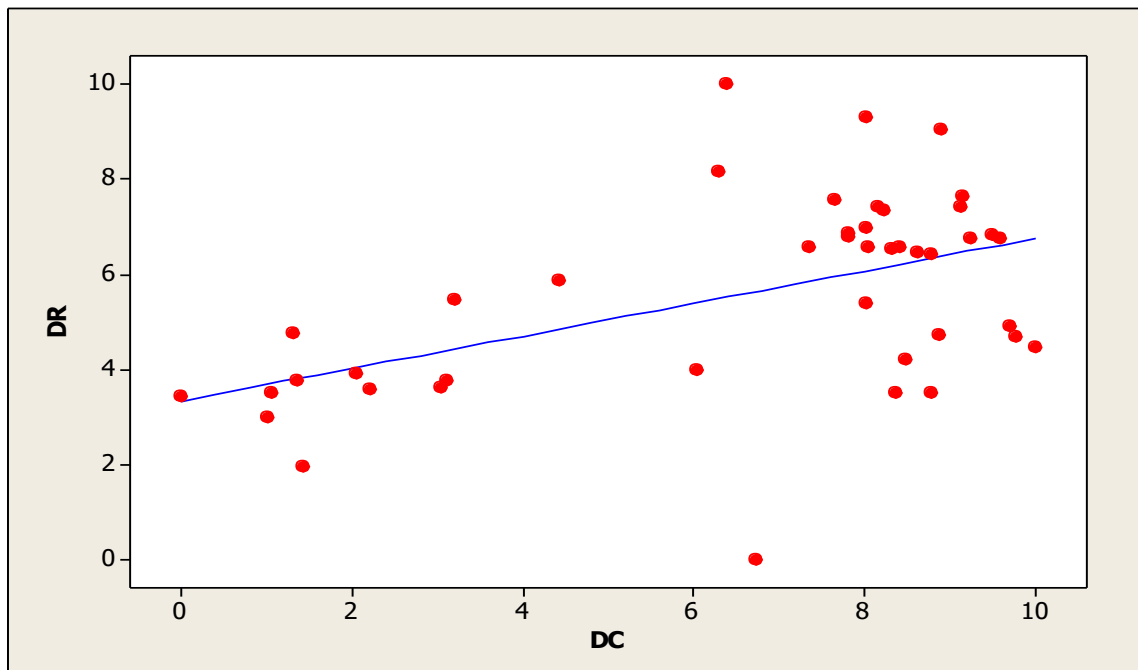
Pereira, C. (2018) também testou esses modelos encontrando $R^2 = 10,50\%$ para DC e DP; $R^2 = 12,30\%$ para DC e DR e obteve seu melhor resultado para DP e DR com o coeficiente de determinação R^2 de $29,2\%$, valor este, muito menor que o encontrado neste estudo, 57% , também para DP e DR, o que faz pensar que os modelos reagem diferentemente para tipos de obras distintas, já que seu estudo era sobre obras industriais e essa autora, obras de edificação.

Figura 5.30 - Representação do modelo $DP = 1,667 + 0,5565 DC$



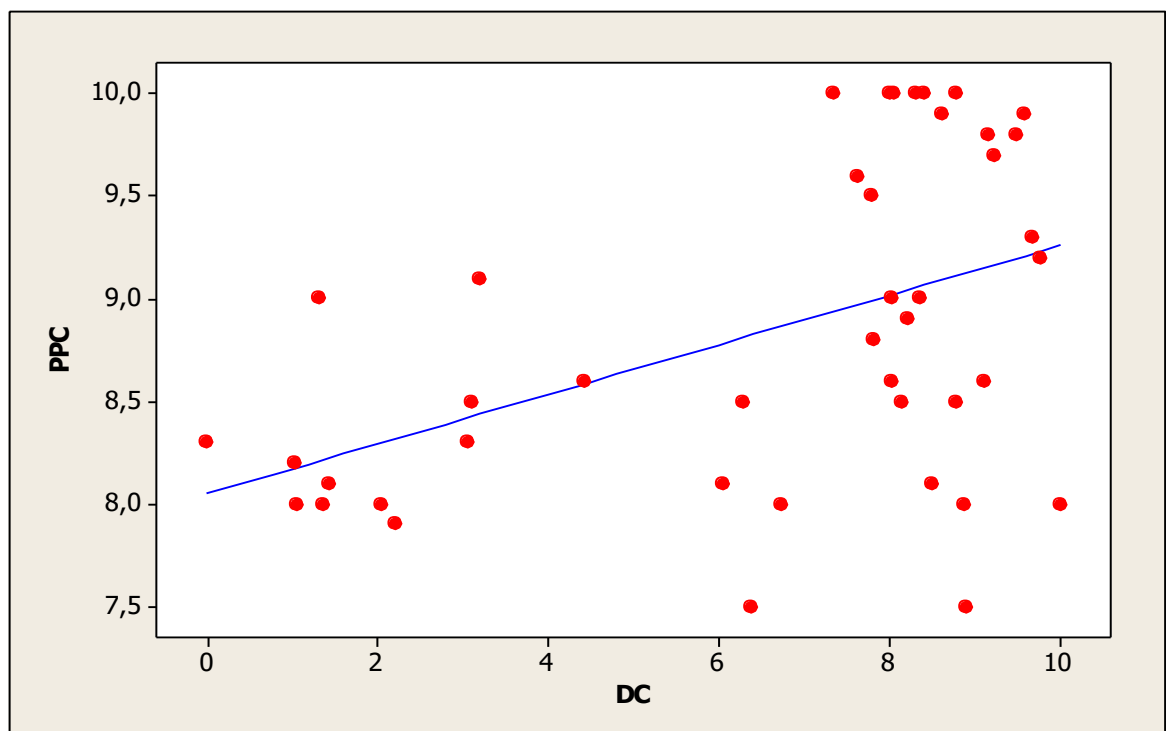
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.31 - Representação do modelo $DR = 3,335 + 0,3418 DC$



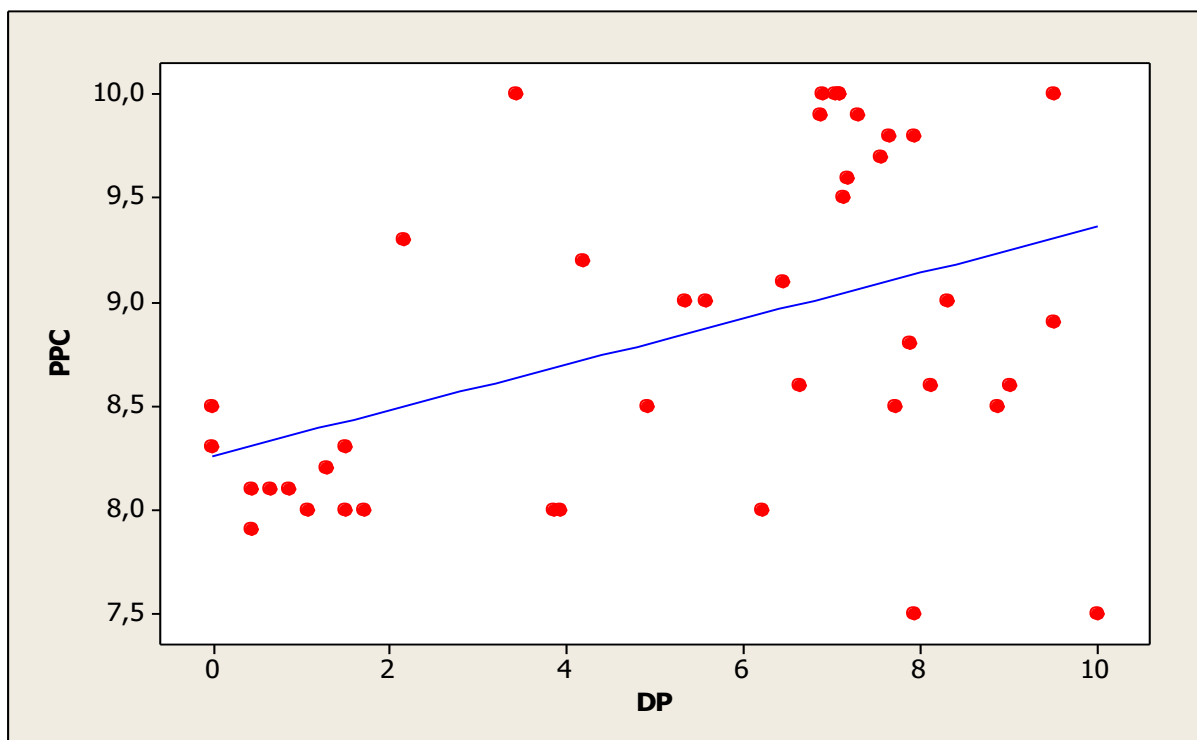
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.32: Representação do modelo $PPC = 8,050 + 0,1209 DC$



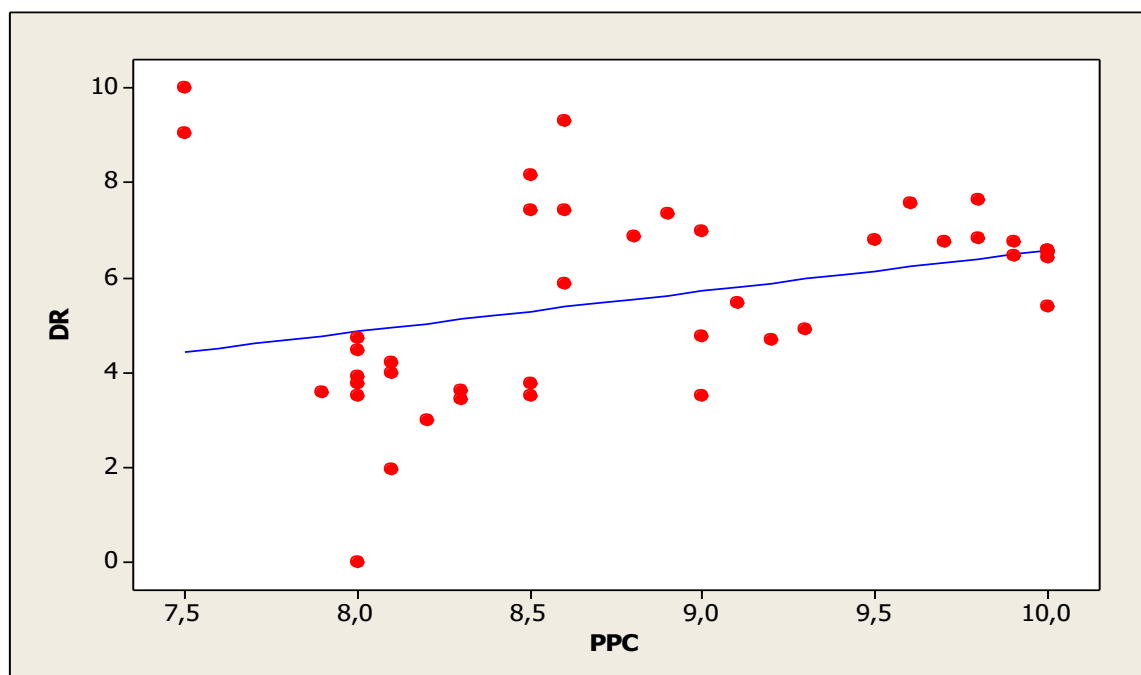
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.33: Representação do modelo $PPC = 8,257 + 0,1103 DP$



Fonte:Elaborado pela autora

Figura 5.34: Representação do modelo $DR = - 2,014 + 0,8586 PPC$



Fonte:Elaborado pela autora

5.2.1.2 Análise de Segundo e Terceiro Grau

Na Tabela 5.6 estão apresentados os resultados para os modelos polinomiais $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$ e na Tabela 5.7 para $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$. Salieta-se que, o objetivo é verificar se os outros modelos incluindo, por exemplo, termos polinomiais de ordem mais elevada em X , podem conduzir a melhores resultados. Os gráficos correspondentes às equações encontradas, estão apresentados nas Figuras 5.35 a 5.58.

Nestes casos, a hipótese nula estabelece que $b = c = d = 0$, assim, rejeitar H_0 significa que pelo menos um dos termos $b \cdot X$, $c \cdot X^2$ ou $d \cdot X^3$ devem ser incluídos no modelo. Vale lembrar que, de forma análoga aos testes de hipóteses anteriormente realizados, pode-se rejeitar H_0 diretamente a partir da constatação de que o valor p obtido é inferior à $\alpha = 0,05$. Também para esses resultados a hipótese H_0 foi rejeitada neste estudo, ou seja, b , c e/ou $d \neq 0$.

Além dos resultados comentados anteriormente, testou-se modelos de regressão no segundo grau também para as demais variáveis onde foi avaliada a quantidade de variabilidade dos dados explicada pelo modelo. O coeficiente de determinação R^2 , pode ser observado na Tabela 5.6 e todas as equações para este modelo estão representadas graficamente nas Figuras 5.35 a 5.46.

Observando a Tabela 5.6 e comparando com os resultados da Tabela 5.5, percebe-se aumento no R^2 em todos os resultados, porém o valor mais significativo pode ser notado na equação entre PPC (dependente) e DR (explicativa) que passou de um resultado de 10,90% no modelo de primeiro grau (Figura 5.28), para 30,80% no modelo de segundo grau (Figura 5.40).

Tabela 5.6 – Resultados obtidos para o modelo do tipo $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$
Y (dependente) e X (independente)

Regressões de segundo grau			
Equação de regressão	p	R ²	Gráfico
$DP = 1,404 + 0,0799 DR + 0,09833 DR^2$	0,000	60,30%	Fig. 5.35
$DC = 3,556 + 0,6609 DP - 0,01341 DP^2$	0,001	29,90%	Fig. 5.36
$DC = 1,652 + 1,068 DR - 0,02959 DR^2$	0,002	25,90%	Fig. 5.37
$DC = 41,19 - 9,63 PPC + 0,6412 PPC^2$	0,006	22,90%	Fig. 5.38
$DP = 25,57 - 6,28 PPC + 0,4481 PPC^2$	0,014	19,30%	Fig. 5.39
$PPC = 6,622 + 0,7849 DR - 0,06113 DR^2$	0,001	30,80%	Fig. 5.40
$DR = 3,638 - 0,0684 DP + 0,06105 DP^2$	0,000	61,70%	Fig. 5.41
$DP = - 0,024 + 1,620 DC - 0,1014 DC^2$	0,000	34,10%	Fig. 5.42
$DR = 2,288 + 1,001 DC - 0,06275 DC^2$	0,001	29,30%	Fig. 5.43
$PPC = 8,135 + 0,0674 DC + 0,00510 DC^2$	0,007	21,90%	Fig. 5.44
$PPC = 7,860 + 0,4242 DP - 0,03369 DP^2$	0,001	28,50%	Fig. 5.45
$DR = 56,43 - 12,36 PPC + 0,7417 PPC^2$	0,046	14,30%	Fig. 5.46

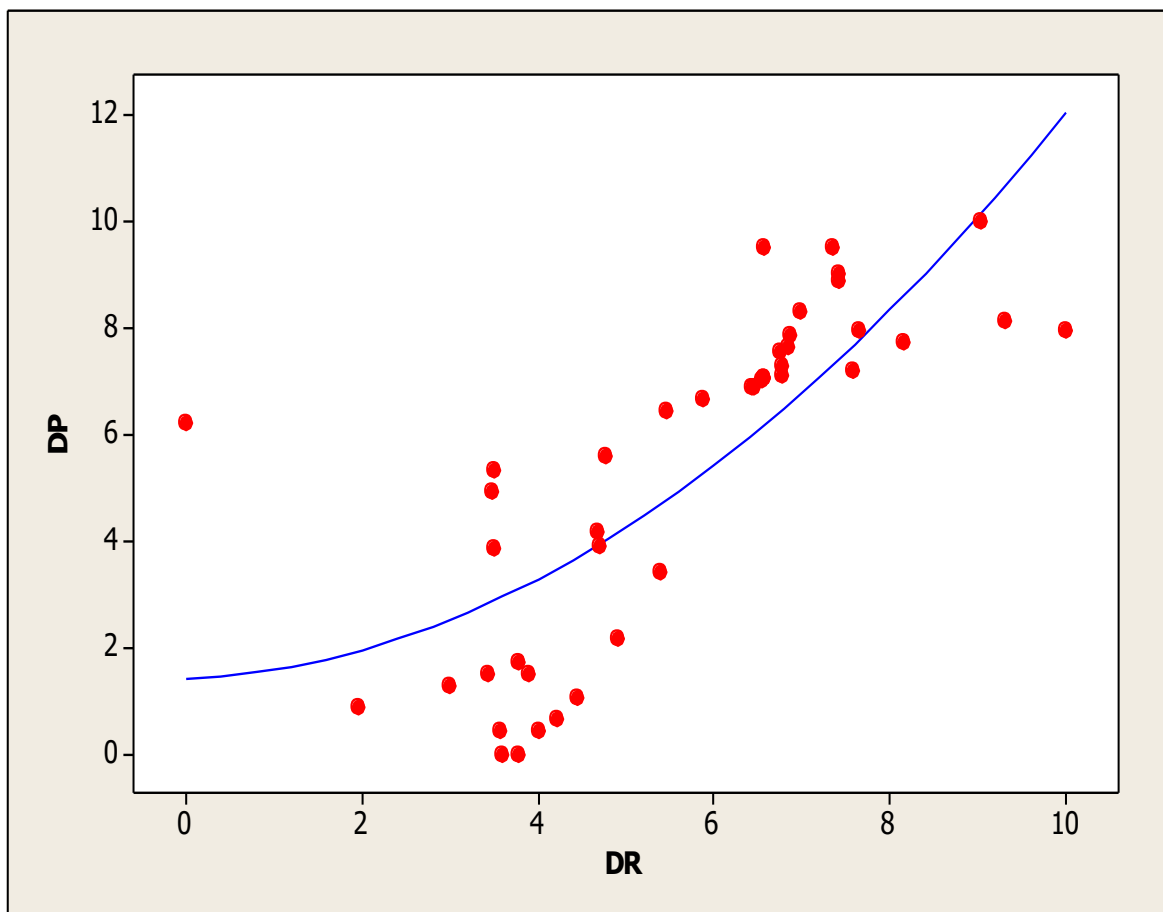
Fonte: Elaborado pela autora

Observando a Tabela 5.6 e comparando com os resultados da Tabela 5.5, percebe-se aumento no R² em todos os resultados, porém o valor mais significativo pode ser notado na equação entre PPC (dependente) e DR (explicativa) que passou de um resultado de 10,90% no modelo de primeiro grau (Figura 5.28), para 30,80% no modelo de segundo grau (Figura 5.40).

Comparando-se as Figuras 5.28 e 5.40, observa-se que os pontos ficaram mais próximos da curva e menos dispersos para o resultado de R² = 30,80%.na Figura 5.40. Em que pese as limitações da análise dos resultados encontrados nas correlações entre PPC e DR, esse tipo de modelo pode dar indicações que se a

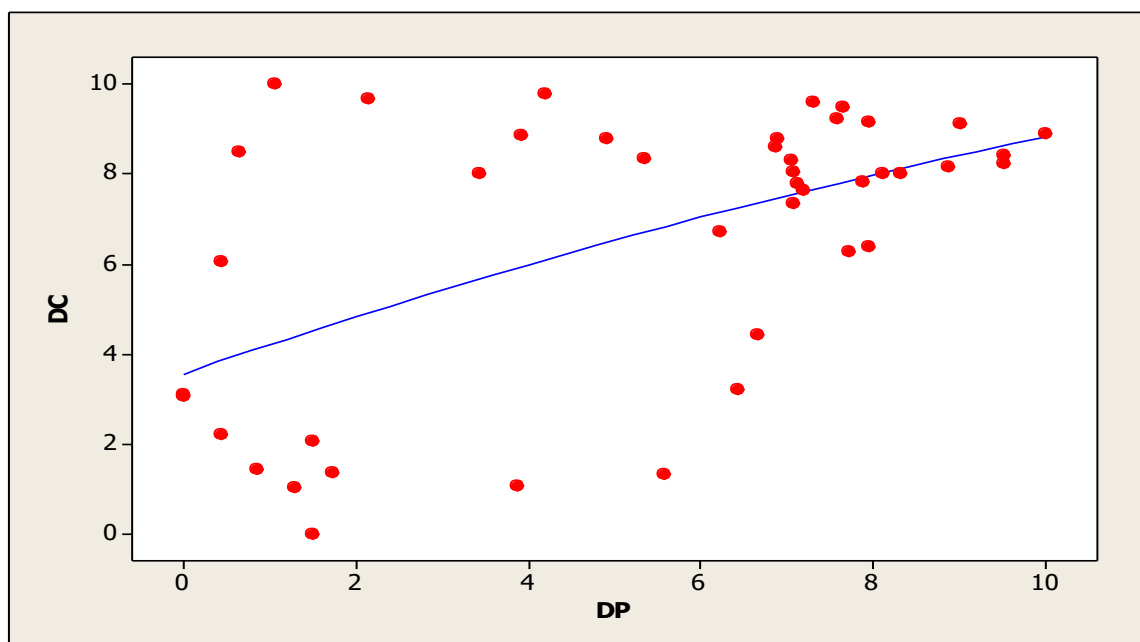
equipe da obra melhora seu desempenho no que diz respeito ao ritmo, ou seja, se a produtividade é boa, gera avanço físico e indica que o impacto da eficácia do PCP é mais percebido.

Figura 5.35 - Representação do modelo - $DP = 1,404 + 0,0799 DR + 0,09833 DR^2$

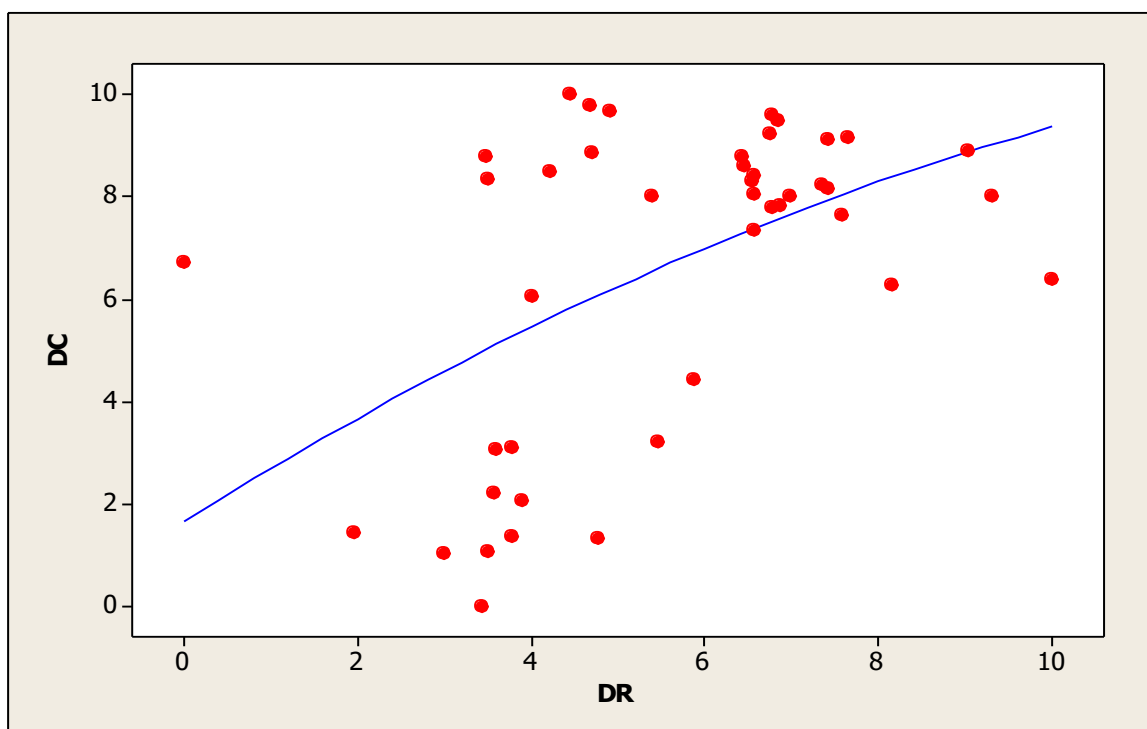


Fonte: Elaborada pela autora

A Figura 5.35 representa o segundo resultado mais alto para esse modelo, com $R^2=60,30\%$ entre DP (dependente) e DR (explicativa) e podendo-se observar que os pontos estão menos dispersos em relação à curva das demais Figuras, exceto da Figura 5.41.

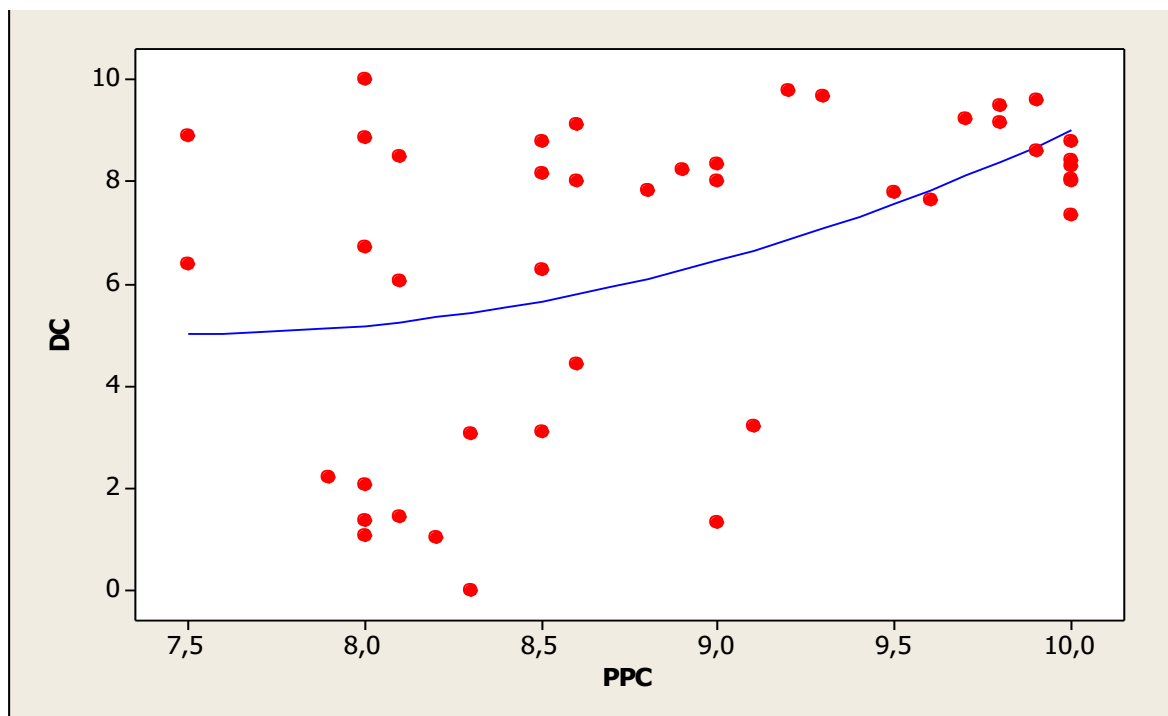
Figura 5.36 - Representação do modelo $DC = 3,556 + 0,6609 DP - 0,01341 DP^2$ 

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.37: Representação do modelo $DC = 1,652 + 1,068 DR - 0,02959 DR^2$ 

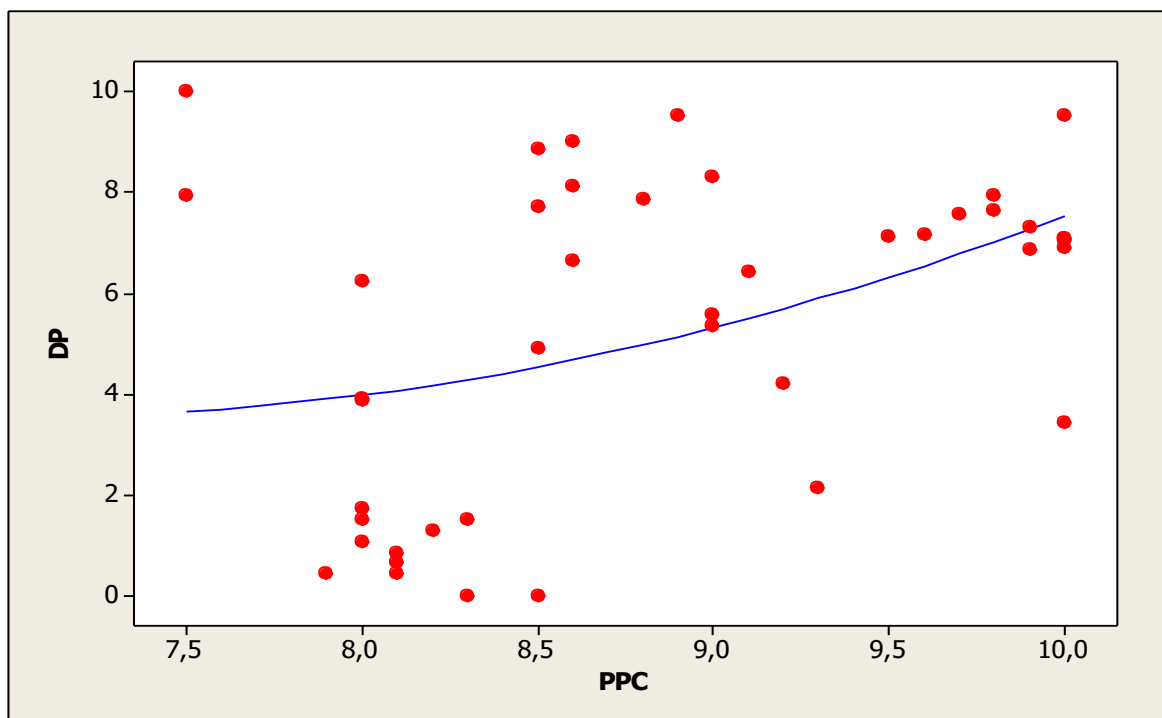
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.38 - Representação do modelo $DC = 41,19 - 9,63 \text{ PPC} + 0,6412 \text{ PPC}^2$



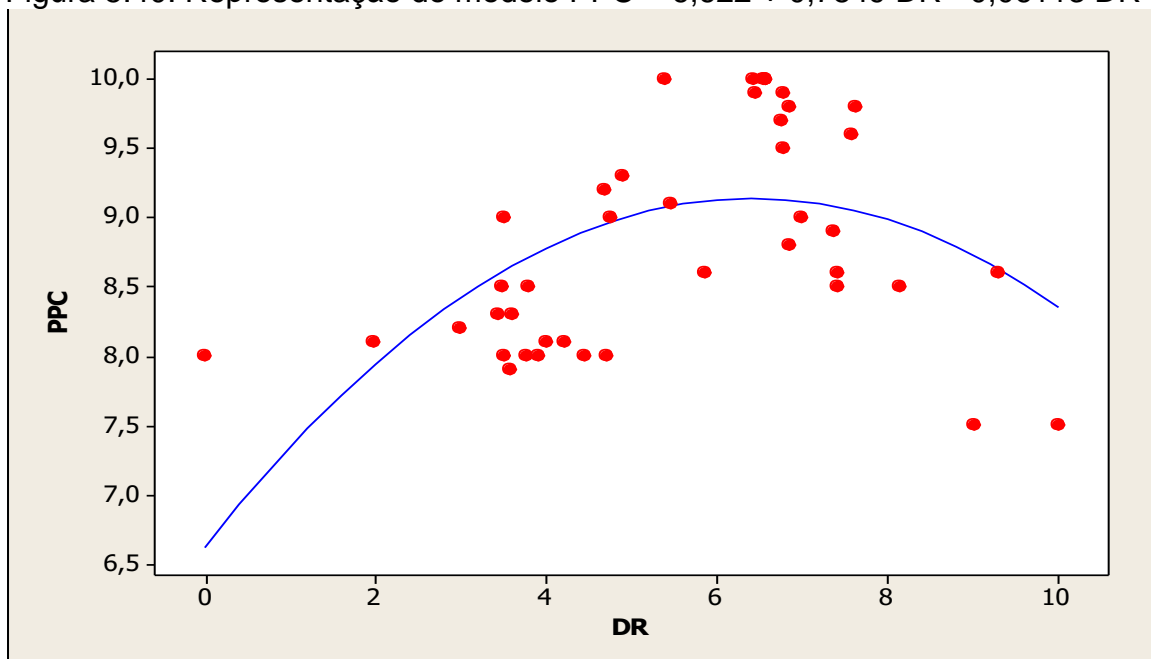
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.39: Representação do modelo $DP = 25,57 - 6,28 \text{ PPC} + 0,4481 \text{ PPC}^2$



Fonte: Elaborado pela autora

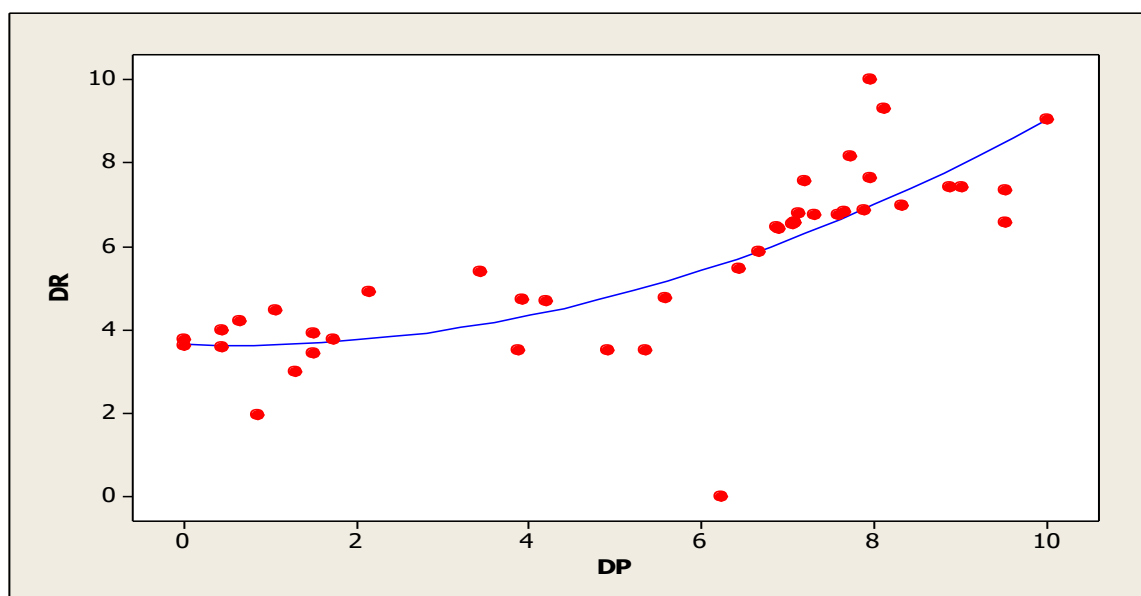
Figura 5.40: Representação do modelo $PPC = 6,622 + 0,7849 DR - 0,06113 DR^2$



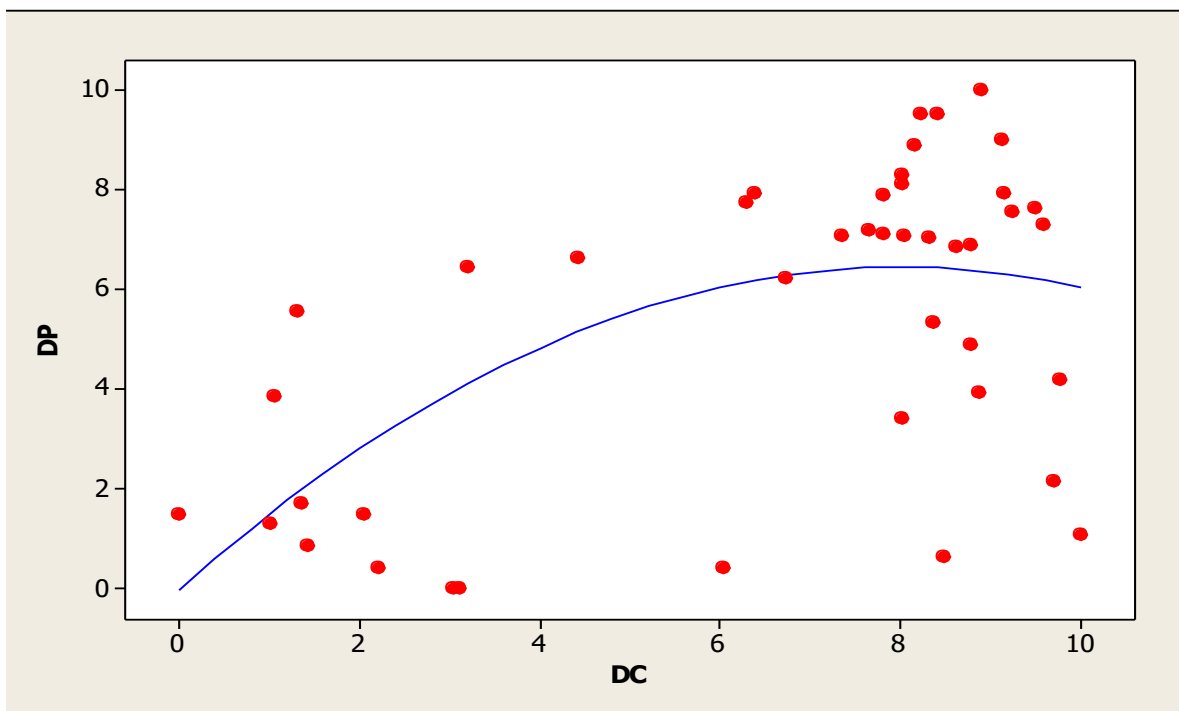
Fonte: Elaborado pela autora

O melhor resultado para esse modelo, com um aumento de 4,70% em relação ao de primeiro grau, foi entre DR (dependente) e DP (explicativa) com $R^2 = 61,70\%$, como pode ser verificado pela dispersão dos pontos em relação à curva na Figura 5.41

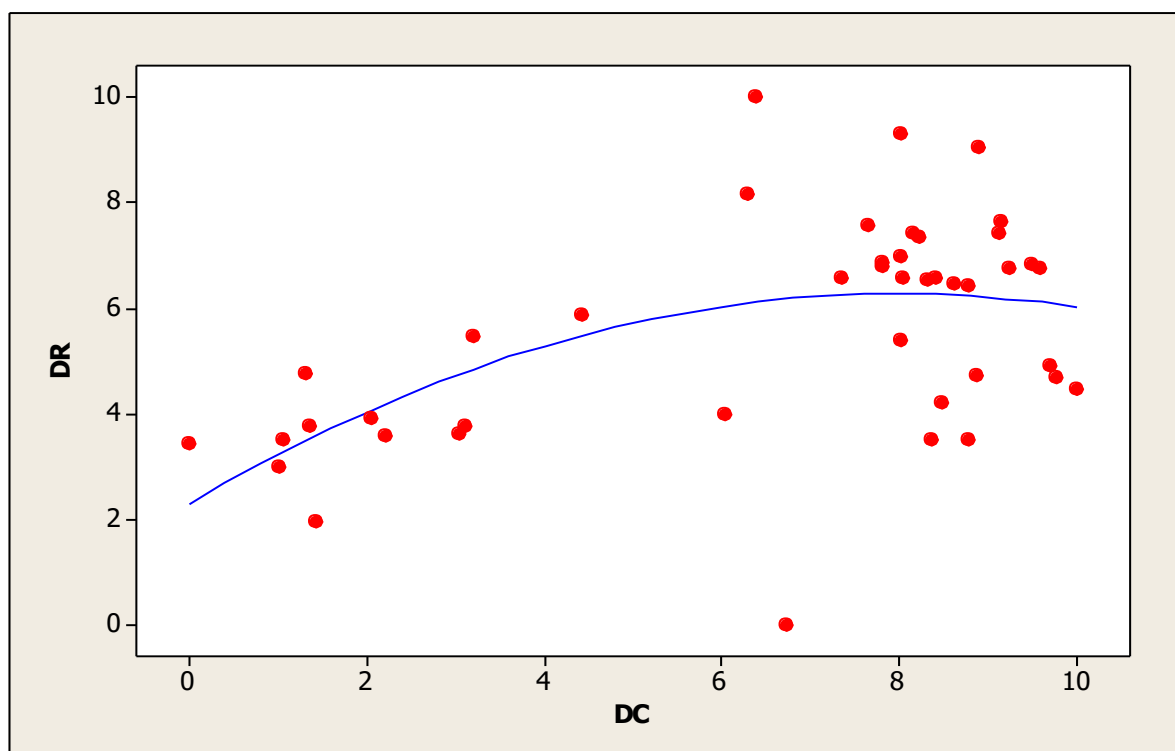
Figura 5.41 - Representação do modelo $DR = 3,638 - 0,0684 DP + 0,06105 DP^2$



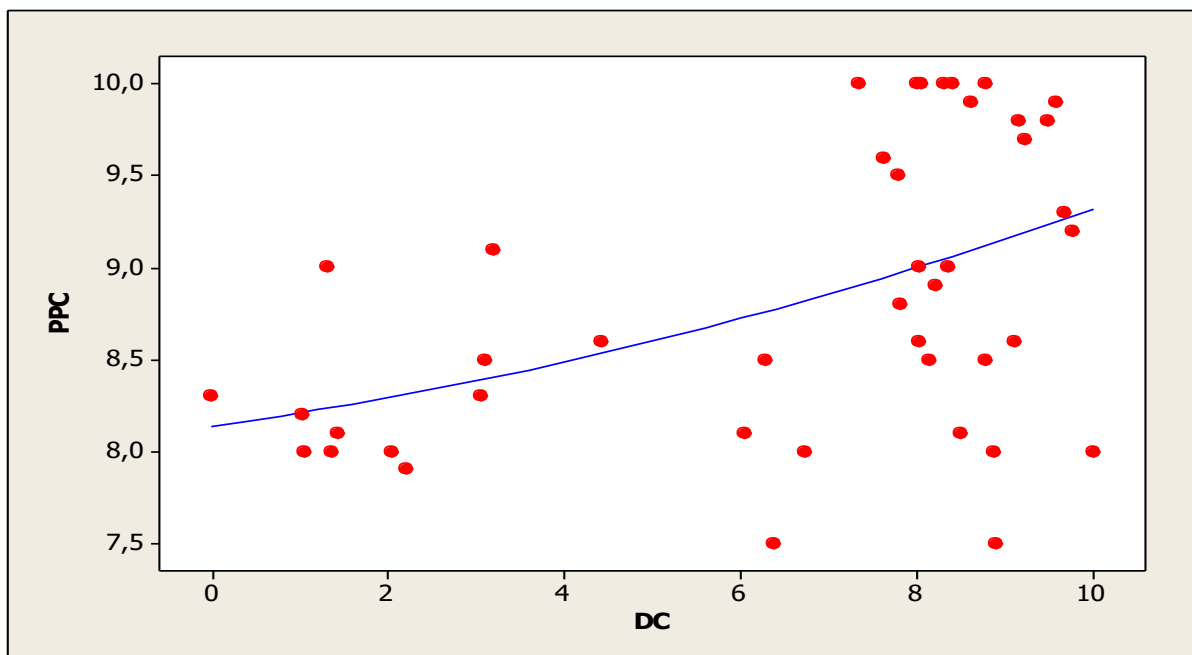
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.42 - Representação do modelo $DP = -0,024 + 1,620 DC - 0,1014 DC^2$ 

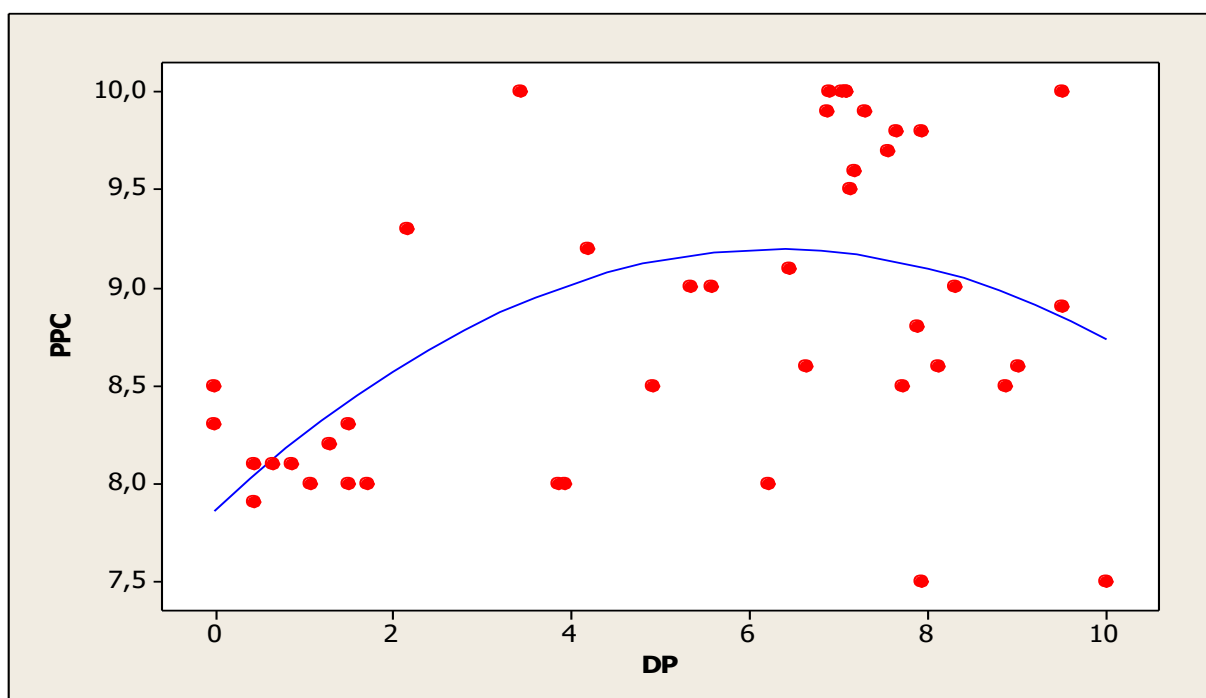
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.43: Representação do modelo $DR = 2,288 + 1,001 DC - 0,06275 DC^2$ 

Fonte: Elaborado pela autora

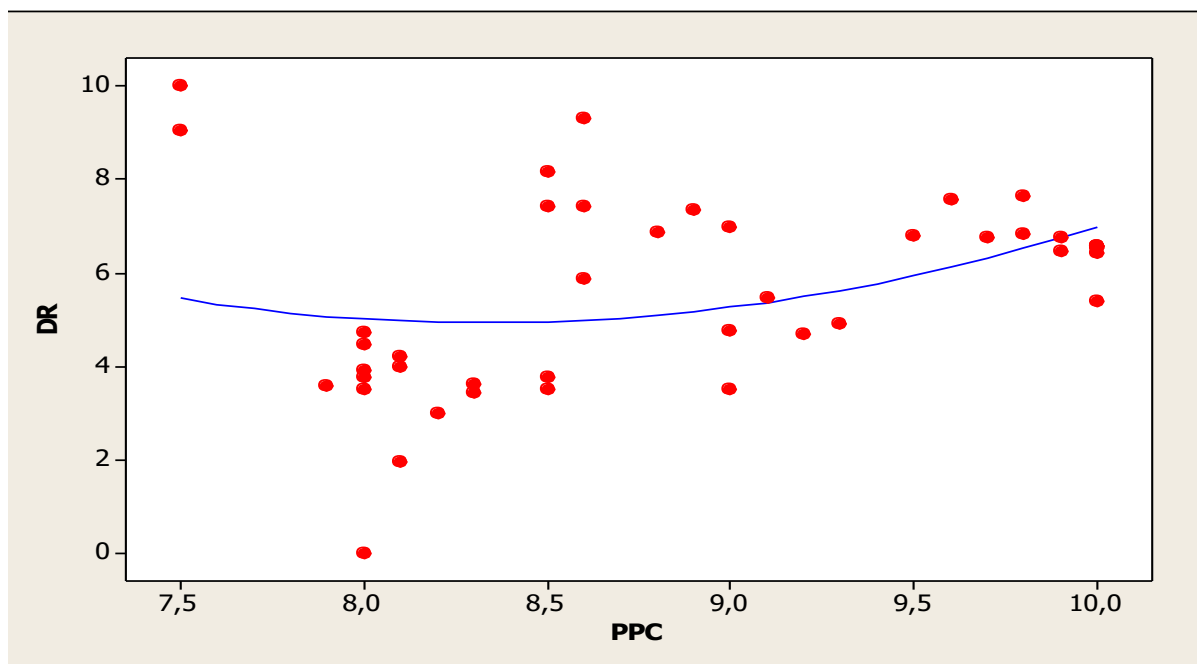
Figura 5.44: Representação do modelo $PPC = 8,135 + 0,0674 DC + 0,00510 DC^2$ 

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.45: Representação do modelo $PPC = 7,860 + 0,4242 DP - 0,03369 DP^2$ 

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.46: Representação do modelo $DR = 56,43 - 12,36 PPC + 0,7417 PPC^2$



Fonte: Elaborado pela autora

Finalmente, testou-se o modelo polinomial para $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$. Considerando todos os modelos ajustados (Tabelas 5.5 a 5.7), aqueles que apresentam os maiores coeficientes de determinação R^2 foram encontrados no modelo de regressão cúbica como se pode observar na Tabela 5.7. Como é óbvio e de forma análoga aos testes de hipóteses anteriormente realizados, pode-se rejeitar H_0 diretamente a partir da constatação de que o valor p obtido é inferior a $\alpha = 0,05$ e que $b \neq 0$ e/ou $c \neq 0$ e/ou $d \neq 0$. Portanto, para todos os testes a hipótese H_0 foi rejeitada.

Como pode ser verificado na Tabela 5.7, o maior coeficiente de determinação R^2 encontrado neste modelo, foi para DP (dependente) e DR (independente) com um resultado de 81,20% ($p=0$), podendo-se concluir que a proporção de variabilidade explicada por este modelo é significativa, o que indica uma relação alta entre as variáveis e confirma que o prazo da obra está muito ligado ao seu ritmo. A representação gráfica para esse modelo pode ser verificada na Figura 5.47. Para relação DR e DP o R^2 foi de 62,60%. (Figura 5.53).

Tabela 5.7 – Resultados obtidos para o modelo do tipo $Y = a + b \cdot X + c X^2 + dX^3$
Y (dependente) e X (independente)

Regressões de terceiro grau			
Equação de regressão	p	R²	Gráfico
$DP = 6,288 - 4,689 DR + 1,218 DR^2 - 0,7353 DR^3$	0,000	81,20%	Fig. 5.47
$DC = 3,518 + 0,719 DP - 0,0280 DP^2 + 0,00096 DP^3$	0,003	29,90%	Fig. 5.48
$DC = 1608 - 548,5 PPC + 62,16 PPC^2 - 2,330 PPC^3$	0,003	29,90%	Fig. 5.49
$DC = 5,611 - 2,799 DR + 0,8778 DR^2 - 0,05961 DR^3$	0,000	40,20%	Fig. 5.50
$DP = 2508 - 860,3 PPC + 97,93 PPC^2 - 3,692 PPC^3$	0,000	36,30%	Fig. 5.51
$PPC = 8,047 - 0,6064 DR + 0,2654 DR^2 - 0,02145 DR^3$	0,000	58,20%	Fig. 5.52
$DR = 4,029 - 0,6704 DP + 0,2113 DP^2 - 0,00991 DP^3$	0,000	62,60%	Fig. 5.53
$DP = 3,188 - 1,878 DC + 0,6890 DC^2 - 0,04906 DC^3$	0,000	42,80%	Fig. 5.54
$PPC = 8,418 - 0,2408 DC + 0,07472 DC^2 - 0,004322 DC^3$	0,002	22,90%	Fig. 5.55
$DR = 3,410 - 0,221 DC + 0,2133 DC^2 - 0,01714 DC^3$	0,002	31,70%	Fig. 5.56
$PPC = 8,229 - 0,1432 DP + 0,1080 DP^2 - 0,009339 DP^3$	0,001	34,10%	Fig. 5.57
$DR = 1924 - 654,8 PPC + 74,08 PPC^2 - 2,778 PPC^3$	0,001	36,10%	Fig. 5.58

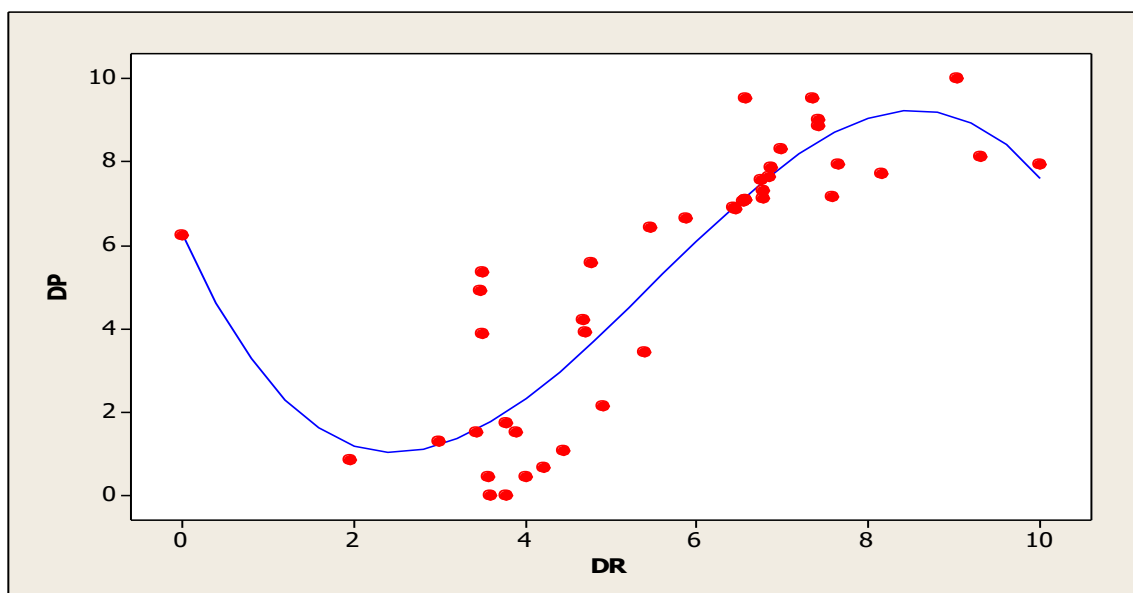
Fonte: Elaborado pela autora

Diferentemente do que se podia esperar, a relação DC e DP se apresentou com um R² não muito alto, de 29,90% o que indica que outras variáveis podem influenciar na relação de comportamento do DC além do DP, como por exemplo, uma boa negociação de suprimentos de itens de grande valor na curva ABC da orçamentação da obra. No caso das obras estudadas, itens como esquadrias de alumínio, elevadores e concreto da estrutura, já que são obras sem acabamentos internos. A relação entre DP e DC apresentou R² = 42,80%.

A relação entre PPC e DC foi a que obteve o resultado mais baixo do coeficiente de determinação com R²= 22,90 (Figura 5.55). Além das regressões explicitadas anteriormente, os modelos foram testados para todas as relações entre as variáveis.

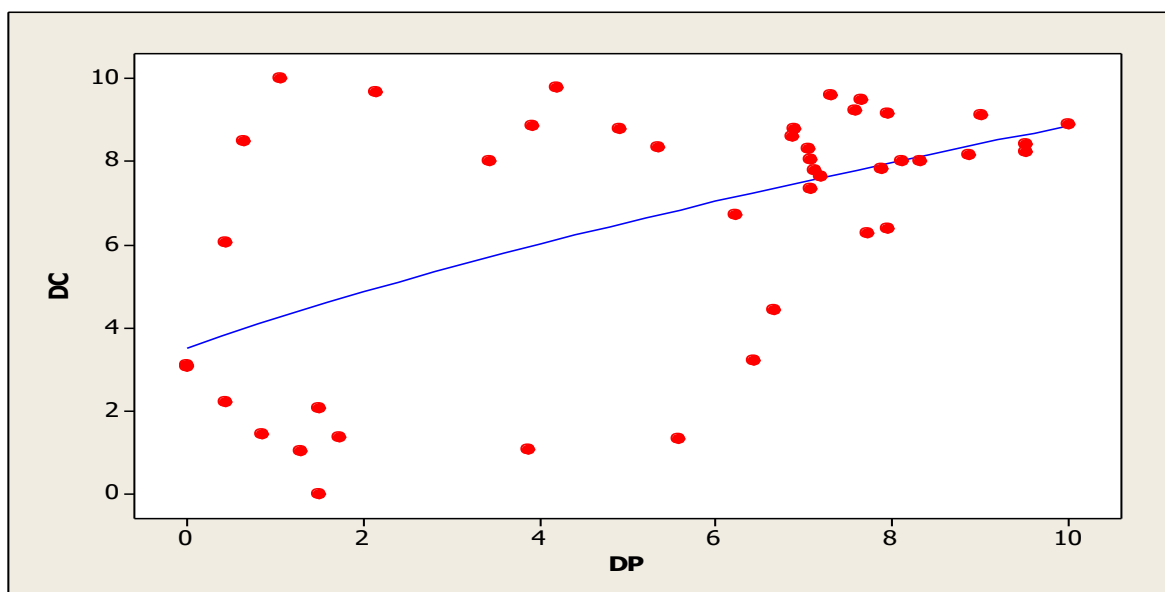
A Figura 5.47 representa graficamente o melhor resultado, como se pode observar pela dispersão dos pontos em relação curva.

Figura 5.47 - Representação do modelo
 $DP = 6,288 - 4,689 DR + 1,218 DR^2 - 0,07353 DR^3$



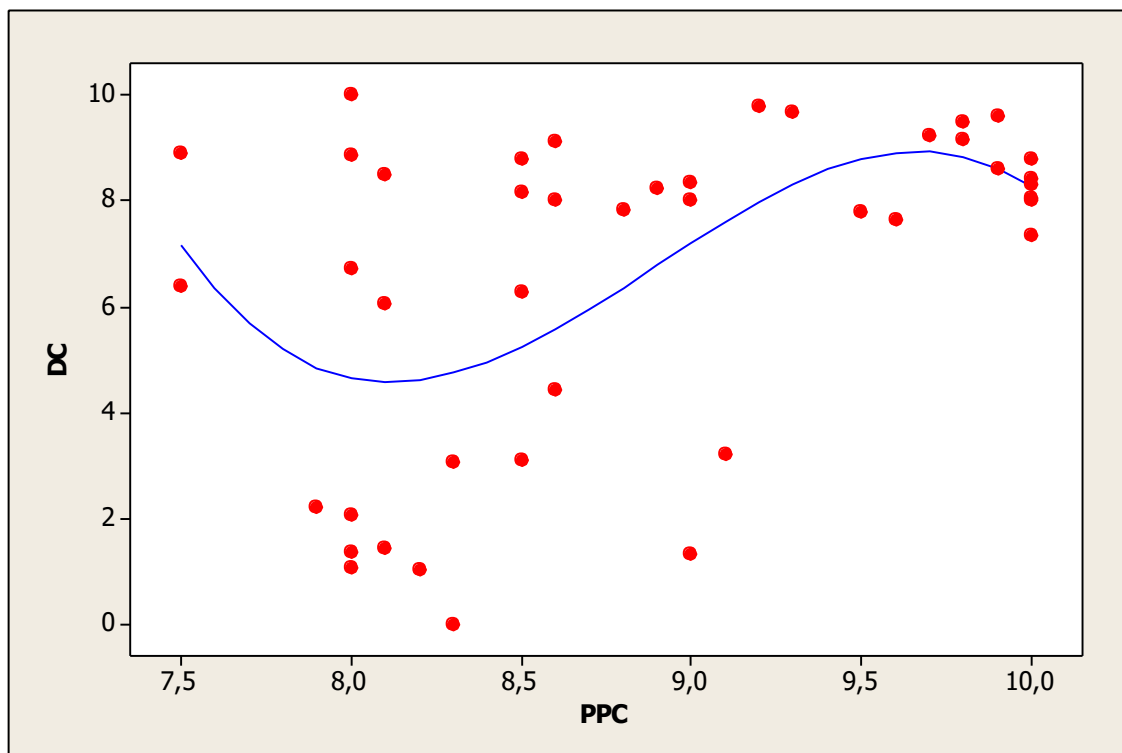
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.48 - Representação do modelo
 $DC = 3,518 + 0,719 DP - 0,0280 DP^2 + 0,00096 DP^3$



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.49 - Representação do modelo
 $DC = 1608 - 548,5 PPC + 62,16 PPC^2 - 2,330 PPC^3$

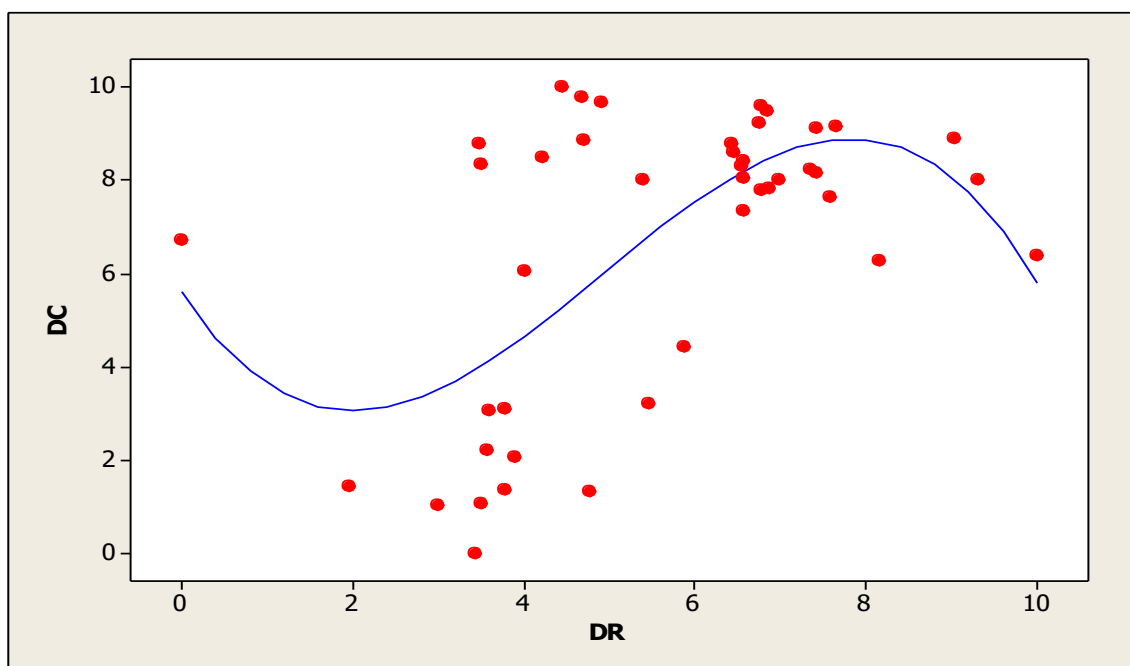


Fonte: Elaborado pela autora

Observando as Figuras 5.48 e 5.49, pode-se verificar os pontos muito dispersos em relação à curva em ambos os gráficos, pois conforme mencionado anteriormente o valor de R^2 para DC (dependente) e DP (explicativa) e de DC (dependente) e PPC (explicativa) foram baixos ($R^2 = 29,90\%$), indicando que outras variáveis podem ter influência no comportamento do DC.

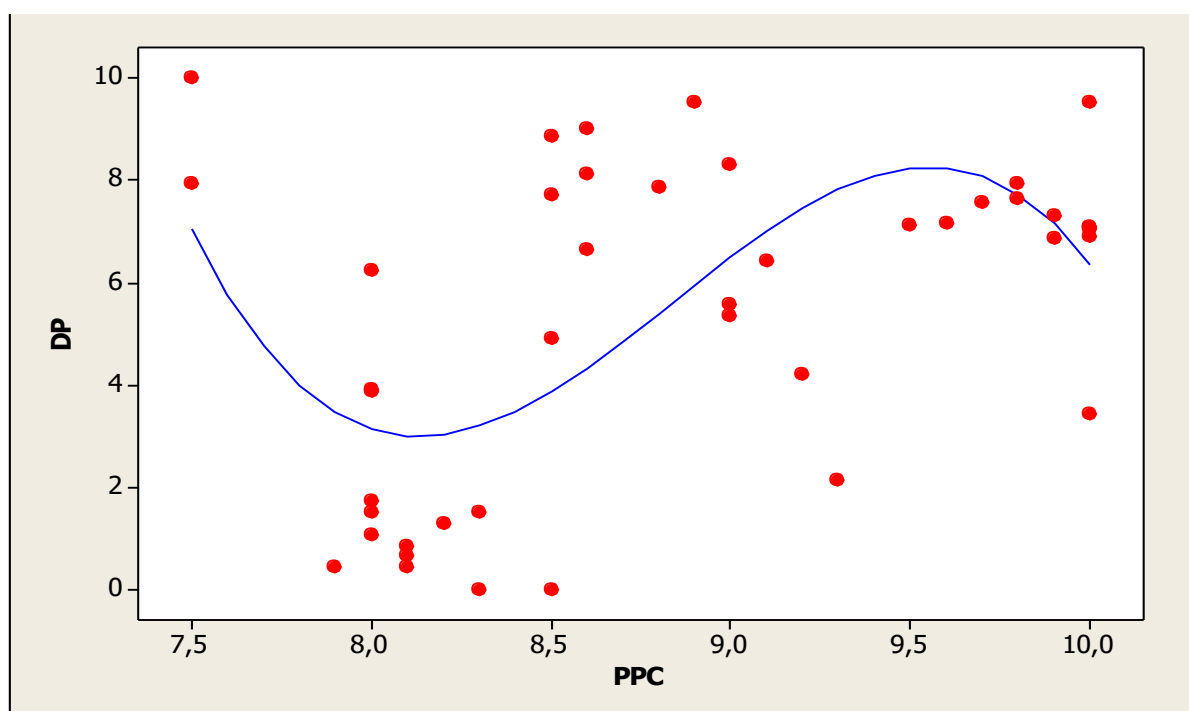
Os gráficos das Figuras 5.50 e 5.51 representam a relação entre DC e DR; e DP e PPC. Já as Figuras 5.52 e 5.53 representam graficamente a relação entre PPC (dependente) e DR (independente); e DR (dependente) e DP (independente) respectivamente. Os bons resultados de R^2 para PPC e DR ($58,20\%$) e para DR e DP ($R^2 = 62,60$), e podem ser verificados nos gráficos que mostram os pontos não muito dispersos em relação à curva.

Figura 5.50: Representação do modelo
 $DC = 5,611 - 2,799 DR + 0,8778 DR^2 - 0,05961 DR^3$



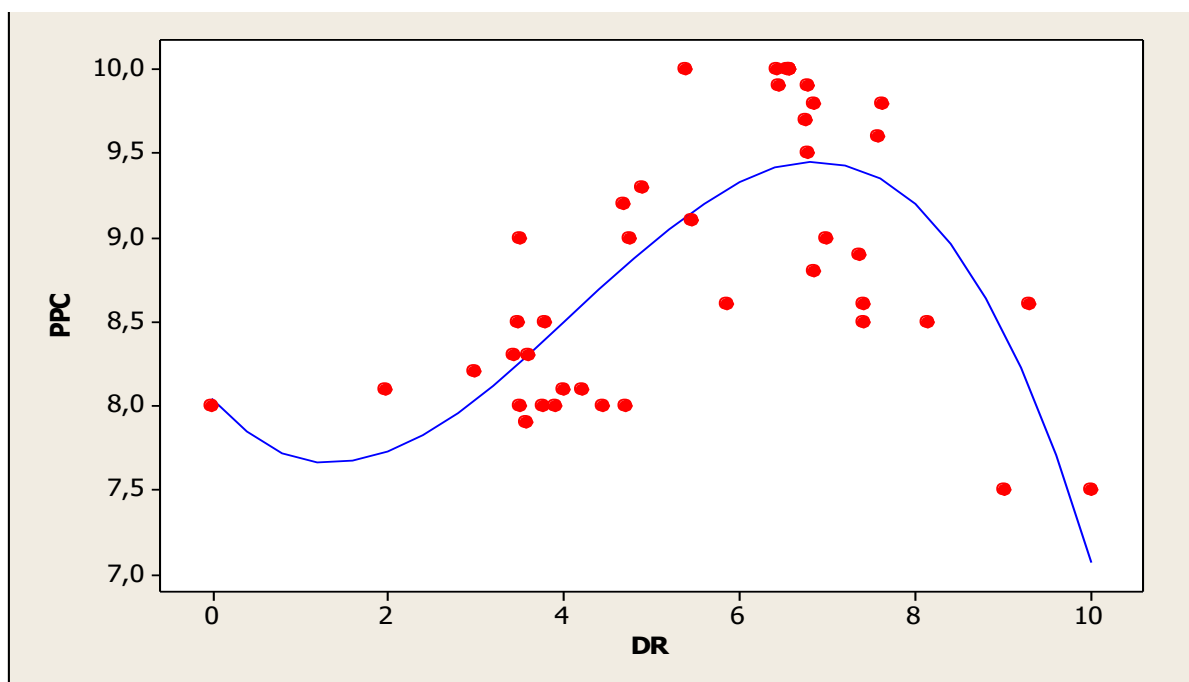
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.51: Representação do modelo
 $DP = 2508 - 860,3 PPC + 97,93 PPC^2 - 3,692 PPC^3$



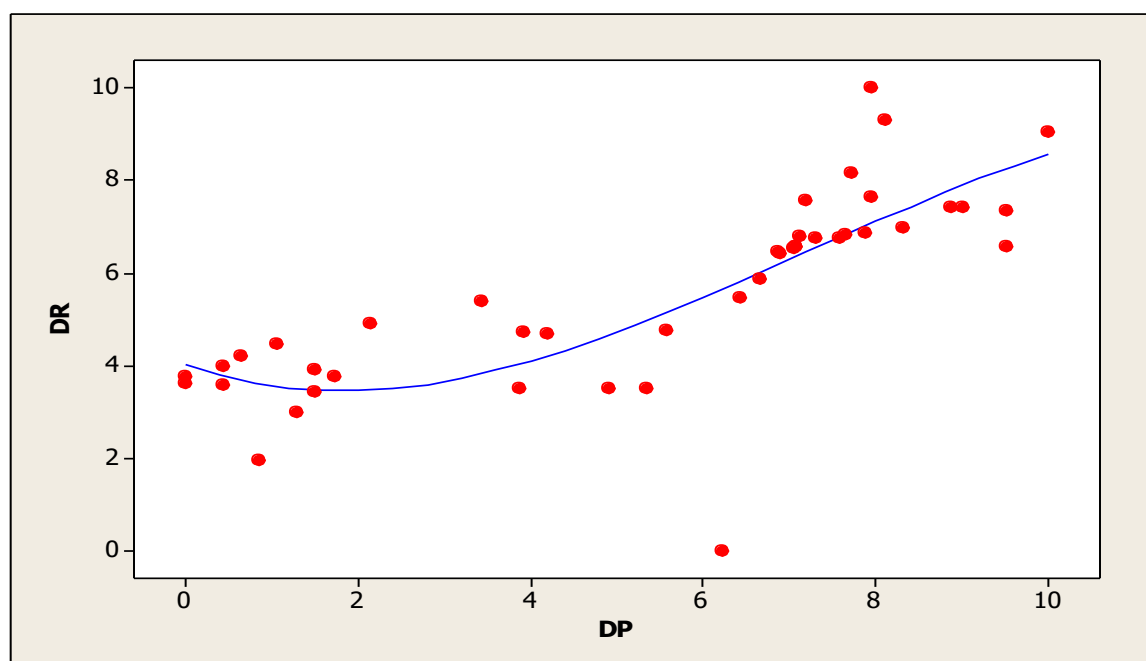
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.52: Representação do modelo
 $PPC = 8,047 - 0,6064 DR + 0,2654 DR^2 - 0,02145 DR^3$



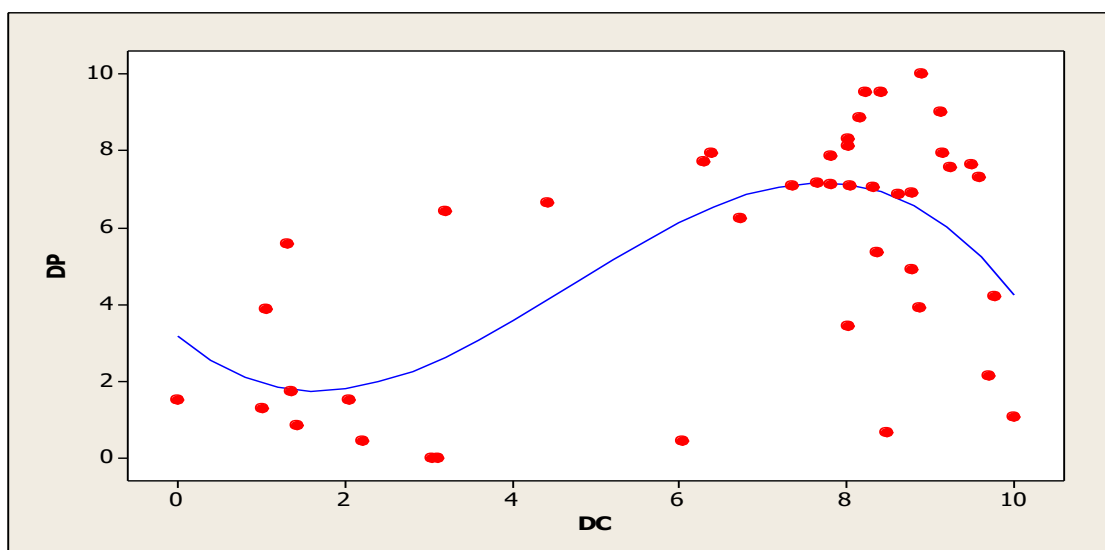
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.53 - Representação do modelo
 $DR = 4,029 - 0,6704 DP + 0,2113 DP^2 - 0,00991 DP^3$



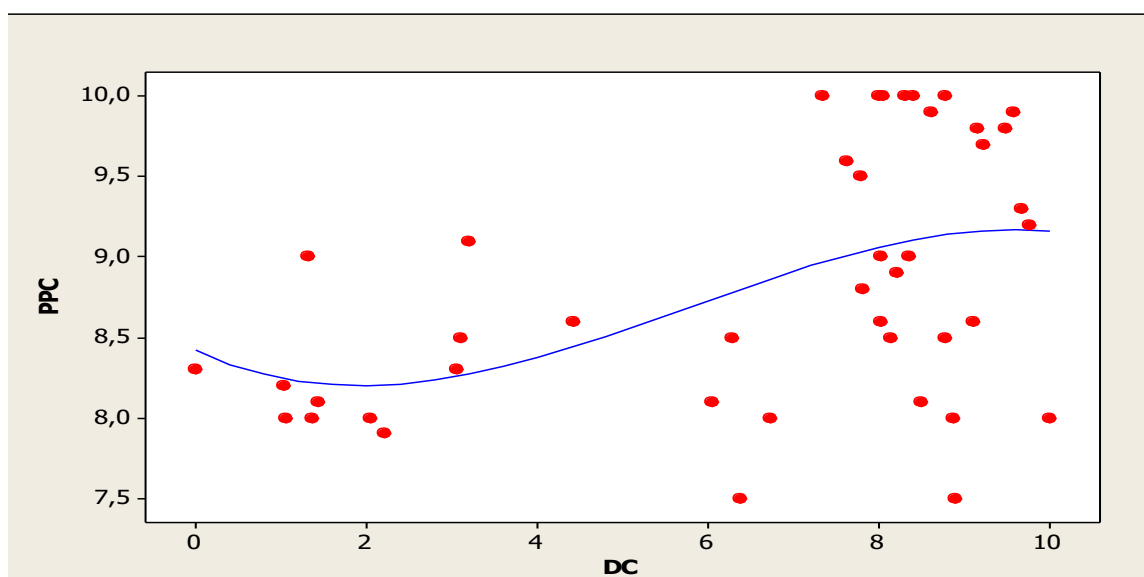
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.54 - Representação do modelo
 $DP = 3,188 - 1,878 DC + 0,6890 DC^2 - 0,04906 DC^3$



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.55: Representação do modelo
 $PPC = 8,418 - 0,2408 DC + 0,07472 DC^2 - 0,004322 DC^3$

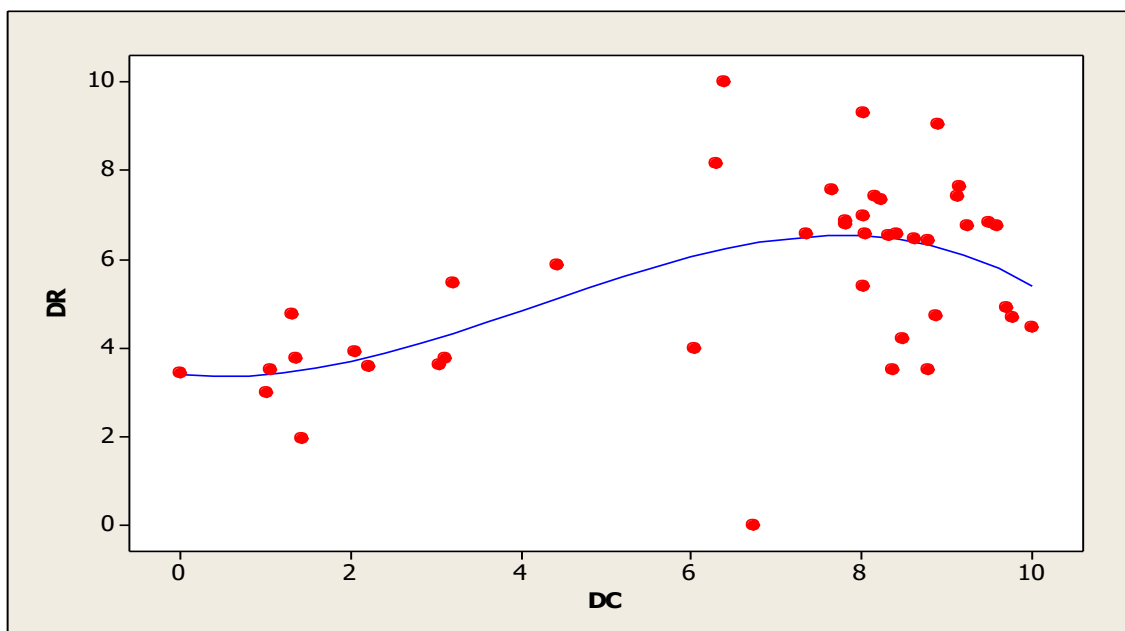


Fonte: Elaborado pela autora

Diferentemente dos pontos das Figuras 5.54, 5.56, 5.57 e 5.58, que são dispersos, em relação às curvas, mas têm trechos onde os pontos estão bem próximos das curvas, na Figura 5.55 os pontos estão muito muito dispersos. Essa relação, PPC

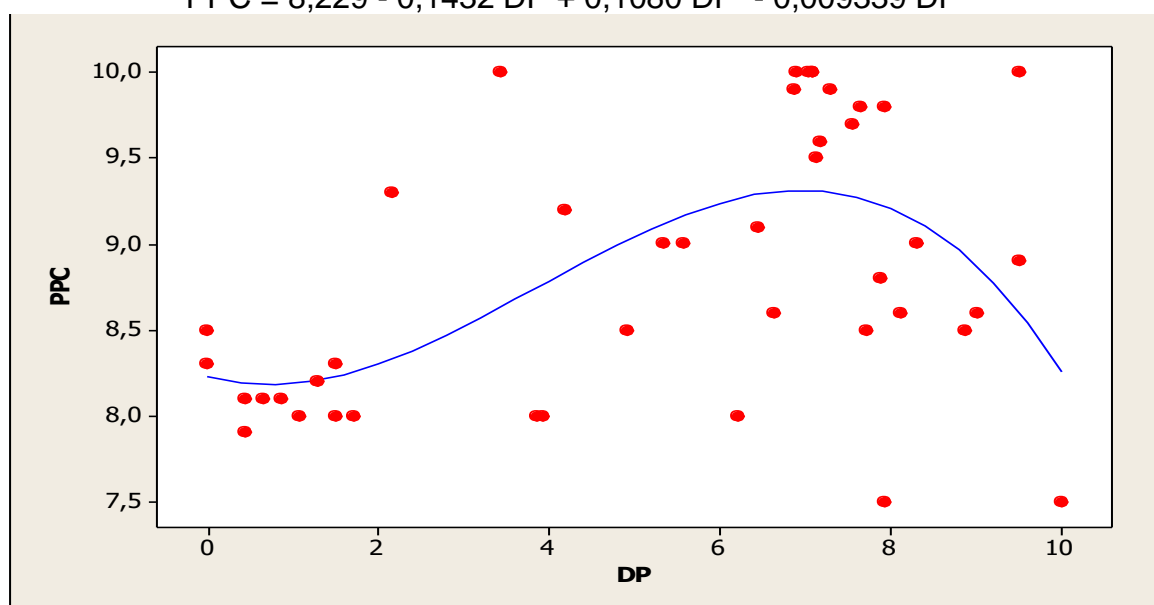
(dependente) e DC (independente) foi a pior explicada para este modelo, com $R^2=22,90\%$. Isto já era esperado, pois o DC pode afetar um pouco a eficácia do planejamento medido pelo PPC, mas existem muitos outros fatores influenciadores.

Figura 5.56: Representação do modelo
 $DR = 3,410 - 0,221 DC + 0,2133 DC^2 - 0,01714 DC^3$



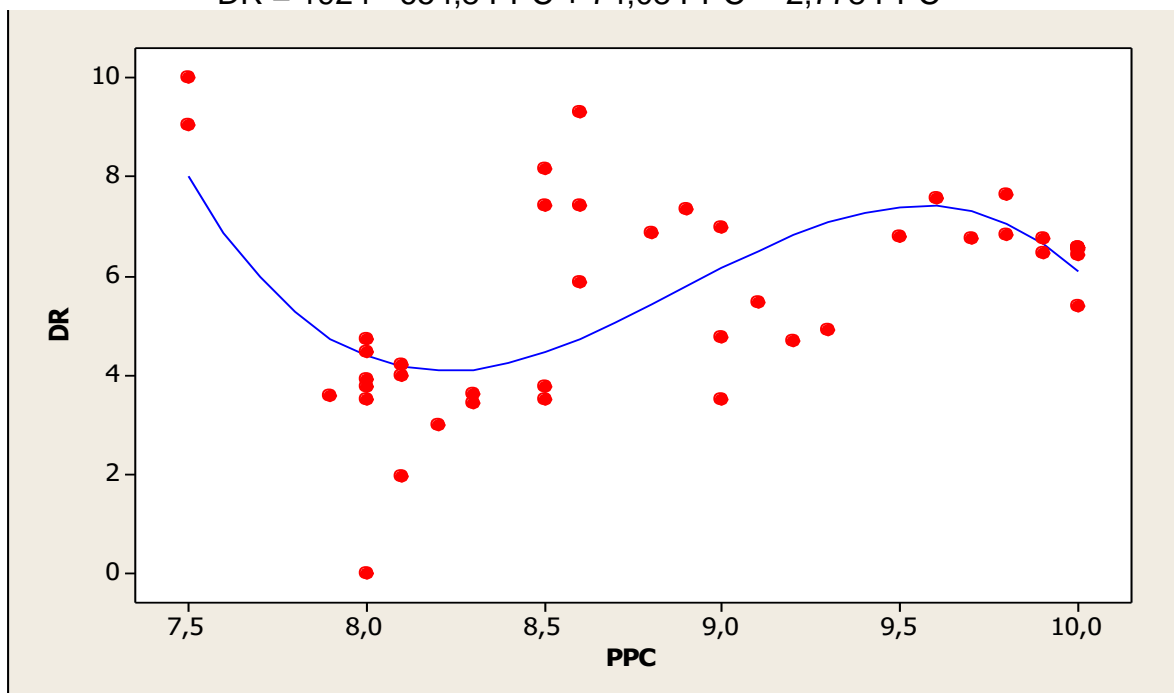
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.57: Representação do modelo
 $PPC = 8,229 - 0,1432 DP + 0,1080 DP^2 - 0,009339 DP^3$



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5.58: Representação do modelo
 $DR = 1924 - 654,8 PPC + 74,08 PPC^2 - 2,778 PPC^3$



Fonte: Elaborado pela autora

5.2.1.3 Regressão Múltipla

Com o objetivo de verificar a existência de dependência entre as quatro variáveis (DP, DC, PPC e DR) foram realizados testes de regressão linear múltipla, variando-se a variável dependente. Os modelos adotados para essa análise foram do tipo $Y = a + b X_1 + c X_2 + d X_3$ e $Y = a + b X_1 + c X_2$.

Os resultados encontrados podem ser observados nas Tabelas 5.8 a 5.11.

Tabela 5.8 – Resumo dos testes de regressão múltipla – DP variável dependente

Equação de Regressão Múltipla DP (variável dependente)	p	R²
DP = - 6,33 + 0,604 PPC + 0,162 DC + 0,941 DR	0,000	62,40%
DP = - 1,57 + 0,225 DC + 0,970 DR	0,000	60,60%
DP = - 7,65 + 1,04 DR + 0,813 PPC	0,000	60,80%
DP = - 5,55 + 0,897 PPC + 0,448 DC	0,000	33,90%

Fonte:Elaborado pela autora

Tabela 5.9 – Resumo dos testes de regressão múltipla – PPC variável dependente

Equação de Regressão Múltipla PPC (variável	p	R²
PPC = 7,94 + 0,0648 DP + 0,0849 DC	0,002	26,30%
PPC = 8,01 + 0,0765 DP + 0,0872 DC - 0,0258 DR	0,007	26,50%
PPC = 7,89 + 0,0484 DR + 0,104 DC	0,005	22,90%
PPC = 8,25 + 0,0024 DR + 0,109 DP	0,016	18,80%

Fonte: Elaborado pela autora

Os menores valores de R² encontram-se na Tabela 5.9 para PPC como variável dependente em todas as equações, sendo o pior resultado encontrado (R² = 18,80%) entre PPC com DR e DP. Também foi encontrada uma pequena relação entre DR como variável dependente e DC e PPC como variáveis explicativas na Tabela 5.10. Nota-se também que apesar de p ser menor que o valor de $\alpha = 0,05$ em todas as equações, somente nas que acabaram de ser citadas, p é diferente de zero.

Tabela 5.10 – Resumo dos testes de regressão múltipla – DR variável dependente

Equação de Regressão Múltipla DR (variável dependente)	p	R²
DR = 2,58 + 0,0904 DC + 0,452 DP	0,000	58,20%
DR = 2,85 + 0,499 DP + 0,008 PPC	0,000	57,00%
DR = 0,82 + 0,304 DC + 0,312 PPC	0,002	26,70%
DR = 3,37 + 0,0988 DC + 0,458 DP - 0,099 PPC	0,000	58,30%

Fonte: Elaborado pela autora

Os testes de correlação executados no capítulo 5.2.1, mostraram que o DP e o DC podem ser influenciados diretamente pelo PPC, estabelecendo uma relação entre a eficácia do planejamento e os indicadores de desempenho dos empreendimentos, mas nos testes de regressão múltipla, com PPC como variável dependente verifica-se que ele é pouco influenciado pelo DC, DP e DR e que provavelmente outras variáveis devem influenciar na relação de comportamento entre os indicadores (Tabela 5.9).

Tabela 5.11 – Resumo dos testes de regressão múltipla – DC variável dependente

Equação de Regressão Múltipla DC (variável dependente)	p	R²
DC = 2,77 + 0,374 DP + 0,323 DR	0,000	31,90%
DC = - 5,29 + 0,416 DP + 1,09 PPC	0,000	36,30%
DC = - 8,16 + 0,585 DR + 1,30 PPC	0,000	35,70%
DC = - 6,20 + 0,320 DR + 0,256 DP + 1,09 PPC	0,000	38,30%

Fonte: Elaborado pela autora

Na Tabela 5.11 estão os resultados para DC como variável dependente e percebe-se que em todas as equações, o resultado de R² encontra-se entre 31,90% e 38,30%, também indicando que o DC tem outras variáveis que o influenciam.

Quando se analisam os coeficientes de determinação R² para este modelo, observa-se que as equações que melhores representam a relação entre as variáveis, consideram DP como variável dependente, exceto quando PPC e DC são variáveis explicativas (Tabela 5.8). O maior valor para R² foi de 62,40% com PPC, DC e DR como variáveis independentes (Tabela 5.8), ou seja, o DP depende do DC da eficácia do planejamento e do ritmo.

Pereira, C.(2018) testou esse mesmo modelo de regressão múltipla para DP, DC e DR em obras industriais e o comparativo entre os resultados encontrados por ela e os deste estudo somente para essas variáveis podem ser conferidos na Tabela 5.12.

Tabela 5.12 – Comparativo dos testes de regressão múltipla

Pereira, C. (2018)	p	R²	Autora	p	R²
DC = 3,26 + 0,255 DP + 0,270 DR	0,004	14,90%	DC = 2,77 + 0,374 DP + 0,323 DR	0,000	31,90%
DP = 5,81 + 0,114 DC + 0,394 DR	0,000	31,20%	DP = -1,57 + 0,225 DC + 0,970 DR	0,000	60,60%
DR = -3,55 + 0,588 DP + 0,181 DC	0,000	32,60%	DR = 2,58 + 0,0904 DC + 0,452 DP	0,002	58,20%

Fonte: Elaborado pela autora

Observando a Tabela 5.12, percebe-se que os valores encontrados por Pereira, C. (2018) para as variáveis dependentes DR, DC e DP foram, respectivamente, $R^2 = 32,60\%$, $14,90\%$ e $31,20\%$. Quando se comparam os valores, verifica-se neste estudo que para essas mesmas variáveis os coeficientes de determinação encontrados são $R^2 = 58,20\%$, $31,90\%$ e $60,60\%$ (para DR, DC e DP, respectivamente).

Pode-se constatar também que os resultados encontrados neste estudo são notoriamente muito maiores que os encontrados por Pereira, C.(2018), indicando que a dependência entre as variáveis encontradas neste estudo é bem mais forte. Estes resultados tão díspares podem caracterizar uma mudança no perfil da amostra e no ciclo de acompanhamento das obras.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo contribuiu com o estudo dos indicadores de desempenho, quantificando, comparando e analisando sua evolução e assim consolidando e refinando a relação entre eles. Para que fosse possível a realização da pesquisa, foram acompanhadas 2 obras para fins corporativos, do início ao fim, ao longo de um período de 22 meses para uma obra e 21 para a outra e a partir das informações obtidas e agrupadas em uma base de dados foi possível realizar as análises.

Selecionou-se e analisou-se os dados relativos à implementação do *Last Planner System* (LPS), procurando relacionar os indicadores de desempenho de custo e prazo dos empreendimentos com o ritmo e o principal indicador do *Last Planner*, o PPC.

Em um primeiro momento, foram selecionados os empreendimentos que seriam estudados, do ponto de vista de porte, estrutura gerencial e características mercadológicas.

Em um segundo momento, foram avaliados e analisados os indicadores AF, DR, PPC, DC e DP, para os dois empreendimentos e apresentaram-se as formas mais comuns de análises comparativas entre o previsto e o realizado, sem dispor de cálculos estatísticos mais avançados.

Em uma última etapa foi realizado um tratamento estatístico dos indicadores relacionados ao desempenho e ao processo de planejamento dos empreendimentos e todos os valores obtidos ao longo dessa análise foram comparados com resultados obtidos em outros trabalhos e, para a maioria dos casos, os resultados foram similares, porém com desvios significativos nos valores de correlação e coeficiente de determinação na regressão. As obras comparadas eram de tipologia diferentes e foram acompanhadas por apenas um período de sua execução, portanto, esse resultado se mostra coerente, uma vez que os testes feitos pelos demais autores apontaram diferenças significativas no valor obtido para os indicadores de acordo com a obra analisada e sua tipologia.

O objetivo principal desse trabalho foi determinar a existência e a natureza da relação entre os indicadores de desempenho Desvio de Custo (DC) e o Desvio de Prazo (DP) e os indicadores de planejamento Desvio de Ritmo (DR) e Percentual de Planejamento Concluído (PPC) baseados no desempenho e no sistema *Last Planner* de empreendimentos de edificação corporativa da construção civil.

Visando observar a relação entre os indicadores, foram realizados os testes de correlação, onde verificou-se em todos eles a existência de correlação entre as variáveis e uma relação direta entre os indicadores. Verificou-se que a relação mais forte foi entre DP e DR ($r = 0,755$), o que era esperado, pois quanto maior o ritmo, melhor o prazo.

Diversas análises foram realizadas, nas quais se buscou analisar o impacto da eficácia do planejamento, medida pelo PPC, no desempenho de empreendimentos em termos de custo e prazo e ritmo.

Em que pese evidências qualitativas que existem na literatura sobre os impactos do *Last Planner*, os resultados encontrados nas análises de regressão linear foram baixos (entre 29,9% a 36,30%), indicando a existência de outros fatores que influenciam as variáveis dependentes (DC, DP, DR) em relação à PPC independente e que não foram consideradas nas análises.

Com efeito, foram encontradas evidências, embora não conclusivas, de que a eficácia dos sistemas de PCP baseados no *Last Planner System* afeta positivamente o desempenho de empreendimentos da construção civil em termos de custo e também no cumprimento de prazos. Ou seja, quanto melhores os valores do PPC, menores serão os desvios de prazo e custo. Entretanto a eficácia do planejamento não é o único fator responsável pelo desvio de custos e prazo.

Os resultados encontrados para os coeficientes de determinação quando DR foi a variável independente para DP, PPC e DC dependentes foram bem mais significativos, o que sugere que o avanço físico impacta positivamente nas variáveis e mais uma vez a equação ente DP e DR foi a mais bem explicada com $R^2 = 81,20\%$.

Finalmente, a fim de se verificar a relação entre todas as variáveis, foram realizados testes de regressão múltipla, onde verificou-se que os resultados mais consideráveis para o coeficiente de determinação R^2 foram encontrados nas equações onde apareciam todas as variáveis. Com relação aos indicadores de desempenho, para DP dependente com DC, PPC e DR independentes a equação foi explicada em 62,40%, porém para DC dependente com as demais variáveis independentes o resultado foi de 38,30%. Fica claro aqui também a influência de outras variáveis que influenciam o DC e DP e pode-se pensar na ideia de otimizar o sistema e não as partes isoladas, focando em controlar em todo o processo, do projeto à execução, da concepção à entrega, na logística e racionalização da produção, na negociação de compra, em diminuir desperdício e retrabalhos, focando na produtividade de mão de obra, reduzindo parcelas de atividades que não agregam valor e a variabilidade dos processos, simplificando-os.

Vale ressaltar que o impacto do tipo de obra corporativa e sem acabamentos internos deve ser investigado em maior profundidade, já que foram analisados dados provenientes de apenas duas obras de uma mesma empresa.

Dessa forma, entende-se que o presente trabalho não é definitivo mas contribuiu para o avanço do conhecimento sobre as relações entre os indicadores de planejamento e desempenho do empreendimento. A comprovação estatística da influência do ritmo e da eficácia do planejamento e controle da produção no desempenho de empreendimentos conjuntamente com os resultados obtidos nos cálculos da regressão linear e múltipla, abrem espaço para sugestões para trabalhos futuros, entre elas:

- a) realizar as análises de correlação entre indicadores de planejamento DR e PPC, e de desempenho DC e DP com uma amostra de dados mais ampla, com empresas diferentes para a mesma tipologia de obra corporativa e sem acabamentos internos, a fim de proporcionar resultados mais generalizáveis;
- b) incluir o estudo sobre produtividade, processos e treinamento de mão de obra;
- c) identificar e testar outras variáveis a serem inclusas no cálculo da regressão linear e múltipla.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, M., & DHAFR, N. (2002). **Establishing and improving manufacturing performance measures**. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, (18(34)), 171–176.
- AKKARI, A. **Interligação entre o Planejamento de Longo, Médio e Curto Prazo com o Uso do Pacote Computacional MSPROJECT**. 2003.145f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.
- AKKARI, A.; BULHÕES, I.; FORMOSO, C. **Indicadores Obtidos com a Informatização do Planejamento e Controle de Produção**. I Conferência LatinoAmericana de Construção Sustentável. X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. 18-21 julho 2004, São Paulo
- BALLARD, G. **The Last Planner**. In Spring Conference of the Northern California Construction Institute, 1994, Monterey, CA. Disponível em: <http://www.leanconstruction.org/pdf/LastPlanner.pdf>. Acesso em: 16 out 2017.
- 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. **The Last Planner System of Production Control**. 2000. Thesis (Doctor of Philosophy) – School of Civil Engineering, Faculty of Engineering. University of Birmingham, Birmingham,2000.
- BERNARDES, M. M. S.; ALVES, T. C. L. ; FORMOSO, C.T. **Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento para Empresas de Construção**. Revista Engenharia e Construção, Curitiba, n.43, 2000.
- BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. 2001. 282f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.
- 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, 2006.
- COELHO, H. O. **Diretrizes e Requisitos para o Planejamento e Controle da Produção em Nível de Médio Prazo na Construção Civil**. 2003. 134 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2003.
- COSTA, D. B. **Diretrizes para Concepção, Implementação e Uso de sistemas de Indicadores de Desempenho para Empresas da Construção Civil**. 2003. 176

f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, UFRBS, Porto Alegre, 2003.

COSTA, D.B. **Planejamento e Controle de Obras**. Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, [201-?]. Disponível em: <http://www.gerenciamento.ufba.br/Disciplinas/Gestao_da_Producao/Aula3_GestaodaProducao>. Acesso em: 30 nov. 2017.

COSTA, D.B.;FORMOSO, C.T.; LIMA, H.M.R.; BARTH, K.B. **Sistema de Indicadores para Benchmarking na Construção Civil**: Manual de Utilização,UFRGS/PPGEC/NORIE, Porto Alegre, 2005.

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

FORMOSO, C.T.; BERNARDES, M.M.; OLIVEIRA, L.F.; OLIVEIRA, K. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Porto Alegre: NORIE/UFRGS/SINDUSCON/SP, 1999.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. EAD Série educação à distância Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 120p.

HRONEC, S. M. **Sinais vitais - usando medidas de desempenho da qualidade, tempo e custos para traçar a rota para o futuro de sua empresa**. São Paulo: Ed. Makron Books, 1994. 240p.

KOSKELA. L. VRIJHOEF, R. **The prevalent theory of construction is a hindrance for innovation**. In: Conference of the INTERNATIONAL. Group for Lean Construction , 8., 2000, Brighton, UK Proceedings... Brighton: IGCL, 2000.

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*, London, v. 5, n. 3, p. 243-266, 1987.

LEVIN, J.; FOX, J. A.; FORDE, D. R. **Estatística para ciências humanas**. 11 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012. 458p.

LIMA, H. M. R. **Concepção e implementação de sistema de indicadores de desempenho em empresas construtoras de empreendimentos habitacionais de baixa renda**. 2005. 171 f. Dissertação (Mestrado - Programa de PósGraduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. 1. ed. São Paulo: PINI, 2010. 420p.

MOURA, Camile B; FORMOSO, C.T..**Análise quantitativa de indicadores de planejamento e controle da produção: impactos do Sistema Last Planner e fatores que afetam a sua eficácia**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 57-74, jul./set. 2009.

MOURA, C. B. **Avaliação do impacto do Sistema Last Planner no desempenho de empreendimentos da construção civil**. 2008. 168f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

NAVARRO, G. P. **Proposta de Sistemas de Indicadores de Desempenho para a Gestão da Produção em Empreendimentos de Edificações Residenciais**. 2005.163f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

NEELY, A., MILLS, J., PLATTS, K., GREGORY, M., & RICHARDS, H. (1996). **Performance measurement system design: Should process based approaches be adopted?** International Journal of Production Economics, 46–47, 423–431.

OLIVEIRA, D. M. **Estudo dos processos aproximados utilizados para a consideração das não-linearidades física e geométrica na análise global das estruturas de concreto armado**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Estruturas, UFMG, Belo Horizonte, 2007.

OLIVEIRA, D. P. R. **Planejamento estratégico: conceitos, metodologia e práticas**. 23 ed. São Paulo: Atlas, 2007. 342p.

PAEZ, O.; SALEM, S.; SOLOMON, J.; GENAIDY, A. Moving from Lean Manufacturing to Lean Construction: toward a common sociotechnological framework. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing**. EUA, v. 15, n.2, p. 233-245, 2005.

PEREIRA, A. **Desmitificando a Curva S**. 2010. Disponível em: <<http://gerenciamentoprojeto.blogspot.com.br/2010/04/desmitificando-curvas.html>>. Acesso em: 19 dez 2018.

PEREIRA, C.G.A. **Análise de Indicadores de Custos e Prazo de Obras Comerciais: Comparação entre o Planejamento e a Execução**. 2018.95 fl. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, 2018.

PEREIRA, M.D.C. **Análise de Indicadores de Planejamento e Desempenho de Empreendimentos da Construção Civil**. 2017.114f. Dissertação (Mestrado) –

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, 2017.

PINHEIRO, J. P. C. **Indicadores-chave de Desempenho (Key Performance Indicators) aplicados à construção: Desempenho e Benchmarking do setor.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

PRADO, R.L. **Aplicação e Acompanhamento da Programação de Obras em Edifícios de Múltiplos Pavimentos Utilizando a Técnica da Linha de Balanço.** 2002. 167 fl, Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2002.

SILVA, E. L.; MENEZES E.M. **Metodologia de Pesquisa e Elaboração de Dissertação** - 4. ed. rev. atual. – Florianópolis: UFSC, 2001.

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

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

APÊNDICE A – Avanços Físicos Mensais e Acumulados - Empreendimento 1

Empreendimento 1				
Período	Avanço Físico Mensal		Avanço Físico Acumulado	
	% Av. Fis. Previsto	% Av. Fis.Realizado	% Av. Fis. Previsto	% Av. Fis.Realizado
1	1,41	1,41	1,41	1,41
2	3,12	2,12	4,53	3,53
3	3,24	5,14	7,77	8,67
4	2,86	2,53	10,63	11,20
5	4,40	3,48	15,03	14,68
6	4,60	4,22	19,63	18,90
7	6,12	5,29	25,75	24,19
8	7,51	5,66	33,26	29,85
9	8,67	5,59	41,93	35,44
10	9,14	9,49	51,07	44,93
11	4,60	4,90	55,67	49,83
12	5,40	5,50	61,07	55,33
13	4,08	4,00	65,15	59,33
14	5,64	4,36	70,79	63,69
15	4,86	4,43	75,65	68,12
16	3,73	3,83	79,38	71,95
17	3,71	3,99	83,09	75,94
18	3,50	3,82	86,59	79,76
19	3,60	4,03	90,19	83,79
20	3,85	4,99	94,04	88,78
21	3,46	4,93	97,50	93,71
22	2,50	6,29	100,00	100,00

APÊNDICE B – Avanços Físicos Mensais e Acumulados - Empreendimento 2

Empreendimento 2				
Avanço Físico Mensal			Avanço Físico Acumulado	
Período	% Av. Fís. Previsto	% Av. Fís.Realizado	% Av. Fís. Previsto	% Av. Fís.Realizado
1	2,90	3,00	2,90	3,00
2	3,75	3,70	6,65	6,70
3	5,26	6,31	11,91	13,01
4	5,92	2,99	17,83	16,00
5	4,47	4,00	22,30	20,00
6	2,70	5,91	25,00	25,91
7	6,64	5,96	31,64	31,87
8	5,47	8,33	37,11	40,20
9	5,39	2,10	42,50	42,30
10	5,61	2,75	48,11	45,05
11	5,60	5,31	53,71	50,36
12	5,09	8,22	58,80	58,58
13	4,20	5,02	63,00	63,60
14	3,10	4,40	66,10	68,00
15	4,60	4,74	70,70	72,74
16	4,44	2,36	75,14	75,10
17	4,36	4,92	79,50	80,02
18	3,80	4,13	83,30	84,15
19	5,30	5,75	88,60	89,90
20	6,52	7,80	95,12	97,70
21	4,88	2,30	100,00	100,00

APÊNDICE C – Valores dos indicadores calculados - Empreendimentos 1

Empreendimento 1				
Período	DP (%)	DR (%)	DC (%)	PPC (%)
1	0,00	100,00	0,340	100,00
2	0,91	77,92	1,420	80,00
3	-0,91	111,58	2,040	75,00
4	-0,68	105,36	2,210	85,00
5	0,45	97,67	5,510	86,00
6	0,68	96,28	7,650	91,00
7	1,59	93,94	10,980	90,00
8	3,41	89,75	11,430	80,00
9	6,59	84,52	10,780	81,00
10	6,14	87,98	11,500	82,00
11	5,91	89,51	13,310	83,00
12	5,68	90,60	10,930	80,00
13	5,91	91,07	9,690	80,00
14	7,05	89,97	9,430	79,00
15	7,50	90,05	7,920	83,00
16	7,50	90,64	7,810	85,00
17	7,05	91,39	2,640	81,00
18	6,82	92,11	-1,690	81,00
19	6,36	92,90	-4,350	80,00
20	5,23	94,41	-3,800	93,00
21	3,86	96,11	-0,840	100,00
22	0,00	100,00	-0,910	100,00

APÊNDICE D– Valores dos indicadores calculados - Empreendimento 2

Empreendimento 2				
Período	DP(%)	DR(%)	DC(%)	PPC(%)
1	-0,10	103,45	-0,19	96,00
2	-0,05	100,75	-0,46	95,00
3	-1,10	109,24	-0,86	86,00
4	1,83	89,74	-1,46	90,00
5	2,30	89,69	-2,19	85,00
6	-0,91	103,64	-2,85	98,00
7	-0,23	100,73	-3,62	99,00
8	-3,09	108,33	-2,40	75,00
9	0,20	99,53	-2,21	100,00
10	3,06	93,64	-3,96	92,00
11	3,35	93,76	-2,37	80,00
12	0,22	99,63	-1,89	99,00
13	-0,60	100,95	-3,46	98,00
14	-1,90	102,87	-1,08	85,00
15	-2,04	102,89	-2,79	86,00
16	0,04	99,95	-1,36	100,00
17	-0,52	100,65	-3,00	97,00
18	-0,85	101,02	-0,50	88,00
19	-1,30	101,47	-0,86	90,00
20	-2,58	102,71	-1,20	89,00
21	0,00	100,00	-1,54	100,00

APÊNDICE E – Valores dos indicadores na escala transformada

Obra	Mês	DC	DP	PPC	DR
I	1	7,34	7,08	10,00	6,56
I	2	6,73	6,22	8,00	0,00
I	3	6,38	7,94	7,50	10,00
I	4	6,29	7,73	8,50	8,15
I	5	4,42	6,65	8,60	5,87
I	6	3,20	6,44	9,10	5,45
I	7	1,32	5,58	9,00	4,76
I	8	1,06	3,86	8,00	3,51
I	9	1,43	0,86	8,10	1,96
I	10	1,02	1,29	8,20	2,99
I	11	0,00	1,50	8,30	3,44
I	12	1,35	1,72	8,00	3,77
I	13	2,05	1,50	8,00	3,90
I	14	2,20	0,43	7,90	3,58
I	15	3,05	0,00	8,30	3,60
I	16	3,11	0,00	8,50	3,78
I	17	6,04	0,43	8,10	4,00
I	18	8,49	0,64	8,10	4,22
I	19	10,00	1,07	8,00	4,45
I	20	9,69	2,15	9,30	4,90
I	21	8,01	3,43	10,00	5,40
I	22	8,05	7,08	10,00	6,56
II	1	7,64	7,18	9,60	7,59
II	2	7,80	7,13	9,50	6,78
II	3	8,02	8,12	8,60	9,30
II	4	8,36	5,35	9,00	3,51
II	5	8,78	4,91	8,50	3,49
II	6	9,15	7,94	9,80	7,64
II	7	9,59	7,30	9,90	6,77
II	8	8,90	10,00	7,50	9,03
II	9	8,79	6,89	10,00	6,42
II	10	9,78	4,19	9,20	4,67
II	11	8,88	3,92	8,00	4,71
II	12	8,61	6,87	9,90	6,45
II	13	9,50	7,65	9,80	6,84
II	14	8,15	8,88	8,50	7,41
II	15	9,12	9,01	8,60	7,42
II	16	8,31	7,04	10,00	6,54
II	17	9,24	7,57	9,70	6,75
II	18	7,82	7,88	8,80	6,86
II	19	8,02	8,31	9,00	6,99
II	20	8,22	9,52	8,90	7,36
II	21	8,41	9,52	10,00	6,56