

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-graduação em Construção Civil

Rafael Pongeluppe Braga

**ANÁLISE DAS CAUSAS E DESVIOS DE CUSTO E PRAZO EM OBRAS DE
REFORMA PREDIAL CORPORATIVA E COMERCIAL**

Belo Horizonte

2022

Rafael Pongeluppe Braga

**ANÁLISE DAS CAUSAS E DESVIOS DE CUSTO E PRAZO EM OBRAS DE
REFORMA PREDIAL CORPORATIVA E COMERCIAL**

Dissertação apresentada à 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. Danielle Meireles de Oliveira

Belo Horizonte

2022

B813a Braga, Rafael Pongeluppe.
Análise das causas e desvios de custo e prazo em obras de reforma
predial corporativa e comercial [recurso eletrônico] / Rafael Pongeluppe
Braga. - 2022.
1 recurso online (143 f. : il., color.) : pdf.

Orientadora: Danielle Meireles de Oliveira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais,
Escola de Engenharia.

Apêndices: f. 141-143.

Bibliografia: f. 136-140.

1. Construção civil - Teses. 2. Edificações - Construção - Teses.
3. Sustentabilidade - Teses. 4. Planejamento - Teses. 5. Controle de
produção - Teses. 6. Custo - Teses. I. Oliveira, Danielle Meireles de. II.
Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia.
!!!. Título.

CDU: 691 (043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

Curso de Pós-Graduação em Construção Civil

Mestrado
UFMG

FOLHA DE APROVAÇÃO

Análise das causas e desvios de custo e prazo em obras de reforma predial corporativa e comercial.

RAFAEL PONGELUPPE BRAGA

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CONSTRUÇÃO CIVIL, como requisito para obtenção do grau de Mestre em CONSTRUÇÃO CIVIL, área de concentração TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL.

Aprovada em 18 de novembro de 2022, pela banca constituída pelos membros:

Danielle Meireles de
Oliveira:04897576695
Prof(a). Danielle Meireles de Oliveira - Orientador
UFMG

Assinado de forma digital por Danielle
Meireles de Oliveira:04897576695
Dados: 2022.11.18 15:00:19 -03'00'

Prof(a). Cynara Fiedler Bremer
UFMG

Cynara
Fiedler
Bremer

Assinado digitalmente por Cynara Fiedler Bremer
AO: C=BR, O=UFMG, CN=Universidade Federal de Minas Gerais, CN=Cynara Fiedler Bremer
Razão: Eu sou o autor deste documento
Data: 2022.11.22 08:48:28-0300
Foxit PDF Reader Versão: 11.2.1

Sidnea Eliane Campos
Ribeiro:67676685672
Prof(a). Sidnea Eliane Campos Ribeiro
UFMG

Assinado digitalmente por Sidnea Eliane Campos Ribeiro:
#7676685672
CN: C=BR, O=UFMG, CN=Universidade Federal de Minas Gerais, CN=Sidnea Eliane Campos Ribeiro
Razão: Eu sou o autor deste documento
Data: 2022.11.21 08:44:37-0300
Foxit PDF Reader Versão: 11.2.1

Belo Horizonte, 18 de novembro de 2022.

Dedico este trabalho aos meus pais Moacir
e Oneida (*in memoriam*), pela irrestrita
dedicação na educação dos filhos.

À minha esposa Rafaela e meu filho
Francisco, por todo amor e compreensão
diante da minha ausência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente à professora e orientadora Danielle Meireles de Oliveira que confiou a mim esta tarefa. Sua dedicação e conhecimento me conduziram à conclusão deste trabalho.

À toda administração e professores do Mestrado do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Escola de Engenharia, UFMG, por todo empenho, disponibilidade e ensino de elevada qualidade.

Aos amigos Matheus Godoy e Fernando Lage pela confiança e importante contribuição com esta pesquisa.

Por fim, agradeço à Deus, Ele que me sustenta da força necessária para viver.

RESUMO

A elevada demanda por estruturas prediais modernas em locais urbanizados e valorizados, com fins comerciais, acentua o mercado de reformas corporativas e comerciais. Estas atividades têm recebido incremento de complexidade visto a ampla aplicação de tecnologias e inovações, restrições técnicas e burocráticas, em empreendimentos cada vez maiores e prazos diminutos. Dado que estes projetos ressignificam ambientes e modernizam espaços obsoletos, a conclusão das obras valorizam o entorno dos empreendimentos, são sustentáveis, uma vez que há aproveitamento dos sistemas existentes (fundações, estruturas, fachadas, prumadas, telhados, escadas, urbanização, entre outros), contribuem para longevidade das edificações e distingue seus colabores já que os trabalhos são executados em locais abrigados, com menor risco de acidentes e maior especialização dos serviços. Apesar da demanda vultuosa e da responsabilidade frente ao meio ambiente, sociedade e mercado, este nicho é majoritariamente composto por empresas com pouco desenvolvimento em planejamento e controle da produção (PCP), quando comparado ao setor de construção. Desta forma, a partir de pesquisa realizada sobre 40 (quarenta) obras, com uma das principais empresas do ramo em Belo Horizonte, com atuação inclusive em outros estados, foi gerada uma base consolidada de informações que possibilitou a análise dos desvios de custo (DC), desvios de prazo (DP), além das principais ocorrências não previstas que impactaram nestes indicadores e boas práticas de planejamento e controle da produção (PCP). Através de técnicas estatísticas, como correlação e regressão, os desvios foram conectados às ocorrências apontadas. Finalmente, foram registradas as tipologias de obras que mais apresentaram desvios, qual influência da maturidade da empresa nos resultados, considerações acerca das condições de contratação pelo mercado, diagnóstico das principais causas dos desvios, relação prazo versus custo, boas práticas de PCP aplicadas e pontos de melhoria e desenvolvimento.

Palavras-chave: *Retrofit*. Reforma predial. Desvio de custo. Desvio de prazo. Planejamento e controle da produção.

ABSTRACT

The high demand for modern building structures in urbanized and valued locations, for commercial purposes, accentuates the market for corporate and commercial renovations. These activities have received an increase in executive complexity due to the wide application of developed technologies and innovations, the existence of technical and bureaucratic restrictions, in increasingly larger projects and short deadlines. As these projects give new meaning to environments and modernize obsolete spaces, the works add value to the surroundings of the developments on completion, they are sustainable since the existing systems are used (foundations, structures, facades, roofs, stairs, urbanization, etc.), contribute to the longevity of the buildings, and add value to the employees since the work is carried out in sheltered locations, with less risk of accidents and greater specialization of services. Although there is a huge demand and responsibility towards the environment, society, and the market, this niche is mostly composed of companies with little development in production planning and controls (PCP), when compared to the construction sector. Thus, from a survey conducted on 40 (forty) construction sites, with one of the main companies in the industry in Belo Horizonte, with operations in other states, it was generated a consolidated base of information that enabled the analysis of cost deviations (DC), deadline deviations (DP), in addition to the main unforeseen occurrences that impacted these dimensions and reflections about good practices in production planning and control (PCP). Through statistical techniques such as correlation and regression, the deviations were connected to the noted occurrences. In the conclusions, the types of projects that presented the most deviations were registered, as well as the influence of the company's maturity on the results, reflection about the conditions of contracting by the market, diagnosis of the main causes of deviations, the time versus cost relationship, good PCP practices applied, and points for improvement and development.

Keywords: Retrofit. Building renovation. Cost deviation. Deadline deviation. Production planning and control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenvolvimento do planejamento.	26
Figura 2 - Processo de planejamento.....	27
Figura 3 - Gráfico de Gantt.....	34
Figura 4 - Diagrama de rede.	36
Figura 5 – Fragmento do diagrama de rede.....	36
Figura 6 - Linha de balanço.....	38
Figura 7 - Gráfico de PPC	43
Figura 8 - Gráfico de IRR	45
Figura 9 – Gráfico de avanço físico, previsto versus realizado.	46
Figura 10 - Delineamento da pesquisa.....	57
Figura 11 - Valores de referência da força de uma correlação.....	71
Figura 12 - Diagrama de classificação da amostra.	73
Figura 13 – Diagrama dos grupos gerenciais.....	97
Figura 14 - Variáveis “causa” com associação significativa com DC	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Eficácia da implementação e adequação do modelo na empresa	49
Tabela 2 - Lista de boas práticas de PCP	51
Tabela 3 - Índices de referência do IBPPCP	51
Tabela 4 - Lista de causas de não cumprimento de tarefas	53
Tabela 5 - Quadro comparativo entre método quantitativo e qualitativo	55
Tabela 6 - Situações relevantes para estratégias de pesquisa	56
Tabela 7 - Lista de causas de não cumprimento de tarefas	59
Tabela 8 - Histórico das adequações sobre lista de causas	64
Tabela 9 - Análise do DC segundo seu sinal.....	65
Tabela 10 - Análise do DP segundo seu sinal.....	67
Tabela 11 - Composição dos grupos gerenciais de causas	68
Tabela 12 - Composição dos grupos em termos de custo total.....	77
Tabela 13 - Composição dos grupos em termos de custo médio previsto	78
Tabela 14 - Composição das tipologias em termos de custo total	81
Tabela 15 - Composição das tipologias em termos de custo médio	83
Tabela 16 - Composição de grupos em termos de prazo total.....	86
Tabela 17 - Composição de grupos em termos de prazo médio.....	87
Tabela 18 - Composição das tipologias em termos de prazo total.....	90
Tabela 19 - Composição das tipologias em termos de prazo médio.....	92
Tabela 20 - Composição dos setores de causas.....	95
Tabela 21 - Composição das divisões de causas	96
Tabela 22 - Medidas descritivas básicas para as variáveis DC e DP.....	99
Tabela 23 - Resultados da correlação (Variável dependente: DC)	102
Tabela 24 - Resultados da correlação (Variável dependente: DP).....	105
Tabela 25 - Resultados da análise de regressão (DC / DP).....	108
Tabela 26 - Resultados da análise de regressão (DP / DC).....	109
Tabela 27 - Resultados da análise de regressão (DC / Causa Geral).....	111
Tabela 28 - Resultados da análise de regressão (DC / Causa Interna)	112
Tabela 29 - Resultados da análise de regressão (DC / Causa Externa)	113

Tabela 30 - Resultados da análise de regressão (DC / Causa Insumo).....	114
Tabela 31 - Resultados da análise de regressão (DC / Causa Back Office)	115
Tabela 32 - Resultados da análise de regressão (DC / Causa Cliente)	117
Tabela 33 - Resultados da análise de regressão (DP / Causa Geral).....	117
Tabela 34 - Resultados da análise de regressão (DP / Causa Interna)	119
Tabela 35 - Resultados da análise de regressão (DP / Causa Externa)	120
Tabela 36 - Resultados da análise de regressão (DP / Causa Insumo).....	122
Tabela 37 - Resultados da análise de regressão (DP / Causa Back Office)	123
Tabela 38 - Resultados da análise de regressão (DP / Causa Cliente)	124
Tabela 39 - Resumo das correlações (Variável dependente: DC)	128
Tabela 40 - Resumo das regressões (Variável dependente: DC)	128
Tabela 41 - Resumo das correlações (Variável dependente: DP).....	130
Tabela 42 - Resumo das regressões (Variável dependente: DP)	131

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Grupos segundo atividade fim.	74
Gráfico 2 – Grupo escritório.	75
Gráfico 3 – Grupo instituto.	75
Gráfico 4 – Grupo consultório.....	75
Gráfico 5 - Grupo comércio.	75
Gráfico 6 - Grupo indústria.	75
Gráfico 7 - Custo total por grupo: previsto versus realizado.....	77
Gráfico 8 - Custo médio por grupo: previsto versus realizado.....	78
Gráfico 9 - DC por grupo.	79
Gráfico 10 - Custo total por tipologia: previsto versus realizado.....	80
Gráfico 11 - Custo médio por tipologia: previsto versus realizado.....	82
Gráfico 12 - DC por tipologia.	84
Gráfico 13 - Prazo total por grupo: previsto versus realizado.....	86
Gráfico 14 - Prazo médio por grupo: previsto versus realizado.....	87
Gráfico 15 - DP por grupo.	88
Gráfico 16 - Prazo total por tipologia: previsto versus realizado.....	89
Gráfico 17 - Prazo médio por tipologia: previsto versus realizado.....	91
Gráfico 18 - DP por tipologia.	93
Gráfico 19 - Ocorrência por setores.	94
Gráfico 20 - Ocorrências por divisão de causas.....	95
Gráfico 21 - Ocorrências por grupos gerenciais.	97
Gráfico 22 - Boxplot DC	98
Gráfico 23 - Boxplot DP.....	99
Gráfico 24 – Histograma DC.	100
Gráfico 25 - Histograma DP.	101
Gráfico 26 - Regressão quadrática (DC / DP).	108
Gráfico 27 - Regressão linear (DP / DC).	110
Gráfico 28 - Regressão cúbica (DC / Causa Geral).	111
Gráfico 29 - Regressão linear (DC / Causa Interna).....	113

Gráfico 30 - Regressão linear (DC / Causa Insumo).....	115
Gráfico 31 - Regressão linear (DC / Causa Back Office).	116
Gráfico 32 - Regressão quadrática (DP / Causa Geral).	118
Gráfico 33 - Regressão quadrática (DP / Causa Interna).....	120
Gráfico 34 - Regressão cúbica (DP / Causa Externa).....	121
Gráfico 35 - Regressão cúbica (DP / Causa Insumo).....	123
Gráfico 36 - Regressão cúbica (DP / Causa Cliente).	125

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LPS – *Last Planner System*

EAP – Estrutura Analítica de Projeto

PCP – Planejamento e controle da produção

AF – Avanço Físico

IRR – Indicador de Remoção de Restrição

DP – Desvio de Prazo

DC – Desvio de Custo

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

PPC – Percentual de programação concluída

ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas

CPM – *Critical Path Method* (Método do caminho crítico)

PERT – *Program Evaluation and Review Technique* (Técnica de avaliação e revisão de empreendimentos)

KPIs - *Key Performance Indicator* (Indicadores de desempenho)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA	22
2.1	OBJETIVOS: GERAL E ESPECÍFICOS	23
3	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	24
3.1	CONCEITO DO PCP.....	25
3.2	CONCEPÇÕES TRADICIONAIS	28
3.3	LAST PLANNER SYSTEM	30
3.4	TECNICAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	33
3.4.1	GRÁFICO DE GANTT.....	34
3.4.2	REDE PERT-CPM	35
3.4.3	LINHA DE BALANÇO.....	37
3.5	INDICADORES	39
3.5.1	INDICADORES DE PCP.....	42
3.5.1.1	PERCENTUAL DE PROGRAMAÇÃO CONCLUÍDA (PPC).....	42
3.5.1.2	INDICADOR DE REMOÇÃO DE RESTRIÇÃO (IRR).....	44
3.5.2	INDICADORES DE DESEMPENHO DO EMPREENDIMENTO	46
3.5.2.1	AVANÇO FÍSICO (AF).....	46
3.5.2.2	DESVIO DE PRAZO (DP).....	47
3.5.2.3	DESVIO DE CUSTO (DC)	47
3.5.3	ÍNDICE DE BOAS PRÁTICAS DE PCP (IBPPCP).....	49
3.6	CAUSAS DE NÃO CUMPRIMENTO DE TAREFAS.....	52
4	METODOLOGIA	54
4.1	ABORDAGEM DA PESQUISA	54
4.2	ESTRATÉGIA DA PESQUISA	55
4.3	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	57
4.3.1	ETAPA 1: DEFINIÇÕES PRELIMINARES	58
4.3.1.1	ESCOLHA DAS VARIÁVEIS	58
4.3.1.2	FORMULAÇÃO DE HIPÓTESES	60
4.3.1.3	CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	61
4.3.1.4	TAMANHO DA AMOSTRA.....	62

4.3.2	ETAPA 2: LEVANTAMENTO DE DADOS	62
4.3.2.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	62
4.3.2.2	CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS E COLETA DE INFORMAÇÕES.....	63
4.3.2.3	DESVIO DE CUSTO (DC)	65
4.3.2.4	DESVIO DE PRAZO (DP).....	66
4.3.2.5	GRUPO GERENCIAL DE CAUSAS.....	68
4.3.3	ETAPA 3 – ANÁLISE DE DADOS	69
4.3.3.1	ANÁLISE SIMPLES	69
4.3.3.2	ANÁLISE ESTATÍSTICA	70
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
5.1	CLASSIFICAÇÃO.....	73
5.2	CARACTERIZAÇÃO POR CUSTO E PRAZO.....	74
5.2.1	CARACTERIZAÇÃO DOS GRUPOS POR CUSTO	76
5.2.1.1	POR GRUPO: CUSTO TOTAL.....	76
5.2.1.2	POR GRUPO: CUSTO MÉDIO.....	78
5.2.1.3	DC POR GRUPO.....	79
5.2.2	CARACTERIZAÇÃO DAS TIPOLOGIAS POR CUSTO.....	80
5.2.2.1	POR TIPOLOGIA: CUSTO TOTAL.....	80
5.2.2.2	POR TIPOLOGIA: CUSTO MÉDIO.....	82
5.2.2.3	DC POR TIPOLOGIA.....	83
5.2.3	CARACTERIZAÇÃO DOS GRUPOS POR PRAZO	85
5.2.3.1	POR GRUPO: PRAZO TOTAL.....	85
5.2.3.2	POR GRUPO: PRAZO MÉDIO.....	87
5.2.3.3	DP POR GRUPO.....	88
5.2.4	CARACTERIZAÇÃO DAS TIPOLOGIAS POR PRAZO.....	89
5.2.4.1	POR TIPOLOGIA: PRAZO TOTAL.....	89
5.2.4.2	POR TIPOLOGIA: PRAZO MÉDIO.....	91
5.2.4.3	DP POR TIPOLOGIA.....	92
5.3	CARACTERIZAÇÃO POR CAUSAS.....	93
5.3.1	CLASSIFICAÇÃO POR OCORRÊNCIAS	94
5.3.2	CARACTERIZAÇÃO POR SETORES.....	94
5.3.3	CARACTERIZAÇÃO POR DIVISÃO DE CAUSAS	95
5.3.4	CARACTERIZAÇÃO POR GRUPOS GERENCIAIS.....	97
5.4	RESULTADOS ESTATÍSTICOS	98
5.4.1	REMOÇÃO DE OUTLIERS.....	98

5.4.2	ESTATISTICA DESCRITIVA.....	99
5.4.3	ANÁLISE DE CORRELAÇÃO	102
5.4.3.1	CORRELAÇÃO: DP x DC	103
5.4.3.2	CORRELAÇÃO: CAUSA GERAL X DC; CAUSA INTERNA X DC; CAUSA BACK OFFICE X DC; CAUSA INSUMO X DC.....	103
5.4.3.3	CORRELAÇÃO: CAUSA EXTERNA x DC.....	104
5.4.3.4	CORRELAÇÃO: CAUSA CLIENTE x DC	104
5.4.3.5	CORRELAÇÃO: DC x DP	105
5.4.3.6	CORRELAÇÃO: CAUSA GERAL X DP; CAUSA INTERNA X DP; CAUSA EXTERNA X DP; CAUSA INSUMO X DC; CAUSA CLIENTE X DP.....	106
5.4.3.7	CORRELAÇÃO: CAUSA BACK OFFICE x DP.....	106
5.4.4	ANÁLISE DE REGRESSÃO.....	107
5.4.4.1	VARIÁVEIS: DC (DEPENDENTE); DP (PREDITORA).....	107
5.4.4.2	VARIÁVEIS: DP (DEPENDENTE); DC (PREDITORA).....	109
5.4.4.3	VARIÁVEIS: DC (DEPENDENTE); CAUSA GERAL (PREDITORA).	110
5.4.4.4	VARIÁVEIS: DC (DEPENDENTE); CAUSA INTERNA (PREDITORA).	112
5.4.4.5	VARIÁVEIS: DC (DEPENDENTE); CAUSA EXTERNA (PREDITORA).	113
5.4.4.6	VARIÁVEIS: DC (DEPENDENTE); CAUSA INSUMO (PREDITORA).....	114
5.4.4.7	VARIÁVEIS: DC (DEPENDENTE); CAUSA BACK OFFICE (PREDITORA).	115
5.4.4.8	VARIÁVEIS: DC (DEPENDENTE); CAUSA CLIENTE (PREDITORA).....	117
5.4.4.9	VARIÁVEIS: DP (DEPENDENTE); CAUSA GERAL (PREDITORA).	117
5.4.4.10	VARIÁVEIS: DP (DEPENDENTE); CAUSA INTERNA (PREDITORA).....	119
5.4.4.11	VARIÁVEIS: DP (DEPENDENTE); CAUSA EXTERNA (PREDITORA).	120
5.4.4.12	VARIÁVEIS: DP (DEPENDENTE); CAUSA INSUMO (PREDITORA).	122
5.4.4.13	VARIÁVEIS: DP (DEPENDENTE); CAUSA BACK OFFICE (PREDITORA).	123
5.4.4.14	VARIÁVEIS: DP (DEPENDENTE); CAUSA CLIENTE (PREDITORA).....	124
6	CONCLUSÕES.....	126
6.1	PRIMEIRA PERSPECTIVA – SEGUNDO EMPREENDIMENTO E DESEMPENHO	126
6.2	SEGUNDA PERSPECTIVA – SEGUNDO CAUSAS E DESVIOS	127
6.2.1	CORRELAÇÕES E REGRESSÕES - VARIÁVEL DEPENDENTE: DC	128
6.2.2	CORRELAÇÕES E REGRESSÕES - VARIÁVEL DEPENDENTE: DP	130
6.3	BOAS PRÁTICAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	132
6.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	134
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137

APÊNDICE A – Tabela resumo de desvios de custo e prazo, originais e transformados	142
APÊNDICE B – Matriz de ocorrências por grupo gerencial.....	143
APÊNDICE C – Matriz de ocorrências por setor e divisão de causas.....	144

1 INTRODUÇÃO

Os autores Mello e Amorim (2009) mencionam que a Indústria da Construção Civil é composta por uma cadeia produtiva complexa, compreende diversos setores industriais e pode ser delineada como:

A Construção Civil é integrada por uma série de atividades com diferentes graus de complexidade, ligadas entre si por uma vasta diversificação de produtos, com processos tecnológicos variados, vinculando-se a diferentes tipos de demanda. Ela abriga desde indústrias de tecnologia de ponta e capital intensivo, como cimento, siderurgia, química, até milhares de microempresas de serviços, a maior parte com baixo conteúdo tecnológico. Pode-se afirmar que uma das características marcantes do setor da Construção Civil é a sua heterogeneidade. (MELLO; AMORIM, 2009, p. 390).

A pesquisa anual da indústria da construção de 2020, PAIC, do IBGE, contempla a classificação nacional de atividades econômicas, CNAE, especificamente a seção 2.0 - F, referente à construção. Esta seção considera estrutura para 3 (três) divisões, sendo: construção de edifícios, obras de infraestrutura e serviços especializados para construção. Ainda segundo a pesquisa anual, a construção de edifícios representa 45,3%, as obras de infraestrutura correspondem 32,7% e os serviços especializados para construção concebem 22,0%, ambos do total do segmento de obras civis. Desta maneira, as obras de reforma predial são englobadas tanto na primeira quanto na última divisão e representam juntas 67,3% da indústria da construção civil.

Nas cidades onde há grande movimentação empresarial é extensa a demanda por estruturas que favoreçam as relações comerciais com boa urbanização, mobilidade, disponibilidade por serviços básicos, região de boa reputação, entre outros. Desta forma, para implantação de espaços corporativos e comerciais, regiões nobres e mercantis, normalmente caracterizadas pela elevada valorização imobiliária e indisponibilidade de terrenos vagos, reforma é a principal opção de investimento para inauguração de escritórios e lojas. Logo, a realização de reformas prediais torna-se a alternativa necessária e mais adequada para suprimir esta demanda imobiliária.

Para entender brevemente acerca do desenrolar histórico destas reformas prediais, tem-se:

A partir dos anos 90, o uso dos recursos de informática e a popularização dos microcomputadores, modificaram de maneira irreversível a concepção de espaço de trabalho e as relações quantitativas e qualitativas destes espaços. Ocorreram mudanças na adequação das instalações às novas necessidades de cabeamento, a estruturação de redes para transmissão de dados dentro dos edifícios. Os desdobramentos destas soluções alteraram os projetos tanto em planta, nos *shafts* e dutos, como em corte, com o surgimento de pisos elevados e forros removíveis. Estas mudanças alteraram as dimensões de áreas técnicas de cada andar, assim como a altura do pé direito. (MARIANO, 2012, p.36).

Conforme menciona Mariano (2012, p. 41):

[...] as novas exigências do mercado imobiliário para edifícios de escritório, que distanciam os antigos prédios do que se procura no mercado atual, comportam mecanismos modernos, principalmente advindos da evolução dos sistemas de gestão, prezando pela facilidade de comunicação e agilidade requerida no mundo atual dos negócios, considerando inclusive os grandes escritórios.

Algumas atribuições básicas precisam ser incorporadas aos edifícios de escritórios para que possam atender às demandas do mercado atual, sendo: sistema de supervisão e controle predial, sistemas de ar-condicionado central, sistema de telecomunicação e informática, sistema de detecção e combate à incêndio, sistema elétrico, sistema de iluminação, sistema hidráulico, segurança patrimonial, elevadores, estacionamento, eficiência de projeto, lobby, fachada e localização (MARIANO, 2012). O autor ainda destaca que o grau de requalificação do edifício depende da exigência dos nichos de mercado, até onde é possível ser reformado ou se apenas demanda um *retrofit* para se atualizar.

A Norma de Desempenho NBR 15575-1 (2013, p. 7) define *retrofit* como “remodelação ou atualização do edifício ou de sistemas, através da incorporação de novas tecnologias e conceitos, normalmente visando à valorização do imóvel, mudança de uso, aumento da vida útil e eficiência operacional e energética”.

Reformas prediais que prezam pela responsabilidade técnica, boas práticas executivas e consistentes estudos de negócios, proporcionam benefícios vultuosos para a cidade e sociedade como sustentabilidade, disponibilidade de serviços, desenvolvimento econômico, redução da obsolescência dos imóveis, incentivo à inovação de sistemas construtivos, desenvolvimento da mão de obra empregada nas obras, valorização do ambiente construído, entre outros.

Segundo Ruescas *et al.* (2020, p. 1417) “o *retrofit* atrelado à sustentabilidade pode ser uma alternativa para o patrimônio edificado da metrópole, evitando que edifícios caiam em desuso, ampliando a longevidade operacional e reduzindo impactos negativos ao meio ambiente”.

De acordo com Scheller (2012, p. 1):

Embora o espaço disponível para locação nos edifícios antigos seja pequeno em comparação às novas construções, o investimento por metro quadrado pode compensar. [...] O aluguel por metro quadrado fica de 10% a 20% abaixo do cobrado em edifícios novos na mesma região, segundo consultorias imobiliárias.

Diferente de construções novas, obras de reforma têm ciclo de duração consideravelmente menor, em média 60 a 120 dias corridos para implantação de espaços de 600 a 1.000 m², contemplam consideráveis restrições, ampla limitação logística e executiva, comum obsolescência das legislações e tecnologias sob qual o edifício “base” foi concebido, enfim, o que se observa é um elevado nível de obstáculos.

Mesmo diante de um cenário desafiador, vultuoso e de grande responsabilidade econômica e sustentável, poucos estudos acerca do processo de gestão de obras de reforma predial são identificados e o mercado é composto por empresas com pouco desenvolvimento em processos de planejamento e controle da produção (PCP).

Segundo Mello e Amorim (2009, p. 391) o subsetor de edificações apresenta particularidades e restrições de desenvolvimento, sendo: baixa produtividade, qualidade insatisfatória, elevada resistência a modificações, mão de obra pouco qualificada e elevada rotatividade.

Para tanto, este trabalho estuda os desvios de custo e prazo em obras de reforma predial corporativa e comercial, bem como identifica as principais causas de não cumprimento das tarefas planejadas e reflexões acerca das boas práticas de planejamento e controle da produção, contribuindo para o conhecimento sobre gestão de obras, preenchendo lacunas relacionadas ao tema.

Neste contexto, referente às obras de reforma predial, considerando a representatividade do setor de edificações, a complexidade da indústria, a demanda de mercado, as responsabilidades atribuídas, a carência de estudos, entre diversas outras motivações, este trabalho compreende informações específicas teóricas e de mercado, baseado em revisão bibliográfica, pesquisas e análises de dados de planejamento e controle da produção em empresa notável do setor em estudo, com atuação em Minas Gerais, Rio Grande do Sul e São Paulo.

2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

Diversos estudos acerca de indicadores, Planejamento e Controle da produção (PCP) são comumente encontrados referente a construções tradicionais do setor imobiliário. No entanto, segundo Scheller (2012), não se observa estudos das ferramentas da gestão de obras para reformas prediais.

As reformas imobiliárias corporativas e comerciais, habitualmente, envolvem contratos de consideráveis riscos relacionados a:

- curto prazo de execução: frequentemente estes empreendimentos envolvem inaugurações anunciadas, mudanças técnicas complexas, devolução de imóveis por parte do contratante, *startup* de instalações e sistemas, entre outros;
- regime de trabalho fora do período comercial: por se tratar de atividades realizadas em áreas comerciais, normalmente, os trabalhos são realizados no período noturno, finais de semana e feriados;
- sistemas inovadores: a demanda e o desejo por ambientes distintos que acenem para o posicionamento de negócio, captação de clientes e colaboradores, *marketing*, inovações tecnológicas de sistemas é estimulada pela arquitetura, fabricantes, clientes e mercado;
- ausência de projetos e compatibilização: o curto período de execução e ampla concorrência são deletérias às etapas de desenvolvimento de projetos complementares e compatibilizações necessárias, cujas responsabilidades são atribuídas à construtora;
- escassez de informações da edificação: a inaptidão de algumas construtoras de edifícios e o despreparo dos síndicos em gestão de condomínios gera ausência ou perda de informações básicas das construções “hospedeiras”, como estruturas, instalações da edificação, capacidades admissíveis, fornecedores, entre outros;
- regras variadas e específicas de obras, independente do município, impostas pelos condomínios.

Desta maneira, considerando o exposto anterior, a análise das causas de não cumprimento das tarefas planejadas e os desvios de custo e prazo, para as obras de reforma predial corporativa e comercial, são assuntos relevantes para complementar o conhecimento em planejamento e controle da produção.

2.1 OBJETIVOS: GERAL E ESPECÍFICOS

O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar as causas dos desvios de custo e prazo, identificando as lacunas do conhecimento e contribuindo para o desempenho em gestão das obras de reforma imobiliária corporativa e comercial.

Quanto aos objetivos específicos tem-se:

- identificar as principais causas de não cumprimento das tarefas planejadas;
- correlacionar desvios com as causas identificadas;
- identificar as boas práticas de PCP aplicadas e demanda de melhoria.

3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

O planejamento é um processo de estabelecimento de metas, sequências e hierarquização de atividades. Já o controle contempla o ofício de acompanhamento para o cumprimento destas metas e sequências contempladas no plano estratégico/tático e, em caso de inexecutabilidade ou demanda de alteração, pode produzir o replanejamento. Em ambientes complexos e sujeitos à diversas influências, para que haja credibilidade, o planejamento de médio prazo deve ser decomposto em partes detalhadas, junto às equipes operacionais, e o mais próximo possível da execução das atividades (BALLARD, 2000).

As empresas construtoras têm buscado melhores níveis de desempenho através de investimentos em gestão e tecnologia da produção, adequando a produção numa função cada vez mais estratégica e este movimento tem sido motivado pela elevada competição, globalização, grande exigência dos contratantes, elevados riscos e custos financeiros da produção. Sendo assim, o processo de planejamento e controle da produção assumiu um papel vital para manutenção e crescimento das construtoras. No entanto, o que se observa, mesmo diante deste cenário, é que poucas empresas têm este processo consolidado. Diversos estudos no exterior e no Brasil apontam que as deficiências no PCP das obras civis correspondem as principais causas de baixa produtividade, elevadas perdas e baixa qualidade (FORMOSO *et al.* 1999).

Neste capítulo serão explorados os conceitos e técnicas do planejamento e controle da produção, indicadores, causas de não cumprimento das tarefas e boas práticas em PCP.

3.1 CONCEITO DO PCP

Segundo Ackoff (1976) o planejamento é um processo de tomada de decisão e torna-se especial por três motivos, sendo: tomada de decisão antes de requerer uma ação; um conjunto de decisões interdependentes; um estado futuro desejado que somente ocorrerá se houver tratativas apropriadas. Ainda conforme o autor, o planejamento pode ser dividido em duas classificações, tático e estratégico, e este arranjo não é evidente visto que é tridimensional, conforme mencionado a seguir:

- o plano estratégico produz efeitos duradouros e apresenta elevada dificuldade de alteração. Enquanto o plano estratégico acena para o longo prazo, o plano tático se refere ao curto prazo, no entanto ambos são necessários e se complementam;
- o plano estratégico gera influência sobre grande quantidade de atividades, assim pode-se entender que é amplo e o plano tático é restrito. No entanto, estes termos são relativos, em outras palavras, um plano pode ser tático para toda uma organização enquanto para um determinado setor é considerado estratégico;
- o plano estratégico busca identificar os objetivos a serem alcançados, enquanto o plano tático se preocupa em definir os meios que serão escolhidos para alcance destes alvos.

Laufer & Tucker (1987) mencionam que o planejamento precisa responder às seguintes questões: Quais atividades devem ser realizadas? Quais métodos devem ser utilizados? Quais recursos serão utilizados? E, qual sequência e prazo que as atividades devem ser realizadas? Ainda segundo os autores, o planejamento é um processo de vários estágios e níveis, que, enquanto algumas referências o defendem como um processo de cima para baixo, sistemático, completo e hierárquico, outros pesquisadores sustentam que as pessoas planejam de forma oportunista, em um modo multidirecional, incremental e não hierárquico.

“Seguindo o modelo hierárquico sistemático, o processo de planejamento pode ser subdividido em estágios específicos, onde cada estágio não é limitante, mas lida com componentes diferentes do planejamento. A primeira etapa define o escopo do projeto e seus

objetivos, depois são enumerados os recursos e suas limitações e, finalmente, o curso de solução é concluído.” (LAUFER & TUCKER, 1987).

A estrutura de geração do planejamento deve considerar e delimitar os papéis dos vários níveis de gerenciamento. É comum que o proprietário e a alta administração da construção estejam envolvidos na definição de metas do projeto, enquanto a gerência intermediária, dirigida pela alta administração, está mais envolvida na seleção dos meios (recursos), e as funções operacionais auxiliam a gerência intermediária na identificação e elaboração das soluções (LAUFER & TUCKER, 1987). Na Figura 1 ilustra-se esta estrutura hierárquica.

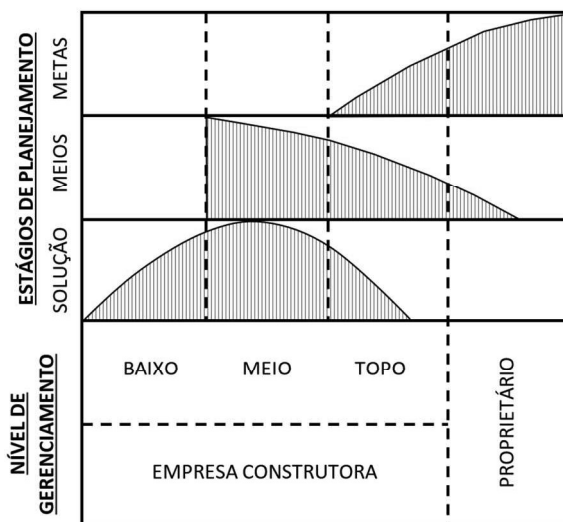


Figura 1 – Desenvolvimento do planejamento.

Fonte: Laufer & Tucker (1987, p. 246).

Shingo (1996) informa que o planejamento deve ser visualizado segundo duas perspectivas, a primeira trata da precisão que a demanda pode ser identificada e a segunda é sobre investigar qual a real capacidade do plano de produção em atender a demanda. Segundo o mesmo autor:

na medida em que o ano vai passando, os planos de longo prazo são decompostos em projeções de produção mensais. Em muitas empresas, os ajustes na programação mensal são permitidos somente durante um período limitado, depois do qual a programação permanece inalterada até que o plano do próximo mês seja determinado (SHINGO, 1996, p. 122).

Conforme Ackoff (1976) o planejamento não deve ser tratado como um plano definitivo, pois trata-se de um relatório intermediário num processo de contínuo desenvolvimento que contempla um conjunto de decisões interdependentes. O autor sugere também uma divisão do planejamento em partes conforme descritas a seguir:

Fins: especificação de objetivos e metas;

Meios: Escolha de políticas, programas, procedimentos e práticas através dos quais se tentará atingir os objetivos;

Recursos: Determinação dos tipos e quantidades de recursos necessários, como eles devem ser gerados ou obtidos e como eles devem ser alocados às atividades;

Implantação: Determinação de procedimentos para tomada de decisão e de uma maneira de organizá-los para que o plano possa ser executado;

Controle: Determinação de procedimentos para antecipar ou detectar erros no plano ou falhas na sua execução e para prevenir ou corrigir continuamente estes erros e estas falhas. (ACKOFF, 1976, p. 4)

Laufer & Tucker (1987) mencionam que o processo de planejamento compreende cinco fases, conforme ilustrado na Figura 2.

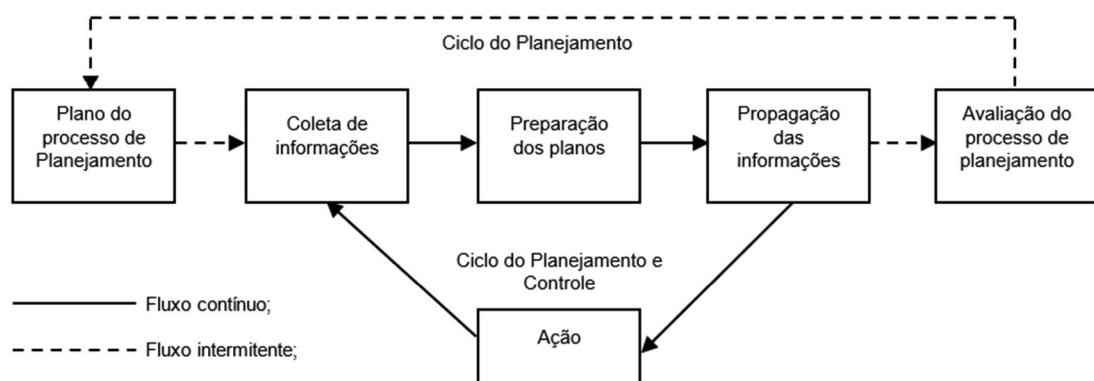


Figura 2 - Processo de planejamento.

Fonte: Laufer & Tucker (1987, p. 252).

Formoso *et al.* (1999, p. 12) comentam cada uma destas etapas conforme a seguir:

- Plano do processo de planejamento: definição dos procedimentos padrão e avaliação detalhada das influências sobre as atividades. O autor ainda destaca

- algumas das principais decisões, como: agentes envolvidos no PCP e sua responsabilidade; níveis hierárquicos e periodicidade; nível de detalhamento do planejamento e critérios de divisão; e, técnicas e ferramentas de planejamento;
- Coleta de informações: avaliação da disponibilidade de informações, definição dos formatos e periodicidades. Esta tratativa deve ser empregada para cada setor da empresa e demais intervenientes externos como: cliente, projetista, empreiteiros, órgãos reguladores, outros;
 - Preparação dos planos: esta etapa contempla a definição do processo de planejamento da obra e escolha das técnicas a serem empregadas, inclusive no controle. Estas técnicas devem considerar o tipo de obra, nível de detalhamento do planejamento, capacitação técnica dos envolvidos, entre outros;
 - Propagação das informações: as informações precisam ser divulgadas aos diversos agentes e setores envolvidos. Cada parte demanda uma parcela de informação, que precisa ser conhecida, a natureza da informação, periodicidade, formato de apresentação e ciclo de retroalimentação;
 - Avaliação do processo de planejamento: visa a melhoria contínua do processo e maturidade para outros empreendimentos. À vista disso, é fundamental o estabelecimento de indicadores de desempenho para a produção e para o processo de planejamento.

3.2 CONCEPÇÕES TRADICIONAIS

Os modelos tradicionais concebem o planejamento de longo prazo como um conjunto de atividades hierarquizadas e vinculadas sob uma sequência lógica executiva de acordo com as particularidades do empreendimento e da logística de produção. Frequentemente o prazo de execução para cada atividade é definido como meta a ser alcançada, em detrimento de um dimensionamento que considere os recursos disponíveis e restrições locais, ou seja, não são considerados fatores como oferta de material, oferta de mão de obra qualificada e serviços, métodos de execução, acessos viários, conclusão de projetos complementares, entre outros.

Segundo Coelho (2003, p. 16), “o modelo conceitual dominante na construção civil define a produção como um conjunto de atividades de conversão, que transforma os insumos em produtos intermediários (alvenaria, estrutura, revestimentos) ou finais (edificação)”.

De acordo com Ballard; Howell (2004 *apud* OILIVIERI *et al.*, 2016, p. 2) “os modelos tradicionais assumem que a variação no fluxo de trabalho foge ao controle do gerenciamento. Contingências de várias formas são utilizadas na tentativa de acomodar ou absorver essa variação externa dentro dos limites de prazo e custo do empreendimento”.

Moura (2008, p. 43) informa que “Na construção civil, a forma tradicional de planejamento e controle tem uma predominância de produção empurrada, à medida que planos de longo prazo bastante detalhados se constituem nos únicos planos formalizados”.

Ao analisar o modelo tradicional, Koskela (1992 *apud* MAGALHAES *et al.*, 2017), informou as seguintes inconsistências:

- não são considerados os fluxos físicos entre as atividades, apesar de a maior parte dos custos originar-se desses fluxos;
- o controle da produção tende a concentrar-se nos subprocessos individuais em detrimento do processo global, tendo um impacto relativamente limitado na eficiência global;
- a não consideração dos requisitos dos clientes pode resultar em produtos inadequados para o mercado, visto que, através do modelo de conversão, assume-se que o valor de um produto pode ser melhorado somente através da utilização de insumos de melhor qualidade.

De acordo com Formoso *et al.* (1999, p. 6), entre os principais problemas enfrentados pela indústria da construção civil, segundo uma perspectiva da bibliografia disponível, encontram-se:

- o processo de planejamento e controle da produção não é observado como processo gerencial, e, frequentemente, é confundido com um setor opcional ou a simples aplicação de técnicas de planejamento;
- a frequente negligência perante às incertezas do processo de construção conduz ao erro, os “gestores” minimizam estas questões e acreditam poder resolver isoladamente por estudos quando da execução;
- a prática de planejamento excessivamente informal, normalmente realizado pelo engenheiro residente da obra ou até pelo mestre de obras, tem pouca relação com o planejamento a longo prazo e baixa função tática;
- a melhoria do PCP necessita, além do envolvimento de aspectos técnico, de adequações de caráter comportamental. Desta forma os agentes precisam estar engajados, entender sobre os benefícios do processo, promover sinergia entre os setores e funções visto que envolverá diversas esferas das organizações.

3.3 LAST PLANNER SYSTEM

Segundo Ballard (2000), o conceito de *Last Planner System* foi desenvolvido a partir de uma pesquisa junto à área de planejamento e controle cujo relatório foi incluído no trabalho de Ballard e Howell de 1997. Esta pesquisa buscou identificar como as tomadas de decisão poderiam ser melhoradas a partir da confiança junto às equipes operacionais frente ao planejamento, no entanto, inicialmente se descobriu que apenas metade das tarefas incumbidas à operação da construção foram concluídas após uma semana. Neste período, experimentos comprovaram que estas falhas resultaram da falta de regras na delegação das atividades e, portanto, foram propostos critérios de qualidade para as atribuições quanto à definição, sequência e dimensionamento, e se iniciou a rastreabilidade da porcentagem de tarefas concluídas através do indicador Percentual Programado Concluído (PPC).

Um dos requisitos básicos para o bom desempenho de um sistema de planejamento é a qualidade das informações de sua saída, ou seja, a consistência dos planos produzidos pelo último planejador. Alguns dos principais pontos de atenção estão listados a seguir: A tarefa está satisfatoriamente definida e sem ambiguidades? A sequência de trabalho está adequada à lógica executiva e às metas? O dimensionamento de tarefas está adequado à capacidade das equipes? Os pré-requisitos e recursos necessários às tarefas delegadas estão disponíveis tornando o trabalho exequível? (BALLARD, 2000).

Segundo Angelim *et al.* (2019, p. 2) o *Last Planner System*, sistema proposto por Ballard e Howell, conhecido pela abreviatura LPS, é descrito como:

O LPS é um modelo de planejamento e controle da produção fundamentada nos princípios da filosofia da produção enxuta com vistas a promover a estabilidade do sistema de produção por meio do controle da variabilidade e do aumento da confiabilidade do processo de construção (BALLARD, 2000, apud ANGELIM et al., 2019).

Um sistema de produção é estável quando se consegue produzir de acordo com o planejado, sendo a estabilidade fundamental para que os processos não sejam frequentemente interrompidos (LIKER, 2005, apud ANGELIM et al., 2019).

De acordo com Formoso *et al.* (1999, p. 39), o *Last Planner System* é uma importante ferramenta para formalizar o planejamento operacional e garantir o comprometimento dos diversos agentes de produção através da simples comunicação. Este planejamento operacional tem a função de orientar a execução, usualmente realizado em ciclos semanais, são discutidos insumos necessários para realização das atividades programadas pelo médio prazo, podem ocorrer no próprio canteiro de obra, contam com a participação da gerência de obra, engenheiro residente, mestre de obras, empreiteiros e líderes de equipe, avaliam as metas cumpridas no período anterior e programam atividades para próximo período.

No planejamento operacional, além da verificação dos insumos, como material, mão de obra e equipamentos, também são realizadas distribuição priorizada das tarefas às equipes de trabalho. As atividades que constituem o caminho crítico do planejamento de médio prazo devem ser priorizadas e, como o LPS tem caráter executivo, em caso de sobrecarga de determinada equipe, a distribuição deve ser reavaliada e as

atividades menos prioritárias ser direcionadas para outra equipe com maior disponibilidade. Este procedimento protege a produção contra incertezas inerentes as atividades e gera uma estabilidade do fluxo de trabalho visto que somente são programadas metas factíveis (FORMOSO *et al.*, 1999, p. 39).

De acordo com Moura (2008), o *Last Planner System* foi desenvolvido a partir de princípios da engenharia de produção no intuito de melhorar os processos de planejamento e controle da produção, prezando por um ambiente confiável através da redução de variáveis inerentes ao fluxo de trabalho. Ainda segundo a autora, no método LPS pode-se evitar o excessivo nível de detalhamento nas etapas iniciais do planejamento e normalmente está dividido em três níveis hierárquicos que contempla planejamento de longo prazo (mestre), médio prazo (lookahead) e curto prazo (comprometimento).

No entanto, Ballard; Tommelein (2016 *apud* ANGELIM *et al.*, 2019) destacam que o sistema de planejamento LPS adota quatro níveis hierárquicos para “transformar o que deve ser feito no que pode ser feito”, descritos a seguir:

- Planejamento de longo prazo: gerencia os grandes marcos da construção, ou seja, apresenta as atividades contidas no escopo do empreendimento. Possui baixo grau de detalhe devido à falta de informações sobre a duração real das atividades e das entregas de recursos;
- Planejamento de fase: correspondente à interface entre o longo e o médio prazo, ou seja, contempla a decomposição dos principais marcos do plano de longo prazo da obra, detalhando as transições entre estas fases;
- Planejamento de médio prazo: horizonte no qual são identificadas e removidas as restrições para viabilizar a execução das atividades conforme definido no planejamento de fase. Nesse nível de planejamento também é definido o processo executivo das atividades e definida a logística adequada;
- Planejamento de curto prazo: as atividades que estão prontas para serem realizadas são incluídas nos planos de curto prazo, geralmente em ciclos semanais. Objetiva orientar a execução futura diretamente à equipe de obra e detalhar as atividades com os responsáveis pelas equipes. Neste nível também

deve ocorrer uma discussão detalhada sobre o trabalho realizado do plano semanal por meio da avaliação de indicadores e da investigação da causa raiz que prejudicou a execução das atividades no prazo.

3.4 TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

O gerenciamento de obras é um trabalho de características complexas pois as atividades da construção civil são multidisciplinares, apresentam grande variabilidade, trata-se de uma indústria mutável e dinâmica (MAGALHÃES *et al.*, 2018). Ainda segundo os autores, as baixas produtividades do setor, grandes desperdícios e baixa qualidade dos produtos são causas das deficiências existentes no planejamento e controle da produção.

Ballard e Howell (1996 *apud* BERNARDES, 2001, p. 32), referem que “o planejamento produz metas que possibilitam o gerenciamento dos processos produtivos, enquanto o controle garante o cumprimento dessas metas, bem como avalia sua conformidade com o planejado, fornecendo, assim, informações para preparação de planos futuros”.

Ballard e Howell (2003) mencionam que para que o planejamento seja aplicável e factível precisa contemplar algumas variáveis que vão além da dimensão tempo, é necessário que outros fatores sejam considerados como a disponibilidade e dimensionamento de recursos, definição de indicadores de produtividade, metodologias de produção, dimensionamento das demandas, produtividade, entre outros.

O processo de planejamento e controle da produção pode ser representado através de duas dimensões básicas, a horizontal, que se refere às etapas do PCP em cada nível gerencial, e a dimensão vertical, que se refere à divisão deste processo em diferentes níveis hierárquicos (longo, médio e curto prazo) (COELHO, 2003). O autor ainda menciona que esta divisão se faz necessária devido à complexidade dos

empreendimentos de construção, suas definições variáveis e as incertezas características do processo de produção.

Ballard (1994 *apud* MAGALHÃES *et al.*, 2017, p.46) “ressalta a importância do planejamento e controle da produção para melhoria da produtividade, redução dos atrasos, melhor apresentação da sequência de produção, dimensionamento da mão de obra para o trabalho a ser produzido e coordenação das múltiplas atividades interdependentes.” No contexto da construção civil, existem diversos sistemas e técnicas que auxiliam no processo de planejamento e controle da produção, conforme apresentado a seguir.

3.4.1 GRÁFICO DE GANTT

De acordo com Mattos (2010) o Gráfico de Gantt é uma simples representação gráfica das atividades por barras em função do tempo, constitui-se numa ferramenta importante e atraente devido à sua facilidade de entendimento e torna-se acessível para os diversos agentes envolvidos. O mesmo autor ainda destaca que originalmente o gráfico de Gantt apresenta deficiências por não considerar a interação das atividades, folgas e não exibir o caminho crítico.

Na Figura 3 é apresentado um exemplo de gráfico de Gantt.

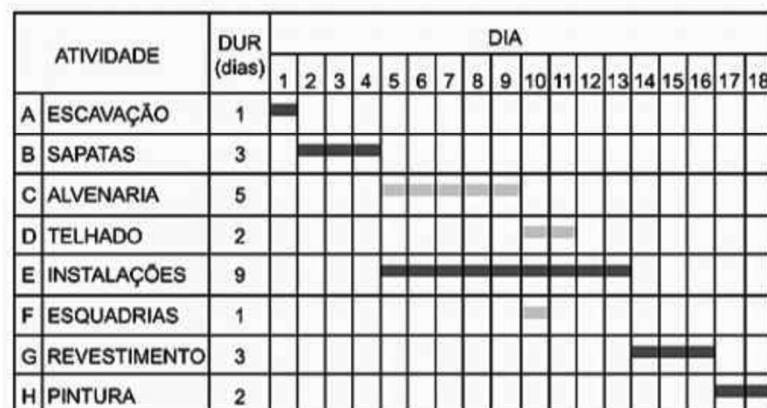


Figura 3 - Gráfico de Gantt

Fonte: Mattos (2010, p. 53)

Segundo Soares (2008, p. 1):

Henry Gantt (1861-1919), estudou detalhadamente a ordem das operações no trabalho. Seus gráficos, completos com barras de tarefas e marcos, representam a sequência e duração de todas as tarefas de um projeto, consagrando-se como uma eficiente ferramenta analítica para a representação de cronogramas. Henry Gantt é chamado de o pai das técnicas do planejamento e do controle, que é conhecido pelo uso do gráfico de 'barra' como uma ferramenta de gerência do projeto. Seu trabalho é o precursor a muitas ferramentas de gerência modernas de projeto, tais como a Work Breakdown Structure (WBS) ou Estrutura Analítica do Projeto (EAP) de recurso que avalia o trabalho.

3.4.2 REDE PERT-CPM

Segundo Magalhaes *et al.* (2017, p. 47), o Método do caminho crítico, *Critical Path Method* (CPM), surgiu para gerenciar projetos complexos e vultuosos identificando em quais atividades do planejamento não há folga de prazo. Enquanto isso, o diagrama *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) organizava tarefas de um cronograma num formato simples onde é possível definir o prazo por atividade e total do projeto. Desta forma, a combinação PERT CPM é uma técnica de planejamento capaz de definir o prazo total de um projeto, sequência executiva das atividades, inclusão dos custos para cada etapa e fornece informações necessárias para geração da curva física- econômica e cronograma de suprimentos.

A sequência de atividades que apresenta folga de 0 (zero) dias é denominada como caminho crítico, ou seja, qualquer atraso que ocorra no processo destas atividades gera impacto imediato na data global de conclusão. Na Figura 4 é apresentado um exemplo de diagrama de rede com ilustração em negrito do caminho crítico.

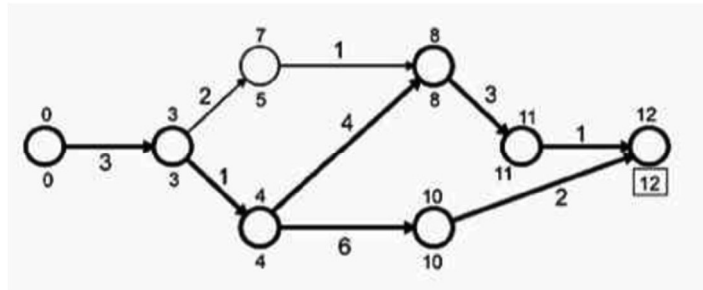


Figura 4 - Diagrama de rede.

Fonte: Mattos (2010, p. 168)

Na Figura 5 representa-se um fragmento do diagrama de rede ilustrado na Figura 4. Nesta ilustração pode-se verificar a atividade representada pela flecha e sua duração simulada pelo número 1, acima da seta. As “datas” mais cedo e mais tarde estão representadas pelos números 5 e 7, respectivamente, abaixo e acima do círculo.

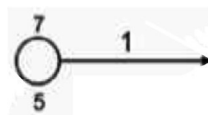


Figura 5 – Fragmento do diagrama de rede.

Os cronogramas são elaborados considerando-se todo o prazo de construção, em geral via utilização de técnicas de programação como PERT e CPM, as quais observam principalmente restrições tecnológicas, pouco considerando a existência de interferências entre as tarefas e a incerteza na disponibilização de recursos (OLIVIERI *et al.*, 2016, p. 2).

Ainda segundo os mesmos autores:

o cronograma CPM é estruturado de acordo com a EAP (Estrutura Analítica do Projeto) do empreendimento, o que facilita sua análise e elaboração. Além de organizar as atividades do empreendimento, a EAP apresenta ainda as divisões e definições dos critérios de medição estabelecidos. (OLIVIERI *et al.*, 2016, p. 7).

Buchmann (2012 *apud* OLIVIERI *et al.*, 2016, p. 8), afirma que:

a criticalidade é a definição do caminho crítico a partir da identificação de uma tarefa ou atividade ocasiona o atraso de um empreendimento.

Os *buffers* são definidos como a adição de tempo entre duas atividades, a fim de absorver variações. *Buffers* são diferentes de folgas, visto que as folgas são identificadas a partir da rede de precedência de atividades, enquanto os *buffers* são inseridos de forma estratégica.

Segundo Moder *et al.* (1983) as principais vantagens do uso de métodos de caminho crítico no planejamento e controle são:

- estimula a definição dos projetos e especificações e, somente após, fornecem uma abordagem realista para determinação da estratégia de como atingir os objetivos, considerando as limitações de tempo e recursos;
- fornece em um formato claro, conciso e inequívoco de documentar planos de projeto, cronogramas, desempenho de tempo e custo;
- define o caminho crítico como informação clara para engajamento de equipes, operacional em especial, e delineamento das responsabilidades para alcance dos objetivos do cronograma;
- facilita a identificação dos elementos críticos do cronograma. Desta maneira a gestão da construção pode-se concentrar melhor nas atividades que são mais restritivas no cronograma;
- auxilia na integração de novos gerentes de projeto e demais que não tem ligação direta com o projeto.

3.4.3 LINHA DE BALANÇO

O gráfico de planejamento linha de balanço, também conhecido por tempo caminho, representa as atividades por retas inclinadas em um gráfico onde o eixo horizontal representa o tempo e o eixo vertical unidades de produção. Segundo Mattos (2010), na linha de balanço, quanto mais inclinada a reta maior deverá ser a produtividade, partindo da premissa que esta taxa de produção é linear e uniforme em cada “trecho” de atividade.

Na Figura 6 é apresentado um exemplo de linha de balanço.

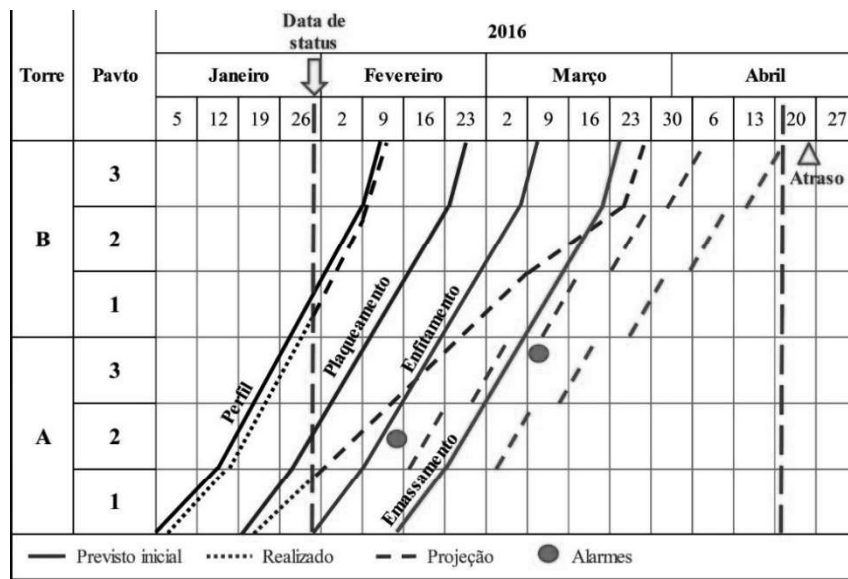


Figura 6 - Linha de balanço.

Fonte: Lowe et al. (2012 apud OLIVIERI, 2016).

Segundo Mendes (1999 apud MAGALHAES, 2017), para planejar em linhas de balanço deve-se conhecer as quantidades de serviço, produtividade e disponibilidade de mão de obra. Além disto, o processo gera dimensionamento de equipes de produção, analisa as interferências entre atividades e programa a execução num ritmo contínuo.

O gráfico tempo caminho é uma ferramenta de fácil entendimento e com a possibilidade de representar diversas atividades, além das retas, também por campos de execução. No entanto tem forte ligação com as características físicas do empreendimento, o formato de apresentação ilustrado funciona bem quando o empreendimento contempla repetição vertical, como é o caso de edificações em torres, e apresenta limitação quando se trata de áreas horizontais de produção.

3.5 INDICADORES

Segundo o GUIA PMBOK (2017, p. 109), os dados de desempenho são identificados e coletados no processo de execução do projeto, tratados por processos de controle de cada área e submetidos à análises para tomadas de decisão. Para que possam se tornar dados de desempenho, estes precisam ser comparados com o plano de gerenciamento, documentos e outras fontes de projeto. O plano de gerenciamento do projeto, portanto, precisa definir previamente as métricas de desempenho relacionadas a escopo, cronograma, orçamento e qualidade.

O mencionado guia, de uma perspectiva generalista, cita como exemplos dos principais indicadores de desempenho, também conhecidos como *Key Performance Indicator* (KPI), “medidas de desempenho técnico, datas reais de início e término das atividades do cronograma, pontos históricos concluídos, status de entregas, progresso do cronograma, número de solicitações de mudança, número de defeitos, custos reais incorridos e durações reais, etc.” (PMBOK, 2017, p. 95).

A respeito da medição de desempenho, melhoria contínua e cumprimentos de metas compete salientar que:

[...] o setor da Construção Civil tem procurado desenvolver sistemas e modelos de gestão, que contribuam para a melhoria do desempenho do processo de construção e de seu produto final. Entre os processos abordados por estes sistemas de gestão encontra-se o planejamento e controle da produção, cujo papel é fundamental para alcançar a eficiência e eficácia na execução de um empreendimento. Este processo tem um papel de grande importância, na medida que tem elevada influência no custo da obra e na confiabilidade do sistema de produção em termos de cumprimento de prazos. O Planejamento e Controle da Produção (PCP) pode ser definido como um processo de tomada de decisão que envolve o estabelecimento de metas e dos procedimentos necessários para alcançá-las, sendo eficaz apenas se acompanhado do controle. (FORMOSO, 1991 apud AKKARI *et al.*, 2004, p. 1).

Segundo Codinhoto (2003), a medição de desempenho tem fornecido informações relevantes que auxiliam no processo de tomada de decisão e gera histórico de dados

para o controle do planejamento. O mesmo autor destaca que estes indicadores devem respeitar alguns critérios para que seja realista e factível o processo de medição, como uma formulação simples, boa representatividade das atividades, utilização de dados disponíveis e confiáveis.

Formoso *et al.* (1999) citam que o processo de PCP contempla diversos ciclos de retroalimentação em que se avaliam tanto o planejamento quanto a produção a fim de identificar desvios. O processo de retroalimentação ocorre com a definição e geração de indicadores frequentemente atualizados e divulgados nos setores pertinentes, para que seja a base de tomadas de decisão, realização de intervenções e confirmação dos resultados positivos e negativos alcançados pelas mudanças.

Formoso *et al.* (1999, p. 45) ainda mencionam que há uma série de princípios para seleção e utilização de indicadores, os autores apontam algumas destas diretrizes no processo de planejamento, conforme descrito a seguir:

- requisitos do cliente: devem ser considerado os desempenhos requeridos pelo cliente, e a partir de então devem ser definidas características de qualidade e se são mensuráveis, buscando o que melhor expressa este requisito;
- simplicidade: os dados a serem coletados devem ser simples e de fácil levantamento, visto que esta medição deve ocorrer a cada ciclo de controle e terá elevada frequência;
- indicadores de processo e de resultado: o conjunto de indicadores deve contemplar tanto aqueles que mensuram os resultados quanto outros que controlam os processos. Desta forma, torna-se possível tomar medidas preventivas para correção do curso da produção;
- consistência entre diferentes níveis hierárquicos: Os planejamentos de longo prazo (estratégico) e médio/curto prazo (operacional) devem estar alinhados, assim sendo, está garantido que indicadores em níveis operacionais estejam coerentes com o plano geral da obra;

- qualidade das informações: os dados coletados para geração dos indicadores precisam ser confiáveis destinados à indicadores consistentes e que subsidiem tomadas de decisões precisas;
- avaliação de outros processos da empresa: para uma completa e correta avaliação e diagnóstico é importante adotar indicadores de setores internos que são essenciais para alcance das metas definidas pelo planejamento. Por exemplo, pode-se apontar o setor de suprimentos e projetos que influenciam sobre os processos e resultados da obra;
- avaliação de fornecedores: para uma completa avaliação e diagnóstico é importante adotar indicadores de fornecedores que são essenciais para alcance das metas definidas pelo planejamento;
- transparência: a apresentação dos resultados deve conter apenas dados essenciais, prezar por uma simples comunicação, priorizar linguagem gráfica e ser facilmente interpretada pelos tomadores de decisão.

A literatura aborda com frequência indicadores de desempenho, de planejamento e controle da produção (PCP) e de boas práticas de obra. Alguns dos principais indicadores estão listados a seguir:

- Avanço Físico (AF);
- Indicador de Remoção de Restrição (IRR);
- Desvio de Prazo (DP);
- Desvio de Custo (DC);
- Percentual de programação concluída (PPC);
- Índice de Boas Práticas de Planejamento e Controle da Produção (IBPPCP);
- Projeção de prazo (PP);
- Desvio de Ritmo (DR);
- Percentual de solicitações irregulares de material (Psem);
- Percentual de entregas irregulares de material (Pmat);
- Percentual de atividades iniciadas no prazo (PAP);
- Percentual de atividades completadas na duração prevista (PDP);
- Percentual de pacotes de trabalho modificados, adicionados ou excluídos no plano de longo prazo (PPTM);

- Indicador de aderência (IA);
- Indicador de utilização dos pacotes de trabalho (IUP);
- entre outros.

Assim, como referido por Moura (2008), este trabalho explora 6 (seis) indicadores e os classificou em três categorias:

- Indicadores de planejamento e controle da produção: indicador de remoção de restrição (IRR) e percentual de programação concluída (PPC);
- Indicadores de desempenho do empreendimento: avanço físico (AF), desvio de custo (DC) e desvio de prazo (DP);
- Indicadores de boas práticas de obra: índice de boas práticas de planejamento e controle da produção (IBPPCP).

3.5.1 INDICADORES DE PCP

Os capítulos subsequentes contemplam informações acerca de indicadores relacionados ao Planejamento e Controle da Produção.

3.5.1.1 PERCENTUAL DE PROGRAMAÇÃO CONCLUÍDA (PPC)

Segundo Ballard (2000, p. 7) o percentual de programação concluída é o principal indicador do *Last Planner System* pois se refere à gestão. De acordo com o referido autor, a implantação desta métrica por si só já gera uma consciência de melhoria nos agentes e motiva as equipes na busca de melhores resultados de produtividade. Para isto faz-se necessário combinar atribuições de tarefas com capacidade de atendimento, através de gerenciamento das atividades e fluxos de trabalho.

Akkari *et al.* (2004, p. 4), definem o percentual de programação concluída como “a relação entre o número de tarefas concluídas e o número total de tarefas planejadas.

No caso da realização de atividades reservas, ou suplentes, estas não são consideradas no cálculo.” O PPC é representado pela equação 1.

$$PPC = \frac{n^{\circ} \text{ de tarefas concluídas}}{n^{\circ} \text{ total de tarefas planejadas}} \quad (1)$$

Akkari *et al.* (2004) sugerem o seguinte critério de análise de resultados:

- PPC > 80% - bom;
- 60% ≤ PPC ≤ 80% - médio;
- PPC < 60% - ruim.

Conforme apontado por Formoso *et al.* (1999), “este indicador avalia o grau de eficácia de planejamento de curto prazo” e deve ser difundido periodicamente para a obra. Na Figura 7 apresenta-se exemplo de gráfico que contempla evolução semanal e acumulado mensal do PPC ao longo do tempo.

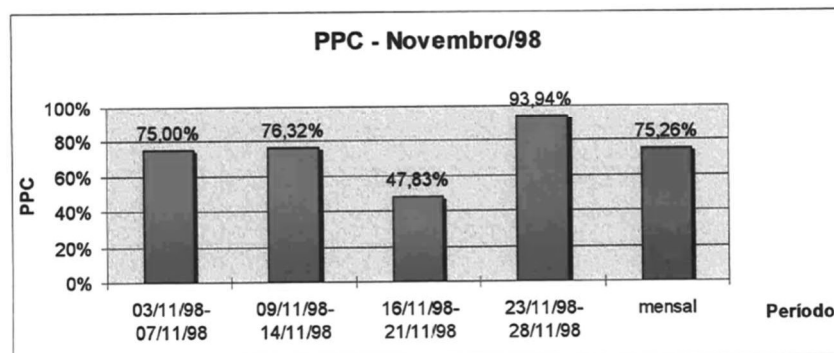


Figura 7 - Gráfico de PPC

Fonte: Formoso *et al.* (1999, p. 41).

O PPC é um grande aliado no exercício do controle de unidades de produção, e envolve diretrizes variadas e complexas como cronogramas de projetos, definições executivas, custos de orçamento, entre diversos outros fatores. Desta forma, medir o desempenho do último planejador não significa que as alterações devam ocorrer somente nesse nível, as causas de não cumprimento das atividades podem estar na

baixa qualidade do planejamento de médio e longo prazo, ou na falha de trabalho em qualquer nível organizacional (BALLARD, 2000).

Segundo Moura (2008), algumas medidas equivocadas podem gerar grandes distorções no indicador PPC, como é o caso de produzir uma elevada quantidade de pacotes de trabalho demasiadamente pequenos e, também, subestimar a capacidade das equipes gerando planos de trabalho excessivamente simplificados. Ainda segundo a autora, esta condução inadequada gera índices elevados, causando a falsa conclusão sobre a eficácia do planejamento e prejudicando o avanço físico perante o planejamento de longo e médio prazo.

3.5.1.2 INDICADOR DE REMOÇÃO DE RESTRIÇÃO (IRR)

De acordo com Codinhoto (2003, p. 3), “Restrições são atividades gerenciais, necessidades físicas, financeiras e de informações de projeto que se não disponibilizadas no momento, na quantidade e especificação corretas, impedem a programação dos pacotes de trabalho relacionados às mesmas. Necessitam de um responsável por removê-las, uma data limite para a remoção e uma tarefa a ser executada atribuída a elas. São exemplos de restrição: entrega de materiais, treinamento, contratação de mão de obra e envio de projeto para produção.” Ainda segundo o mesmo autor, o IRR é calculado conforme equação 2.

$$IRR = \frac{R_r}{R_t} \quad (2)$$

Onde: R_r = Número de restrições removidas;

R_t = Número de restrições planejadas.

Ainda segundo Codinhoto (2003):

O planejamento de médio prazo tem como funções: planejar atividades para uma janela de tempo superior à de curto prazo e identificar as restrições à execução dessas. A identificação e remoção de restrições no tempo adequado são meios utilizados para proteger a produção das incertezas desse processo. Sendo este o foco do trabalho, o objetivo do mesmo é propor uma definição para restrições e um método de cálculo de remoção das mesmas (CODINHOTO, 2003, p. 2).

Formoso (1999, p. 41) menciona que “após vários ciclos de planejamento, pode-se gerar um gráfico apresentando as principais causas, que pode retroalimentar todo o processo de planejamento e controle”.

Na figura 8 apresenta-se exemplo de gráfico de IRR.

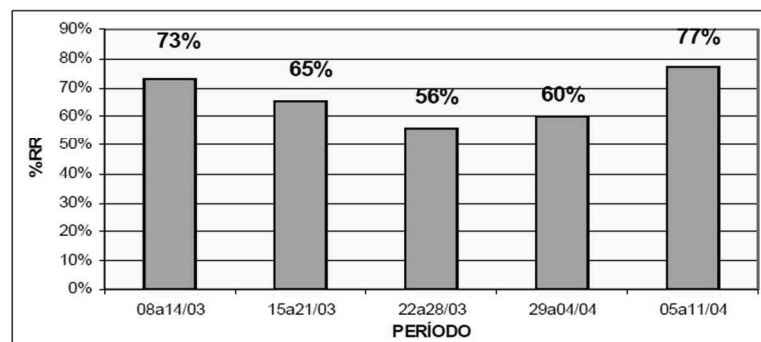


Figura 8 - Gráfico de IRR

Fonte: Akkari *et al.* (2004, p. 8)

3.5.2 INDICADORES DE DESEMPENHO DO EMPREENDIMENTO

Os capítulos subsequentes contemplam informações acerca de indicadores relacionados ao desempenho das obras como empreendimento.

3.5.2.1 AVANÇO FÍSICO (AF)

Akkari *et al.* (2004, p. 4), definem o avanço físico como “[...] a relação entre a quantidade de trabalho executado e o total previsto no empreendimento”, representado pela equação 3.

$$AF = \frac{n^{\circ} \text{ de horas de mão de obra gasto}}{n^{\circ} \text{ de horas de mão de obra total do projeto}} \quad (3)$$

O avanço físico realizado mensal e acumulado deve ser comparado ao planejado para cada etapa da obra. Na Figura 9 apresenta-se breve exemplo de gráfico de acompanhamento de avanço físico.

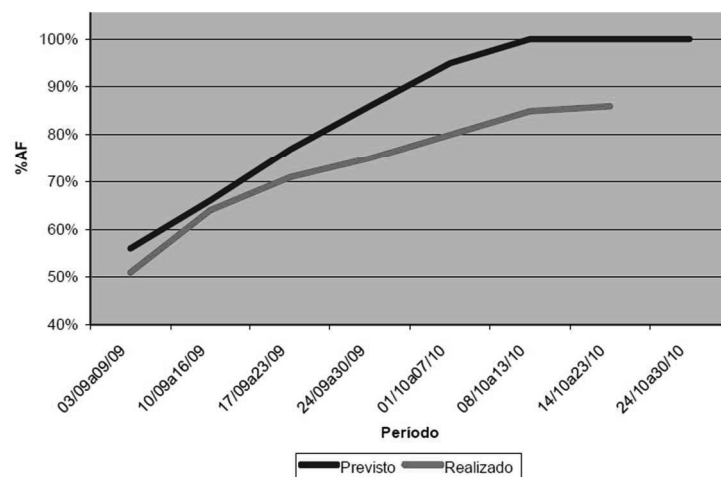


Figura 9 – Gráfico de avanço físico, previsto versus realizado.

Fonte: Akkari *et al.* (2004, p. 7).

3.5.2.2 DESVIO DE PRAZO (DP)

Segundo Pereira (2017), o desvio de prazo (DP) mede a relação entre o prazo previsto e o realizado, sendo importante que esta medição ocorra ao longo da execução, desta forma pode-se associar ao avanço físico.

A variação do prazo também pode ser graficamente monitorada, desta forma é necessário considerar uma curva que represente o planejado e outra que referencie o realizado (MOURA, 2008). Estas curvas possibilitam a comparação entre os prazos e a variação pode ser calculada pela equação 4.

$$\text{Variação de prazo} = P_{\text{previsto}} - P_{\text{real}} \quad (4)$$

De acordo com Moura (2008), o DP é calculado conforme equação 5.

$$Dp = \frac{P_{\text{real}} - P_{\text{previsto}}}{P_{\text{previsto}}} \times 100 \quad (5)$$

Onde: P_{real} = Prazo ocorrido;
 P_{previsto} = Prazo de planejamento.

3.5.2.3 DESVIO DE CUSTO (DC)

O desvio de custo (DC) mede a relação entre o custo previsto e o real, ao longo da execução, e se faz necessário para controle sistemático e rotineiro dos custos do empreendimento (PEREIRA, 2017).

A variação do custo também pode ser graficamente monitorada através da curva-S, como usualmente ocorre em construtoras, desta forma é necessário considerar uma curva que represente o planejado e outra que referencie o realizado (MOURA, 2008). Estas curvas possibilitam a comparação entre os custos e a variação pode ser calculada pela equação 6.

$$\text{Variação de custo} = C_{\text{orçado}} - C_{\text{real}} \quad (6)$$

Segundo Turner (1993 apud MOURA, 2008) o desvio de custo pode ser calculado como um índice, resultado percentual da variação entre custo real e o custo orçado, denominado como desvio padronizado. Desta forma, valores positivos representam extrapolação do custo previsto e valores negativos indicam economia de custos. Logo, o DC é calculado conforme a equação 7.

$$DC = \frac{C_{\text{real}} - C_{\text{orçado}}}{C_{\text{orçado}}} \times 100 \quad (7)$$

Onde: C_{real} = Custos ocorridos;

$C_{\text{orçado}}$ = Custos de orçamento (planejado).

O autor salienta que este indicador precisa ser interpretado detalhadamente, pois os custos incorridos reconhecidos podem apresentar descolamento com o executado (Turner, 1993 apud MOURA, 2008). Isto é, pode haver serviços medidos com custos não comprometidos, insumos aplicados e pagamentos não lançados, ou outras várias fontes de erros, resultando em informação desconexa com a realidade.

Segundo Alarcón et al. (2001 apud Moura, 2005), em seu estudo, 34 (trinta e quatro) empreendimentos residenciais e industriais no Chile apresentaram DC (desvios de

custo) que compreenderam variações de -25% a +15%, sendo pior resultado quando positivo e melhor resultado quando negativo.

3.5.3 ÍNDICE DE BOAS PRÁTICAS DE PCP (IBPPCP)

Em pesquisa realizada por Bernardes (2001), o sistema de planejamento e controle da produção, aplicado a 07 (sete) empresas, foi avaliado após 18 meses da implantação, sob um conjunto de 14 (quatorze) práticas definidas como essenciais para o sucesso da implementação. A partir de tabelas padronizadas, a citada pesquisa apresentou dois indicadores, um referente à adequação do modelo à empresa e outro referente à eficácia de implantação propriamente dita. O indicador da adequação do modelo foi obtido pela média ponderada das práticas aplicadas, cada prática representando 7,143%, e pelo nível de aplicação, integral ou parcial (peso 1,0 ou 0,5 respectivamente). Já o indicador referente à eficiência da implantação em si também foi obtido pela média ponderada das práticas aplicadas, no entanto, somente considerou as práticas implementadas pelo modelo de pesquisa (os pesos integral e parcial, de 1,0 e 0,5 respectivamente, foram também aplicados). Na Tabela 1 apresenta-se o resumo dos resultados obtidos pelo autor.

Tabela 1 - Eficácia da implementação e adequação do modelo na empresa

Avaliação	Empresa						
	A	C	D	E	F	I	J
Eficácia da implementação	50,0%	40,9%	40,0%	15,0%	4,2%	25,0%	46,2%
Adequação do modelo na empresa	46,4%	35,7%	39,3%	17,9%	3,6%	28,6%	53,6%

Fonte: adaptada de Bernardes (2001).

Moura (2008) enfatiza que esta medição, proposta por Bernardes (2001), avalia o nível de eficácia da implementação dos sistemas de planejamento e controle da produção baseados no *Last Planner System*. A autora então denomina esta taxa como índice de boas práticas de planejamento e controle da produção e apresenta a equação 8 de para cálculo do IBPPCP.

$$IBPPCP = \frac{\Sigma \text{Notas das práticas}}{n^{\circ} \text{ de práticas}} \quad (8)$$

Considerando os seguintes pesos a serem atribuídos:

- peso 1 (um), para práticas aplicadas integralmente;
- peso 0,5, para práticas aplicadas parcialmente;
- peso 0 (zero), para práticas não utilizadas.

A partir do trabalho de Bernardes (2001), como mencionado, outros pesquisadores aplicaram a lista de 14 (quatorze) práticas de implantação do sistema de planejamento e controle da produção em outros cenários da construção. Soares (2003) aplicou em 15 (quinze) empreendimentos de uma empresa de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, e comprovou seu resultado positivo na implantação do PCP. Já Bulhões e Formoso (2005) adotaram a citada lista no estado da Bahia e realizaram algumas adaptações para o processo de implementação naquele estudo (MOURA, 2008). Na Tabela 2 apresenta-se a lista das práticas utilizadas para o cálculo do IBPPCP conforme os trabalhos supracitados.

Tabela 2 - Lista de boas práticas de PCP

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

Fonte: Moura (2008, p. 58).

Moura (2008) ainda apresentou resumo dos resultados obtidos pelos pesquisadores, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Índices de referência do IBPPCP

Autor	Período de coleta	Nº de obras	IBPPCP médio
Bernardes (2001)	1996 - 1999	22	31,61%
Soares (2003)	1998 - 2003	15	44,87%
Bulhões e Formoso (2005)	2002 - 2003	18	66,00%

Fonte: Moura (2008, p. 59).

3.6 CAUSAS DE NÃO CUMPRIMENTO DE TAREFAS

Diversos são os motivos das variações num processo produtivo, podendo ser: do ponto de vista do cliente um produto uniforme é mais bem aceito; na dilação do prazo há aumento do período do ciclo e não há agregação de valor; pode haver variações no processo executivo; variação dos desejos e necessidades; entre outros. O PCP estabelece padrões de processos que buscam a proteção através de sistemáticas da produção protegida ou *shielding production*, proposta por BALLARD e HOWELL (1997), identificando as reais causas de desvios gerando subsídios corretos para tomadas de decisão.

Para melhoria do processo de planejamento e controle da produção, é essencial a correta análise e entendimento sobre as atividades de fluxo da produção para a tomada de decisões no sentido de minimizar ou eliminar as causas de desvio nos planos. Estas ocorrências de causa de falha são registradas no monitoramento durante a comparação entre planejado e executado, e devem ser realizadas ao final do ciclo semanal de curto prazo (BERNARDES, 2001).

Segundo Angelim *et al.* (2019) no planejamento de curto prazo, como contempla o *Last Planner System*, deve ocorrer o diagnóstico e divulgação dos problemas entre os agentes para promoção do entendimento a partir da análise dos indicadores e da identificação das causas raiz responsáveis pelo não cumprimento das atividades.

Segundo Moura (2008), as causas de não cumprimento de tarefas do planejamento de curto prazo devem ser identificadas e apontadas para que haja oportunidade de melhoria do sistema de gestão e desempenho da obra. Ainda segundo a mesma autora, as causas mais comuns retiradas do manual de utilização SISIND-NET podem ser divididas em oito grupos, como mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Lista de causas de não cumprimento de tarefas

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

Fonte: Costa et al. (2005 apud MOURA, 2008).

4 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os métodos usados para alcance do objetivo proposto do estudo, demonstra a tipologia de pesquisa escolhida e desmembra o seu desenvolvimento em etapas.

4.1 ABORDAGEM DA PESQUISA

Para o trabalho em questão a pesquisa envolveu a quantificação dos desvios de custo e prazo, apontamento de ocorrência das causas destes desvios, cálculos e análises estatísticas.

Segundo Gerhardt e Silveira (2009) as pesquisas podem ser divididas quanto à sua forma de abordagem, sendo qualitativa e quantitativa.

Quanto à abordagem qualitativa, os autores mencionados descrevem que neste tipo de pesquisa não há preocupação com representatividade numérica, há compromisso em aprofundar a compreensão de um grupo social e os pesquisadores buscam apresentar o porquê das questões e não submetem as provas aos fatos.

Entretanto, referente à abordagem quantitativa, Fonseca (2002, p. 20 *apud* GERHARDT e SILVEIRA, 2009, p. 33), menciona que:

Diferentemente da pesquisa qualitativa, os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Como as amostras geralmente são grandes e consideradas representativas da população, os resultados são tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, entre outros. A utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente.

Na Tabela 5 apresenta-se o comparativo entre o método qualitativo e quantitativo.

Tabela 5 - Quadro comparativo entre método quantitativo e qualitativo

Pesquisa Quantitativa	Pesquisa Qualitativa
Focaliza uma quantidade pequena de conceitos	Tenta compreender a totalidade do fenômeno, mais do que focalizar conceitos específicos
Inicia com ideias preconcebidas do modo pelo qual os conceitos estão relacionados	Possui poucas ideias preconcebidas e salienta a importância das interpretações dos eventos mais do que a interpretação do pesquisador
Utiliza procedimentos estruturados e instrumentos formais para coleta de dados	Coleta dados sem instrumentos formais e estruturados
Coleta os dados mediante condições de controle	Não tenta controlar o contexto da pesquisa, e, sim, captar o contexto na totalidade
Enfatiza a objetividade, na coleta e análise dos dados	Enfatiza o subjetivo como meio de compreender e interpretar as experiências
Analisa os dados numéricos através de procedimentos estatísticos	Analisa as informações narradas de uma forma organizada, mas intuitiva

Fonte: Polit *et al.* (2004 *apud* GERHARDT e SILVEIRA, 2009).

4.2 ESTRATÉGIA DA PESQUISA

Segundo Yin (2001) existem várias estratégias para se realizar uma pesquisa, podendo ser: estudo de caso, experimentos, levantamentos, pesquisas históricas e análise de informações em arquivos. Ainda segundo o autor, para a definição da estratégia de pesquisa, mesmo que não seja totalmente claro e bem definida, faz necessário discutir três condições: (a) forma da questão de pesquisa proposta, (b) controle que o pesquisador exerce sobre eventos comportamentais efetivos e (c) nível de enfoque em acontecimentos históricos em oposição aqueles contemporâneos (YIN, 2001).

A relação de ambas as condições, com as 5 (cinco) estratégias, estão representadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Situações relevantes para estratégias de pesquisa

estratégia	forma da questão de pesquisa	exige controle sobre eventos comportamentais?	focaliza acontecimentos contemporâneos?
experimento	como, por que	sim	sim
levantamento	quem, o que, onde, quantos, quanto	não	sim
análise de arquivos	quem, o que, onde, quantos, quanto	não	sim/não
pesquisa histórica	como, por que	não	não
estudo de caso	como, por que	não	sim

FONTE: COSMOS Corporation (apud YIN, 2001, p. 24).

Para a definição da forma da pesquisa, podem ser gerados 2 (dois) questionamentos que estão listados a seguir:

- 1) Definição das causas de desvios de obra não previstas - O que ocorreu para impactar o resultado de determinada obra?

Esse tipo de questão é um fundamento lógico justificável para se conduzir um estudo exploratório, tendo como objetivo o desenvolvimento de hipóteses e proposições pertinentes a inquirições adicionais. Entretanto, como estudo exploratório, qualquer uma das cinco estratégias de pesquisa pode ser utilizada [...] (YIN, 2005, p. 25).

- 2) Determinação dos desvios de prazo e custo: Quais foram os resultados de custo e prazo de determinada obra?

“É mais provável que a identificação de tais resultados favorecerá as estratégias de levantamento de dados ou de análise de arquivos do que qualquer outra” (YIN, 2001, p. 25).

Há enfoque sobre eventos contemporâneos e não há exigência de extensão do controle do pesquisador sobre os eventos comportamentais.

Desta forma, conforme menciona Yin (2005), quando o objetivo da pesquisa descreve a incidência ou “a predominância de um fenômeno ou quando ele for previsível sobre certos resultados”, as estratégias de levantamento de dados ou análise de arquivos são favorecidas. Portanto são estas as estratégias adotadas para o trabalho em questão.

4.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O trabalho foi desenvolvido segundo as seguintes etapas:

Etapa geral – Revisão bibliográfica;

Etapa 1 – Definições preliminares;

Etapa 2 – Levantamento de dados;

Etapa 3 – Análise de dados;

Etapa 4 – Conclusão.

Na Figura 10 ilustra-se o fluxo destas atividades.

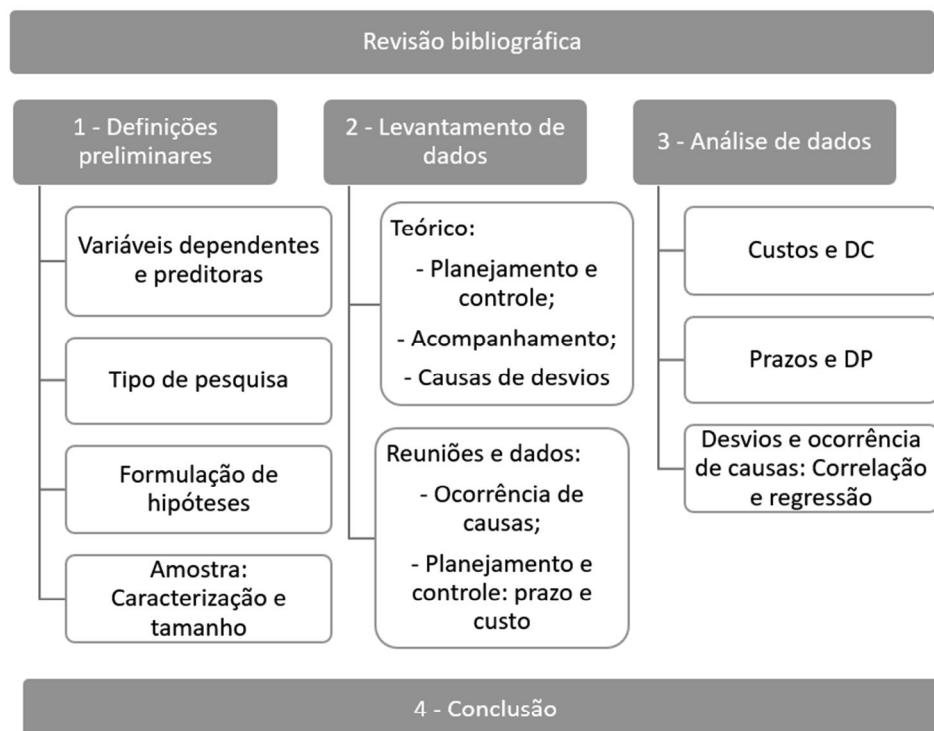


Figura 10 - Delineamento da pesquisa.

4.3.1 ETAPA 1: DEFINIÇÕES PRELIMINARES

Os capítulos subsequentes contemplam informações acerca da primeira etapa do delineamento da pesquisa.

4.3.1.1 ESCOLHA DAS VARIÁVEIS

Considerando as particularidades das obras de reforma predial corporativa e comercial, foi necessário realizar adaptações na lista de causas de não cumprimento de tarefas do planejamento de curto prazo, referenciado por Moura (2008). Desta forma se chegou à um arranjo de 26 (vinte e seis) possíveis causas de impacto dos resultados de obra, agrupados em 6 (seis) conjuntos classificatórios, conforme descrito na Tabela 7.

A partir da estratificação dos setores da lista de causas, listados na Tabela 7, foram criados 6 (seis) grupos gerenciais como variáveis preditoras, sendo:

- causa geral: mão de obra; material; equipamento; projeto; planejamento; cliente;
- causa interna: mão de obra; planejamento;
- causa externa: material; equipamento; projeto; cliente;
- causa insumo: mão de obra; material; equipamentos;
- causa *back office*: projeto; planejamento.
- causa cliente: cliente.

Foram escolhidas, para as variáveis resposta:

- Desvio de custo (DC);
- Desvio de prazo (DP).

Tabela 7 - Lista de causas de não cumprimento de tarefas

Setor	Divisão de causa	Observações
Mão de obra	Escassez	Indisponibilidade de mão de obra;
	Baixa produtividade	-
	Substituição empreiteira	Necessidade de troca de equipe terceirizada;
	Afastamento (COVID)	-
	Erro de dimensionamento	Mobilização de equipe menor que a demanda;
	Conflito (Frentes trabalho)	Distribuição de equipes e/ou limitações físicas dos locais;
	Afastamento (Acidente)	-
Material	Erro na programação	Levantamento e/ou agendamento equivocado;
	Perda/Consumo não previsto	-
	Escassez	Indisponibilidade no mercado;
	Atraso distribuidor	-
Equipamento	Defeito	-
Projeto	Atraso	Não atendimento do agendamento pelo fornecedor;
	Baixa qualidade	Necessidade de correção demandada pela construtora;
	Incompatibilidades	Interferência com outros projetos e/ou estruturas e instalações existentes;
	Alterações	Motivação por melhoria ou limitação de fornecedores (sistemas, revestimentos, entre outros);
Planejam.	Erro	Equívoco na previsão de prazos e sequências executivas;
	Restrição executiva	Demasiada complexidade logística e/ou técnica;
	Falha na solicitação do recurso	Erro de planejamento gerou equívoco na previsão financeira, suprimentos e/ou serviços;
	Problema executivo não previsto	Previsão de atividades inexecutáveis ou de demasiada complexidade executiva;
Cliente	Modificações	Solicitação de pequena alteração de projeto e/ou executado sem impacto no escopo;
	Aditivo escopo	-
	Paralisação	-
	Indefinição	Atraso de obra por indecisão do contratante;
	Atraso material	Atraso no material de fornecimento direto pelo contratante;
	Interferência terceiros	Interferência nos serviços da obra pelos terceirizados específicos do contratante;

4.3.1.2 FORMULAÇÃO DE HIPÓTESES

O PCP, planejamento e controle da produção, desenvolve programações, tendências de cronograma e medições do processo produtivo que elucidam e apoiam no cumprimento do orçamento, cronograma e demais abordagens de obra. Para este trabalho, como já mencionado, o foco consiste no controle de custo e prazo. No universo de saídas do PCP, pode-se destacar o exame das restrições quanto aos insumos (mão de obra, materiais e equipamentos), dos projetos e documentos (executivos, compatibilizações, licenças, entre outros); do acompanhamento e conclusão das atividades do plano de curto prazo (tendências, caminhos críticos, sequência executiva, produtividades, entre outros) e conexão com o planejamento de longo prazo; da interface com o contratante (escopo, modificações), e outros.

O registro das causas de não cumprimento de tarefas foi realizado por obra e apontado uma única vez quando ocorrido. Assim, a partir de uma matriz que contempla setores, divisões de causas e código das obras, foi apontado 1 (um) se ocorrido e 0 (zero) quando inexistente.

Desta forma, entende-se como hipótese inicial:

- quanto maior a ocorrência de variáveis preditoras, maiores serão os desvios de prazo e custo.

De acordo a hipótese descrita, entende-se que o DC e DP serão influenciados diretamente pelas variáveis preditoras. Desta forma, quanto menor a quantidade das ocorrências melhores serão os resultados de custo e prazo.

Cabe ainda salientar que o DP influencia diretamente o DC visto que existem custos fixos e indiretos ligados ao prazo, logo se constrói uma segunda hipótese:

- quanto maior o desvio de prazo, maior será o desvio de custo.

4.3.1.3 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A pesquisa compreendeu obras executadas no período de 2019 a 2021, nas cidades de Belo Horizonte, Contagem, Nova Lima, Sete Lagoas, Contagem, Ribeirão das Neves, Porto Alegre e Campinas. A amostra contempla tipologia de reforma corporativa e comercial. A utilização fim destes empreendimentos contempla atividades de escritório (tecnologia da informação, advocacia, indústria, logística, seguros, *marketing*, consulado, engenharia, serviço social, turismo, mineração), instituto (mineração, educação), indústria (automóveis, farmacêutica), comércio (alimentício, veículos, vestuário) e consultórios (odontologia, medicina).

Neste nicho de obras é comum a diminuta aplicação dos conceitos e técnicas de planejamento e controle da produção. Cabe ainda destacar que documentos preliminares como orçamento, cronograma e projetos, assumem caráter executivo sem os devidos desenvolvimentos. Alguns fatos explicam o baixo desenvolvimento em termos de engenharia, sendo: curto prazo de execução, comum processo de concorrência em caráter de urgência por influência dos contratantes, grandes incertezas executivas, inexistência de projetos executivos, entre outros.

A pesquisa foi realizada em uma das principais empresas do ramo em Minas Gerais. A organização disponibilizou dados de 40 (quarenta) obras por mera liberalidade e boa-fé como contribuição ao objetivo acadêmico proposto. Foram disponibilizados os seguintes documentos para consulta: orçamentos, controle de custos e gastos, controle de receitas, controle de aditivos, cronogramas e registros de ocorrências de obra. Para correto entendimento das informações disponibilizadas e coleta de dados complementares, foram realizadas reuniões com a supervisão da empresa.

A partir de cálculos e análises estatísticas, este trabalho apresenta resultados consolidados que conectam desvios de prazo e desvios de custo com ocorrência de causas notórias que impactam os resultados de obra. Resultados que também subsidiam ponderações acerca dos grupos e tipologias de obra e lacunas quanto ao planejamento e controle da produção.

4.3.1.4 TAMANHO DA AMOSTRA

Segundo Hair (2009, p. 27):

Em qualquer nível alfa, tamanhos de amostras aumentados sempre produzem maior poder do teste estatístico. Um problema potencial então se transforma em poder excessivo. Por “excessivo” entende-se que aumentar o tamanho amostral implica que efeitos cada vez menores serão percebidos como estatisticamente significantes, até que em amostras muito grandes quase todo efeito é significativo. O pesquisador sempre deve estar ciente de que o tamanho da amostra poderá impactar o teste estatístico, tornando-o insensível (com amostras pequenas) ou exageradamente sensível (com amostras muito grandes).

Ainda conforme Hair (2009), amostras compostas por menos que 30 observações são apropriadas para regressão simples com uma única variável independente. Em regressões múltiplas, o tamanho da amostra tem impacto direto sobre o poder estatístico. O presente trabalho compreende regressão simples nas análises propostas pelo objetivo.

4.3.2 ETAPA 2: LEVANTAMENTO DE DADOS

Os capítulos subsequentes contemplam informações acerca da segunda etapa do delineamento da pesquisa.

4.3.2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Foram realizadas pesquisas na literatura acerca de conceitos de PCP, DC, DP, causas de desvios, indicadores, obras de reforma e técnicas de gestão que tenham relação direta ou indireta com o assunto tratado neste trabalho, construindo assim uma base sólida com fundamentos teóricos.

No entanto, como mencionado no capítulo Planejamento e controle da produção, pouco se comenta na literatura sobre obras de reforma, e as referências são claramente direcionadas à construção. Desta forma torna-se importante destacar que há uma lacuna na bibliográfica sobre o nicho de mercado, objeto deste trabalho, de considerável importância e que apresenta importantes particularidades.

A revisão bibliográfica é a base deste trabalho e permeia por toda esta dissertação, não se resumindo em um único capítulo.

4.3.2.2 CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS E COLETA DE INFORMAÇÕES

A caracterização das obras, ocorrências que impactaram seus resultados e informações sobre desvio de custo e prazo foram realizadas através de análise de documentos e reuniões estruturadas. A pesquisa foi realizada considerando 40 (quarenta) obras, no entanto, ao longo dos cálculos aquelas que se comportaram como *outlier* foram removidas.

Foram disponibilizados os seguintes documentos, por obra, para análise:

- contrato;
- atestado de responsabilidade técnica;
- registros de obra;
- controle de mudanças;
- orçamento inicial de obra;
- controle de custos incorridos;
- planejamento inicial de obra;
- acompanhamento do prazo de obra.

O levantamento de dados foi desenvolvido segundo os passos apresentados a seguir.

Passo 1 - Definição da lista de causas de pesquisas anteriores

Conforme mencionado no capítulo Planejamento e controle da produção, a lista de causas de não cumprimento de tarefas foi extraída de pesquisa notória. No entanto, houve a necessidade de adaptação devido à tipologia das obras objeto deste estudo. Na Tabela 8 são apresentadas as alterações realizadas por grupo.

Tabela 8 - Histórico das adequações sobre lista de causas

Mão de obra	“Falta de comprometimento do empreiteiro”, “superestimação da produtividade” e “Falta de dados sobre a produção de um novo serviço” foram excluídos pois se trata de causas de difícil identificação em obras finalizadas e suas ocorrências podem ser representadas em outro(s) item(s) da lista; “Escassez” e “afastamento por Covid” foram itens criados devido à observação de ocorrências ao longo das pesquisas.
Material	“Atraso distribuidor” foi item criado devido à observação de ocorrência ao longo das pesquisas.
Equipamento	“Falta de programação de equipamento”, “Manutenção de equipamento da construtora” e “Mal dimensionamento” foram excluídos pois se trata de causas de difícil identificação em obras finalizadas e suas ocorrências podem ser representadas em outro(s) item(s) da lista. “Defeito” foi item criado devido à observação de ocorrência ao longo das pesquisas.
Projeto	“Falta de conferência do projeto” foi excluído pois se trata de causa de difícil identificação em obras finalizadas e sua ocorrência pode ser representada em outro(s) item(s) da lista;
Planejamento	“Má especificação da tarefa”, “Pré-requisito do plano não foi cumprido” e “Problema na gerência do serviço” foram excluídos pois se trata de causas de difícil identificação em obras finalizadas e suas ocorrências podem ser representadas em outro(s) item(s) da lista;
Cliente	“Atraso material específico pelo cliente” foi item criado devido à observação de ocorrência ao longo das pesquisas.
Clima	“Condições adversas do tempo” foi excluído por se tratar de obras não sujeitas às adversidades do clima.
Fornecedor	Este grupo foi inteiramente excluído pois se trata de ocorrência que pode ser enquadrada nos grupos de “mão de obra”, “material” e/ou “equipamentos”.

Algumas nomenclaturas foram alteradas para que houvesse melhor entendimento dentro do objetivo deste trabalho e à realidade das obras pesquisadas, no entanto, isto não altera a essência da classificação.

Desta forma, a lista adaptada de causas de não cumprimento de tarefas planejadas consta de 26 (vinte e seis) divisões de causa e 6 (seis) grupos, conforme apresentado na Tabela 7.

Passo 2 - Definição dos cálculos dos dados de entrada

Conforme informado no capítulo Planejamento e controle da produção, as equações de DC e DP foram referenciadas de pesquisas anteriores.

4.3.2.3 DESVIO DE CUSTO (DC)

Para o cálculo de DC foram levantados os seguintes dados:

- Custo previsto (em reais);
- Custo incorrido (em reais).

Devido às características dos empreendimentos, o acompanhamento de custo não é realizado pela empresa ao longo das obras. Portanto, os custos incorridos e respectivos desvios somente são apurados após conclusão de cada obra.

Como é comum em neste tipo de empreendimento, para esta amostra, houve aditivos de escopo ao longo das obras, porém de baixa representatividade econômica. Considerando que foram realizados apontamentos de causa de modificação e aditivo de escopo, como ocorrência não prevista e geradora de impacto nos resultados, para cálculo do DC foi considerado o custo previsto originalmente, ou seja, o orçamento original.

O sinal do valor do DC deve ser considerado e sua representatividade é discutida na Tabela 9.

Tabela 9 - Análise do DC segundo seu sinal

DC > 0	o custo incorrido foi maior que o custo previsto, ou seja, houve “estouro”;
DC < 0	o custo incorrido foi menor que o custo previsto, ou seja, houve economia;
DC = 0	o custo incorrido foi igual ao custo previsto.

Por se tratar de obras de aproximadamente 120 dias corridos, não foi considerado reajuste dos custos segundo INCC ou outro índice manifesto. O impacto desta indexação seria desprezível para o presente estudo visto que, o ano de 2020, quando ocorreu parte das obras, acumulou alta de 3,95% em 12 meses (Portal IBRE FGV, 16 de junho de 2022).

Para possibilitar a realização das análises estatísticas, a variável resposta DC precisou ser transformada em uma escala parametrizada de 0 a 10. Inicialmente calculada pelo custo previsto e incorrido, estes desvios geraram percentuais, podendo ser negativos ou positivos. Desta forma, para que fossem enquadrados na escala mencionada, foi realizada a transformação indicada na equação 9.

$$DC\ transformado = \frac{(DC\ original\% - DC\ máximo\%)}{\frac{(DC\ mínimo\% - DC\ máximo\%)}{10}} \quad (9)$$

Desta forma, tem-se:

DC transformado = 0 – Pior cenário, ou seja, sobrecusto em relação ao orçamento;

DC transformado = 10 – Melhor cenário, ou seja, economia em relação ao orçamento.

4.3.2.4 DESVIO DE PRAZO (DP)

Para o cálculo de DP foram levantados os seguintes dados:

- Prazo do planejamento inicial (em dias corridos);
- Prazo incorrido do acompanhamento (dias corridos).

Devido às características dos empreendimentos, o acompanhamento de prazo não é realizado sobre cronograma detalhado pela empresa ao longo das obras. Portanto, os prazos incorridos e respectivos desvios somente são apurados após conclusão de cada obra.

Como é comum em neste tipo de empreendimento, para esta amostra, houve aditivos de escopo ao longo das obras. Considerando que foram realizados apontamentos de causa de modificação e aditivo de escopo, como ocorrência não prevista e geradora

de impacto nos resultados, para o cálculo do DP foi considerado o prazo previsto inicialmente, ou seja, cronograma original.

O sinal do valor do DP deve ser considerado e sua representatividade é discutida na Tabela 10.

Tabela 10 - Análise do DP segundo seu sinal

DP > 0	o prazo incorrido foi maior que o prazo previsto, ou seja, houve “estouro”;
DP < 0	o prazo incorrido foi menor que o prazo previsto, ou seja, houve antecipação;
DP = 0	o prazo incorrido foi igual ao prazo previsto.

Para possibilitar a realização das análises estatísticas, a variável resposta DP precisou ser transformada em uma escala parametrizada de 0 a 10. Inicialmente calculada pelo prazo previsto e incorrido, estes desvios geraram percentuais, podendo ser negativos ou positivos. Desta forma, para que fossem enquadrados na escala mencionada, foi realizada a transformação indicada na equação 10.

$$DP \text{ transformado} = \frac{(DP \text{ original\%} - DP \text{ máximo\%})}{\frac{(DP \text{ mínimo\%} - DP \text{ máximo\%})}{10}} \quad (10)$$

Desta forma, tem-se:

DP transformado = 0 – Pior cenário, ou seja, aumento de prazo em relação ao planejado;

DP transformado = 10 – Melhor cenário, ou seja, redução de prazo relação ao planejado.

4.3.2.5 GRUPO GERENCIAL DE CAUSAS

O apontamento de ocorrências de causas foi realizado com base na lista mencionada na Tabela 7 (Lista de causas adaptadas de não cumprimento de tarefas). Estas 26 (vinte e seis) divisões de causas e 6 (seis) setores possibilitou um enquadramento objetivo e preciso. No entanto, após consolidação dos apontamentos, esta lista foi ainda estratificada em 6 (seis) grupos gerenciais, desta vez representando as variáveis preditoras conforme apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Composição dos grupos gerenciais de causas

Grupos gerenciais	Setores
Geral	mão de obra; material; equipamento; projeto; planej.; cliente;
Interna	mão de obra; planejamento;
Externa	material; equipamento; projeto; cliente;
Insumo	mão de obra; material; equipamento.
<i>Back office</i>	projeto; planejamento.
Cliente	cliente.

Passo 3 - Definição das ferramentas na coleta de dados

Para coleta de dados das obras foram desenvolvidos formulários padrão em planilhas eletrônicas para preenchimento após verificação de documentação e pesquisas. As informações coletadas foram baseadas nos seguintes itens:

Informações básicas:

- Código da obra;
- Data de conclusão;
- Número da amostra;
- Classificação por grupo;
- Descrição do uso final da obra;
- Cidade / Estado.

Informações sobre custo:

- Custo previsto;
- Custo incorrido;

Informações sobre prazo:

- Prazo previsto;
- Prazo incorrido;

Informações sobre ocorrências de causas:

- Lista de causas e apontamentos (1 – sim / 0 – não) por obra;

Para os cálculos estatísticos, após calculados os desvios transformados e realizado o apontamento das ocorrências como dados de entrada, foi utilizado o *software* Minitab.

4.3.3 ETAPA 3 – ANÁLISE DE DADOS

Os capítulos subsequentes contemplam informações acerca da terceira etapa do delineamento da pesquisa.

De posse das informações coletadas em reuniões e documentos disponibilizados pela empresa, para as 40 (quarenta) obras, foi gerado arquivo contendo desvios, DC e DP, e ocorrências de causas estratificadas em grupos gerenciais. Desta forma os dados levantados e tratados foram inseridos no *software* de análise estatística.

A análise dos dados foi realizada em duas etapas, sendo: análise simples e análise estatística.

4.3.3.1 ANÁLISE SIMPLES

Nesta etapa foi realizada simples análise dos dados amostrais coletados em pesquisa, como dados qualitativos, custos, DC, prazos, DP e apontamento de ocorrências de não cumprimento de tarefas. Esta fase possibilitou o melhor entendimento sobre a

amostra, em termos de tipologia de obra e grupos segundo utilização fim, previsto versus realizado, desvios e ocorrências de causas.

4.3.3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A segunda etapa contemplou cálculo realizado por *software* de análise estatística, sendo toda a base teórica fundamentada no capítulo Planejamento e controle da produção. Assim, esta análise estatística foi realizada segundo três etapas: estatística descritiva, análise de correlação e análise de regressão.

1 - Estatística descritiva

Segundo a etapa de estatística descritiva, para as variáveis resposta, DC e DP, foram apresentados o tamanho da amostra, média, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo, coeficiente de variação e geração de histograma.

2 - Análise de correlação

Na segunda etapa, foi avaliada a correlação entre as variáveis, por meio do cálculo do coeficiente de correlação de Pearson (r) e da realização do teste de significância.

Segundo Larson e Farber (2015, p. 42):

A variação do coeficiente de correlação é de -1 a 1 , inclusive. Quando x e y tem uma correlação linear positiva forte, r está próximo de 1 . Quando x e y tem uma correlação linear negativa forte, r está próximo de -1 . Quando x e y tem correlação linear positiva perfeita ou correlação linear negativa perfeita, r é igual a 1 ou -1 , respectivamente. Quando não há correlação linear, r está próximo a 0 . É importante lembrar que quando r está próximo de 0 não significa que não há relação entre x e y , significa apenas que não há relação linear.

Appolinário (2012, p. 154) apresenta conceito que complementa a explicação anterior acerca deste coeficiente:

Todos os coeficientes de correlação variam entre $-1,00$ e $1,00$. Sendo assim, podemos dizer que as correlações têm duas grandes propriedades: a força e a direção. Quanto à força, uma correlação pode ser muito forte, forte, moderada, fraca e nula; quanto à direção, uma correlação pode ser positiva ou negativa (ou inversa).

A Figura 11 contempla proposta de força do coeficiente de Pearson.

Valores da correlação	Força (interpretação)
0,00	Nula
0,01 – 0,10	Muito fraca
0,11 – 0,30	Fraca
0,31 – 0,59	Moderada
0,60 – 0,80	Forte
0,81 – 0,99	Muito forte
1,00	Absoluta

Figura 11 - Valores de referência da força de uma correlação.

Fonte: Appolinário (2012, p. 154).

O teste de significância foi realizado comparando o denominado valor p com o nível de significância α , neste trabalho e frequentemente adotado como 0,05. Caso o valor p obtido seja inferior a α , há evidência da associação entre as variáveis na população. Neste caso a designada hipótese nula (H_0), que estabelece não existir correlação na população ($r = 0$) é rejeitada.

3 - Análise de regressão

Nesta etapa foram realizadas as regressões linear, quadrática e cúbica. Segundo Pereira (2017, p. 38), “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 ”.

Para todos os modelos ajustados foram realizados o teste de significância da regressão, comparando o valor p com o nível de significância $\alpha = 0,05$. Caso o valor p obtido seja inferior a α , pode-se concluir que X é importante para explicar a variabilidade em Y . Foi também estimada a quantidade de variabilidade dos dados explicada por cada modelo, por meio do coeficiente de determinação R^2 .

Segundo Triola (2010, p. 563), encontrar uma melhor equação de regressão demanda uma dose de julgamento e não existe um consenso sobre qual procedimento aplicar. O autor oferece algumas “dicas”, como analisar criticamente se as variáveis preditoras realmente fazem sentido na interferência da variável dependente, considerar equações com valor p aderente ao teste de significância e considerar as equações com os maiores R^2 ajustados.

Segundo Larson e Farber (2015), “o Minitab exibe além da equação de regressão os coeficientes das variáveis independentes. Por exemplo, ele também exibe o erro padrão da estimativa, denotado por S , e o coeficiente de determinação, denotado por $R\text{-}Sq$ ”.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os resultados obtidos da pesquisa, incluindo caracterização por custo, prazo e ocorrências de causas, e posteriormente os resultados dos cálculos estatísticos baseados nos desvios transformados e ocorrências mencionadas.

A parte de caracterização da amostra contempla cálculos simples e fundamentados nas informações obtidas em reuniões com supervisão e análise de documentos. Na segunda parte, estão apresentados resultados de cálculos estatísticos, correlações e regressões.

5.1 CLASSIFICAÇÃO

Foram coletadas informações sobre 40 (quarenta) obras de reforma corporativa e comercial, de dimensões e custos variados, de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e São Paulo.

Para melhor análise dos resultados da pesquisa, foi necessário realizar segmentação das informações em dois aspectos, sendo o primeiro quanto aos custos e prazos, e, em segundo, quanto às ocorrências de causas. O diagrama na Figura 12 ilustra-se conceitualmente estas divisões.

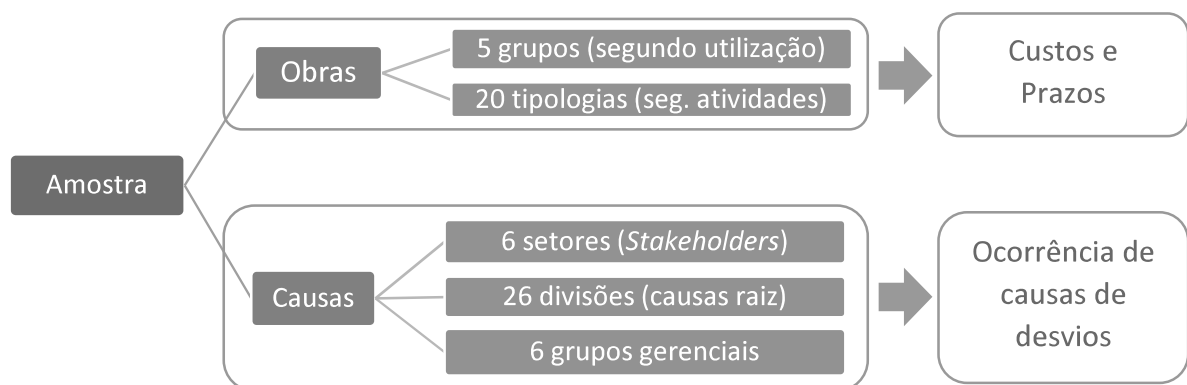


Figura 12 - Diagrama de classificação da amostra.

5.2 CARACTERIZAÇÃO POR CUSTO E PRAZO

Uma vez que os estudos das informações sobre custos e prazos foram realizadas por obra, neste âmbito, este trabalho contemplou as discussões descritas a seguir.

Esta amostra é majoritariamente composta pela tipologia “escritório”, porém não ficando limitada à esta configuração, houve também obras de “instituto”, “indústria”, “comércio” e “consultório”.

No Gráfico 1 ilustra-se a composição destes grupos.

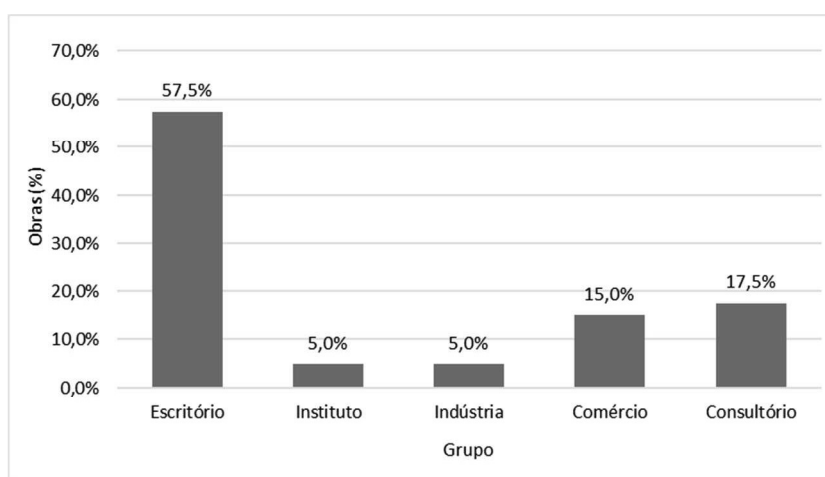


Gráfico 1 - Grupos segundo atividade fim.

Cada um dos 5 (cinco) grupos de obras compreende empreendimentos de diversas atividades. Os Gráficos de 2 a 6 representam estas configurações.

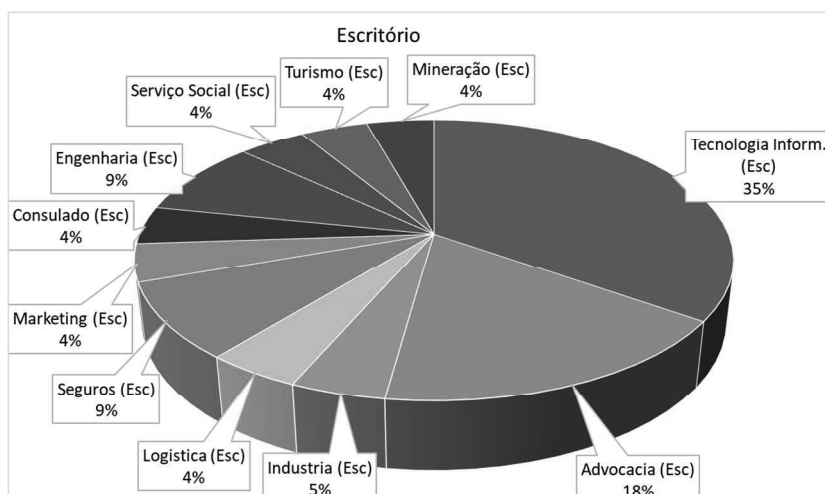


Gráfico 2 – Grupo escritório.

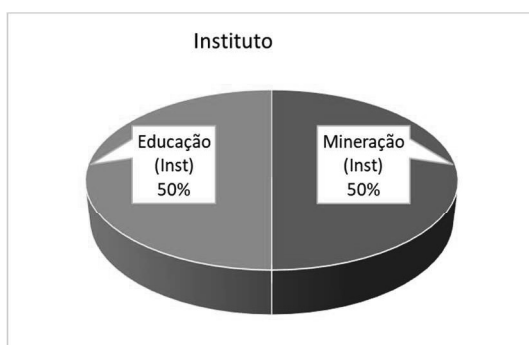


Gráfico 3 – Grupo instituto.

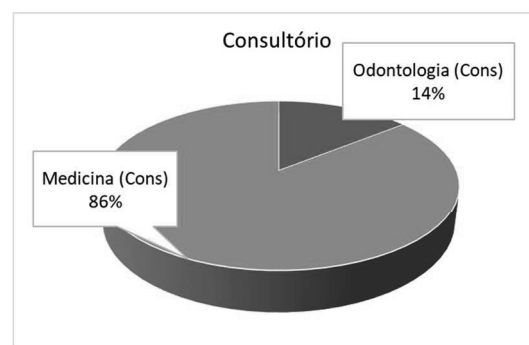


Gráfico 4 – Grupo consultório.

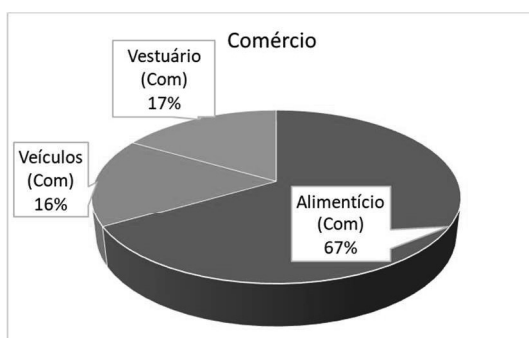


Gráfico 5 - Grupo comércio.

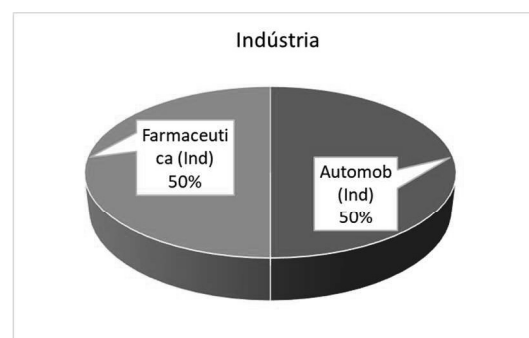


Gráfico 6 - Grupo indústria.

Logo, a composição da amostra, em ordem decrescente de representatividade em termos de número de unidades, é a seguinte: grupo “escritório”, contemplando as tipologias “tecnologia da informação”, “advocacia”, “seguros”, “engenharia”, “escritório de indústria”, “logística”, “marketing”, “consulado”, “serviço social”, “turismo” e

“escritório de mineração”; grupo “consultório”, contemplando as tipologias “medicina” e “odontologia”; grupo “comércio”, composto pelas tipologias “alimentício”, “vestuário” e “veículos”; grupo indústria, abrangendo as tipologias “automobilístico” e “farmacêutico”; e, por último, o grupo “instituto”, formado pelas tipologias “educação” e “mineração”.

5.2.1 CARACTERIZAÇÃO DOS GRUPOS POR CUSTO

Os capítulos subsequentes contemplam informações que caracterizam os grupos em termos de custo total, custo médio e desvio.

Através da análise de orçamentos e documentos de controle foram coletadas informações relativas aos custos previstos e incorridos de obras, ambos isentos de BDI (bonificação e despesas indiretas) para que a verificação fosse realizada exclusivamente sobre o custo ordinário da obra, desta forma eliminando influências comerciais. A partir destas informações foram analisados os resultados relativos aos custos e seus desvios.

5.2.1.1 POR GRUPO: CUSTO TOTAL

No Gráfico 7 ilustra-se a relação entre custo total previsto e incorrido para os 5 (cinco) grupos de obras.

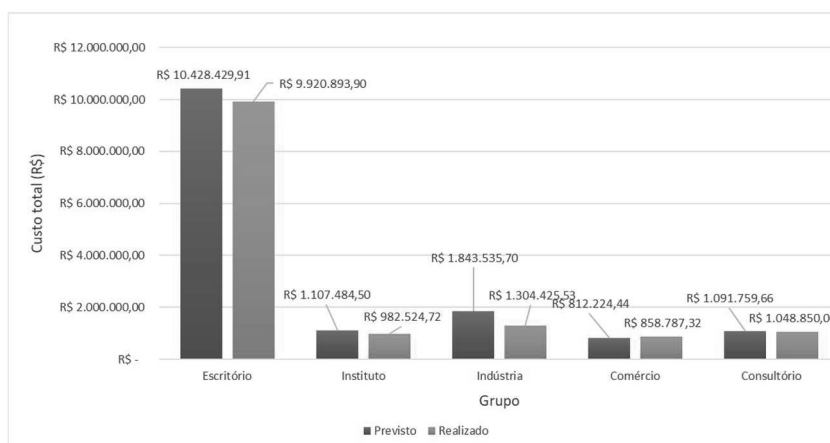


Gráfico 7 - Custo total por grupo: previsto versus realizado.

Ainda sobre o Gráfico 7, observa-se que apenas o grupo “comércio” apresenta extrapolação dos custos realizados em relação ao previsto. Ordenando o custo incorrido total em uma escala decrescente, esta sequência segue o mesmo arranjo do custo previsto.

Na Tabela 12 apresenta-se o peso econômico de cada grupo quanto aos custos totais previstos e realizados. Observa-se o grupo “escritório” majoritário em relação à soma dos demais, tanto em relação ao planejado quanto ao incorrido da amostra.

Tabela 12 - Composição dos grupos em termos de custo total

Grupo	Previsto (%)	Real (%)
Escritório	68,2%	70,3%
Instituto	7,2%	7,0%
Indústria	12,1%	9,2%
Comércio	5,4%	6,1%
Consultório	7,1%	7,4%

5.2.1.2 POR GRUPO: CUSTO MÉDIO

No Gráfico 8 ilustra-se a relação entre custo médio previsto e incorrido dos grupos de obras. Estes valores médios foram obtidos pela divisão dos custos acumulados pela quantidade de obras constantes em cada grupo.

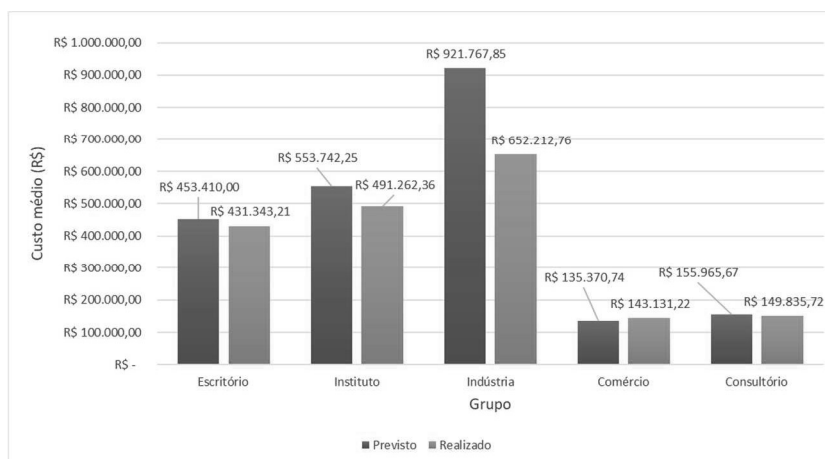


Gráfico 8 - Custo médio por grupo: previsto versus realizado.

Ainda sobre o Gráfico 8, observa-se que praticamente todos os custos realizados ficaram abaixo do previsto. Apenas o grupo “comércio” apresenta extrapolação dos custos realizados em relação ao previsto. Ordenando o custo incorrido total em uma escala decrescente, esta sequência segue o mesmo arranjo do custo previsto.

Na Tabela 13 apresenta-se o peso econômico de cada grupo quanto aos custos médios previstos e realizados. Observa-se que os grupos “indústria” e “instituto”, juntos, representam 66,4% do custo planejado e 61,2% do custo incorrido da amostra.

Tabela 13 - Composição dos grupos em termos de custo médio previsto

Grupo	Previsto médio %	Real médio %
Escritório	20,4%	23,1%
Instituto	24,9%	26,3%
Indústria	41,5%	34,9%
Comércio	6,2%	7,7%
Consultório	7,0%	8,0%

5.2.1.3 DC POR GRUPO

No Gráfico 9 se apresenta o desvio de custo por grupo de obras calculado conforme a equação 7.

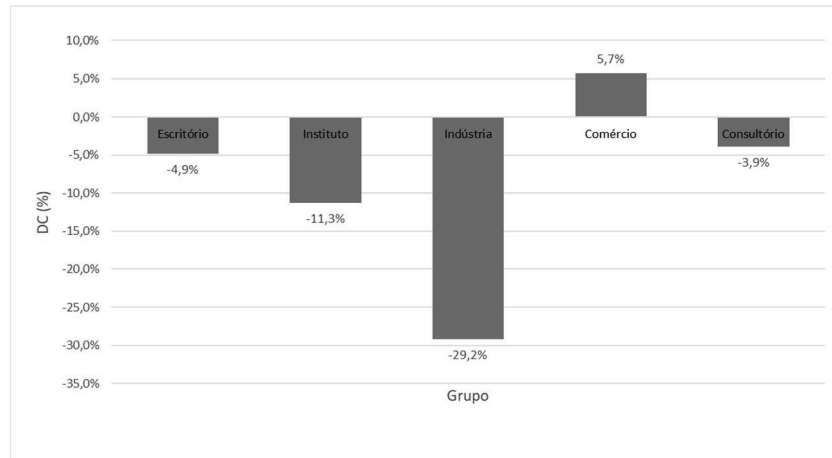


Gráfico 9 - DC por grupo.

Em relação ao Gráfico 9 pode-se observar:

- houve sobrecusto apenas no grupo “comércio” (5,7%);
- houve economia de custo nos grupos “escritório” (-4,9%), “instituto” (-11,3%), “indústria” (-29,2%) e “consultório” (-3,9%).

Portanto, verifica-se que:

- a maior economia de custo ocorreu para aqueles grupos de obra com menor representatividade em termos de números de observações, “indústria” e “instituto”;
- para aqueles grupos de obra com maior representatividade em termos de unidades amostrais, “comércio”, “escritório” e “consultório”, o DC não ultrapassou | 5,7% |. Esta reduzida variação evidencia que a maturidade da empresa pode contribuir para assertividade da previsão do custo;

- os elevados valores de DC evidenciam que a previsibilidade de custos sobre definições preliminares e a falta de informações executivas, geram um cenário de provisionamentos inadequados.

5.2.2 CARACTERIZAÇÃO DAS TIPOLOGIAS POR CUSTO

Os capítulos subsequentes contemplam informações que caracterizam as tipologias em termos de custo total, custo médio e desvio.

5.2.2.1 POR TIPOLOGIA: CUSTO TOTAL

No Gráfico 10 ilustra-se a relação entre custo total previsto e incorrido para as 20 (vinte) tipologias de obras.

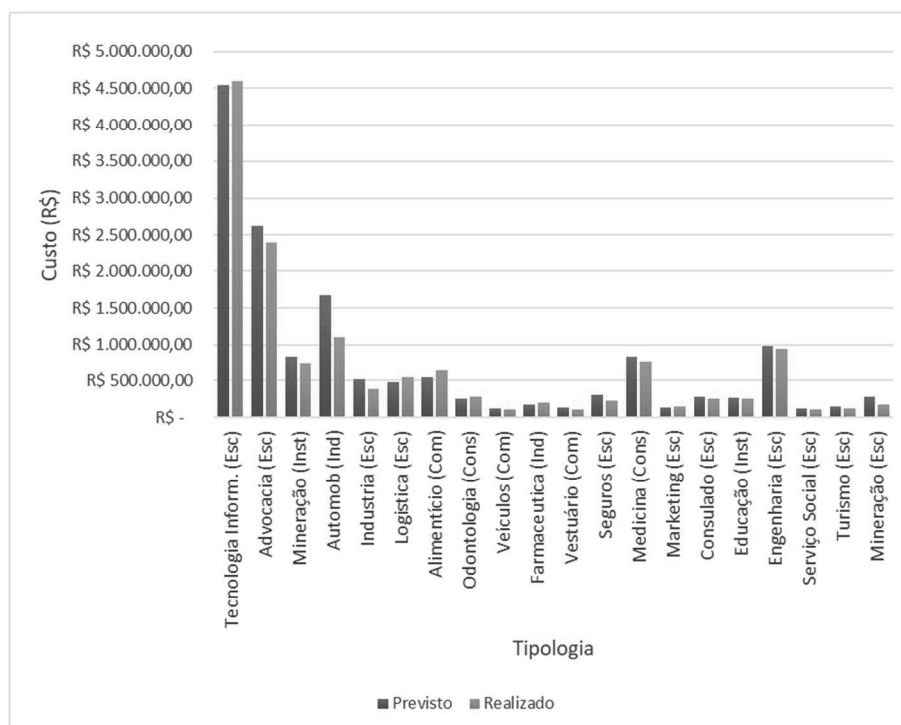


Gráfico 10 - Custo total por tipologia: previsto versus realizado.

Ainda considerando o Gráfico 10, verifica-se que os custos totais realizados extrapolaram o previsto para as tipologias “farmacêutica” (Ind), “logística” (Esc),

“alimentício” (Com), “odontologia” (Cons), “*marketing*” (Esc) e “tecnologia inform.” (Esc).

Na Tabela 14 apresenta-se o peso econômico de cada tipologia quanto aos custos totais previstos e realizados. Observa-se que as tipologias “tecnologia da informação”, “advocacia” e “indústria automobilística”, juntas, representam 57,8% do custo planejado e 57,4% do custo incorrido da amostra.

Tabela 14 - Composição das tipologias em termos de custo total

Tipologia	C. total Previsto (%)	C. total Realizado (%)
Tecnologia Inform. (Esc)	29,6%	32,5%
Advocacia (Esc)	17,2%	17,0%
Mineração (Inst)	5,5%	5,2%
Automob (Ind)	10,9%	7,8%
Industria (Esc)	3,4%	2,8%
Logística (Esc)	3,1%	3,9%
Alimentício (Com)	3,6%	4,5%
Odontologia (Cons)	1,7%	2,0%
Veículos (Com)	0,8%	0,8%
Farmaceutica (Ind)	1,1%	1,5%
Vestuário (Com)	0,9%	0,8%
Seguros (Esc)	2,0%	1,6%
Medicina (Cons)	5,5%	5,5%
<i>Marketing</i> (Esc)	0,9%	1,1%
Consulado (Esc)	1,8%	1,8%
Educação (Inst)	1,8%	1,8%
Engenharia (Esc)	6,5%	6,7%
Serviço Social (Esc)	0,8%	0,7%
Turismo (Esc)	1,0%	0,8%
Mineração (Esc)	1,9%	1,2%

5.2.2.2 POR TIPOLOGIA: CUSTO MÉDIO

No Gráfico 11 ilustra-se a relação entre custo médio previsto e realizado das tipologias mencionadas. Estes valores médios foram obtidos pela divisão dos custos acumulados pela quantidade de obras constantes em cada tipologia.

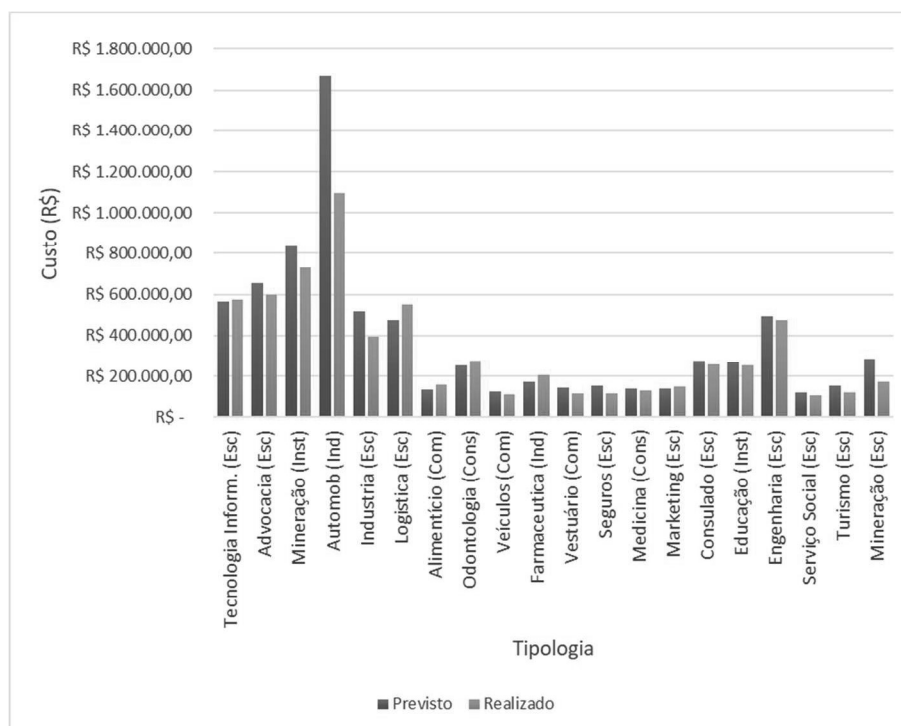


Gráfico 11 - Custo médio por tipologia: previsto versus realizado.

Ainda considerando o Gráfico 11, verifica-se que os custos médios realizados extrapolaram o previsto para as tipologias “farmacêutica” (Ind), “logística” (Esc), “alimentício” (Com), “odontologia” (Cons), “marketing” (Esc), e “tecnologia inform.” (Esc).

A Tabela 15 informa o peso econômico de cada tipologia quanto aos custos médios previsto e realizado. Observa-se que as tipologias “tecnologia da informação”, “advocacia”, “mineração” e “indústria automobilística”, juntas, representam quase 50% do custo econômico da amostra, tanto incorrido quanto planejado.

Tabela 15 - Composição das tipologias em termos de custo médio

Tipologia	C. médio previsto (%)	C. médio realizado (%)
Tecnologia Inform. (Esc)	7,5%	8,7%
Advocacia (Esc)	8,7%	9,1%
Mineração (Inst)	11,0%	11,1%
Automob (Ind)	21,7%	16,6%
Industria (Esc)	6,8%	6,0%
Logística (Esc)	6,3%	8,4%
Alimentício (Com)	1,8%	2,4%
Odontologia (Cons)	3,4%	4,2%
Veículos (Com)	1,7%	1,7%
Farmaceutica (Ind)	2,3%	3,1%
Vestuário (Com)	1,9%	1,7%
Seguros (Esc)	2,0%	1,8%
Medicina (Cons)	1,8%	2,0%
Marketing (Esc)	1,9%	2,3%
Consulado (Esc)	3,7%	3,9%
Educação (Inst)	3,6%	3,8%
Engenharia (Esc)	6,5%	7,2%
Serviço Social (Esc)	1,6%	1,6%
Turismo (Esc)	2,0%	1,8%
Mineração (Esc)	3,8%	2,6%

5.2.2.3 DC POR TIPOLOGIA

No Gráfico 12 se apresenta o desvio de custo por tipologia de obras calculado conforme a equação 7.

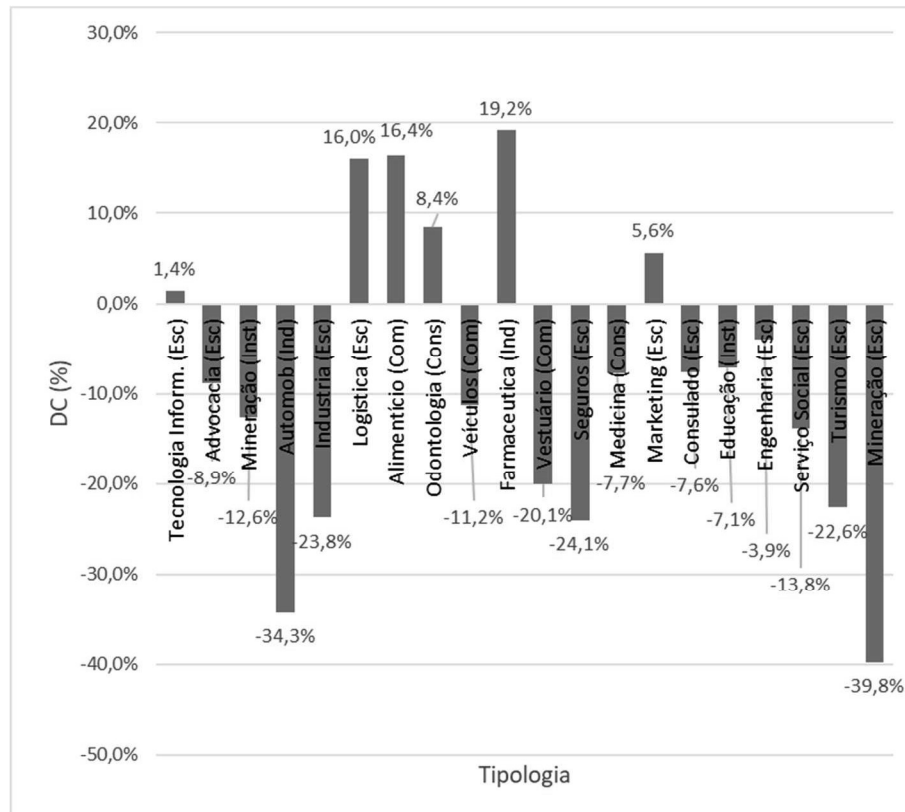


Gráfico 12 - DC por tipologia.

Desta forma pode-se observar:

- houve sobrecusto nas tipologias: “tecnologia da informação” (1,4%), “logística” (16,0%), “alimentício” (16,4%), “odontologia” (8,4%), “farmacêutica” (19,2%) e “marketing” (5,6%);
- Houve economia de custo nas tipologias: “engenharia” (-3,9%), “educação” (-7,1%), “consulado” (-7,6%), “medicina” (-7,7%), “advocacia” (-8,9%), “veículos” (-11,2%), “mineração” (-12,6%), “serviço social” (-13,8%), “vestuário” (-20,1%), “turismo” (-22,6%), “escritório de indústria” (-23,8%), “seguros” (-24,1%), “automobilístico” (-34,3%) e “escritório de mineração” (-39,8%).

Portanto, verifica-se que:

- os desvios de custo das tipologias são maiores em módulo do que nos grupos, pois se trata de um fragmento da amostra;

- a elevada amplitude de DC, de 19,2% a -39,8%, corrobora que a previsibilidade de custos sobre definições preliminares e falta de informações executivas gera um cenário de provisionamentos inadequados;
- do grupo “escritório”, cujo DC indicou economia, apenas as tipologias “logística” e “marketing” apresentaram sobrecusto, as outras tipologias apresentaram economia no custo;
- do grupo “indústria”, cujo DC indicou economia, a tipologia “farmacêutica” apresentou o maior sobrecusto, e a tipologia “automobilístico” a segunda maior economia;
- do grupo “comércio”, cujo DC indicou sobrecusto, apenas a tipologia “alimentício” apresentou sobrecusto, as tipologias “vestuário” e “veículos” apresentaram economia de custo.

5.2.3 CARACTERIZAÇÃO DOS GRUPOS POR PRAZO

Os capítulos subsequentes contemplam informações que caracterizam os grupos em termos de prazo total, prazo médio e desvio.

Através da verificação de cronogramas e documentos de controle foram coletadas informações relativas aos prazos previstos e incorridos das obras. Na análise dos prazos foram desconsiderados aditivos contratuais para evitar quaisquer discrepâncias dos resultados. A partir destas informações foram analisados os resultados relativos aos prazos e seus desvios.

5.2.3.1 POR GRUPO: PRAZO TOTAL

No Gráfico 13 ilustra-se a relação entre prazo total previsto e realizado para os 5 (cinco) grupos de obras.

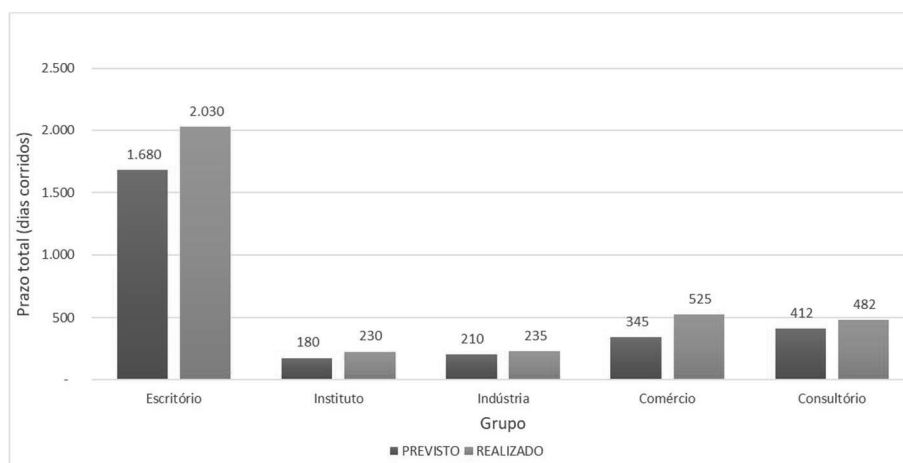


Gráfico 13 - Prazo total por grupo: previsto versus realizado.

Ainda sobre o Gráfico 13, observa-se que todos os grupos apresentaram extrapolação dos prazos realizados em relação ao previsto. Em termos de prazo realizado, pode-se observar que o grupo “escritório” é o mais expressivo, seguido por “comércio”, “consultório”, “indústria” e “instituto”.

Na Tabela 16 apresenta-se o “peso” em prazo de cada grupo quanto aos períodos totais previstos e realizados. Observa-se o grupo “escritório” majoritário em relação à soma dos demais, tanto em relação ao planejado quanto ao incorrido da amostra.

Tabela 16 - Composição de grupos em termos de prazo total

Grupo	Prazo previsto (%)	Prazo incorrido (%)
Escritório	59,4%	57,9%
Instituto	6,4%	6,6%
Indústria	7,4%	6,7%
Comércio	12,2%	15,0%
Consultório	14,6%	13,8%

5.2.3.2 POR GRUPO: PRAZO MÉDIO

No Gráfico 14 ilustra-se a relação entre prazo médio previsto e incorrido dos grupos de obras. Estes períodos médios foram obtidos pela divisão dos prazos acumulados pela quantidade de obras constantes em cada grupo.

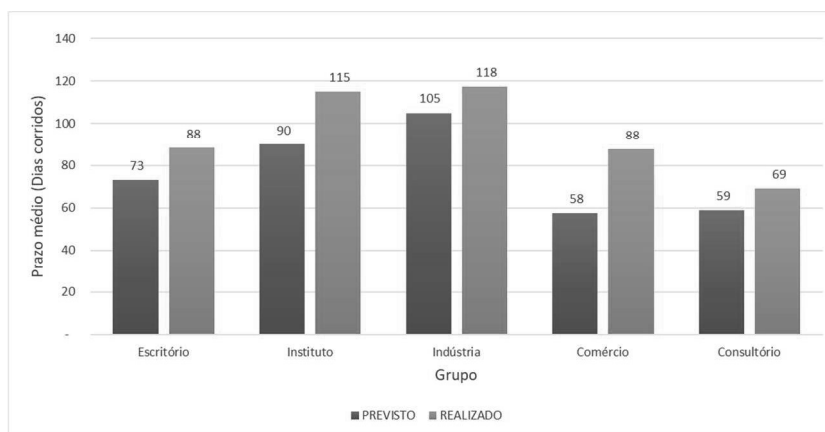


Gráfico 14 - Prazo médio por grupo: previsto versus realizado.

Ainda sobre o Gráfico 14, observa-se que todos os prazos realizados extrapolaram os previstos. Em termos de prazo realizado, pode-se observar que os grupos mais expressivos são “instituto” e “indústria”, seguidos por “escritório” e “comércio”, e “consultório”.

Na Tabela 17 apresenta-se o “peso” em prazo de cada grupo quanto aos períodos médios previstos e realizados. Observa-se que os grupos “indústria” e “instituto”, juntos, representam 50,7% do prazo planejado e 48,7% do prazo incorrido da amostra.

Tabela 17 - Composição de grupos em termos de prazo médio

Grupo	P. médio previsto (%)	P. médio incorrido (%)
Escritório	19,0%	18,5%
Instituto	23,4%	24,1%
Indústria	27,3%	24,7%
Comércio	15,0%	18,3%
Consultório	15,3%	14,4%

5.2.3.3 DP POR GRUPO

No Gráfico 15 se apresenta o desvio de prazo por grupo de obras calculado conforme a equação 5.

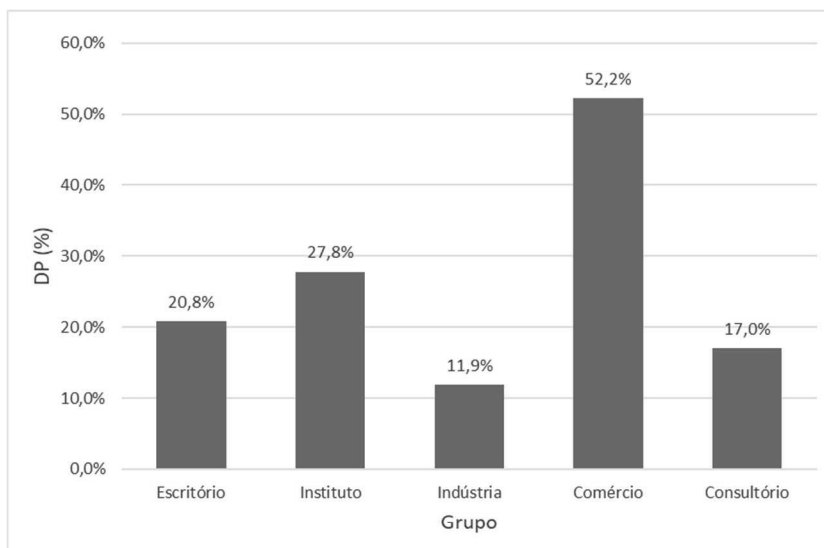


Gráfico 15 - DP por grupo.

Desta forma pode-se observar:

- houve extrapolação de prazo em todos os grupos: “escritório” (20,8%), “instituto” (27,8%), “indústria” (11,9%), “comércio” (52,2%) e “consultório” (17,0%).

Portanto, verifica-se que:

- o grupo “comércio” apresentou o maior DP e foi o único grupo a apresentar sobrecusto;
- o grupo “indústria” apresentou o menor DP e foi o grupo com maior economia de custo;
- os elevados valores de DP corroboram que a previsibilidade de prazos sobre definições preliminares e falta de informações executivas geram um cenário de provisionamentos inadequados.

5.2.4 CARACTERIZAÇÃO DAS TIPOLOGIAS POR PRAZO

Os capítulos subsequentes contemplam informações que caracterizam as tipologias em termos de prazo total, prazo médio e desvio.

5.2.4.1 POR TIPOLOGIA: PRAZO TOTAL

No Gráfico 16 ilustra-se a relação entre prazo total previsto e realizado para as 20 (vinte) tipologias de obras.

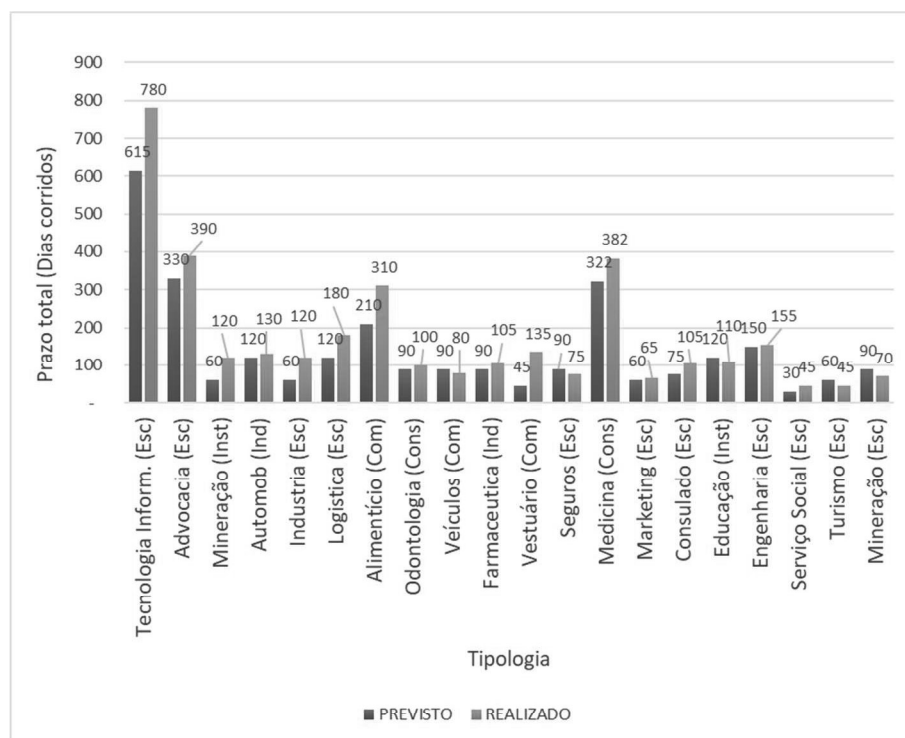


Gráfico 16 - Prazo total por tipologia: previsto versus realizado.

Ainda considerando o Gráfico 16, ressalta-se que quase todos os prazos realizados ficaram acima do previsto de obra. Apenas 5 (cinco) tipologias tiveram prazo total realizado inferior ao previsto, sendo “veículos”, “seguros”, “educação”, “turismo” e “mineração”.

Na Tabela 18 apresenta-se o “peso” em período de cada tipologia quanto aos prazos totais previstos e realizados. Observa-se que o somatório da “tecnologia da informação”, “advocacia”, “comércio alimentício” e “consultório médico”, juntas, representam 52,3% do prazo planejado e 53,2% do prazo incorrido da amostra.

Tabela 18 - Composição das tipologias em termos de prazo total

Tipologia	Prazo previsto (%)	Prazo incorrido (%)
Tecnologia Inform. (Esc)	21,8%	22,3%
Advocacia (Esc)	11,7%	11,1%
Mineração (Inst)	2,1%	3,4%
Automob (Ind)	4,2%	3,7%
Industria (Esc)	2,1%	3,4%
Logística (Esc)	4,2%	5,1%
Alimentício (Com)	7,4%	8,9%
Odontologia (Cons)	3,2%	2,9%
Veículos (Com)	3,2%	2,3%
Farmaceutica (Ind)	3,2%	3,0%
Vestuário (Com)	1,6%	3,9%
Seguros (Esc)	3,2%	2,1%
Medicina (Cons)	11,4%	10,9%
Marketing (Esc)	2,1%	1,9%
Consulado (Esc)	2,7%	3,0%
Educação (Inst)	4,2%	3,1%
Engenharia (Esc)	5,3%	4,4%
Serviço Social (Esc)	1,1%	1,3%
Turismo (Esc)	2,1%	1,3%
Mineração (Esc)	3,2%	2,0%

5.2.4.2 POR TIPOLOGIA: PRAZO MÉDIO

No Gráfico 17 ilustra-se a relação entre prazo médio previsto e realizado das tipologias. Estes prazos médios foram obtidos pela divisão dos prazos acumulados pela quantidade de obras constantes em cada tipologia.

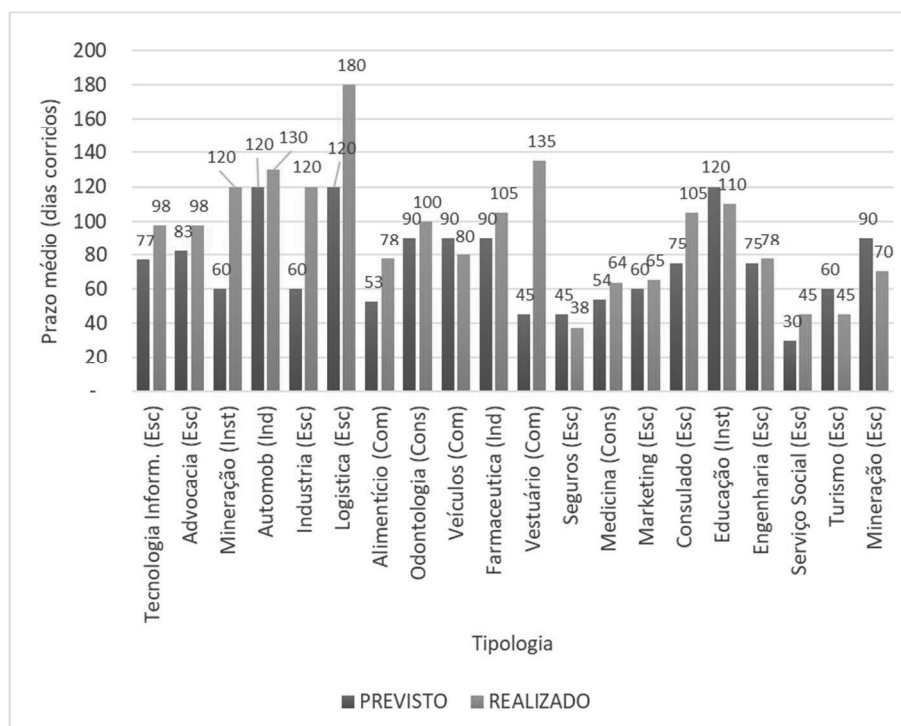


Gráfico 17 - Prazo médio por tipologia: previsto versus realizado.

Ainda sobre o Gráfico 17, pode-se observar que quase todos os prazos realizados ficaram acima do previsto de obra. Apenas 5 (cinco) tipologias tiveram prazo total realizado inferior ao previsto, sendo “veículos”, “seguros”, “educação”, “turismo” e “mineração”.

Na Tabela 19 apresenta-se o “peso” em prazo de cada tipologia quanto aos períodos médios previstos e realizados. Observa-se que há uma distribuição homogênea entre as tipologias.

Tabela 19 - Composição das tipologias em termos de prazo médio

Tipologia	P. médio previsto (%)	P. médio incorrido (%)
Tecnologia Inform. (Esc)	5,1%	5,2%
Advocacia (Esc)	5,5%	5,2%
Mineração (Inst)	4,0%	6,4%
Automob (Ind)	8,0%	7,0%
Industria (Esc)	4,0%	6,4%
Logística (Esc)	8,3%	9,8%
Alimentício (Com)	3,5%	4,2%
Odontologia (Cons)	6,0%	5,4%
Veículos (Com)	6,0%	4,3%
Farmaceutica (Ind)	6,0%	5,6%
Vestuário (Com)	3,0%	7,3%
Seguros (Esc)	3,0%	2,0%
Medicina (Cons)	3,6%	3,4%
Marketing (Esc)	4,0%	3,5%
Consulado (Esc)	5,0%	5,6%
Educação (Inst)	8,0%	5,9%
Engenharia (Esc)	5,0%	4,2%
Serviço Social (Esc)	2,0%	2,4%
Turismo (Esc)	4,0%	2,4%
Mineração (Esc)	6,0%	3,8%

5.2.4.3 DP POR TIPOLOGIA

No Gráfico 18 se apresenta o desvio de prazo por tipologia de obras calculado conforme a equação 5.

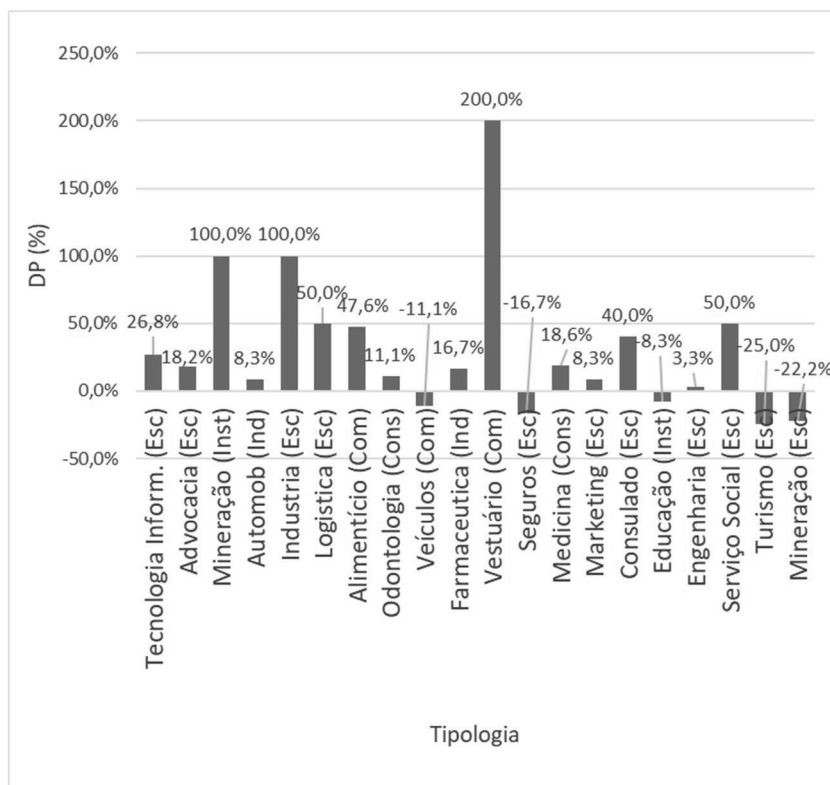


Gráfico 18 - DP por tipologia.

Desta forma pode-se observar:

- houve extrapolação de prazo em todas as tipologias, exceto para: “educação” (-8,3%), “veículos” (-11,1%), “seguros” (-16,7%), “escritório de mineração” (-22,2%) e “turismo” (-25,0%).

É importante destacar que todas as tipologias que apresentaram redução de prazo apresentaram economia de custo.

5.3 CARACTERIZAÇÃO POR CAUSAS

Conforme exposto no item 3.3, foi identificado em trabalho anterior o levantamento de causas de ocorrências não previstas que impactaram os resultados de obras. Essa lista foi adaptada para obras de reforma corporativa e comercial e reduzida a 26

(vinte e seis) divisões de causas, agrupadas em 6 (seis) setores segundo *stakeholders*.

5.3.1 CLASSIFICAÇÃO POR OCORRÊNCIAS

Para a análise de ocorrências de causas, foram criadas 3 (três) classificações, sendo setor de obra, divisão de causa e grupos gerenciais conforme descrito a seguir:

Conjunto 1 – Setores baseados nos *stakeholders* (“mão de obra”, “material”, “equipamento”, “projeto”, “planejamento”, “cliente”);

Conjunto 2 – Divisão de causas definidas previamente, contemplando 26 (vinte e seis) classificações;

Conjunto 3 – Grupos gerenciais (Causas: “geral”, “interna”, “externa”, “insumo”, “*back office*” e “cliente”).

5.3.2 CARACTERIZAÇÃO POR SETORES

No Gráfico 19 ilustra-se a quantidade de apontamentos totais por cada setor de causas.

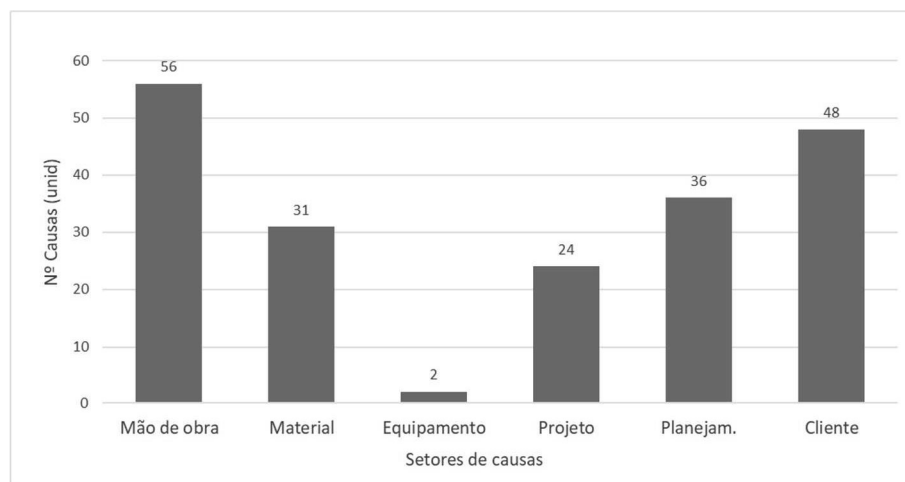


Gráfico 19 - Ocorrência por setores.

Observa-se no Gráfico 19 que apenas o setor “equipamento” apresentou baixa incidência de apontamentos. Na Tabela 20 apresenta-se a composição de cada setor de causas em termos de ocorrências.

Tabela 20 - Composição dos setores de causas

Mão de obra	28,4%
Material	15,7%
Equipamento	1,0%
Projeto	12,2%
Planejamento	18,3%
Cliente	24,4%

5.3.3 CARACTERIZAÇÃO POR DIVISÃO DE CAUSAS

No Gráfico 20 apresenta-se a quantidade de apontamentos totais por cada tipo de causa.

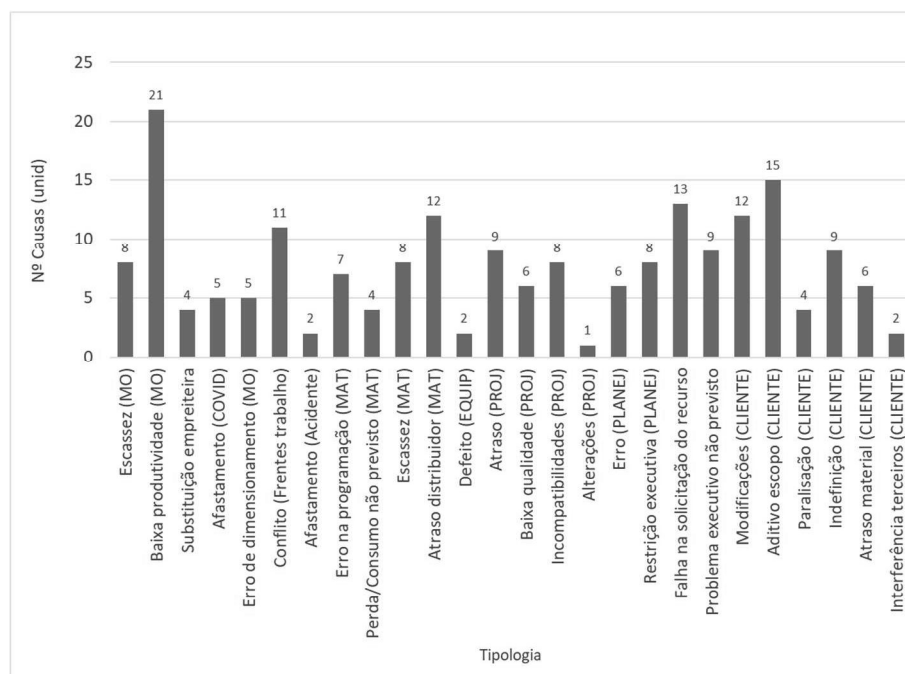


Gráfico 20 - Ocorrências por divisão de causas.

Na Tabela 21 demonstra-se a expressão de ocorrências de cada tipo de causa em uma escala decrescente.

Tabela 21 - Composição das divisões de causas

Descrição Causa	Ocorrência (%)
Baixa produtividade (MO)	10,7%
Aditivo escopo (CLIENTE)	7,6%
Falha na solicitação do recurso (PLANEJ)	6,6%
Atraso distribuidor (MAT)	6,1%
Modificações (CLIENTE)	6,1%
Conflito nas frentes trabalho (MO)	5,6%
Atraso (PROJ)	4,6%
Problema executivo não previsto (PLANEJ)	4,6%
Indefinição (CLIENTE)	4,6%
Escassez (MO)	4,1%
Escassez (MAT)	4,1%
Incompatibilidades (PROJ)	4,1%
Restrição executiva (PLANEJ)	4,1%
Erro na programação (MAT)	3,6%
Baixa qualidade (PROJ)	3,0%
Erro (PLANEJ)	3,0%
Atraso material (CLIENTE)	3,0%
Afastamento por covid (MO)	2,5%
Erro de dimensionamento (MO)	2,5%
Substituição empreiteira (MO)	2,0%
Perda/Consumo não previsto (MAT)	2,0%
Paralisação (CLIENTE)	2,0%
Afastamento por acidente (MO)	1,0%
Defeito (EQUIP)	1,0%
Interferência terceiros (CLIENTE)	1,0%
Alterações (PROJ)	0,5%

É possível observar na Tabela 21 que as 8 (oito) primeiras divisões de causa são responsáveis por 51,9% das ocorrências.

5.3.4 CARACTERIZAÇÃO POR GRUPOS GERENCIAIS

A lista de causas foi estratificada em 6 (seis) grupos gerenciais. No Gráfico 21 apresenta-se os grupos estratificados versus ocorrência de causas.

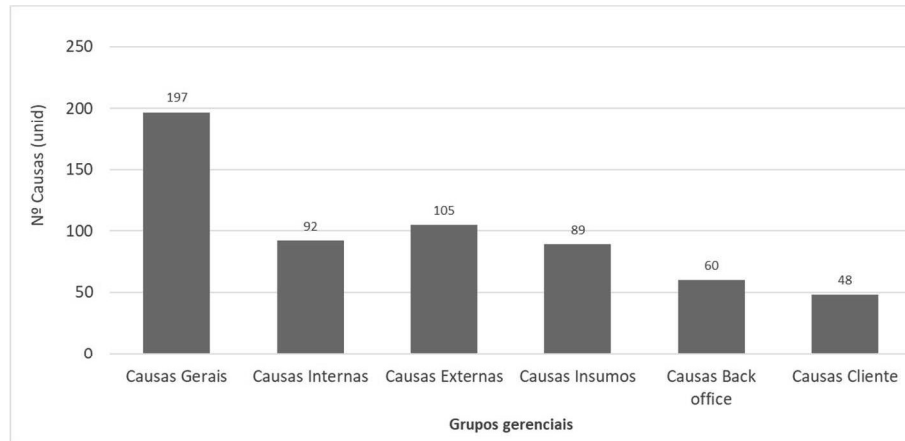


Gráfico 21 - Ocorrências por grupos gerenciais.

Esta classificação identificou setores com similaridades que causassem maior influência sobre DC e DP. Desta forma os grupos gerenciais podem ser separados em 3 zonas, cada uma como o total das 197 (cento e noventa e sete) ocorrências apontadas, sendo universo, natureza e origem, conforme ilustrado na Figura 13.



Figura 13 – Diagrama dos grupos gerenciais

5.4 RESULTADOS ESTATÍSTICOS

Foi utilizado o *software* MINITAB para a realização dos cálculos estatísticos, contemplando estatística descritiva, construção de histogramas, análises de correlação e regressão. Foram removidas 5 (cinco) obras que se comportaram como *outliers*.

5.4.1 REMOÇÃO DE OUTLIERS

A amostra foi submetida à técnica gráfica *boxplot*, ou diagrama de caixas, para avaliação da existência de *outliers*. Utilizou-se do critério baseado na distância interquartílica para classificar os pontos como discrepantes. Segundo essa metodologia, multiplica-se a distância interquartilica por 1,5 e depois subtrai-se este valor do 1º quartil e adiciona-se esse valor ao 3º quartil definindo os limites inferior e superior. Logo, todas as observações (pontos) fora desses limites são classificadas como *outliers*.

Foi identificado apenas 1 (um) *outlier* na amostra quanto aos valores de DC. Assim, foi apontada e removida a observação 06, portanto, todos os pontos ficaram entre os limites conforme ilustrado no Gráfico 22.

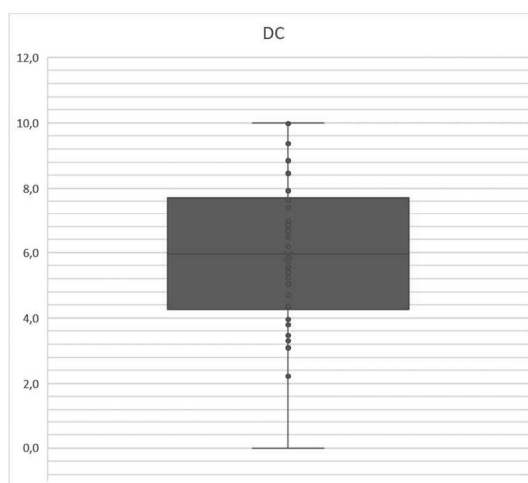


Gráfico 22 - Boxplot DC

Foram identificados 4 (quatro) *outliers* na amostra quanto aos valores de DP. Assim, foram removidas sequencialmente as observações 17, 05, 03 e 14, portanto, todos os pontos ficaram entre os limites conforme ilustrado no Gráfico 23.

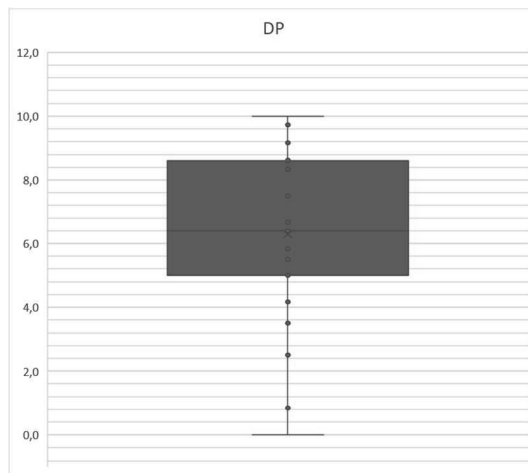


Gráfico 23 - Boxplot DP

5.4.2 ESTATISTICA DESCRITIVA

As medidas de tendência central (média e mediana) e de variabilidade (desvio padrão, mínimo e máximo) foram calculados para as variáveis dependentes DC e DP. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 22. Para visualizar graficamente a distribuição das variáveis foram construídos os histogramas apresentados nos Gráficos 24 e 25, correspondentes a DC e DP, respectivamente.

Tabela 22 - Medidas descritivas básicas para as variáveis DC e DP

Variável	Tamanho da Amostra (n)	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
DC	35	4,941	2,758	0,000	5,090	10,000
DP	35	6,297	2,609	0,000	6,390	10,000

A média do DC original foi de -6,15%, na escala transformada de 0 a 10 esta média é representada pelo valor 4,941. Pode-se observar que, segundo a média do DC original, há uma tendência de economia em relação ao custo previsto de obra.

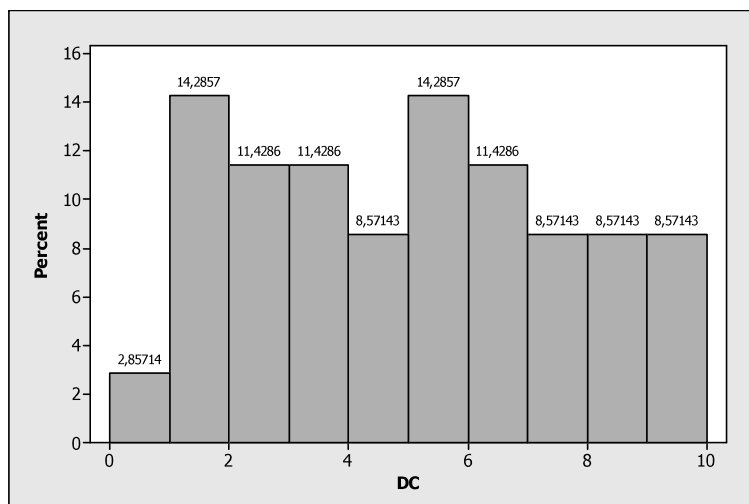


Gráfico 24 – Histograma DC.

No Gráfico 24, observa-se uma relativa homogeneidade de distribuição de DC ao longo da escala transformada. No entanto existem pontos de atenção, sendo:

- DC transformado de 0 a 1: compreende 1 (uma) obra que apresentou pior resultado financeiro, com DC original de 26,71%;
- DC transformado de 1 a 2: compreende 5 (cinco) obras que apresentam DC original entre 16,04% e 19,23%, correspondendo à sobrecusto em relação ao previsto;
- DC transformado, 3,90 e 4,08: corresponde à 2 (duas) obras que marcam a transição do DC original de sobrecusto (0,76%) e economia (-0,43%);
- DC transformado de 5 a 6: compreende 5 (cinco) obras que apresentam DC original entre -7,13% e -12,03%, correspondendo à economia em relação ao previsto.

A média do DP original foi de +12,03% e na escala transformada de 0 a 10 esta média é representada por 6,297. Então, segundo a média original de DP, entende-se que há tendência de extrapolação de prazo em relação ao previsto de obra.

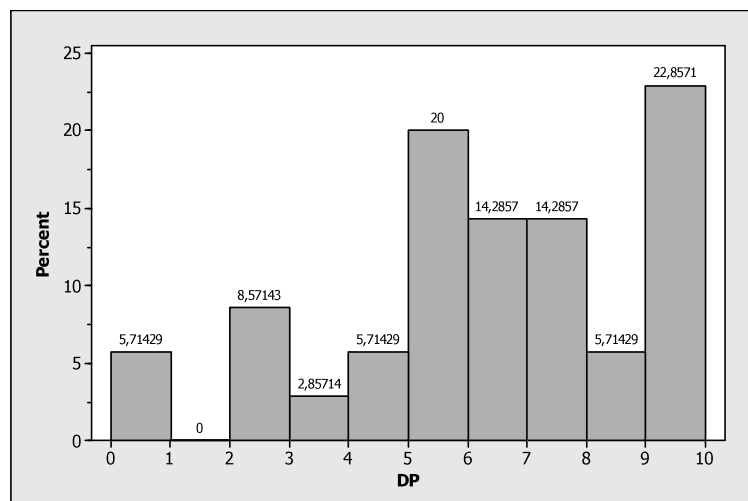


Gráfico 25 - Histograma DP.

No Gráfico 25, observa-se uma relativa heterogeneidade de distribuição de DP ao longo da escala transformada. No entanto existem pontos de atenção, sendo:

- DP transformado de 1 a 2: não compreende obra, este fragmento compreende limites de DP original de 50,00% a 66,67%;
- DP transformado de 5 a 6: compreende 7 (sete) obras que apresentam DC original entre 16,67% e 25,00%, correspondentes à extrapolação de prazo em relação ao previsto;
- DP transformado, 7,50: corresponde à 5 (cinco) obras que marcam a transição do DP original entre extrapolação e redução de prazo;
- DP transformado de 9 a 10: compreende 8 (oito) obras que apresentam DC original que entre -16,67% e -25,00%, correspondendo à redução de prazo em relação ao previsto.

5.4.3 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO

Nesta etapa é calculada a correlação entre as variáveis do estudo, sendo os pares descritos a seguir:

- DC x DP;
- DC x Causa geral;
- DC x Causa interna;
- DC x Causa externa;
- DC x Causa insumo;
- DC x Causa *back office*;
- DC x Causa cliente;
- DP x Causa geral;
- DP x Causa interna;
- DP x Causa externa;
- DP x Causa insumo;
- DP x Causa *back office*;
- DP x Causa cliente.

Na Tabela 23 apresenta-se os coeficientes de correlação de Pearson (r) e os resultados do teste de significância correspondentes às variáveis estudadas, considerando DC como variável dependente.

Tabela 23 - Resultados da correlação (Variável dependente: DC)

Variável X	Variável Y	r	p	α	Conclusão
DP	DC	0,449	0,007	0,05	Rejeita H0
Causa geral	DC	-0,408	0,015	0,05	Rejeita H0
Causa interna	DC	-0,545	0,001	0,05	Rejeita H0
Causa externa	DC	-0,115	0,512	0,05	Não rejeita H0
Causa insumo	DC	-0,342	0,044	0,05	Rejeita H0
Causa <i>back office</i>	DC	-0,392	0,020	0,05	Rejeita H0
Causa cliente	DC	0,001	0,995	0,05	Não rejeita H0

A seguir são realizadas análises dos resultados da correlação das variáveis preditoras com a variável dependente DC.

5.4.3.1 CORRELAÇÃO: DP x DC

Nesta correlação o coeficiente de Pearson (r) é positivo e significativamente diferente de zero, logo se trata de uma relação direta entre as variáveis. Desta forma, quanto maior for o valor da variável preditora, maior será o valor da variável dependente.

Assim, após análise do coeficiente de Pearson e teste de significância, visto que o valor- p é menor que α , rejeita-se a hipótese nula H_0 . Portanto, segundo esta análise estatística, há evidências de que o desvio de prazo (DP) está associado ao desvio de custo (DC).

5.4.3.2 CORRELAÇÃO: CAUSA GERAL X DC; CAUSA INTERNA X DC; CAUSA BACK OFFICE X DC; CAUSA INSUMO X DC.

Nesta correlação o coeficiente de Pearson (r) é negativo e significativamente diferente de zero, logo se trata de uma relação inversa entre as variáveis. Desta forma, quanto maior for o valor da variável preditora, menor será o valor da variável dependente, e vice-versa.

Assim, após análise do coeficiente de Pearson e teste de significância, visto que o valor- p é menor que α , rejeita-se a hipótese nula H_0 . Portanto, segundo esta análise estatística, há evidências de que as variáveis “causa geral”, “causa interna”, “causa *back office*” e “causa insumo” estão associadas ao desvio de custo (DC).

5.4.3.3 CORRELAÇÃO: CAUSA EXTERNA x DC.

Nesta correlação o coeficiente de Pearson (r) é negativo, logo se trata de uma relação inversa entre as variáveis. Desta forma, quanto maior for o valor da variável preditora, menor será o valor da variável dependente, e vice-versa.

Assim, após análise do coeficiente de Pearson e teste de significância, visto que o valor- p é maior que α , não rejeita-se a hipótese nula H_0 . Portanto, segundo esta análise estatística, não há evidências de que a variável causa externa está associada ao desvio de custo (DC).

5.4.3.4 CORRELAÇÃO: CAUSA CLIENTE x DC

Nesta correlação o coeficiente de Pearson (r) é próximo de zero.

Aplicando o teste de significância é possível afirmar que a associação obtida não é significativa, pois o valor- p é maior que α , ou seja, não há correlação linear entre as variáveis.

Assim, após a realização dos dois testes, não se rejeita a hipótese nula. Portanto, segundo esta análise estatística, não há evidências de que a variável “causa cliente” está associada ao desvio de custo (DC).

Na Tabela 24 apresenta-se os coeficientes de correlação de Pearson (r) e os resultados do teste de significância correspondentes às variáveis estudadas, considerando DP como variável dependente.

Tabela 24 - Resultados da correlação (Variável dependente: DP)

Variável X	Variável Y	r	p	α	Conclusão
DC	DP	0,449	0,007	0,05	Rejeita H0
Causa geral	DP	-0,675	<0,001	0,05	Rejeita H0
Causa interna	DP	-0,468	0,005	0,05	Rejeita H0
Causa externa	DP	-0,568	<0,001	0,05	Rejeita H0
Causa insumo	DP	-0,447	0,007	0,05	Rejeita H0
Causa <i>back office</i>	DP	-0,323	0,058	0,05	Não rejeita H0
Causa cliente	DP	-0,587	<0,001	0,05	Rejeita H0

A seguir são realizadas análises dos resultados da correlação das variáveis preditoras com a variável dependente DP.

5.4.3.5 CORRELAÇÃO: DC x DP

Nesta relação, não há diferença quando se altera a ordem das variáveis, sendo uma preditora e a outra dependente, e vice-versa. Assim, tem-se os mesmos resultados mencionados no primeiro teste da Tabela 23.

Nesta correlação o coeficiente de Pearson (r) é positivo e significativamente diferente de zero, logo se trata de uma relação direta entre as variáveis. Desta forma, quanto maior for o valor da variável preditora, maior será o valor da variável dependente.

Assim, após análise do coeficiente de Pearson e teste de significância, visto que o valor-p é menor que α , rejeita-se a hipótese nula H0. Portanto, segundo esta análise estatística, há evidências de que o desvio de prazo (DP) está associado ao desvio de custo (DC).

5.4.3.6 CORRELAÇÃO: CAUSA GERAL X DP; CAUSA INTERNA X DP; CAUSA EXTERNA X DP; CAUSA INSUMO X DC; CAUSA CLIENTE X DP.

Nesta correlação o coeficiente de Pearson (r) é negativo e significativamente diferente de zero, logo se trata de uma relação inversa entre as variáveis. Desta forma, quanto maior for o valor da variável preditora, menor será o valor da variável dependente, e vice-versa.

Assim, após análise do coeficiente de Pearson e teste de significância, visto que o valor- p é menor que α , rejeita-se a hipótese nula H_0 . Portanto, segundo esta análise estatística, há evidências de que a variável “causa geral”, “causa interna”, “causa externa”, “causa insumo” e “causa cliente” estão associadas ao desvio de prazo (DP).

5.4.3.7 CORRELAÇÃO: CAUSA BACK OFFICE x DP.

Nesta correlação o coeficiente de Pearson (r) também é negativo.

Aplicando o teste de significância é possível afirmar que a associação obtida não é significativa, pois o valor- p é maior que α , ou seja, não há correlação linear entre as variáveis.

Assim, após a realização dos dois testes, não se rejeita a hipótese nula. Portanto, segundo esta análise estatística, não há evidências de que a variável “causa *back office*” está associada ao desvio de prazo (DP).

5.4.4 ANÁLISE DE REGRESSÃO

Nesta seção busca-se estabelecer uma equação de associação entre as variáveis envolvidas, por meio de regressões linear, quadrática e cúbica.

Os resultados obtidos, referentes à equação da regressão, teste de significância e coeficiente de determinação R^2 , para todos os modelos ajustados, estão apresentados nas Tabelas de 25 a 38.

A equação pode ser considerada útil para explicar a variabilidade da variável dependente quando o valor de p é inferior ao nível de significância $\alpha = 0,05$.

O coeficiente de determinação, R^2 , mensura o quanto a equação consegue explicar os dados lançados. Desta forma, quanto maior o coeficiente de determinação melhor explicados serão os dados pelo modelo. Entretanto, pequenos coeficientes R^2 advertem que deveriam ser incorporados outros fatores, além da variável preditora, na intenção de garantir predições mais precisas da variável dependente. No intuito de encontrar o modelo mais parcimonioso, ou seja, o modelo mais simples e que explica a maior fração da variável resposta, será utilizado o coeficiente de determinação ajustado.

5.4.4.1 VARIÁVEIS: DC (DEPENDENTE); DP (PREDITORA).

A Tabela 25 contempla informações da regressão linear, quadrática e cúbica para a dupla de variáveis informadas.

Tabela 25 - Resultados da análise de regressão (DC / DP)

Equação	p	α	R ² (%)	R ² Ajust. (%)
$DC = 1,949 + (0,4752 \times DP)$	0,007	0,05	20,2	17,8
$DC = 5,445 - (1,168 \times DP) + (0,1481 \times DP^2)$	0,001	0,05	37,2	33,3
$DC = 4,519 - (0,050 \times DP) - (0,1166 \times DP^2) + (0,01681 \times DP^3)$	0,002	0,05	38,7	32,7

Aplicando o teste de significância, pode-se concluir que a associação é significativa para as três equações, uma vez que o valor-p é menor que α para os três modelos de regressão.

Analisando os coeficientes de determinação, considerando o R² ajustado, o modelo mais parcimonioso é o quadrático. Segundo esta equação, 33,3% da variável dependente é explicada pela variável preditora, ou seja, é a parcela do desvio de custo que pode ser justificado pelo desvio de prazo. Ainda pode-se destacar que 66,7% do desvio de custo deve ser explicado por outras variáveis independentes não contempladas nesta etapa.

No Gráfico 26 ilustra-se a equação escolhida.

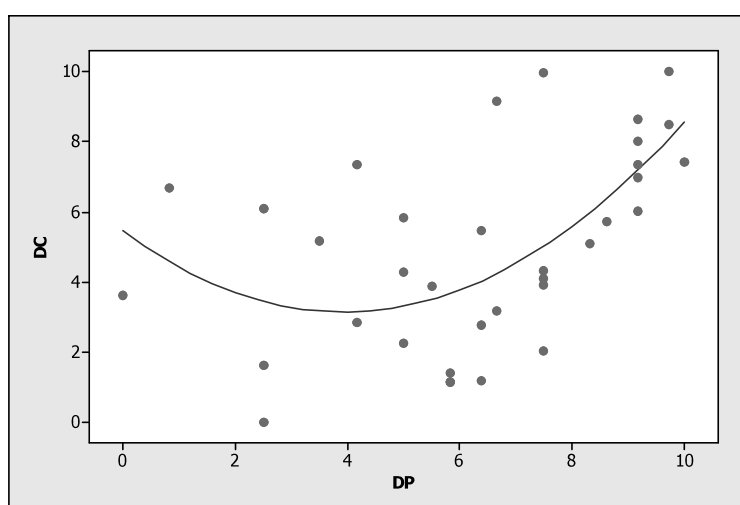


Gráfico 26 - Regressão quadrática (DC / DP).

Ambas as variáveis estão transformadas, ou seja, o valor 0 (zero) representa o pior e o valor 10 (dez) representa o melhor cenário para as variáveis DC e DP. Desta maneira, observa-se:

- DP de 0,00 a $\approx 4,00$: há tendência de melhoria do prazo, da extrapolação ao previsto respectivamente; nesta mesma faixa, DC varia de 5,44 a $\approx 3,14$, ou seja, o custo tende à piorar;
- DP de $\approx 4,00$ a 10,00: há tendência de melhoria do prazo, do previsto à redução respectivamente; nesta mesma faixa, DC de $\approx 3,14$ a 8,57, ou seja, o custo tende à melhorar.

5.4.4.2 VARIÁVEIS: DP (DEPENDENTE); DC (PREDITORA).

A Tabela 26 contempla informações da regressão linear, quadrática e cúbica para a dupla de variáveis informadas.

Tabela 26 - Resultados da análise de regressão (DP / DC)

Equação	p	α	R ² (%)	R ² Ajust. (%)
$DP = 4,196 + (0,4252 \times DC)$	0,007	0,05	20,2	17,8
$DP = 4,705 + (0,1452 \times DC) + (0,02751 \times DC^2)$	0,024	0,05	20,8	15,9
$DP = 4,349 + (0,524 \times DC) - (0,0627 \times DC^2) + (0,00582 \times DC^3)$	0,059	0,05	21,0	13,4

Aplicando o teste de significância para os três modelos de regressão, pode-se concluir que a associação é significativa somente para as equações linear e quadrática, uma vez que o valor-p é menor que α .

Analisando os coeficientes de determinação daquelas equações que são significativas, considerando o R² ajustado, o modelo mais parcimonioso é o linear. Segundo esta equação, 17,8% da variável dependente é explicada pela variável preditora, ou seja, é a parcela do desvio de prazo que pode ser justificado pelo desvio

de custo. Ainda pode-se destacar que 82,2% do desvio de prazo deve ser explicado por outras variáveis independentes não contempladas nesta etapa.

No Gráfico 27 ilustra-se a equação escolhida.

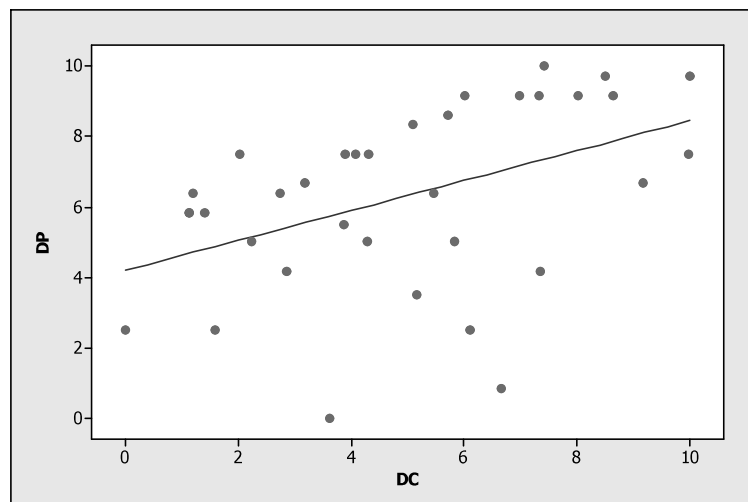


Gráfico 27 - Regressão linear (DP / DC).

Ambas as variáveis estão transformadas, ou seja, o valor 0 (zero) representa o pior e o valor 10 (dez) representa o melhor cenário para as variáveis DP e DC. Desta forma, observa-se:

- DC de 0,00 a $\approx 10,00$: há tendência de melhoria do custo, da extrapolação à redução respectivamente; nesta mesma faixa, DP varia de 4,19 a $\approx 8,45$, ou seja, o prazo tende à reduzir.

5.4.4.3 VARIÁVEIS: DC (DEPENDENTE); CAUSA GERAL (PREDITORA).

A Tabela 27 contempla informações da regressão linear, quadrática e cúbica para a dupla de variáveis informadas.

Tabela 27 - Resultados da análise de regressão (DC / Causa Geral)

Equação	p	α	R ² (%)	R ² Ajust. (%)
$DC = 7,128 - (0,4666 \times C.GERAL)$	0,015	0,05	16,6	14,1
$DC = 10,54 - (1,920 \times C.GERAL) + (0,1230 \times C.GERAL^2)$	0,022	0,05	21,2	16,3
$DC = 3,654 + (2,350 \times C.GERAL) - (0,6521 \times C.GERAL^2) + (0,04221 \times C.GERAL^3)$	0,035	0,05	23,9	16,6

Aplicando o teste de significância, pode-se concluir que a associação é significativa para as três equações, uma vez que o valor-p é menor que α para os três modelos de regressão.

Analisando os coeficientes de determinação, considerando o R² ajustado, o modelo mais parcimonioso é o cúbico. Segundo esta equação, 16,6% da variável dependente é explicada pela variável preditora, ou seja, é a parcela do desvio de custo que pode ser justificado pela variável “causa geral”. Ainda pode-se destacar que 83,4% do desvio de custo deve ser explicado por outras variáveis independentes não contempladas nesta etapa.

No Gráfico 28 ilustra-se a equação escolhida.

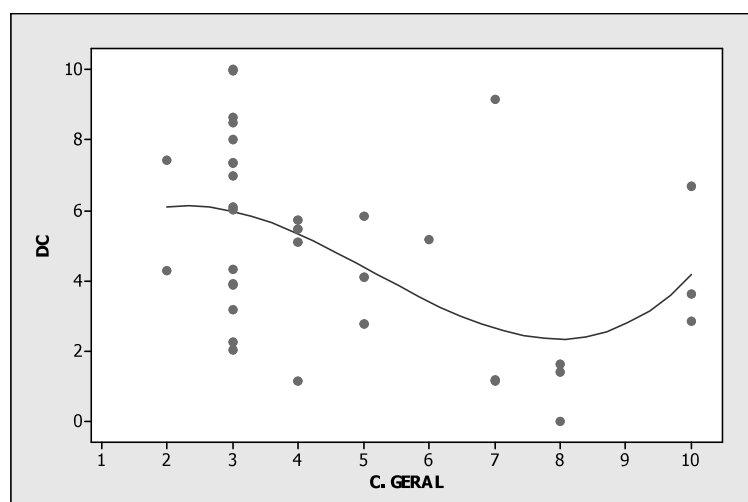


Gráfico 28 - Regressão cúbica (DC / Causa Geral).

A variável dependente DC está transformada, ou seja, o valor 0 (zero) representa o pior e o valor 10 (dez) representa o melhor cenário. Desta maneira, observa-se:

- para o intervalo “C. GERAL”, de 2,0 para 8,0, há tendência de piora do custo;
- para o intervalo “C. GERAL”, de 8,0 para 10,0, há tendência de melhora do custo.

5.4.4.4 VARIÁVEIS: DC (DEPENDENTE); CAUSA INTERNA (PREDITORA).

A Tabela 28 contempla informações da regressão linear, quadrática e cúbica para a dupla de variáveis informadas.

Tabela 28 - Resultados da análise de regressão (DC / Causa Interna)

Equação	p	α	R ² (%)	R ² Ajust. (%)
$DC = 7,221 - (1,036 \times C.INT.)$	0,001	0,05	29,7	27,6
$DC = 6,904 - (0,649 \times C.INT.) - (0,0777 \times C.INT.^2)$	0,003	0,05	30,1	25,7
$DC = 7,170 - (1,332 \times C.INT.) + (0,274 \times C.INT.^2) - (0,0468 \times C.INT.^3)$	0,010	0,05	30,4	23,6

Aplicando o teste de significância, pode-se concluir que a associação é significativa para as três equações, uma vez que o valor-p é menor que α para os três modelos de regressão.

Analisando os coeficientes de determinação, considerando o R² ajustado, o modelo mais parcimonioso é o linear. Segundo esta equação, 27,6% da variável dependente é explicada pela variável preditora, ou seja, é a parcela do desvio de custo que pode ser justificado pela variável “causa interna”. Ainda pode-se destacar que 72,4% do desvio de custo deve ser explicado por outras variáveis independentes não contempladas nesta etapa.

No Gráfico 29 ilustra-se a equação escolhida.

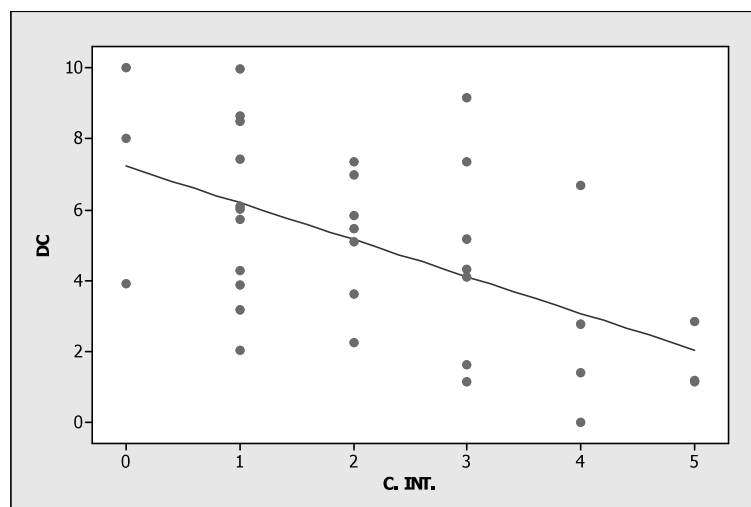


Gráfico 29 - Regressão linear (DC / Causa Interna).

A variável dependente DC está transformada, ou seja, o valor 0 (zero) representa o pior e o valor 10 (dez) representa o melhor cenário. Desta maneira, observa-se:

- para o intervalo “C. INTERNA”, de 0,0 para 5,0, há tendência de piora do custo.

5.4.4.5 VARIÁVEIS: DC (DEPENDENTE); CAUSA EXTERNA (PREDITORA).

A Tabela 29 contempla informações da regressão linear, quadrática e cúbica para a dupla de variáveis informadas.

Tabela 29 - Resultados da análise de regressão (DC / Causa Externa)

Equação	p	α	R ² (%)	R ² Ajust. (%)
DC = 5,413 – (0,1896 x C.EXT.)	0,512	0,05	1,3	0,0
DC = 5,164 + (0,0124 x C.EXT.) – (0,0286 x C.EXT. ²)	0,784	0,05	1,5	0,0
DC = 4,873 + (0,459 x C.EXT.) - 0,1843 x C.EXT. ²) + (0,01371 x C.EXT. ³)	0,907	0,05	1,7	0,0

Aplicando o teste de significância, pode-se concluir que a associação é não significativa para as três equações, uma vez que o valor-p é maior que α para os três modelos de regressão.

5.4.4.6 VARIÁVEIS: DC (DEPENDENTE); CAUSA INSUMO (PREDITORA).

A Tabela 30 contempla informações da regressão linear, quadrática e cúbica para a dupla de variáveis informadas.

Tabela 30 - Resultados da análise de regressão (DC / Causa Insumo)

Equação	p	α	R ² (%)	R ² Ajust. (%)
DC = 6,302 – (0,6266 x C.INS.)	0,044	0,05	11,7	9,0
DC = 6,690 – (1,007 x C.INS.) + (0,0633 C.INS. ²)	0,122	0,05	12,3	6,8
DC = 6,384 – (0,394 x C.INS.) – (0,1919 x C.INS. ²) + (0,02620 x C.INS. ³)	0,232	0,05	12,7	4,3

Aplicando o teste de significância para os três modelos de regressão, pode-se concluir que a associação é significativa somente para a equação linear, uma vez que o valor-p é menor que α .

Analisando os coeficientes de determinação, considerando o R² ajustado, o único modelo parcimonioso é o linear. Segundo esta equação, 9,0% da variável dependente é explicada pela variável preditora, ou seja, é a parcela do desvio de custo que pode ser justificado pela variável “causa insumo”. Ainda pode-se destacar que 91,0% do desvio de custo deve ser explicado por outras variáveis independentes não contempladas nesta etapa.

No Gráfico 30 ilustra-se a equação escolhida.

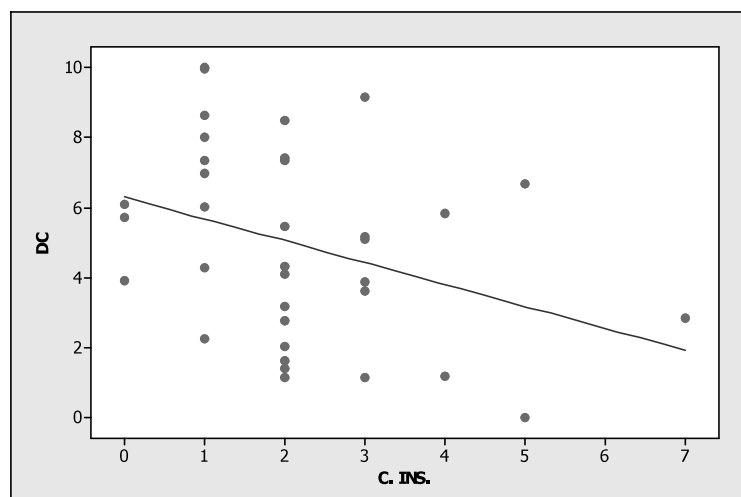


Gráfico 30 - Regressão linear (DC / Causa Insumo).

A variável dependente DC está transformada, ou seja, o valor 0 (zero) representa o pior e o valor 10 (dez) representa o melhor cenário. Desta maneira, observa-se:

- para o intervalo “C. INSUMO”, de 0,0 para 7,0, há tendência de piora do custo.

5.4.4.7 VARIÁVEIS: DC (DEPENDENTE); CAUSA BACK OFFICE (PREDITORA).

A Tabela 31 contempla informações da regressão linear, quadrática e cúbica para a dupla de variáveis informadas.

Tabela 31 - Resultados da análise de regressão (DC / Causa *Back Office*)

Equação	p	α	R ² (%)	R ² Ajust. (%)
$DC = 6,260 - (0,9046 \times C.BCKOFFC)$	0,020	0,05	15,4	12,8
$DC = 6,201 - (0,803 \times C.BCKOFFC) - (0,0252 \times C.BCKOFFC^2)$	0,069	0,05	15,4	10,1
$DC = 5,879 + (0,874 \times C.BCKOFFC) - (1,345 \times C.BCKOFFC^2) + (0,2348 \times C.BCKOFFC^3)$	0,116	0,05	17,1	9,1

Aplicando o teste de significância para os três modelos de regressão, pode-se concluir que a associação é significativa somente para a equação linear, uma vez que o valor- p é menor que α .

Analisando os coeficientes de determinação, considerando o R^2 ajustado, o único modelo parcimonioso é o linear. Segundo esta equação, 12,8% da variável dependente é explicada pela variável preditora, ou seja, é a parcela do desvio de custo que pode ser justificado pela variável “causa *back office*”. Ainda pode-se destacar que 87,2% do desvio de custo deve ser explicado por outras variáveis independentes não contempladas nesta etapa.

No Gráfico 31 ilustra-se a equação escolhida.

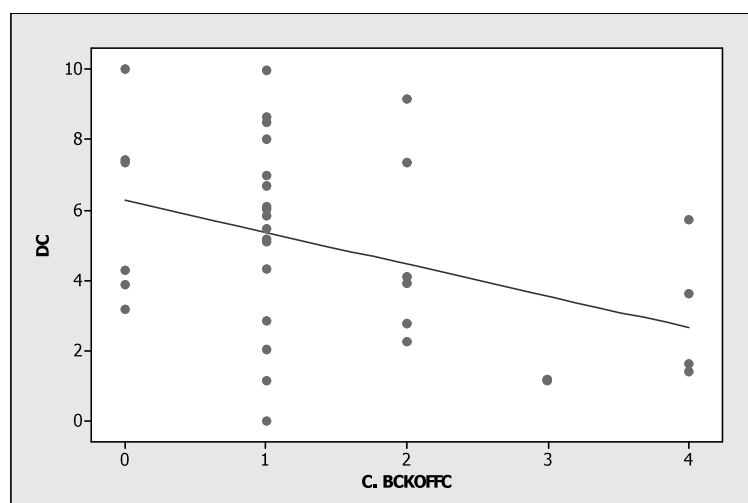


Gráfico 31 - Regressão linear (DC / Causa Back Office).

A variável dependente DC está transformada, ou seja, o valor 0 (zero) representa o pior e o valor 10 (dez) representa o melhor cenário. Desta maneira, observa-se:

- para o intervalo “C. BACKOFFICE”, de 0,0 para 4,0, há tendência de piora do custo.

5.4.4.8 VARIÁVEIS: DC (DEPENDENTE); CAUSA CLIENTE (PREDITORA).

A Tabela 32 contempla informações da regressão linear, quadrática e cúbica para a dupla de variáveis informadas.

Tabela 32 - Resultados da análise de regressão (DC / Causa Cliente)

Equação	p	α	R ² (%)	R ² Ajust. (%)
DC = 4,938 + (0,0034 x C.CLIENTE)	0,995	0,05	0,0	0,0
DC = 5,051 – (0,304 x C.CLIENTE) + (0,1042 x C.CLIENTE ²)	0,962	0,05	0,2	0,0
DC = 4,852 + (1,624 x C.CLIENTE) – (1,538 x C.CLIENTE ²) + (0,3089 x C.CLIENTE ³)	0,847	0,05	2,5	0,0

Aplicando o teste de significância, pode-se concluir que a associação é não significativa para as três equações, uma vez que o valor-p é maior que α para os três modelos de regressão.

5.4.4.9 VARIÁVEIS: DP (DEPENDENTE); CAUSA GERAL (PREDITORA).

A Tabela 33 contempla informações da regressão linear, quadrática e cúbica para a dupla de variáveis informadas.

Tabela 33 - Resultados da análise de regressão (DP / Causa Geral)

Equação	p	α	R ² (%)	R ² Ajust. (%)
DP = 9,722 – (0,7309 x C.GERAL)	<0,001	0,05	45,6	43,9
DP = 7,540 + (0,1978 x C.GERAL) – (0,07861 x C.GERAL ²)	<0,001	0,05	47,7	44,4
DP = 7,749 + (0,068 x C.GERAL) – (0,0551 x C.GERAL ²) – (0,00128 x C.GERAL ³)	<0,001	0,05	47,7	42,6

Aplicando o teste de significância, pode-se concluir que a associação é significativa para as três equações, uma vez que o valor-p é menor que α para os três modelos de regressão.

Analisando os coeficientes de determinação, considerando o R^2 ajustado, o modelo mais parcimonioso é o quadrático. Segundo esta equação, 44,4% da variável dependente é explicada pela variável preditora, ou seja, é a parcela do desvio de prazo que pode ser justificado pela variável “causa geral”. Ainda pode-se destacar que 55,6% do desvio de prazo deve ser explicado por outras variáveis independentes não contempladas nesta etapa.

No Gráfico 32 ilustra-se a equação escolhida.

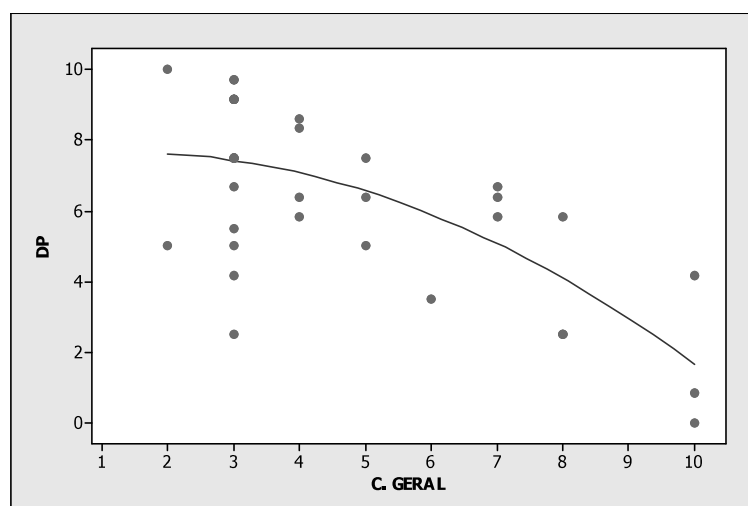


Gráfico 32 - Regressão quadrática (DP / Causa Geral).

A variável dependente DP está transformada, ou seja, o valor 0 (zero) representa o pior e o valor 10 (dez) representa o melhor cenário. Desta forma, observa-se:

- para o intervalo “C. GERAL”, de 2,0 para 10,0, há tendência de piora do prazo.

5.4.4.10 VARIÁVEIS: DP (DEPENDENTE); CAUSA INTERNA (PREDITORA).

A Tabela 34 contempla informações da regressão linear, quadrática e cúbica para a dupla de variáveis informadas.

Tabela 34 - Resultados da análise de regressão (DP / Causa Interna)

Equação	p	α	R ² (%)	R ² Ajust. (%)
$DP = 8,149 - (0,8416 \times C.INT.)$	0,005	0,05	21,9	19,5
$DP = 9,059 - (1,954 \times C.INT.) + (0,2233 \times C.INT.^2)$	0,010	0,05	25,2	20,5
$DP = 8,624 - (0,835 \times C.INT.) - (0,3536 \times C. INT.^2) + (0,0768 \times C. INT.^3)$	0,023	0,05	26,0	18,9

Aplicando o teste de significância, pode-se concluir que a associação é significativa para as três equações, uma vez que o valor-p é menor que α para os três modelos de regressão.

Analizando os coeficientes de determinação, considerando o R² ajustado, o modelo mais parcimonioso é o quadrático. Segundo esta equação, 20,5% da variável dependente é explicada pela variável preditora, ou seja, é a parcela do desvio de prazo que pode ser justificado pela variável “causa interna”. Ainda pode-se destacar que 79,5% do desvio de prazo deve ser explicado por outras variáveis independentes não contempladas nesta etapa.

No Gráfico 33 ilustra-se a equação escolhida.

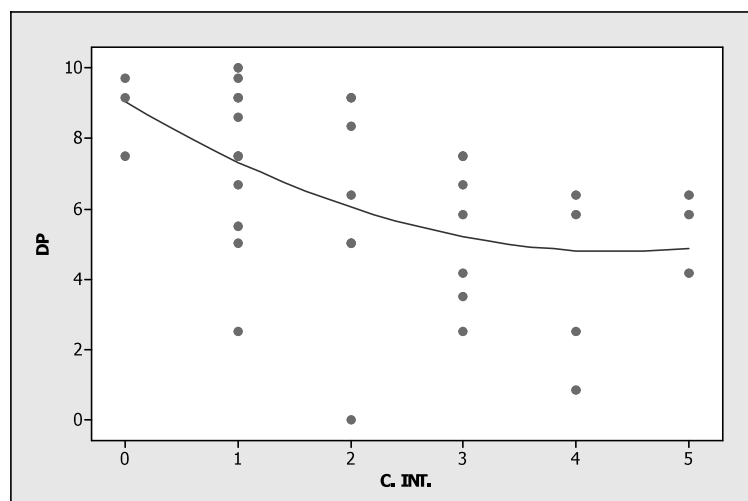


Gráfico 33 - Regressão quadrática (DP / Causa Interna).

A variável dependente DP está transformada, ou seja, o valor 0 (zero) representa o pior e o valor 10 (dez) representa o melhor cenário. Desta maneira, observa-se:

- para o intervalo “C. INTERNA”, de 0,0 para $\approx 4,0$, há tendência de piora do prazo.

5.4.4.11 VARIÁVEIS: DP (DEPENDENTE); CAUSA EXTERNA (PREDITORA).

A Tabela 35 contempla informações da regressão linear, quadrática e cúbica para a dupla de variáveis informadas.

Tabela 35 - Resultados da análise de regressão (DP / Causa Externa)

Equação	p	α	R ² (%)	R ² Ajust. (%)
$DP = 8,504 - (0,8879 \times C.EXT.)$	<0,001	0,05	32,3	30,2
$DP = 6,849 + (0,4586 \times C.EXT.) - (0,1904 \times C.EXT.^2)$	<0,001	0,05	41,8	38,2
$DP = 5,626 + (2,332 \times C.EXT.) - (0,8435 \times C.EXT.^2) + (0,05748 \times C.EXT.^3)$	<0,001	0,05	46,5	41,3

Aplicando o teste de significância, pode-se concluir que a associação é significativa para as três equações, uma vez que o valor-p é menor que α para os três modelos de regressão.

Analisando os coeficientes de determinação, considerando o R^2 ajustado, o modelo mais parcimonioso é o cúbico. Segundo esta equação, 41,3% da variável dependente é explicada pela variação da variável preditora, ou seja, é a parcela do desvio de prazo que pode ser justificado pela variável “causa externa”. Ainda pode-se destacar que 58,7% do desvio de prazo deve ser explicado por outras variáveis independentes não contempladas nesta etapa.

No Gráfico 34 ilustra-se a equação escolhida.

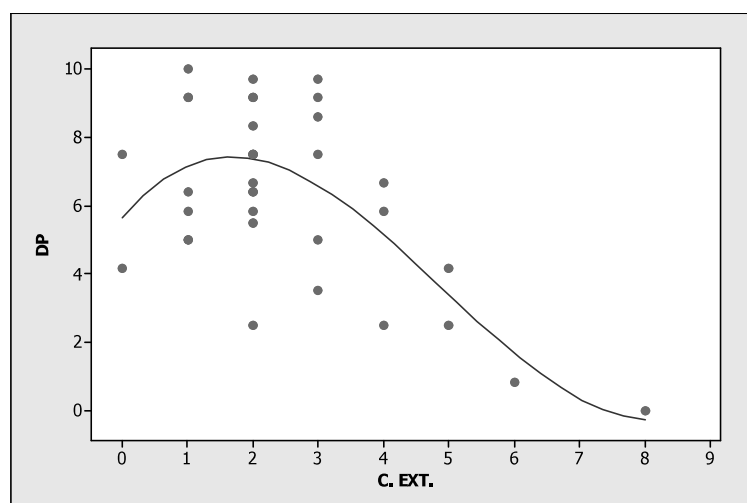


Gráfico 34 - Regressão cúbica (DP / Causa Externa).

A variável dependente DP está transformada, ou seja, o valor 0 (zero) representa o pior e o valor 10 (dez) representa o melhor cenário. Desta maneira, observa-se:

- para o intervalo “C. EXTERNA”, de 0,0 para $\approx 2,0$, há tendência de melhora do prazo;
- para o intervalo “C. EXTERNA”, de $\approx 2,0$ para 8,0, há tendência de piora do prazo.

5.4.4.12 VARIÁVEIS: DP (DEPENDENTE); CAUSA INSUMO (PREDITORA).

A Tabela 36 contempla informações da regressão linear, quadrática e cúbica para a dupla de variáveis informadas.

Tabela 36 - Resultados da análise de regressão (DP / Causa Insumo)

Equação	p	α	R ² (%)	R ² Ajust. (%)
$DP = 7,979 - (0,7746 \times C.IN\S.)$	0,007	0,05	20,0	17,5
$DP = 7,682 - (0,4832 \times C.IN\S.) - (0,0485 \times C.IN\S.^2)$	0,026	0,05	20,4	15,4
$DP = 6,281 + (2,322 \times C.IN\S.) - (1,216 \times C.IN\S.^2) + (0,1199 \times C.IN\S.^3)$	0,010	0,05	30,2	23,5

Aplicando o teste de significância, pode-se concluir que a associação é significativa para as três equações, uma vez que o valor-p é menor que α para os três modelos de regressão.

Analisando os coeficientes de determinação, considerando o R² ajustado, o modelo mais parcimonioso é o cúbico. Segundo esta equação, 23,5% da variável dependente é explicada pela variável preditora, ou seja, é a parcela do desvio de prazo que pode ser justificado pela variável “causa insumo”. Ainda pode-se destacar que 76,5% do desvio de prazo deve ser explicado por outras variáveis independentes não contempladas nesta etapa.

No Gráfico 35 ilustra-se a equação escolhida.

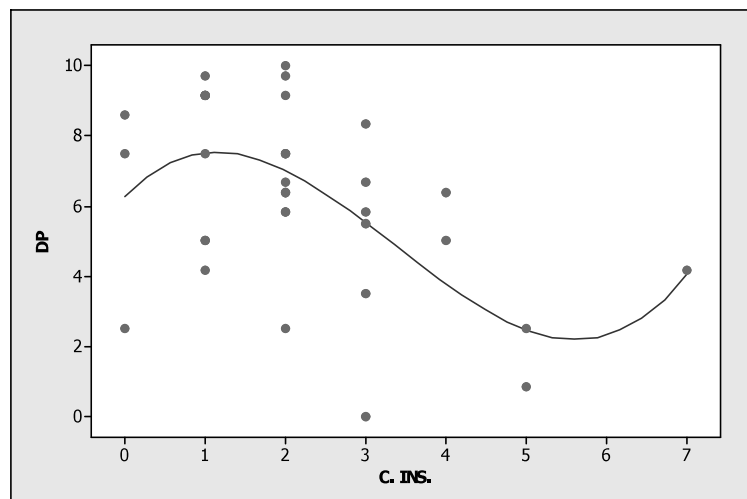


Gráfico 35 - Regressão cúbica (DP / Causa Insumo).

A variável dependente DP está transformada, ou seja, o valor 0 (zero) representa o pior e o valor 10 (dez) representa o melhor cenário. Desta forma, observa-se:

- para o intervalo “C. INSUMO”, de 0,0 para $\approx 1,0$ e de $\approx 6,0$ para $\approx 7,0$, há tendência de melhora do prazo;
- para o intervalo “C. INSUMO”, de $\approx 1,0$ para $\approx 6,0$, há tendência de piora do prazo;

5.4.4.13 VARIÁVEIS: DP (DEPENDENTE); CAUSA BACK OFFICE (PREDITORA).

A Tabela 37 contempla informações da regressão linear, quadrática e cúbica para a dupla de variáveis informadas.

Tabela 37 - Resultados da análise de regressão (DP / Causa Back Office)

Equação	p	α	R ² (%)	R ² Ajust. (%)
DP = 7,324 – (0,7050 x C.BCKOFFC)	0,058	0,05	10,5	7,7
DP = 7,365 – (0,774 x C.BCKOFFC) + (0,0171 x C.BCKOFFC ²)	0,171	0,05	10,5	4,9
DP = 7,684 – (2,439 x C.BCKOFFC) + (1,327 x C.BCKOFFC ²) – (0,2331 x C.BCKOFFC ³)	0,246	0,05	12,3	3,9

Aplicando o teste de significância, pode-se concluir que a associação é não significativa para as três equações, uma vez que o valor-p é maior que α para os três modelos de regressão.

5.4.4.14 VARIÁVEIS: DP (DEPENDENTE); CAUSA CLIENTE (PREDITORA).

A Tabela 38 contempla informações da regressão linear, quadrática e cúbica para a dupla de variáveis informadas.

Tabela 38 - Resultados da análise de regressão (DP / Causa Cliente)

Equação	p	α	R ² (%)	R ² Ajust. (%)
DP = 7,969 – (1,582 x C.CLIENTE)	<0,001	0,05	34,5	32,5
DP = 7,387 – (0,0018 x C.CLIENTE) – (0,5362 x C.CLIENTE ²)	<0,001	0,05	41,7	38,1
DP = 7,041 + (3,353 x C.CLIENTE) – (3,394 x C.CLIENTE ²) + (0,5378 x C.CLIENTE ³)	<0,001	0,05	49,5	44,6

Aplicando o teste de significância, pode-se concluir que a associação é significativa para as três equações, uma vez que o valor-p é menor que α para os três modelos de regressão.

Analisando os coeficientes de determinação, considerando o R² ajustado, o modelo mais parcimonioso é o cúbico. Segundo esta equação, 44,6% da variável dependente é explicada pela variação da variável preditora, ou seja, é a parcela do desvio de prazo que pode ser justificado pela variável “causa cliente”. Ainda pode-se destacar que 55,4% do desvio de prazo deve ser explicado por outras variáveis independentes não contempladas nesta etapa.

No Gráfico 36 ilustra-se a equação escolhida.

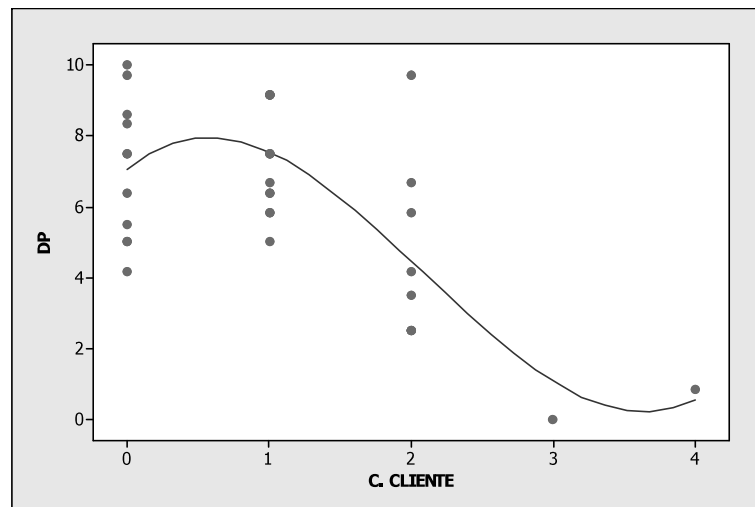


Gráfico 36 - Regressão cúbica (DP / Causa Cliente).

A variável dependente DP está transformada, ou seja, o valor 0 (zero) representa o pior e o valor 10 (dez) representa o melhor cenário. Desta maneira, observa-se:

- para o intervalo “C. CLIENTE”, de $\approx 1,0$ para $\approx 4,0$ e 0, há tendência de piora do prazo.

6 CONCLUSÕES

As conclusões acerca dos resultados de desvios de prazo e custo, caracterização das amostras e ocorrências das causas de não cumprimento de tarefas, foram realizadas sob duas perspectivas.

6.1 PRIMEIRA PERSPECTIVA – SEGUNDO EMPREENDIMENTO E DESEMPENHO

A primeira perspectiva considera resultados quanto à caracterização dos empreendimentos e desempenho das obras referente a prazo e custo, portanto conclui-se que:

- para os grupos de obras “indústria” e “instituto” ocorreram os maiores módulos de DC. Considerando a pequena representatividade destes grupos na amostra, esta imprecisão pode estar encadeada com a pouca maturidade da empresa nestes nichos;
- a maturidade da empresa e a qualidade das informações cedidas pelo contratante influenciam no planejamento. O elevado nível de incertezas, durante a orçamentação, pode inviabilizar a captação de novos contratos;
- os sobrecustos isolados, seja para grupo ou tipologia, não prejudicaram o resultado global da empresa. Portanto, é importante avaliar o impacto de um DC isolado na amostra global e compreender que novos nichos contribuem para o *know how* da empresa, contribuindo em novas oportunidades, mesmo que seja em detrimento do lucro;
- todos os grupos apresentaram extrapolação do prazo previsto. Portanto, evidencia que as informações disponibilizadas pelos contratantes são demasiadamente incipientes e, por isto, inadequadas para a contratação;
- no nível grupo, segundo atividades fim, ficou mais evidente que há uma relação entre custo e prazo. Neste cenário, os maiores desvios de prazo estão associados à maiores desvios de custo.

6.2 SEGUNDA PERSPECTIVA – SEGUNDO CAUSAS E DESVIOS

A segunda perspectiva considera os resultados estatísticos sob uma visão gerencial acerca das ocorrências geradoras de desvios de custo e prazo, sendo que a matriz destes apontamentos foi estratificada segundo um espectro do processo executivo e partes interessadas. Desta forma pode-se concluir:

- quanto aos setores, considerando as ocorrências registradas, “mão de obra” e “cliente” correspondem juntas por 52,8% do total das ocorrências; enquanto, o setor “equipamentos” corresponde por apenas 1,0%. Logo é possível concentrar as atenções naqueles setores com maior poder de impacto nos desvios;
- quanto à divisão de causas, considerando as ocorrências registradas, é possível identificar que apenas 30% das divisões correspondem por mais de 51,0% dos apontamentos, sendo: “Baixa produtividade”, “Aditivo escopo”, “Falha na solicitação do recurso”, “Atraso distribuidor de materiais”, “Modificações pelo cliente”, “Conflito entre frente de trabalho”, “Atraso de projeto”, “Problema executivo não previsto”. Em contrapartida, 30% das divisões correspondem por apenas 12,2% dos apontamentos, sendo: “Erro de dimensionamento de mão de obra”, “Substituição empreiteira”, “Perda/Consumo não previsto de material”, “Paralisação pelo cliente”, “Afastamento por acidente”, “Defeito de equipamento”, “Interferência terceiros contratados pelo cliente”, e “Alterações de projetos”. Logo é possível concentrar as atenções naquelas divisões com maior poder de impacto nos desvios.

6.2.1 CORRELAÇÕES E REGRESSÕES - VARIÁVEL DEPENDENTE: DC

Quanto aos resultados de correlação, considerando a variável desvio de custo (DC) como variável dependente, tem-se o resumo apresentado na Tabela 39.

Tabela 39 - Resumo das correlações (Variável dependente: DC)

Correlação			
Variável X	Variável Y	Relação	
DP	DC	direta	significante
Causa geral	DC	inversa	significante
Causa interna	DC	inversa	significante
Causa externa	DC	inversa	não significativa
Causa insumo	DC	inversa	significante
Causa <i>back office</i>	DC	inversa	significante
Causa cliente	DC	direta	não significativa

Quanto aos resultados de regressão, considerando a variável desvio de custo (DC) como variável dependente, tem-se o resumo apresentado na Tabela 40.

Tabela 40 - Resumo das regressões (Variável dependente: DC)

Regressão		
Relação	Equação escolhida	R ² Ajust. (%)
DC; DP	$DC = 5,445 - (1,168 \times DP) + (0,1481 \times DP^2)$	33,3
DC; C. GERAL	$DC = 3,654 + (2,350 \times C.GERAL) - (0,6521 \times C.GERAL^2) + (0,04221 \times C.GERAL^3)$	16,6
DC; C. INT.	$DC = 7,221 - (1,036 \times C.INT.)$	27,6
DC; C. EXT.	Não apresentou regressão significativa	
DC; C. INS.	$DC = 6,302 - (0,6266 \times C.INS.)$	9,0
DC; C. <i>BACK OFFICE</i>	$DC = 6,260 - (0,9046 \times C.BCKOFFC)$	12,8
DC; C. CLIENTE	Não apresentou regressão significativa	

Logo é possível concluir que:

- a redução de prazo tende a reduzir os custos, as variáveis DP e DC apresentaram equação com o maior R² calculado. É evidente que os gastos fixos de uma obra ocorrem em função do prazo;
- quanto maior o valor das variáveis “causa geral”, “causa interna”, “causa insumo” e “causa *back office*”, menor será o valor transformado de DC, ou seja, há tendência de piora do resultado quanto ao custo. Resultado esperado visto que estas variáveis preditoras contemplam ocorrências não previstas;
- a equação da variável “causa interna” apresentou o segundo maior R² calculado. Esta variável justifica o resultado, visto que as ocorrências “escassez de mão de obra”, “improdutividade”, “conflitos entre frentes de trabalho”, “falhas na solicitação do recurso”, “problemas executivos”, entre outros, oneram os serviços por retrabalhos e dilatam o prazo;
- na Figura 14 ilustra-se as variáveis “causa” que apresentaram associação significativa com DC, seus respectivos R² e setores englobados. Observa-se que os setores “mão de obra” e “planejamento” representam elevado potencial de impacto no custo.

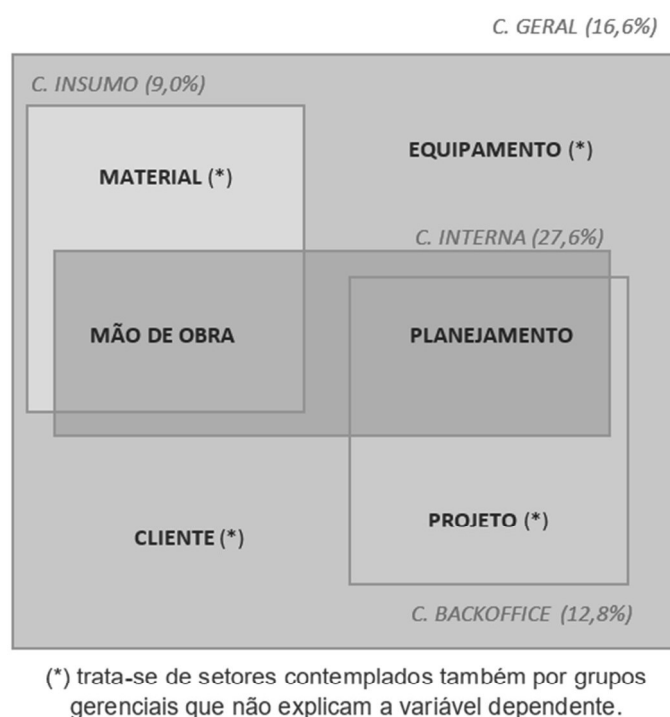


Figura 14 - Variáveis “causa” com associação significativa com DC

- as variáveis “causa externa” e “causa cliente” não explicam a variável dependente DC.

6.2.2 CORRELAÇÕES E REGRESSÕES - VARIÁVEL DEPENDENTE: DP

Quanto aos resultados de correlação, considerando a variável desvio de prazo (DP) como variável dependente, tem-se o resumo apresentado na Tabela 41.

Tabela 41 - Resumo das correlações (Variável dependente: DP)

Correlação			
Variável X	Variável Y	Relação	
DC	DP	direta	significante
Causa geral	DP	inversa	significante
Causa interna	DP	inversa	significante
Causa externa	DP	inversa	significante
Causa insumo	DP	inversa	significante
Causa <i>back office</i>	DP	inversa	não signif.
Causa cliente	DP	inversa	significante

Quanto aos resultados de regressão, considerando a variável desvio de prazo (DP) como variável dependente, tem-se o resumo apresentado na Tabela 42.

Tabela 42 - Resumo das regressões (Variável dependente: DP)

Regressão		
Relação	Equação escolhida	R ² Ajust. (%)
DP; DC	$DP = 4,196 + (0,4252 \times DC)$	17,8
DP; C. GERAL	$DP = 7,540 + (0,1978 \times C.GERAL) - (0,07861 \times C.GERAL^2)$	44,4
DP; C. INT.	$DP = 9,059 - (1,954 \times C.INT.) + (0,2233 \times C.INT.^2)$	20,5
DP; C. EXT.	$DP = 5,626 + (2,332 \times C.EXT.) - (0,8435 \times C.EXT.^2) + (0,05748 \times C.EXT.^3)$	41,3
DP; C. INS.	$DP = 6,281 + (2,322 \times C.INS.) - (1,216 \times C.INS.^2) + (0,1199 \times C.INS.^3)$	23,5
DP; <i>BACK OFFICE</i>	Não apresentou regressão significativa	
DP; CLIENTE	$DP = 7,041 + (3,353 \times C.CLIENTE) - (3,394 \times C.CLIENTE^2) + (0,5378 \times C.CLIENTE^3)$	44,6

Logo é possível concluir que:

- quanto maior o valor de DC, maior será o valor de DP, porém a equação com estas duas variáveis apresentou o menor R² calculado. Conforme informado pela supervisão da empresa, não houve carência de recursos financeiros por parte dos contratantes que provocasse o aumento dos prazos de obra, para conter o fluxo de desembolso, ou prejuízo financeiro da contratada que forçasse a redução dos prazos de obra para mitigação dos custos fixos. Desta forma, não se justifica a variação de prazo devido ao custo;
- quanto maior o valor das variáveis preditoras “causa geral”, “causa externa”, “causa cliente”, “causa interna” e “causa insumo”, menor será o valor transformado de DP, ou seja, há tendência de piora do resultado quanto ao prazo. Três destas preditoras apresentaram elevado coeficiente de determinação, acima de 41%, e apenas as últimas duas apresentaram resultados abaixo de 24%. Resultado esperado visto que estas variáveis contemplam ocorrências não previstas. Algumas técnicas são possíveis de

serem aplicadas para mitigar a dilatação de prazo, porém “tempo” é recurso não recuperável e sensível à modificações;

- a equação da variável “causa cliente” apresentou o maior R^2 calculado. Resultado esperado visto que as divisões de causa deste grupo afetam diretamente o prazo de obra, como “modificações”, “aditivo de escopo”, “paralisação”, “indefinição”, “atraso de materiais do cliente” e “interferências de serviços de terceiros contratados pelo cliente”;
- a equação da variável “causa geral” apresentou o segundo maior R^2 calculado. Trata-se de resultado anunciado visto a sensibilidade do “prazo” frente à quaisquer ocorrências não previstas, que geram incremento de atividades, demandam correção e determinam prazo para execução;
- a equação da variável “causa externa” apresentou o terceiro maior R^2 calculado. Este resultado é justificado visto que trata-se de setores alheios ao controle direto da empresa, desta forma as ocorrências apresentam considerável potencial de impacto no prazo;
- a equação da variável “causa insumo” foi o segundo menor valor de R^2 calculado. Esta variável contempla os setores “mão de obra”, “material” e “equipamento”, considerando que o primeiro é de domínio da empresa e que o último tem a menor representatividade, este resultado é justificado;
- a equação da variável “causa interna” teve o menor R^2 calculado. Por se tratar de setores de domínio da empresa, sob poder de controle, o resultado apontado corresponde às expectativas;
- apenas a variável “causa *back office*” não explica a variável dependente DP.

6.3 BOAS PRÁTICAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Apesar da empresa não possuir implantado um processo formal de planejamento e controle da produção, algumas atividades de PCP foram identificadas na rotina gerencial de obra, como:

- Planejamento e controle gráfico gerencial: o cronograma de barras é gerado pela gerência respeitando o prazo total de contrato e um simples

acompanhamento gráfico é realizado como informativo ao cliente e à supervisão;

- Planejamento e acompanhamento de curto prazo: reuniões semanais de produção, entre gerente e engenheiro de obras, para planejamento semanal e acompanhamento das tarefas em execução;
- Tratativa de restrições: reuniões de produção, comumente por semana, para identificação e diagnóstico das tarefas não executadas conforme planejadas. Nesta ocasião, o gerente busca ou fornece as devidas diretrizes de solução, faz as necessárias intervenções e verifica as programações futuras junto aos empreiteiros, fornecedores de materiais e definições de projetos;
- Alinhamento de informações: reuniões rotineiras, comumente por quinzena, são realizadas com os setores de arquitetura, produção, planejamento e suprimentos, para nivelamento de informações, esclarecimento de dúvidas, definição e acompanhamento de pendências entre obra e *back office*;
- Controles de custo de materiais: toda autorização de fornecimento deve ser aprovada pela direção após gerência/suprimentos apresentar estudo comparativo com o custo previsto. Usualmente são realizados relatórios de acompanhamento dos custos incorridos e comprometidos (medidos e não pagos) e comparativo ao previsto;
- Controle de custo de serviços: toda ordem de serviço deve ser aprovada pela direção após a gerência apresentar estudo comparativo com o custo previsto. Estas ordens de serviço devem ser realizadas por serviço e não por empreiteiro, desta forma o controle de pagamento e recebimento de serviços é simplificado e alcança melhor nível de confiança. Usualmente são realizados relatórios de acompanhamento dos custos incorridos e comprometidos (medidos e não pagos) e comparativo ao previsto;
- *Kick off* de contrato: antes de iniciar cada obra é realizada apresentação dos custos de orçamento, planejamento e projetos, entre diretoria, arquitetura, planejamento, suprimentos, gerência e engenheiro de obra. Também é apresentada uma matriz de responsabilidades aos novos colaboradores dos diversos setores da empresa;
- Detalhamento de tarefas: os gerentes apresentam às suas equipes a matriz de atividades de obra que contém a responsabilidade de cada colaborador da

operação, sendo: gerente, engenheiro, estagiário e encarregado. Estas atividades estão desmembradas em cronograma, projetos, materiais, equipamentos, mão de obra, manutenção, organização e limpeza.

6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após fundamentação teórica sob notórias bibliografias acerca de assuntos relacionados ao tema deste trabalho, estudo de documentos, realização de pesquisa estruturada sobre 40 (quarenta) obras, cálculos e análise de resultados, pode-se realizar as seguintes considerações finais:

- a maturidade da empresa, nos determinados grupos de obra, exerce grande influência nos resultados quanto ao prazo e custo;
- o elevado nível de incertezas das informações disponibilizadas pelo contratante, durante o processo de orçamentação, interfere na captação de novas obras devido à majoração dos riscos envolvidos;
- a diversificação na tipologia das obras executadas é uma grande aliada na formação de pessoas e maturidade da empresa. O resultado financeiro avaliado deve considerar o consolidado por período das obras concluídas, pois, desta forma, é possível gerar *know how* em tipologias inéditas em detrimento de lucros isolados;
- o prazo apresenta comportamento mais sensível que o custo diante das ocorrências apontadas. O PCP e os conceitos de administração contratual tornam-se indispensáveis no controle e tratamento das causas destes apontamentos;
- devido os custos fixos temporais característicos de obra, a variação de prazo gera impacto considerável no econômico, podendo ser negativo ou positivo;
- condições incipientes de contratação geram abundante interferência por parte do cliente, evidenciado pela elevada quantidade de ocorrências, demandando contrato com escopo adequado e bem definido;
- mão de obra apresenta grande influência nos resultados, evidenciado pela elevada quantidade de ocorrências, devido aos turnos de trabalho e demanda por profissionais qualificados;

- para os setores que a empresa possui considerável controle e influência, as ocorrências relacionadas geram impacto de menor vulto nos resultados;
- identificada lacuna quanto à aplicação das técnicas de planejamento e controle da produção e, conseqüentemente, potencial melhoria de resultados;

Desta maneira, considerando o exposto anterior, pode-se certificar a validade das hipóteses expostas no capítulo Metodologia, através das evidências neste trabalho, descritas a seguir:

- Hipótese 01 - Quanto maior a ocorrência de variáveis preditoras, maiores serão os desvios de prazo e custo;
- Hipótese 02 - Quanto maior o desvio de prazo, maior será o desvio de custo.

Este trabalho contempla diagnóstico das principais causas de desvios de custo e prazo, portanto contribui com elementos práticos e teóricos para a gestão de obras referente ao planejamento e controle da produção. Considerando os resultados alcançados, sugere-se boas práticas de PCP, complementares àquelas já aplicadas pela empresa, adaptadas de Bernardes (2001):

- Padronização do PCP: a padronização dos processos gerenciais visa garantir a uniformidade de processos, aumentar a produtividade, reduzir as ineficiências, definir parâmetros de melhoria e formalizar a capacidade tecnológica da empresa. No entanto, esta formalização somente será eficaz se houver associação de treinamento dos colaboradores envolvidos e desenvolvimento de manuais sobre condução do PCP;
- Hierarquização dos planos: deverão ser estabelecidas metas nos diversos níveis de planejamento e, para mitigar as incertezas e reduzir retrabalhos de preparação dos planos, necessita haver detalhamento próximo da execução do plano;
- Análise qualitativa dos processos: no intuito de elevar o desempenho da produção, através de reuniões semanais no canteiro de obras, é necessário envolver a equipe gerencial e operacional no diagnóstico e melhoria dos processos produtivos e logística de canteiro. Neste momento deve ser

realizada apenas uma abordagem qualitativa das atividades na eminência ou em execução;

- Análise dos fluxos físicos: esta etapa busca reduzir as perdas do processo produtivo ligado ao abastecimento da obra de insumos e recursos. Estas falhas imputam níveis de incerteza que podem ser combatidos com restrições do plano de curto prazo, ações para redução das interferências das metas, relação de confiança com os fornecedores e criação de buffers de tempo e recurso nas interfaces das atividades;
- Formalização do planejamento de curto prazo: esta formalização deve ocorrer sistematicamente para reduzir incertezas, designar metas e controlar a produção. O plano de curto prazo, *Last Planner System*, deve ocorrer semanalmente e envolver o nível operacional, através dos encarregados de obra, e estar formalizado em planilha com apontamento de responsável e data para conclusão;
- Indicadores de desempenho: neste momento, para que seja subsídio de tomadas de decisão estratégica, a empresa deve decidir o que medir, como fazer, tratar e avaliar os dados. Estes indicadores devem estabelecer padrões desejados, ser divulgados e engajar colaboradores na busca da melhoria contínua. É recomendado que, associado ao LPS, haja indicadores de Planejamento e controle da produção, para os diversos níveis da empresa;
- Ações corretivas: esta prática pode ser desenvolvida junto ao acompanhamento do indicador Percentual de Programação Concluída (PPC) e através da análise de interferências identificadas na produção. Logo, esta ação promove melhoria dos processos de planejamento e produção, tornando os planos mais confiáveis e adequados às equipes de obra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 15.575 / 2013, Edificações habitacionais — Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais.

ACKOFF, R. **Planejamento Empresarial**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos Editora S.A., 1976.

ALARCÓN, L. F.; DIETHELM, S.; ROJO, O.; CALDERON, R. **Assessing th impacts of implementing lean construction**. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 13., 2005, Sidney. Disponível em: www.iglc.net. *apud* MOURA, C. B. **Avaliação do Impacto do Sistema Last Planner no Desempenho de Empreendimentos da Construção Civil**, Porto Alegre. 2008.

AKKARI, A; BULHÕES, I; FORMOSO, C. **Indicadores obtidos com a informatização do planejamento e controle de produção**. Conferência latino-americana de construção sustentável: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. São Paulo / SP. 2004.

ANGELIM, V. L., ALVES, T. D. C. L., LIMA, M. M. X. D., BARROS NETO, J. D. P. **Planejamento de médio prazo: panorama de sua aplicação na construção civil**. Ambiente Construído, Porto Alegre, jan./mar. 2020.

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência**. Filosofia e prática da pesquisa. 2ª ed, São Paulo, Cengage Learning, 2012.

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.

BALLARD, H. G.; HOWELL, A. **Competing Construction Management Paradigms**. Lean Construction Journal, 2004 *apud* OLIVIERI, H., GRANJA, A. D., PICCHI, F. A. **Planejamento tradicional, Location-Based Management System e Last Planner System: Um modelo integrado**. Porto Alegre, 2016.

BALLARD, H. G. **The last planner system of production control**. Birmingham, 2000. 192 f. Ph.D., University of Birmingham, Birmingham, 2000 *apud* ANGELIM, V. L., ALVES, T. D. C. L., LIMA, M. M. X. D., BARROS NETO, J. D. P. **Planejamento de médio prazo: panorama de sua aplicação na construção civil**, Porto Alegre, 2020.

BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. **Current process benchmark for the Last Planner System**. Lean Construction Journal, Berkeley, p. 57-89, 2016 *apud* ANGELIM, V. L., ALVES, T. D. C. L., LIMA, M. M. X. D., BARROS NETO, J. D. P. **Planejamento de médio prazo: panorama de sua aplicação na construção civil**, Porto Alegre, 2020.

BALLARD, G.; HOWELL, G. **PARC: A Case Study**. In: Annual Conference on the International Group for Lean Construction, 4, Birmingham, UK, 1996 *apud* BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas de Construção**, Porto Alegre, 2001.

Ballard, G. (1994). **The last planner**. In Proceedings of the Spring Conference Northern California Construction Institute Publication. Monterey: Lean Construction Institute. Recuperado em 01 dezembro de 2014, de http://www.leanconstruction.dk/media/18187/The_Last_Planner_.pdf *apud* MAGALHÃES, R. M., MELLO, L. C. B. B., BANDEIRA, R. A. M. **Planejamento e controle de obras civis: estudo de caso múltiplo em construtoras no Rio de Janeiro**, São Carlos, 2018.

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

BUCHMANN-SLORUP, R. **Criticality in Location-Based Management of Construction**. Denmark, 2012. 202 f. Thesis (Ph.D.) - Department of Management Engineering, Technical University of Denmark, Denmark, 2012 *apud* OLIVIERI, H., GRANJA, A. D., PICCHI, F. A. **Planejamento tradicional, Location-Based Management System e Last Planner System: Um modelo integrado**, Porto Alegre, 2016.

CODINHOTO, R.; MINOZZO, D. L.; HOMIRICH, M.C.A.L.R **Análise de Restrições: definições e indicadores de desempenho**. III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, UFSCar, São Carlos. 2003.

COSTA, D. B.; FORMOSO, C. T.; LIMA, H. M. R.; BARTH, K. B. Sistema de indicadores para bechmarking na construção civil: manual de utilização. Curso de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005 *apud* MOURA, C. B. **Avaliação do Impacto do Sistema Last Planner no Desempenho de Empreendimentos da Construção Civil**, Porto Alegre. 2008.

Coelho, H. O. **Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2003.

FERREIRA, R. P.; CARRANZA, E. G. R. ; RUESCAS, A. R. . **Retrofit: uma contribuição para a sustentabilidade no caso Citicenter**. XVI Fórum Ambiental, Alta Paulista, São Paulo. Junho, 2020.

FORMOSO, C.;BERNADES, M.; OLIVEIRA,L.; OLIVEIRA,K. **Termo de Referência para o Processo de Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras**, Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 1999.

FORMOSO, C. **A Knowledge Based Framework for Planning House Build Projects** Ph.D. Thesis. University of Salford. Department of Quality and Building Surveying, 1991 *apud* AKKARI, A; BULHÕES, I; FORMOSO, C. **Indicadores obtidos com a informatização do planejamento e controle de produção.** Conferência latino-americana de construção sustentável: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. São Paulo / SP. 2004.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T.; **Métodos de Pesquisa.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

HAIR, J. F., ANDERSON, R. E., TATHAM, R. L., BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados.** São Paulo: Bookman, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PAIC - Pesquisa Anual da Indústria da Construção.** Publicações, 2020. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/54/paic_2020_v30_informativo.pdf. Acesso em: 15 de agosto de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PAIC - Pesquisa Anual da Indústria da Construção.** Publicações, 2020. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/54/paic_2020_v30_notas_tecnicas.pdf. Acesso em: 15 de agosto de 2022.

LIKER J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Trad. Ribeiro L. B. Porto Alegre: Bookman, 2005 *apud* ANGELIM, V. L., ALVES, T. D. C. L., LIMA, M. M. X. D., BARROS NETO, J. D. P. **Planejamento de médio prazo: panorama de sua aplicação na construção civil,** Porto Alegre, 2020.

LOWE, R. H. et al. **A Comparison of Location-Based Scheduling With the Traditional Critical Path Method.** In: ANNUAL MEETING AMERICAN COLLEGE OF CONSTRUCTION LAWYERS, San Francisco, 2012. Proceedings. San Francisco, 2012 *apud* OLIVIERI, H., GRANJA, A. D., PICCHI, F. A. **Planejamento tradicional, Location-Based Management System e Last Planner System: Um modelo integrado,** Porto Alegre, 2016.

Koskela, L. **Application of the new production philosophy in Construction.** Stanford University 1992 *apud* MAGALHÃES, R. M., MELLO, L. C. B. B., BANDEIRA, R. A. M. **Planejamento e controle de obras civis: estudo de caso múltiplo em construtoras no Rio de Janeiro,** São Carlos, 2018.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy in Construction.** Stanford University: Center for Integrated Facility Engineering. 1992.

LARSON, R.; FARBER, B. **Estatística aplicada.** 6. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda, 2015.

MAGALHÃES, R. M., MELLO, L. C. B. B., BANDEIRA, R. A. M. **Planejamento e controle de obras civis: estudo de caso múltiplo em construtoras no Rio de Janeiro.** Gestão & Produção, São Carlos, 2018.

MARIANO, D. A., **O panorama atual da requalificação de edifícios de escritórios na cidade de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2012.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. 1ª ed. São Paulo: Pini, 2010.

MELLO, L. C .B. B.; DE AMORIM, S.R.L. **O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise em relação à União Europeia e aos Estados Unidos**. Produção, 2009.

Mendes, R., Jr. (1999). **Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos** (Tese de doutorado). Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis *apud* MAGALHÃES, R. M., MELLO, L. C. B. B., BANDEIRA, R. A. M. **Planejamento e controle de obras civis: estudo de caso múltiplo em construtoras no Rio de Janeiro**, São Carlos, 2018.

MODER, J. J.; PHILLIPS, C. R.; DAVIS, E. W. **Project Management with CPM, PERT and Precedence Diagramming**. 3. ed., New York. Van Nostrand Reinhold Company, 1983.

Moore, G. B., & Yin, R. K. (1983). **Innovations in earthquake and natural hazards research: Unreinforced masonry**. Washington, DC: COSMOS Corporation *apud* YIN, R.K. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**, Porto Alegre, 2001.

MOURA, C. B. **Avaliação do Impacto do Sistema Last Planner no Desempenho de Empreendimentos da Construção Civil**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2008.

OLIVIERI, H., GRANJA, A. D., PICCHI, F. A. **Planejamento tradicional, Location-Based Management System e Last Planner System: Um modelo integrado**. Ambiente Construído. Porto Alegre. Março. 2016.

PEREIRA, M. D. C. **Análise de indicadores de planejamento e desempenho de empreendimentos da construção civil**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

POLIT, D. F.; BECK, C. T.; HUNGLER, B. P. **Fundamentos de pesquisa em enfermagem: métodos, avaliação e utilização**. Trad. de Ana Thorell. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004 *apud* GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T.; **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Guia PMBOK: Um Guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. 6ª edição, Pennsylvania: PMI, 2017.

ÍNDICE NACIONAL DA CONSTRUÇÃO CIVIL, JULHO 2021. Disponível em <portalibre.fgv.br/sites/default/files/2021-08/incc-m_fgv_press-release_jul21.pdf>. Acesso em: 16 de junho 2022.

SHELLER, Fernando. **A onda do “retrofit” no mercado de escritórios**. O Estado de SP, São Paulo, jan/2012. Disponível em: <www.scsa.com.br/en/noticia/the-wave-of-retrofit-in-the-office-market-o-estado-de-sp/>. Acesso em: abril 2021.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: Do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SOARES, R. Henry Gantt. Programa Brasil, Tecnologia, finanças, projetos e administração. 2008. Disponível em: <<http://www.programabrasil.org/henry-gantt/>>. Acesso em: 15 maio. 2021.

TRIOLA, M. **Elementary Statistics**. 11ed. Boston: Pearson Education, Inc. 2010.

TURNER, J. R. **The Handbook of Project-Based Management: Improving the process for achieving atrategic objectives**. London: McGraw – Hill, 1993 *apud* MOURA, C. B. **Avaliação do Impacto do Sistema Last Planner no Desempenho de Empreendimentos da Construção Civil**, Porto Alegre. 2008.

YIN, R.K. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**. 2ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

APÊNDICE A – Tabela resumo de desvios de custo e prazo, originais e transformados

OBRA Nº	DC	DP	DC TRANSFORMADO	DP TRANSFORMADO
1	13,22	0,00	2,03	7,50
2	-17,66	66,67	6,67	0,83
3	Outlier - unidade amostral descartada;			
4	-34,29	8,33	9,17	6,67
5	Outlier - unidade amostral descartada;			
6	Outlier - unidade amostral descartada;			
7	16,04	50,00	1,60	2,50
8	7,74	33,33	2,85	4,17
9	-12,03	25,00	5,83	5,00
10	8,43	11,11	2,75	6,39
11	2,68	75,00	3,61	0,00
12	-11,24	-11,11	5,71	8,61
13	-29,88	-22,22	8,51	9,72
14	Outlier - unidade amostral descartada;			
15	-26,59	-16,67	8,02	9,17
16	19,23	16,67	1,13	5,83
17	Outlier - unidade amostral descartada;			
18	18,82	11,11	1,19	6,39
19	-19,70	-16,67	6,98	9,17
20	0,76	0,00	3,90	7,50
21	1,04	20,00	3,86	5,50
22	-9,60	11,11	5,46	6,39
23	26,71	50,00	0,00	2,50
24	5,60	8,33	3,17	6,67
25	-13,32	-16,67	6,02	9,17
26	-7,65	40,00	5,17	3,50
27	-7,13	-8,33	5,09	8,33
28	17,38	16,67	1,40	5,83
29	-39,57	0,00	9,97	7,50
30	19,26	16,67	1,12	5,83
31	-0,43	0,00	4,08	7,50
32	-1,77	25,00	4,28	5,00
33	-13,83	50,00	6,10	2,50
34	-22,06	-16,67	7,33	9,17
35	-22,10	33,33	7,34	4,17
36	-22,63	-25,00	7,42	10,00
37	-1,94	0,00	4,31	7,50
38	-39,78	-22,22	10,00	9,72
39	11,83	25,00	2,24	5,00
40	-30,73	-16,67	8,64	9,17

APÊNDICE B – Matriz de ocorrências por grupo gerencial

OBRA Nº	C. GERAL	C. INT.	C. EXT.	C. INS.	C. BCKOFFC	C. CLIENTE
1	3	1	2	2	1	0
2	10	4	6	5	1	4
3	Outlier - unidade amostral descartada;					
4	7	3	4	3	2	2
5	Outlier - unidade amostral descartada;					
6	Outlier - unidade amostral descartada;					
7	8	3	5	2	4	2
8	10	5	5	7	1	2
9	5	2	3	4	1	0
10	5	4	1	2	2	1
11	10	2	8	3	4	3
12	4	1	3	0	4	0
13	3	1	2	2	1	0
14	Outlier - unidade amostral descartada;					
15	3	0	3	1	1	1
16	7	5	2	3	3	1
17	Outlier - unidade amostral descartada;					
18	7	5	2	4	3	0
19	3	2	1	1	1	1
20	3	0	3	0	2	1
21	3	1	2	3	0	0
22	4	2	2	2	1	1
23	8	4	4	5	1	2
24	3	1	2	2	0	1
25	3	1	2	1	1	1
26	6	3	3	3	1	2
27	4	2	2	3	1	0
28	8	4	4	2	4	2
29	3	1	2	1	1	1
30	4	3	1	2	1	1
31	5	3	2	2	2	1
32	2	1	1	1	0	1
33	3	1	2	0	1	2
34	3	2	1	2	0	1
35	3	3	0	1	2	0
36	2	1	1	2	0	0
37	3	3	0	2	1	0
38	3	0	3	1	0	2
39	3	2	1	1	2	0
40	3	1	2	1	1	1

