



ROBERT EDUARDO COOPER ORDOÑEZ

Proposta para Uso da Corrente Crítica no Gerenciamento de Múltiplos Projetos

61/2013

**CAMPINAS
2013**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

ROBERT EDUARDO COOPER ORDOÑEZ

Proposta para Uso da Corrente Crítica no Gerenciamento de Múltiplos Projetos

Orientador: Prof. Dr. Olívio Novaski

Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica, na área de Materiais e Processos de Fabricação.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO
FINAL DA TESE DEFENDIDA PELO(A) ALUNO(A)
Robert Eduardo Cooper Ordoñez
E ORIENTADA PELO(A) PROF(A). DR(A).....
Olívio Novaski

O. Novaski
.....
ASSINATURA DO(A) ORIENTADOR(A)

**CAMPINAS
2013**

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva – CRB 8/5974

C784p Cooper Ordoñez, Robert Eduardo, 1973-
Proposta para uso da corrente crítica no gerenciamento de múltiplos
projetos / Robert Eduardo Cooper Ordoñez. – Campinas, SP: [s.n.], 2013.

Orientador: Prof. Dr. Olívio Novaski.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de
Engenharia Mecânica.

1. Corrente crítica. 2. Análise de regressão logística. 3. Agenda de
execução (administração). 4. Administração de projetos. I. Novaski, Olívio,
1955-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia
Mecânica. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Proposal for use of the critical chain in multiple project management.

Palavras-chave em Inglês:

Critical chain

Logistic regression analysis

Scheduling (management)

Project management

Área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação.

Titulação: Doutor em Engenharia Mecânica.

Banca examinadora:

Olívio Novaski [Orientador]

Iris Bento da Silva

Oswaldo Luiz Agostinho

Norival Ferreira dos Santos Neto

Carlos Alberto dos Santos Passos

Data da defesa: julho 23 de 2013

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Mecânica

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO**

TESE DE DOUTORADO

**Proposta para Uso da Corrente Crítica no
Gerenciamento de Múltiplos Projetos**

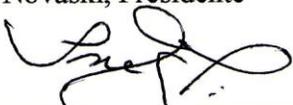
Autor: Robert Eduardo Cooper Ordoñez

Orientador: Prof. Dr. Olívio Novaski

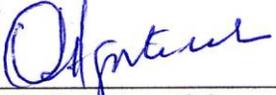
A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Tese:



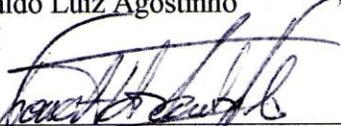
Prof. Dr. Olívio Novaski, Presidente
Unicamp/FEM



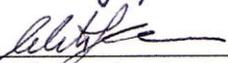
Prof. Dr. Iris Bento da Silva
Unicamp/FEM



Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho
Unicamp/FEM



Prof. Dr. Norival Ferreira dos Santos Neto
UEM/DEM



Prof. Dr. Carlós Alberto dos Santos Passos
CTI/Campinas

Campinas, 23 de julho de 2013

Dedicatória

Dedico este trabalho a Diana Lucía, minha esposa, por ser o ponto de inflexão na minha vida, pelo amor, pelo caminho percorrido até agora, pela “nova vida” que poderemos criar. Por ser minha inspiração, por ser feita de titânio.

Agradecimentos

Por volta do ano de 1676, *Sir Isaac Newton* escreveu: “se vi mais longe foi por estar de pé sobre ombros de gigantes”.

Uso essa frase como inspiração para escrever estas linhas, pois o presente trabalho não poderia ter sido concluído sem o apoio de diversas pessoas e instituições que contribuíram de uma ou outra forma para sua realização. Nesta história particular, que aqui se apresenta narrada na forma do método científico, são eles os gigantes, o suporte sem o qual não poderia ter tido a possibilidade de olhar ao horizonte.

Primeiramente, quero agradecer a Diana, minha parceira na vida, pelas reflexões, apoio, alegria, diversão e principalmente por me dar o equilíbrio de que tanto precisava.

Ao meu orientador, o Prof. Dr. Olívio Novaski, por aceitar formar uma equipe de trabalho, pelas perguntas na hora certa e por me dar a possibilidade de voltar a “beber do vinho tinto” depois de ter passado pela “água”. A motivação voltou, junto com a criatividade.

Aos diretores da empresa Cortag Indústria e Comércio Ltda, o Sr. Carlos e a Dona Claudete, por permitir que esta pesquisa fosse desenvolvida na sua organização.

Ao Sr. Carlos Guardia, diretor da Cortag, por acreditar no projeto, pela confiança e principalmente pelas lições sobre perseverança. Pelas doses de motivação e energia. Meu respeito e admiração por sempre.

Ao pessoal do departamento de engenharia da Cortag: Rogério, Fabrício, Robson e Weriton; recursos humanos: Janaína; e muito especialmente ao Leandro, pelo trabalho em equipe. Para todos eles e os demais colaboradores da Cortag, minha gratidão.

Aos meus colegas de estudo: a Élen, pelas conversas e pelos “fatores críticos de sucesso” e muito especialmente ao Jefferson, pelas discussões acadêmicas, pela colaboração e o apoio sempre oportuno.

Ao prof. Dr. Dirceu da Silva da FE/Unicamp e à Luciana Oriqui, pelas recomendações nas análises estatísticas

Na nossa jornada pela vida encontramos diversas pessoas, às vezes, algumas que inicialmente achamos dificultam o nosso caminho, sem encontrar explicação para isso. Porém, quando olhamos para trás, percebemos que provavelmente apareceram para ajudar a encontrar nosso destino ou simplesmente para nos fazer refletir e iniciar outra jornada, quem sabe a maior de todas: uma viagem ao nosso interior.

Todavia, felizmente, aparecem outras pessoas, que embora não tenham inicialmente um motivo específico, entram em nossas vidas e atuam como pais, mães ou irmãos, com bondade e desinteresse, com intenções nobres. A elas também quero prestar minha homenagem:

Aos meus grandes amigos-pais Geraldo e sua esposa Maria Helena, pelo carinho e apoio incondicional.

Ao Sr. Orestes e sua esposa Sônia, por nós fazer sentir mais um membro da sua família.

Ao prof. Dr. Marcelo de Carvalho Reis, por ter chegado na hora certa.

À Minha sogra, a Profa. Dra. Blanca Lucía Ospina Giraldo, pela força em todos os momentos, pelas reflexões e pelos “*llegalitos*”. *Muchas gracias*.

Menção especial merecem meus pais, Eduardo e Flor, pois cada degrau que eu suba na minha formação pessoal ou profissional, vai ser em grande parte pelos ensinamentos que eles me deram, pela FÉ, pela LUTA. Obrigado por ser o melhor “arco” que o ser supremo escolheu para dirigir a flecha do meu destino. “*Papá, mamá, siempre estarán en mí*”.

Obrigado a Deus, energia pura e divina, na qual somos como redemoinhos no rio da vida.

Por fim, quero agradecer às entidades que apoiaram meus estudos:

No Brasil, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de doutorado e à Cortag, pela bolsa-pesquisa-empresa.

Na Colômbia, à Colfuturo, por fazer possível minha viagem ao Brasil.

“Parece que a reputação científica e as qualidades pessoais nem sempre caminham lado a lado; para mim uma pessoa harmoniosa é mais válida do que o mais sofisticado criador de fórmulas ou inventor de sistemas”.

Albert Einstein.

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo propor um modelo para usar os conceitos da Corrente Crítica no gerenciamento de sistemas de múltiplos projetos. Para tal, foi desenvolvida uma pesquisa aplicada, de natureza qualitativa, em ambiente real. As variáveis estudadas foram definidas considerando a revisão da literatura científica e um estudo de campo realizado com antecipação à aplicação do modelo, o qual busca, por meio de uma visão sistêmica, gerenciar melhor a incerteza presente na estimativa de tempo das atividades dos projetos. As diretrizes da pesquisa-ação foram usadas para verificar o funcionamento do modelo e para o levantamento dos dados que posteriormente foram analisados por meio da técnica estatística Regressão Logística Binária. Essa técnica possibilitou encontrar o nível de impacto das variáveis de influência sobre a resposta do sistema, assim como as relações entre essas variáveis. Os dados analisados permitem sugerir que o modelo proposto funciona adequadamente e que os resultados obtidos poderiam ser trasladados do contexto estudado para outros contextos, contribuindo desta forma para o aprimoramento do método da Corrente Crítica.

Palavras-chave: Modelo, Corrente Crítica, gerenciamento de múltiplos projetos, regressão logística.

Abstract

The present work aims to propose a model for using the Critical Chain concepts for multiple projects management. To this, it developed an applied research in a real environment. Variables were defined considering scientific literature review and a field study carried out in advance of the application model, which seeks, through a systemic view, a better manage of the uncertainty present in the estimated time of project activities. The guidelines of action-research were used to check the performance of the model and the data collection were later analyzed by statistical technique: Binary Logistic Regression. This technique makes possible to find the impact level of influence variables and the relation with de system response, as well the relationships between them. The analyzed data may suggested that the proposed model works properly and that results could be transferred from de studied context to other contexts, thus contributing to the improvement of the Critical Chain method.

Key Words: Model, Critical Chain, Multiple Projects Management, Logistic Regression.

Lista de Ilustrações

Figura 2.1	Procedimento para elaboração de cronogramas usando os conceitos CCPM....	21
Figura 2.2	Gráfico de controle do uso do pulmão de projeto.....	27
Figura 2.3	Sequencia de aplicação do método CCPM em ambiente de multiprojetos.....	40
Figura 2.4	Diagrama de ciclo do retrabalho em gerenciamento de projetos.....	44
Figura 2.5	Evolução no tempo dos principais tópicos do método CCPM.....	46
Figura 2.6	Distribuição das referências utilizadas no trabalho.....	47
Figura 3.1	Classificação da pesquisa.....	50
Figura 3.2	Proposta de modelo.....	62
Figura 3.3	Modelo de método misto.....	71
Figura 4.1	Matriz de Complexidade e Incerteza dos projetos.....	74
Figura 4.2	Curvas comparativas entre o tempo real e planejado, Projeto P-01.....	82
Figura 4.3	Consumo de pulmão de tempo. Projeto P-01.....	83
Figura 4.4	Nível de carga de trabalho ao longo do ciclo de vida do sistema.....	84
Figura 4.5	Divisão em períodos das atividades do sistema de projetos.....	92
Figura 4.6	Frequência de ocorrência das variáveis de influência no sistema de múltiplos projetos.....	106
Figura 4.7	Frequência de ocorrência das variáveis de influência para 27 atividades.....	107
Figura 4.8	Frequência de ocorrência das variáveis de influência para 19 atividades.....	108
Figura 4.9	Comportamento da variável de resposta.....	109
Figura 4.10	Diagrama de ciclo das variáveis de influência.....	114

Lista de Tabelas

Tabela 4.1	Informação de resposta.....	93
Tabela 4.2	Dados obtidos do primeiro processamento.....	94
Tabela 4.3	Testes de ajuste do modelo.....	95
Tabela 4.4	Dados obtidos do segundo processamento.....	95
Tabela 4.5	Testes de ajuste do modelo. Segundo processamento.....	96
Tabela 4.6	Dados obtidos do terceiro processamento.....	97
Tabela 4.7	Testes de ajuste do modelo. Terceiro processamento.....	97
Tabela 4.8	Dados obtidos do quarto processamento.....	98
Tabela 4.9	Testes de ajuste do modelo. Quarto processamento.....	98
Tabela 4.10	Dados obtidos do quinto processamento.....	99
Tabela 4.11	Testes de ajuste do modelo. Quinto processamento.....	99
Tabela 4.12	Medidas de associação.....	100
Tabela 4.13	Análise primeiro período. Quarto processamento.....	102
Tabela 4.14	Testes de ajuste do modelo. Primeiro período. Quarto processamento.....	103
Tabela 4.15	Medidas de associação. Primeiro período.....	103

Lista de Quadros

Quadro 2.1	Mecanismos que afetam o gerenciamento do tempo em projetos.....	15
Quadro 2.2	Principais questionamentos ao método da Corrente Crítica.....	18
Quadro 2.3	Publicações que analisam a aplicação da Corrente Crítica.....	18
Quadro 2.4	Diferenças metodológicas entre CCPM e CPM/PERT.....	22
Quadro 2.5	Métodos recentes para calcular o tamanho de pulmão de projeto.....	26
Quadro 3.1	Variáveis no gerenciamento de projetos.....	51
Quadro 3.2	Variáveis no gerenciamento do tempo em projetos usando CCPM.....	52
Quadro 3.3	Estado de progresso dos projetos do grupo piloto até final de 2012.....	53
Quadro 3.4	Fatores que influenciam no cumprimento dos prazos dos projetos do grupo piloto.....	54
Quadro 3.5	Variáveis mensuráveis no gerenciamento do tempo em multiprojetos.....	56
Quadro 3.6	Duração inicial dos projetos.....	60
Quadro 3.7	Considerações sobre aplicação de conceitos CCPM na amostra.....	65
Quadro 4.1	Atributos complexidade e incerteza dos projetos.....	74
Quadro 4.2	Técnicas aplicadas e características dos projetos.....	76
Quadro 4.3	Comparação de carga de trabalho planejada.....	78
Quadro 4.4	Duração dos projetos aplicando o método CCPM.....	79
Quadro 4.5	Avanço dos projetos até final de maio de 2013.....	86
Quadro 4.6	Faixa de classificação do tipo de sucesso em gerenciamento de projetos....	86
Quadro 4.7	Fatores Críticos de Sucesso para o projeto P-01.....	87
Quadro 4.8	Fatores Críticos de Sucesso para o projeto P-02.....	88
Quadro 4.9	Fatores Críticos de Sucesso para o projeto P-03.....	88
Quadro 4.10	Fatores Críticos de Sucesso para o projeto P-04.....	89
Quadro 4.11	Grupos direcionadores com menor valor.....	90
Quadro 4.12	Variáveis do grupo direcionador monitoramento e controle.....	91
Quadro 4.13	Avaliação dos resultados alcançados pelo modelo proposto.....	116
Quadro 4.14	Respostas sugeridas aos questionamentos sobre aplicação do método CCPM.....	117
Quadro 4.15	Resultados de validação da pesquisa.....	119

Lista de Abreviaturas e Siglas

Siglas

CCPM	<i>Critical Chain Project Management</i> – Método da Corrente Crítica.
COM	<i>Critical Path Method</i> – Método do Caminho Crítico.
EAP	Estrutura Analítica do Projeto.
FCS	Fatores Críticos de Sucesso.
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> – Análise do Modo e Efeito de Falha.
OR	<i>Odds Ratio</i> – Razão de probabilidade.
PERT	<i>Program Evaluation and Review Technique</i> – Técnica de Revisão e Avaliação de programa.
PMBOK®	<i>Project Management Body of Knowledge</i> (Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos), Guia do PMI®.
PMI®	<i>Project Management Institute</i> (Instituto de Gerenciamento de Projetos).
QFD	<i>Quality Function Deployment</i> – Desdobramento da Função Qualidade.
RLB	Regressão Logística Binária.
SPSS 20	<i>Statistical Package for The Social Sciences</i> – versão 20 (Software Estatístico para Ciências Sociais).
TOC	<i>Theory of Constraints</i> – Teoria das Restrições.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivos da Pesquisa.....	4
1.1.1 Objetivo Geral.....	4
1.1.2 Objetivos Específicos.....	4
1.2 Organização dos Capítulos e Conteúdo do Trabalho.....	5
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	6
2.1 Gerenciamento de projetos.....	6
2.2 Técnicas para gerenciamento do tempo em projetos.....	10
2.2.1 Método do Caminho Crítico (CPM) e Técnica de Revisão e Avaliação de Programa (PERT).....	10
2.2.2 Método da Corrente Crítica (CCPM).....	12
2.3 Elementos característicos do método da Corrente Crítica.....	21
2.3.1 Pulmão de projeto na Corrente Crítica.....	23
2.3.2 Administração ou monitoramento do avanço do projeto.....	27
2.3.3 Síndrome do estudante e lei de Parkinson.....	28
2.3.4 Multitarefa.....	29
2.4 Incerteza e margens de segurança na estimativa de tempo das atividades.....	30
2.5 Gerenciamento de múltiplos projetos.....	34
2.5.1 Gerenciamento de múltiplos projetos usando o método da Corrente Crítica.....	38
2.6 Dinâmica de Sistemas em Gerenciamento de Projetos.....	42
2.7 Resumo do capítulo.....	45
3 MÉTODO DE PESQUISA.....	48
3.1 Método.....	48
3.2 Procedimentos de pesquisa.....	51
3.2.1 Definição das variáveis da pesquisa.....	55
3.2.2 Estrutura e aplicação do questionário.....	57
3.2.3 Unidade de análise: população e amostra.....	58
3.2.4 Proposta de modelo.....	61

3.2.5 Aplicação dos conceitos do método CCPM na amostra.....	64
3.2.6 Técnicas Estatísticas.....	65
3.2.6.1 Regressão Logística Binária.....	66
3.2.7 Validação da pesquisa.....	69
3.3 Resumo do capítulo.....	71
4 RESULTADOS, ANÁLISES E DISCUSSÕES.....	72
4.1 Aplicação do modelo no sistema de múltiplos projetos.....	72
4.2 Gerenciamento do sistema de múltiplos projetos usando o modelo proposto.....	73
4.2.1 Etapa de início.....	74
4.2.2 Etapa de planejamento.....	75
4.2.3 Etapa de execução e controle.....	76
4.2.3.1 Definir a prioridade para cada projeto.....	77
4.2.3.2 Elaboração do cronograma de cada projeto e escalonamento.....	77
4.2.3.3 Monitoramento e controle.....	81
4.2.4 Encerramento.....	85
4.2.4.1 Lições aprendidas.....	90
4.3 Aplicação do questionário e análise estatística.....	92
4.3.1 Análise por regressão logística binária do período total.....	93
4.3.2 Análise por regressão logística binária do primeiro período.....	102
4.5 Análises complementares.....	105
4.5 Outras técnicas estatísticas.....	109
4.6 Discussão dos resultados.....	111
4.6.1 Definição das variáveis de pesquisa e interações.....	112
4.6.2 Avaliação de desempenho do modelo.....	115
4.7 Validade da pesquisa.....	119
4.8 Resumo do capítulo.....	119
5 CONCLUSÕES.....	121
5.1 Elementos inovadores da pesquisa.....	122
5.2 Limitações da pesquisa.....	123
5.3 Sugestões para trabalhos futuros.....	123

REFERÊNCIAS.....	125
APÊNDICE A - Questionário.....	132
APÊNDICE B – Planilha de registro de dados.....	133
ANEXO A – Resultados da Escala de Fatores Crítico de Sucesso.....	134
ANEXO B – Saída do <i>software</i> MiniTab 16 para 46 atividades.....	138
ANEXO C – Saída do <i>software</i> MiniTab 16 para 27 atividades.....	144

1 INTRODUÇÃO

Cada vez é maior o número de empresas que estão estruturadas de forma matricial ou por projetos e, até mesmo aquelas cujo foco é somente a manufatura ou atividades repetitivas, se veem às voltas com problemas dessa natureza.

Embora para o gerenciamento do tempo em projetos sejam aplicadas técnicas desenvolvidas a partir da década de 1950, como o método do caminho crítico (CPM) ou a Técnica de Revisão e Avaliação de Programa (PERT), os projetos continuam falhando em atingir suas metas de prazo e custo.

Dessa forma, Eliyahu Goldratt propôs em 1997 um método baseado nos fundamentos da Teoria das Restrições denominado Corrente Crítica (*Critical Chain Project Management - CCPM*), para minimizar ineficiências por ele identificadas no gerenciamento de projetos da forma tradicional.

O método proposto foi acolhido por parte da comunidade de gerenciamento de projetos como sendo uma alternativa viável e que poderia trazer ganhos reais. Entretanto, o mesmo possui algumas limitações que precisam ser ponderadas na sua implementação, como é o caso do uso do método CCPM em ambiente de múltiplos projetos.

Uma primeira pesquisa bibliográfica foi realizada para determinar a relevância do assunto. O resultado dessa pesquisa permitiu confirmar que existem divergências tanto no uso dos conceitos do método CCPM quanto no seu escopo e aplicação.

Com base na revisão da literatura, apresentada em detalhe no Capítulo 2 deste trabalho, os seguintes aspectos podem ser considerados como os pontos centrais para justificar a realização da presente pesquisa:

1. Ainda persistem os questionamentos sobre a utilidade do método CCPM aplicado no gerenciamento de projetos. A maioria das análises é baseada em discussão de conceitos ou em simulações sem aprofundar em análises de casos reais.
2. São poucos os trabalhos que tratam sobre a aplicação do método CCPM em ambiente de múltiplos projetos.
3. Todos os procedimentos citados nos artigos focam em passos ou considerações para aplicar os princípios do método CCPM na elaboração do cronograma de atividades, sem

prestar atenção para a maneira como outros fatores ou variáveis diferentes à estimativa do tempo das atividades possam influenciar para conseguir terminar em tempo e cumprir o prazo estimado.

4. Não são definidas variáveis de influência nem de resposta para fazer uma análise científica onde possam ser aplicadas técnicas estatísticas para analisar os dados e avaliar o desempenho do método CCPM ou definir seu real escopo.
5. O método CCPM é recomendado como uma ferramenta apenas para estimar a duração das atividades e o desenvolvimento e controle do cronograma, tal como aparece referenciado no Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK, 2013) e em Meredith e Mantel (2012), mas o método não é mencionado como fazendo parte de um sistema ou processo maior, ou seja, considerando os fundamentos do método ou as teorias que conferem um caráter mais científico ao mesmo, tal como menciona Leach (2000).

Considerando o anteriormente exposto, o problema de pesquisa, que será objeto de estudo, pode ser detalhado respondendo às seguintes perguntas:

Qual é o problema?

O método CCPM é uma proposta relativamente nova, porém, ainda existem algumas questões a serem respondidas. Uma delas corresponde a um dos tópicos que são considerados mais controversos: o desempenho do método em ambiente de múltiplos projetos. A maioria dos problemas tratados têm um foco meramente conceitual e há poucos estudos de caso e exemplos reais analisados cientificamente que permitam ampliar a discussão e aprimorar o método.

Qual é a sua importância?

A importância de propor uma solução para o problema descrito anteriormente está no fato de se poder fazer uma análise científica que permita definir as variáveis que tem maior impacto no cumprimento dos prazos e assim obter informações que possam ajudar na definição do real escopo do método CCPM, seus benefícios e limitações quando aplicado em ambientes de múltiplos projetos e contribuir com o avanço da disciplina de gerenciamento de projetos através de técnicas ou métodos inovadores.

Qual é a proposta para resolver o problema?

Fazer uma análise dos fatores que mais influenciam no gerenciamento do tempo em projetos realizados em ambiente de múltiplos projetos aplicando os conceitos do método CCPM por meio de um modelo. Será definido um conjunto de variáveis qualitativas as quais serão analisadas por meio de técnicas estatísticas para posteriormente avaliar o desempenho do modelo em ambiente real.

Qual vai ser a contribuição do estudo para a solução do problema?

A contribuição está, principalmente, focada na aplicação dos conceitos do método CCPM em ambiente de múltiplos projetos, mas não só focando nessa técnica e sim como sendo parte de um processo mais amplo, uma visão sistêmica, por meio de um modelo, para obter dados e evidências reais que permitam uma avaliação científica da metodologia e sirvam como discussão para o aprimoramento da mesma.

Comprovar a solução proposta nesta pesquisa usando o método CCPM em ambientes de múltiplos projetos poderá contribuir ao desenvolvimento da disciplina de gerenciamento de projetos de duas formas:

- a) Como uma alternativa de modelo ou técnica para o gerenciamento do tempo. Por exemplo, Garel (2013) recomenda diferenciar entre práticas gerenciais e modelos de gestão, ou seja, recomenda direcionar os esforços na construção da evolução de modelos ao invés de focar no desenvolvimento de práticas singulares.
- b) Aportar na direção das perspectivas de aumento de pesquisa na área. Nesse sentido, Kawak e Anbari (2009) elaboraram um *ranking* de evolução de pesquisa nos últimos 50 anos na área de gestão de projetos, no qual aparece em primeiro lugar o tema relacionado com gerenciamento de portfólio e estratégia, incluindo técnicas para análise de redes e nivelamento de recursos. Os resultados da pesquisa proposta poderão se transformar em uma ferramenta básica para ajudar a gerenciar os projetos do portfólio da empresa assim como nivelamento dos recursos envolvidos nos projetos.

1.1 Objetivos da Pesquisa

Toda pesquisa é avaliada pela realização dos objetivos. Geralmente é proposto um objetivo geral e vários objetivos específicos, pois são esses que vão ser pesquisados. Devem ser mensuráveis e avaliáveis.

1.1.1 Objetivo Geral

Propor um modelo que utilize os fundamentos do método da corrente crítica para sua aplicação no gerenciamento do tempo das atividades em sistemas de múltiplos projetos.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os seguintes são os objetivos específicos definidos para atender o cumprimento do objetivo geral:

1. Definir as variáveis que influenciam no gerenciamento do tempo em projetos.
2. Estabelecer a interrelação entre variáveis e seu nível de influência no cumprimento dos tempos estimados para as atividades.
3. Analisar o desempenho do modelo quando o mesmo é usado em um sistema de múltiplos projetos.

1.2 Organização dos Capítulos e Conteúdo do Trabalho

O trabalho ora apresentado se estrutura em cinco capítulos, cujos conteúdos explicitam-se a seguir:

Capítulo 1 – Neste capítulo – a Introdução – destacam-se: a apresentação do problema de pesquisa, importância e justificativa da escolha do tema, os objetivos do trabalho e a organização dos capítulos.

Capítulo 2 – Apresenta a revisão da literatura científica com uma descrição dos conceitos relacionados com o método CCPM, os trabalhos mais relevantes a favor e contra do método seguindo uma ordem cronológica, bem como descreve as propostas para sua utilização. As informações relatadas neste capítulo são uma das principais fontes usadas para definir as variáveis de influência que posteriormente serão analisadas.

Capítulo 3 – Expõe o método utilizado no estudo para a busca da solução do problema de pesquisa, os procedimentos e técnicas usadas para a obtenção dos resultados, definição da amostra e critérios para validação do modelo proposto.

Capítulo 4 – Exibe os dados obtidos e suas análises por meio das técnicas estatísticas definidas, os resultados, discussões e as associações entre os resultados e o comportamento analisado do sistema em ambiente real.

Capítulo 5 – Mostra as considerações finais e conclusões do trabalho, no sentido de atender aos objetivos definidos para a pesquisa.

Após o desenvolvimento dos capítulos, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas no trabalho, assim como o apêndice e os anexos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Para a elaboração deste capítulo foram usadas principalmente as bases de dados *Compendex* e *Abstracts in New Technology and Engineering (ProQuest)*, as quais contêm uma indexação abrangente da literatura mundial sobre inovações de engenharia e tecnologia. Também foram consultados livros considerados referência no tema e pesquisas na *internet*, totalizando mais de 80 referências bibliográficas.

O assunto do qual trata essa revisão refere-se às metodologias de gerenciamento de projetos, e mais especificamente no que se refere à gestão do tempo em projetos, as técnicas mais usadas, assim como algumas propostas e inovações que tem surgido desde a década de 1950, época na qual apareceram as primeiras alternativas.

De igual forma, são analisadas as propostas feitas por alguns autores com o intuito de encontrar um método mais adequado para a gestão do tempo em projetos.

2.1 Gerenciamento de projetos

O gerenciamento de projetos como disciplina começou a formar-se de maneira discreta no final da década de 1950, sendo desenvolvida de diversos campos de aplicação, entre eles a engenharia civil, a engenharia mecânica e projetos militares.

Segundo Cleland (2004), provavelmente a primeira publicação que descreveu o gerenciamento de projetos foi escrita por Daniel Defoe em 1697 intitulada “*An Essay on Projects*”. No seu artigo, Cleland (2004) também descreve outras publicações realizadas entre 1959 e 1968, importantes para a disciplina de gerenciamento de projetos que começava a se formar naquela época.

No ano de 1964 a Força Aérea dos Estados Unidos anunciou uma série de manuais e políticas para organizar processos consistentes para o gerenciamento do desenvolvimento e compra de sistemas armados de defesa. Esses manuais foram conhecidos como a *Serie 375*, os quais mudaram o relacionamento entre o governo e a empresa privada, propiciando o uso de

procedimentos formais de gerenciamento de projetos e a definição de técnicas e ferramentas que posteriormente viriam a se desenvolver e que ainda é motivo de pesquisa.

Os conceitos e metodologias associadas ao gerenciamento de projetos começaram a tomar força desde finais dos anos 1980, de tal forma que começou a ser percebido que não era mais uma moda ou uma simples tendência. Os principais desenvolvimentos começaram a aparecer nos setores de serviços, indústrias de produção em massa e empresas do setor público, vindos principalmente de estudos de projetos de engenharia nos Estados Unidos. Também, as principais pesquisas sobre gerenciamento de projetos começaram a ser desenvolvidas na segunda metade da década de 1990, quando ganhou um lugar na ciência da administração como um modo organizacional e de forma mais geral, como um sistema usado para antecipar e administrar iniciativas coletivas (GAREL, 2013).

Um dos fatos mais importantes na história do desenvolvimento da disciplina de gerenciamento de projetos foi a criação em 1969 do *Project Management Institute* (PMI) e a publicação no ano de 1987 da primeira edição do Guia PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), que se encontra na sua quinta edição, correspondente ao ano 2013, o qual se converteu no pilar básico para a gestão e direção de projetos.

Mais recentemente, a norma ISO 21500: 2012 (*Guidance on Project Management*) foi emitida com o propósito de fornecer orientações sobre conceitos e processos do gerenciamento de projetos.

Segundo Kerzner (2011), o gerenciamento de projetos é o planejamento, a organização, a direção e o controle dos recursos da empresa para um objetivo de relativo curto prazo, que foi estabelecido para concluir metas e objetivos específicos.

O termo projeto, como definido pelo PMI no seu Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK, 2008), é “um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo”. Esse esforço é empreendido por meio de um processo de gerenciamento de projetos. Assim, como em qualquer outra disciplina, um processo ou metodologia é criado para que regras e padrões consistentes sejam postos em prática.

A mais recente edição do Guia PMBOK (2013) fornece diretrizes para o gerenciamento de projetos individuais, define o gerenciamento e os conceitos relacionados e descreve o ciclo de vida dos projetos e os processos envolvidos. Apresenta dez áreas de conhecimento que compreendem os elementos da gerência de projetos indicados pelo PMI. Essas áreas são as

seguintes: gerenciamento da integração do projeto, gerenciamento do escopo, gerenciamento de tempo, gerenciamento de custos, gerenciamento da qualidade, gerenciamento de recursos humanos, gerenciamento de comunicações, gerenciamento de riscos, gerenciamento de aquisições do projeto e gerenciamento de *stakeholders*.

Segundo Vargas (2009), o gerenciamento do tempo, juntamente com o gerenciamento de custos, são as mais visíveis áreas do gerenciamento de projetos e, ainda afirma, que a grande maioria das pessoas que se interessam por projetos tem como objetivo inicial controlar prazos e confeccionar cronogramas e/ou redes.

O gerenciamento do tempo é o processo necessário para assegurar que o projeto seja completado no prazo, é fundamental para a finalização do projeto com sucesso e é subdividido em seis processos: definição, sequenciamento, estimativa de recursos, estimativa da duração, desenvolvimento do cronograma e controle do cronograma (Guia PMBOK, 2008).

A definição e o sequenciamento das atividades incluem a descrição do que deve ser feito e em que ordem ou sequência. A estimativa envolve a determinação da duração necessária para a realização de cada atividade e da disponibilidade e capacidade dos recursos necessários para que a atividade seja bem desempenhada. O desenvolvimento do cronograma representa a duração do projeto em um calendário, reconhecendo simultaneamente as restrições de prazo e recurso para cada atividade. O objetivo principal do processo de elaboração do cronograma é estimar o prazo para a finalização completa do projeto. O controle de cronograma permite o reconhecimento dos fatos ocorridos e a consequente decisão para executar ações que assegurem a finalização do projeto dentro do prazo e orçamento planejados. Esses processos interagem entre si e com os das outras áreas de conhecimento.

Para o processo de estimativa da duração das atividades o Guia PMBOK (2008) recomenda o uso de algumas ferramentas e técnicas tais como: opinião especializada, estimativa análoga, estimativa paramétrica, estimativa de três pontos e análise de reservas.

A estimativa de três pontos é um conceito que se originou com a Técnica de Revisão e Avaliação de Programa (PERT). Já a análise de reserva está relacionada com a inclusão de reservas para contingências, às vezes chamadas de reservas de tempo ou pulmões (*Buffers* por sua palavra em inglês).

Para o processo de desenvolvimento do cronograma, o Guia PMBOK recomenda o uso de técnicas ou ferramentas tais como o Método do Caminho Crítico (CPM), o Método da Corrente

Crítica (CCPM), nivelamento de recursos e a análise de cenário “e se”. Ainda especifica que uma ferramenta de desenvolvimento do cronograma pode ser usada em conjunto com outros aplicativos de *software* de gerenciamento de projetos assim como com métodos manuais.

Finalmente, para o processo de controle do cronograma, o Guia PMBOK (2008) recomenda o uso de técnicas ou ferramentas tais como: Análise de desempenho, análise de variação, nivelamento de recursos e a análise de cenário “e se”. Na análise de desempenho o Guia menciona o uso de conceitos como Variação de Prazos (VPR) e o Índice de Desempenho de Prazos (IDP) se o Gerenciamento de Valor Agregado (GVA) é considerado como ferramenta de análise; assim como a comparação entre o tamanho do pulmão de tempo restante com o tamanho do pulmão de tempo necessário para proteger a data de entrega, se o conceito da Corrente Crítica é considerado.

Da mesma forma que acontece no processo de desenvolvimento do cronograma, no processo de controle do cronograma o Guia PMBOK (2008) especifica que uma ferramenta de controle do cronograma pode ser usada em conjunto com outros aplicativos de *software* de gerenciamento de projetos assim como com métodos manuais.

O gerenciamento do tempo em projetos é uma das práticas mais complexas devido à elevada quantidade de variáveis que podem impactar negativamente o cumprimento dos prazos e, conseqüentemente, na programação dos cronogramas. Por exemplo, em estudo de *Benchmarking* do ano 2009, realizado pelo PMI *Chapters Brasileiros*, foi constatado em pesquisa realizada em nível nacional, com 300 empresas, que 79% delas têm problemas com cumprimento de prazos.

Os três processos de gerenciamento do tempo (estimativa da duração, desenvolvimento do cronograma e controle do cronograma) são o foco central desta pesquisa, pois mesmo existindo as diretrizes do Guia PMBOK, os projetos de forma geral ainda apresentam dificuldades no cumprimento do prazo.

Embora existam outras alternativas propostas para lograr o gerenciamento do tempo, as quais serão apresentadas em um capítulo mais para frente, o Guia PMBOK (2008) faz referência às seguintes alternativas: O Método do Caminho Crítico (CPM), a Técnica de Revisão e Avaliação de Programa (PERT) e a mais recente delas, o Método da Corrente Crítica (CCPM).

O método CCPM foi apresentado no ano de 1997 pelo físico Eliyahu Goldratt no seu livro intitulado “Corrente Crítica”, onde propõe uma abordagem para o gerenciamento de projetos baseada na aplicação da Teoria das Restrições, ou TOC (*Theory of Constraints*), também

formulada por ele. O método proposto foi acolhido por parte da comunidade de projetos como sendo uma alternativa viável e que poderia trazer ganhos reais. Entretanto, o mesmo possui algumas limitações que precisam ser ponderadas na sua implementação (SILVA e PINTO, 2009).

2.2 Técnicas para gerenciamento do tempo em projetos

O gerenciamento do tempo é o conjunto de técnicas, metodologias e ferramentas que têm por objetivo principal garantir que o projeto seja concluído dentro do prazo determinado. Embora na prática seja um assunto complexo afetado por inúmeros fatores, a administração disciplinada do tempo é uma das chaves para o gerenciamento de projetos eficaz.

Para a maioria das pessoas, o tempo é um recurso que, quando perdido ou mal utilizado, se vai para sempre. No ambiente de gerenciamento de projetos, o tempo é mais uma restrição, e princípios eficazes de administração do tempo devem ser empregados para torná-lo um recurso (KERZNER, 2011).

Meredith e Mantel (2012) recomendam o uso das técnicas CPM, PERT e CCPM, fazendo ênfase especial no fato de que a análise e o gerenciamento dos riscos devem ser considerados como um aspecto inerente à sua aplicação. A seguir serão descritos os detalhes mais relevantes dessas técnicas.

2.2.1 Método do Caminho Crítico (CPM) e Técnica de Revisão e Avaliação de Programa (PERT)

Desde começo do século XX vários tipos de técnicas, entre elas as de Taylor e Gantt, vinham sendo utilizadas para enfrentar os problemas de planejamento e controle. Tais técnicas provaram sua utilidade no caso de problemas de grande produção, porém, não demonstraram possuir essas características desejáveis no caso de estudo de grande número de atividades interdependentes envolvendo incertezas, custos e outros fatores (BONINI, 1971).

Para Kalenatic (1993), as técnicas de planejamento e controle de projetos CPM e PERT surgiram da teoria geral de redes.

A técnica PERT foi desenvolvida pela Marinha dos Estados Unidos no ano de 1958 em cooperação com as firmas de consultores *Booz Allen Hamilton* e *Lockheed Corporation* durante o desenvolvimento do programa de submarinos nucleares *Polaris* (MEREDITH e MANTEL, 2012).

Por sua vez, o método do Caminho Crítico foi desenvolvido entre os anos 1956 a 1957 pela empresa *DuPont Inc.*, para satisfazer as necessidades da indústria química. A *DuPont* realizou a construção e ampliação de suas instalações com a cooperação da firma americana *Remington Rand*, fabricante do primeiro computador, o UNIVAC I, que foi utilizado nesse projeto, obtendo bons resultados no planejamento dos trabalhos (KALENATIC, p. 1, 1993).

Inicialmente, a técnica PERT foi mais usada para projetos de pesquisa e desenvolvimento, já o método CPM era mais usado para projetos de construção. Com o tempo, a técnica PERT começou a ser menos usada por que a maioria dos pacotes computacionais para gerenciamento de projetos que foram desenvolvidos geravam redes do tipo CPM. A essência desses dois métodos é parecida, pois identificam as atividades críticas do projeto como aquelas que não podem se atrasar e identificam aquelas que podem sofrer alterações no seu tempo de execução sem afetar o cumprimento do prazo do projeto (MEREDITH e MANTEL, 2012).

O que diferenciou marcadamente as técnicas CPM e PERT dos métodos tradicionalmente usados até sua aparição e que representou um grande avanço foi a separação nítida entre a fase de planejamento e a fase de programação. O planejamento consiste na divisão do projeto em tarefas ou atividades e a sequência em que estas devem ser executadas. A programação é o ato de colocar o plano em uma base de tempo.

Como afirma Bonini (1971), a maneira de dispor o projeto, utilizada nessas técnicas, ofereceu ao planejador uma série de informações não perceptíveis pelos métodos tradicionais, dentre as quais podem ser destacadas:

- a) Visão de conjunto do projeto.
- b) Flexibilidade, permitindo o replanejamento a qualquer instante, conforme novas circunstâncias que podem surgir.
- c) Fixação das responsabilidades dentro do projeto.

- d) Facilidade de comunicação entre os diversos grupos de execução, auxiliando a coordenação.
- e) Permite avaliar alternativas.
- f) Permite “administração por exceção”, que é um método de administração no qual o gerente do projeto recebe informações apenas dos eventos excepcionais que requerem tratamento especial ou decisões da diretoria, mas não são informados detalhes que meramente confirmam que tudo está marchando conforme planejado. Este método está relacionado com a técnica de *reporting by responsibility* e a Lei de Pareto.

Nessas técnicas, as atividades inflexíveis são denominadas críticas e a cadeia que elas formam denomina-se “caminho crítico”, que é a duração mais longa através do projeto. Há pelo menos um caminho crítico em cada projeto, podendo haver vários. O caminho crítico é aquele no qual as atividades não têm folga de tempo para começar nem para terminar.

De uma forma geral, e tal como afirmaram Bonini (1971) e Meredith e Mantel (2012), a técnica CPM é baseada em atividades e as mesmas têm duração perfeitamente determinada no cronograma. Já a técnica PERT é baseada em eventos, ou seja, o planejamento é feito baseado na incerteza, considerando que a duração das tarefas pode ser aleatória apresentando três tempos para a duração de cada tarefa: tempo mais provável, otimista e pessimista. Essas características conferem uma natureza determinística para a técnica CPM e probabilística para a técnica PERT.

As técnicas CPM e PERT continuaram evoluindo, isto pode ser observado nos trabalhos de (KIM e DE LA GARZA, 2005), (SOO-HAENG e EPPINGER, 2005), (AYTULUN e GUNERI, 2008), (LIBERATORE, 2008), (LUCKO, 2009), (MOUHOUB *et al.* 2011) e (YONG e ZHIGANG, 2011) onde se mostra como por meio de novas ferramentas e métodos matemáticos mais complexos se procura aprimorar o seu desempenho.

2.2.2 Método da Corrente Crítica (CCPM)

De forma geral, o método da Corrente Crítica (*Critical Chain Project Management*), ou CCPM por suas siglas em inglês, é um método para o gerenciamento de projetos, que foca

basicamente na administração de prazos e atividades, considerando a alocação de recursos, baseado na Teoria das Restrições (TOC).

Sua origem é relacionada com a publicação do livro intitulado Corrente Crítica, por parte do físico israelense Eliyahu Goldratt no ano de 1997, também autor da Teoria das Restrições, que foi introduzida por ele mesmo junto ao Jeff Cox em 1984 no livro A Meta, no qual, na forma de uma história, os autores explicam os princípios da teoria proposta.

Segundo Leach (2000), TOC é um tipo de senso comum para entender um sistema. Seu princípio básico é que qualquer sistema deve ter uma restrição que limita seu desempenho. Uma corrente formada por elos fornece o exemplo prático mais comum para explicar esse princípio: O propósito ou meta da corrente é fornecer resistência à tensão, assim, a resistência de toda a corrente estará limitada pela resistência do seu elo mais fraco; não importa se melhorias são realizadas nos outros elos, o sistema todo vai depender do elo mais fraco que passa a ser a restrição do sistema. Para melhorar a resistência da corrente, tem de ser melhorado o desempenho do elo mais fraco, isso passa a dar uma visão de sistema.

Partindo da consideração de que a empresa opera com algum tipo de restrição, Goldratt formula um processo geral para a tomada de decisões, baseado nos seguintes passos:

1. Identificar a restrição do sistema.
2. Decidir como explorar a restrição do sistema.
3. Subordinar qualquer decisão à decisão anterior.
4. Elevar a restrição do sistema.
5. Não deixar que a inércia se torne uma restrição do sistema, isto é, se uma restrição foi quebrada, volte ao primeiro passo do processo.

Para Rogers e Reis (2011), a ênfase fundamental para o entendimento da TOC no âmbito empresarial é que: a) a empresa é um sistema, ou seja, um conjunto de elementos entre os quais existe uma relação de interdependência, onde cada elemento depende do outro de alguma forma e assim, o desempenho global do sistema depende dos esforços conjuntos de todos os seus elementos; e b) existe sempre pelo menos uma restrição no sistema (física ou política), caso não existisse nenhuma restrição o lucro seria infinito.

Noguchi (2006) menciona que a TOC aplicada ao ambiente de projetos pode ser definida como uma abordagem gerencial e de diagramação de rede, que leva a uma significativa melhora

no desempenho de projetos, buscando resolver seus conflitos principais. A CCPM busca obter essa melhora desafiando diversas premissas existentes na maneira tradicional de planejamento e controle de cronogramas, tais como que o melhor lugar para inserção de segurança no projeto é dentro de cada atividade e não considerar os efeitos da execução de multitarefa por parte dos recursos.

Ainda para Noguchi (2006, p. 631):

A TOC incorpora um conceito sistêmico nas organizações. Este conceito da empresa em uma visão sistêmica aparece primeiramente com Bertalanffy (1977) que conceituou a organização como um sistema de variáveis mutuamente dependentes e que deveria ser estudada como um sistema. Desta forma, as operações e os processos passam a fazer parte de uma teia de interações interdependentes. Para o conceito taylorista, estas relações não existiam e cada atividade deveria ser tratada individualmente, inclusive os trabalhadores. Já no conceito do sistema Toyota de produção, estas relações são separadas por dois eixos e interligadas através do Kanban.

O conceito chave é que sempre haverá um elo mais fraco onde a corrente rompe e este deve ser protegido. Assim sendo, pode-se observar uma ruptura conceitual com o paradigma taylorista e similaridades com o sistema Toyota de produção. Com Taylor havia uma crença que melhorias locais necessariamente melhorariam o resultado global, pois a premissa era que o todo é a soma das partes. Com a teoria das restrições, esta premissa é alterada e conceitua que a melhoria do elo mais fraco da corrente chamado de gargalo ou restrição resultaria na melhoria do todo.

Para Steyn (2000), TOC é uma técnica baseada no raciocínio lógico e as hipóteses sobre o comportamento humano e, mesmo que alguns dos princípios que ela usa não sejam novos, a forma como são aplicados conferem um caráter inovador à teoria.

Rand (2000) menciona que a razão para o desenvolvimento da CCPM foi a presença contínua de problemas no gerenciamento de projetos tais como atrasos, sobrecustos, mudança de escopo, que os métodos tradicionais não conseguiam resolver, oferecendo uma nova forma de tratar os problemas em gerenciamento de projetos.

Umble e Umble (2000) afirmam que a TOC se diferencia dos outros métodos de gerenciamento do tempo em projetos basicamente em três aspectos:

1. A forma como trata os mecanismos que propiciam o aumento do tempo de segurança nas atividades individuais e os mecanismos que desperdiçam o tempo de segurança que foi inserido (ver Quadro 2.1);
2. A forma como trata o problema de contenção de recursos;
3. A forma como redefine o rol do tempo de segurança nos projetos.

Quadro 2.1 Mecanismos que afetam o gerenciamento do tempo em projetos.

Mecanismos que propiciam o aumento do tempo de segurança em projetos	<ol style="list-style-type: none">1. Considerar para estimativas de tempo das atividades o pior cenário.2. O diretor de projeto aumenta o tempo para assegurar que sua parte vai ficar pronta em tempo.3. Proteção contra eventos não planejados.
Mecanismos que desperdiçam o tempo de segurança	<ol style="list-style-type: none">1. Dependências entre atividades propiciam que os atrasos se acumulem.2. Síndrome do estudante (procrastinação).3. Multitarefa ocasionada por recursos limitados, multiprojetos, reprogramação de atividades e perda de foco.

Fonte: Umble e Umble (2000).

Os métodos convencionais (CPM, PERT) para gerenciamento de projetos focam na finalização de tarefas de forma individual, especialmente as pertencentes ao caminho crítico. Aplicando os conceitos da TOC ao gerenciamento de projetos o objetivo é diferente, isto é, o foco está na finalização o mais rápido possível das atividades da corrente crítica.

De forma geral, o caminho crítico, como definido por (Kerzner, 2011), é a sequência mais longa de atividades com dependência entre elas, e que determina a duração do projeto. Nessa definição não está considerada a influência da disposição de recursos, a qual pode ser uma das maiores fontes de restrição em projetos. Porém, a sequência mais longa também pode ser formada por atividades que se encontram em diferentes caminhos, sendo executadas pelos mesmos recursos, definindo uma dependência entre elas; essa nova sequência de atividades é conhecida com o nome de Corrente Crítica.

Segundo Umble e Umble (2000), TOC enfrenta o problema de gerenciamento do tempo da seguinte maneira:

- a) Elimina o tempo de segurança das atividades individuais e traslada a variabilidade inerente para o pulmão de tempo, que pode ser de quatro tipos: projeto, alimentação, recurso e restrições. Dessa forma protege-se a corrente crítica e o cumprimento do prazo do projeto.
- b) Atitude “corrida de bastão” que quer dizer completar com sucesso cada atividade o mais rápido possível e avisar.

- c) Monitora o consumo dos pulmões de tempo e subordinar todas as atividades individuais ao objetivo principal que é completar as atividades da corrente crítica.

Kerzner (2011, p. 338) explica a definição de Corrente Crítica e a aplicação dos cinco passos da TOC para a Corrente Crítica da seguinte forma:

Dentro de qualquer projeto, a Corrente Crítica é definida como a maior cadeia de eventos dependentes onde a dependência está relacionada ou a tarefas ou a recursos. Essa definição pressupõe que a Corrente Crítica mais longa é a que tem maior probabilidade de impactar negativamente a duração total do projeto. A Corrente Crítica não é necessariamente equivalente à duração do projeto, dado que, algumas vezes, existem tarefas não críticas que começam antes da Corrente Crítica.

A solução da Corrente Crítica reconhece a Corrente Crítica como o ponto de alavancagem para a redução da duração do projeto. O primeiro passo de focalização, **identificar**, reconhece que os gerentes colocam práticas em jogo que bloqueiam a redução da Corrente Crítica. Os passos **explorar** e **subordinar** implementam mudanças para condensar a Corrente Crítica (em outras palavras, para encurtar a quantidade de tempo que leva para concluir um projeto).

Leach (2000) faz uma descrição mais detalhada do método proposto por Goldratt (1997), expondo os fundamentos e explica as perspectivas ou considerações que suportam o método CCPM e que permitem uma compreensão mais profunda da teoria ou método subjacente:

- a) *Total Quality Management (TQM)*, ou administração da qualidade total, que fornece quatro conceitos que estão relacionados intimamente e que podem aperfeiçoar o funcionamento das organizações: Teoria do Conhecimento, visão de sistema, estudo da variabilidade e psicologia.
- b) *Theory of Constraints (TOC)*, ou teoria das restrições, cujo propósito é o melhoramento contínuo do sistema através da Teoria do Conhecimento (*Theory of Knowledge*), respondendo basicamente três perguntas: o que mudar? Mudar para o que? Como provocar a mudança?
- c) O Guia PMBOK (2008), que fornece as definições ou marco conceitual, determina as áreas de conhecimento e os processos relacionados para o gerenciamento de projetos. Nesse sentido, a relação com o método CCPM está nas áreas de gerenciamento da integração do projeto, gerenciamento do escopo, gerenciamento de tempo, gerenciamento de custos e gerenciamento de riscos.

- d) Considerar o fato de que a variabilidade e incerteza que acompanha a estimativa de duração das atividades faz com que essas previsões nunca sejam completamente precisas.
- e) Síndrome do estudante, que consiste em deixar para fazer no último momento o que tinha mais tempo para ser realizado com antecipação.
- f) Multitarefa, no sentido de que uma vez que o recurso é considerado como a restrição em um ambiente de multiprojetos, esse recurso deve focar em uma atividade por vez.

Desde sua aparição em finais dos anos 1990, a metodologia da Corrente Crítica foi aceita por uma parte da comunidade de gerenciamento de projetos, o que pode ser visto em diversos trabalhos como os publicados por (BUTLER e RICHARDSON, 2011), (UMBLE e UMBLE, 2000), (LOCH et al., 2011), (TIAN, ZHANG e PENG, 2010), (RAND, 2000) e (STEYN, 2000). Porém, outra parte da comunidade tem questionado seus fundamentos e sua aplicação, tal como pode ser analisado nos trabalhos publicados por (SILVA e PINTO, 2009), (LECHLER, RONEN e STOHR, 2005), (HERROELEN e LEUS, 2004), (HERROELEN, LEUS e DEMEULEMEESTER, 2002) e (RAZ, BARNES e DVIR, 2001).

Os autores que aceitam a proposta da metodologia CCPM defendem sua aplicação em gerenciamento de projetos por apresentar conceitos que eles consideram inovadores, como o fato de usar pulmões de tempo no final do projeto e nos caminhos de alimentação para lidar com a incerteza na programação das atividades, considerar o recurso gargalo como a restrição do sistema e gerenciar o projeto através do indicador de consumo de tempo do projeto, o que proporciona uma visão de sistema pelo fato de se preocupar não só por cada atividade individualmente e sim pelo andamento do projeto como um todo.

Já os detratores da metodologia argumentam que os conceitos considerados como inovadores não o são, pois advêm de conceitos ou teorias formulados com antecedência e que ainda falta maior evidência empírica e estudos científicos que comprovem a efetividade da CCPM.

As principais críticas feitas ao método da Corrente Crítica, tomadas da literatura científica encontrada nas bases de dados, são apresentadas no Quadro (2.2).

Quadro 2.2 Principais questionamentos ao Método da Corrente Crítica.

Autor	Questionamentos
Raz, Barnes, Dvir (2001)	A forma de identificar a quantidade precisa de margem de segurança é tratada de forma superficial e requer suporte empírico.
	O conceito de pulmão de recurso não é um aspecto único da CCPM.
	Dúvidas sobre a forma de tratar os multiprojetos: limitar os projetos ao redor do recurso com maior restrição
	Existe uma contradição na atribuição de multitarefas.
	A incerteza na duração de uma atividade é o maior fator que afeta a conclusão do projeto em tempo. Porém, existem outros fatores.
Lechler, Ronen, Stohr (2005)	Quais durações de atividades devem ser estimadas sem incluir margem de segurança?
	Pode a tendência das pessoas para a multitarefa ser controlada?
	CCPM é mais estável que CPM? Como pode ser definida essa estabilidade?
	Qual é o melhor método para identificar o gargalo de recurso em ambientes multiprojetos?
	Existe cultura nas empresas para implantação da CCPM?
Silva e Pinto (2009)	Como é feito o nivelamento de recursos?
	Como calcular as reais margens de segurança embutidas nas atividades?
	Como é feita a reprogramação?
	Como são tratadas as multitarefas em ambientes multiprojetos?

Fonte: Elaboração do autor

Por outra parte, vários trabalhos têm sido desenvolvidos mostrando a aplicação do método da Corrente Crítica, aqueles que foram encontrados nas bases de dados científicas e na *internet* e que se apresentam mais relevantes aparecem descritos no Quadro (2.3).

Quadro 2.3 Publicações que analisam a aplicação da Corrente Crítica.

Autor	Descrição
García e Borba (2004)	O trabalho propõe a aplicação da CCPM para o desenvolvimento de novos produtos em uma indústria do ramo farmacêutico. É apresentado um procedimento para adaptar a CCPM para a indústria em questão e mostra como com essa aplicação o prazo definido inicialmente pode diminuir até 35%. O trabalho termina com a proposta do novo cronograma, não avalia sua culminação. Aplica para um projeto só.
Nascimento (2007)	É um trabalho de pesquisa aplicada. A dissertação investiga o gerenciamento de prazos com base em uma revisão das técnicas em uso em empreendimentos do tipo EPC (<i>Engineering, Procurement, Construction</i>). Compara os métodos do Caminho Crítico, CCPM e Análises Probabilísticas de Monte Carlo. Ao final, é feita uma síntese dos principais resultados, bem como dos requisitos demandados na aplicação da cada uma dessas técnicas.

Quadro 2.3 Publicações que analisam a aplicação da Corrente Crítica (continuação).

Autor	Descrição
Long e Ohsato (2008)	Através de métodos de simulação numérica, os autores propõem um modelo para gerenciamento do tempo das atividades do cronograma de um projeto com restrição de recursos e incerteza, adicionando o pulmão de projeto, sem considerar a adição de pulmões de alimentação. Aplica para um projeto só.
Peng e Jin (2009)	O artigo é direcionado para a aplicação dos conceitos da CCPM ao desenvolvimento de produtos, analisa um algoritmo para aplicação desses conceitos e propõe um modelo otimizado da CCPM considerando o problema de restrição de recursos em projetos. Aplica para um projeto só.
Liu, Liu e Ullah (2009)	O artigo analisa a proposta de um algoritmo para o gerenciamento de pedidos de pequenos lotes aplicando os conceitos da CCPM. Apresenta um exemplo para validação do algoritmo, mas faz um chamado para desenvolver um <i>software</i> capaz de suportar o método proposto. Aplica para um projeto só.
Rezaie, Manouchehrabadi e Shirkouhi (2009)	O artigo analisa a forma como o método CCPM insere as estimativas de tempo das atividades medindo a quantidade de incerteza embutida. É proposto um novo método para estimar o tempo das atividades e a validação é feita através de simulação computacional. Aplica para um projeto só.
Huang e Yang (2009)	O artigo mostra a aplicação dos conceitos da CCPM ao setor de manufatura para reduzir o <i>lead-time</i> do produto. A simulação experimental que eles desenvolvem mostra que a aplicação dos conceitos CCPM supera os resultados obtidos com técnicas tradicionais. Aplica para um projeto só.
Finocchio (2009)	É um trabalho de pesquisa aplicada. Investiga a adequação do método CCPM para a programação dos projetos de parada de plataformas marítimas de exploração de petróleo. Através da análise e interpretação dos dados o trabalho mostra que o método da CCPM é adequado e oferece melhores chances de cumprimento do prazo do projeto.
Balakrishnan (2010)	O autor usa o trabalho feito por Umble e Umble (2000) para fazer uma aplicação dos conceitos da CCPM usando o <i>software MS Project</i> . Explica como a definição da Corrente Crítica pode ajudar na identificação correta de folgas de tempo em um projeto com restrição de recursos. Aplica para um projeto só.
Doyle (2010)	O autor descreve através da aplicação de três exercícios didáticos os princípios da CCPM e analisa até três alternativas de solução para cada um deles. Os exercícios são aplicados a alunos de cursos de gerenciamento de projetos. Os casos analisados são de projetos únicos.
Morais (2011)	O trabalho analisa a experiência de duas empresas brasileiras, Embraer e Embraco, no gerenciamento de ambientes multiprojeto pelo método CCPM. Os dados coletados pelo autor evidenciam o fato de que a aplicação dos conceitos da CCPM traz ganhos significativos ao desempenho do gerenciamento de ambientes multiprojetos.

Fonte: Elaboração do autor.

Dois aspectos podem ser destacados observando as informações apresentadas no Quadro (3): em primeiro lugar, e com exceção dos trabalhos de Morais (2011) e Finocchio (2009) que analisa o gerenciamento em ambientes de múltiplos projetos, todos os outros analisam aplicações

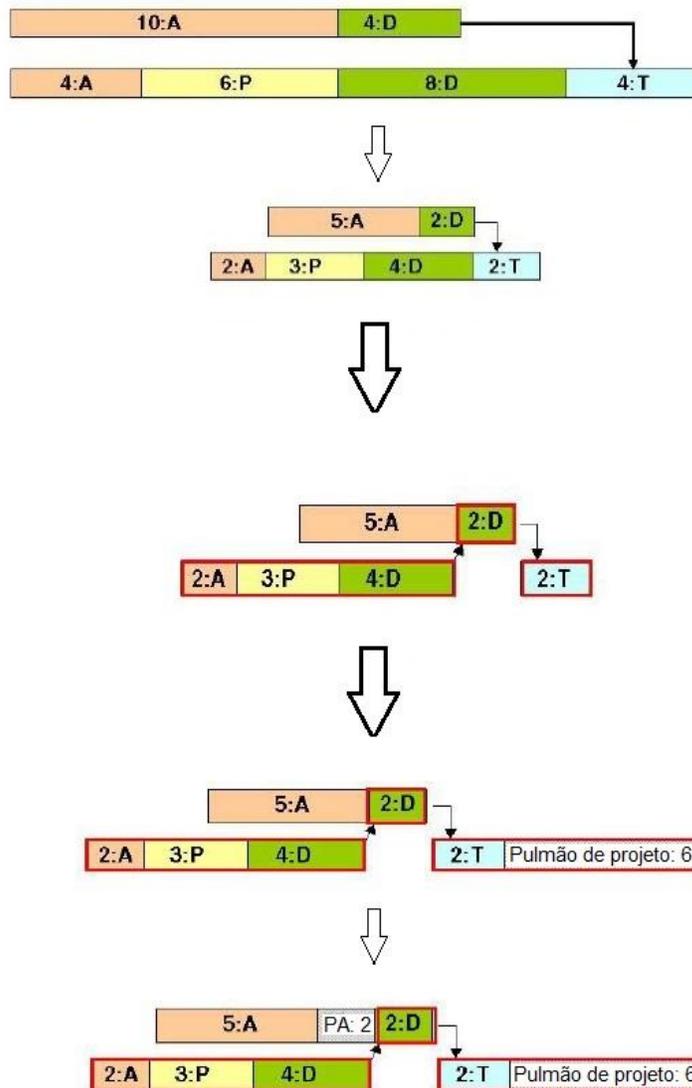
para projetos individuais; em segundo lugar, os trabalhos analisando aplicações práticas ou simulações aparecem a partir de 2004 incrementando seu número desde o ano de 2009, no Brasil e no exterior, indicando um maior interesse da comunidade científica sobre a validade do método.

Para Moraes (2011), a Corrente Crítica surge como a proposta mais inovadora desde a aparição das técnicas tradicionais (CPM/PERT) para gerenciamento de tempo em projetos, 50 anos atrás, por tanto, esforços em pesquisa tem de ser realizados para conhecer melhor suas possibilidades, limitações e oportunidades de aprimoramento.

A forma de aplicar o método da Corrente Crítica para elaboração de cronogramas de projeto consiste dos seguintes passos:

1. **Criar a rede.** O método CCPM propõe uma redução em média de 50% na estimativa de cada tarefa inserida no cronograma. No entanto essa redução, a CCPM gerencia este fato com a colocação de parte da segurança removida das tarefas individuais (outro 50%) em pulmões ao final de cada caminho da rede. A seguir, devem ser utilizados os tempos mais tarde de início para os caminhos não críticos, seguindo a lógica da rede (ver Figura 2.1).
2. **Identificar a Corrente Crítica.** Uma vez criada a rede, toda contenção de recursos deve ser eliminada para facilitar a identificação da corrente crítica, mais especificamente do recurso definido como o gargalo do sistema, evitando a multitarefa, assim, a Corrente Crítica é definida como sendo o maior caminho através da rede, considerando as dependências entre tarefas e também entre recursos (ver Figura 2.1).
3. **Proteger a Corrente Crítica.** A fim de evitar uma vulnerabilidade indesejada em relação ao tempo de duração do projeto, é inserido um pulmão de tempo do projeto ao final da Corrente Crítica e posteriormente um pulmão de alimentação (PA) em cada caminho que converge com a Corrente Crítica (ver Figura 2.1).

Na Figura (2.1), as letras identificam os nomes dos recursos (A, D, P, T), que também são acompanhados por uma cor específica, e os números, que representam os tempos de duração de cada tarefa especificados em dias.



Criar a rede:

- Usar os tempos médios de duração por tarefa.
- Usar o conceito de início mais tarde.

Identificar a Corrente Crítica:

- Eliminar a contenção de recursos.
- Identificar o caminho crítico através da rede, considerando dependências entre recursos e tarefas.

Proteger a Corrente Crítica:

- O pulmão de projeto protege a data final do projeto.
- Nos caminhos em que o projeto pode ficar vulnerável, são inseridos os pulmões de alimentação (PA).

Figura 2.1 Procedimento para elaboração de cronogramas usando os conceitos CCPM. Fonte: Adaptado de Barcaui e Quelhas (2004).

2.3 Elementos característicos do método da Corrente Crítica

Pelo fato de ser uma proposta relativamente nova, o método da Corrente Crítica, embora use conceitos ou fundamentos advindos de teorias anteriores, apresenta algumas diferenças com relação aos métodos tradicionais para gerenciamento de projetos.

Finocchio (2009, p. 40) explica que existem duas diferenças fundamentais entre os métodos que usam o caminho crítico (CPM/PERT) e a Corrente Crítica (CCPM):

[...] a primeira delas diz respeito à determinação de atividades críticas do cronograma e a segunda ao uso e posicionamento de proteção na rede do projeto (Yang, 2007). Lechler, Ronen e Stohr (2005) acrescentam que a diferença na filosofia dos dois métodos resulta em diferentes modelos mentais para os gestores e, por consequência, em um conjunto de práticas distintas.

Ainda Finocchio (2009), sumariza as diferenças metodológicas entre os dois métodos do ponto de vista de: teoria, metas, foco de atenção, incerteza, gerenciamento de recursos e questões comportamentais. Essas diferenças aparecem descritas no Quadro (2.4).

Quadro 2.4. Diferenças metodológicas entre CPM/PERT e CCPM.

Perspectiva	CPM/PERT	Corrente Crítica (CCPM)
Teoria	Teoria dos sistemas, teoria dos grafos	Teoria dos sistemas, teoria dos grafos, teoria das restrições.
Metas	<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar a duração do projeto isolado, às vezes considerando restrição de recursos. • Satisfazer as triplas restrições de tempo, custo e escopo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar a duração do projeto isolado sempre considerando restrição de recursos. • Maximizar os resultados em ambientes multiprojetos. • Busca um resultado satisfatório (não ótimo, mas bom o suficiente).
Foco de Atenção	<ul style="list-style-type: none"> • Perspectiva de projeto isolado (primariamente). • Determina que atividades requerem atenção particular para evitar atrasos. • Perspectiva de sistemas locais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perspectiva sistêmica dos projetos. Sistemas tanto de múltiplos projetos quanto de projetos isolados. • Determina, sob consideração explícita de incerteza, quais atividades requerem atenção particular para evitar atrasos. • Perspectiva de sistemas globais.
Incerteza	<ul style="list-style-type: none"> • Proteção local contra a incerteza, inserida na atividade. • <i>Tradeoffs</i> entre as triplas restrições. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proteção global contra incerteza, inserida no projeto como um todo. • Tenta evitar a necessidade de <i>tradeoffs</i>, buscando segurança e assertividade na promessa de prazo.
Gerenciamento de recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolve uma linha-base de cronograma. • Maximiza a utilização de todos os recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolve uma linha-base, mas incorpora um pulmão para lidar com a variação. • Maximiza a utilização do(s) recurso(s) considerado(s) gargalo(s).
Questões comportamentais	<ul style="list-style-type: none"> • Faz-se referência ao “lado humano” do gerenciamento de projetos apenas de forma implícita. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduz o tempo das atividades para neutralizar tendências individuais de atrasar a execução das tarefas (lei de Parkinson e Síndrome do Estudante).

Fonte: Adaptado de: Lechler, Ronen e Stohr (2005).

Os elementos característicos do método da Corrente Crítica encontrados na literatura científica: pulmões de projeto e de alimentação, monitoramento do avanço do projeto, síndrome do estudante, lei de Parkinson e multitarefa nociva, são descritos a continuação.

2.3.1 Pulmão de projeto na Corrente Crítica

O termo pulmão no contexto de gerenciamento de projetos está relacionado com o conceito de reserva, no sentido de oferecer proteção contra atrasos ou não cumprimento das metas do projeto, sejam elas de tempo ou de recursos.

Para Tukul, Rom e Eksioğlu (2006), Goldratt introduziu o conceito de pulmão de projeto para proteger a Corrente Crítica e tornar viável o cumprimento do prazo do projeto como planejado.

Segundo Umble e Umble (2000) o pulmão ou reserva atua como um mecanismo de contingência que absorve ou diminui o efeito da variabilidade ocasionada pela incerteza inerente à programação de tempo, atividades e recursos em um projeto. Esses autores especificam que existem quatro tipos de pulmões:

1. Pulmão de projeto: que é o tempo de segurança adicionado ao final da corrente crítica para proteger o prazo de finalização do projeto;
2. Pulmão de alimentação: corresponde ao tempo de segurança adicionado aos caminhos que alimentam a corrente crítica para proteger a mesma de atrasos;
3. Pulmão de recurso: que pode ser implantado de duas formas: a) através de avisos antecipados aos recursos informando sobre o avanço do projeto para prepará-los para intervir, ou b) programando com antecipação as atividades do recurso no seu próprio cronograma de ocupação;
4. Pulmão de restrição: basicamente está direcionado a proteger o recurso mais ocupado programando cuidadosamente suas atividades dentro do projeto ou em ambientes de múltiplos projetos.

Recentemente, alguns autores como Rezaie, Manouchehrabadi e Shirkouhi (2009), Balakrishnan (2010) e Gong e Qing (2010) enfatizam o uso de basicamente três tipos de pulmões: pulmão de projeto, pulmão de alimentação e pulmão de recurso. Neste caso, o pulmão de restrição é considerado junto com o pulmão de recurso, pois os dois têm o mesmo propósito: cuidar do recurso crítico, já que no método da Corrente Crítica o recurso mais ocupado é a restrição do sistema.

A forma de calcular e inserir os pulmões dentro do cronograma de atividades de um projeto aplicando o método da Corrente Crítica é a seguinte, segundo a proposta original de Goldratt (1997):

- a) Para o pulmão de projeto, diminuir pela metade o tempo inicialmente planejado para cada atividade que faz parte da Corrente Crítica, ou seja, considerar 50% da duração. Usar o tempo que foi tirado dessas atividades e diminuir outro 50% para formar com o novo tempo o pulmão do projeto, inserindo-o no final da Corrente Crítica.
- b) Para o pulmão de alimentação, localizar no cronograma a cadeia de atividades que interceptam a Corrente Crítica e formar um pulmão de tempo da mesma forma que descrito no numeral (a) e inserir esse tempo no final dessa cadeia de alimentação, antes de entrar na Corrente Crítica, para proteção contra atrasos.
- c) Para o pulmão de recursos, proteger o recurso mais ocupado programando cuidadosamente suas atividades para evitar a multitarefa, emitir avisos antecipados informando sobre o avanço do projeto, programando com antecipação as atividades, e programar as atividades que não fazem parte da Corrente Crítica o mais tarde possível, para evitar ocupar os recursos, principalmente o recurso crítico, com atividades que não fazem parte da Corrente Crítica.

A proposta feita inicialmente por Goldratt (1997) apresentou uma visão diferente para o modo de tratar as incertezas nos projetos, pois passou de focar nas atividades individualmente para passar a ter uma visão mais global. Porém, o autor não especificou de forma concreta um procedimento ou algoritmo para inserção dos pulmões em um projeto ou como lidar com as estimativas de tempo dos pulmões de projeto ou de alimentação quando acontecessem variações na programação, escopo ou na disponibilidade de recursos.

É por causa disso que alguns autores (RAZ, BARNES, DVIR, 2001) argumentam que o conceito de pulmão não é um aspecto único da Corrente Crítica e que a forma de identificar a quantidade precisa de margem de segurança é tratada de forma superficial e requer suporte empírico.

Leach (2000, p. 168) propõe os seguintes passos para determinação de tamanho dos pulmões de projeto:

Dimensionar o tamanho do pulmão de projeto usando a raiz quadrada do método da soma dos quadrados. Determinar o valor do tempo do pulmão para cada tarefa como a diferença entre a estimativa inicial e a estimativa reduzida da tarefa. As seguintes diretrizes ajudarão a definir um pulmão de projeto efetivo:

- Procurar ter pelo menos 10 atividades formando a Corrente Crítica. Motivo: entre mais atividades na Corrente Crítica, mais efetiva será a somatória dos quadrados e o teorema do limite central.
- Não permitir a qualquer atividade ser maior do que 20% do tempo da Corrente Crítica. Motivo: a incerteza de uma atividade muito longa dominará a Corrente Crítica, deixando poucas possibilidades para as outras tarefas que compõem a Corrente Crítica superar a tarefa dominante.
- Não permitir que o pulmão de projeto seja inferior a 25% do tempo total da Corrente Crítica. Motivo: cadeias com muitas tarefas de comprimento uniforme podem gerar um cálculo de pulmão relativamente pequeno, proporcionando uma proteção inadequada.

Para o cálculo do tamanho do pulmão de alimentação, Leach (2000, p. 169) propõe, além do anterior, o seguinte: “se houver menos de quatro tarefas na cadeia de alimentação, certifique-se que o pulmão de alimentação é pelo menos igual ao valor da maior tarefa na cadeia de alimentação”.

Por outra parte, Rezaie, Manouchehrabadi e Shirkouhi (2009) e Gong e Qing (2010) analisam com mais profundidade a aplicação do conceito do pulmão de projeto e propõem algumas modificações para aprimorar o método. Os primeiros autores propõem basicamente focar na consideração da quantidade de incerteza definida em cada atividade usando coeficientes de variação estatísticos. Já os segundos autores propõem a inserção de forma separada de pulmões de projeto para lidar melhor com os ajustes na programação da Corrente Crítica durante o avanço do projeto.

Adicionalmente, no Quadro (2.5) são apresentados outros métodos encontrados na literatura científica e que têm surgido como proposta para calcular o tamanho dos pulmões de projeto.

Quadro 2.5 Métodos recentes para calcular o tamanho de pulmão do projeto usando CCPM.

Autor	Proposta
Tukel, Rom e Eksioglu (2006)	O trabalho apresenta dois métodos para determinar o tamanho dos pulmões de alimentação, um dos quais considera a restrição de recursos e o outro a complexidade da rede de atividades. O objetivo é chamar a atenção sobre a importância de dimensionar os pulmões e investigar o impacto sobre o desempenho do projeto. Trata de projetos individuais.
Tenera e Machado (2007)	O artigo apresenta uma pesquisa experimental usando o Método de Monte Carlo como técnica de simulação para definir o tamanho dos pulmões de tempo nos cronogramas que são feitos baseados na CCPM e compara os resultados com os procedimentos propostos inicialmente por Goldratt (1997) e Leach (2000). Aplica para um projeto só.
Peng, Junwen e Huating (2007)	Neste trabalho os autores fazem uma proposta para aplicar uma técnica matemática conhecida como <i>Grey System Theory</i> para calcular os pulmões de projeto e de alimentação. A técnica é um modelo matemático predefinido. O estudo de caso mostrado aplica para um projeto só.
Jian-Bing, Hong e Ji-Hai (2008)	O trabalho apresenta uma proposta para melhoramento do método CCPM usando algoritmos heurísticos e considerando o problema de programação com restrição de múltiplos recursos. Trata de projetos individuais.
Takahashi, Goto e Kasahara (2009)	O artigo analisa a possibilidade de aplicar os conceitos de pulmão de alimentação e pulmão de projeto do método CCPM sobre um sistema de eventos discretos usando o sistema <i>Max-Plus Algebra</i> , o qual é usado para descrever sistemas de eventos discretos. Um modelo simples e exemplos numéricos são analisados. É usada uma técnica matemática muito complexa.
Cun-bin, Bing-De e Xiao-yi (2010)	Neste trabalho é usado o método <i>Management Strength Fuzzy Variable</i> para fornecer uma ponte entre a teoria de gerenciamento de projetos e a matemática. O método é aplicado para estimar o tamanho do pulmão do projeto. É usada uma matemática técnica muito complexa.
Xiao-ping e Pan (2011)	Neste trabalho é usado o conceito da teoria das filas para resolver o problema de dimensionamento do pulmão na CCPM. É usada uma técnica matemática muito complexa.

Fonte: Elaboração do autor.

Observando a descrição de cada um dos trabalhos mencionados no Quadro 5 pode-se dizer que, em primeiro lugar, as pesquisas são recentes e que o tema está chamando a atenção da comunidade científica. Em segundo lugar, a maioria dos trabalhos usa métodos matemáticos de considerável complexidade, o que requer do usuário uma sólida fundamentação matemática, dificultando sua aplicação em um ambiente real.

2.3.2 Administração ou monitoramento do avanço do projeto

O método da Corrente Crítica usa técnicas diferentes das tradicionais para medir e acompanhar o progresso dos projetos. Neste caso, o pulmão de projeto é a ferramenta mais importante para o monitoramento, lembrando que o final do pulmão de projeto tem uma data fixa: a data de conclusão do projeto.

O monitoramento é realizado em intervalos apropriados para o projeto, usualmente cada semana ou pelo menos uma vez por mês e a comparação entre o grau de consumo do pulmão e o avanço de projeto pode ser feito de maneira gráfica, conforme representado na Figura (2.2), segundo a especificação de Newbold (2008).

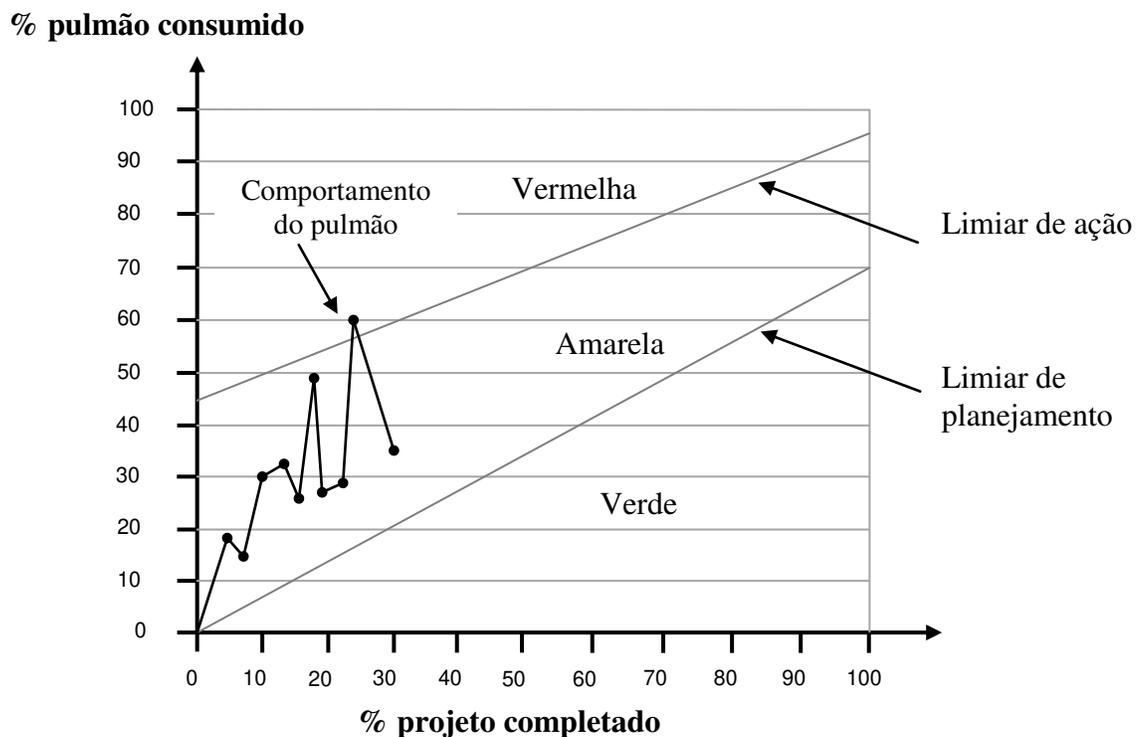


Figura 2.2 Gráfico de controle do uso do pulmão de projeto.
Fonte: Adaptado de Newbold (2008).

O gráfico de controle do uso do pulmão ou “gráfico de febre” define níveis para tomada de decisões segundo o comportamento em termos da localização dos pontos que representam a percentagem de pulmão consumida e a percentagem de projeto completado.

No gráfico da Figura (2.2) aparecem três regiões: verde, indica que o projeto está operando em condições normais segundo o planejado; amarela, indica que deve ser feita uma avaliação do problema e elaborar um plano de ação; vermelha, indica que uma ação corretiva deve ser executada de forma imediata.

Também, aparecem duas linhas ou limiares de ação separando as três regiões. Essas linhas, no critério de Newbold (2008), são desenhadas inclinadas para cima porque normalmente não é necessário o mesmo nível de proteção no início do projeto do que no final, desta forma, no início do projeto devem ser reportadas com maior rapidez as alterações no consumo de pulmão de projeto.

Segundo o gráfico da Figura (2.2) a linha que separa a região verde da amarela começa no percentual de consumo do pulmão em 0% e termina no percentual de consumo de 70%; a linha que separa a região amarela da região vermelha começa no percentual de consumo do pulmão em 45% e termina no percentual de consumo 95%.

Para Finocchio (2009), na literatura pesquisada por ele não foram encontradas referências sobre valores absolutos para estipular limiares de planejamento e limiares de ação. Porém, o mesmo autor faz as seguintes recomendações: a linha que separa a região verde da amarela começa no percentual de consumo do pulmão em 15% e termina no percentual de consumo de 75%; a linha que separa a região amarela da região vermelha começa no percentual de consumo do pulmão em 30% e termina no percentual de consumo 90%.

Com relação ao gráfico de controle do uso do pulmão de projeto, no presente trabalho serão seguidas as considerações realizadas por Newbold (2008).

2.3.3 Síndrome do estudante e lei de Parkinson

O conceito de síndrome do estudante foi introduzido por Goldratt (1997) para descrever o fenômeno comportamental pelo qual as pessoas começam a se dedicar a uma tarefa somente quando o tempo de vencimento da mesma está muito perto.

Para Leach (2000), esse fenômeno pode ser descrito da seguinte forma: nos primeiros dois terços do tempo alocado para uma tarefa se faz um terço do trabalho, para depois terminar os dois

terços de trabalho que falta no último terço de tempo que resta. Isso normalmente acontece com um estudante quando se está preparando para um teste.

Por sua parte, a lei de Parkinson afirma que o trabalho a ser feito se expande para preencher o tempo disponível para ser concluído. Essa lei foi enunciada pela primeira vez por Cyril Northcote Parkinson, no ano de 1957, no livro intitulado *Parkinson's Law and Other Studies in Administration*, como resultado de observações feitas ao longo de sua experiência no serviço civil britânico (*British Civil Service*). As observações científicas de Parkinson, que contribuíram ao desenvolvimento da lei, fizeram notar, por exemplo, como na medida em que o império britânico diminuía em importância, o número de funcionários no escritório Colonial (*Colonial Office*) aumentava.

2.3.4 Multitarefa

O termo multitarefa, como definido pelo dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa, faz referência principalmente à área de informática e é definido como: *a capacidade que possui um sistema operacional de computador de executar mais de um programa simultaneamente.*

No Guia PMBOK (2008) não aparece alguma referência ao conceito de multitarefa. Por sua parte, Meredith e Mantel (2012) mencionam que o fato de programar os recursos para atender atividades de, por exemplo, dois projetos diferentes ao mesmo tempo, para reduzir o tempo de inatividade, não é uma forma particularmente eficiente nem eficaz de completar os trabalhos, pois ao invés de contribuir para o cumprimento dos prazos estipulados acaba esticando o tempo de realização de algum dos dois projetos gerando atrasos.

Para Baltar e Pereira (2009), a multitarefa ocorre na maioria dos projetos existentes, principalmente em ambientes multiprojetos. Ainda, eles afirmam que a multitarefa será nociva quando: a) as alocações não houverem sido planejadas adequadamente, e b) não houver o estabelecimento claro de prioridades e sequência de trabalho para orientação do recurso.

Em ambientes multiprojeto que utilizam o método da Corrente Crítica, a multitarefa existe, porém, ela pode ser planejada com o propósito de diminuir o seu impacto na programação das atividades de um recurso. Basicamente, pode ser nociva quando ataca o recurso gargalo.

Já Leach (2000), afirma que o problema gerado pela multitarefa no ambiente de gerenciamento de projetos é a causa do aumento do tempo necessário para concluir uma atividade. Além disso, a multitarefa reduz o rendimento dos recursos, pois tira o foco de cada atividade e o fato de ter que sair e voltar de cada tarefa geralmente afeta o tempo total necessário para completar às mesmas e muitas vezes afeta até a qualidade do produto.

Leach (2000) afirma que a maioria das pessoas concorda com a lógica que demonstra o atraso das tarefas realizadas em paralelo, mas que essas mesmas pessoas argumentam que não há outra coisa a fazer.

Nesse sentido, Leach (2000, p. 87) afirma que: “tal comportamento como a multitarefa é um efeito social do mais poderoso sobre o menos poderoso, para proteger-se da incerteza. Em outras palavras, a administração se aproveita dos recursos de nível mais baixo da organização, criando a pressão para trabalhar em sua mais recente ideia, levando à multitarefa”.

2.4 Incerteza e margens de segurança na estimativa de tempo das atividades

Segundo Pinto (2012), há uma dificuldade em se definir o que é incerteza, pois na literatura técnica há uma confusão entre incerteza e risco. Abordando essa falta de clareza, na concepção de Hirshleifer e Riley (1992), o risco está relacionado à ameaça que pode ser mensurada em termos de probabilidade de ocorrência e seus impactos, enquanto que a incerteza não pode ser mensurada.

Rowe (1998) *apud*. Pinto (2012) afirma que como a incerteza está presente em todas as decisões e com frequência não pode ser reduzida dentro dos limites de recursos de tempo ou conhecimento, é necessário que se aprenda a administrá-la, pois os custos de ignorar a incerteza podem ser muito altos, se referindo à surpresas mal recebidas e tomadas de decisão com riscos mal calculados.

Aplicando o conceito de incerteza no contexto do gerenciamento de projetos, Perminova, Gustafsson e Wikström (2008) mencionam que o risco de um projeto é fator que dá origem à incerteza, a qual está presente de forma diferente em todos os projetos. Para esses autores, é importante fazer uma distinção de risco e incerteza em projetos porque esses dois fenômenos não são sinônimos, seriam mais bem descritos como causa e consequência, sendo a incerteza um elemento importante da administração de risco de projetos.

Perminova, Gustafsson e Wikström (2008) *apud*. Pinto (2012) menciona que riscos nos projetos podem ser certos ou conhecidos, sobre os quais o gerente de projeto pode prever eventos potencialmente perigosos e estabelecer medidas preventivas. E que incerteza, em contraposição, é um evento ou uma situação que não era esperada, mas que embora acontecesse poderia ter sido possível considerá-la com antecedência.

Estimativas de tempo e programação das atividades em projetos envolvem incertezas que dificilmente podem ser calculadas com precisão. O Guia PMBOK (2008) trata desse assunto através do estudo das áreas de conhecimento relacionadas com o gerenciamento do tempo, gerenciamento dos recursos humanos do projeto e gerenciamento dos riscos do projeto.

Por sua parte, Meredith e Mantel (2012) abordam o assunto da incerteza como sendo um aspecto inerente ao ciclo de vida do projeto e que a mesma tende a diminuir com o avanço do projeto, quando mais atividades começam a serem completadas, sendo necessária uma avaliação constante para reprogramar a disponibilidade de recursos ou atividades.

Ainda Meredith e Mantel (2012, p. 64) afirmam que:

No mundo real da gestão de projetos tem sido comum lidar com estimativas de durações de tarefas, custos, etc., como se a informação fosse conhecida com certeza. Na verdade, uma grande maioria de todas as decisões tomada no âmbito da gestão de um projeto é feita em condições de incerteza. No entanto, ainda podem ser feitas algumas estimativas com base na probabilidade de vários resultados. Se utilizar métodos adequados para fazer isso, pode ser aplicado o conhecimento que se possui para resolver problemas de decisão. Não será sempre correto, mas vai ser feito o melhor que se puder.

Leach (2000, p. 43), considerando o efeito da incerteza em projetos menciona que:

Incerteza significa indefinido, indeterminado, o que não é certo de ocorrer, problemático, não conhecido além de qualquer dúvida, ou não constante. Todas as previsões são incertas. Os fundamentos da física nós diz que o conhecimento da realidade é incerto, quanto melhor sabemos a posição de algo, menos sabemos sobre o quão rápido ele está se movendo. A incerteza é o verdadeiro estado do mundo.

Leach (2000) identifica como a principal restrição para melhorar o desempenho de um sistema de gerenciamento de projetos a forma como esse sistema gerencia a incerteza e propõe uma solução do ponto de vista da aplicação dos princípios da TOC, ou seja, por meio do método da Corrente Crítica, fazendo as seguintes formulações:

1. As práticas tradicionais para gerenciamento de projetos estão afetadas pelos principais problemas ou efeitos indesejáveis: os projetos frequentemente ultrapassam o prazo e o custo planejados, prazos são adiados, entregam menos do que foi definido no escopo inicial, apresentam grande número de mudanças, têm de “lutar” por recursos, são cancelados antes de finalizar, criam grande estresse nos participantes.
2. O principal problema das práticas tradicionais para gerenciamento de projetos é o conflito que surge entre proteger com tempo de segurança as atividades de forma individual ao invés de proteger o projeto como um todo.
3. A solução para resolver o problema, ou nova teoria, deve superar os problemas das práticas tradicionais atuando no foco do problema: como gerenciar a incerteza.
4. Um método para gerenciar as incertezas usando idéias similares às aquelas usadas no melhoramento do desempenho de sistemas de produção pode fornecer uma alternativa viável de solução.
5. A solução deve ser dirigida para o gerenciamento da incerteza concentrando o tempo de segurança, ou ações de contingência, através de pulmões ao final da cadeia de atividades.
6. Assim como existe uma lógica para a restrição de atividades, o mesmo princípio deve aplicar para os recursos, incluindo ambas as restrições, definido desta forma a Corrente Crítica ao longo do projeto.

Sendo essa a proposta de Leach (2000) e levando em consideração que o propósito da TOC é o melhoramento contínuo do sistema, as três perguntas básicas ficariam respondidas da seguinte forma: o que mudar? A forma de gerenciar a incerteza em gerenciamento de projetos. Mudar para o que? Para diminuir o impacto dos efeitos indesejáveis no gerenciamento de projetos. Como provocar a mudança? Criando as bases de uma nova teoria, mudando a perspectiva tradicional de inserir tempos de segurança nas atividades individuais, considerar as restrições tanto de tarefas

quanto de recursos e passar a tratar o gerenciamento de projetos como uma visão mais sistêmica ou holística.

Mas essa visão da Corrente Crítica proposta por Goldratt (1997) e detalhada por Leach (2000) posteriormente não é levada em consideração totalmente hoje em dia.

Por exemplo, para o cálculo de estimativas de duração das atividades o Guia PMBOK (2008), na Seção 6.4.2, descreve as ferramentas e técnicas a serem usadas: opinião especializada, estimativa análoga, estimativa paramétrica, estimativa de três pontos (ou técnica PERT) e análise de reservas. O método da Corrente Crítica é mencionado na seção 6.5.2 só como uma ferramenta para desenvolvimento do cronograma.

Kerzner (2011) relaciona o cálculo de estimativas de duração das atividades com o Guia PMBOK através da descrição das Técnicas de Programação de Rede. O autor cita essas técnicas como sendo as mais comuns as seguintes:

- Gráficos de Gantt ou de barras;
- Gráficos de marcos;
- Linha de equilíbrio;
- Redes;
- Técnica de Avaliação e Revisão de Programa (*Program Evaluation and Review Technique – PERT*);
- Método do Diagrama de Setas (*Arrow Diagram Method – ADM*), às vezes chamado de Método do Caminho Crítico (*Critical Path Method – CPM*);
- Método do Diagrama de Precedência (*Precedence Diagram Method – PDM*);
- Técnica de Avaliação e Revisão Gráfica (*Graphical Evaluation and Review Technique – GERT*).

Nas técnicas anteriores o autor não menciona o método da Corrente Crítica, embora no mesmo capítulo do livro onde trata das técnicas mostradas acima, define separadamente a Corrente Crítica como uma metodologia de gerenciamento de projetos destinada a resolver a condução de cada projeto até a sua conclusão de forma mais rápida, assim como um afinilamento de mais projetos por parte da organização, sem adição de recursos. Ao mesmo tempo, Kerzner (2011) manifesta que o método da Corrente Crítica implementa importantes mudanças comportamentais e que a única maneira de que os envolvidos dentro de uma organização possam aceitar tais mudanças é por meio de uma profunda compreensão dos comportamentos atuais, dos

novos comportamentos necessários e dos benefícios. O autor também faz uma lista das principais mudanças a serem consideradas.

Entretanto, alguns autores como Rezaie, Manouchehrabadi e Shirkouhi (2009) e Gong e Qing (2010), mencionam que um dos aspectos chave da Corrente Crítica é a forma de calcular o tempo de segurança das atividades e como é removido esse tempo para posteriormente ser inserido no projeto, através de pulmões de tempo.

2.5 Gerenciamento de múltiplos projetos

O Guia PMBOK (2008) não faz referência ao termo gerenciamento de múltiplos projetos, só usa o termo conjunto de projetos no capítulo 1 quando descreve o gerenciamento de programas e portfólios de projetos, mas os procedimentos detalhados no Guia PMBOK são dirigidos para o gerenciamento de projetos individuais.

Na tentativa de definir o que é gerenciamento de múltiplos projetos, pode-se iniciar com a definição realizada por Ward (2000, p. 131) no seu dicionário de termos em gerenciamento de projetos. Para a expressão programação de vários projetos (*Multiple-project Scheduling*), o autor oferece a seguinte definição: *processo de desenvolvimento de um cronograma de projeto com base nas restrições impostas por outros projetos*.

Também, pode ser considerada a definição realizada por Moraes (2011), que afirma que existem quatro categorias gerenciais de administração de projetos: Portfólio, Programa, Projeto e Ambiente de Multiprojeto. Posteriormente, o autor define o gerenciamento de projetos em ambiente de múltiplos projetos como um processo contínuo, relacionado com uma determinada dimensão gerencial, de cunho tático, cujo objetivo é determinar a melhor alocação para um determinado conjunto de recursos, necessários para executar um dado portfólio de projetos.

Por sua parte, Cleland e Ireland (2002), afirmam que se gerenciam múltiplos projetos por motivos econômicos e visando a utilização mais eficiente de recursos que possa existir. Ainda, esses autores afirmam que:

A gerência de múltiplos projetos, através do uso mais eficiente de recursos e da utilização comum de planos “padrões”, pode trazer benefícios para a organização. O agrupamento de projetos para planejamento, implementação e controle tira proveito das

funções repetitivas e da simplicidade de esforços de trabalho. Este tipo de gerência também se beneficia dos talentos de líderes de projeto habilitados no sentido de estender esforços além dos limites do projeto.

Kerzner (2011, p. 581) menciona que o gerenciamento de múltiplos projetos surge conforme as organizações amadurecem, junto com a tendência para que uma pessoa gerencie vários projetos. Também, que há vários fatores que apoiam o gerenciamento de múltiplos projetos, sendo eles:

Primeiro, o custo da manutenção de um gerente de projetos em tempo integral em todos os projetos pode ser proibitivo. A magnitude e os riscos de cada projeto individual ditam se será necessária uma designação em tempo integral ou parcial. Designar um gerente de projetos em tempo integral em uma atividade que não precisa disso é um custo por excesso de gerenciamento.

Segundo, os gerentes de linha estão agora compartilhando a responsabilidade com os gerentes de projetos pela conclusão bem sucedida do projeto. Os gerentes de projeto agora gastam mais do seu tempo integrando o trabalho, em vez de planejando e programando as atividades funcionais. Com o gerente de linha aceitando mais responsabilidades, o tempo pode estar disponível para o gerente de projetos gerenciar vários projetos.

Terceiro, a alta administração chegou à conclusão de que deve fornecer treinamento de alta qualidade para seus gerentes de projetos para que possam colher os benefícios do gerenciamento de vários projetos.

Ainda Kerzner (2011), identifica seis grandes áreas em que a empresa como um todo pode ter de mudar para que o gerenciamento de múltiplos projetos seja bem sucedido: Priorização, Mudanças no Escopo, Planejamento da Capacidade, Metodologia de Projetos, Iniciação do projeto e Estrutura Organizacional.

Para Meredith e Mantel (2012), o ambiente para o gerenciamento de múltiplos projetos nasce quando a organização realiza um processo de seleção dos projetos, aplicando o método que eles denominam como Processo de Portfólio de Projetos (*The Project Portfolio Process – PPP*). O método consiste de um procedimento de oito passos para selecionar, implementar e monitorar os projetos que podem ajudar a uma organização a alcançar suas metas estratégicas.

Porém, esses autores indicam que o método PPP não considera a programação e o nivelamento de recursos críticos através dos projetos. Também, que a programação e alocação de recursos em múltiplos projetos é muito mais complexa do que em projetos únicos e que existem basicamente duas formas comuns de tratar o problema: a) considerar todos os projetos como se cada um deles fosse um elemento de um projeto ainda maior –visão heurística, e b) aproximar-se a uma solução do problema considerando todos os projetos como sendo totalmente

independentes. Para ambos os tratamentos, os conceitos para programação e nivelamento de recursos usados são essencialmente os mesmos.

Também, Meredith e Mantel (2012, p. 414) afirmam que:

Existem vários projetos, cada um com seu próprio conjunto de atividades, datas de vencimento, e requisitos de recursos. Além disso, as penalidades por não cumprir as metas de custo, tempo e escopo para os vários projetos podem ser diferentes.

Geralmente, o problema dos múltiplos projetos envolve determinar como alocar recursos e definir um tempo de conclusão quando um novo projeto é adicionado a um conjunto existente de projetos em andamento. Isso requer o desenvolvimento de um eficiente e dinâmico sistema de programação multiprojetos.

Para descrever esse sistema adequadamente, são necessários padrões que permitam medir a eficácia da programação. Três parâmetros importantes afetados pela programação do projeto são: cumprimento do cronograma, utilização de recursos, e o inventário de trabalho em processo. A organização deve selecionar o critério mais adequado para a sua situação. Esses três parâmetros não podem ser utilizados ao mesmo tempo.

Na revisão da literatura realizada, foi encontrado que existem vários tipos de técnicas para programação e alocação de recursos em ambientes de múltiplos projetos.

Por exemplo, Meredith e Mantel (2012) descrevem dois conjuntos dessas técnicas: a) técnicas heurísticas, e b) o método da Corrente Crítica. Por sua vez, esses autores especificam que as técnicas heurísticas são divididas em cinco grupos: *Resource Scheduling Method*, *Minimum Late Finish Time*, *Greatest resource Demand*, *Greatest Resource Utilization* e *Most Possible Jobs*.

Para Arauzo *et al.* (2009), não existem soluções analíticas para resolver em tempo real o problema de programação e alocação de recursos em múltiplos projetos. Tratamentos matemáticos, tais como técnicas de redes ou programação computacional, não podem descrever a complexidade dos problemas reais, e têm dificuldades para adaptar as análises à dinâmica das mudanças. Porém, os autores afirmam que embora existam essas limitações, esse problema complexo pode ser modelado como um sistema multi-agente (*Multi-Agent System, MAS*), onde mecanismos de interação através de “agentes” podem ser usados para a negociação dos recursos. Esses agentes podem ser gerentes de projetos e gerentes de recursos humanos.

Por outra parte, Cohen (2004), considera na sua pesquisa a natureza estocástica do ambiente de múltiplos projetos, e define como um dos principais problemas nesses ambientes a alocação e programação de recursos, o que ele relaciona como *Multi Project Resource Constrained*

Scheduling Problem (MPRCSP). O autor classifica a forma de tratar esse problema como sendo de natureza determinística e estocástica.

Em outro trabalho elaborado por Cohen, Mandelbaum e Shtub (2004), o método da Corrente Crítica (CCPM) para o controle de projetos em ambiente de múltiplos projetos é avaliado através de uma ferramenta de simulação e seu desempenho é analisado fazendo uma comparação com outras técnicas alternativas de controle, sendo elas: a) técnicas de controle aberto, onde todos os projetos estudados já tem sido iniciados, e b) técnicas de controle semi-aberto ou fechado, onde os projetos têm que passar por alguma análise prévia antes de iniciar.

As técnicas que esses autores utilizam na sua pesquisa são descritas brevemente a continuação:

Técnicas de controle aberto:

1. *No Control*: é um sistema puxado do tipo *FCFS (first come first served)*, que quer dizer que os projetos iniciam na ordem em que eles chegam.
2. Corrente Crítica: que aplica os princípios da TOC ao gerenciamento de projetos, considerando como a restrição o recurso mais ocupado.
3. *Highest Priority in Queue to a Minimum Slack Activity (MinSLK)*: que quer dizer que quando uma atividade é completada, o caminho crítico é reavaliado e os tempos de folga são atualizados para o restante das atividades do projeto.

Técnicas de controle fechado ou semi-aberto:

4. *Constant Number of Projects in Process (ConPIP)*: que quer dizer que novos projetos são iniciados baseados em um número predeterminado de projetos em andamento.
5. *Queue Size Control (QSC)*: que quer dizer que um número máximo de atividades é permitido, em qualquer momento, considerando as restrições dos recursos.

Como parte das conclusões, Cohen, Mandelbaum e Shtub (2004) afirmam que o método da Corrente Crítica pode não ser suficiente para conseguir completar o cronograma. Ainda, afirmam que outras técnicas de controle como *QSC*, *ConPIP* e *MinSLK* podem fornecer similar ou até melhor desempenho. As métricas usadas para fazer as comparações foram o tempo médio de duração dos projetos, seu desvio padrão e o número de projetos terminados por unidade de tempo. O número de iterações de cada simulação foi cinquenta.

Os três últimos trabalhos citados mostram a complexidade que pode envolver a análise teórica que pode ser desenvolvida para tratar com sistemas de múltiplos projetos. Porém, esses trabalhos ainda não

apresentaram aplicações reais e também não avaliam as variáveis de influência que podem intervir nesses sistemas ou a interação entre essas variáveis.

2.5.1 Gerenciamento de múltiplos projetos usando o método da Corrente Crítica

Do ponto de vista da TOC, no caso do ambiente de múltiplos projetos, o sistema de gerenciamento é tão forte quanto o seu elo mais fraco. Dessa forma, a capacidade do sistema pode ser medida pelo recurso e/ou departamento que representa a maior restrição.

O método da Corrente Crítica aplicado ao gerenciamento de múltiplos projetos está baseado no fato de considerar como a restrição do sistema basicamente dois elementos: o primeiro, a cadeia mais longa de atividades, ou caminho crítico; e o segundo, a disponibilidade do recurso considerado como gargalo para evitar a multitarefa nele.

Embora Goldratt (1997) não descrevesse um procedimento detalhado para a aplicação da Corrente Crítica, na literatura científica se encontram várias propostas elaboradas por diferentes autores.

Barcaui e Quelhas (2004) afirmam que a maioria das organizações não observa com o devido cuidado a sua real capacidade para a condução de diversos projetos simultaneamente nem a sincronização que deve existir entre eles, principalmente no referente à utilização dos recursos. Para os autores, a solução oferecida pelo método CCPM é que a organização saiba priorizar sua carga de trabalho por projeto e que sincronize adequadamente o uso dos recursos, considerando os princípios de programação ou elaboração de cronograma recomendados pelo método CCPM.

De acordo com Barcaui e Quelhas (2004) o procedimento para aplicação da Corrente Crítica para o gerenciamento de projetos em ambiente de múltiplos projetos pode ser como aparece na sequência representada na Figura (2.3), e que é descrito da seguinte forma:

O primeiro passo para trabalhar com CCPM em um ambiente de projetos múltiplos é a montagem da corrente crítica de todos os projetos de forma simultânea. Em seguida, deve-se identificar de uma maneira geral, qual seria o recurso que representa a restrição de capacidade do sistema, chamado de tambor (*drum*). No exemplo da Figura (2.3), são apresentados três projetos concorrentes (A, B, C) e similares. As cores representam os recursos a serem utilizados em cada projeto. Supondo que a organização escolheu o recurso vermelho como a maior restrição ao sistema, este seria o recurso a ser sincronizado.

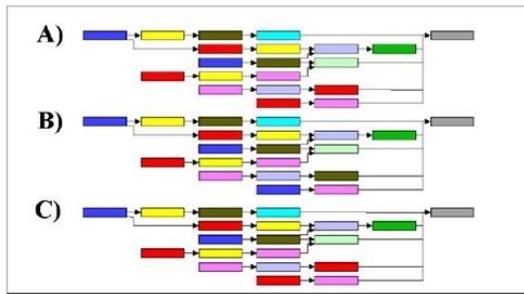
Uma vez identificados os recursos que representam maior restrição ao sistema, o próximo passo é a eliminação da contenção de recursos entre projetos de acordo com a priorização estabelecida pela organização. Desta forma, já é possível observar um escalonamento entre projetos. Mas muitas vezes, este escalonamento pode não ser

suficiente para proteger um projeto das variâncias de um projeto anterior a ele, causando efeitos indesejáveis.

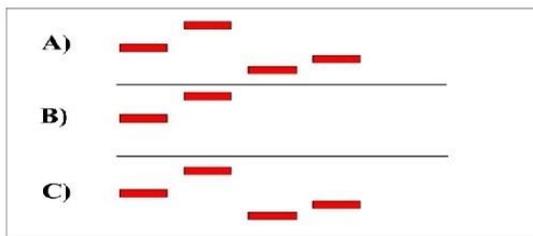
A forma que o método CCPM encontrou para evitar possíveis atrasos causados por flutuações entre projetos foi a criação de outro pulmão, chamado de pulmão de capacidade (*capacity buffer*). Esse pulmão tem o tamanho proporcional ao tamanho da atividade do recurso restritivo (*drum*), e seu objetivo é o escalonamento com a devida proteção entre o fim do projeto anterior e o início do próximo. A Figura (2.3) mostra o resultado final deste escalonamento entre projetos.

A gerência de pulmões em um ambiente de projetos múltiplos facilita a visão geral da organização em relação a suas próprias restrições e capacidade. Uma das questões mais importantes é que tipo de tarefa designar a cada recurso de forma a proporcionar uma maior flexibilidade e disponibilidade de um número maior de recursos. Esta é a principal causa que leva a um melhor desempenho em relação ao tempo de projetos que utilizam CCPM. Ao mesmo tempo, a gerência dos pulmões funciona como um alerta ao gerente de projetos sobre qual projeto apresenta maiores problemas e que tipo de acertos entre recursos deve e pode ser realizado.

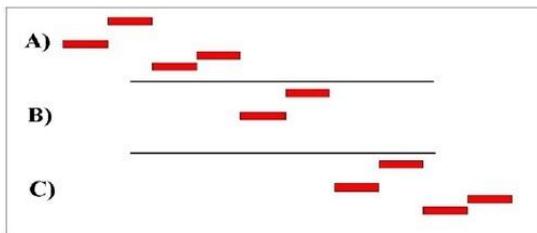
Segundo Leach (2000), o procedimento para aplicar o método da Corrente Crítica em ambientes de múltiplos projetos consiste basicamente em definir o recurso que é a restrição do sistema dependendo da capacidade da organização; esse recurso frequentemente é uma pessoa, mas também pode ser uma restrição física ou até política. Uma vez definida a restrição, passa a ser o elemento que marca o ritmo para a programação ou elaboração de cronogramas dos múltiplos projetos e dessa forma o gerenciamento de projetos passa a ser um sistema puxado, a programação do recurso gargalo determina o sequenciamento de todos os projetos envolvidos. Isso fica demonstrado pelo fato de que os projetos podem avançar mais rapidamente na escala de tempo se o recurso gargalo completa o trabalho mais rapidamente. Da mesma forma, os projetos sofrem atrasos se o recurso gargalo atrasa suas entregas. Por esse motivo, é necessária a criação de pulmões de contenção para proteger o recurso gargalo.



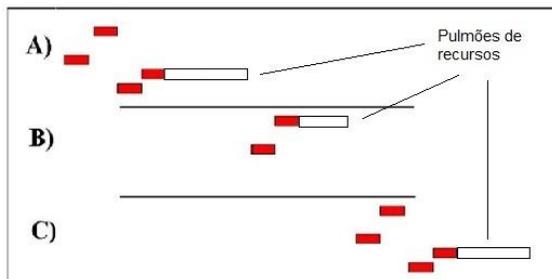
1. Exemplo de ambiente de múltiplos projetos, com projetos concorrendo pelos mesmos recursos.



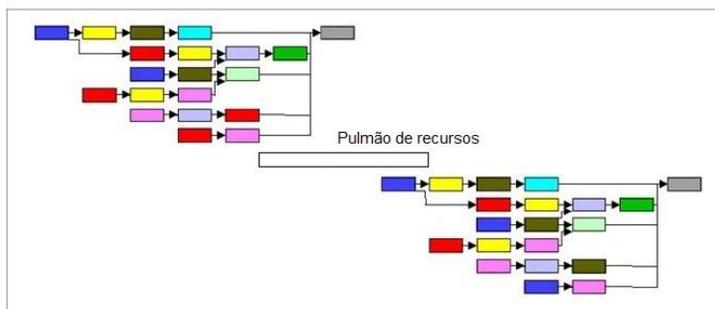
2. Identificação do recurso crítico.



3. Contenção eliminada segundo priorização de projetos definida pela organização:



4. Utilização dos pulmões de contenção de recurso entre projetos



5. Projetos escalonados pela sincronização dos pulmões de contenção de recurso.

Figura 2.3 Sequência de aplicação do método CCPM em ambiente de múltiplos projetos.

Fonte: Adaptado de Barcaui e Quelhas (2004).

Leach (2000, p. 189) detalha uma sequência de passos para explorar a restrição do sistema, ou seja, definir a solução ao problema de restrição de recursos em ambiente de múltiplos projetos:

1. **Identificar a restrição do sistema.**
A restrição de recurso ou recurso crítico deve ser o recurso que participa na maior quantidade de atividades pertencentes à corrente crítica definida no cronograma.
2. **Explorar o recurso crítico da organização.**
 - Identificar a corrente crítica no cronograma, para cada projeto individualmente.
 - Determinar a prioridade de cada projeto para acessar ao recurso crítico.
 - Criar o cronograma para os múltiplos projetos, considerando o recurso crítico. Isto é, conforme o ritmo (*drum*) do recurso crítico, resolver os problemas de alocação para maximizar os resultados da organização completando a maioria dos projetos o mais cedo possível.
3. **Subordinar os cronogramas individuais de cada projeto.**
 - Elaborar o cronograma de cada projeto para iniciar com base na programação do recurso crítico.
 - Definir a corrente crítica como a cadeia de atividades iniciando com a primeira atividade que envolve o recurso crítico até o final do projeto.
 - Inserir pulmões de contenção de capacidade do recurso entre os cronogramas dos projetos individuais para garantir a disponibilidade do recurso crítico no momento adequado.
 - Se a inserção dos pulmões afeta o cronograma do recurso gargalo, os conflitos devem ser resolvidos.
 - Inserir pulmões de contenção em cada projeto para assegurar que o recurso crítico não será sobrealocado. Inserir-los antes que o recurso crítico inicie as atividades da corrente crítica em cada projeto.
4. **Elevar a capacidade do recurso crítico.**
5. **Voltar ao passo 2 e não deixar que a inércia seja a restrição do sistema.**

Por sua parte, Jianmin (2011) usa os três mecanismos do método CCPM identificados por ele (programação, sincronização e gerenciamento de pulmões) para elaborar um método para gerenciamento de projetos aplicando o método CCPM, em cinco passos:

- 1) **Definir a prioridade para cada projeto:**
 - a) Determinar o recurso crítico do sistema de múltiplos projetos, ou seja, identificar o recurso que afeta as metas do sistema e que esteja sujeito à maior quantidade de restrições.
 - b) Selecionar o portfólio de projetos que represente o maior custo efetivo e definir a prioridade para cada projeto de acordo com a restrição de recursos.
- 2) **Elaborar o cronograma de cada projeto e programa-lo usando o mecanismo de programação do método CCPM:**
 - a) Determinar a corrente crítica para cada projeto considerando as relações de dependência entre tarefas.

- b) Definir o pulmão de projeto e de capacidade de acordo com o método CCPM.
- 3) **Escalonar os projetos de acordo com a prioridade de cada projeto para reduzir a influência entre projetos:**
 - a) Escalonar as atividades dos recursos críticos compartilhados entre projetos, de acordo com a prioridade de cada projeto, para eliminar os conflitos de recurso.
 - b) Adicionar os pulmões de capacidade aos recursos críticos para balancear recursos compartilhados entre dois projetos adjacentes.
- 4) **Monitorar os projetos através do gerenciamento do consumo do pulmão de projeto:**
 - a) Atualizar o andamento de cada projeto e o consumo do tempo do pulmão de projeto.
 - b) Gerenciar os projetos e tomar decisões de acordo ao estado de consumo dos pulmões.
 - c) Quando conflitos entre recursos surgirem, o uso correto dos recursos deve ser determinado pela relação entre o grau de realização de cada tarefa da corrente crítica e o grau de consumo do pulmão de projeto, dessa forma, o mínimo valor obtido indicará o maior uso correto.
- 5) **Gerenciar os indicadores de pulmão efetivamente.**

Da mesma forma, Jianmin (2011), afirma que a maioria dos trabalhos disponíveis na literatura sobre gerenciamento de projetos usando o método CCPM baseiam suas discussões com base nos cinco passos descritos anteriormente e que os passos números 2, 4 e 5 podem ser tratados pelos mesmos métodos CCPM usados para projetos únicos ou individuais.

O autor ainda menciona que o passo número 3, relacionado com a programação e alocação de recursos em múltiplos projetos, tem um tratamento diferenciado, fato esse mencionado por outros autores tais como Steyn (2002), Lee e Miller (2004).

2.6 Dinâmica de Sistemas em Gerenciamento de Projetos

O objetivo principal desta pesquisa é a proposta de um modelo para usar os princípios do método CCPM em gerenciamento de múltiplos projetos. Porém, sem uma visão de sistema, esse modelo corre o risco de perder validade, pois como foi descrito na justificativa detalhada no Capítulo 1, não foram encontradas referências na literatura científica que mostrem aplicações do método CCPM como fazendo parte de um sistema ou se analisem as interações entre os elementos ou variáveis que atuam no sistema de gerenciamento de projetos.

Pelo analisado neste capítulo, os trabalhos pesquisados não levam em consideração a associação que Leach (2000) faz com os elementos que fundamentam o método CCPM, onde se menciona entre eles o conceito de visão de sistema.

Leach (2000, p. 37) associa essa visão de sistema com o gerenciamento de projetos da seguinte forma:

Cada sistema deve ter uma meta ou objetivo, esse é o propósito do sistema e define os limites do mesmo. O sistema por si mesmo está formado por uma rede de componentes interdependentes que trabalham juntos para realizar as metas do sistema. Assim, os projetos têm a meta de entregar ao cliente um produto ou serviço único e específico, em tempo e dentro dos custos definidos.

O sistema de projetos está formado por elementos físicos (pessoas), e não físicos, como políticas, conhecimento e relações. Todos esses elementos estão inter-relacionados de várias formas e podem afetar o desempenho do sistema. Por tanto, o planejamento e controle são parte do sistema de projetos, assim como o desempenho das atividades realizadas pela equipe de projetos.

No ano de 1990 Peter Senge descreveu no livro *A Quinta Disciplina* as 15 leis que permitem entender como funciona a dinâmica de sistemas. Leach (2000) também faz uma associação desses princípios com o gerenciamento de projetos, neste caso, por meio da aplicação dos conceitos do método CCPM.

O papel ou função da dinâmica de sistemas em gerenciamento de projetos é bem descrito por Rodrigues e Bowers (1996) quando explicam como, por meio da dinâmica de sistemas, pode ser assumido um ponto de vista mais holístico das organizações, focando nas tendências dos comportamentos dos projetos e sua relação com as estratégias gerenciais.

Segundo Rodrigues e Bowers (1996), três problemas principais podem ser tratados por meio da representação de diagramas de ciclo usados para descrever o comportamento dos sistemas: monitoramento e controle, retrabalho e políticas de contratação.

Um exemplo desses diagramas de ciclo é apresentado na Figura (2.4) onde se mostram as interações das variáveis ou elementos do sistema quando é detectada uma diferença entre a taxa ou ritmo de trabalho planejado e o real, ocasionada por um problema de retrabalho.

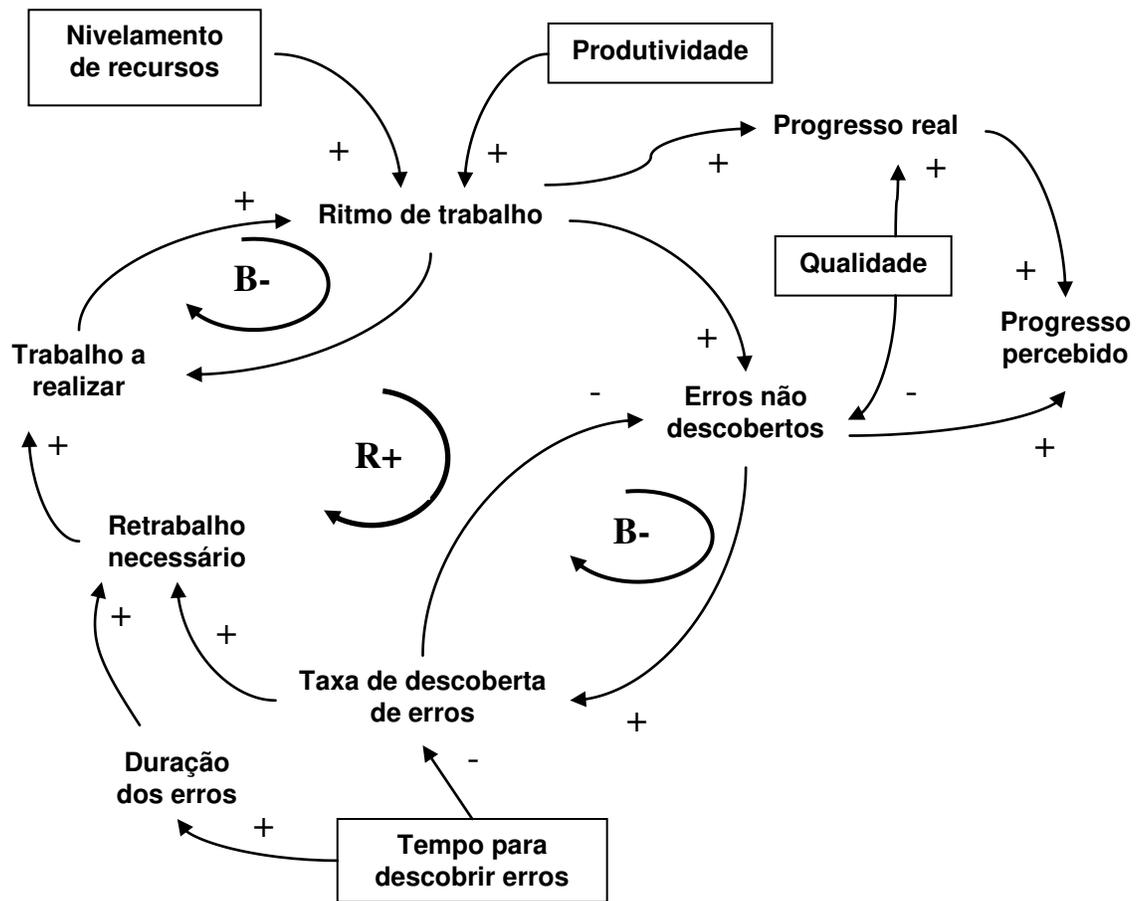


Figura 2.4 Diagrama de ciclo do retrabalho em gerenciamento de projetos.

Fonte: Adaptado de Rodrigues e Bowers (1996).

No diagrama de ciclo da Figura (2.4) as flechas representam a influência entre os diferentes fatores e os sinais (+) ou (-) indicam se uma mudança positiva no fator predecessor tem um efeito positivo ou negativo no fator seguinte.

Também, aparecem dois tipos de ciclos, um principal, representado pela letra (R+), indicando que é um ciclo de reforço, ou seja, que cada ação reforça a seguinte e assim por diante; e dois ciclos secundários, representados pela letra (B-), indicando que é um ciclo de balanceamento, isto é, deverão ajudar a combater os desvios ocasionados pelo ciclo principal.

A interpretação do diagrama de ciclo da Figura (2.4) é a seguinte: em uma condição ideal, o ritmo de trabalho é determinado pela disponibilidade dos recursos e pela produtividade, e quanto mais avança o tempo, mas se reduz a quantidade de trabalho restante. Porém, a qualidade do

trabalho pode não ser perfeita e erros podem ser gerados. Depois de algum tempo esses erros são detectados e o retrabalho é identificado, incrementando a quantidade de trabalho restante.

Para Rodrigues e Bowers (1996) o ciclo de retrabalho identifica quatro fatores parcialmente sob controle do gestor de projetos: nível de recursos, produtividade, qualidade e taxa de descoberta de erros. Tipicamente, o foco do gerenciamento de projetos está no nivelamento de recursos e na produtividade, embora experiências realizadas com o diagrama de ciclo sugiram que qualidade e taxa de descoberta de erros são mais importantes.

Por sua parte, Sonawere (2004) desenvolveu um trabalho de tese onde faz uma aplicação dos conceitos da dinâmica de sistemas e o método CCPM no gerenciamento de projetos de engenharia complexos com o propósito de entender quais são os modelos mentais aplicados e como é o desempenho dos mesmos. Uma das principais conclusões desse trabalho é que os conceitos da dinâmica de sistemas e algumas das suas ferramentas, tais como o diagrama de ciclo, permitem entender a complexidade do comportamento do sistema analisado.

Na literatura científica encontram-se alguns exemplos de aplicação dos conceitos da dinâmica de sistemas no gerenciamento de projetos nas áreas de defesa (CANTWELL, 2013), múltiplos projetos (DOOLEY, LUPTON, O’SULLIVAN, 2005), gestão de operações (GRÖBLER, THUN, MILLING, 2008) e gestão de portfólio (MULLER, MARTINSUO, BLOMQUIST, 2008).

A aplicação dos conceitos da dinâmica de sistemas em gerenciamento de projetos continua em evolução. Isso pode ser observado nos trabalhos publicados por (LYNEIS e FORD, 2007), assim como por (KAPSALI, 2010), onde são apresentados os desenvolvimentos mais importantes, ao tempo em que são indicados os direcionamentos sobre pesquisas futuras no assunto.

2.7 Resumo do capítulo

Este capítulo apresentou as definições sobre gerenciamento do tempo em projetos, o método CCPM, seus principais questionamentos, bem como conceitos sobre ambiente de múltiplos projetos e dinâmica de sistemas.

De forma geral, a evolução da análise e discussão sobre a aplicação do método CCPM em gerenciamento de projetos pode ser resumida como aparece no gráfico da Figura (2.5), elaborado com base nos documentos encontrados em pesquisa bibliográfica realizada nas bases de dados *Compendex e Abstracts in New Technology and Engineering (ProQuest)*. As principais palavras chave usadas na busca foram: *critical chain, multiproject, project management, project buffer, scheduling techniques*.

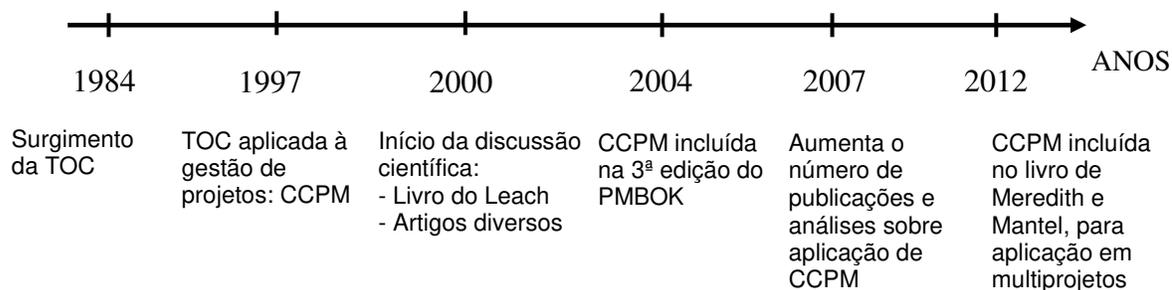


Figura 2.5 Evolução no tempo dos principais tópicos do método CCPM.

Fonte: Elaboração do autor.

Na revisão da literatura apresentada neste capítulo pode ser notada a ausência da definição de variáveis que permitam fazer uma análise mais científica, assim como de um modelo que permita aplicar os conceitos do método CCPM com uma visão de sistema.

Por fim, a distribuição das referências consultadas para o desenvolvimento do trabalho pode ser verificada na Figura (2.6).

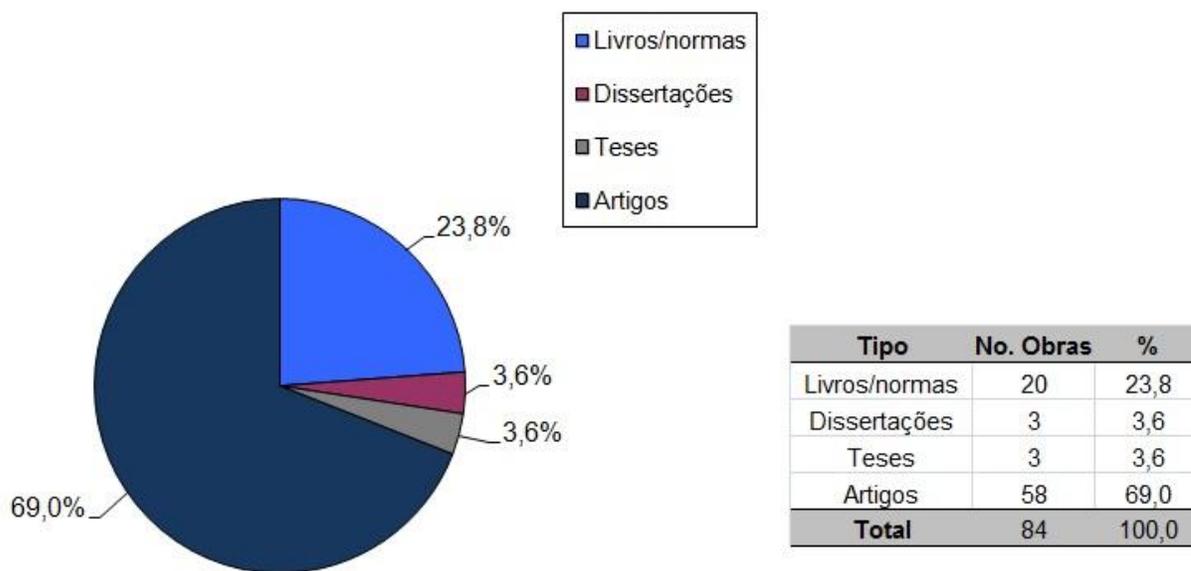


Figura 2.6 Distribuição das referências utilizadas no trabalho.

Fonte: Dados da pesquisa.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo tem por objetivo descrever a caracterização da pesquisa, os métodos e as técnicas de coleta de dados, a partir de conceitos definidos na área de metodologia científica, com o propósito de facilitar o entendimento do tratamento metodológico adotado, bem como esclarecer as limitações do mesmo.

3.1 Método

A pesquisa realizada neste trabalho é do tipo pesquisa aplicada, pois a mesma se destina a aplicar leis, teorias e modelos na solução de problemas que exigem ação e/ou diagnóstico de uma realidade.

O problema foi descrito no item anterior e o modelo proposto como alternativa de solução será detalhado posteriormente. A realidade objeto do presente trabalho, o gerenciamento do tempo em sistemas de múltiplos projetos aplicando o método CCPM, é representada por um conjunto de projetos pertencentes a uma empresa dedicada há mais de quinze anos ao desenvolvimento, fabricação e venda de implementos e ferramentas para o setor da construção civil.

Considerando as definições de Gil (2009), com relação aos objetivos desta pesquisa, a mesma pode ser classificada como sendo do tipo exploratória.

Com referência aos procedimentos ou técnicas utilizadas, pode ser dito que são aplicados os conceitos da pesquisa bibliográfica, estudo de campo e pesquisa-ação.

Inicialmente realizou-se uma pesquisa bibliográfica, para apresentação do referencial teórico existente, evidenciando os principais conceitos sobre o método CCPM, sua aplicação em projetos, os principais julgamentos a favor e contra, assim como a pouca quantidade de trabalhos envolvendo análises de aplicações reais e a falta de definição de critérios que permitam mensurar a aplicabilidade do método. Essa pesquisa bibliográfica permitiu definir um conjunto de variáveis passíveis de serem mensuradas.

Posteriormente, foram aplicados procedimentos próprios da técnica de pesquisa conhecida como estudo de campo. Esse tipo de técnica, segundo Gil (2009), estuda um único grupo ou comunidade em termos da sua estrutura social, ou seja, ressaltando a interação entre seus componentes. A pesquisa pode ser desenvolvida por meio da observação direta das atividades do grupo, exigindo do pesquisador uma imersão na realidade para entender as regras, os costumes e as convenções que regem o grupo estudado. O mesmo autor menciona que essa comunidade pode ser um grupo de trabalho, de estudo ou qualquer outra atividade humana.

O estudo de campo foi aplicado para observar, em ambiente real, os fatores que mais influenciavam no cumprimento dos tempos estimados das atividades planejadas nos cronogramas de projeto. Para isso, foi definido um conjunto de projetos cuja característica principal era o compartilhamento de recursos em projetos sendo realizados ao mesmo tempo, formando assim um ambiente de múltiplos projetos. O método CCPM ainda não foi aplicado nesta etapa.

Nesse estudo de campo se definiu outro conjunto de variáveis, passíveis de serem mensuradas, com o propósito de se juntarem ao primeiro conjunto e escolher as que formariam parte da análise a ser desenvolvida na etapa de pesquisa-ação.

Também, com as informações obtidas na pesquisa bibliográfica e no estudo de campo, foi possível observar que, além das variáveis de influência definidas, existia outro aspecto que não era considerado: na estimativa do tempo das atividades o processo de gerenciamento de projeto faz parte de um sistema maior. Ou seja, antes de aplicar qualquer método, deveriam ser consideradas algumas das variáveis de influência do entorno que tivessem maior impacto na definição da estimativa de tempo das atividades e fazer uma análise crítica dessas variáveis.

Dessa forma, foi possível fazer uma proposta de modelo que incluísse os conceitos do método CCPM desde um ponto de vista mais abrangente, ou seja, o método CCPM fazendo parte de um processo ou modelo mais amplo.

A última etapa consistiu da aplicação dos conceitos da técnica conhecida como pesquisa-ação para verificar o comportamento e a relação entre as variáveis de influência definidas para o estudo, assim como a aplicabilidade do modelo proposto. Segundo Gil (2009, p. 55) a pesquisa ação pode ser definida como:

[...] um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os

pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

Para a última etapa foi definido um novo grupo de projetos, ou portfólio, onde as variáveis selecionadas para serem analisadas foram traduzidas em forma de questionário para coletar dados e fazer as análises necessárias. Os resultados dessas análises foram avaliados com base em técnicas estatísticas específicas, as quais serão detalhadas no item seguinte.

Por fim, no que se refere à natureza da pesquisa, a mesma é classificada como qualitativa, onde inicialmente são definidas as variáveis que serão estudadas para posteriormente analisar seus resultados com base em técnicas estatísticas. A validação da pesquisa será obtida por meio de métodos mistos. Na Figura (3.1) é apresentada uma síntese das classificações realizadas anteriormente.

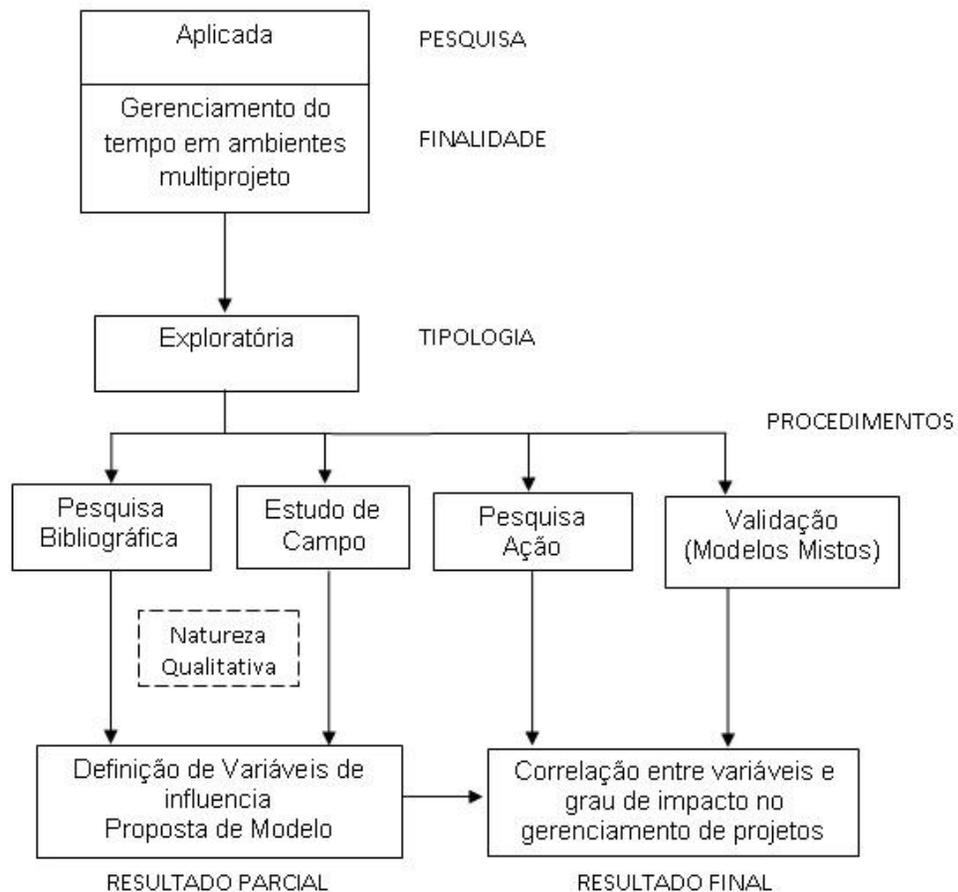


Figura 3.1 Classificação da pesquisa.

Fonte: Elaboração do autor.

3.2 Procedimentos de pesquisa

Para o presente trabalho, a pesquisa bibliográfica, ou revisão da literatura, foi escolhida como suporte para iniciar o entendimento do problema que seria tratado. A mesma é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.

Os resultados da revisão da literatura foram apresentados no capítulo 2 deste trabalho, os quais deram o suporte científico necessário para identificar o problema, dar uma maior cobertura ao assunto e delimitar a pesquisa. Dessa forma, foi possível identificar dois grupos de variáveis que influenciam no gerenciamento de projetos: variáveis clássicas e variáveis obtidas da literatura científica.

O primeiro grupo é definido da seguinte forma: seis variáveis definidas pelo Guia PMBOK (2013) e três variáveis clássicas que conformam o triângulo de ferro, como especificado por Meredith e Mantel (2012). Essas variáveis são apresentadas no Quadro (3.1).

Quadro 3.1 Variáveis no gerenciamento de projetos.

Variáveis Clássicas	Guia PMBOK
Tempo	Cronograma, recursos (humanos).
Custo	Orçamento, recursos (financeiros).
Escopo	Escopo, qualidade, riscos.

Fonte: Elaboração do autor.

No Quadro (3.1) apresentado anteriormente pode ser observado que a variável recurso, como definida pelo Guia PMBOK (2013), pode ser representada em dois campos ao diferenciar entre recursos humanos, associados com o cálculo e administração do tempo, e recursos financeiros, associados com a administração dos custos. Por sua vez, o conjunto de variáveis definidas pelo Guia PMBOK podem estar contidas dentro das três variáveis clássicas do gerenciamento de projetos, tal como afirmaram Meredith e Mantel (2012).

O segundo grupo, variáveis obtidas da literatura científica, está relacionado com a aplicação do método CCPM, onde foi possível identificar sete variáveis que influenciam no gerenciamento de projetos, apresentadas no Quadro (3.2), segundo a opinião de vários autores. Essas variáveis foram definidas levando em consideração os principais questionamentos encontrados na literatura científica sobre a utilização do método CCPM, apresentados no Quadro (2.2).

Quadro 3.2 Variáveis no gerenciamento do tempo em projetos usando o método CCPM.

Variáveis	Raz, Barnes, Dvir (2001)	Lechler, Ronen, Stohr (2005)	Silva, Pinto (2009)
Quantidade precisa de margem de segurança (tempo)	X	X	X
Nivelamento de recursos	X	-	X
Multitarefa	X	X	X
Cultura na organização	-	X	-
Políticas da organização	X	-	-
Desempenho do recurso Gargalo	X	X	-
Reprogramação	-	-	X

Fonte: elaboração do autor.

Existe ainda um terceiro grupo de variáveis, as quais foram obtidas por meio do estudo de campo, o qual foi realizado seguindo as recomendações de Gil (2009). O planejamento, observações, levantamento de dados e análise de informações foi desenvolvido por espaço de nove meses, entre abril e dezembro de 2012, para um grupo piloto de quinze projetos da área administrativa e dois projetos da área de engenharia. Nesta etapa ainda não foram aplicados os conceitos do método CCPM.

Todos os detalhes dos projetos não são publicados neste trabalho, mas podem ser descritas algumas informações gerais como porcentagem de progresso até o final do período de observação definido e os principais fatores que intervíram no andamento dos projetos. As informações são apresentadas no Quadro (3.3).

Quadro 3.3 Estado de progresso dos projetos do grupo piloto até final de 2012.

Projeto	Duração (meses)	Progresso (%)	Estado	Fatores de influência (impacto negativo)
Adm-01	16	50	Andamento dentro do prazo	Alterações menores, ocasionam reprogramação.
Adm-02	2	100	Finalizado em tempo	Não aplica.
Adm-03	8	80	Atrasado	Faltou análise de riscos.
Adm-04	3	60	Atrasado	Multitarefa.
Adm-05	7	10	Atrasado	Escopo não foi definido claramente. Multitarefa.
Adm-06	2	100	Finalizou fora do prazo	Reprogramação de atividades.
Adm-07	2	100	Finalizado em tempo	Não aplica.
Adm-08	4	90	Atrasado	Alteração de escopo.
Adm-09	3	5	Suspensão	Escopo não foi definido claramente.
Adm-10	2	100	Finalizou fora do prazo	Alteração do escopo.
Adm-11	12	0	Suspensão	Alteração de escopo.
Adm-12	9	0	Suspensão	Alteração de escopo.
Adm-13	20	5	Atrasado	Escopo não foi definido claramente. Faltou análise de riscos.
Adm-14	8	100	Finalizado em tempo	Não aplica
Adm-15	6	40	Atrasado	Multitarefa.
Eng-16	3	100	Finalizado em tempo	Multitarefa.
Eng-17	4	100	Finalizado fora do prazo	Alteração de escopo. Multitarefa. Inclusão de novos projetos.

Fonte: Dados da pesquisa.

Observando os dados apresentados no Quadro (3.3), nota-se que somente sete dos dezessete projetos foram concluídos totalmente, cinco da área administrativa (Adm-02, Adm-06, Adm-07, Adm-10 e Adm-14) e dois da área de engenharia (Eng-16 e Eng-17), equivalentes a 41% do total de projetos do grupo piloto. Entre esses sete projetos, dois projetos da área administrativa (Adm-

06 e Adm-10) e um projeto da área de engenharia (Eng-17) finalizaram fora do prazo estabelecido inicialmente para cada um deles.

Os fatores que afetaram adversamente o cumprimento dos prazos das atividades dos projetos do grupo piloto aparecem resumidos no Quadro (3.4), considerando a frequência de ocorrência mostrada no Quadro (3.3).

Quadro 3.4 Fatores que influenciaram no cumprimento dos prazos dos projetos do grupo piloto.

Fator de influência	Frequência de ocorrência	Porcentagem equivalente
Escopo não definido ou alterado.	8	42,1%
Multitarefa.	5	26,4%
Análise de riscos.	2	10,5%
Inclusão de novos projetos.	2	10,5%
Reprogramação de atividades.	2	10,5%
Total	19	100,0%

Fonte: Dados da pesquisa.

No Quadro (3.4) pode ser observado que o fator que mais influenciou adversamente no cumprimento do prazo das atividades foi a falta de definição ou alteração do escopo, seguido pela multitarefa. Todavia, deve ser considerado que os outros fatores também são importantes e devem ser considerados no planejamento do tempo das atividades em projetos.

Por exemplo, o projeto identificado como “Adm-03” no Quadro (3.3) chegou até 80% de progresso dentro do prazo planejado, mas atrasou porque não foi considerado no plano inicial o risco de que o fornecedor do serviço subcontratado não atendesse as datas acordadas.

Uma vez que foi feita a escolha dos fatores que mais influenciam no gerenciamento do tempo em projetos por meio da revisão da literatura e do estudo de campo, a continuação é apresentada a definição das variáveis que serão analisadas assim como o questionário usado para obtenção e registro das informações necessárias para avaliar a aplicabilidade do método CCPM em ambiente de múltiplos projetos, por meio da técnica de pesquisa-ação.

3.2.1 Definição das variáveis da pesquisa

Com base nos três grupos de variáveis apresentados anteriormente, pode ser feita a definição de variáveis de influência e de resposta que atuam no gerenciamento do tempo em projetos, as quais são consideradas para avaliar o desempenho do modelo proposto nesta pesquisa, que por sua vez inclui a aplicação dos conceitos do método CCPM.

Serão escolhidas as variáveis suscetíveis de serem mensuradas, que no caso do presente trabalho, será feita de forma qualitativa.

Analizando o primeiro grupo de variáveis apresentado no Quadro (3.1), e a consideração de Meredith e Mantel (2012) que afirmam que as variáveis em projetos podem ser agrupadas dentro das três variáveis clássicas, pode ser definido que a variável custo não vai ser considerada e que a variável tempo é o objeto de estudo deste trabalho, porém, fica o escopo como variável de influência.

O custo como variável não é considerado nas análises, basicamente por duas razões:

- a) O foco do método CCPM são as estimativas de tempo em projetos. Na revisão da literatura realizada não foram encontradas discussões científicas relacionando o fator custo e o método CCPM;
- b) Por ser uma pesquisa aplicada, a mesma foi realizada dentro de condições de ambiente real em uma empresa que possui seus próprios procedimentos internos para o tratamento dos custos dos projetos. Esses procedimentos não fazem parte do eixo central desta pesquisa.

Para o segundo e o terceiro grupo de variáveis, apresentados nos Quadros (3.2) e (3.4), respectivamente, podem ser escolhidas as variáveis de influência segundo a possibilidade de ser verificada sua presença ou não nas atividades planejadas.

Isto é, o critério de uso ou não da variável no contexto do gerenciamento do tempo em ambiente de múltiplos projetos foi que, após análise de cada uma delas, seriam mantidas aquelas que fossem passíveis de algum tipo de mensuração ou quantificação. Ver Quadro (3.5).

Quadro 3.5 Variáveis mensuráveis no gerenciamento do tempo em múltiplos projetos.

Variáveis	Autores/Fonte				Mensurável	
	Raz, Barnes, Dvir (2001)	Lechler, Ronen, Stohr (2005)	Silva, Pinto (2009)	Estudo de Campo	Sim	Não
Quantidade precisa de margem de segurança (tempo)	X	X	X	-	X	-
Nivelamento de recursos	X	-	X	-	X	-
Multitarefa	X	X	X	X	X	-
Cultura na organização	-	X	-	-	-	X
Políticas da organização	X	-	-	-	-	X
Desempenho do recurso Gargalo	X	X	-	-	-	X
Reprogramação	-	-	X	X	X	-
Escopo não definido/Alteração de escopo	-	-	-	X	X	-
Análise de riscos	-	-	-	X	X	-
Inclusão de novos projetos	-	-	-	X	X	-

Fonte: Elaboração do autor.

A variável identificada como “quantidade precisa de margem de segurança (tempo)” pode ser traduzida como “variabilidade do tempo”, pois só pode ser verificada depois de finalizar a atividade, e faz referência à diferença entre o tempo planejado e o tempo realmente executado da atividade.

Dessa forma, considerando como fontes de informação a revisão da literatura e o estudo de campo, o grupo de variáveis que será considerado neste trabalho fica definido da seguinte forma:

- a) Variáveis de influência: escopo, análise de riscos, inclusão de novos projetos, reprogramação, multitarefa, nivelamento de recursos, variabilidade do tempo.
- b) Variável de resposta: cumprimento do prazo.

Essas variáveis serão registradas por meio de um questionário desenvolvido para tal fim.

3.2.2 Estrutura e aplicação do questionário

A partir das considerações realizadas foi definido o questionário a ser usado na pesquisa, o qual pode ser verificado no Apêndice A.

O questionário desenvolvido consta de sete perguntas, relacionadas com cada uma das sete variáveis definidas no subitem (3.2.1). As perguntas buscam caracterizar a influência dessas sete variáveis sobre a variável de resposta, registrando sua existência por meio de duas alternativas: “sim” ou “não”.

A variável dependente, ou variável de resposta, também é registrada por meio das mesmas duas alternativas, com o objetivo de poder associar o comportamento das variáveis de influência com a variável de resposta.

No caso do levantamento de dados desta pesquisa, é solicitado ao respondente fazer uma avaliação dos fatores que interviram na realização das atividades. O respondente deve identificar cada atividade do cronograma de cada projeto e atribuir um valor a cada variável, sendo que “sim” quer dizer que a variável esteve presente durante a execução da atividade e “não” quer dizer que a variável não apareceu, por tanto, seu efeito no cumprimento do prazo não é considerado.

As variáveis usadas nesta pesquisa podem ser classificadas como categóricas e na visão de Malhotra (2010), também podem receber o nome de variáveis binárias, dicotômicas, instrumentais, qualitativas ou *dummy*, como são chamadas em inglês.

O questionário foi aplicado na etapa da pesquisa-ação, usando para a coleta de dados a entrevista coletiva ou individualmente. Essa etapa da pesquisa foi realizada seguindo as diretrizes especificadas por Gil (2009).

As informações do questionário foram obtidas durante um período de quatro meses, compreendido entre fevereiro e maio de 2013, para um conjunto de quatro projetos, em reuniões de monitoramento organizadas semanalmente. As informações eram preenchidas depois de finalizar cada atividade, de modo que era possível fazer uma avaliação instantânea do que tinha acontecido.

O questionário tem como objetivo verificar o grau de participação e impacto das variáveis de influência no atendimento do prazo estimado usando o método CCPM, assim como a relação

entre as variáveis. Após a coleta, os dados foram analisados principalmente por meio da técnica estatística conhecida como Regressão Logística Binária, que será detalhada posteriormente.

3.2.3 Unidade de análise: população e amostra

Como foi definido no item (3.1), neste trabalho é desenvolvida uma pesquisa aplicada, e a realidade objeto de estudo é vivenciada em uma empresa do setor da construção, que é considerada a unidade de análise.

Em um nível micro, praticamente todas as organizações são orientadas seja a *marketing*, engenharia ou produção, mas em um nível macro, as organizações ou são orientadas a projetos ou não (KERZNER, 2011).

Tendo isso em consideração, a unidade de análise deste trabalho pode ser classificada como pertencente ao nível micro de produção, e no nível macro como não sendo orientada para projetos. Porém, organizações não orientadas a projetos também podem ter um fluxo constante de projetos, os quais são geralmente concebidos para melhorar as operações de produção e, como no presente caso introduzir mudanças no processo para melhoria do produto final, aumentar a confiabilidade do produto e também para o desenvolvimento de novos produtos.

Por outra parte, segundo a classificação do Guia PMBOK (2013), pode ser considerado que a estrutura organizacional da empresa é do tipo funcional clássica.

O conjunto de projetos do grupo piloto apresentados no Quadro (3.3) apresenta essas características, pois os projetos da área administrativa focam em mudanças no processo e os projetos da área de engenharia focam no desenvolvimento de produtos.

Com base nos conceitos de Malhotra (2012) que define uma população como a soma de todos os elementos que compartilham algum conjunto de características comuns, e que uma amostra é um subgrupo de uma população selecionado para participação no estudo, neste trabalho pode ser dito que a população é representada pela empresa objeto do presente estudo, com base nas seguintes considerações:

- a) Os problemas no gerenciamento de projetos evidenciados na etapa de estudo de campo são similares àqueles encontrados na literatura clássica, como em Meredith e Mantel (2012).
- b) Existe semelhança com problemas de cumprimento de prazos existentes em outras empresas. Em relatório apresentado pelo *Project Management Institute (PMI) Chapter Brasileiros* (2009) um estudo de *benchmarking* realizado em 300 empresas no Brasil mostra que 73% delas não conseguem terminar em tempo seus projetos. A unidade de análise desta pesquisa não conseguiu terminar em tempo 76,4% dos projetos, segundo informações apresentadas no Quadro (3.3).
- c) Cada organização têm sua própria cultura e práticas individuais. Além disso, o Guia PMBOK (2008) define que cada projeto cria um produto, serviço ou resultado exclusivo, fazendo com que se torne uma tarefa titânica escolher uma empresa ou grupo de empresas que represente exatamente as demais.

Para definição da amostra, foram seguidas as recomendações de Gray (2012), no sentido de que em um tipo de pesquisa qualitativa, o uso de amostragem probabilística é inviável, optando por trabalhar com amostras não probabilísticas intencionais, pois o que se busca é entender determinadas práticas que existem em local, contexto e tempo específicos.

Malhotra (2012, p. 274) especifica que “a amostra não probabilística confia no julgamento pessoal do pesquisador, e não no acaso, para selecionar os elementos da amostra”.

Também, o mesmo autor especifica que as técnicas de amostragem não probabilística comumente usadas incluem amostragem por conveniência, por julgamento, por quotas e amostragem bola de neve.

Neste trabalho, foi escolhida a técnica de amostragem por julgamento, que na definição de Malhotra (2012, p. 277):

[...] é uma forma de amostragem por conveniência em que os elementos da população são selecionados com base no julgamento do pesquisador. Este, exercendo seu julgamento ou aplicando sua experiência, escolhe os elementos a serem incluídos na amostra, pois os considera representativos da população de interesse ou apropriados por algum motivo.

A definição da amostra aconteceu para duas etapas da pesquisa. Na primeira, foram escolhidos dezessete projetos para elaborar o estudo de campo; já na segunda etapa, foram

escolhidos quatro projetos da área de engenharia, para realizar a pesquisa-ação. Esses quatro projetos foram escolhidos por apresentarem as seguintes características:

- a) Projetos a serem desenvolvidos no primeiro semestre de 2013, atuando em paralelo.
- b) Projetos compartilhando recursos, neste caso, os integrantes do departamento de engenharia, assim como envolvendo recursos de outras áreas internas da empresa e fornecedores externos, gerando desta forma um ambiente de múltiplos projetos.
- c) Projetos relacionados com o desenvolvimento de produtos, de elevado nível de prioridade para a empresa, contando desta forma com o total apoio da alta direção para sua realização.

No Quadro (3.6) podem ser observados os tempos totais de cada um dos quatro projetos, assim como suas datas de início e finalização propostas inicialmente.

Quadro 3.6 Duração inicial dos projetos.

Projeto	Duração	Início	Término
Projeto P-01	20 dias	Qui 14/02/13	Qua 13/03/13
Projeto P-02	82 dias	Qui 14/02/13	Sex 07/06/13
Projeto P-03	101 dias	Sex 15/02/13	Sex 05/07/13
Projeto P-04	101 dias	Sex 15/02/13	Sex 05/07/13

Fonte: Elaboração do autor.

Os tempos de duração apresentados no Quadro (3.6) são especificados considerando dias úteis (cinco dias por semana) e jornadas de trabalho de oito horas. Para a elaboração de todos os cronogramas de projeto foi usado o *software Microsoft Project 2010*.

Uma vez que foram definidas população, amostra, e detalhada a elaboração do instrumento de medição representado pelo questionário, o seguinte passo é descrever a proposta para solucionar o problema de pesquisa por meio do modelo proposto e apoiando-se em técnicas estatísticas usadas para análise dos resultados.

3.2.4 Proposta de modelo

Com base nas análises realizadas na revisão da literatura científica e no estudo de campo foi possível determinar o seguinte:

- a) Existem alguns fundamentos mencionados por Leach (2000) que não são considerados no momento de aplicar os conceitos do método CCPM, tal como o fato de considerar que a variabilidade e incerteza que acompanham a estimativa de duração das atividades faz com que essas previsões nunca sejam completamente precisas.
- b) Uma alternativa para gerenciar melhor a incerteza é atuar com previsão, ou seja, aplicar métodos ou técnicas para analisar os riscos durante a execução dos projetos e incluir essas análises na hora de fazer as estimativas de tempo das atividades.
- c) No Quadro (3.4), onde aparecem os fatores que influenciaram no cumprimento dos prazos dos projetos do grupo piloto, observou-se que dois fatores podem ser usados para iniciar ações preventivas: definição clara do escopo e a análise de risco.

Considerando o exposto anteriormente, optou-se por analisar a aplicação do método CCPM, não só como uma ferramenta ou técnica para elaborar os cronogramas de tempo das atividades dos projetos, e sim como fazendo parte de um processo maior, com uma visão de sistema, sendo proposto o seguinte procedimento ou modelo:

1. Reunir as informações iniciais do projeto e analisar a complexidade e incerteza do memo.
2. Definir claramente o escopo do projeto. Por exemplo, por meio de ferramentas como a casa da qualidade (QFD);
3. Definir a estrutura analítica de projeto (EAP);
4. Efetuar uma análise de riscos. Por exemplo, usando a ferramenta conhecida como análise de modos e efeitos de falha (FMEA);
5. Elaborar o cronograma de atividades usando os conceitos do método CCPM;
6. Monitorar o andamento do projeto por meio dos indicadores de consumo de pulmão de tempo do projeto e em reuniões de análise crítica programadas adequadamente;

7. Reporte final, incluindo análise de lições aprendidas e usando indicadores como a escala de avaliação de fatores críticos de sucesso (FCS) e resultado da análise do comportamento das variáveis por regressão logística binária (RBL).

O procedimento descrito anteriormente pode ser representado por meio de um modelo tal como aparece na Figura (3.2), considerando a estrutura de ciclo de vida para um projeto proposta pelo Guia PMBOK (2008).

No modelo proposto para gerenciamento do tempo em sistemas de múltiplos projetos usando o método CCPM aparecem quatro etapas principais, sendo recomendável executar cada uma delas na sequência indicada. O desenvolvimento ou aplicação de cada uma das etapas será descrita com mais detalhe no Capítulo 4.

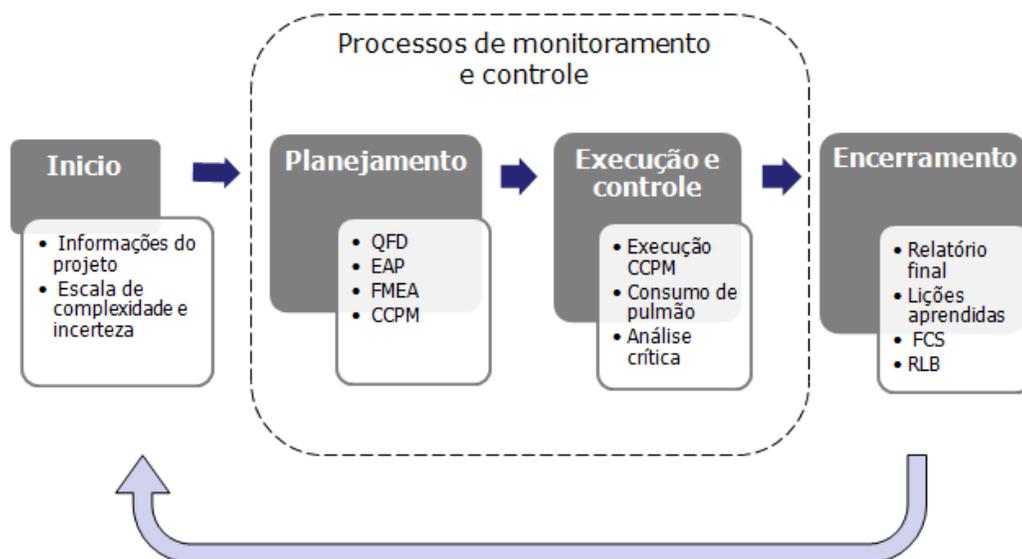


Figura 3.2 Proposta de modelo.

Fonte: Elaboração do autor.

Considerando o conceito de estrutura de fases proposto pelo Guia PMBOK (2008), o modelo proposto apresenta uma estrutura de projetos de fase única. Isto é, os projetos serão desenvolvidos cada um independente do outro.

No modelo da Figura (3.2) pode ser observado que entre a etapa de planejamento e a etapa de execução e controle aparece o cronograma de atividades usando o método CCPM,

funcionando dessa forma como conexão entre essas duas etapas e mostrando que é a ferramenta principal do modelo para conseguir executar o que foi planejado e controlar o desenvolvimento do projeto.

Também, a flecha que une a etapa final com a de início representa o conceito de que o modelo segue um processo contínuo, no qual as informações obtidas da análise do comportamento das variáveis pela técnica (RLB) e pela avaliação dos (FCS) pode acontecer em qualquer momento do ciclo de vida do projeto.

Isto é, durante a execução permite avaliar o comportamento das variáveis que influenciam o atendimento dos prazos das atividades planejadas e realizar ações corretivas. Quando o projeto finaliza, serve como fonte de informação para avaliar o desempenho do projeto e como dados de entrada para posteriores projetos que iniciarão o mesmo ciclo.

Na etapa de início, além dos procedimentos internos da empresa definidos para iniciar um projeto, se inclui a escala de mensuração dos atributos complexidade e incerteza proposta por Pinto (2012) com o propósito de avaliar o nível desses atributos e, se for o caso, definir prioridades para alocação dos recursos no sistema de múltiplos projetos, assim como para tomada de decisões de ordem estratégica.

No estudo de campo, cujos resultados foram apresentados no Quadro (3.4), foi detectado que dois dos fatores que mais influenciaram no cumprimento dos prazos dos projetos forma a falta de definição ou alteração de escopo e a falta de uma adequada análise de riscos.

Devido à natureza dos projetos desenvolvidos na empresa, a ferramenta conhecida como casa da qualidade (QFD) é usada com o propósito ajudar a de definir melhor o escopo dos mesmos ao traduzir de forma mais precisa as necessidades do cliente, que pode ser interno ou externo.

Por outra parte, a proposta para usar a ferramenta conhecida como análise de modos e efeitos de falha (FMEA) para avaliação dos riscos se faz com base nas recomendações de Carbone e Tippett (2004) para quantificar e analisar os riscos em projetos, assim como nos resultados apresentados por alguns autores como (SEGISMUNDO e MIGUEL, 2008) e (QI, ZHI-CHAO e LU, 2010) que recomendam o uso dessa ferramenta para avaliar os riscos de projetos em empresas de engenharia.

A ideia de combinar ferramentas como (QFD) e (FMEA) também é usada por outros autores, como no caso de Ginn *et al.* (1998), que tinham mostrado que é possível aplicar uma combinação dessas ferramentas para o desenvolvimento de produtos.

3.2.5 Aplicação dos conceitos do método CCPM na amostra

Os quatro projetos escolhidos como amostra representativa tiveram suas atividades planejadas usando o *software Microsoft Project 2010* para elaboração do cronograma, distribuição de carga de trabalho, planilha de recursos, dependência entre atividades e definição do caminho crítico.

Para o cálculo da corrente crítica existem no mercado várias opções de *software*, sendo dois dos mais conhecidos o *software ProChain*, fornecido pela empresa *ProChain Solutions Inc.*, e o *software Aurora-CCPM*, fornecido pela empresa *Stottler Henke, Inc.*

No caso deste trabalho, nenhum *software* comercial foi usado para aplicar os conceitos do método CCPM no planejamento das atividades, pelas seguintes razões:

- a) Não é o objetivo deste trabalho testar o funcionamento de um ou vários *software* para validar os resultados por eles oferecidos.
- b) Nos resultados das simulações podem interferir parâmetros próprios de cada marca de *software*, que por sua vez estão inseridos no processamento interno, não sendo totalmente visíveis para o usuário os critérios usados em cada simulação.
- c) Testes iniciais em versões de prova com os dois programas mencionados acima proporcionaram cronogramas com algumas diferenças entre eles, principalmente no que se refere ao tamanho do pulmão de projeto.

Os conceitos do método CCPM aplicados na elaboração do cronograma de atividades em sistema de múltiplos projetos foram os recomendados por Jianmin (2011), apresentados no capítulo 2, subitem (2.5.1). No Quadro (3.7) aparecem algumas considerações sobre a aplicação desses conceitos.

Quadro 3.7 Considerações sobre aplicação de conceitos CCPM na amostra.

Conceito CCPM	Adaptação	Justificativa
Diminuir em 50% o tempo estimado das atividades.	Quando a incerteza na estimativa do tempo da atividade é grande, considerar uma diminuição de 50%. Quando a atividade é conhecida e se tem um histórico, isto é, a incerteza é menor, a diminuição do tempo pode variar entre 0% e 20%.	Nem todas as atividades têm o mesmo grau de incerteza para sua realização. Por exemplo, para atividades desenvolvidas por terceiros, planejar no cronograma o tempo definido no contrato, sem diminuir tempo, mesmo que essa atividade faça parte da corrente crítica.
A capacidade do sistema pode ser medida pelo recurso e/ou departamento que representa a maior restrição. Recurso gargalo.	Evitar a multitarefa do recurso gargalo entre atividades do mesmo projeto e entre projetos.	O recurso gargalo deve ser protegido para evitar a multitarefa. No cronograma, para um indivíduo só, ele não pode aparecer sobre alocado; no caso de um departamento, pode aparecer desde que o departamento possua os recursos suficientes para responder à demanda de trabalho.
Diminuir o tempo das atividades inicialmente planejado encurta o tempo total dos projetos.	Pode acontecer ou não. O importante é monitorar o sistema e praticar a técnica conhecida como “corrida de bastão” para iniciar o mais cedo possível uma atividade depois de ter terminado a outra na sequência.	Não é totalmente válido, pois dependendo das atividades nas quais esteja envolvido o recurso gargalo e a dependência entre elas a duração total pode diminuir ou não.

Fonte: Elaboração do autor.

3.2.6 Técnicas Estatísticas

Uma vez que foram definidas as variáveis, a amostra e o instrumento de medição (questionário) para obtenção das informações, o passo seguinte é definir as técnicas estatísticas que servirão para fazer a validação dos resultados, oferecendo confiabilidade ao estudo.

3.2.6.1 Regressão Logística Binária

A técnica escolhida para o tratamento e análise dos dados coletados é a Regressão Logística Binária (RLB) por ser é uma técnica flexível que não possui pressuposto algum para ser aplicada nas condições definidas desta pesquisa.

Para Aguayo (2012), a regressão logística é o tipo de análise multivariante mais usado em pesquisa da área de ciências naturais por que permite introduzir como variáveis de influencia uma mistura de variáveis categóricas e quantitativas.

Para Kleinbaum e Klein (2010), o objetivo primordial da regressão logística é modelar como influencia na probabilidade de aparição de um sucesso (dicotômico) a presença ou não de diversos fatores e o valor ou nível dos mesmos. Ou seja, expressar a probabilidade de que aconteça um fato como função de certas variáveis.

O sentido da análise por regressão logística é basicamente dividido em dois:

1. Predizer uma determinada resposta a partir das variáveis independentes. Isto é, obter uma fórmula matemática que sirva para calcular a probabilidade de sucesso estudado em um novo sujeito.
2. Calcular os riscos ajustados ou controlados para cada variável independente.

Na regressão logística a variável dependente (ou de resposta) é categórica, habitualmente dicotômica, o que facilita a representação do fenômeno estudado. O que se pretende através da RL é expressar a probabilidade de que aconteça o evento em questão como função das variáveis de influencia. Se o fenômeno que tentamos prever é representado pela letra Y (variável de resposta) e as k variáveis independentes são representadas por $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$, a equação geral, ou função logística é da forma:

$$P(y = 1) = \frac{1}{1 + e^{(-\alpha - \beta_1 X_1 - \beta_2 X_2 - \beta_3 X_3 - \dots - \beta_K X_K)}} \quad (\text{Eq. 3.1})$$

Onde $\alpha, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_k$ são os parâmetros do modelo, e (e) denota a função exponencial.

Uma das características que fazem mais interessante a técnica regressão logística é a relação que existe dos coeficientes ou parâmetros do modelo logístico como quantificadores de risco, através do que na literatura se conhece como “*odds ratio*” (OR).

O parâmetro OR é o cociente entre a probabilidade de que aconteça um fenômeno frente à probabilidade de que não aconteça, sendo P a probabilidade de acontecer o fenômeno.

$$OR= P/(1-P) \quad \text{(Eq. 3.2)}$$

No caso do gerenciamento do tempo em ambiente de múltiplos projetos a regressão logística pode ser usada para prever o cumprimento do prazo estimado das atividades (variável de resposta, categórica, binária, exemplo: cumpre/não cumpre) quando da presença de variáveis de influência, por exemplo, se as atividades foram reprogramadas (alternativas de resposta: sim/não), ou quando novos projetos foram incluídos (sim/não).

A regressão logística é amplamente usada em ciências médicas e sociais, como pode ser observado no livro de Kleinbaum e Klein (2010), mas está começando a aparecer em trabalhos publicados recentemente na área de projetos, como pode ser visto no artigo de Hammad *et al.* (2010). Porém, não foram encontradas referências bibliográficas mostrando a utilização da Regressão Logística para determinação de variáveis de influência em gerenciamento de projetos ou para calcular a probabilidade de ocorrência de um determinado sucesso, o que pode significar um desafio e ao mesmo tempo uma contribuição.

O procedimento para aplicar a regressão logística na análise do comportamento das variáveis definidas para a presente pesquisa é como definido a continuação:

1. Os dados levantados na elaboração do questionário são registrados em uma planilha de *Excel* onde são organizados em colunas com os nomes das variáveis, correspondentes com cada uma das perguntas, e nas filas aparecem as informações registradas para cada atividade. Como os dados coletados são registrados unicamente em dois níveis, ou seja, resposta sim ou não, segundo a variável esteve presente ou não durante a realização da atividade, esse estado ou nível é representado pelo números 1 e 0, respectivamente. Ver planilha de registro de dados no Apêndice B.

2. Os dados são copiados da planilha em *Excel* e são passados em forma de tabela para serem inseridos no *software MiniTab 16* que será o pacote computacional encarregado do processamento dos dados.
3. No *software MiniTab 16* os dados são tratados por meio da opção “Binary Logistic Regression” e os resultados são fornecidos para serem avaliados em termos do nível de significância (*p-value*), global e de cada variável, da relação *odds ratio* (OR) e do teste de ajuste (*goodness-of-fit test*) para três métodos: Pearson, Deviance e Hosmer-Lemeshow.
4. Os valores de referência para aceitação de cada indicador são: 0,05 para o nível de significância de 95%, ou seja, valores menores indicam que existe uma correlação entre a variável de influencia e a variável de resposta, valores maiores indicam que não existe correlação. O parâmetro OR indica que a variável de influência com maior valor tem maior impacto do que as outras com menor valor. No caso dos testes de ajuste, para *p-value* menores que 0,05 para os três testes basicamente indica falta de ajuste na equação preditora ou função logística $P(Y)$.
5. Os outros valores fornecidos pelo *software MiniTab 16* estão relacionados com os parâmetros do modelo que vão formar a equação preditora (Equação 3.1), sendo eles os coeficientes α e β . Coeficientes negativos indicam que o maior nível, neste caso, o nível 1, é menos provável de impactar a resposta binária do que o nível mais baixo ou de referência, neste caso, o nível 0. Coeficientes positivos indicam que nível 1 tem maior probabilidade de impactar a resposta binária “positivamente” do que o nível 0. Coeficientes com valores perto de zero indicam que a relação entre a variável de influência e a resposta binária pode não ser importante.

Para definir o procedimento de interpretação de dados detalhado anteriormente foi usado o suporte do *software MiniTab 16* na aba *Assistant*, a opção *StatGuide*.

3.2.7 Validação da pesquisa

No item (3.1) foi definido que a presente pesquisa é de natureza qualitativa. Na opinião de Gray (2009), esse tipo de pesquisa não é construído a partir de uma teoria ou uma abordagem metodológica unificada e pode adotar várias posturas e métodos e, mesmo que seja considerada menos confiável que a pesquisa de natureza quantitativa, os dados obtidos podem ser uma poderosa fonte de análise.

Gray (2009, p. 137) ainda afirma que “longe de carecer de rigor científico, a pesquisa qualitativa pode em determinadas circunstâncias até ser usada para testar hipóteses e verificar se as proposições teóricas são sustentadas pelas evidências”.

Para garantir o rigor da pesquisa apresentada neste trabalho serão adotados os conceitos de validade e confiabilidade recomendados por Gray (2009).

Inicialmente, para a validade podem ser consideradas duas perspectivas: a validade interna e a externa. A primeira está relacionada com até onde as construções do pesquisador estão baseadas nas construções dos que estão sendo pesquisados, podendo ocasionar que os dados sejam criados, eliminados ou mal-interpretados. Para evitar esse problema a pesquisa pode ser validada por meio de replicação, quando possível. Mas no caso desta pesquisa, essa replicação é praticamente impossível de alcançar pela mesma natureza dos elementos estudados: projetos.

Por sua vez, a validade externa está relacionada com o fato de até onde é possível fazer generalizações a partir dos dados obtidos para estender as conclusões a outros casos ou situações.

Porém, lembrando que a amostragem na pesquisa qualitativa tende a ser intencional e não aleatória, e os dados, coletados de um número limitado de casos, é difícil poder obter uma generalização. No melhor caso, os resultados de casos individuais permitem construir hipóteses de trabalho que possam ser testadas em casos subsequentes.

Segundo Gray (2009), como base para generalização, a análise quantitativa tem maior probabilidade de ser sugestiva do que conclusiva. Por exemplo, ver se as conclusões do contexto A podem ser transferidas ao contexto B.

Para as condições estabelecidas nesta pesquisa é adotada a perspectiva da validade externa de caráter sugestivo.

Com relação à confiabilidade, Denzin (1989) *apud*. Gray (2009) afirma que o termo se refere à estabilidade das conclusões, isto é, uma observação confiável é a que poderia ter sido feita por qualquer observador em situação semelhante.

Para Denzin (2006) a confiabilidade pode ser aumentada, se não garantida, por meio de procedimentos de triangulação, oferecendo quatro alternativas:

- a) Triangulação de dados: em que os dados são coletados usando várias estratégias de amostragem, que podem incluir várias triangulações no tempo, lugares ou até diferentes grupos de pessoas dentro da organização;
- b) Triangulação entre investigadores: usa-se mais do que um observador em situações de campo, para que o viés de observador seja reduzido;
- c) Triangulação múltipla: na qual se combinam múltiplos métodos, tipos de dados, observadores e teorias na mesma investigação;
- d) Triangulação metodológica: da qual existem dois tipos, intramétodo e intermétodo. No primeiro, o pesquisador emprega várias técnicas de coleta de dados dentro do mesmo método. No segundo, se usam vários métodos diferentes, por exemplo, dados quantitativos de uma pesquisa de levantamento, com dados qualitativos de observações.

Para a presente pesquisa a confiabilidade vai ser garantida usando a triangulação metodológica do tipo intermétodo, também conhecida como método misto.

Segundo Gray (2009) as pesquisas com métodos mistos são aquelas que incluem, pelo menos, um método quantitativo e outro qualitativo onde nenhum deles está inerentemente ligado a qualquer paradigma de investigação específico.

Neste trabalho é adotado o tipo de modelo oferecido por Gray (2009) que usa os métodos quantitativos e qualitativos de forma independente. O modelo começa com uma estrutura exploratória e qualitativa a qual ajuda a identificar e classificar temas e conceitos. Estes, por sua vez, ajudam a desenvolver um questionário quantitativo. Posteriormente, as conclusões do questionário são aprofundadas e testadas pela rodada seguinte de pesquisa qualitativa, que para o presente caso, consiste da validação por meio de associação entre os resultados das análises quantitativas e o comportamento ou resposta observada no sistema estudado.

Na Figura (3.3) aparece uma descrição do tipo de modelo usando métodos mistos, adotado para validar esta pesquisa.

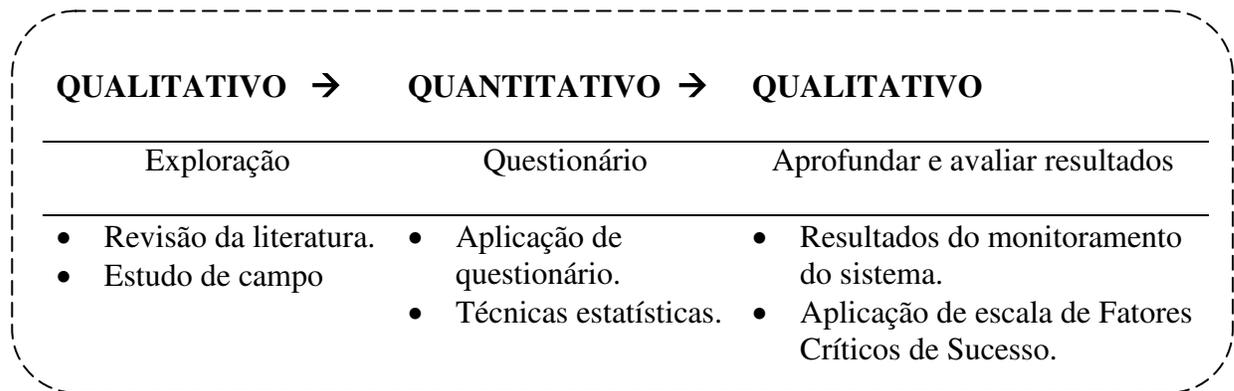


Figura 3.3 Modelo de método misto.

Fonte: Adaptado de Gray (2009, p. 168)

3.3 Resumo do capítulo

Neste capítulo foram apresentadas as classificações desta pesquisa aplicada, que tem como base a pesquisa bibliográfica, o estudo de campo e a pesquisa-ação. Sua classificação é exploratória, de natureza qualitativa, desenvolvida por meio da aplicação de questionário, com os dados sendo analisados por meio da técnica estatística denominada regressão logística binária e os resultados avaliados usando métodos mistos.

Também, é apresentada a amostra utilizada para o desenvolvimento da pesquisa, assim como a definição das variáveis de influência e a proposta de modelo para aplicar os conceitos do método CCPM.

4 RESULTADOS, ANÁLISES E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta, após a estruturação do método de pesquisa, os dados relativos à coleta de informações, desempenho do modelo proposto para uso do método CCPM, assim como as análises e discussões que permitirão fundamentar a pesquisa.

4.1 Aplicação do modelo no sistema de múltiplos projetos

As características gerais do sistema de múltiplos projetos e a proposta de procedimento para aplicação do método CCPM foram descritos nos subitens (3.2.3) e (3.2.4), respectivamente. O modelo a ser aplicado é aquele descrito na Figura (3.2).

Para as condições observadas na organização na qual se desenvolveu a pesquisa, as seguintes técnicas ou ferramentas foram escolhidas para cada uma das etapas do ciclo de vida do modelo:

- a) Início: Fazem parte dessa etapa os procedimentos internos da organização para definição dos dados de entrada e informações técnicas. Também, é recomendada a aplicação da escala de mensuração dos atributos complexidade e incerteza proposta por Pinto (2012). Ver subitem (4.2.1);
- b) Planejamento: Para definição do escopo são usadas duas técnicas; a primeira consiste de reuniões de análise crítica de projeto; a segunda, da aplicação de ferramentas para definição das características técnicas e análise dos requisitos do cliente como é o caso da casa da qualidade, ou (QFD), por suas siglas em inglês. Depois de definir o escopo segue a elaboração da estrutura analítica de projeto (EAP), posteriormente o uso da ferramenta conhecida como Análise de Modos e Efeitos de Falha ou (FMEA), por suas siglas em inglês. Por fim, a elaboração do cronograma inicial de projeto incluindo os conceitos do método CCPM para ambiente de múltiplos projetos (priorização de projetos, definição do recurso gargalo, escalonamento de recursos, diminuição do

- tempo proposto inicialmente para as atividades e inserir pulmões de projetos e de alimentação no cronograma). Ver subitem (4.2.2);
- c) Execução: Realizar as atividades planejadas nos cronogramas de cada projeto. Ver subitem (4.2.3);
 - d) Controle: Monitoramento por meio de verificação da porcentagem de avanço das atividades e principalmente da porcentagem de consumo de pulmão do projeto. Também, reuniões críticas de projeto onde são discutidos os pontos relevantes. No caso desta pesquisa, as reuniões foram estabelecidas para serem realizadas semanalmente. Ver subitem (4.2.3);
 - e) Encerramento: Fazem parte desta etapa os procedimentos internos da organização assim como também é recomendada a aplicação da escala de medição dos fatores críticos de sucesso (FCS) proposta por Besteiro (2012). Ver subitem (4.2.4).

Para apoiar a gestão do sistema de múltiplos projetos, na empresa foi criado um Escritório de Gestão de Projetos de Nível I. Segundo Maximiano e Anselmo (2006), as principais funções desse nível são: elaborar relatórios de progresso, custos, orçamento, desempenho e riscos; manter uma base de dados de ações históricas e lições aprendidas; monitorar os resultados dos projetos.

4.2 Gerenciamento do sistema de múltiplos projetos usando o modelo proposto

Por tratar-se de uma pesquisa aplicada, existem alguns dados e informações geradas por cada uma das etapas do modelo proposto que são próprias da empresa e não foram considerados de interesse acadêmico para serem expostos neste trabalho. Porém, serão tratados aqueles dados que estão diretamente relacionados com a estimativa do tempo das atividades e todos aqueles necessários para a análise e discussão científica. A continuação será apresentada de forma detalhada cada uma das etapas do modelo proposto.

4.2.1 Etapa de início

A empresa onde foi desenvolvida a pesquisa possui um Sistema de Gestão da Qualidade certificado ISO-9001, porém, usa seus próprios procedimentos e documentos para registrar o início dos projetos e demais informações relevantes.

Junto com os procedimentos internos, a escala de mensuração dos atributos complexidade e incerteza desenvolvida por Pinto (2012) foi aplicada, com a intenção de estabelecer uma métrica que ajude na definição das prioridades, sirva como ponto de referência para fazer as estimativas de tempo das atividades e que possa ser utilizada pela organização para tomada de decisões. Os dados obtidos da aplicação dessa escala são apresentados no Quadro (4.1) e representados graficamente na Figura (4.1).

Quadro 4.1 Atributos complexidade e incerteza dos projetos.

Projeto	Complexidade		Incerteza	
	Pontos	Classificação	Pontos	Classificação
P-01	81	Baixa	121	Média
P-02	100	Baixa	132	Média-alta
P-03	121	Média	165	Alta
P-04	143	Alta	148	Alta

Fonte: Dados da pesquisa.

A classificação dos atributos complexidade e incerteza é útil por que permite fixar um marco de referência para priorizar recursos para os projetos, neste caso, escalonar o recurso crítico dentro do sistema de múltiplos projetos.

Os projetos estudados neste trabalho têm uma classificação de incerteza, segundo a escala de Pinto (2012) representada graficamente na Figura (4.1), entre média e alta, confirmando a escolha por parte da alta direção da empresa para serem tratados com o modelo proposto, visando gerenciar melhor as estimativas de tempo das atividades.

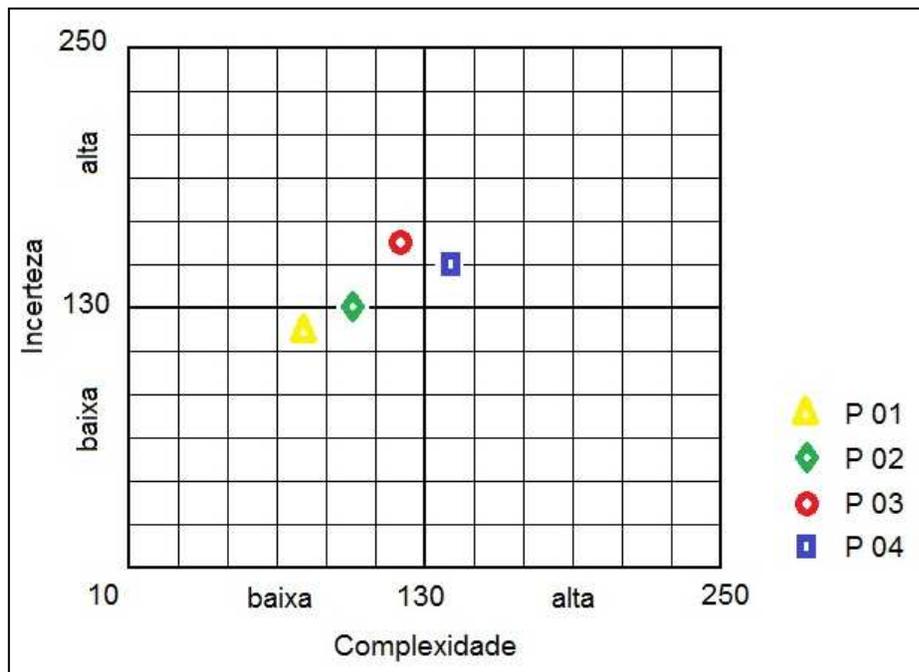


Figura 4.1 Matriz de complexidade e incerteza dos projetos.
 Fonte: Elaboração do autor. Dados da pesquisa

Por outra parte, a classificação dos atributos complexidade e incerteza pode ser usada para definir parâmetros de julgamento para estimar o tempo das atividades. Segundo a proposta original de Goldratt (1997) para as atividades da cadeia crítica se deve retirar 50% do tempo inicialmente estimado para formar o pulmão de projeto com esse tempo, porém, esse conceito está sendo reformulado.

Newbold (2008) afirma que não existe uma regra específica para estimar o tempo das atividades e que conhecer ou mensurar o grau de incerteza de um projeto ajuda na estimação de tempo formando o pulmão de projeto com a diferença entre uma estimativa de baixo risco (duração mais longa) e outra de tempo ideal (duração mais curta).

4.2.2 Etapa de planejamento

A proposta do modelo indica que nesta etapa devem ser aplicadas as seguintes ferramentas, preferencialmente na ordem indicada: definir claramente o escopo dos projetos, por meio de

ferramentas tais como o QFD; definir os pacotes de trabalho, por meio da elaboração da estrutura analítica de projeto (EAP); avaliar os riscos, usando ferramentas tais como o FMEA e planejar aplicando os conceitos do método CCPM para elaborar o cronograma de atividades. No Quadro (4.2) são apresentados alguns dados que caracterizam os projetos que fazem parte da amostra e as ferramentas ou técnicas usadas na etapa de planejamento.

Quadro 4.2 Técnica aplicadas e característica dos projetos.

Projeto	Característica	Definição de escopo	Planejamento	Análise de riscos
P-01	Novo produto (fase final)	Procedimento interno	EAP – CCPM	FMEA
P-02	Mudança no processo	QFD	EAP – CCPM	FMEA
P-03	Novo produto	QFD	EAP – CCPM	FMEA
P-04	Mudança no processo	QFD	EAP – CCPM	FMEA

Fonte: Elaboração do autor.

A estrutura analítica de projeto, as análises FMEA e os resultados do QFD não são apresentados neste trabalho por não ser o foco do estudo e por serem práticas particulares da empresa. Porém, a aplicação do método CCPM no sistema, que é o objeto de estudo deste trabalho, será apresentado a continuação, uma vez que o cronograma elaborado na etapa de planejamento é o mesmo que será usado na etapa de execução e controle.

4.2.3 Etapa de execução e controle

Depois de definir o escopo, analisar os riscos e elaborar a estrutura analítica de projeto, os conceitos do método CCPM foram aplicados para elaborar os cronogramas de atividades de cada um dos projetos, levando em consideração a proposta de Jianmin (2011), como definido no subitem (2.5.1). Os resultados são apresentados a seguir, enumerando cada uma das etapas.

4.2.3.1 Definir a prioridade para cada projeto

A prioridade para os projetos da amostra foi definida com base no planejamento estratégico da empresa, por ser considerado de alta prioridade seu desenvolvimento no primeiro semestre de 2013.

Dentre os projetos selecionados, o projeto “P-01” recebeu a prioridade por tratar-se do projeto de menor duração e por que sua data de término foi planejada para coincidir com um evento importante para a empresa.

Os outros três projetos tinham praticamente o mesmo nível de prioridade, pois a meta era empreender ações no primeiro semestre do ano, para finalizar no máximo até julho de 2013, enquanto outros projetos eram definidos e ações iniciadas para preparar seu desenvolvimento no segundo semestre do ano.

4.2.3.2 Elaboração do cronograma de cada projeto e escalonamento

Inicialmente foi elaborado o cronograma de atividades da forma tradicional para cada projeto, sem identificar ainda a cadeia crítica de atividades, com o intuito de visualizar os recursos a serem disponibilizados e principalmente, definir o escalonamento que poderia ser feito e definir a carga de trabalho desses recursos.

Posteriormente, foi identificado o recurso crítico ou recurso gargalo, considerando a quantidade de atividades em que estava envolvido nos projetos, e o número de horas destinado a essas atividades. Os tempos das atividades foram diminuídos segundo os critérios expostos no Quadro (3.7) do subitem (3.2.5) e na consideração dos atributos complexidade e incerteza apresentados no Quadro (4.1).

A comparação entre o número total de horas calculado de forma tradicional e o total de horas calculado usando os conceitos do método CCPM pode ser observado no Quadro (4.3), para as atividades que formam parte da cadeia crítica de cada projeto.

Quadro 4.3 Comparação de carga de trabalho planejada.

Nome do Recurso	Número de horas (tradicional)	Número de horas (CCPM)	Diferença em porcentagem
Disp-1	1736	1736	0,0%
Eng-1	1156	828	28,4%
Compras	912	800	12,3%
Quali	752	400	46,8%
Eng-2	684	584	14,6%
Eng-3	528	490	7,2%
Prod	288	144	50,0%
Materiais	200	180	10,0%
Usig-1	124	100	19,4%
Proto-1	72	72	0,0%
Eng-4	64	58	9,4%
Embal-1	40	40	0,0%
Mark	16	16	0,0%
Total	6572	5448	17,0%

Fonte: Dados da pesquisa.

Com base nas informações apresentadas no Quadro (4.3), podem ser feitas as seguintes anotações:

- a) O recurso com maior número de horas é o recurso “Disp-1” que corresponde a um fornecedor externo. O elevado número de horas dentro dos cronogramas se deve ao fato de que os projetos estão relacionados com desenvolvimento de produtos e vários ferramentais e dispositivos precisam ser fabricados. Embora esse recurso pudesse ser considerado como o recurso gargalo e mesmo que as atividades relacionadas com ele fizessem parte da cadeia crítica, não foi escolhido por não ter um controle direto sobre suas atividades.
- b) No caso do recurso “Disp-1” também não foi considerada a diminuição de horas para o planejamento com o método CCPM, pois o histórico de prestação de serviços demonstra cumprimento dos prazos acordados. Um cronograma de monitoramento particular foi definido no início dos projetos para verificar o avanço das atividades e definir ações preventivas caso acontecessem desvios para não afetar o cronograma interno dentro da empresa. O mesmo acontece com os recursos “Proto-1” e “Embal-1” que também são empresas prestadoras de serviços externos.

- c) O recurso escolhido como gargalo foi o recurso “Eng-1”, que faz parte do departamento de engenharia, por ser aquele com maior número de atividades, todas elas fazendo parte da cadeia crítica de cada projeto. Foi feito o escalonamento desse recurso entre os projetos e uma porcentagem aproximada de 28,4% das horas iniciais foi diminuída.
- d) Os recursos “Quali” e “Prod” tiveram sua quantidade de horas diminuída em 46,8% e 50,0%, respectivamente. Isto pelo fato de ter maior incerteza no desenvolvimento das atividades e existir a capacidade de diminuir essa incerteza aplicando o conceito CCPM para evitar a aparição do síndrome do estudante e a lei de Parkinson.
- e) O número total de horas das atividades que fazem parte da cadeia crítica em cada um dos projetos diminuiu 17,0%, segundo os dados apresentados, mas cada atividade apresentou uma própria diminuição, ou não, dependendo da estimativa de tempo que podia ser feita.
- f) Seguindo as orientações de Leach (2000), nenhum dos tempos das atividades foi maior do que o 20% do tempo de cada corrente crítica (ver página 25). As atividades com tempos maiores nos cronogramas correspondem àquelas desenvolvidas por fornecedores de serviços externos, em cujo caso foi feito um cronograma individual para dividir a tarefa principal em subtarefas e facilitar o monitoramento.

Depois de aplicar os conceitos do método CCPM ao planejamento das atividades, um novo tempo para realização dos projetos foi obtido. Os resultados podem ser analisados no Quadro (4.4) que aparece a continuação.

Quadro 4.4 Duração dos projetos aplicando o método CCPM.

Projeto	Duração inicial	Aplicando os conceitos do método CCPM			
		Duração sem pulmão de projeto	Pulmão de projeto	Duração total	Porcentagem do pulmão de projeto
P-01	20 dias	15 dias	4 dias	19 dias	21,1%
P-02	82 dias	73 dias	12 dias	85 dias	14,1%
P-03	101 dias	116 dias	15 dias	131 dias	11,4%
P-04	101 dias	141 dias	12 dias	153 dias	7,8%

Fonte: Dados da pesquisa.

Nas informações apresentadas no Quadro (4.4) pode ser visto que depois de definir o recurso crítico, escalonar esse recurso entre os projetos e diminuir o tempo estimado das atividades, aconteceu o seguinte:

- a) A duração sem considerar a inclusão do tempo do pulmão de projeto nos projetos “P-01” e “P-02” diminuiu, enquanto que os tempos dos projetos “P-03” e “P-04” aumentaram.
- b) Quando é considerado o pulmão de projeto o tempo dos projetos “P-02”, “P-03” e “P-04” aumentou, enquanto o tempo total do projeto “P-01” diminuiu em um dia.
- c) As duas observações anteriores estão em contravaria do argumentado pelos defensores do método CCPM no sentido de que diminuindo em 50% o tempo das atividades da cadeia crítica encurtam os cronogramas de trabalho. Isso pode aplicar para alguns casos, mas a evidência apresentada neste trabalho mostra que dependendo da característica de cada atividade, esse conceito pode ser aplicado totalmente ou não.
- d) Uma grande vantagem obtida da diminuição do tempo da maioria das atividades da cadeia crítica e do escalonamento dos recursos, principalmente do recurso crítico, foi o fato de eliminar a multitarefa, embora que esse escalonamento estenda o tempo de finalização planejado, como no caso dos projetos “P-03” e “P-04”. É preferível trabalhar com uma data de finalização mais real do que controlar a multitarefa.
- e) O projeto “P-01” apresentou a maior atribuição de pulmão de projeto (21,1%), conservando praticamente a mesma data de finalização e, como será apresentado na Figura (4.2), o consumo final do pulmão de projeto foi de 80%, equivalente a aproximadamente três dias. O projeto conseguiu terminar dois dias antes do inicialmente planejado e um dia antes do tempo calculado usando os conceitos do método CCPM.
- f) O projeto “P-01” tem uma característica diferente dos outros três projetos e é o fato de que nas atividades da cadeia crítica não foram envolvidos fornecedores externos, pois quando o primeiro monitoramento mostrou que 80% do tempo do pulmão tinha sido consumido, foram tomadas ações imediatas, todas elas de total controle por parte da empresa.
- g) A porcentagem de tempo de pulmão (21,1%) calculada para o projeto “P-01” é coerente com o critério definido pelo método CCPM, pois o tempo do pulmão teórico deveria ser

equivalente a 25% do tempo total das atividades da cadeia crítica. Também, esse resultado é coerente com a escala de mensuração dos atributos incerteza e complexidade mostrada no Quadro (4.2) e representada na Figura (4.1), pois esse projeto mostrou ter a menor incerteza entre os quatro projetos, permitindo que mais atividades pudessem ser encurtadas e definir um tamanho de pulmão maior.

- h) O segundo projeto com maior valor de pulmão de tempo (14,1%) foi o “P-02”. Esse resultado também é coerente com o valor de incerteza mostrado no Quadro (4.2) e representado na Figura (4.1).

Para os projetos “P-03” e “P-04” com a menor porcentagem de tempo de pulmão (11,4%) e (7,8%), respectivamente, e ao mesmo tempo com maior incerteza, o critério do método CCPM não se cumpre, provavelmente pelo fato de ter atividades com uma demanda de tempo grande relacionadas com serviços externos, sobre os quais não se têm controle.

4.2.3.3 Monitoramento e controle

Para a etapa de monitoramento e controle foi usado como referência o cronograma de atividades de cada projeto junto com os gráficos de taxa de consumo do pulmão de projeto, os quais foram analisados em reuniões de análise crítica semanais.

Como um exemplo das ações realizadas durante esta etapa do andamento do modelo, na Figura (4.2) é apresentado um gráfico comparativo entre o tempo inicialmente planejado e o tempo real executado para o projeto P-01, representado por meio de duas curvas de tendência, de quarta ordem polinomial, construídas no *software Excel*. No eixo horizontal aparece a duração em dias do projeto e no eixo vertical a carga de trabalho em unidades de dias/trabalho.

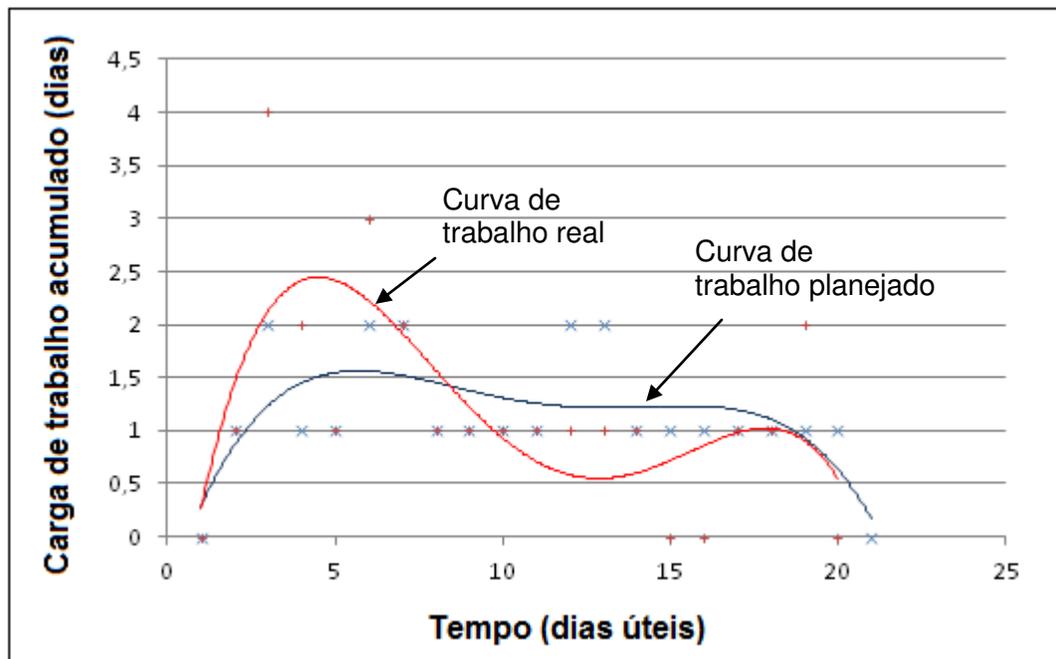


Figura 4.2 Curvas comparativas entre o tempo planejado e o real, projeto P-01.
 Fonte: Elaboração do autor. Dados da pesquisa.

Na Figura (4.2) o eixo horizontal indica os dias úteis de trabalho e o eixo vertical a carga de trabalho por dia, em unidades de dias. A curva de tendência do trabalho planejado, na cor azul, finaliza no dia 20. A curva de tendência do trabalho real, na cor vermelha, finaliza no dia 19, incluindo três dias de consumo do tempo de pulmão, equivalentes a 80% do tempo total desse pulmão. Neste caso, o projeto, mesmo que no início teve alguns vieses na execução, como evidencia a curva de taxa de consumo da Figura (4.3), conseguiu terminar um dia antes do planejado.

No método CCPM o indicador de taxa de consumo do pulmão de tempo é o indicador chave para o gerenciamento do projeto. Para o projeto P-01 o andamento do estado de consumo do pulmão é apresentado na Figura (4.3). Nessa figura, o eixo horizontal representa a porcentagem de avanço do projeto e o eixo vertical representa a porcentagem de consumo do pulmão.

A taxa de consumo de pulmão pode ser definida como a divisão entre a porcentagem de avanço do projeto e a porcentagem de consumo do pulmão. Uma relação maior do que um (1,0) indica que o projeto está bem encaminhado, porém, uma taxa menor do que um (1,0) é um motivo de alerta (NEWBOLD, 2008).

O diagrama está dividido em três áreas, inferior, média e superior. A linha amarela separa a área inferior da média e indica que quando um ponto aparece acima dessa linha, um aviso de precaução deve ser emitido e o gerente do projeto ficar atento à evolução do consumo de pulmão. Porém, se um ponto aparecer acima da linha vermelha, ações imediatas devem ser executadas.

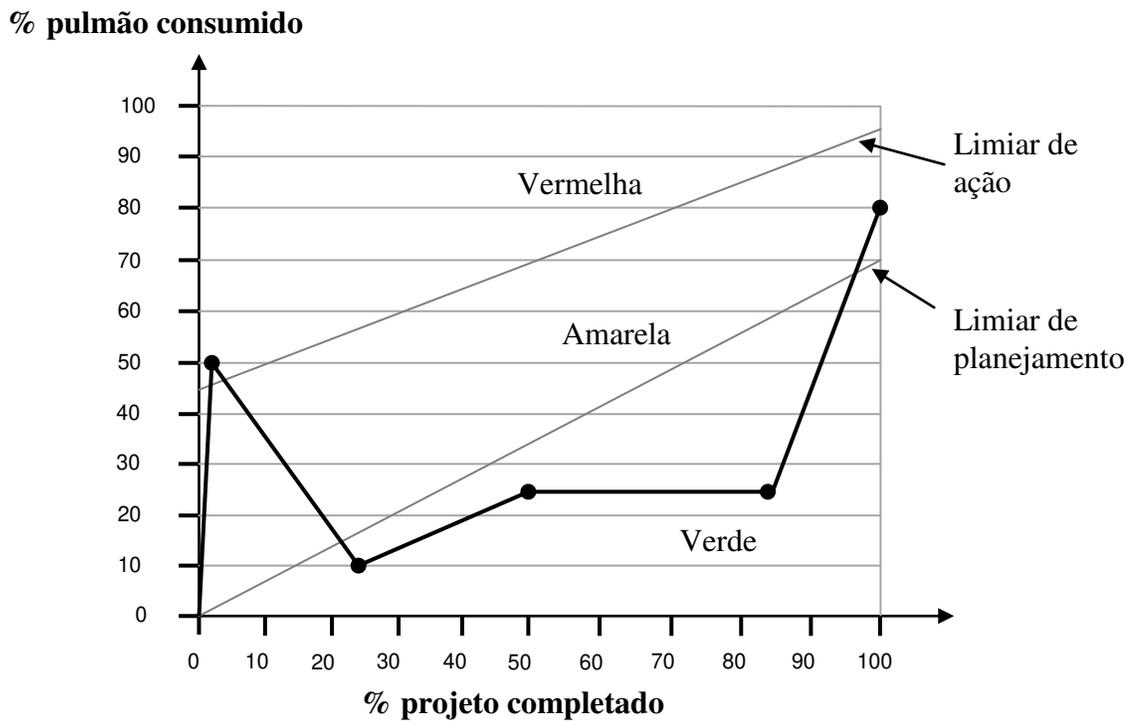


Figura 4.3 Consumo de pulmão de tempo. Projeto P-01.
 Fonte: Elaboração do autor. Dados da pesquisa.

Analisando a Figura (4.3), pode ser observado que nos primeiros dias (avanço 1,5%) o projeto consumiu 50% da capacidade do pulmão, ficando o ponto na região vermelha. Esse comportamento também aparece refletido na Figura (4.2) representado pelo pico na curva de tempo do trabalho real que ultrapassa a curva do tempo planejado.

Depois da reunião de análise crítica onde foi analisado o consumo de tempo do pulmão foram tomadas ações para normalizar a situação. O efeito dessas ações pode ser observado quando na Figura (4.3), para um avanço do projeto de 25%, o consumo de tempo do pulmão volta para um valor de 10%, abaixo do limite descrito pela linha de limiar de planejamento, na região identificada como verde. Também, o efeito das ações se observa na Figura (4.2), onde a linha de tendência do trabalho executado se aproxima da linha de tendência do trabalho planejado.

De forma geral, no gráfico da Figura (4.4), é representado o comportamento do nível de carga de trabalho ao longo do ciclo de vida do sistema de múltiplos projetos, comparando o tempo planejado com o tempo executado. Como característica principal, nessa figura pode ser observado que a carga de trabalho real é menor que a carga de trabalho planejado. Isto pode ser uma indicação de que os tempos planejados inicialmente tem uma segurança embutida, tal como explica Leach (2000), e que é um dos pontos relevantes pelo qual o método da Corrente Crítica se diferencia das outras técnicas para estimar atividades em projetos.

Também pode ser observado que a curva de tendência do tempo executado finaliza perto do dia 70, indicado na escala, que corresponde com o final do mês de maio, data até a qual foi feito o levantamento dos dados que são considerados para análise nesta pesquisa.

Na Figura (4.4) são usadas curvas de tendência do tipo polinomial de sexta ordem, obtidas por meio do *software Excel*, para representar o comportamento do nível de carga de trabalho dos projetos usados na amostra.

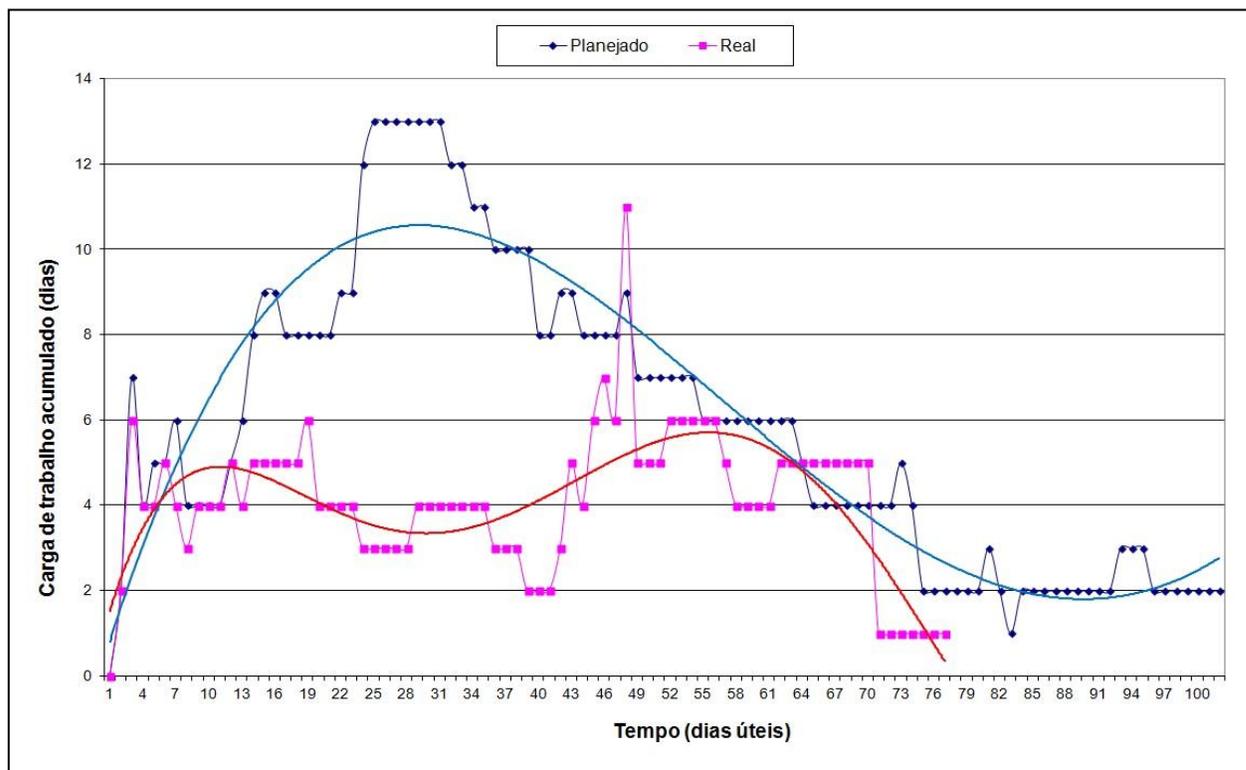


Figura 4.4 Nível de carga de trabalho ao longo do ciclo de vida do sistema.

Fonte: Dados da pesquisa.

O gráfico mostrado na Figura (4.4) é similar com aqueles apresentados no Guia PMBOK (2008, p. 16) e por Kerzner (2011, p. 45) para representar o ciclo de vida dos projetos.

Com base no comportamento das curvas de tendência apresentadas na Figura (4.4), podem ser feitas as seguintes considerações:

- a) A linha de tendência do trabalho real descreve uma área embaixo da curva menor que a área embaixo da curva da linha de tendência do trabalho planejado. Esse comportamento permite comprovar o argumento da Corrente Crítica no sentido de que o método tenta eliminar a segurança adicional embutida nas atividades por meio da diminuição do tempo inicialmente planejado, minimizando desta forma o impacto que o síndrome do estudante e a lei de Parkinson têm na realização das tarefas.
- b) Entre os dias 4 e 18 na escala horizontal da Figura (4.4) foram introduzidas atividades relacionadas com outro projeto, não planejadas e sem relação com os quatro projetos objeto de estudo, que demandou atenção dos integrantes do departamento de engenharia, ocasionando reprogramação de atividades. Observando as linhas de tendência, pode ser visto como a curva que descreve o trabalho real se afasta da curva que descreve o trabalho planejado diminuindo a carga de trabalho.
- c) Os efeitos da inclusão de atividades não programadas se fez sentir nos projetos, como pode ser visto nos gráficos das Figuras (4.3) e (4.4), de comparação de tempo e consumo de pulmão, respectivamente.
- d) O projeto “P-01” conseguiu terminar em tempo, mas os projetos “P-03” e “P-04” começaram a ter atraso nas suas atividades. Uma reunião com a diretoria da empresa foi realizada e as ações definidas permitiram equilibrar novamente a carga de trabalho do sistema e continuar com o andamento dos cronogramas planejados.

4.2.4 Encerramento

Para a etapa final de encerramento e lições aprendidas, o modelo proposto para gerenciamento do tempo em sistemas de múltiplos projetos recomenda aplicar a escala de medição dos Fatores Críticos de Sucesso (FCS) proposta por Besteiro (2012).

Analisar os resultados obtidos da escala de medição dos (FCS) tem a intenção de criar planos de ação, de nível gerencial e estratégico, ao mesmo tempo em que serve como registro do sucesso ou insucesso dos projetos e as condições relacionadas com cada caso.

Segundo a autora, a escala proposta tem sua aplicação limitada apenas para os processos do gerenciamento interno das empresas, uma vez que não são avaliados os fatores externos às mesmas.

O questionário utilizado para o registro e processamento dos dados relacionados com (FCS) se encontra no Apêndice A.

O levantamento de dados e análise de informações sobre a aplicação do modelo proposto neste trabalho foi realizado até final de maio de 2013, com o avanço nos projetos como registrado no Quadro (4.5). O resultado da avaliação para o projeto “P-01” é definitivo, para os outros projetos, o resultado é parcial.

Quadro 4.5 Avanço dos projetos até final de maio de 2013.

Projeto	Avanço
P-01	100,0%
P-02	90,2%
P-03	60,0%
P-04	64,0%

Fonte: Dados da pesquisa.

No Quadro (4.6) é apresentada a faixa de classificação para o sucesso dos projetos e o valor máximo que pode ser considerado para cada faixa de classificação, segundo a proposta de Besteiro (2012).

Quadro 4.6 Faixa de classificação do tipo de sucesso em gerenciamento de projetos.

Tipo de sucesso	Faixa de classificação	Pontuação na escala
Projeto de Sucesso Total	de 70 a 100%	500
Projeto de Sucesso Parcial	de 40 a 69%	345
Projeto de Insucesso	de 0 a 39%	195

Fonte: Besteiro (2012).

A seguir é apresentado o resultado da avaliação dos (FCS) considerando os grupos direcionadores e a pontuação obtida para cada projeto. Os dados sobre o comportamento de cada variável do questionário que mede o (FCS) também aparecem no Anexo A deste trabalho.

Quadro 4.7 Fatores Críticos de Sucesso para o projeto P-01.

Grupo direcionador	Faixa de classificação	Pontuação do projeto	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por grupo direcionador
Habilidades Gerenciais	125	106	84%
Fatores Críticos de Sucesso	195	152	78%
Monitoramento e Controle	95	68	72%
Lições Aprendidas	85	70	82%
Pontuação do Projeto	500	395	

Fonte: dados da pesquisa.

Com base nos dados do Quadro (4.7) o projeto “P-01” obteve 395 pontos dos 500 pontos propostos pela escala de mensuração de (FCS); segundo a classificação apresentada no Quadro (4.6) o projeto foi classificado como um projeto de sucesso total.

Com relação à mensuração do sucesso mostrada no Quadro (4.7) pode ser dito que a influência nos dois grupos direcionadores com menor valor, fatores críticos de sucesso (78%) e monitoramento e controle (72%), foi devido a um menor valor na avaliação do cumprimento do prazo (60%), definição do escopo (60%), planejamento do projeto (60%) e identificação de metas (20%). Esses valores podem ser observados em detalhe nas informações do percentual de sucesso do projeto por variável, no Anexo A deste trabalho.

Na observação do comportamento do projeto “P-01” durante a etapa de pesquisa-ação essas características detectadas por meio da avaliação do (FCS) aconteceram realmente e se apresentaram muito provavelmente por ser um projeto desenvolvido com a pressão de uma data de entrega muito próxima.

Quadro 4.8 Fatores Críticos de Sucesso para o projeto P-02.

Grupo direcionador	Faixa de classificação	Pontuação do projeto	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por grupo direcionador
Habilidades Gerenciais	125	125	100%
Fatores Críticos de Sucesso	195	182	93%
Monitoramento e Controle	95	73	77%
Lições Aprendidas	85	77	91%
Pontuação do Projeto	500	457	

Fonte: Dados da pesquisa.

Com base nos dados apresentados no Quadro (4.8), o projeto “P-02” obteve 457 pontos dos 500 pontos propostos pela escala de mensuração de (FCS); segundo a classificação apresentada no Quadro (4.6) o projeto foi classificado como um projeto de sucesso total.

Com relação à mensuração do sucesso mostrada no Quadro (4.8) pode ser dito que a influência no grupo direcionador com menor valor, monitoramento e controle (77%) foi devido a que a variação nos benefícios (0%), não foi considerada para o projeto e foi dado esse valor para não alterar ou mascarar algum outro resultado. A variável no grupo direcionador com menor valor foi variação no prazo (62%), isto se deve muito provavelmente ao fato acontecido na segunda metade do mês de março, quando atividades não planejadas foram incluídas na programação dos recursos do departamento de engenharia.

Quadro 4.9 Fatores Críticos de Sucesso para o projeto P-03.

Grupo direcionador	Faixa de classificação	Pontuação do projeto	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por grupo direcionador
Habilidades Gerenciais	125	118	94%
Fatores Críticos de Sucesso	195	152	78%
Monitoramento e Controle	95	73	77%
Lições Aprendidas	85	69	81%
Pontuação do Projeto	500	412	

Fonte: Dados da pesquisa.

Com base nos dados apresentados no Quadro (4.9), o projeto “P-03” obteve 412 pontos dos 500 pontos propostos pela escala de mensuração de (FCS); segundo a classificação apresentada no Quadro (4.6) o projeto foi classificado como um projeto de sucesso total.

Com relação à mensuração do sucesso mostrada no Quadro (4.9) pode ser dito que a influência nos dois grupos direcionadores com menor valor, fatores críticos de sucesso (78%) e monitoramento e controle (77%) foi devido a um menor valor na avaliação do cumprimento do prazo (59%), definição de escopo (59%), habilidade de comunicação (59%) e variação no prazo (62%). Esses valores podem ser observados com mais detalhe nas informações do percentual de sucesso do projeto por variável, no Anexo A.

Muito provavelmente a causa desses valores menores foi o fato de que o projeto “P-03” e o projeto “P-04” ficaram estagnados durante quase duas semanas no final de março. Esse comportamento é coerente com aquele que se observa no gráfico de curvas de tendência da Figura (4.4), entre os dias 21 e 29 do eixo horizontal. Nesse intervalo, a curva de trabalho real mostra um claro decréscimo.

Quadro 4.10 Fatores Críticos de Sucesso para o projeto P-04.

Grupo direcionador	Faixa de classificação	Pontuação do projeto	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por grupo direcionador
Habilidades Gerenciais	125	91	73%
Fatores Críticos de Sucesso	195	156	80%
Monitoramento e Controle	95	70	74%
Lições Aprendidas	85	69	81%
Pontuação do Projeto	500	386	

Fonte: Dados da pesquisa.

Com base nos dados do Quadro (4.10) o projeto “P-04” obteve 386 pontos dos 500 pontos propostos pela escala de mensuração de (FCS); segundo a classificação apresentada no Quadro (4.6) o projeto foi classificado como um projeto de sucesso total.

Com relação à mensuração do sucesso mostrada no Quadro (4.10) pode ser dito que a influência nos dois grupos direcionadores com menor valor, habilidades gerenciais (73%) e

monitoramento e controle (74%) foi devido a um menor valor na avaliação da habilidade de comunicação (61%), aceitação da proposta (58%), indicação de papéis e responsabilidades (61%), determinação dos pontos de controle (60%). Esses valores podem ser observados em detalhe nas informações do percentual de sucesso do projeto por variável, no Anexo A.

Como aconteceu com o projeto “P-03” o projeto “P-04” ficou estagnado por um período de duas semanas, comportamento esse que pode ser verificado na curva de tendência da Figura (4.4).

4.2.4.1 Lições aprendidas

Os resultados da avaliação dos (FCS) obtidos anteriormente podem ser organizados para facilitar a análise das causas que mais impactaram no desempenho do modelo proposto nesta pesquisa para o gerenciamento de sistemas de múltiplos projetos.

Primeiramente, pode ser elaborado o Quadro (4.11) para reunir os grupos direcionadores que apresentam um valor menor que 80% para cada projeto.

Quadro 4.11 Grupos direcionadores com menor valor.

Projeto	Habilidades gerenciais	Fatores críticos de sucesso	Monitoramento e controle	Lições aprendidas
P-01	-	78%	72%	-
P-02	-	-	77%	-
P-03	-	78%	77%	-
P-04	73%	-	74%	-

Fonte: Dados da pesquisa.

No Quadro (4.11) aparece o grupo direcionador Monitoramento e Controle como o grupo que apresenta a maior quantidade de valores com menor porcentagem de cumprimento. Logo, na procura de uma justificativa para esse comportamento, é apresentado no Quadro (4.12) o detalhamento das variáveis que conformam esse grupo direcionador, para cada projeto.

Quadro 4.12 Variáveis do grupo direcionador monitoramento e controle.

Variáveis	Projetos			
	P-01	P-02	P-03	P-04
Reuniões de monitoramento e controle	99%	100%	100%	100%
Definição de pontos de controle	60%	100%	100%	60%
Variabilidade no prazo	61%	62%	62%	100%
Identificação das metas	20%	100%	100%	100%

Fonte: Dados da pesquisa.

Observando as informações do Quadro (4.12), a variável com menores valores de porcentagem de cumprimento é “variabilidade no prazo”. Isto pode ser interpretado como que a variabilidade no prazo está relacionada com a reprogramação de atividades que acontece no sistema, fato esse que será comprovado por meio da análise estatística que é apresentada no subitem (4.3), a continuação.

Ainda nas informações do Quadro (4.12) pode ser observado que o valor de 20% de cumprimento na identificação de metas do projeto P-01 coincide com o observado no comportamento do indicador de consumo de pulmão de projeto na Figura (4.2), quando no início foram necessárias ações imediatas para equilibrar o ritmo de trabalho. Também, isso serviu como lições aprendidas, pois no Quadro (4.12) pode ser visto que a porcentagem para os outros projetos foi de 100%, mostrando melhoria nesse parâmetro.

O modelo proposto nesta pesquisa tenta gerenciar melhor a incerteza que existe na estimativa de tempos das atividades nos projetos. Mesmo que a incerteza não seja eliminada totalmente, um indicador de que o modelo funciona é o fato de que a avaliação realizada aos projetos mostra que podem ser classificados como projetos de sucesso total e que, embora exista variabilidade no prazo das atividades, a mesma está em níveis acima de 60% o que aumenta a probabilidade de que os projetos terminem dentro do prazo planejado.

4.3 Aplicação do questionário e análise estatística

As informações coletadas por meio do questionário aparecem registradas no Apêndice B deste trabalho e estão relacionadas com o impacto dos sete parâmetros ou variáveis de influência sobre a variável de resposta. Os dados correspondem à coleta e análise realizada para 46 atividades pertencentes à cadeia crítica de cada projeto, durante a etapa de pesquisa-ação, no período de quatro meses compreendido entre fevereiro e maio de 2013.

No espaço de tempo de quatro meses, as análises podem ser divididas em três períodos: total, 1º período e 2º período, tal como aparece detalhado no gráfico da Figura (4.5).

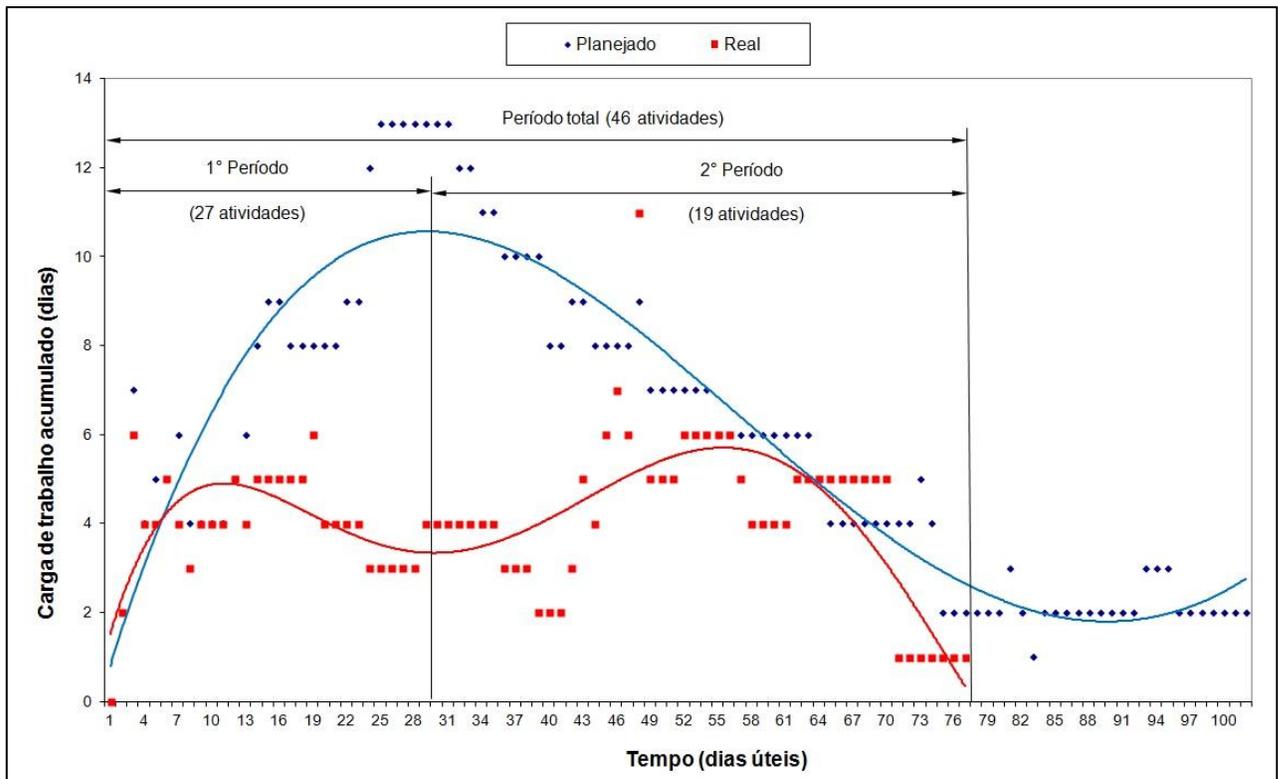


Figura 4.5 Divisão em períodos das atividades do sistema de projetos.

Fonte: Dados da pesquisa.

Nos períodos indicados na Figura (4.5) o comportamento das variáveis foi registrado da seguinte forma: o número um (1) está relacionado com uma resposta afirmativa do tipo “sim”, e o

número zero (0) associado com uma resposta negativa do tipo “não”. Ou seja, o número (1) quer dizer que a variável apareceu para influenciar adversamente no atendimento do prazo estimado para cada atividade, e o número (0) quer dizer que o fator de influencia não se apresentou, propiciando condições para que a atividade atendesse seu prazo estimado.

Os dados coletados foram processados no *software MiniTab 16* e os resultados são apresentados em função dos seguintes parâmetros: informação de resposta, do valor (p) ou nível de significância de cada variável e geral, do intervalo de confiança, dos testes de ajuste do modelo, da relação *Odds Ratio (OR)*, e dos coeficientes relativos da equação.

4.3.1 Análise por regressão logística binária do período total

As informações de saída do programa, em forma detalhada, aparecem no Anexo B deste trabalho e as informações resumidas, necessárias para as análises, são apresentadas a continuação em forma de tabelas.

Tabela 4.1 Informação de resposta

Variável	Valor	Quantidade	Característica
Prazo	Sim	25	Evento
	Não	21	
	Total	46	

Fonte: Dados da pesquisa, *software MiniTab 16*.

A Tabela (4.1) mostra a informação geral sobre os dados processados, isto é, a variável de resposta (Prazo), o número de atividades que atenderam o prazo (25), o número de atividades que ficaram fora do prazo planejado (21) e a definição do nível ou valor (sim) como caracterizando o evento que o *software* considera como referência para relação ou associação dos dados.

Tabela 4.2 Dados obtidos do primeiro processamento.

Parâmetros	Coefficientes	Valor (p) individual	OR	Valor (p) Geral
Constante	2,242	0,022	-	
EscAlt	-21,010	0,999	0,00	
Risk	-0,760	0,361	0,47	
Variab	0,443	0,583	1,56	
Incl	0,102	0,917	1,11	0,018
Repro	-2,344	0,012	0,10	
NivRec	0,399	0,726	1,49	
Multitask	-0,735	0,401	0,48	

Fonte: Dados da pesquisa, *software MiniTab 16*.

Observando os dados das Tabelas (4.2), para um intervalo de confiança de 95%, pode ser afirmado o seguinte:

1. O valor (p) geral é de 0,018, menor que o valor de referência ($p= 0,05$), o que quer dizer que existe uma relação significativa entre a resposta e pelo menos um dos parâmetros ou variáveis de influência.
2. Os parâmetros **Repro** ($p= 0,012$) e **Constante** ($p= 0,022$) são os únicos que possuem um valor menor que a referência ($p= 0,05$), sendo ambos significantes. Os outros parâmetros não apresentam uma relação significativa entre a resposta e qualquer um deles.
3. O parâmetro **Repro** (-2,344) que representa a influência da reprogramação nas atividades tem um valor negativo, significando que quando aparece diminui a probabilidade de terminar a atividade dentro do prazo.
4. O valor OR do parâmetro **Repro** ($0,10 < 1,0$) significa que quanto menor seja o seu valor, menor é a probabilidade de terminar a atividade dentro do prazo.
5. Os valores obtidos pelo parâmetro **EscAlt** ($p= 0,999$) e ($OR= 0,00$) indicam que não existe associação alguma entre as variáveis de influência e de resposta. Isto é interpretado como um indicador de que a definição ou alteração do escopo não intervém mais na realização das atividades, pois o escopo é definido na etapa de planejamento e incluído na programação e estimativa de tempo das atividades.

Tabela 4.3 Testes de ajuste do modelo.

Método	Valor (p)
Pearson	0,150
Deviance	0,087
Hosmer-Lemeshow	0,401

Fonte: Dados da pesquisa, *software MiniTab 16*.

Os resultados de ajuste obtidos por meio dos testes de Pearson (0,150) e Deviance (0,087) mostraram valores elevados indicando que não existe evidência suficiente para garantir que o modelo se ajusta adequadamente quando o intervalo de confiança é menor ou igual a 0,05. Neste caso, o modelo se refere ao conjunto de dados e à consistência que eles apresentam entre o comportamento esperado e o observado.

Porém, o teste de Hosmer-Lemeshow (0,401) mostra que existe uma relativa consistência na frequência de ocorrência entre os dados observados e os esperados. Isto pode ser observado nos resultados entregados pelo *software MiniTab 16* apresentados no Anexo B.

Com a intenção de melhorar o ajuste do modelo optou-se por realizar mais iterações com o conjunto de dados obtidos eliminando as variáveis com o valor (p) mais elevado e com índice OR perto de (1,0), mostrando que a probabilidade de associação com a variável de resposta é mínima.

Dessa forma, foi feita uma segunda análise do conjunto de dados eliminando as variáveis EscAlt e Incl. Os resultados obtidos por meio do *software MiniTab 16* são apresentados a continuação na forma de tabelas.

Tabela 4.4 Dados obtidos do segundo processamento.

Parâmetros	Coefficientes	Valor (p) individual	OR	Valor (p) Geral
Constante	2,405	0,013	-	
Risk	-0,796	0,312	0,45	
Variab	0,149	0,842	1,16	
Repro	-2,545	0,005	0,08	0,016
NivRec	0,530	0,593	1,70	
Multitask	-0,827	0,321	0,44	

Fonte: Dados da pesquisa, *software MiniTab 16*.

Para a nova iteração, cujos resultados aparecem na Tabela (4.4) e para um intervalo de confiança de 95%, pode ser afirmado o seguinte:

1. O valor (p) geral é de 0,016, menor que o valor de referência (p= 0,05), o que quer dizer que existe uma relação significativa entre a resposta e pelo menos um dos parâmetros ou variáveis de influência.
2. Os parâmetros Repro (p= 0,005) e Constante (p= 0,013) são os únicos que possuem um valor menor que a referência (p= 0,05), sendo ambos significantes. Os outros parâmetros continuam sem apresentar uma relação significativa entre eles e a resposta.
3. O parâmetro Repro (-2,545) continua a ter um valor negativo, significando que a presença do mesmo diminui a probabilidade de terminar a atividade dentro do prazo.

Tabela 4.5 Testes de ajuste do modelo. Segundo processamento.

Método	Valor (p)
Pearson	0,079
Deviance	0,064
Hosmer-Lemeshow	0,511

Fonte: Dados da pesquisa, *software MiniTab 16*.

Os resultados de ajuste obtidos por meio dos testes de Pearson (0,079) e Deviance (0,064) diminuiram com referência aos valores obtidos no primeiro processamento, mas o teste de Hosmer-Lemeshow (0,511) aumentou, indicando que a consistência na frequência de ocorrência entre os dados observados e os esperados melhorou.

Com a melhora no indicador do teste de Hosmer-Lemeshow decidiu-se processar o conjunto de dados novamente, com o intuito de minimizar o erro no modelo analisado.

Desta vez, o parâmetro Variab (p= 0,842) foi eliminado da análise, obtendo os valores apresentados nas tabelas seguintes.

Tabela 4.6 Dados obtidos do terceiro processamento.

Parâmetros	Coefficientes	Valor (p) individual	OR	Valor (p) Geral
Constante	2,477	0,006	-	
Risk	-0,821	0,292	0,44	
Repro	-2,561	0,004	0,08	0,008
NivRec	0,541	0,585	1,72	
Multitask	-0,839	0,312	0,43	

Fonte: Dados da pesquisa, *software MiniTab 16*.

Os únicos parâmetros que continuam com um valor (p) menor que a referência (0,05) são Constante (0,006) e Repro (0,004), o que indica consistência no seu nível de significância ao longo das análises.

Da mesma forma, o índice OR do parâmetro Repro (0,08) mostrou-se constante com relação ao valor obtido no segundo processamento e muito perto do obtido no primeiro processamento, indicando consistência no comportamento dentro do modelo.

Tabela 4.7 Testes de ajuste do modelo. Terceiro processamento.

Método	Valor (p)
Pearson	0,077
Deviance	0,089
Hosmer-Lemeshow	0,218

Fonte: Dados da pesquisa, *software MiniTab 16*.

Desta vez, os testes de Pearson (0,077) e Deviance (0,089) apresentaram um leve aumento com relação ao segundo processamento, contrastando com o comportamento mostrado pelo teste de Hosmer-Lemeshow (0,218) que diminuiu seu valor.

A diminuição no teste de Hosmer-Lemeshow pode ter acontecido pelo fato de que um número menor de parâmetros está sendo avaliado com relação aos anteriores processamentos, formando menores grupos de associação, dificultando desta forma a relação de consistência na frequência de ocorrência entre os dados observados e os esperados. Também, que os parâmetros

que estão sendo avaliados não são os que oferecem um melhor ajuste do modelo. Esse comportamento pode ser observado nos dados do Anexo B.

Um novo processamento foi realizado com a intenção de observar o comportamento no ajuste do modelo. Desta vez, foi eliminado o parâmetro NivRec, que possui o maior valor de (p). Os dados do novo processamento são apresentados nas tabelas seguintes.

Tabela 4.8 Dados obtidos do quarto processamento.

Parâmetros	Coefficientes	Valor (p) individual	OR	Valor (p) Geral
Constante	2,408	0,006	-	
Risk	-0,841	0,280	0,43	0,003
Repro	-2,435	0,005	0,09	
Multitask	-0,619	0,386	0,54	

Fonte: Dados da pesquisa, *software MiniTab 16*.

Mais uma vez, os parâmetros Constante ($p= 0,006$) e Repro ($p= 0,004$) ficaram com um valor abaixo da referência ($p= 0,05$) mostrando um elevado nível de significância com a variável de resposta. O valor (p) geral também conserva essa característica.

No relacionado com o índice OR do parâmetro Repro (0,09) o mesmo se conserva similar àqueles obtidos nos anteriores processamentos, indicando coerência no seu comportamento.

Tabela 4.9 Testes de ajuste do modelo. Quarto processamento.

Método	Valor (p)
Pearson	0,053
Deviance	0,057
Hosmer-Lemeshow	0,736

Fonte: Dados da pesquisa, *software MiniTab 16*.

No quarto processamento de dados, os valores do teste de ajuste pelos métodos Pearson (0,053) e Deviance (0,057) continuaram baixos, mas o método Hosmer-Lemeshow (0,736) aumentou significativamente indicando, por meio deste, que o modelo considerando três parâmetros (Risk, Repro, Multitask) apresenta um melhor ajuste.

Por fim, um último processamento dos dados foi realizado eliminando a variável Multitask ($p=0,386$), obtendo os resultados que são apresentados nas tabelas seguintes.

Tabela 4.10 Dados obtidos do quinto processamento.

Parâmetros	Coefficientes	Valor (p) individual	OR	Valor (p) Geral
Constante	2,113	0,007	-	
Risk	-0,724	0,341	0,48	0,002
Repro	-2,436	0,004	0,09	

Fonte: Dados da pesquisa, *software MiniTab 16*.

Nos dados da Tabela (4.10) observa-se que o valor (p) geral se mantém abaixo do nível de referência, confirmando que existe uma relação significativa entre a resposta e o parâmetro Repro. O mesmo acontece com o valor (p) individual de dito parâmetro.

Também, o índice OR (0,09) apresentou um valor similar ao apresentado nos anteriores processamentos, indicando consistência no comportamento do nível de impacto da variável sobre a resposta. Neste caso, esse comportamento pode traduzir que entre menor seja o seu valor, menor é a probabilidade de terminar a atividade dentro do prazo. Isto é compatível com o coeficiente negativo obtido desde o primeiro processamento de dados, reforçando desta forma o fato de que a reprogramação de atividade foi a principal causa no atraso das atividades e que sua presença impacta negativamente no atendimento do prazo planejado.

Tabela 4.11 Testes de ajuste do modelo. Quinto processamento.

Método	Valor (p)
Pearson	0,446
Deviance	0,458
Hosmer-Lemeshow	0,732

Fonte: Dados da pesquisa, *software MiniTab 16*.

Na Tabela (4.11) pode ser observado que os valores do teste de ajuste pelos métodos Pearson (0,446) e Deviance (0,458) aumentaram significativamente ao tempo que ficaram

parecidos. Por sua parte, o valor do teste de Hosmer-Lemeshow (0,732) continuou similar àquele obtido no quarto processamento, indicando um relativo bom ajuste no modelo usado.

Adicional aos resultados apresentados até o momento, outra informação é fornecida pelo *software MiniTab 16* que pode ser usada para analisar o modelo usado. Essa informação chama-se medidas de associação (*measures of association*) e na Tabela (4.12) são apresentados os resultados das medidas de associação entre a variável de resposta e as probabilidades previstas, correspondentes ao processamento final. Os dados dos outros processamentos também podem ser encontrados nas informações do Anexo B.

Tabela 4.12 Medidas de associação.

Pares	Número	Porcentagem	Medidas de associação	Valor
Concordantes	334	63,6	Somers' D	0,52
Discordantes	60	11,4	Goodman-Kruskal (Gamma)	0,70
Vinculados	131	25,0	Kendall's (Tau-a)	0,26
Total	525	100,0		

Fonte: Dados da pesquisa, *software MiniTab 16*.

Analisando os resultados de medidas de associação apresentados na Tabela (4.12) nota-se que 63,6% dos pares são concordantes e 11,4% são discordantes, o que pode ser interpretado como que existe pelo menos uma possibilidade de 50% de encontrar pares concordantes do que pares discordantes, ou seja, maior chance de existir associação entre a variável de resposta e alguma das variáveis de influência.

As medidas de associação de Somers' D (0,70) e Goodman-Kruskal (0,26) apresentam uma diferença significativa pelo fato de existir uma porcentagem considerável (25,0%) de pares vinculados, isto é, com igualdade de possibilidades de serem pares concordantes ou pares discordantes. Somers' D inclui nos seus cálculos os pares vinculados, já Goodman-Kruskal não os inclui, por isso é maior esse último valor do que o primeiro.

Os resultados das medidas de associação da Tabela (4.12) reforçam os resultados apresentados nas Tabelas (4.10) e (4.11) no sentido de que existe coerência nos resultados dos dados analisados em função das técnicas estatísticas usadas.

Um fato importante de mencionar é que no modelo estudado a única variável de influência que mostrou uma associação direta com a variável de resposta foi o parâmetro Repr, que representa a reprogramação que sofrem as atividades na execução do cronograma planejado. Como foi mostrado anteriormente, a reprogramação impacta negativamente no atendimento do prazo estimado.

Com os dados apresentados na Tabela (4.10) pode ser calculada a probabilidade de uma atividade terminar dentro do prazo programado com base nos dados coletados para o conjunto de projetos escolhidos como amostra.

Chamando a Equação (3.1), temos o seguinte:

$$P(y) = \frac{1}{1+e^{(-\alpha-\beta_1X_1-\beta_2X_2-\beta_3X_3-\dots-\beta_KX_K)}} \quad (\text{Eq. 3.1})$$

Inserindo os seguintes valores $\beta_1 = -2,436$; $X_1 = \text{Repr} = 1,0$ e $\alpha = 2,113$ na Equação (3.1) pode ser calculada a probabilidade de uma atividade do sistema terminar em tempo, quando a reprogramação é considerada, da seguinte forma:

$$P(y) = \frac{1}{1+e^{(-2,113-(-2,436).(1,0))}} = 0,43 \quad (\text{Eq. 4.1})$$

Se pelo contrario se elimina o efeito da reprogramação, usando a Equação (4.1) para calcular a probabilidade de uma atividade terminar dentro do prazo, ou seja, inserindo os seguintes valores $\beta_1 = -2,436$; $X_1 = \text{Repr} = 0$ e $\alpha = 2,113$, se obtém o seguinte resultado:

$$P(y) = \frac{1}{1+e^{(-2,113-(-2,436).(0))}} = 0,89 \quad (\text{Eq. 4.2})$$

O anterior resultado pode ser interpretado como que uma atividade que não seja reprogramada, ou seja, que seja realizada dentro do tempo definido inicialmente no cronograma, tem uma probabilidade equivalente a 89,0% de terminar dentro do prazo.

Esse resultado pode ser considerado como um indicativo de que se a reprogramação é eliminada a probabilidade de terminar em tempo é muito alta, sendo benéfico para o sistema.

Porém, a probabilidade não é de 100%, o que, para o caso dos dados desta pesquisa, pode ser um indicador de alerta para o sistema, pois uma vez que se elimina a reprogramação, as outras variáveis podem ganhar peso e se converter no novo obstáculo para cumprir os prazos.

Segundo a informação obtida, para as outras variáveis, mesmo que aparecem ao longo dos projetos, não foi possível estabelecer sua influência no atendimento dos prazos, pois estatisticamente não foi comprovado seu impacto, por isso os outros valores de β e X são zero.

4.3.2 Análise por regressão logística binária do primeiro período

Durante o primeiro período se desenvolveram 27 atividades, de um total de 46 consideradas para as análises deste trabalho. Com o intuito de interpretar o que tinha acontecido com o comportamento do modelo nesse primeiro período de tempo, o mesmo procedimento de análise apresentado no subitem anterior foi aplicado.

Por ser menor o número de atividades consideradas, o intervalo de confiança utilizado para fazer a análise estatística diminuiu para 90% ($\alpha = 0,10$). Neste caso, o valor de referência para o nível de significância ou *p-value* passou a ser ($p = 0,10$).

A estabilidade no ajuste do modelo estatístico se obteve no quarto processamento, obtendo os resultados que são apresentados nas tabelas a seguir. Os dados completos da análise estatística por meio da técnica regressão logística binária se encontram no Anexo C.

Tabela 4.13 Análise primeiro período. Quarto processamento.

Parâmetros	Coefficientes	Valor (p) individual	OR	Valor (p) Geral
Constante	2,435	0,058	-	
Risk	-1,315	0,236	0,27	
Repro	-2,175	0,093	0,11	0,074
NivRec	1,827	0,208	6,21	
Multitask	-2,451	0,054	0,09	

Fonte: Dados da pesquisa, *software MiniTab 16*.

Nos dados da Tabela (4.13) se observa que o valor ($p = 0,074$) geral está abaixo do nível de referência especificado, confirmando que existe uma relação significativa entre a resposta e pelo menos algum dos parâmetros ou variáveis de influência. Por sua vez, os parâmetros Constante ($p= 0,058$), Repro ($p= 0,093$) e Multitask ($p= 0,054$) obtiveram valores abaixo do nível de referência ($p= 0,10$). O valor obtido pelo parâmetro NivRec ($p= 0,208$) está acima do nível de referência, evidenciando que sua relação com a variável de resposta não é significativa.

Tabela 4.14 Testes de ajuste do modelo. Primeiro período, quarto processamento.

Método	Valor (p)
Pearson	0,378
Deviance	0,268
Hosmer-Lemeshow	0,650

Fonte: Dados da pesquisa, *software MiniTab 16*.

Na Tabela (4.14) por ser observado que os valores do teste de ajuste pelos métodos Pearson (0,378) e Deviance (0,268) obtiveram um valor relativamente baixo, porém, o valor do teste de Hosmer-Lemeshow (0,650) obteve um valor considerado elevado, indicando um relativo bom ajuste do modelo usado.

Tabela 4.15 Medidas de associação. Análise complementar.

Pares	Número	Porcentagem	Medidas de associação	Valor
Concordantes	136	75,6	Somers' D	0,60
Discordantes	28	15,5	Goodman-Kruskal (Gamma)	0,66
Vinculados	16	8,9	Kendall's (Tau-a)	0,31
Total	180	100,0		

Fonte: Dados da pesquisa, *software MiniTab 16*.

Analisando os valores da Tabela (4.15) se nota que 75,6% dos pares são concordantes e 15,5% são discordantes; 8,9% dos pares associados são considerados vinculados, o que quer dizer que têm a mesma probabilidade de serem concordantes ou discordantes.

Os resultados apresentados na Tabela (4.15) podem ser interpretados como que existe uma probabilidade maior de encontrar pares concordantes do que pares discordantes, ou seja, que é maior a possibilidade de que exista associação entre a variável de resposta e as variáveis de influência, dando validade ao modelo usado.

Também, ao analisar os valores de medida de associação de Somers'D (0,60) e Goodman-Kruskal (0,66) se observa que a diferença entre eles é pequena, pelo fato de que a quantidade de pares vinculados (8,9%) também é pequena. Esse resultado é coerente com os valores obtidos da análise dos resultados apresentados na Tabela (4.12) com referência ao total de atividades, onde o número de pares vinculados é maior (25,0%) e a diferença entre os valores de medidas de associação entre Somers'D (0,52) e Goodman-Kruskal (0,70) também é maior, mostrando desta forma uniformidade nos critérios usados para julgamento dos resultados.

A Equação (3.1) pode ser chamada novamente para calcular a probabilidade de uma atividade terminar dentro do prazo programado com base nos dados obtidos para o primeiro período. Sendo assim, na Equação (3.1) podem ser inseridos os seguintes valores: $\alpha = 2,435$; $\beta_1 = -2,175$; $X_1 = \text{Repro} = 1,0$; $\beta_2 = -2,451$ e $X_2 = \text{Multitask} = 1,0$.

$$P(y) = \frac{1}{1 + e^{(-2,435 - (-2,175) \cdot (1,0) - (-2,451) \cdot (1,0))}} = 0,10 \quad (\text{Eq. 4.3})$$

O valor obtido de $P = 0,10$ pode ser interpretado como que, segundo o comportamento das variáveis de influência no sistema, a probabilidade de terminar em tempo as atividades é de 10,0%.

Esse valor é coerente com o comportamento do sistema mostrado na Figura (4.4) onde se observa que, no período compreendido desde o início das atividades até o dia 29, a tendência era de não atender o ritmo de trabalho programado, mas depois aconteceu uma recuperação desse ritmo e a avaliação total do sistema mostrou uma recuperação, pois a probabilidade de terminar em tempo as atividades aumentou para 43,0% quando a reprogramação tem influência e para 89%, caso essa influência fosse controlada.

Se pelo contrario se elimina o efeito da reprogramação e a multitarefa, usando a Equação (4.3) para calcular a probabilidade de uma atividade terminar dentro do prazo, ou seja, inserindo

os seguintes valores $\alpha = 2,435$; $\beta_1 = -2,175$; $X_1 = \text{Repro} = 0,0$; $\beta_2 = -2,451$ e $X_2 = \text{Multitask} = 0,0$; se obtém o seguinte resultado:

$$P(y) = \frac{1}{1 + e^{(-2,435 - (-2,175) \cdot (0,0) - (-2,451) \cdot (0,0))}} = 0,92 \quad (\text{Eq. 4.4})$$

O anterior resultado pode ser interpretado como que uma atividade que não seja reprogramada nem submetida ao efeito da multitarefa, tem uma probabilidade equivalente a 92,0% de terminar dentro do prazo.

Para o segundo período, compreendido entre os dias 30 e 70, foi feita a mesma análise estatística, porém, o modelo não conseguiu se ajustar. Ou seja, estatisticamente não foi possível fazer associações entre variáveis nem testes de ajuste do modelo coerentes que permitissem oferecer dados confiáveis do comportamento do sistema nesse período.

Isso aconteceu muito provavelmente pelo fato de que o número de atividades consideradas para o processamento dos dados no *software* é menor, dezenove (19), em comparação com os outros processamentos que usaram 27 e 46 atividades.

4.5 Análises complementares

Na tentativa de buscar um parâmetro de comparação ou verificação para os resultados obtidos por meio da técnica de regressão logística optou-se por fazer uma análise da frequência de aparição de cada uma das variáveis de influência. Isto é, considerando o conjunto de dados coletados das 46 atividades, apresentados no Apêndice B, foi feita a somatória de cada uma das colunas correspondentes a cada variável, obtendo o gráfico de frequência mostrado na Figura (4.6).

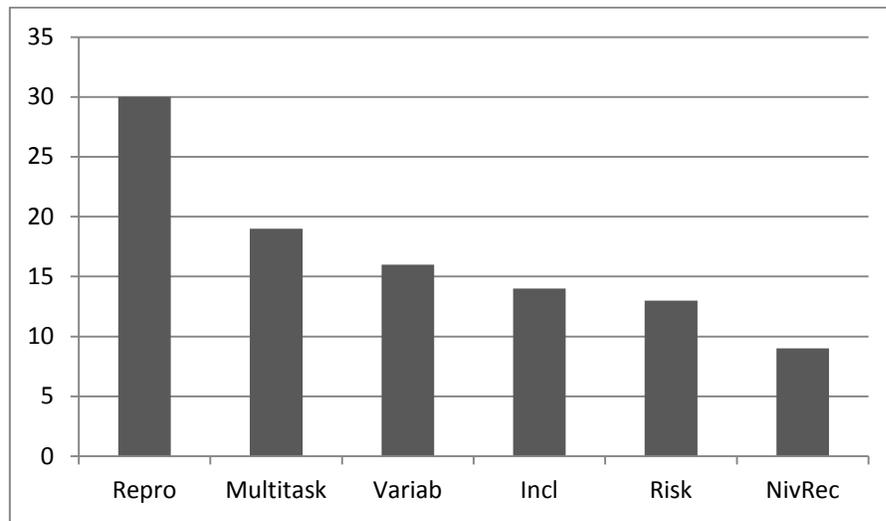


Figura 4.6 Frequência de ocorrência das variáveis de influência no sistema de múltiplos projetos.

Fonte: Dados da pesquisa

Como pode ser observado na Figura (4.6) a variável com maior presença foi a relacionada com a reprogramação. Se esse resultado for comparado com os dados da Tabela (4.10) pode ser observado que a reprogramação foi a principal causa no atraso das atividades e que sua presença impacta negativamente no atendimento do prazo planejado.

Também, considerando o conjunto de dados para os dois períodos nos quais foi caracterizado o comportamento do ritmo de trabalho dos projetos, o primeiro de 27 atividades e o segundo de 19 atividades, optou-se por fazer uma análise da frequência de aparição de cada uma das variáveis de influência, similar àquela feita como o conjunto de dados coletados do total de 46 atividades. Os resultados são apresentados nas figuras que seguem a continuação.

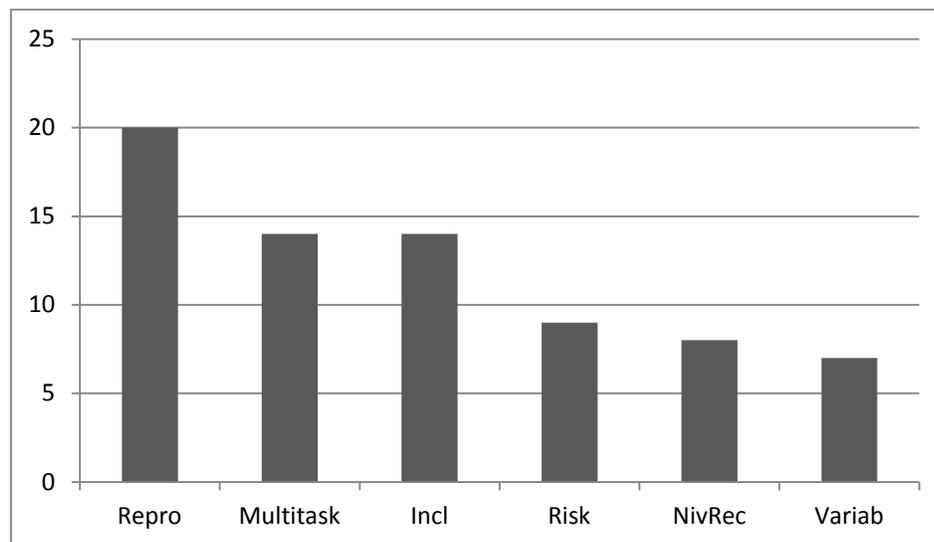


Figura 4.7 Frequência de ocorrência das variáveis de influência para 27 atividades.

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Figura (4.7) se observa que o número maior de ocorrência é da variável Repro (20) seguido pelas variáveis Multitask (14) e Incl (14). Não se espera que esse comportamento das ocorrências seja uma comprovação dos resultados encontrados por meio da análise estatística e mostrados na Tabela (4.13) ou vice-versa, mas coincidem no fato de que as variáveis que mais influenciaram no comportamento do modelo são Repro e Multitask no primeiro período de tempo do sistema de múltiplos projetos.

Além do anterior, a outra variável, Incl (14), aparece compartilhando o segundo lugar junto com a variável Multitask, o que de fato coincide com o acontecido realmente ao sistema de múltiplos projetos, pois nesse primeiro período, outras atividades foram adicionadas à programação dos recursos do departamento de engenharia ocasionando reprogramação das atividades e gerando situações multitarefa.

O fato de que a variável Incl não apareça como tendo uma relação significativa na análise estatística pode ser devido a que a análise estatística por regressão logística não considera só a frequência de ocorrência de cada variável, mas a relação com o valor da variável de resposta, isto é, mesmo que puderam ser incluídos outros projetos, essa situação não afetou tanto quanto a reprogramação de atividades ou a multitarefa o atendimento do prazo dos tempos estimados.

Outra explicação pode estar no fato de que a inclusão de outros projetos no planejamento inicial ocasiona reprogramação das atividades e até mesmo situações de multitarefa, passando a ser uma causa (Incl) e não uma consequência (Repro, Multitask).

Para o conjunto de dezenove atividades, correspondentes com o segundo período, é obtido o gráfico de frequência de ocorrência apresentado na Figura (4.8).

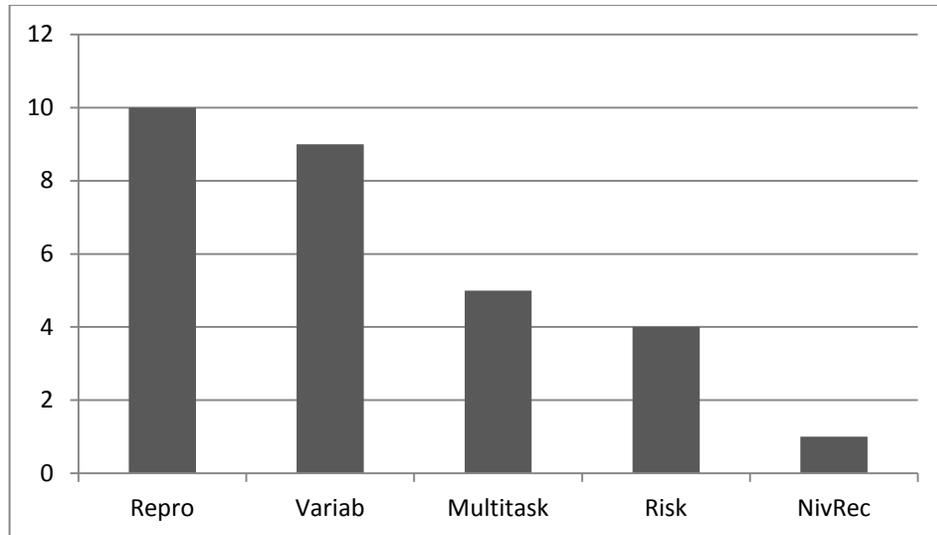


Figura 4.8 Frequência de ocorrência das variáveis de influência para 19 atividades.

Fonte: Elaboração do autor. Dados da pesquisa

Nos dados da Figura (4.8) pode ser observado que a variável Repro (10) continua sendo a de maior frequência, mas desta vez seguida pelo parâmetro Varib (9) e a variável Multitask (5) em terceiro lugar.

O fato de que o parâmetro Variab apareça nesse período de tempo como a segunda maior frequência de ocorrência pode ser devido a que depois do dia 29 foram feitos ajustes nas estimativas de tempo na tentativa de por em dia os cronogramas de trabalho dos projetos que sofreram algum atraso. Inicialmente isto poderia ser interpretado como que foi benéfico para o funcionamento do sistema, pois nas Tabelas (4.2) e (4.4) o coeficiente dessa variável aparece com um valor positivo quando se analisa o funcionamento de todos os dados do sistema, mas não existe um resultado complementar que permita fazer essa afirmação, porém, o efeito pode ser mencionado por estar relacionado com um evento que realmente aconteceu.

Para finalizar as análises complementares, é apresentado no gráfico da Figura (4.9) o comportamento da variável de resposta com referência ao cumprimento do prazo, ou não, dos tempos estimados das atividades.

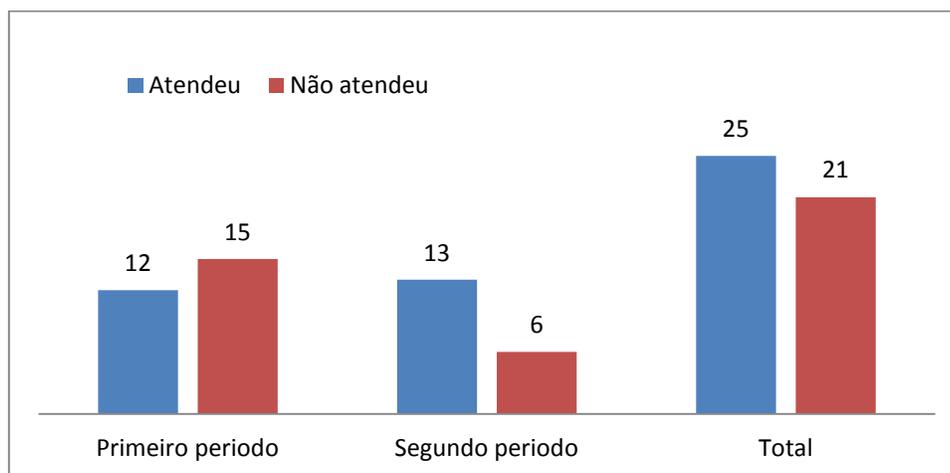


Figura 4.9 Comportamento da variável de resposta.
Fonte: Dados da pesquisa.

Na Figura (4.9) é mostrado que no primeiro período o número de atividades que atenderam o prazo foi equivalente a 44,4% do total desse período. Já no segundo período, a porcentagem de atividades que conseguiram terminar dentro do prazo planejado aumentou para 68,4%. Esse resultado demonstra que as ações realizadas para estabilizar o ritmo de trabalho deram resultado.

No total, a porcentagem de atividades que atenderam o prazo programado nos cronogramas foi de 54,3% comparado com o 45,7% de atividades que não atenderam o prazo.

4.5 Outras técnicas estatísticas

Além da análise dos dados usando a técnica de regressão logística binomial, para Fávero *et al.* (2009) existem outras duas técnicas que poderiam ser utilizadas para prever o comportamento de variáveis categóricas: Análise Discriminante e Análise de Sobrevivência.

Embora sejam técnicas que poderiam ser usadas nas análises deste trabalho, os mesmos autores argumentam que existem limitações para sua aplicação. Por exemplo, no caso da Análise

Discriminante, ela requer a assunção de inúmeras premissas para a validade do modelo, restringindo seu uso. Já no caso da Análise de Sobrevivência, a técnica considera o tempo para a ocorrência do evento de interesse, que não é o objetivo de investigação deste trabalho.

Outra possibilidade que surgiu para analisar os dados desta pesquisa seria considerar a técnica conhecida como Análise Conjunta (*Conjoint Analysis*).

Segundo Malhotra (2012), essa é uma técnica usada em *marketing*, que procura determinar a importância relativa que os consumidores dão a atributos relevantes e a utilidade que eles associam aos níveis de atributos.

No caso desta pesquisa, a técnica poderia ser usada porque se baseia em avaliações subjetivas dos entrevistados e podem ser criados estímulos como combinações de níveis de atributos determinados pelo pesquisador.

Ainda para Malhotra (2012, p. 531): “uma saída padrão em análise conjunta consiste em fornecer pesos de importância relativa deduzidos para todos os atributos utilizados na construção dos estímulos usados no trabalho de avaliação”. Neste trabalho, os atributos estariam relacionados com o nível de influência de cada variável sobre a resposta do sistema a qual estaria representada pelo atendimento ou não do prazo estimado.

A análise conjunta não pode ser aplicada no *software MiniTab 16* utilizado para as análises por regressão logística binária, porém, foram feitas tentativas de processamento dos dados deste trabalho utilizando o *software IBM SPSS Statistics 20.0 (Statistical Package for Social Sciences)* para obter um modelo que permitisse fazer uma avaliação por meio da análise conjunta e poder comparar os resultados com aqueles obtidos da análise de regressão logística binária.

De forma geral, o procedimento para fazer a análise conjunta no *software IBM SPSS Statistics 20.0* indicado no próprio tutorial do *software* é o seguinte:

1. Fazer um planejamento ortogonal, isto é, definir todas as possíveis combinações dos atributos e seus níveis. No caso desta pesquisa, o número de atributos é de seis (sem considerar a variável EscAlt, pelas razões explicadas no subitem 4.3) e o número de níveis é dois (sim/não), resultando em ($2^6=64$) possíveis combinações.
2. As combinações geram “cartões” que são entregues aos entrevistados para classificar segundo a sua preferência, de maior a menor.

3. Inserir em uma rotina interna de programação do *software IBM SPSS Statistics 20.0* os arquivos gerados pela ortogonalização do modelo e pelas respostas dos entrevistados e rodar o programa ativando a sintaxe de programação “*Conjoint*”.

A dificuldade ou limitação para o processamento dos dados desta pesquisa usando a técnica análise conjunta consistiu basicamente em que o passo (2) não pode ser aplicado porque os entrevistados não podem classificar o comportamento das variáveis por preferência, os resultados de cada atividade são processados uma única vez e não existem mais do que uma possibilidade de combinação de variáveis de influência para uma determinada saída, a qual é dicotômica.

Sendo assim, pelas razões expostas anteriormente, não foi possível processar os dados obtidos nesta pesquisa por meio de outra técnica estatística diferente da regressão logística binária.

4.6 Discussão dos resultados

O método CCPM é uma proposta relativamente nova, razão pela qual na comunidade científica existem alguns questionamentos sobre sua aplicação em gerenciamento de projetos; um deles é o foco desta pesquisa: o desempenho do método em ambiente de múltiplos projetos.

Por meio do modelo proposto neste trabalho foi possível fazer um estudo em condições de ambiente real usando os conceitos do método CCPM. Os resultados foram apresentados em função das análises estatísticas realizadas sobre o comportamento das variáveis definidas e em função dos resultados obtidos da aplicação das técnicas ou ferramentas sugeridas pelo modelo, tais como a mensuração dos atributos complexidade e incerteza e a avaliação dos fatores críticos de sucesso.

Por fim, com o intuito de buscar validar esses resultados, foram apresentadas as associações que têm os resultados com o comportamento observado do modelo nas condições de ambiente real.

A seguir é apresentado o que se considera são os resultados mais relevantes, no sentido de mostrar sua conformidade com os objetivos propostos para esta pesquisa.

4.6.1 Definição das variáveis de pesquisa e interações

As variáveis que influenciam no gerenciamento do tempo em projetos quando é usado o método CCPM foram definidas com base nas informações obtidas da revisão da literatura científica e no estudo de campo, conforme a metodologia detalhada no Capítulo 3 deste trabalho.

Essas variáveis foram monitoradas analisando o comportamento de cada atividade do cronograma de trabalho relacionada com a cadeia crítica, usando como instrumento de medição o questionário desenhado para tal fim. Os dados coletados no questionário foram tratados estatisticamente para encontrar a relação que pudesse existir entre as variáveis e o grau de influência sobre a resposta, que neste caso, é representada pelo cumprimento do prazo ou tempo estimado das atividades.

Os resultados mostraram que existe uma relação direta entre a variável com maior influência e a resposta do sistema. Quando são analisadas as 46 atividades, a variável com maior influência é a reprogramação (Repro), quando se analisa o primeiro período, correspondente com 27 atividades, a reprogramação (Repro) junto com a multitarefa (Multitask) são as variáveis de maior influência.

Em todas as análises estatísticas essas duas variáveis apresentaram coeficientes negativos e relações “*Odds Ratio*” menores que um (1,0) indicando a influência negativa que tem no cumprimento do prazo programado.

Estatisticamente foi comprovado que as variáveis relacionadas com a alteração do escopo (EscAlt) e análise de riscos (Risk) não tiveram uma influencia significativa. Isto é uma demonstração de que o propósito do modelo se cumpriu no sentido de que definir claramente o escopo e analisar os riscos na etapa inicial, e incluir essas análises na elaboração do cronograma permite diminuir o efeito adverso que essas variáveis poderiam ter no funcionamento do sistema.

A proposta do modelo de incluir a definição do escopo e a análise de riscos na etapa de planejamento pode não ser considerada uma novidade, pois o Guia PMBOK (2008) faz essa recomendação na sua indicação de processos para gerenciamento de projetos; mas o fato é que essa proposta não é formulada por nenhum dos autores pesquisados na literatura, assim como não se encontraram estudos relacionando a influência dessas variáveis no gerenciamento do tempo em sistemas de múltiplos projetos. Além disso, incluir a definição do escopo e a análise de riscos

permite que se estabeleçam etapas anteriores à programação das atividades, o que lhe confere ao modelo uma visão mais sistêmica, permitindo trabalhar com antecipação na diminuição da incerteza embutida na programação das atividades.

Também, para as condições desta pesquisa, foi comprovado que estatisticamente as variáveis inclusão de novos projetos (Incl), variabilidade na estimativa do tempo das atividades (Variab) e nivelamento dos recursos (NivRec) não têm relação significativa com a variável de resposta (Prazo). Isso não quer dizer que essas três variáveis não tenham um efeito adverso no funcionamento do sistema, mas para as condições deste trabalho, podem estar mais associadas com a reprogramação das atividades do que atuar cada uma por separado, ou seja, ser identificadas como sendo uma causa e a reprogramação uma consequência.

Uma forma de mostrar a interrelação entre as variáveis descritas neste trabalho é associar seu comportamento com o papel da dinâmica de sistemas no gerenciamento de projetos. A proposta pode ser baseada no diagrama de ciclo proposto por Rodrigues e Bowers (1996), apresentado no Capítulo 2 deste trabalho, para um diagrama de ciclo que explique essas interações (ver Figura 4.10).

No diagrama de ciclo da Figura (4.10) pode ser observado como o ritmo de trabalho é afetado pela reprogramação, que por sua vez é afetada pelo nivelamento de recurso, a inclusão de novos projetos e a multitarefa. O ciclo principal (R+) é um ciclo de reforço, isto é, os efeitos continuarão aumentando se nenhuma ação é executada.

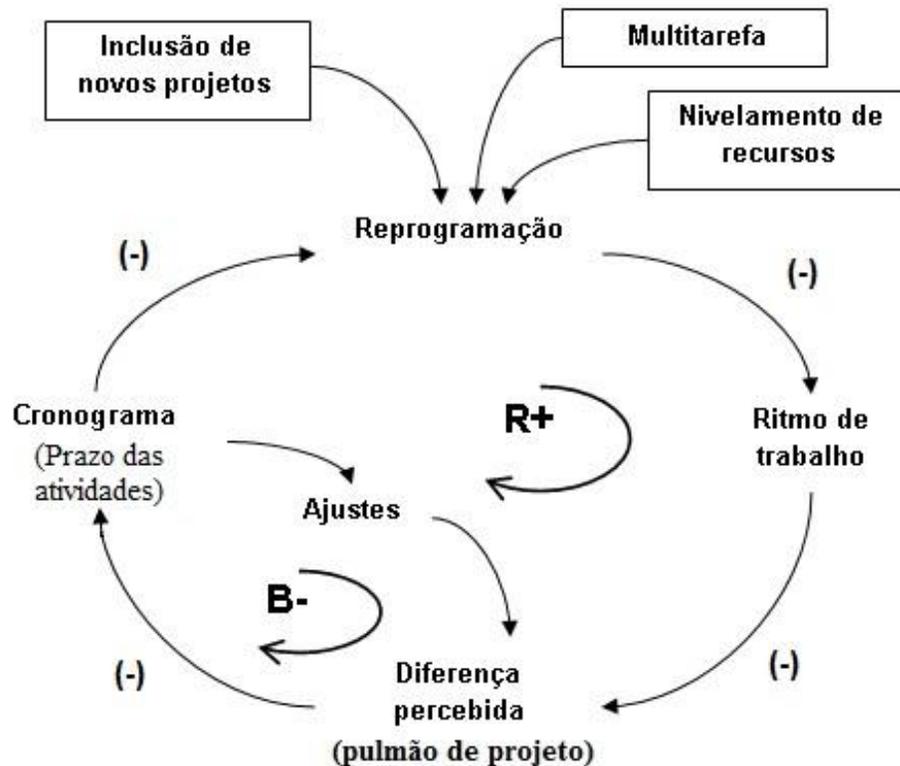


Figura 4.10 Diagrama de ciclo das variáveis de influência.

Fonte: Elaboração do autor.

A interpretação que pode ser feita do diagrama de ciclo da Figura (4.10) é a seguinte: se a variável de influência reprogramação aparece no sistema ou aumenta seu nível de ocorrência, diminui o ritmo de trabalho; se diminui o ritmo de trabalho aumenta a diferença percebida no gráfico de consumo de pulmão de projeto, que é o mecanismo definido para o monitoramento do andamento do projeto, ou seja, o indicador de atendimento do prazo. Por sua vez, se aumenta a diferença percebida no consumo de pulmão de tempo a probabilidade de atingir os tempos planejados das atividades diminui, afetando o cumprimento do cronograma. Com o número menor de atividades cumprindo o prazo planejado, a necessidade por reprogramação aumenta, iniciando um novo ciclo.

A forma de impedir que aumente a reprogramação é incluir um ciclo secundário entre o cronograma e o pulmão de projeto, ou ciclo de balanceamento (B-) relacionado com os ajustes que devem ser feitos para equilibrar o ritmo de trabalho e diminuir a necessidade de reprogramação.

A representação do diagrama de ciclo da Figura (4.10) não tem a intenção de resolver por si só os problemas de atendimento do prazo dos projetos, mas se propõe fornecer um entendimento mais detalhado das interações do sistema e uma visão mais geral que permita detectar as causas e onde devem ser focados os esforços para reduzir o impacto da incerteza no planejamento das atividades.

4.6.2 Avaliação de desempenho do modelo

O desempenho do modelo pode ser avaliado baseando-se nos resultados do comportamento do sistema de múltiplos projetos, obtidos por meio da aplicação dos métodos ou ferramentas tanto qualitativos como quantitativos especificados. Esses resultados são apresentados em forma resumida no Quadro (4.13).

Os resultados apresentados no Quadro (4.13) permitem afirmar que a aplicação do modelo usando os conceitos do método CCPM em sistemas de múltiplos projetos traz ganhos importantes para a organização.

Também, baseando-se nos resultados obtidos, as seguintes considerações podem ser realizadas com o intuito continuar formulando respostas aos questionamentos que têm surgido sobre a aplicação do método CCPM. Para tal, são apresentados na forma do Quadro (4.14) os principais questionamentos encontrados na literatura científica, apresentado no Capítulo 2 deste trabalho, e na frente de cada um deles, uma sugestão de resposta.

Quadro 4.13 Avaliação dos resultados alcançados pelo modelo proposto.

Resultado	Comparação	Ferramenta usada	Progresso
Definição de variáveis, nível de influência e interações. Para as condições do sistema estudado, a reprogramação foi a variável de maior influência para o atraso de atividades.	Antes de aplicar o modelo não se tinha conhecimento dos fatores que ocasionavam os atrasos nem o nível de influência dos mesmos.	Técnica estatística Regressão Logística Binária. Método quantitativo.	As causas podem ser evidenciadas durante o andamento dos projetos para tomar ações e também para registrar lições aprendidas.
Do sistema de quatro projetos estudado, um deles terminou dentro do prazo e os outros três continuam em andamento dentro do planejado.	Antes de aplicar o modelo a empresa registrou um índice de 76% dos projetos não terminarem em tempo.	Proposta do modelo.	Avanço do trabalho real comparado com o planejado. Taxa de consumo de tempo do pulmão de projeto.
Tanto o projeto finalizado quanto os outros três projetos em andamento são considerados de sucesso total segundo avaliação dos Fatores Críticos de Sucesso.	Antes da aplicação do modelo outros cinco projetos foram avaliados, sendo classificados como dois de sucesso total, um de sucesso parcial e dois como insucesso.	Questionário de avaliação de Fatores Críticos de sucesso.	Aumento do número de projetos com sucesso.
Planejar as atividades usando o método CCPM ajudou a diminuir a carga de trabalho do sistema de múltiplos projetos.	No Quadro (4.3) foi mostrado como na etapa de planejamento a carga de trabalho diminuiu no total 17%, sendo que alguns recursos apresentaram diminuição de até 50%.	Conceitos do método CCPM.	Diminuição do tempo planejado.
A carga de trabalho real foi menor que a carga de trabalho planejada.	Foi comprovado por meio da comparação das linhas de tendência.	Comparação direta	É uma comprovação de que no tempo planejado ainda existe segurança embutida.
Foi minimizado o impacto da alteração do escopo e análise de riscos como variáveis de influencia.	Estatisticamente foi comprovado que não existe uma relação significativa com a variável de resposta.	Técnica estatística Regressão Logística Binária. Método quantitativo.	Essas variáveis podem ser tratadas na etapa de planejamento por meio de técnicas específicas.
Para o projeto P-01 a escala de avaliação de Fatores Críticos de Sucesso serviu como lição aprendida para definir melhor as metas das atividades dos outros três projetos.	No Quadro (4.12) foi mostrado que a porcentagem obtida para identificação de metas foi baixa (20%) e melhorou para os outros três projetos (100%).	Questionário de avaliação de Fatores Críticos de sucesso.	O modelo torna o processo de gerenciamento de projetos mais dinâmico.

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 4.14 Respostas sugeridas aos questionamentos sobre aplicação do método CCPM.

Autor	Questionamento	Resposta
Raz, Barnes, Dvir (2001)	A forma de identificar a quantidade precisa de margem de segurança é tratada de forma superficial e requer suporte empírico.	<p>Pode ser que o conceito de eliminar 50% seja um pouco rígido inicialmente, mas está sendo reformulado. Depende do histórico e do conhecimento de cada atividade. No Quadro (4.3) foi mostrado como para algumas atividades se aplicou esse conceito e para outras não.</p> <p>A quantidade precisa não pode ser definida, pois depende do grau de maturidade de cada empresa. Fazer estimativas de tempo é uma arte, não uma ciência.</p>
	O conceito de pulmão de recurso não é um aspecto único da CCPM.	Evidentemente não é um aspecto único, mas a forma de tratá-lo por meio do método CCPM não foi mencionada antes na literatura.
	Dúvidas sobre a forma de tratar os multiprojetos: limitar os projetos ao redor do recurso com maior restrição	Limitar os projetos ao ritmo do recurso com maior restrição permitiu nivelar melhor a carga de trabalho além de facilitar o monitoramento de atividades e alocação de recursos quando necessário.
	Existe uma contradição na atribuição de multitarefas.	A multitarefa pode existir em um nível que seja controlável, mas principalmente, o recurso crítico deve ser protegido para não ter multitarefa. Por exemplo, um departamento ou seção de uma empresa pode assumir multitarefa no cronograma, mas internamente distribui a carga de trabalho.
	A incerteza na duração de uma atividade é o maior fator que afeta a conclusão do projeto em tempo. Porém, existem outros fatores.	<p>É verdade, mas o impacto de esses outros fatores é difícil de mensurar.</p> <p>Nesta pesquisa foram definidos sete fatores ou variáveis de influência, o modelo permitiu minimizar o impacto de duas delas na etapa de planejamento e posteriormente relacionar as outras cinco ao mecanismo de controle do sistema: a taxa de consumo de pulmão de projeto.</p> <p>Além do anterior, no caso desta pesquisa, estatisticamente foi comprovado que das sete variáveis de influência duas delas tiveram influência na estimativa de tempo das atividades planejadas: reprogramação e multitarefa.</p> <p>Porém, vale a pena ressaltar que um fator determinante na consecução dos objetivos foi o apoio permanente por parte da direção da empresa para o andamento dos projetos.</p>

Quadro 4.14 Respostas sugeridas aos questionamentos sobre aplicação do método CCPM (continuação).

Autor	Questionamento	Resposta
Lechler, Ronen, Stohr (2005)	Quais durações de atividades devem ser estimadas sem incluir margem de segurança?	Cada atividade deve ser analisada por separado. No Quadro (4.3) aparece um exemplo.
	Pode a tendência das pessoas para a multitarefa ser controlada?	É difícil controlar, porém, se o recurso crítico é protegido da multitarefa a probabilidade de sucesso é maior. No caso desta pesquisa, o fato de existir multitarefa não foi o parâmetro que afetou o prazo das atividades. A multitarefa pode existir, desde que a taxa de consumo do pulmão de projeto se mantenha em níveis aceitáveis.
	CCPM é mais estável que CP? Como pode ser definida essa estabilidade?	A estabilidade do método CCPM pode ser maior pelo fato de que possui uma visão mais holística do sistema de múltiplos projetos não se preocupando pela atividade em particular e sim pelo comportamento do sistema. Além disso, o uso do indicador de taxa de consumo de pulmão de projeto proporciona uma visão de futuro, se preocupando com o tempo que resta e que ainda pode ser gerenciado e não pelo tempo que foi embora.
	Qual é o melhor método para identificar o gargalo de recurso em ambientes multiprojeto?	Do ponto de vista deste trabalho, uma proposta pode ser calcular a carga de trabalho dos recursos, o nível de importância das tarefas e quais delas pertencem à cadeia crítica de atividades.
	Existe cultura nas empresas para implantação da CCPM?	Pode não existir, mas pode ser implementada. Um modelo mais simples e concreto, como aquele apresentado nesta pesquisa, é mais fácil de aplicar que algum outro que considere todos os procedimentos recomendados, por exemplo, pelo Guia PMBOK. Os resultados desta pesquisa podem motivar outras empresas ou pesquisadores para continuar aprofundando nos princípios e aplicações do método.
Silva e Pinto (2009)	Como é feito o nivelamento de recursos?	Depende do ritmo de trabalho do sistema, dos recursos disponíveis e das políticas de contratação da organização. Existem muitas formas particulares de ser feito.
	Como calcular as reais margens de segurança embutidas nas atividades?	É arte, não é ciência. Aplicação de técnicas de lições aprendidas, mensuração da complexidade e incerteza, avaliação do histórico de comportamento das atividades e maturidade da empresa podem ajudar.
	Como é feita a reprogramação?	É feita considerando a ocupação do recurso gargalo, depende da taxa de consumo do pulmão de projeto, do cronograma elaborado. Para as condições desta pesquisa, uma proposta pode ser aquela indicada na Figura (4.9).
	Como são tratadas as multitarefas em ambientes multiprojeto?	Podem acontecer, só não podem ser nocivas para o recurso gargalo.

Fonte: Elaboração do autor.

4.7 Validade da pesquisa

Com relação à validação, no subitem (3.2.7) se especificou que para garantir o rigor da pesquisa seria adotada a perspectiva da validade externa de caráter sugestivo, e que a confiabilidade se conseguiria usando a triangulação metodológica do tipo intermétodo, também conhecida como método misto.

Na Figura (3.3) foi mostrada uma descrição do tipo de modelo com métodos mistos adotado nesta pesquisa, a qual será retomada para apresentar os resultados da validação por meio das informações do Quadro (4.15) e suportadas pela avaliação dos resultados apresentada no quadro (4.13).

Quadro 4.15 Resultados de validação da pesquisa.

Resultado	Como foram analisados?	Evidência
<ul style="list-style-type: none">• Variáveis de influência e suas interações	<ul style="list-style-type: none">• Questionário• Regressão Logística	<ul style="list-style-type: none">• Relações com o comportamento do sistema.• Indicadores estatísticos.• Diagrama de ciclo
<ul style="list-style-type: none">• Modelo se mostrou adequado para sua aplicação em sistemas de múltiplos projetos	<ul style="list-style-type: none">• Escala de Fatores Críticos de Sucesso.• Porcentagem de cumprimento	<ul style="list-style-type: none">• Projetos classificados como sucesso total.• Aumento na porcentagem de cumprimento das atividades.• Comportamento do sistema.

Fonte: Elaboração do autor.

4.8 Resumo do capítulo

Neste capítulo foram apresentadas as análises e discussões dos dados referentes ao comportamento das variáveis de influência e de resposta do sistema por meio de técnicas estatísticas, foi calculada a probabilidade de atendimento do prazo das atividades, foram

aplicados os princípios do método CCPM, foi feita uma proposta de diagrama de ciclo com o intuito de representar mais claramente as relações entre variáveis e foi mensurado o desempenho do modelo por meio da escala FCS.

Por meio do modelo proposto foi possível analisar o comportamento das variáveis, utilizar os resultados das análises estatísticas e da escala de FCS para nutrir a etapa de encerramento com informações que servem como análise para lições aprendidas, ao tempo que ajudou a gerenciar a incerteza diminuindo, o impacto da falta de definição ou alteração de escopo, assim como prevenir melhor os riscos que podem afetar o tempo das atividades do sistema.

5 CONCLUSÕES

A presente pesquisa estudou a proposta de um modelo para usar os princípios do método CCPM em gerenciamento de múltiplos projetos. Para tal, foram utilizadas algumas ferramentas como o uso de escalas de mensuração para os atributos complexidade e incerteza, avaliação dos fatores críticos de sucesso, assim como a divisão em etapas do processo de gerenciamento, permitindo avaliar de forma mais abrangente os parâmetros ou fatores que podem influenciar no comportamento do sistema.

Foi definido um conjunto de variáveis de influência, cujo comportamento se analisou por meio de técnicas estatísticas, as quais foram posteriormente avaliadas associando os resultados dessas análises com o comportamento registrado do sistema em ambiente real.

Os resultados obtidos e as associações realizadas permitem sugerir que o modelo proposto pode ser usado de forma eficiente para o gerenciamento do tempo em sistemas de múltiplos projetos no contexto estudado. Isto é, foi possível diminuir o impacto das alterações de escopo e aparição de riscos não considerados, se mostrou a relação de dependência entre variáveis e seu nível de influência, assim como a possibilidade de aplicar mecanismos de controle para equilibrar o ritmo de trabalho e gerenciar melhor o atendimento dos tempos estimados das atividades.

Com relação aos objetivos formulados nesta pesquisa, por meio dos quais se busca oferecer uma solução ao problema formulado, pode ser afirmado o seguinte:

1. Foi criada e testada uma proposta de modelo de quatro etapas, com uma visão de sistema, que usa os princípios do método CCPM, ferramentas para definição do escopo, análise de riscos, escalas de mensuração para os atributos complexidade e incerteza, assim como de avaliação dos fatores críticos de sucesso, com o propósito de gerenciar as estimativas de tempo das atividades em sistemas de múltiplos projetos.
2. Foram definidas sete variáveis de influência no sistema, analisado seu impacto sobre a variável de resposta e suas interações.
3. O desempenho do sistema foi avaliado positivamente em função da escala de avaliação dos fatores críticos de sucesso, do aumento da porcentagem de atividades terminadas dentro do prazo e do aumento da probabilidade de sucesso uma vez que sejam controladas as variáveis que mais impactam adversamente o atendimento dos prazos.

Adicionalmente, pode ser comentado que o uso dos conceitos do método CCPM se mostraram efetivos para definir o recurso crítico, realizar a alocação e nivelamento de todos os recursos, identificação de atividades críticas e como mecanismo de controle.

Com relação ao conceito do método CCPM que busca uma diminuição no tempo dos projetos quando são aplicados seus princípios, pode ser dito que no caso desta pesquisa esse comportamento se observou em um dos quatro projetos, tendo os outros três um leve aumento no tempo total. Isso aconteceu, muito provavelmente, pelas características do sistema estudado, por exemplo, o número de recursos disponíveis e os tempos disponíveis para realização dos projetos.

Porém, a carga de trabalho real quando comparada com a carga de trabalho planejada foi menor, o que pode ser interpretado como uma confirmação do proposto pelo método CCPM quando afirma que os tempos planejados das atividades têm embutido tempo adicional e que eliminando esse tempo pode ser diminuída a incerteza no planejamento das atividades.

Os dados registrados de carga de trabalho e estimativa de horas obtidas da análise do sistema estudado servem como base para a elaboração das estimativas de tempo dos próximos projetos, como parte das informações de encerramento e lições aprendidas, formando um ciclo e reforçando a visão de sistema formulada na proposta do modelo.

5.1 Elementos inovadores da pesquisa

Nesta pesquisa, os seguintes elementos inovadores foram incorporados ao modelo proposto:

1. Visão de sistema para aplicar, por meio de um modelo, os conceitos do método CCPM.
2. Combinar a informação obtida da literatura com o estudo de campo para definir as variáveis de influência e de resposta.
3. Usar a técnica estatística regressão logística para obter informação sobre o comportamento do sistema, facilitando o planejamento e execução de ações quando o ritmo de trabalho não seja o planejado.

4. Usar os resultados da análise estatística como parte da informação a ser consideradas nas análises de lições aprendidas e nas análises de nível estratégico para posteriores projetos.
5. Trasladar para a etapa de planejamento as variáveis de influência Alteração de Escopo e Análise de Riscos, para ampliar sua análise buscando minimizar seu impacto no gerenciamento do projeto.
6. Usar escalas de mensuração para os atributos complexidade e incerteza e avaliação do desempenho do modelo por meio dos Fatores Críticos de Sucesso. Esse fato é considerado inédito, pois essas escalas de mensuração são o produto de duas teses de doutorado, desenvolvidas recentemente dentro do mesmo grupo de pesquisa em que foi realizada a presente pesquisa.

5.2 Limitações da pesquisa

Esse trabalho se limitou a analisar o contexto do gerenciamento do tempo em projetos, não sendo objeto de pesquisa a verificação do comportamento dos custos relacionados com as atividades dos projetos. Na literatura consultada não foram encontradas evidências sobre discussão científica relacionando o método CCPM e análise de custos.

Com base na revisão da literatura científica e o estudo de campo realizado, no contexto estudado foram analisados sete parâmetros ou variáveis de influência no atendimento do prazo estimado das atividades em ambiente de múltiplos projetos, porém, dependendo do tipo de organização, outros parâmetros poderão ser encontrados.

5.3 Sugestões para trabalhos futuros

Em decorrência do modelo proposto neste trabalho e das considerações estabelecidas, sugerem-se como trabalhos futuros:

- a) Definir períodos de registro de informações mais curtos para robustecer as análises estatísticas, isto é, não aguardar até o término da atividade para registrar as ações, e sim, definir pontos intermediários para coletar mais dados e desta forma nutrir melhor a análise estatística do modelo.
- b) Fazer mais aplicações práticas do modelo em ambiente real, ou seja, aplicar o modelo em outros contextos.
- c) Aprofundar na utilização das técnicas estatísticas usadas neste trabalho, ou analisar a possibilidade de aplicação de outras com o objetivo de fornecer informações que permitam avaliar o funcionamento do sistema e servir como evidência para a etapa de encerramento de um projeto e início de outro: lições aprendidas.
- d) Aprofundar na descrição das relações entre variáveis e comportamento do modelo por meio dos conceitos da dinâmica de sistemas.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO 21500:2012. **Orientações Sobre Gerenciamento de Projeto**. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2013, 43p.

ARAUZO, J. A.; GALÁN, J. M.; PAJARES, J.; LÓPEZ-PAREDES, A. Multi-agent Technology for Scheduling and Control Projects in Multi-project Environments: An Auction Based Approach. **Inteligencia Artificial**, v. 13, n. 42, p. 12-20, 2009.

AYTULUN, S. K.; GUNERI, A. F. Business Process Modelling with Stochastic Networks. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 10, p. 2743-2764, 2008.

AGUAYO, M. C. **Cómo hacer una regresión logística con SPSS© “paso a paso”**. Disponível em: <http://www.fabis.org/html/archivos/docuweb/Regres_log_1r.pdf>. Acesso em: dez. 12 de 2012.

BALAKRISHNAN, J. Critical Chain Analysis Using Project Management *Software*. **Production and Inventory Management Journal**, v. 45, n. 1, p. 13-20, 2010.

BALTAR, M.; PEREIRA, R. **Corrente Crítica em Gerenciamento de Projetos**. Disponível em: <http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/746>. Acesso em: março 14 de 2012.

BARCAUI, A.; QUELHAS, O. Corrente Crítica: Uma alternativa à Gerência de Projetos Tradicional. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**, n. 2, p. 1-21, jul. 2004.

BESTEIRO, E. N. C. Escala de Mensuração dos Fatores Críticos de Sucesso no Gerenciamento de Projetos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, **Tese de Doutorado**, 178 p, 2012.

BONINI, E. E. **CPM – PERT e Outros Métodos: Técnicas de Caminho Crítico**. São Paulo, 1971, 175p.

BUTLER, C. W.; RICHARDSON, G. L.A. Variable Time Project Planning and Control Model. **Journal of Management Policy and Practice**, v. 12, n. 6, p. 11-19, 2011.

GINN, D. M.; JONES, D. V.; RAHNEJAT, H.; ZAIRI, M. The QFD/FMEA Interface. **European Journal of Innovation Management**, v. 1, n. 1, p. 7-20, 1998.

CARBONE, T. A.; TIPPETT, D. D. Project Risk Management Using the Project risk FMEA. **Engineering Management Journal**, v. 16, n. 4, p. 28-35, 2004.

CLELAND, D. The Evolution of Project Management. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 51, n. 4, November 2004.

CLELAND, D.; IRELAND, L. **Gerência de Projetos**. Rio de Janeiro, Reichmann & Affonso, 2002, 324p.

COHEN, I. Management of Multi-Project Systems in Stochastic Environments. Israel Institute of Technology. Haifa, **Tese de Doutorado**, 198 p., 2004.

COHEN, I.; MANDELBAUM, A.; SHTUB, A. Multi-Project Scheduling and Control: A Process-Based Comparative Study of the Critical Chain Methodology and Some Alternatives. **Project Management Journal**, v. 35, n. 2, p. 39-50, jun. 2004.

CUN-BIN, L.; BING-DE, L.; XIAO-YI, Z. Critical Chain Project Risk Control With Management Strengths. **Proceedings of IEEE International Conference on Emergency Management and Management Sciences (ICEMMS)**, p. 383-386, 2010.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. **O Planejamento da Pesquisa Qualitativa**. 2 ed., Artmed-Bookman, Porto Alegre, 2006, 432p.

DOYLE, J. K. Critical Chain Exercises. **American Journal of Business Education**, v. 3, n. 4, p. 43-49, 2010.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L.; CHAN, B. L. **Análise de Dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2009. 646p.

FINOCCHIO, J. J. Programação de Parada de Plataforma Marítima Utilizando o Método da Corrente Crítica. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, **Dissertação de Mestrado**, 130 p, 2009.

GARCIA, C.; BORBA, G. S. Gerenciamento de Projetos aliado à ótica da TOC (Corrente Crítica). **XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, Florianópolis, SC, Brasil, nov de 2004, p. 2855-2862.

GAREL, G. A History of Project Management Models: From Pre-Models to the Standard Models. **International Journal of Project Management**, v. 31 (5), p. 663-669, 2013.

GIL, A. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. Atlas, São Paulo, 2009. 175p.

GOLDRATT, E. M. **Corrente Crítica**. São Paulo, Ed. Nobel, 1998. 260 p.

GONG, C.; QING, S. The Study on Setting Method of Project Buffers in a Critical Chain. **Proceedings of IEEE International Conference on e-Business and e-Government (ICEE)**, p. 2851-2854, 2010.

GRAY, D. E. **Pesquisa no Mundo Real**. 2 ed. Artmed Editora S.A., Porto Alegre, 2009. 488p.

HAMMAD, A. A.; ALI, S. M. SWEIS, G. J.; SWEIS, R. J. Statistical Analysis on the Cost and Duration of Public Building Projects. **Journal of Management in Engineering**, v. 26, p. 105-112, April, 2010.

HERROELEN, W.; LEUS, R. **Identification and illumination of popular misconceptions about project scheduling and time buffering in a resource-constrained environment**. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/4102254?seq=2>>. Acesso em: março 14 de 2012.

HERROELEN, W.; LEUS, R.; DEMEULEMEESTER, E. Critical Chain Project Scheduling: Do not oversimplify. **Project Management Journal**, v. 33, n. 4, p. 48-60, 2002.

HIRSHLEIFER, J.; RILEY, J. G. **The Analytics of Uncertainty and Information**. United Kingdom, Cambridge University Press, 1992. 480p.

HUANG, X.; YANG, L. Setting Lead-Time in Project Manufacturing Environment Based on CCPM. **International Conference on Apperceiving Computing and Intelligence Analysis (ICACIA)**, p.407-410, October 2009.

JIANMIM, AN. Multi-project management based on the critical chain. **6th International Conference on Product Innovation Management (ICPIM)**, p.284-288, July 2011.

JIAN-BING, L.; HONG, R.; JI-HAI, X. Critical Chain Project Management Based Heuristic Algorithm for Multiple Resources-Constrained Project. **Proceedings of International Seminar on Business and Information Management**, v. 1, p. 330-335, 2008.

KALENATIC, D. **Técnicas de Planeación de Redes**. Santafé de Bogotá, Publicaciones Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 1993, 320p.

KAPSALI, M. Systems thinking in innovation project management: A match that works. **International Journal of Project Management**, n. 29, p. 396-407, 2010.

KERZNER, H. **Gerenciamento de Projetos: Uma Abordagem Sistêmica para Planejamento, Programação e Controle**. São Paulo, Ed. Blucher, 657 p. 2011.

KIM, K.; DE LA GARZA, J. Evaluation of the Resource-Constrained Critical Path Method Algorithms. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 131, n. 5, p. 522-532, 2005.

KLEINBAUM, D. G.; KLEIN, M. **Logistic Regression: A Self-Learning Text**. 3rd ed. Springer, New York, 2010, 701p.

KWAK, Y. H.; ANBARI, F. T. Analyzing Project Management Research: Perspectives from Top Management Journals. **International Journal of Project Management**, v. 27, p. 435-446, 2009.

LEACH, L. P. **Critical Chain Project Management**. Norwood, Artech House, Inc., 330 p. 2000.

- LECHLER, T.; RONEN, B.; STOHR, E. Critical Chain: A New Project Management Paradigm or Old Wine in New Bottles? **Engineering Management Journal**, v.17, n.4, p. 45-58, 2005.
- LEE, B.; MILLER, J. Multi-Project Management in *Software Engineering* Using Simulation Modelling. **Software Quality Journal**, v. 12, p. 59-82, 2004.
- LIBERATORE, M. J. Critical Path Analysis with Fuzzy Activity Times. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 55, n. 2, p. 329-337, 2008.
- LIU, Q.; LIU, N.; ULLAH, S. A Task Group Based Multi-order Critical Chain Identification Algorithm. **IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**, p. 1494-1498, 2009.
- LOCH, C.; STING, F.; STEMPFHUBER, D.; HUCHZERMEIER, A. **Meeting Project Deadlines under Uncertainty: An Alternative to the Critical Chain Method**. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=1742904>>. Acesso em: março 12 de 2012.
- LONG, L. D.; OHSATO, A. Fuzzy Critical Chain Method for Project Scheduling Under Resource Constraints and Uncertainty. **International Journal of Project Management**, v. 26, p. 688-698, 2008.
- LUCKO, G. Productivity Scheduling Method: Linear Schedule Analysis with Singularity Functions. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 135, n. 4, p. 246-253, 2009.
- LYNEIS, J. M.; FORD, D. N. System Dynamics Applied to Project Management: a Survey, Assessment, and Directions for future research. **System Dynamics Review**, v. 23, n. 2/3, p. 157-189, 2007.
- MALHOTRA, N. **Pesquisa de Marketing**: uma orientação aplicada. 6. ed. Porto Alegre, Bookman, 2012. 736p.
- MAXIMIANO, A. C. A.; ANSELMO, J. L. Escritório de Gerenciamento de Projetos: Um Estudo de Caso. **Revista de Administração da USP**, v. 41, n. 4, p. 394-403, 2006.
- MEREDITH, J.; MANTEL, S. **Project Management: A Managerial Approach**. John Wiley and Sons, Inc. 8th ed. 589 p. 2012.
- MORAIS, C. H. B. Gerenciamento de Ambientes Multiprojetos pelo Método da Corrente Crítica em Empresas Brasileiras. Universidade de São Paulo, São Paulo, **Dissertação de Mestrado**, 155 p, 2011.
- MOUHOU, N. E.; BENHOCINE, A.; BELOUADAH, H. A New Method for Constructing a Minimal PERT Network. **Applied Mathematical Modelling**, v. 35, n. 9, p. 4575-4588, 2011.

NASCIMENTO, C. A. D. Gerenciamento de Prazos: Uma Revisão Crítica das Técnicas em Uso em Empreendimentos em Regime EPC. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, **Dissertação de Mestrado**, v. 1, 366 p, 2007.

NEWBOLD, R. C. **The Billion Dollar Solution: Secrets of ProChain Project Management**. Lake Ridge, ProChain Solutions Inc., 2008.

NOGUCHI, J. C. Corrente Crítica – A Teoria das Restrições Aplicada à Gestão de Projetos. **Revista do Centro Universitário Planalto do Distrito Federal**, v. 1, n. 3, p. 629-639, 2006.

PENG, G.; JUNWEN, F.; HUATING, W. Grey Critical Chain Project Scheduling Technique and Its Application. **Canadian Social Science**, v. 3, n. 3, p. 35-41, june 2007.

PENG, W.; JIN, M.A Revised Critical Chain Method and Optimization Model. **Applied Mechanics and Materials**, v. 16-19, p. 426-430, 2009.

PERMINOVA, O.; GUSTAFSSON, M.; WIKSTRÖM, K. Defining Uncertainty in Projects: a new perspective. **International Journal of Project Management**, v. 26, n. 1, p. 73-79, January 2008.

PINTO, J. S. Variáveis dos Atributos Complexidade e Incerteza em Projetos: Proposta de Criação de Escala de Mensuração. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, **Tese de Doutorado**, 216 p, 2012.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®)**, 4 ed., Newton Square, Project Management Institute Inc., 2008, 459p.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)**, 5th ed., Newton Square, Project Management Institute Inc., 2013. 589p.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE - Chapters Brasileiros. **Estudo de Benchmarking em Gerenciamento de Projetos Brasil 2009**. Disponível em: <<http://www.managerbrazil.com.br/biblioteca/BenchmarkingGP2009.pdf>>. Acesso em: março 14 de 2012.

QI, G.; ZHI-CHAO, T.; LU, Z. Analysis on Risk Management Based on the Method of FMEA of EPC General Contractor Projects. **International Conference on Management and Service Science (MASS)**. p. 1-4, 2010.

RAND, G. K. Critical chain: the theory of constraints applied to project management. **International Journal of Project Management**, v. 18, p. 173-177, 2000.

RAZ, T.; BARNES, R.; DVIR, D.A. **Critical look at Critical Chain project management.** Disponível em: <<http://ie406.cankaya.edu.tr/uploads/files/A-Critical-Look.pdf>>. Acesso em: março 14 de 2012.

REZAIE, K.; MANOUCHEHRABADI, B.; SHIRKOUHI, S. Duration estimation, a new approach in Critical chain scheduling. **2009 Third Asia International Conference on Modelling & Simulation.**

RODRIGUES, A.; BOWERS, J. The Role of System Dynamics in Project Management. **International Journal of Project Management**, v. 14, n. 4, p. 213-220, 1996.

ROGERS, P.; REIS, E. **Teoria das Restrições e Decisões de Longo Prazo: Caminho para a Convergência.** Disponível em: (<http://www.congressosp.fipecafi.org/artigos52005/435.pdf>) Acesso em: março 14 de 2012.

ROWE, W. D. **Managing Uncertainty.** Risk-Based Decision Making in Water Resources VII, Edited By Y. Y. Haimes, David A. Moser, and E. Z. Stakhiu. ASCE, New York, 1998. Disponível em: <http://www.rowes-ras.com/new_page_1.htm>. Acesso em: 28 fev. 2012.

SEGISMUNDO, A.; MIGUEL, P. A. C. Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) in the Context of Risk Management in New Product Development: A case study in an automotive company. **International Journal of Quality & Reliability Management.** v. 25, n. 9, p. 899-912, 2008.

SILVA, A.; PINTO, R. Limitações no uso de Corrente Crítica. **Mundo Project Management**, v. ago-set, p. 44-49, 2009.

SOO-HAENG, C.; EPPINGER, S. D. A Simulation-based Process Model for Managing Complex Design Projects. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 52, n. 3, p. 316-328, 2005.

STEYN, H. An Investigation Into the Fundamentals of Critical Chain Project Scheduling. **International Journal of Project Management**, v. 19, p. 363-369, 2000.

TAKAHASHI, H.; GOTO, H.; KASAHARA, M. Application of a Critical Chain Project Management Based Framework. **Proceedings of IEEE International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems**, p. 898-901, 2009.

TENERA, A.; MACHADO, V. Critical Chain Project Management: A new approach for time buffer sizing. **Proceedings of the Industrial Engineering Research Conference**, p. 475-480, 2007.

TIAN, Z.; ZHANG, Z.; PENG, W. A Critical Chain Based Multi-project Management Plan Scheduling Method. **2nd International Conference on Industrial and Information Systems**, p. 304-308, 2010.

TUKEL, O.; ROM, W.; EKSIÖGLU, S. An investigation of buffer sizing techniques in Critical Chain Scheduling. **European Journal of Operational Research**, v. 172, p. 401-416, 2006.

UMBLE, M.; UMBLE, E. Manage your projects for success: An application of the theory of constraints. **Production and Inventory Management Journal**, v. 41, n. 2, p. 27-32, 2000.

VARGAS, R. **Manual Prático do Plano de Projeto**. 4 ed., Rio de Janeiro, Brasport, 2009, 230p.

WARD, J. L. **Project Management Terms: A Working Glossary**. Arlington, Virginia, ESI International, 2000, 250p.

XIAO-PING, Y.; PAN, G. A quantitative research of the time buffer of Critical Chain Project Management. **Proceedings of IEEE International Conference on e-Business and e-Government (ICEE)**, p. 1-4, 2011.

YONG, J.; ZHIGANG, Z. The Project Schedule Management Model Based on the Program Evaluation and Review Technique and Bayesian Networks. **IEEE International Conference on Automation and Logistics (ICAL)**, p. 379-383, 2011.

APÊNDICE A – Questionário de Pesquisa

INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS SOBRE VARIÁVEIS DE INFLUENCIA NO GERENCIAMENTO DE TEMPO EM AMBIENTES DE MÚLTIPLOS PROJETOS APLICANDO O MÉTODO DA CORRENTE CRÍTICA

Projeto: _____

Atividade: _____

Responsável: _____

Data: _____

Tomando como base a atividade que está sendo desenvolvida, queira responder às questões abaixo, assinalando UM ÚNICO "x" para cada caso.

1. ESCOPO

Alterado (Sim)

Não alterado

2. ANÁLISE DE RISCOS

Sim

Não

3. VARIABILIDADE NA ESTIMATIVA DE TEMPO

Sim → % de variabilidade

Não

4. INCLUSÃO DE NOVAS ATIVIDADES OU PROJETOS

Sim

Não

5. REPROGRAMAÇÃO DE ATIVIDADES

Sim

Não

6. NIVELAMENTO DE RECURSOS

Sim

Não

7. NÚMERO DE TAREFAS SIMULTÂNEAS (Adicionais à tarefa programada)

0

1

2

3 ou mais

A atividade atendeu o prazo programado?

Sim

Não

Comentários: _____

APÊNDICE B – Planilha de Registro de Dados

Atividade	Variáveis de influência							Variável de resposta
	O escopo foi alterado?	Foi feita análise de risco?	Foi inserida margem de segurança?	Foram incluídas novas atividades ou projetos?	Teve reprogramação de atividades?	Foi feito nivelamento de recursos?	Realizou mais do que a tarefa programada ao mesmo tempo? Multitarefa	A atividade atendeu o prazo?
	EscAlt	Risk	Variab	Incl	Repro	NivRec	Multitask	Prazo
1	0	0	0	0	1	0	1	Não
2	1	0	1	1	1	0	0	Não
3	0	1	0	1	1	0	0	Não
4	0	0	0	0	1	0	1	Não
5	0	0	0	0	0	0	0	Sim
6	0	1	1	0	0	0	0	Sim
7	0	1	0	0	1	0	0	Não
8	0	1	0	0	0	0	1	Não
9	0	0	0	0	0	0	1	Não
10	1	1	1	1	1	1	1	Não
11	0	0	1	1	1	1	1	Não
12	0	0	1	1	1	1	1	Sim
13	0	1	0	1	1	1	1	Sim
14	0	1	0	1	1	0	1	Sim
15	0	0	0	1	0	0	1	Sim
16	0	0	0	0	0	0	0	Sim
17	0	0	1	1	1	0	0	Não
18	1	0	0	1	1	0	1	Não
19	0	0	0	1	1	1	1	Não
20	0	0	0	1	1	1	1	Não
21	0	0	0	0	0	0	0	Sim
22	0	0	0	0	1	0	0	Sim
23	0	0	0	1	1	1	1	Não
24	0	0	0	0	1	1	0	Sim
25	0	1	0	0	1	0	0	Sim
26	0	1	1	0	1	0	0	Não
27	0	0	0	1	1	0	0	Sim
28	0	0	0	0	1	0	0	Não
29	0	0	0	0	1	0	0	Não
30	0	0	1	0	1	0	0	Não
31	0	0	0	0	1	0	0	Sim
32	0	1	0	0	0	0	0	Sim
33	0	0	1	0	1	0	1	Sim
34	0	0	1	0	1	0	0	Sim
35	0	0	1	0	0	0	0	Sim
36	0	1	0	0	1	0	0	Não
37	0	0	1	0	0	0	0	Sim
38	0	0	1	0	0	0	1	Sim
39	0	0	1	0	0	0	1	Sim
40	0	0	1	0	0	0	0	Sim
41	0	0	0	0	0	1	1	Sim
42	0	0	0	0	0	0	0	Sim
43	0	0	0	0	1	0	1	Sim
44	0	0	1	0	0	0	0	Sim
45	0	1	0	0	1	0	0	Não
46	0	1	0	0	1	0	0	Não

ANEXO A – Resultados Escala de Fatores Críticos de Sucesso

PERCENTUAL DE SUCESSO DO PROJETO POR VARIÁVEL				
PROJETO P-01				
Direcionador Habilidades Gerenciais	Pontuação da Escala	Pontuação da Variável	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por variável (em %)	
1	Habilidade de Comunicação	31	19	60
2	Definição do cronograma	24	24	100
3	Aceitação da proposta do projeto	24	24	99
4	Indicação de papéis e responsabilidades	18	11	58
5	Qualificação da equipe	17	16	96
6	Definição de metas e objetivos realistas	13	13	96
Direcionador Fatores Críticos de Sucesso	Pontuação da Escala	Pontuação da Variável	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por variável (em %)	
1	Cumprimento do prazo	37	22	60
2	Definição do escopo do projeto	37	22	60
3	Cumprimento do orçamento/custo	32	31	98
4	Comprometimento da equipe	34	31	92
5	Planejamento do projeto	29	18	61
6	Habilidade de comunicação	27	27	101
Direcionador Monitoramento e Controle	Pontuação da Escala	Pontuação da Variável	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por variável (em %)	
1	Reuniões de monitoramento do projeto	23	23	99
2	Determinação dos pontos de controle	20	12	60
3	Variação dos benefícios do projeto	17	10	60
4	Variação de orçamento/custo	13	13	102
5	Variação de prazo	13	8	61
6	Identificação de desvio de metas	9	2	20
Direcionador Lições Aprendidas	Pontuação da Escala	Pontuação da Variável	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por variável (em %)	
1	Conclusão dentro do orçamento/custo planejado	22	22	100
2	Conclusão no prazo planejado	20	12	61
3	Comunicação do projeto	19	19	98
4	Conclusão de acordo com escopo estabelecido	14	9	62
5	Discussão das alterações de metas e objetivos	2	0	17
6	Compilação dos documentos do projeto	8	8	96

PERCENTUAL DE SUCESSO DO PROJETO POR VARIÁVEL				
PROJETO P-02				
Direcionador		Pontuação da Escala	Pontuação da Variável	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por variável (em %)
Habilidades Gerenciais				
1	Habilidade de Comunicação	31	31	100
2	Definição do cronograma	24	24	100
3	Aceitação da proposta do projeto	24	24	100
4	Indicação de papéis e responsabilidades	18	18	100
5	Qualificação da equipe	17	16	94
6	Definição de metas e objetivos realistas	13	13	100
Direcionador		Pontuação da Escala	Pontuação da Variável	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por variável (em %)
Fatores Críticos de Sucesso				
1	Cumprimento do prazo	37	37	100
2	Definição do escopo do projeto	37	37	100
3	Cumprimento do orçamento/custo	32	31	97
4	Comprometimento da equipe	34	31	91
5	Planejamento do projeto	29	29	100
6	Habilidade de comunicação	27	16	59
Direcionador		Pontuação da Escala	Pontuação da Variável	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por variável (em %)
Monitoramento e Controle				
1	Reuniões de monitoramento do projeto	23	23	100
2	Determinação dos pontos de controle	20	20	100
3	Variação dos benefícios do projeto	17	0	0
4	Variação de orçamento/custo	13	13	100
5	Variação de prazo	13	8	62
6	Identificação de desvio de metas	9	9	103
Direcionador		Pontuação da Escala	Pontuação da Variável	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por variável (em %)
Lições Aprendidas				
1	Conclusão dentro do orçamento/custo planejado	22	22	100
2	Conclusão no prazo planejado	20	20	100
3	Comunicação do projeto	19	11	58
4	Conclusão de acordo com escopo estabelecido	14	14	100
5	Discussão das alterações de metas e objetivos	2	1	50
6	Compilação dos documentos do projeto	8	8	100

PERCENTUAL DE SUCESSO DO PROJETO POR VARIÁVEL				
PROJETO P-03				
Direcionador Habilidades Gerenciais	Pontuação da Escala	Pontuação da Variável	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por variável (em %)	
1	Habilidade de Comunicação	31	31	100
2	Definição do cronograma	24	24	100
3	Aceitação da proposta do projeto	24	24	100
4	Indicação de papéis e responsabilidades	18	11	61
5	Qualificação da equipe	17	16	94
6	Definição de metas e objetivos realistas	13	13	100
Direcionador Fatores Críticos de Sucesso	Pontuação da Escala	Pontuação da Variável	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por variável (em %)	
1	Cumprimento do prazo	37	22	59
2	Definição do escopo do projeto	37	22	59
3	Cumprimento do orçamento/custo	32	31	97
4	Comprometimento da equipe	34	31	91
5	Planejamento do projeto	29	29	100
6	Habilidade de comunicação	27	16	59
Direcionador Monitoramento e Controle	Pontuação da Escala	Pontuação da Variável	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por variável (em %)	
1	Reuniões de monitoramento do projeto	23	23	100
2	Determinação dos pontos de controle	20	20	100
3	Variação dos benefícios do projeto	17	0	0
4	Variação de orçamento/custo	13	13	100
5	Variação de prazo	13	8	62
6	Identificação de desvio de metas	9	9	103
Direcionador Lições Aprendidas	Pontuação da Escala	Pontuação da Variável	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por variável (em %)	
1	Conclusão dentro do orçamento/custo planejado	22	22	100
2	Conclusão no prazo planejado	20	12	60
3	Comunicação do projeto	19	11	58
4	Conclusão de acordo com escopo estabelecido	14	14	100
5	Discussão das alterações de metas e objetivos	2	1	50
6	Compilação dos documentos do projeto	8	8	100

PERCENTUAL DE SUCESSO DO PROJETO POR VARIÁVEL				
PROJETO P-04				
Direcionador Habilidades Gerenciais	Pontuação da Escala	Pontuação da Variável	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por variável (em %)	
1	Habilidade de Comunicação	31	19	61
2	Definição do cronograma	24	24	100
3	Aceitação da proposta do projeto	24	14	58
4	Indicação de papéis e responsabilidades	18	11	61
5	Qualificação da equipe	17	16	94
6	Definição de metas e objetivos realistas	13	8	62
Direcionador Fatores Críticos de Sucesso	Pontuação da Escala	Pontuação da Variável	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por variável (em %)	
1	Cumprimento do prazo	37	22	59
2	Definição do escopo do projeto	37	37	100
3	Cumprimento do orçamento/custo	32	31	97
4	Comprometimento da equipe	34	31	91
5	Planejamento do projeto	29	18	62
6	Habilidade de comunicação	27	16	59
Direcionador Monitoramento e Controle	Pontuação da Escala	Pontuação da Variável	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por variável (em %)	
1	Reuniões de monitoramento do projeto	23	23	100
2	Determinação dos pontos de controle	20	12	60
3	Variação dos benefícios do projeto	17	0	0
4	Variação de orçamento/custo	13	13	100
5	Variação de prazo	13	13	100
6	Identificação de desvio de metas	9	9	103
Direcionador Lições Aprendidas	Pontuação da Escala	Pontuação da Variável	Mensuração do Sucesso do gerenciamento de projetos por variável (em %)	
1	Conclusão dentro do orçamento/custo planejado	22	22	100
2	Conclusão no prazo planejado	20	12	60
3	Comunicação do projeto	19	11	58
4	Conclusão de acordo com escopo estabelecido	14	14	100
5	Discussão das alterações de metas e objetivos	2	1	50
6	Compilação dos documentos do projeto	8	8	100

ANEXO B – Saída do *Software MiniTab 16* para 46 atividades

Primeiro Processamento

Link Function: Logit

Response Information

Variable	Value	Count	
Prazo	Sim	25	(Event)
	Não	21	
	Total	46	

Logistic Regression Table

Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
						Lower	Upper
Constant	2,24248	0,976245	2,30	0,022			
EscAlt	-21,0104	13840,6	-0,00	0,999	0,00	0,00	*
Risk	-0,760592	0,832074	-0,91	0,361	0,47	0,09	2,39
Variab	0,442878	0,807169	0,55	0,583	1,56	0,32	7,58
Incl	0,102143	0,984845	0,10	0,917	1,11	0,16	7,63
Repro	-2,34366	0,931341	-2,52	0,012	0,10	0,02	0,60
NivRec	0,399342	1,14023	0,35	0,726	1,49	0,16	13,93
Multitask	-0,735394	0,875842	-0,84	0,401	0,48	0,09	2,67

Log-Likelihood = -23,245

Test that all slopes are zero: G = 16,931, DF = 7, P-Value = 0,018

Goodness-of-Fit Tests

Method	Chi-Square	DF	P
Pearson	24,1455	18	0,150
Deviance	26,5770	18	0,087
Hosmer-Lemeshow	8,3349	8	0,401

Table of Observed and Expected Frequencies:

(See Hosmer-Lemeshow Test for the Pearson Chi-Square Statistic)

Value	Group										Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Sim												
Obs	1	2	1	1	2	3	2	3	6	4		25
Exp	0,2	1,7	1,2	2,1	1,9	2,1	3,3	3,4	5,4	3,7		
Não												
Obs	3	4	3	4	2	1	3	1	0	0		21
Exp	3,8	4,3	2,8	2,9	2,1	1,9	1,7	0,6	0,6	0,3		
Total	4	6	4	5	4	4	5	4	6	4		46

Measures of Association:

(Between the Response Variable and Predicted Probabilities)

Pairs	Number	Percent	Summary Measures
Concordant	414	78,9	Somers' D 0,60

Discordant	99	18,9	Goodman-Kruskal Gamma	0,61
Ties	12	2,3	Kendall's Tau-a	0,30
Total	525	100,0		

Segundo Processamento

Binary Logistic Regression: Prazo versus Risk; Variab; ...

Link Function: Logit

Response Information

Variable	Value	Count	
Prazo	Sim	25	(Event)
	Não	21	
	Total	46	

Logistic Regression Table

Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
						Lower	Upper
Constant	2,40498	0,971086	2,48	0,013			
Risk	-0,795997	0,787522	-1,01	0,312	0,45	0,10	2,11
Variab	0,149123	0,748647	0,20	0,842	1,16	0,27	5,04
Repro	-2,54502	0,904136	-2,81	0,005	0,08	0,01	0,46
NivRec	0,529762	0,989900	0,54	0,593	1,70	0,24	11,82
Multitask	-0,827159	0,832787	-0,99	0,321	0,44	0,09	2,24

Log-Likelihood = -24,727

Test that all slopes are zero: G = 13,968, DF = 5, P-Value = 0,016

Goodness-of-Fit Tests

Method	Chi-Square	DF	P
Pearson	22,0021	14	0,079
Deviance	22,7738	14	0,064
Hosmer-Lemeshow	6,2489	7	0,511

Table of Observed and Expected Frequencies:

(See Hosmer-Lemeshow Test for the Pearson Chi-Square Statistic)

Value	Group									Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Sim										
Obs	3	1	1	4	1	2	4	5	4	25
Exp	1,7	1,7	1,8	3,2	2,0	2,9	3,4	4,6	3,7	
Não										
Obs	4	5	4	3	3	2	0	0	0	21
Exp	5,3	4,3	3,2	3,8	2,0	1,1	0,6	0,4	0,3	
Total	7	6	5	7	4	4	4	5	4	46

Measures of Association:
 (Between the Response Variable and Predicted Probabilities)

Pairs	Number	Percent	Summary Measures	
Concordant	397	75,6	Somers' D	0,55
Discordant	109	20,8	Goodman-Kruskal Gamma	0,57
Ties	19	3,6	Kendall's Tau-a	0,28
Total	525	100,0		

Terceiro processamento

Binary Logistic Regression: Prazo versus Risk; Repro; NivRec; Multitask

Link Function: Logit

Response Information

Variable	Value	Count	
Prazo	Sim	25	(Event)
	Não	21	
	Total	46	

Logistic Regression Table

Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
						Lower	Upper
Constant	2,47698	0,905832	2,73	0,006			
Risk	-0,820918	0,778398	-1,05	0,292	0,44	0,10	2,02
Repro	-2,56077	0,901211	-2,84	0,004	0,08	0,01	0,45
NivRec	0,540898	0,990610	0,55	0,585	1,72	0,25	11,97
Multitask	-0,839583	0,829936	-1,01	0,312	0,43	0,08	2,20

Log-Likelihood = -24,746

Test that all slopes are zero: G = 13,928, DF = 4, P-Value = 0,008

Goodness-of-Fit Tests

Method	Chi-Square	DF	P
Pearson	12,7916	7	0,077
Deviance	12,3805	7	0,089
Hosmer-Lemeshow	5,7564	4	0,218

Table of Observed and Expected Frequencies:

(See Hosmer-Lemeshow Test for the Pearson Chi-Square Statistic)

Value	Group						Total
	1	2	3	4	5	6	
Sim							
Obs	4	1	1	4	4	11	25
Exp	2,0	2,0	2,0	4,3	4,7	10,0	
Não							
Obs	4	6	4	5	2	0	21

Exp	6,0	5,0	3,0	4,7	1,3	1,0	
Total	8	7	5	9	6	11	46

Measures of Association:
(Between the Response Variable and Predicted Probabilities)

Pairs	Number	Percent	Summary Measures	
Concordant	382	72,8	Somers' D	0,53
Discordant	103	19,6	Goodman-Kruskal Gamma	0,58
Ties	40	7,6	Kendall's Tau-a	0,27
Total	525	100,0		

Quarto Processamento

Binary Logistic Regression: Prazo versus Risk; Repro; Multitask

Link Function: Logit

Response Information

Variable	Value	Count	
Prazo	Sim	25	(Event)
	Não	21	
	Total	46	

Logistic Regression Table

Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
						Lower	Upper
Constant	2,40857	0,883721	2,73	0,006			
Risk	-0,841077	0,778916	-1,08	0,280	0,43	0,09	1,98
Repro	-2,43475	0,859576	-2,83	0,005	0,09	0,02	0,47
Multitask	-0,618828	0,714360	-0,87	0,386	0,54	0,13	2,18

Log-Likelihood = -24,897

Test that all slopes are zero: G = 13,627, DF = 3, P-Value = 0,003

Goodness-of-Fit Tests

Method	Chi-Square	DF	P
Pearson	9,36027	4	0,053
Deviance	9,14963	4	0,057
Hosmer-Lemeshow	1,27114	3	0,736

Table of Observed and Expected Frequencies:

(See Hosmer-Lemeshow Test for the Pearson Chi-Square Statistic)

Value	Group					Total
	1	2	3	4	5	
Sim						
Obs	3	3	5	6	8	25

Exp	2,6	3,4	4,9	6,7	7,3	
Não						
Obs	7	7	5	2	0	21
Exp	7,4	6,6	5,1	1,3	0,7	
Total	10	10	10	8	8	46

Measures of Association:
(Between the Response Variable and Predicted Probabilities)

Pairs	Number	Percent	Summary Measures	
Concordant	380	72,4	Somers' D	0,56
Discordant	87	16,6	Goodman-Kruskal Gamma	0,63
Ties	58	11,0	Kendall's Tau-a	0,28
Total	525	100,0		

Quinto processamento

Binary Logistic Regression: Prazo versus Risk; Repro

Link Function: Logit

Response Information

Variable	Value	Count	
Prazo	Sim	25	(Event)
	Não	21	
	Total	46	

Logistic Regression Table

Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Odds	95% CI	
					Ratio	Lower	Upper
Constant	2,11342	0,789109	2,68	0,007			
Risk	-0,724208	0,761303	-0,95	0,341	0,48	0,11	2,16
Repro	-2,43590	0,851693	-2,86	0,004	0,09	0,02	0,46

Log-Likelihood = -25,279

Test that all slopes are zero: G = 12,863, DF = 2, P-Value = 0,002

Goodness-of-Fit Tests

Method	Chi-Square	DF	P
Pearson	0,581955	1	0,446
Deviance	0,550721	1	0,458
Hosmer-Lemeshow	0,116840	1	0,732

Table of Observed and Expected Frequencies:

(See Hosmer-Lemeshow Test for the Pearson Chi-Square Statistic)

Value	Group			Total
	1	2	3	
Sim				
Obs	3	8	14	25

Exp	2,6	8,4	14,0	
Não				
Obs	7	12	2	21
Exp	7,4	11,6	2,0	
Total	10	20	16	46

Measures of Association:

(Between the Response Variable and Predicted Probabilities)

Pairs	Number	Percent	Summary Measures	
Concordant	334	63,6	Somers' D	0,52
Discordant	60	11,4	Goodman-Kruskal Gamma	0,70
Ties	131	25,0	Kendall's Tau-a	0,26
Total	525	100,0		

ANEXO C – Saída do Software *MiniTab* 16 para 27 atividades

Link Function: Logit

Response Information

Variable	Value	Count	
Prazo	Sim	9	(Event)
	Não	18	
	Total	27	

Logistic Regression Table

Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
						Lower	Upper
Constant	-37,3972	13339,5	-0,00	0,998			
EscDef	56,1972	13935,6	0,00	0,997	2,54752E+24	0,00	*
EscAlt	-73,8025	13666,7	-0,01	0,996	0,00	0,00	*
Risk	54,3252	7929,73	0,01	0,995	3,91844E+23	0,00	*
Variab	-0,904440	1,91201	-0,47	0,636	0,40	0,01	17,17
Incl	37,9436	6335,34	0,01	0,995	3,01083E+16	0,00	*
Repro	-74,6836	10559,3	-0,01	0,994	0,00	0,00	*
NivRec	55,4780	7929,73	0,01	0,994	1,24104E+24	0,00	*
Multitask	-36,7907	6335,34	-0,01	0,995	0,00	0,00	*

Log-Likelihood = -5,015

Test that all slopes are zero: G = 24,342, DF = 8, P-Value = 0,002

Goodness-of-Fit Tests

Method	Chi-Square	DF	P
Pearson	5,84057	10	0,828
Deviance	7,25736	10	0,701
Hosmer-Lemeshow	4,19490	8	0,839

Table of Observed and Expected Frequencies:

(See Hosmer-Lemeshow Test for the Pearson Chi-Square Statistic)

Value	Group										Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Sim												
Obs	0	0	0	0	0	0	2	1	3	3	9	
Exp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	0,8	1,6	3,0	3,0		
Não												
Obs	2	4	2	2	3	3	0	2	0	0	18	
Exp	2,0	4,0	2,0	2,0	2,9	2,5	1,2	1,4	0,0	0,0		
Total	2	4	2	2	3	3	2	3	3	3	27	

Measures of Association:

(Between the Response Variable and Predicted Probabilities)

Pairs	Number	Percent	Summary Measures
Concordant	156	96,3	Somers' D 0,93
Discordant	5	3,1	Goodman-Kruskal Gamma 0,94

Ties	1	0,6	Kendall's Tau-a	0,43
Total	162	100,0		

Binary Logistic Regression: Prazo versus Risk; Variab; ...

Link Function: Logit

Response Information

Variable	Value	Count	
Prazo	Sim	9	(Event)
	Não	18	
	Total	27	

Logistic Regression Table

Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
						Lower	Upper
Constant	2,18482	1,49405	1,46	0,144			
Risk	1,54955	1,45110	1,07	0,286	4,71	0,27	80,94
Variab	-0,546776	1,50240	-0,36	0,716	0,58	0,03	11,00
Incl	3,73305	2,07501	1,80	0,072	41,81	0,72	2440,59
Repro	-5,92550	2,37831	-2,49	0,013	0,00	0,00	0,28
NivRec	3,42840	2,02786	1,69	0,091	30,83	0,58	1640,78
Multitask	-4,21731	2,18568	-1,93	0,054	0,01	0,00	1,07

Log-Likelihood = -9,992

Test that all slopes are zero: G = 14,388, DF = 6, P-Value = 0,026

Goodness-of-Fit Tests

Method	Chi-Square	DF	P
Pearson	22,7618	11	0,019
Deviance	17,2112	11	0,102
Hosmer-Lemeshow	12,0416	8	0,149

Table of Observed and Expected Frequencies:

(See Hosmer-Lemeshow Test for the Pearson Chi-Square Statistic)

Value	Group										Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Sim												
Obs	0	0	1	0	1	0	1	0	5	1		9
Exp	0,0	0,1	0,1	0,3	0,5	0,9	0,8	1,0	4,2	1,0		
Não												
Obs	2	4	1	3	2	3	1	2	0	0		18
Exp	2,0	3,9	1,9	2,7	2,5	2,1	1,2	1,0	0,8	0,0		
Total	2	4	2	3	3	3	2	2	5	1		27

Measures of Association:

(Between the Response Variable and Predicted Probabilities)

Pairs	Number	Percent	Summary Measures
Concordant	142	87,7	Somers' D
			0,76

Discordant	19	11,7	Goodman-Kruskal	Gamma	0,76
Ties	1	0,6	Kendall's Tau-a		0,35
Total	162	100,0			

Binary Logistic Regression: Prazo versus Risk; Incl; ...

Link Function: Logit

Response Information

Variable	Value	Count	
Prazo	Sim	9	(Event)
	Não	18	
	Total	27	

Logistic Regression Table

Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
						Lower	Upper
Constant	2,20253	1,52709	1,44	0,149			
Risk	1,44235	1,40618	1,03	0,305	4,23	0,27	66,58
Incl	3,65584	2,04725	1,79	0,074	38,70	0,70	2139,62
Repro	-5,91928	2,39598	-2,47	0,013	0,00	0,00	0,29
NivRec	3,29033	1,99380	1,65	0,099	26,85	0,54	1336,91
Multitask	-4,20029	2,21152	-1,90	0,058	0,01	0,00	1,14

Log-Likelihood = -10,061

Test that all slopes are zero: G = 14,250, DF = 5, P-Value = 0,014

Goodness-of-Fit Tests

Method	Chi-Square	DF	P
Pearson	21,2403	8	0,007
Deviance	12,3450	8	0,136
Hosmer-Lemeshow	2,4993	6	0,869

Table of Observed and Expected Frequencies:

(See Hosmer-Lemeshow Test for the Pearson Chi-Square Statistic)

Value	Group								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Sim									
Obs	0	0	1	1	1	1	4	1	9
Exp	0,0	0,1	0,4	1,5	0,8	1,7	3,5	1,0	
Não									
Obs	2	4	4	5	1	2	0	0	18
Exp	2,0	3,9	4,6	4,5	1,2	1,3	0,5	0,0	
Total	2	4	5	6	2	3	4	1	27

Measures of Association:

(Between the Response Variable and Predicted Probabilities)

Pairs	Number	Percent	Summary Measures
Concordant	140	86,4	Somers' D
			0,76

Discordant	17	10,5	Goodman-Kruskal	Gamma	0,78
Ties	5	3,1	Kendall's Tau-a		0,35
Total	162	100,0			

Binary Logistic Regression: Prazo versus Incl; Repro; NivRec; Multitask

Link Function: Logit

Response Information

Variable	Value	Count	
Prazo	Sim	9	(Event)
	Não	18	
	Total	27	

Logistic Regression Table

Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
						Lower	Upper
Constant	2,25295	1,43808	1,57	0,117			
Incl	2,89651	1,80813	1,60	0,109	18,11	0,52	626,64
Repro	-5,06346	2,08004	-2,43	0,015	0,01	0,00	0,37
NivRec	2,65655	1,77131	1,50	0,134	14,25	0,44	458,63
Multitask	-3,30650	1,81264	-1,82	0,068	0,04	0,00	1,28

Log-Likelihood = -10,648

Test that all slopes are zero: G = 13,075, DF = 4, P-Value = 0,011

Goodness-of-Fit Tests

Method	Chi-Square	DF	P
Pearson	15,6776	4	0,003
Deviance	10,1480	4	0,038
Hosmer-Lemeshow	2,0740	4	0,722

Table of Observed and Expected Frequencies:

(See Hosmer-Lemeshow Test for the Pearson Chi-Square Statistic)

Value	Group						Total
	1	2	3	4	5	6	
Sim							
Obs	0	1	0	2	1	5	9
Exp	0,0	0,5	0,5	2,5	1,0	4,5	
Não							
Obs	2	8	2	5	1	0	18
Exp	2,0	8,5	1,5	4,5	1,0	0,5	
Total	2	9	2	7	2	5	27

Measures of Association:

(Between the Response Variable and Predicted Probabilities)

Pairs	Number	Percent	Summary Measures
Concordant	133	82,1	Somers' D 0,71
Discordant	18	11,1	Goodman-Kruskal Gamma 0,76

Ties	11	6,8	Kendall's Tau-a	0,33
Total	162	100,0		

Binary Logistic Regression: Prazo versus Incl; Repro; Multitask

Link Function: Logit

Response Information

Variable	Value	Count	
Prazo	Sim	9	(Event)
	Não	18	
	Total	27	

Logistic Regression Table

Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
						Lower	Upper
Constant	1,62381	1,16740	1,39	0,164			
Incl	3,18405	1,76887	1,80	0,072	24,14	0,75	773,54
Repro	-3,68420	1,50385	-2,45	0,014	0,03	0,00	0,48
Multitask	-2,18527	1,48892	-1,47	0,142	0,11	0,01	2,08

Log-Likelihood = -12,004

Test that all slopes are zero: G = 10,363, DF = 3, P-Value = 0,016

Goodness-of-Fit Tests

Method	Chi-Square	DF	P
Pearson	5,39280	3	0,145
Deviance	6,52282	3	0,089
Hosmer-Lemeshow	1,54053	4	0,819

Table of Observed and Expected Frequencies:

(See Hosmer-Lemeshow Test for the Pearson Chi-Square Statistic)

Value	Group						Total
	1	2	3	4	5	6	
Sim							
Obs	0	1	3	0	4	1	9
Exp	0,0	0,9	2,3	0,7	4,1	0,9	
Não							
Obs	2	7	6	2	1	0	18
Exp	2,0	7,1	6,7	1,3	0,9	0,1	
Total	2	8	9	2	5	1	27

Measures of Association:

(Between the Response Variable and Predicted Probabilities)

Pairs	Number	Percent	Summary Measures
Concordant	119	73,5	Somers' D 0,62
Discordant	18	11,1	Goodman-Kruskal Gamma 0,74
Ties	25	15,4	Kendall's Tau-a 0,29
Total	162	100,0	

Binary Logistic Regression: Prazo versus Incl; Repro

Link Function: Logit

Response Information

Variable	Value	Count	
Prazo	Sim	9	(Event)
	Não	18	
	Total	27	

Logistic Regression Table

Predictor	Coef	SE Coef	Z	P	Odds	95% CI	
					Ratio	Lower	Upper
Constant	0,764398	0,852808	0,90	0,370			
Incl	1,50315	1,21760	1,23	0,217	4,50	0,41	48,89
Repro	-3,07054	1,30608	-2,35	0,019	0,05	0,00	0,60

Log-Likelihood = -13,288

Test that all slopes are zero: G = 7,796, DF = 2, P-Value = 0,020

Goodness-of-Fit Tests

Method	Chi-Square	DF	P
Pearson	0,125148	1	0,724
Deviance	0,218326	1	0,640
Hosmer-Lemeshow	0,125148	2	0,939

Table of Observed and Expected Frequencies:

(See Hosmer-Lemeshow Test for the Pearson Chi-Square Statistic)

Value	Group				Total
	1	2	3	4	
Sim					
Obs	1	3	4	1	9
Exp	0,9	3,1	4,1	0,9	
Não					
Obs	9	7	2	0	18
Exp	9,1	6,9	1,9	0,1	
Total	10	10	6	1	27

Measures of Association:

(Between the Response Variable and Predicted Probabilities)

Pairs	Number	Percent	Summary Measures	
Concordant	109	67,3	Somers' D	0,58
Discordant	15	9,3	Goodman-Kruskal Gamma	0,76
Ties	38	23,5	Kendall's Tau-a	0,27
Total	162	100,0		