

LEANDRO GASPAR GOMES ANTONELLI

ANÁLISE DO IMPACTO DA CORRENTE CRÍTICA NO
CUMPRIMENTO DE PRAZOS DE ENGENHARIA DE BOMBAS
HIDRÁULICAS

São Paulo
2011

LEANDRO GASPAR GOMES ANTONELLI

ANÁLISE DO IMPACTO DA CORRENTE CRÍTICA NO
CUMPRIMENTO DE PRAZOS DE ENGENHARIA DE BOMBAS
HIDRÁULICAS

Monografia de Conclusão do CEGP,
Curso de Especialização em Gestão de
Projetos da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo

São Paulo
2011

LEANDRO GASPAR GOMES ANTONELLI

ANÁLISE DO IMPACTO DA CORRENTE CRÍTICA NO
CUMPRIMENTO DE PRAZOS DE ENGENHARIA DE BOMBAS
HIDRÁULICAS

Monografia de Conclusão do CEGP,
Curso de Especialização em Gestão de
Projetos da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo

Orientador: Prof. Dr. Roque Rabechini Jr.

São Paulo
2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais e irmão, que sempre me deram todo o suporte, motivação e confiança necessários em todos os momentos de minha vida. Agradeço também aos meus avós, por todo o carinho que guardam e que procuro retribuir.

Um obrigado a todos os professores e colaboradores da Fundação Vanzolini, que proporcionaram o conhecimento necessário para a condução deste trabalho e para que me aperfeiçoasse como gerente de projetos. Em especial ao prof. Roque Rabechini Junior (meu orientador) e ao prof. Omar Moore, responsável por proporcionar umas das melhores aulas que já vivi.

Um abraço para a turma do CEGP45, que aprendeu e se esforçou bastante junto comigo nesta grande jornada que foram estes dois anos.

Agradeço também aos diretores da Hominiss Consulting, meus grandes colegas e amigos, que me apoiaram, desde a matrícula, na realização desta conquista, e puderam ser flexíveis em todos os momentos em que precisei da compreensão deles.

Por último, mas não menos importante, agradeço a todos os meus grandes amigos de São Carlos, Batatais, São Paulo e todas as outras cidades que estão sempre ao meu lado fazendo a vida muito mais divertida. Não poderia deixar de destacar todos os moradores, ex-moradores e agregados do maior espaço de entretenimento de São Carlos e meu grande lar, o Espaço Dubai,

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é estudar a aplicação do método da corrente crítica em uma empresa de desenvolvimento e fabricação de bombas hidráulicas, situada no interior do estado de SP e realizar uma análise dos resultados obtidos quanto ao cumprimento dos prazos. Estes foram comparados com os resultados anteriores obtidos com o método antigo de gestão de prazos utilizados nesta mesma empresa, o CPM. Os resultados analisados foram: performance de entrega, dias médios de atraso e atraso acumulado. A principal questão de pesquisa a ser respondida, portanto, é qual o impacto do uso do método da corrente crítica para a gestão de prazos em projetos de desenvolvimento de bombas hidráulicas. Outra questão secundária de pesquisa a ser respondida é se o método em questão pode gerar melhores resultados do que um método mais tradicional (CPM). A estrutura do trabalho será composta, primeiramente, pela introdução, a qual será seguida pela revisão bibliográfica dos principais assuntos abordados. Após a revisão bibliográfica, será apresentada a metodologia utilizada e o estudo de caso realizado. Por fim, serão apresentados os resultados obtidos no mencionado estudo de caso, seguido das conclusões e recomendações, as quais fecharão o trabalho.

Palavras-chave: Gerenciamento de Projetos, CPM, Corrente Crítica, CCPM, Gestão do Tempo em Projetos

ABSTRACT

This paper purpose is to study the development and implementation of the Critical Chain Project Management (CCPM) in a hydraulic pump designer and manufacturer. The company's site is located in São Paulo's state in Brazil. Besides, the results of the implementation will be further analyzed and compared to the results the company presented before the CCPM was implemented. The results to be used are the following KPI's: delivery performance, average days late and accumulated delay. The main research question to be answered is how much the Critical Chain Project Management affects Project time management results in a hydraulic pump designer and manufacturer. The second question is whether the CCPM can produce better results than the traditional CPM method in this industry. The paper begins with an introduction, followed by a literature review. Then the methodology is presented just before the case study. Moreover, the case study results are showed and discussed and, finally, a conclusion finishes the paper.

Keywords: Project Management, CPM, CCPM, Critical Chain, Project Time Management

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Resumo do Gerenciamento de Tempo do Projeto	16
Figura 2 – 5 Passos da TOC.....	21
Figura 3 – Probabilidade de cumprimento das atividades do projeto em função das estimativas de duração realizadas	22
Figura 4 – Exemplo de <i>Fever Chart</i>	24
Figura 5 – Diagrama de Rede (Criação da rede)	24
Figura 6 – Diagrama de Rede (Identificação da Corrente Crítica)	25
Figura 7 – Diagrama de Rede – Protegendo a corrente crítica	25
Figura 8 – Cronograma padrão adaptado do DMAIC	29
Figura 9 – Cronograma macro do Projeto (primeiro semestre de 2011)	35
Figura 10 – Performance de Entrega de Projetos de todas as famílias no ano de 2010 .	36
Figura 11 – Representação do Diagrama de Rede da Situação Atual	37
Figura 12 – Representação do novo diagrama de rede	39
Figura 13 – Representação da nova rede com pulmão e novo prazo.....	41
Figura 14 – Gráfico de Controle do Uso do Pulmão	42
Figura 15 – Medida de Resultado: Performance de Entrega de Bombas Hidráulicas	44
Figura 16 – Medida de Resultado: Dias Médios de Atraso para Bombas Hidráulicas...	44
Figura 17 – Medida de Resultado: Atraso Acumulado de Bombas Hidráulicas	45
Figura 18 – Performance de Entrega de Bombas com Média e Linha de Tendência.....	45
Figura 19 – Dias Médios de Atraso com Média e Linha de Tendência.....	46
Figura 20 – Atraso Acumulado com Média e Linha de Tendência	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição das etapas do DMAIC	19
Tabela 2 – Diferenças de filosofia entre CPM e CCPM.....	26
Tabela 3 – Relação entre as etapas de aplicação do CCPM e do DMAIC adaptado	30
Tabela 4 – Atividades do Fluxo com responsáveis e predecessoras.....	36
Tabela 5 – Novos Prazos de Projeto	38
Tabela 6 – Cálculo do Pulmão de Projeto.....	40

LISTA DE SIGLAS

5S – Cinco Sentidos (Utilização, Organização, Limpeza, Padronização e Auto Disciplina)

CCPM – *Critical Chain Project Management*

CPM – *Critical Path Method*

DMAIC – *Define, Measure, Analyse, Improve, Control*

F.B. – *Feeding Buffer*

KPI – *Key Performance Indicators*

P.B. – *Project Buffer*

PERT - *Program Evaluation and Review Technique*

PMI – *Project Management Institute*

TOC – *Theory of Constraints*

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS.....	8
LISTA DE SIGLAS.....	9
SUMÁRIO	10
1 Introdução	11
2 Revisão da Literatura	14
2.1 Gestão de Prazos em Projetos	14
2.2 Método do Caminho Crítico (CPM)	17
2.3 Seis Sigma: Metodologia DMAIC	18
2.4 Teoria das Restrições (TOC).....	19
2.5 Corrente Crítica (CCPM)	21
2.6 Comparação entre o método CPM e CCPM	26
3 Metodologia	27
4 Resultados.....	32
4.1 Estudo de Caso: Aplicação da Corrente Crítica.....	32
4.1.1 Contextualização da Empresa	32
4.1.2 Projeto de Implantação da Corrente Crítica.....	33
4.2 Apresentação dos Resultados e Discussão	43
4.2.1 Demonstração dos Resultados	43
4.2.2 Discussão dos Resultados	45
5 Conclusão.....	48
6 Bibliografia	51

1 Introdução

Atualmente, o Brasil vem passando por um grande momento no setor industrial. Corporações de pequeno, médio e grande porte vêm apresentando altas demandas em diversos setores. Entretanto, durante a grande crise econômica iniciada no fim de 2008 e que se propagou até meados de 2010, grande parte destas mesmas empresas conviveu com uma considerável queda de demanda, sendo obrigadas a reduzir custos, visando garantir sua sobrevivência durante o período.

O setor de bombas hidráulicas foi um dos setores fortemente afetados por esta crise, já que obras de infra-estrutura são drasticamente reduzidas durante períodos de incerteza econômica.

Na indústria em geral, um dos recursos utilizados para redução de custos foi o corte de mão de obra nos setores mais ociosos. Especificamente no setor de bombas hidráulicas, os setores mais ociosos com a queda de demanda estão relacionados ao desenvolvimento de produto, pois novos e ambiciosos projetos são os primeiros a serem adiados nestes períodos. Sendo assim, a mão de obra do setor de novos projetos sofreu uma grande redução durante a crise.

Contudo, com o fim da crise em 2010, a demanda apresentou forte alta neste setor. Tal fato acarretou em uma grande demanda de carga horária por parte do setor de desenvolvimento de produto, pois o setor é responsável pelo projeto do produto, o qual ocorre nas fases iniciais do fluxo de valor do produto na empresa. Como já mencionado, este setor estava com sua mão de obra altamente reduzida (devido à crise), passando a apresentar sinais de sobrecarga.

O principal reflexo desta sobrecarga pôde ser notado na queda dos indicadores de atendimento ao cliente, ou seja, os prazos não estavam mais sendo cumpridos como antes. Sendo assim, fez-se necessária que a gestão de prazos dos projetos fosse cuidadosamente planejada e conduzida, para que os poucos recursos existentes pudessem ser aproveitados ao máximo.

Conforme o estudo abaixo:

Os projetos estão sempre sujeitos a restrições como margem de segurança de tempo, atrasos nas entregas, ausência de trabalho em equipe, orçamento inadequado, dentre outros. Segundo o estudo de Benchmarking de 2008, 77% das organizações participantes costumam ter problemas no cumprimento dos prazos estabelecidos para os projetos. Além disso, foi apontado dentre os problemas que ocorrem com mais frequência nas organizações, o não cumprimento dos prazos ocorre em 62% delas. (NOVAIS, et al., 2011, p 150-165)

Segundo o PMI (2008), a gestão de prazos em projetos, ou gestão de tempo, inclui todos os processos necessários para gerenciar o cumprimento de prazos em projetos. Várias técnicas e ferramentas podem ser utilizadas para executar a gestão de tempo em projetos, sendo que uma das técnicas mais tradicionais e amplamente utilizadas é a técnica do CPM (*Critical Path Method*).

Segundo Finocchio Junior (2009), a introdução dos métodos de programação teve seu auge nas décadas de 1950 e 1960, quando precursores como o Departamento de Defesa Americano, a Marinha Americana e a NASA começaram a revelar os resultados positivos de projetos de grande porte baseados nas técnicas de CPM e PERT (*Program Evaluation and Review Technique*).

Ainda de acordo com Finocchio Junior (2009), a partir dos anos 2000, as mesmas entidades começaram a publicar estudos sobre o uso de um novo método de programação baseado na Teoria das Restrições denominado Corrente Crítica, ou, CCPM (*Critical Chain Project Management*). Quelhas e Barcaui (2004) citam que a Corrente Crítica é a aplicação da teoria das restrições no ambiente de projetos e pode ser definida como uma abordagem gerencial de diagramação de rede, que leva a uma significativa melhora na performance de projetos, buscando resolver seus conflitos principais.

O objetivo do presente trabalho é estudar a aplicação do método da corrente crítica em uma empresa de desenvolvimento e fabricação de bombas hidráulicas, através da análise dos resultados obtidos relacionados a cumprimento dos prazos e comparação destes resultados com os resultados anteriores obtidos com o método antigo

de gestão de prazos, o CPM. A principal questão de pesquisa a ser respondida, portanto, é qual o impacto do uso do método da corrente crítica para a gestão de prazos em projetos de desenvolvimento de bombas hidráulicas. Outra questão secundária de pesquisa a ser respondida é se o método em questão pode gerar melhores resultados do que um método mais tradicional (CPM).

A estrutura do trabalho será composta, primeiramente, pela introdução, a qual será seguida pela revisão bibliográfica dos principais assuntos abordados. Após a revisão bibliográfica, será apresentada a metodologia utilizada e o estudo de caso realizado. Por fim, serão apresentados os resultados obtidos no mencionado estudo de caso, seguido das conclusões e recomendações, as quais fecharão o presente trabalho.

2 Revisão da Literatura

A revisão da literatura do presente trabalho contemplará os principais temas abordados ao longo deste estudo. Nela serão articulados os argumentos teóricos sobre os temas a serem pesquisados.

O primeiro tema a ser abordado é a gestão de prazos em projetos, já que a principal questão de pesquisa do trabalho diz a respeito ao impacto da corrente crítica nos cumprimentos de prazos de projetos. Sendo assim, faz-se importante um embasamento teórico sobre a gestão de prazos, a qual a grande referência a ser utilizada é o PMBoK (PMI, 2008).

O próximo tema a ser estudado é o CPM (*Critical Path Method*), que é a técnica utilizada pela empresa em estudo até o momento da implantação da corrente crítica. Além disto, seus resultados serão utilizados para posterior comparação. Em seguida, será feita uma breve introdução ao método Seis Sigma, pois uma de suas metodologias, o DMAIC, é utilizada como base para a definição do cronograma de implantação do projeto.

Por fim, será abordado o principal tema deste trabalho: a Corrente Crítica. Inicialmente, será feita uma breve revisão da teoria das restrições (TOC), que originou a Corrente Crítica. Em seguida, será feita uma análise mais detalhada da Corrente Crítica e de suas principais diferenças em relação ao CPM.

2.1 Gestão de Prazos em Projetos

Seidenthal (1978, p. 8) afirma que “A minimização do tempo de execução de projetos é primordial para a sobrevivência de qualquer organização”. Segundo PMI (2008), a gestão de prazos em projetos inclui os processos necessários para gerenciar que o projeto seja concluído no prazo estabelecido inicialmente. Os processos de gerenciamento de tempo abordados pelo autor podem ser resumidos pelos seguintes:

- Definição das atividades: inclui a identificação de ações específicas a serem feitas visando realizar os *deliverables* do projeto.
- Sequenciamento das atividades: consiste em identificar e documentar os relacionamentos entre as atividades do projeto.
- Estimativa dos recursos para cada atividade: consiste em estimar os tipos e quantidades de pessoas, material, suprimentos e equipamentos necessários na realização de cada atividade.
- Estimativa das durações de cada atividade: consiste em estimar o número de períodos de trabalho necessários para realizar para a finalização das atividades levantadas, desde que utilizados os recursos estimados no processo anterior.
- Desenvolvimento do cronograma: consiste em analisar a sequência das atividades, seus recursos necessários, suas durações e identificar as possíveis restrições de cronograma. O objetivo deste processo é criar o cronograma do projeto.
- Controle do cronograma: consiste em monitorar o andamento do projeto, visando atualizar seu progresso e gerenciar as mudanças feitas na linha de base do projeto.

O processo de definição das atividades é mencionado por Oliveira (2003), citando que o Gerenciamento de Tempo inicia-se junto à confecção da WBS, onde as atividades e entregas a serem efetuadas recebem períodos de duração (estimados). Faz-se importante ressaltar que PMI (2008) também cita que estes processos não ocorrem, necessariamente, de maneira sequencial. Eles ocorrem pelo menos uma vez ao longo do projeto, podendo, inclusive, sobrepor-se entre si.

Para cada um dos processos, o PMI (2008) detalha:

- Entradas
- Técnicas e ferramentas
- Saídas

Os processos envolvidos no capítulo de gestão do tempo do PMI (2008) têm as seguintes entradas, técnicas e ferramentas e saídas demonstrados na Figura 1.



Figura 1 – Resumo do Gerenciamento de Tempo do Projeto

Fonte: PMI (2008)

Ainda de acordo com o PMI (2008), a seleção da metodologia e elaboração do cronograma, acontece no Plano de Gerenciamento do Projeto, anterior a etapa de gestão do tempo abordada até aqui. Nesta etapa são estabelecidas as regras para o desenvolvimento e controle do cronograma, a partir de uma metodologia específica. No caso, as metodologias mais conhecidas são o método do caminho crítico (CPM) e o método da corrente crítica (CCPM), muito importantes para o trabalho em questão. De

acordo com Mulcahy (2007) após a determinação, apresentação e controle do cronograma, a sua rede está apta a ser apurada adotando, a partir deste ponto, a estrutura de uma ou mais técnicas como as mencionadas anteriormente.

2.2 Método do Caminho Crítico (CPM)

Segundo Scuro (2010), as técnicas denominadas PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) e CPM (*Critical Path Method*) foram desenvolvidas para o Planejamento e Controle de Projetos. O método PERT foi desenvolvido nos Estados Unidos, em 1958, como uma ferramenta de gerenciamento da construção do foguete Polaris, missão que tinha grande interesse militar e que exigiu técnicas de planejamento especiais em virtude de sua complexidade. Este método é mais apropriado para os casos em que os tempos de execução das atividades são pouco conhecidos, envolvendo então probabilidades de execução no período considerado. (HIRSCHFELD, 1987).

Ainda segundo Hirschfeld (1987), o método do caminho crítico (CPM) foi desenvolvido na indústria de produtos químicos, mais especificamente na fábrica francesa da *Dupont* para a organização e fabricação de produtos químicos em 1957. A grande diferença para o método PERT é que a duração das atividades não varia, ou seja, os tempos são determinísticos.

Ambos os métodos são baseados em redes (ou teias) visando visualizar, planejar e coordenar as atividades do projeto. Em seguida, uma explanação sobre este conceito:

As redes descrevem a atividade, a duração e a informação de dependência das mesmas. Cada atividade é representada por uma linha que indica seu nome, sua duração. A extremidade da linha da atividade é terminada num acontecimento, que é o começo de outra atividade. Cada atividade é conectada às suas atividades sucessoras, o que dá a forma de rede de acontecimentos e linhas conectadas. (SCURO, 2010)

O sistema de planejamento e controle da produção CPM utiliza-se de uma metodologia de, inicialmente, determinar as precedências entre as diversas atividades do projeto. Seguindo a linha de raciocínio levantada por Godinho Filho, et al (2004), a

partir desta precedência e tendo-se os tempos das atividades, calculam-se os tempos mais cedo e mais tarde que uma atividade pode começar e terminar. A diferença entre o início mais tarde e o início mais cedo (ou entre o final mais tarde e o final mais cedo) de uma atividade é denominado folga da atividade. Sendo assim, pode-se então determinar o caminho crítico do projeto, o qual é o caminho que passa pelas atividades que têm folga igual a zero, ou seja, o caminho crítico é formado pelas atividades que não devem atrasar para não comprometer a data final do projeto.

2.3 Seis Sigma: Metodologia DMAIC

Para que fosse realizada a aplicação da corrente crítica, apresentado no estudo de caso do presente trabalho, ou seja, para que o método de gestão de projetos utilizado na empresa passasse de CPM para Corrente Crítica, fez-se necessária a implantação do método da corrente crítica. Esta implantação foi realizada seguindo uma metodologia adaptada do DMAIC, advinda da filosofia Seis Sigma.

A Filosofia Seis-Sigma foi desenvolvida pelo engenheiro Bill Smith, em 1986, junto a Motorola, no intuito de se diminuir o número de falhas de um produto, ainda dentro do seu período de garantia e de reduzir custos de qualidade. Este processo foi conduzido pelo então presidente da companhia, Robert Galvin (ANTONY e BANUELAS, 2002). Segundo Campos (2003), as etapas que formam a sigla DMAIC são as seguintes Definir, Medir, Analisar, Aprimorar (ou Melhorar) e Controlar. A descrição de cada etapa será feita na Tabela 1, baseada em Campos (2003).

Tabela 1 – Descrição das etapas do DMAIC

Etapas DMAIC	Descrição
Definir	Identificar necessidade e requisitos dos clientes e associá-los aos objetivos estratégicos da empresa, para então se definir processos críticos que deverão definir projetos a serem realizados
Medir	Aplicação de ferramentas estatísticas para traçar estado atual dos processos e se estabelecer metas de aprimoramento
Analisar	Uso de ferramentas estatísticas e não estatísticas para identificação da causa-raiz do problema definido. Tal etapa é importante, porque se deve tomar cuidado com os julgamentos, para que não se identifique conseqüências no lugar de causas
Melhorar	Utilização de ferramentas estatística para melhoria do processo. Ações para correção do problema-alvo
Controlar	Aplicação de ferramentas com o intuito de manter as melhorias alcançadas e torná-las padrão

Fonte: Elaborada pelo autor. Baseada em Campos (2003)

2.4 Teoria das Restrições (TOC)

A Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* - TOC) foi um conceito lançado por Eliyahu M. Goldratt em seu livro de 1984, *A Meta (The Goal)*. Souza (2005) a descreve da seguinte maneira:

A Teoria das Restrições (TOC) é baseada no princípio de que existe uma causa comum para muitos efeitos; os fenômenos que vemos (sintomas) são conseqüências de poucas causas raízes. Esse princípio leva a uma visão sistêmica da empresa, ou seja, a empresa é vista como um conjunto de elementos entre os quais há alguma relação de interdependência. Desta forma, pelo fato

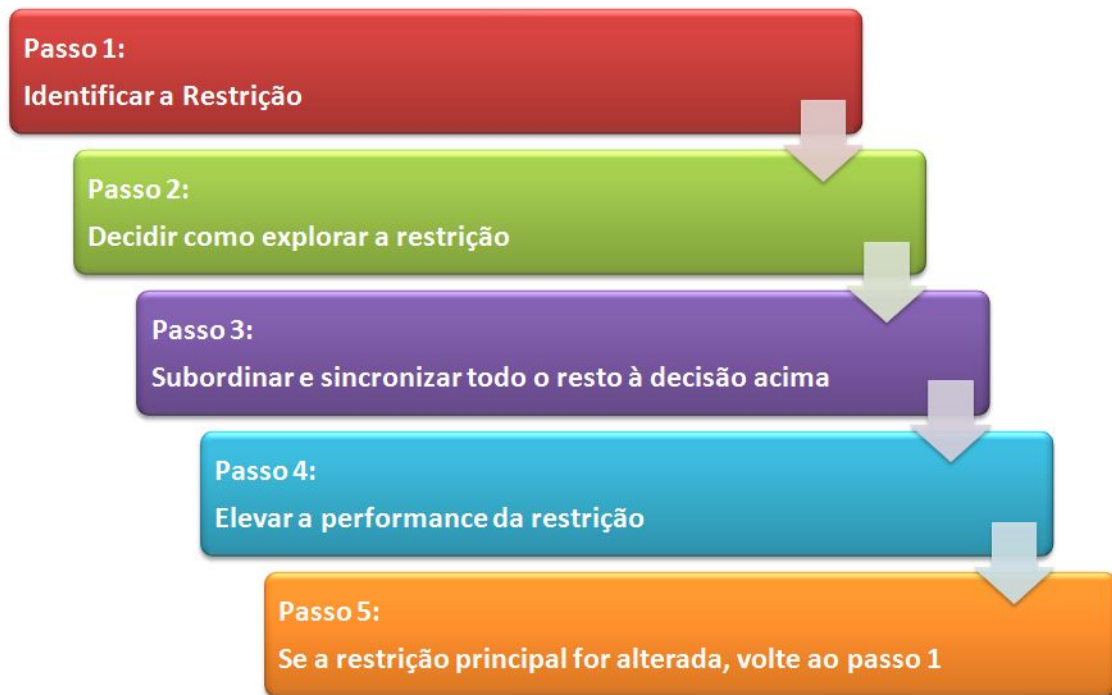
de serem interligados, não se deve dar a mesma importância a todos os recursos dentro da empresa, e sim se concentrar apenas nos poucos que apresentam impacto maior sobre o resultado global, que são as restrições. Assim, o Gerenciamento das Restrições é um processo de aprimoramento contínuo, baseado na gestão desses poucos recursos críticos. (SOUZA, 2005)

De acordo com Goldratt (1997, A Meta), a empresa é como uma corrente, ou seja, ela é tão forte como o seu elo mais fraco. Assim, a única maneira de melhorar o desempenho do sistema é atuar diretamente em sua maior restrição. Para isto, é necessário, primeiramente, conhecê-la e explorá-la, para que o processo de melhoria contínua possa ocorrer da melhor maneira possível.

Sendo assim, a essência da Teoria das Restrições é, assim como o próprio nome já diz, a restrição do sistema. Para Goldratt (1997, A Meta), a restrição do sistema é nada mais do que qualquer coisa que impeça o sistema de atingir um desempenho maior em relação à sua meta. De acordo com esta teoria, e tendo como base que a principal meta das empresas é sempre o lucro (resultado financeiro), se a empresa não possuísse nenhuma restrição, então seu lucro seria infinito (QUELHAS & BARCAUI, 2004). Vale ressaltar também que nem sempre a restrição da empresa é um processo interno, como uma máquina ou mão de obra. Muitas vezes, esta restrição pode ser o próprio mercado consumidor da empresa, ou seja, a capacidade (determinada pela restrição) da empresa é maior que sua demanda, gerando ociosidade.

Visando facilitar o entendimento e aplicação da TOC, a aplicação da Teoria das Restrições foi dividida em cinco passos básicos (GOLDRATT, 1997, A Meta). A fim de simplificar a visualização, foi elaborada a Figura 2 por parte do autor.

5 Passos da TOC



Elaborado pelo autor. Baseado na teoria de Goldratt (1997, A Meta)

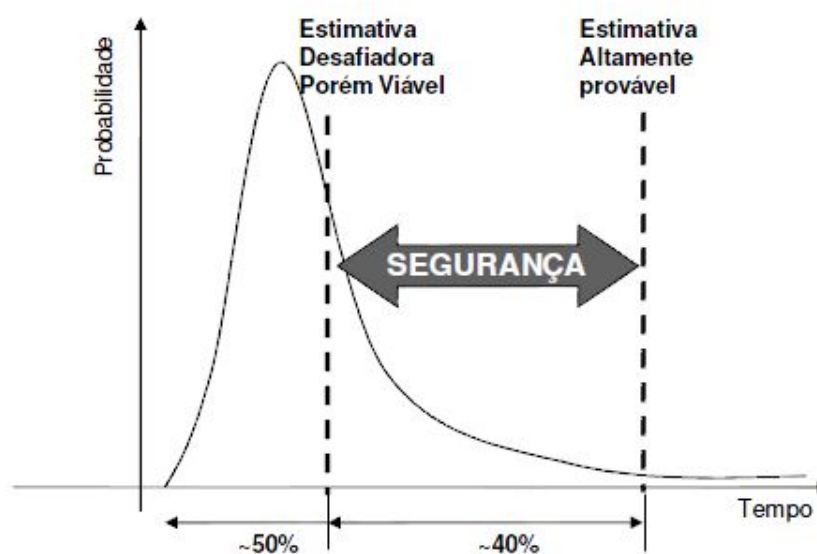
Figura 2 – 5 Passos da TOC

2.5 Corrente Crítica (CCPM)

A Teoria da Corrente Crítica ou CCPM (*Critical Chain Project Management*) foi lançada por Eliyahu M. Goldratt no livro *Corrente Crítica* de 1997. O fato de o autor ser o mesmo do livro *A Meta* (citado na seção anterior) não é coincidência. A Teoria da Corrente Crítica tem suas origens na Teoria das Restrições, conceito lançado por Goldratt no último livro citado.

De fato, a CCPM pode ser entendida como uma aplicação da Teoria das Restrições no ambiente de Gestão de Projetos. Ela pode ser definida como uma abordagem gerencial e de diagramação de rede, que leva a uma significativa melhora na performance dos projetos. (QUELHAS & BARCAUI, 2004).

Uma das primeiras características do CPM combatidas pela Corrente Crítica é a de que a segurança das estimativas de duração das tarefas, causadas pelas incertezas e riscos, devem ser colocadas no prazo de cada tarefa individualmente. Naturalmente, quando questionados sobre os próprios prazos, as pessoas tendem a embutir essas seguranças em suas estimativas, pois desta forma, estão resguardando-se de possíveis atrasos. Além disto, utilizar estimativas que nem sempre podem ser cumpridas, gera um stress no ambiente de trabalho, tirando os recursos envolvidos da zona de conforto.



Fonte: Finocchio Junior (2009)

Figura 3 – Probabilidade de cumprimento das atividades do projeto em função das estimativas de duração realizadas

Na Figura 3, é demonstrado como a duração das atividades pode normalmente variar em função da probabilidade de ocorrência. No caso mencionado aqui, a estimativa que costuma ser passada durante o planejamento do projeto encontra-se na área “altamente provável”, que está do lado direito do gráfico. Desta forma, percebe-se que a estimativa passada será realmente atendida em mais de 90% dos casos. No entanto, a média das durações é bem menor do que esta, tornando a estimativa exagerada em pelo menos 50% dos casos.

O problema de superestimar os prazos fica ainda mais exacerbado pelo efeito conhecido como Lei de Parkinson, ou Síndrome de Parkinson, cunhada por Parkinson

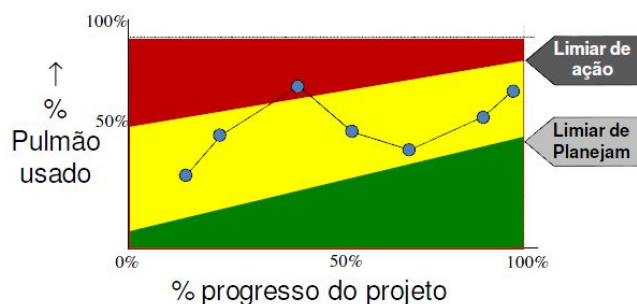
em 1957. Tal lei é descrita por Quelhas & Barcaui (2004) da seguinte maneira: “o trabalho se expande para preencher todo o tempo disponível. Mesmo que uma tarefa seja completada antes do tempo, o recurso gasta todo o tempo que resta para terminar de completá-la”. Por exemplo, se uma tarefa tem prazo de 5 dias, mas pode ser terminada, naquele momento, em 3 dias apenas, o recurso tem a tendência natural de usar todos os 5 dias de prazo até finalizá-la. Desta maneira, não é possível utilizar o recurso em outras atividades, para reduzir potenciais atrasos e as folgas do projeto que poderiam ser utilizadas em atividades atrasadas nunca chegam a realmente existir.

Outra síndrome conhecida e combatida pela corrente crítica é a Síndrome do Estudante, que, como explicado por Woeppel (2006), refere-se à procrastinação, ou seja, deixar o trabalho sempre para o último momento possível.

Essas duas síndromes, além do problema da multitarefa (*bad multitasking*) são citadas por Quelhas & Barcaui (2004) como uma das razões pelas quais a Corrente Crítica eliminou os tradicionais *milestones*, ou marcos de controle, do seu método de gestão. Segundo Haggemann (2001), uma maneira de evitar que a segurança colocada individualmente nas atividades seja desperdiçada é justamente o fato de tirá-las das atividades e colocá-las em pulmões ao final das cadeias restringidas pelo recurso.

Existem dois tipos destes pulmões, como dito por Goldratt (Corrente Crítica, 1997). O primeiro deles é o pulmão do projeto, ou, P.B. (*Project Buffer*) e o segundo deles é o pulmão de convergência ou F.B. (*Feeding Buffer*). O pulmão de projeto é inserido na corrente crítica do projeto, protegendo seu elo mais fraco, conseqüentemente. Já o pulmão de convergência, é colocado nos caminhos que se unem a corrente crítica, visando protegê-la de possíveis problemas ocorridos nestes caminhos também.

A gestão destes pulmões pode ser realizada de diversas maneiras. Uma delas é o uso dos *fever charts*, que controlam a saúde do projeto. Um exemplo está demonstrado na Figura 4.



Fonte: Finocchio (2009)

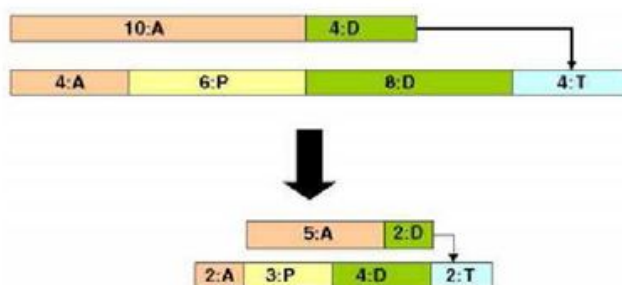
Figura 4 – Exemplo de *Fever Chart*

A importância do uso e gestão dos pulmões é destacada por Patrick (2001), que aponta o processo de gestão dos pulmões como um chave para o sucesso do monitoramento e controle dos projetos. Segundo ele, o processo deve controlar as atividades pela duração remanescente, controlando também como estas durações remanescentes estão afetando o pulmão do projeto.

Por fim, serão mostrados de maneira sucinta os passos elaborados por Quelhas & Barcaui (2004) para elaboração de um diagrama de rede baseado em CCPM, assim:

Criar a rede

O primeiro passo envolve criar, a partir da rede existente, uma nova rede de atividades, contendo os conceitos de atividades começando na data tarde (*late start*) e duração das atividades seguindo o tempo médio (ao invés de utilizar o tempo mais provável). A Figura 5 demonstra este passo. Neste caso, foi feita a remoção padrão de 50% dos tempos anteriores.

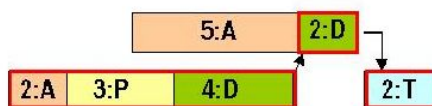


Fonte: Quelhas & Barcaui (2004)

Figura 5 – Diagrama de Rede (Criação da rede)

Identificar a corrente crítica

O próximo passo é eliminar a contenção de recursos, ou seja, eliminar tarefas que estão programadas para serem realizadas paralelamente pelo mesmo recurso. Depois de criada esta nova rede, a corrente crítica deve ser identificada. A corrente crítica é representada pelo maior caminho através da rede, considerando restrições de recursos e tarefas. Na rede anterior (Figura 5), a restrição de recursos não havia sido considerada e apenas o caminho crítico podia ser identificado. O resultado final deste passo encontra-se na Figura 6, onde a corrente crítica está levemente destacada em vermelho.

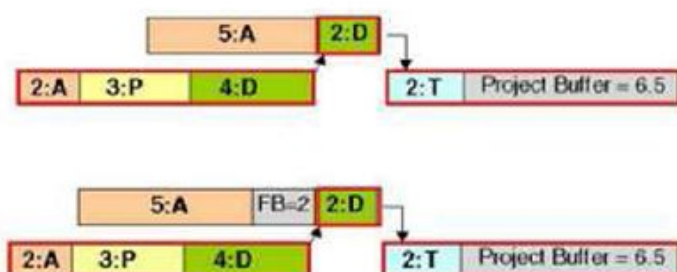


Fonte: Quelhas & Barcaui (2004)

Figura 6 – Diagrama de Rede (Identificação da Corrente Crítica)

Proteger a corrente crítica

Como já explicado anteriormente, a Corrente Crítica exige o uso de pulmões de proteção estrategicamente colocados, já que a duração das atividades passa a ser planejada e controlada pelo tempo médio. Nestes casos, existe um risco muito maior de não cumprimento das durações estimadas. Para este exemplo, a colocação dos pulmões de projeto e convergência encontra-se na Figura 7. Neste caso foi usada a regra mais comum de utilizar 50% do tempo removido das atividades como pulmão.



Fonte: Quelhas & Barcaui (2004)

Figura 7 – Diagrama de Rede – Protegendo a corrente crítica

2.6 Comparação entre o método CPM e CCPM

Para finalizar esta revisão literária, será apresentada uma tabela de Lechler, Ronen e Stohr (2005), citada por Finocchio (2009), que apresenta as principais diferenças entre o método CPM e CCPM (Tabela 2)

Yang (2007) enfatiza que o método CPM não costuma levar em consideração, antecipadamente, as restrições de recursos, tornando a programação produzida algo pouco realista. Diferentemente, a programação por meio do método CCPM redefine a corrente crítica, não como o caminho crítico, mas como a cadeia mais longa de atividades dependentes.

Tabela 2 – Diferenças de filosofia entre CPM e CCPM

Perspectiva	PERT/CPM	Corrente Crítica
Teoria	Teoria dos Sistemas, Teoria dos Grafos	Teoria dos Sistemas, Teoria dos Grafos, Teoria das Restrições
Metas	- Minimizar a duração do projeto isolado, às vezes considerando restrição de recursos. - Satisfazer as triplas restrições de tempo, custos e escopo.	- Minimizar a duração do projeto isolado sempre considerando restrição de recursos. - Maximizar os resultados (throughputs) em ambientes multi-projetos. - Busca um resultado satisfatório (não ótimo, mas bom o suficiente).
Foco de Atenção	- Perspectiva do projeto isolado (primariamente). - Determina que atividades requerem atenção particular para evitar atrasos. - Perspectiva de sistemas locais.	- 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	- Proteção local contra a incerteza, inserida na atividade. - Tradeoffs entre as triplas restrições.	- Proteção Global contra a 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	- Desenvolve uma linha-base de cronograma. - Maximiza a utilização de todos os recursos	- Desenvolve uma linha-base, mas incorpora um pulmão para lidar com a variação. - Maximiza a utilização do(s) recurso(s) considerados gargalos.
Questões Comportamentais	Faz-se referência ao "lado humano" do gerenciamento de projetos apenas de forma implícita.	Reduz o tempo das atividades para neutralizar tendências individuais de atrasar a execução das tarefas (lei de Parkinson e Síndrome do Estudante¹).

Fonte: Lechler, Ronen e Stohr (2005), apud Finocchio (2009)

3 Metodologia

Nesta seção, serão apresentados a sequência de passos realizados no presente trabalho, o detalhamento dos instrumentos de pesquisa utilizados, assim como as técnicas para análise das informações obtidas. A metodologia utilizada neste trabalho será constituída pela apresentação de um estudo de caso, seguida de análise comparativa de resultados. A abordagem do problema de pesquisa será de natureza quantitativa, pois a análise será realizada a partir de resultados que podem ser traduzidos em números, permitindo sua classificação e análise, conforme Silva e Menezes (2000).

A pesquisa inicia-se com um questionamento para identificar o problema a solucionar. Por definição, problema é uma dificuldade teórica no conhecimento de algo de comprovada importância, para a qual se busca solução, conforme Lakatos (1991). A principal questão de pesquisa a ser respondida, portanto, é qual o impacto do uso do método da corrente crítica para a gestão de prazos em projetos de desenvolvimento de bombas hidráulicas. Outra questão secundária de pesquisa a ser respondida é se o método em questão pode gerar melhores resultados do que um método mais tradicional (CPM).

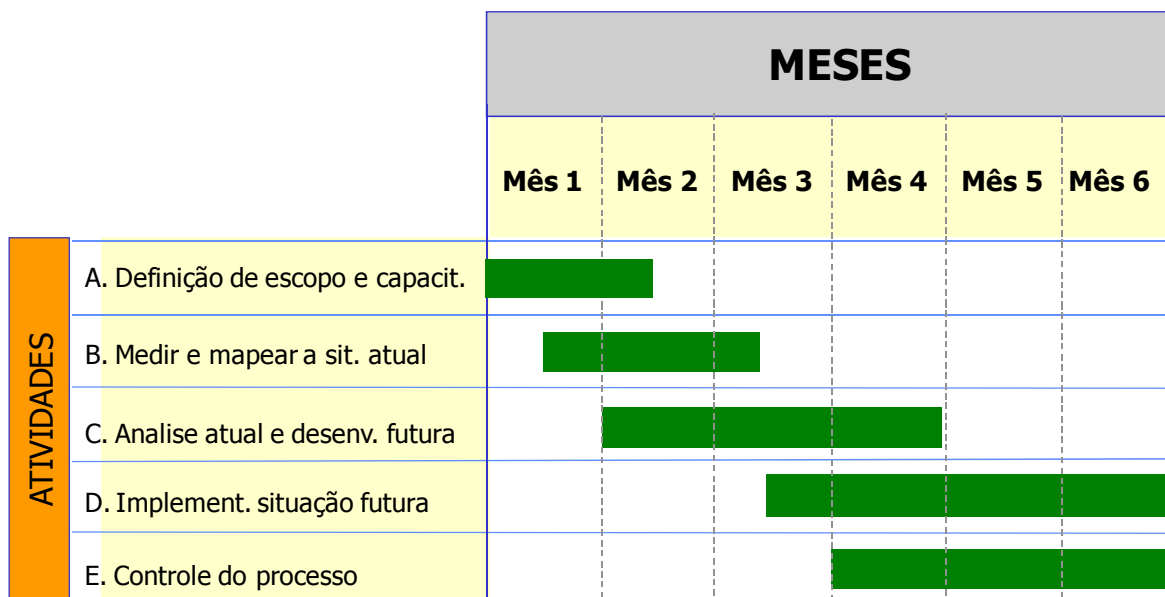
O CPM era o método utilizado para gestão de prazos em projetos na empresa objeto deste estudo. Ele vinha sendo utilizado por diversos anos, e mostrou-se adequado nos momentos em que a mão de obra disponível era abundante. Entretanto, após a redução de mão de obra já citada, os resultados apresentados já não eram mais satisfatórios. Portanto, fazia-se necessário o uso de uma nova técnica mais moderna como alternativa ao método corrente, visando à busca por melhorias nos indicadores de atendimento ao cliente.

Sendo assim, a sequência de passos deste trabalho consiste em, primeiramente, demonstrar como foi feita a aplicação da corrente crítica em uma empresa fabricante de bombas hidráulicas. Depois, serão demonstrados os resultados obtidos com a aplicação, a partir da coleta de dados relacionada ao cumprimento de prazos de atividades e de projetos. Depois de demonstrados os resultados, estes serão comparados com os resultados obtidos anteriormente com o método CPM. Por fim, será feita uma conclusão acerca desta comparação.

A aplicação da corrente crítica a ser descrita no trabalho foi feita a partir de um projeto de consultoria realizado por uma empresa especializada da cidade de São Carlos-SP. A duração total do projeto foi de 12 meses, no entanto, a aplicação do método da corrente crítica foi realizada do terceiro ao nono mês do projeto. Usualmente, são utilizados pela consultoria, para realização deste tipo de projeto, de dois a quatro engenheiros que formam a equipe do projeto. Além disto, para tornar eficazes as implantações realizadas, é formada, logo no início do projeto, uma equipe interna, a qual é constituída por funcionários da própria empresa cliente (a qual para este trabalho será alvo do estudo de caso). Depois de formada a equipe interna, é realizado um processo de capacitação desta mesma equipe, no qual são ministrados treinamentos relacionados a todos os temas a serem abordados durante o projeto.

Para que fosse realizada a aplicação da corrente crítica, apresentado no estudo de caso do presente trabalho, ou seja, para que o método de gestão de projetos utilizado na empresa passasse de CPM para Corrente Crítica, fez-se necessária a implantação do método da corrente crítica. Esta implantação foi realizada seguindo uma metodologia adaptada do DMAIC, advinda da filosofia Seis Sigma. Na Figura 8, é apresentado um cronograma padrão (em formato de gráfico de Gantt), contendo as etapas (já adaptadas) distribuídas em um projeto de seis meses. Esta duração é a mais utilizada nos projetos de consultoria da empresa mencionada, no entanto, a metodologia adaptada continua válida para qualquer outra duração de projeto necessária. Sendo assim, o importante a ser notado na Figura 8 é a proporção do tempo gasta por cada etapa, assim como as intersecções que ocorrem entre elas.

Como se pode notar, a etapa A (Definição de Escopo e Capacitação) é projetada para um mês e meio de projeto (25% do total). No entanto, a próxima etapa, B (Medir e Mapear a Situação Atual) é geralmente iniciada ainda no primeiro mês do projeto, sendo que sua duração é de geralmente dois meses (um terço do total). A etapa C (Analisar Situação Atual e Desenvolver a Situação Futura) é iniciada logo no início do segundo mês, sendo finalizada apenas ao fim do quarto mês, tendo assim, uma duração de três meses (50% do total). A quarta etapa, D (Implementar a Situação Futura), é iniciada no meio da etapa C e dura até o final do projeto (duração de três meses e meio). Por fim, é necessária a etapa de Controle do Processo (E), que é feita da metade até o final do projeto.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 8 – Cronograma padrão adaptado do DMAIC

Baseado em Quelhas e Barcaui (2004), o método para aplicação da corrente crítica será baseado nos seguintes passos: criar a rede, considerar como duração de cada atividade apenas o tempo médio, eliminar a contenção de recursos/identificar a corrente crítica, proteger a corrente crítica, implementar o novo método de gestão e acompanhar o nível dos pulmões. Estes passos já foram detalhados na revisão teórica do presente trabalho, com exceção do passo: implementar o novo método de gestão e definir escopo. Aquele foi acrescentado pelo autor pois representa o momento em que a nova rede projetada começa a ser efetivamente utilizada. Já definir o escopo consiste em definir qual a família de fluxos alvo para este projeto.

A aplicação detalhada, assim como a discussão de cada etapa está demonstrada no estudo de caso no próximo tópico. A seguir, cada uma destas cinco etapas será devidamente posicionada no cronograma do projeto. A Tabela 3 relaciona cada etapa da aplicação da corrente crítica a uma etapa da metodologia DMAIC utilizada pela consultoria responsável pelo projeto de implantação da corrente crítica.

Tabela 3 – Relação entre as etapas de aplicação do CCPM e do DMAIC adaptado

Etapas do CCPM	Etapas do DMAIC adaptado
Definir o escopo	Definição do escopo e capacitação
Criar a rede	Medir e Mapear Situação Atual
Considerar como duração de cada atividade apenas o tempo médio	Análise Situação Atual e Desenvolvimento da Situação Futura
Eliminar a contenção de recursos e identificar a corrente crítica	Análise Situação Atual e Desenvolvimento da Situação Futura
Proteger a corrente crítica	Análise Situação Atual e Desenvolvimento da Situação Futura
Implementar o novo método de gestão	Implementar a situação futura
Acompanhar o nível dos pulmões	Controle do Processo

Fonte: Elaborado pelo autor

Para que seja respondida a questão de pesquisa do presente trabalho, o próximo passo é realizar a coleta de dados para que sejam apurados os resultados da implantação, que posteriormente serão comparados os resultados obtidos anteriormente à implantação do método da corrente crítica. Como resultados, serão consideradas três medidas de desempenho já utilizadas pela empresa:

- Performance de Entrega:
 - Forma de Cálculo: $\text{Total de Projetos Entregues no Prazo no Mês} / \text{Total de Projetos no Mês}$
 - Frequência de Compilação: Mensal
 - Coleta de dados: Sistema de Informação
 - Responsável: Gerente da Engenharia
- Média de Dias de Atraso:
 - Forma de Cálculo: $\text{Soma total de dias atrasados dos projetos já entregues} / \text{Total de Projetos Atrasados no Mês}$

- Frequência de Compilação: Mensal
- Coleta de dados: Sistema de Informação
- Responsável: Gerente da Engenharia
- Atraso Acumulado:
 - Forma de Cálculo: Total a Faturar dos Projetos em Carteira Atrasados
 - Frequência de Compilação: Mensal
 - Coleta de dados: Sistema de Informação
 - Responsável: Gerente da Engenharia

A coleta de dados foi realizada pessoalmente na empresa ao longo do projeto de implantação. As informações referentes à rede de atividades, processos e durações de atividades foram obtidas através de análise de documentos da empresa e breve consulta aos responsáveis da área de Engenharia. Quanto aos resultados, após serem compilados pelo gerente de engenharia, eles eram repassados para o autor. Como já mencionado, os dados eram retirados do sistema de informação da empresa, o qual era previamente alimentado pelo próprio gerente a cada projeto entregue.

Depois de finalizada a coleta de dados, estes foram compilados pelo próprio autor em planilha eletrônica para que fosse realizada a análise e apresentação dos resultados, por meio de gráficos comparativos.

4 Resultados

Nesta seção será demonstrado, primeiramente, como foi feita a aplicação da corrente crítica em uma empresa do setor de projeto e fabricação de bombas hidráulicas, localizada no interior de SP. Neste estudo de caso, será feita uma breve apresentação da empresa e uma contextualização do projeto no qual a aplicação da corrente crítica estava inserida. Em seguida, serão apresentadas todas as etapas realizadas no projeto, começando pela definição do escopo, passando pelas etapas de projeto da situação futura e finalizando no acompanhamento do nível dos pulmões.

Em segundo lugar, será demonstrada como foi feita a coleta de dados e a compilação destes, visando à apuração dos resultados. Como já mencionado na etapa de metodologia, o projeto será avaliado por três medidas de desempenho: performance de entregas, dias médios de atraso e atraso acumulado. Estas medidas já eram utilizadas pela empresa anteriormente ao início dos trabalhos. Ainda nesta etapa, serão apresentados os resultados compilados, tanto para o período anterior a aplicação da corrente crítica quanto para o período pós-aplicação. Vale ressaltar que o método anteriormente utilizado para gestão dos projetos no setor de desenvolvimento de produto da empresa era o do CPM.

Por fim, será realizado um comparativo entre os resultados obtidos. Nesta etapa, conclui-se qual foi o melhor método para a empresa durante o período pesquisado.

4.1 Estudo de Caso: Aplicação da Corrente Crítica

4.1.1 Contextualização da Empresa

A empresa escolhida como objeto do estudo de caso aqui a ser apresentado fica situada no interior de São Paulo, na região de Campinas. Esta pertence ao setor de projeto e fabricação de bombas hidráulicas e é considerada de médio porte, possuindo cerca de 150 colaboradores, desde operadores de máquina, pintores, soldadores e engenheiros de projeto. Seu faturamento é de aproximadamente 40 milhões de reais ao ano, apresentando poucos sinais de sazonalidade ao longo do ano.

A empresa possui uma ampla gama de clientes, advindos de diversos setores e tamanhos. Grande parte do faturamento advém do setor de óleo e gás, sendo a Petrobrás o maior cliente da empresa em estudo. Já de antemão, vale ressaltar que parte dos atrasos em projeto ocorridos durante o período estudado foi causado pelo altíssimo grau de exigência de qualidade e documentações imposto por este setor de óleo e gás.

As três principais famílias de produtos fornecidos pela empresa são bombas hidráulicas, peças sobressalentes e manutenção de bombas, sendo este último um serviço oferecido pela empresa no qual ela realiza manutenção em bombas de fabricação própria, assim como em bombas de outros fabricantes.

A empresa possui os seguintes processos: desenvolvimento do produto, compras, fabricação de componentes (usinagem, principalmente), montagem final, pintura e testes. O fluxo completo por estes processos é percorrido apenas pela família de bombas hidráulicas. Já a família de peças sobressalentes não possui os de processos de montagem, pintura e testes, enquanto que a família de manutenção pode ter seu fluxo variável, pois depende de um laudo inicial executado logo que o produto é entregue à empresa. Algumas bombas são apenas desmontadas e remontadas, enquanto que outras podem apresentar todos os mesmos processos de uma bomba hidráulica totalmente nova.

O foco deste trabalho está no processo de desenvolvimento de produto de bombas hidráulicas. Isto se deve ao fato de que é o processo com maior número de atividades, mais complexo e, portanto, mais sujeito a atrasos. Além disto, a empresa passou por uma recente crise de mão de obra no setor de engenharia e apresentava, portanto, recursos escassos naquele setor, conforme mencionado anteriormente na introdução do presente trabalho. Sendo assim, a necessidade de um processo de gestão de recursos e prazos mais moderno e eficiente fazia-se necessária naquele momento.

4.1.2 Projeto de Implantação da Corrente Crítica

Conforme descrito na metodologia, a implantação da corrente crítica na empresa em questão foi realizada por equipe de consultores especializados de São Carlos-SP. A equipe era composta por dois consultores *full-time* e dois consultores seniores *part-time*.

O projeto de implantação da corrente crítica é parte de um projeto mais amplo executado pelos consultores na empresa. Tal projeto envolvia também melhorias no fluxo de fabricação dos itens (novo *layout* da fábrica, nova gestão visual para controle de filas e melhorias de organização utilizando a filosofia japonesa do 5S) e no processo de compras (novo sistema de avaliação e *follow-up* de fornecedores). No entanto, nenhum destes outros projetos é objeto de estudo deste trabalho. Além disto, foi tomado cuidado para que os resultados coletados e analisados neste trabalho não fossem influenciados por fatores exógenos à aplicação da corrente crítica. Como as medidas de desempenho coletadas envolvem apenas projetos de engenharia, pode-se garantir a qualidade das análises realizadas.

Como foi descrito anteriormente na seção Metodologia, o projeto foi realizado seguindo um cronograma macro baseado no DMAIC. Sendo assim, o cronograma macro do projeto pode ser visualizado na Figura 9. Nota-se que o projeto aconteceu durante o primeiro semestre de 2011, lembrando que este cronograma refere-se apenas ao subprojeto de implantação da corrente crítica. Portanto, ele não engloba nenhuma atividade relacionada a outros projetos realizados concomitantes a este.

Com relação aos prazos de cada macro etapa, ficou decidido mantê-los de acordo com o cronograma padrão, pois não foi detectado nenhum tipo de justificativa para a mudança. Um exemplo de justificativa que geralmente torna necessária esta mudança é o fato da empresa apresentar uma situação atual muito complexa e com difícil coleta de dados. Neste caso, seria necessário aumentar o prazo da macro etapa B (Medir e mapear a situação atual).

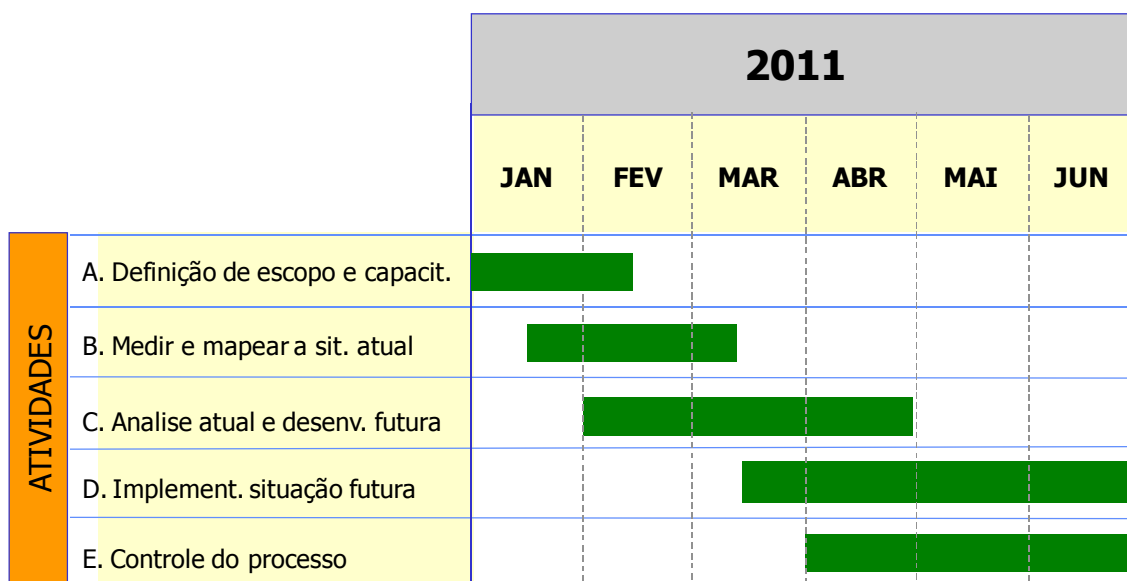


Figura 9 – Cronograma macro do Projeto (primeiro semestre de 2011)

Fonte: Elaborado pelo autor

Já foi apresentado, na Tabela 3, como as etapas de aplicação da corrente crítica relacionam-se com as etapas do cronograma macro adaptado do DMAIC. A seguir será demonstrado etapa por etapa como ocorreu a implantação da corrente crítica no caso estudado.

Definir o Escopo

Nesta etapa foi definido qual o fluxo a ter sua rede mapeada e aplicada a corrente crítica. Neste caso, o critério escolhido foi a família de desenvolvimento de produto que apresentava maior número de atividades e que tinha o maior índice de atrasos de projeto. Para este caso, a escolha era simples pois a família de bombas hidráulicas era ao mesmo tempo a mais complexa e que possuía maior índice de atrasos (como pode ser verificado pela medida de performance de entrega do ano de 2010, representada na Figura 10). Sendo assim, a família de bombas hidráulicas foi escolhida.

Criar a rede (Situação Atual com CPM)

Esta é a etapa envolvida com medir e mapear a situação atual, ou seja, é nesta etapa em que são levantadas informações de como funcionava o processo estudado. Realizar esta etapa com calma e precisão é de essencial importância para o sucesso de um bom projeto futuro.

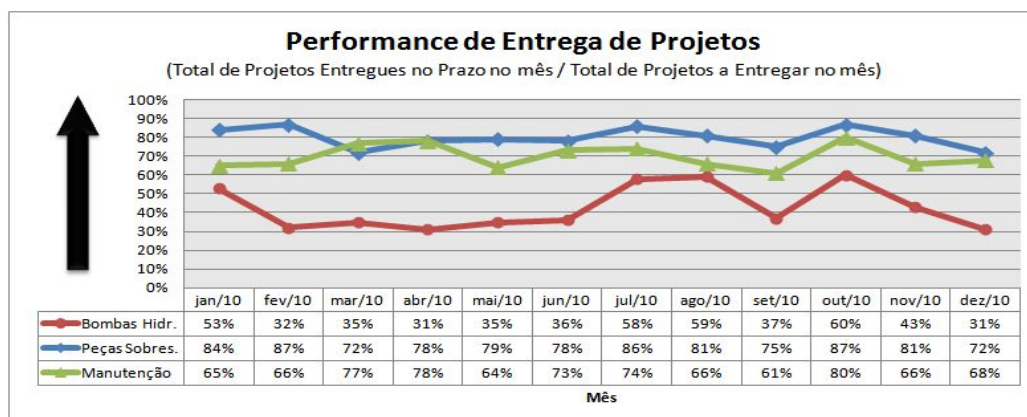


Figura 10 – Performance de Entrega de Projetos de todas as famílias no ano de 2010

Fonte: Elaborado pelo autor

O primeiro passo desta etapa foi o levantamento das atividades envolvidas no fluxo escolhido para o escopo (desenvolvimento de produto da família de bombas hidráulicas). As informações foram obtidas por meio de uma consulta ao gerente de engenharia e aos engenheiros envolvidos. Além disto, como a gestão de prazos já era realizada por meio da técnica do CPM, tais informações já se encontravam devidamente documentadas nos procedimentos da área. Na Tabela 4 seguem as atividades do fluxo com seus respectivos responsáveis e predecessoras.

Tabela 4 – Atividades do Fluxo com responsáveis e predecessoras

ID	Atividade	Responsável	Predecessoras
1	Pré-Projeto	Eng. Sênior	-
2	Lista de Materiais	Eng. Sênior	1
3	Desenho do Rotor	Eng. Jr. A	2
4	Desenho do Eixo	Eng. Jr. A	2
5	Desenho da Carcaça	Eng. Jr. B	2
6	Desenho da Tampa	Eng. Jr. B	2
7	Montagem Final	Eng. Sênior	3;4;5;6
8	Teste	Eng. Sênior	7

Fonte: Elaborado pelo autor

As durações padrão de cada atividade também se encontravam devidamente documentadas e foram facilmente obtidas, pois eram utilizadas frequentemente para

o controle de prazos via método tradicional CPM. Foi informado pelos responsáveis que estes prazos foram estimados com uma boa margem de segurança, pois os processos de desenvolvimento de produto estão sujeitos a variações de complexidade, mudanças de requisito do cliente e retrabalhos. Sendo assim, os prazos estimados encontravam-se na zona altamente provável, conforme podemos observar na Figura 3 (página 21). Neste caso, toda a segurança fica embutida no prazo de cada tarefa individualmente.

Após coletadas as durações padrões de cada atividade, pode-se observar, na Figura 11, uma representação esquemática do diagrama de rede atual, no qual a largura das atividades é proporcional à sua duração e cada responsável distinto foi representado por uma cor.

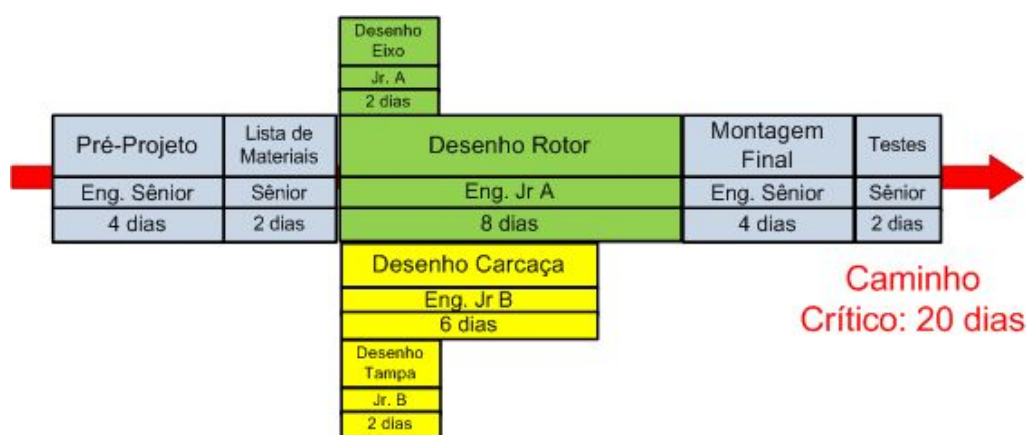


Figura 11 – Representação do Diagrama de Rede da Situação Atual

Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 11 também se nota que a programação das atividades é feita seguindo a data início, ou seja, assim a atividade é iniciada assim que a atividade predecessora é finalizada. Neste caso, existem folgas para as atividades de Desenho do Eixo, Desenho da Carcaça e Desenho da Tampa de 6, 2 e 6 dias respectivamente. Esta folga representa o tempo entre a finalização da atividade e o início de sua sucessora, caso os prazos padrões sejam cumpridos (O'Brien e Plotnick, 2005). No entanto, caso haja atraso no caminho crítico (representado na Figura 11), estas folgas foram aplicadas desnecessariamente. Neste caso, recursos foram gastos antes do tempo e mesmo assim o projeto irá atrasar.

Depois de demonstrada e brevemente analisada a situação atual, na qual a rede de atividades e a gestão de prazos são realizadas seguindo o método CPM, as próximas etapas demonstrarão como feito o projeto de situação futura, a implantação e o controle do método da corrente crítica.

Considerar como duração de cada atividade apenas o tempo médio

O próximo passo consiste em reduzir a duração estimada padrão das atividades visando remover os pulmões de segurança embutidos previamente em cada atividade. Voltando à Figura 3, de Finocchio Junior (2009), a Corrente Crítica diz que o prazo das atividades deve ficar próximo da duração média das atividades, ou seja, na zona desafiadora, porém viável. Apesar de o projeto ficar mais vulnerável a atrasos, este fato será resolvido através do uso de pulmões de projeto, abordado nos passos seguintes.

No caso estudado, para que esta etapa fosse realizada, foi feita uma reunião com todos os responsáveis pelas atividades do fluxo, na qual foram treinados e discutidos os conceitos até aqui apresentados. Desta forma, ficou definido que as atividades sofreriam redução de 50% no seu prazo, conforme recomendado pela Corrente Crítica e relatado por Casey (2005). De acordo com os responsáveis, seria realmente possível realizar pelo menos 50% dos projetos nestes novos prazos. Sendo assim, os novos prazos encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Novos Prazos de Projeto

ID	Atividade	Prazo Atual	Novos Prazos
1	Pré-Projeto	4	2
2	Lista de Materiais	2	1
3	Desenho do Rotor	8	4
4	Desenho do Eixo	2	1
5	Desenho da Carcaça	6	3
6	Desenho da Tampa	2	1
7	Montagem Final	4	2
8	Teste	2	1

Fonte: Elaborado pelo autor

Esta redução também se faz importante, pois se espera, na verdade, que a duração média real diminua, pois, de acordo com a Lei de Parkinson, estabelecida em

Parkinson (1957), a atividade demora o tempo que é dado a ela para ser realizado. Sendo assim, existe a hipótese de que havia atividades que poderiam ser realizadas em menos tempo, mas tomavam todo o prazo que tinham.

Eliminar a contenção de recursos e identificar a corrente crítica

Neste passo, as atividades são reprogramadas para que a contenção de recursos seja eliminada, reduzindo significativamente a multitarefa, que, segundo Quelhas e Barcaui (2004) apenas atrasa a realização do projeto e serve de base mais pessimista para novos planos. Outro ponto importante desta etapa é passar a usar a data mais tarde de início para a programação das atividades, ao invés da data mais cedo utilizada na rede atual. Apesar de parecer imprudente do ponto de vista do risco, as vantagens desta quebra de paradigma são claras. Não só são reduzidos os impactos de mudanças em trabalhos já realizados, como evita-se incorrer em investimentos mais cedo do que o necessário (QUELHAS e BARCAUI, 2004).

Portanto, foi desenhada uma nova rede de atividades com os novos prazos, contenção de recursos eliminada e atividades começando na data tarde (representada na Figura 12).



Figura 12 – Representação do novo diagrama de rede

Fonte: Elaborado pelo autor

Agora já é possível identificar o novo caminho crítico, que passa a ser denominada Corrente Crítica, que é o maior caminho através da rede considerando a dependência entre tarefas e entre recursos.

Proteger a corrente crítica

Como já mencionado anteriormente, os novos prazos definidos para as atividades consideram sua duração média, ou seja, apenas 50% dos projetos conseguirão ter suas metas de duração cumpridas. No entanto, a técnica utilizada pela Corrente Crítica para resolver este problema é a criação de um pulmão geral colocado ao final do projeto. De acordo com Finocchio Junior (2009) não foram encontrados na literatura valores específicos para este pulmão. Ainda de acordo com ele, estes valores são definidos baseados na aversão ao risco da pessoa que está projetando. No entanto, conforme Goldratt (Corrente Crítica, 1997), este pulmão pode ser projetado como 50% da segurança retirada das atividades.

Sendo assim, foi feito o seguinte cálculo para o pulmão do projeto (demonstrado na Tabela 6).

Tabela 6 – Cálculo do Pulmão de Projeto

ID	Atividade	Prazo Atual	Novos Prazos	Redução	Fração do Pulmão (50%)
1	Pré-Projeto	4	2	2	1
2	Lista de Materiais	2	1	1	0,5
3	Desenho do Rotor	8	4	4	2
4	Desenho do Eixo	2	1	1	0,5
5	Desenho da Carcaça	6	3	3	1,5
6	Desenho da Tampa	2	1	1	0,5
7	Montagem Final	4	2	2	1
8	Teste	2	1	1	0,5
TOTAL		30	15	15	7,5

Fonte: Elaborado pelo autor

Portanto, foi feito um arredondamento visando maior segurança e o pulmão final ficou definido como oito dias. Sendo assim, foi criada uma nova rede demonstrando como o pulmão de segurança do projeto está localizado na programação (Figura 13)

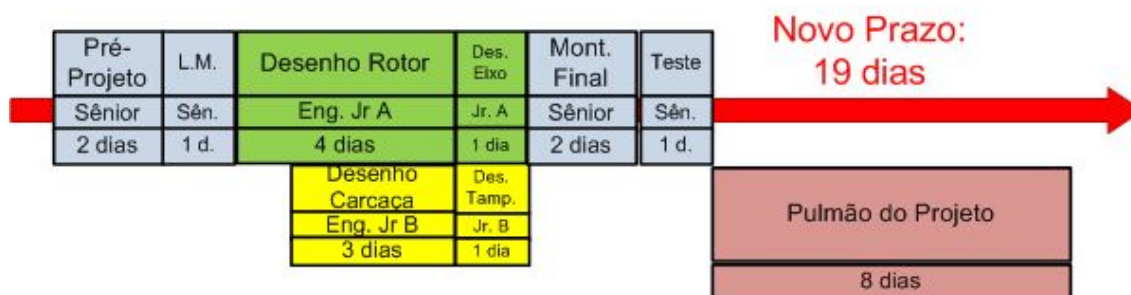


Figura 13 – Representação da nova rede com pulmão e novo prazo

Fonte: Elaborado pelo autor

Com este pulmão, o projeto passa a ter um prazo de 19 dias (um dia a menos que anteriormente). No entanto, de acordo com as razões já explicadas anteriormente, o risco do projeto terminar fora do prazo diminuiu muito (segurança embutida no projeto como um todo e as folgas não são mais desperdiçadas).

No caso estudado aqui, a corrente crítica recomenda o uso de um pulmão de convergência nas atividades executadas pelo Eng. Jr. B. Depois de discutido com a equipe, ficou definido que o meio dia adicionado ao pulmão de projeto anteriormente poderia suprir essa necessidade e facilitar o gerenciamento. No entanto, caso os projetos comessem a atrasar por esta razão, a implantação do pulmão de convergência seria reavaliada.

Implementar o novo método de gestão

Na fase anterior, foi encerrada a etapa que envolvia a análise da situação atual e o projeto da situação futura. Nesta etapa, ocorre a implantação do que foi projetado. A metodologia de implantação utilizada foi a de Evento *Kaizen*.

Kaizen para Araújo (2006), são esforços de melhoria contínua, executados por todos, sendo que o seu foco central é a busca pela eliminação dos desperdícios. Segundo Chaves Filho (2010), o Evento *Kaizen* consiste em uma técnica para a implantação de melhorias, tanto em um processo produtivo como administrativo.

O foco do trabalho não é como foi realizado este evento, sendo assim, essa etapa não será detalhada. Cabe, no entanto, reportar que o mais importante da implantação da corrente crítica, foi a capacitação de todos os envolvidos, tanto no embasamento teórico quanto nos novos procedimentos operacionais. Um dos destaques foi a utilização de

uma citação de Holt (2007), que compara a atitude das pessoas envolvidas em atividades de um projeto de corrente crítica a uma corrida de bastão, ou seja, se o recurso já está disponível para realizar o início da atividade, ela deve ser iniciada imediatamente, independentemente da data início ou dos prazos estabelecidos. Isto garante que os adiantamentos não sejam desperdiçados.

Além disto, a grande mudança ocorrida após a implantação foi a gestão dos pulmões, que será detalhada na próxima etapa.

Acompanhar o nível dos pulmões

O controle da execução em projetos que utilizam a corrente crítica é de suma importância e faz-se por meio do controle do pulmão de projeto. A execução do projeto é controlada através dos pulmões e é através deles que os gestores são capazes de otimizar a tomada de decisões e atingir as metas estipuladas (Ribera e Grasas, 2003, p.14).

O nível dos pulmões foi estabelecido seguindo as recomendações de Leach (2004), ou seja, o nível verde começa com limite superior de 15% e termina em 75% e o nível amarelo começa com limite superior de 30% e termina em 90%. Sendo assim, aplicando esta regra para o pulmão de 8 dias do projeto em questão, cuja duração padrão é de 19 dias, estabeleceu-se o seguinte gráfico de controle por projeto, representado na Figura 14.

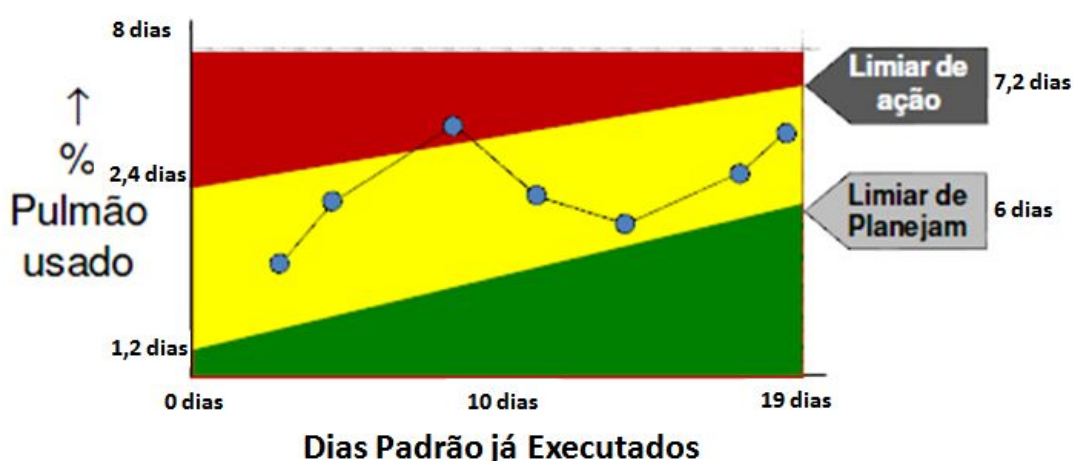


Figura 14 – Gráfico de Controle do Uso do Pulmão

Fonte: Elaborado pelo autor

O gerente de engenharia era responsável por criar um novo gráfico a cada projeto que era iniciado. Este gráfico era fixado fisicamente em um quadro de controle criado durante a implantação do projeto. Os engenheiros responsáveis por cada atividade apontavam a finalização destas no próprio sistema de informação da empresa. Diariamente, o gerente de engenharia era responsável por, baseado nas informações encontradas no sistema, atualizar o status do pulmão de cada projeto. Caso o nível de algum projeto ultrapassasse o limiar de planejamento (entrasse no nível amarelo), um plano de contingência deveria ser elaborado, mas não era executado. Assim que o pulmão atingisse o nível vermelho (ultrapassasse o limiar de ação), o plano de contingência era executado.

4.2 Apresentação dos Resultados e Discussão

Nesta seção serão apresentados e discutidos os resultados coletados durante a aplicação do método da corrente crítica na empresa do setor de bombas hidráulicas, apresentada no tópico anterior.

Conforme descrito na seção de Metodologia, os resultados foram colhidos a partir do sistema de informação da empresa, o qual incluía dados históricos também. Com a presença dos dados históricos, foi possível cumprir um dos objetivos deste presente trabalho, que é a comparação da situação anterior à aplicação da corrente crítica (utilização do método tradicional baseado em CPM) com a situação pós-aplicação.

4.2.1 Demonstração dos Resultados

A aplicação ocorreu durante o primeiro semestre de 2011 e teve seus resultados acompanhados até o mês de novembro de 2011. Conforme o cronograma apresentado, a implantação do método ocorreu no mês de abril, o que faz com que os resultados obtidos a partir do mês de maio correspondam aos resultados pós-aplicação da corrente crítica. Sendo assim, foram coletados sete meses de resultados da corrente crítica e para fins de comparação, serão utilizados os sete meses anteriores a abril de 2011 como resultados do método do CPM (outubro de 2010 a abril de 2011).

Serão utilizadas três medidas de resultado da empresa para este trabalho. Todas elas estão relacionadas ao prazo de entrega dos projetos de engenharia, sendo elas: performance de entrega, dias médios de atraso e atraso acumulado.

Depois de coletados mês a mês, os resultados foram compilados e estão representados na Figura 15, Figura 16 e Figura 17.

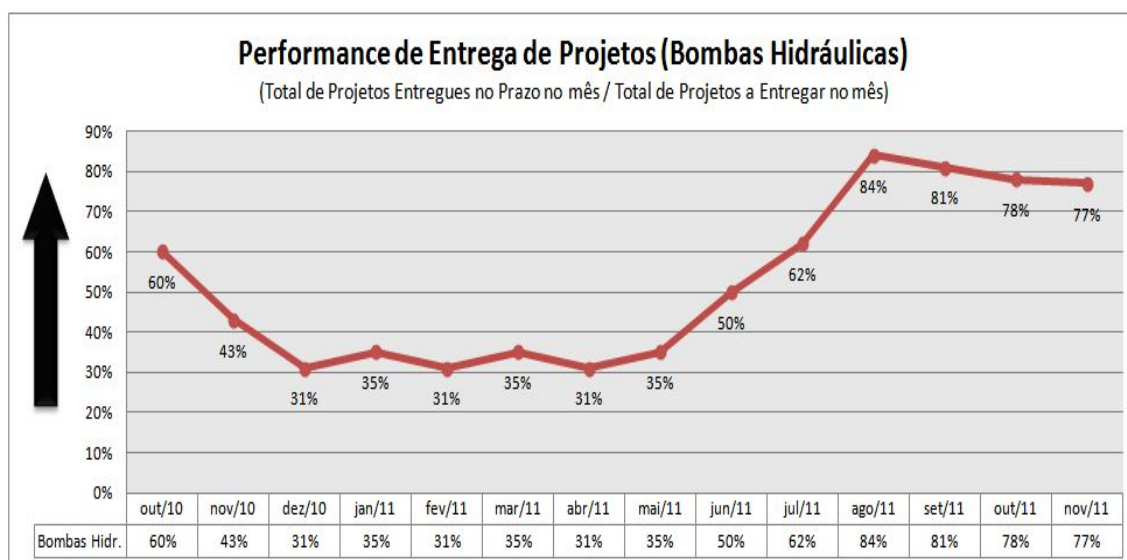


Figura 15 – Medida de Resultado: Performance de Entrega de Bombas Hidráulicas

Fonte: Elaborado pelo autor

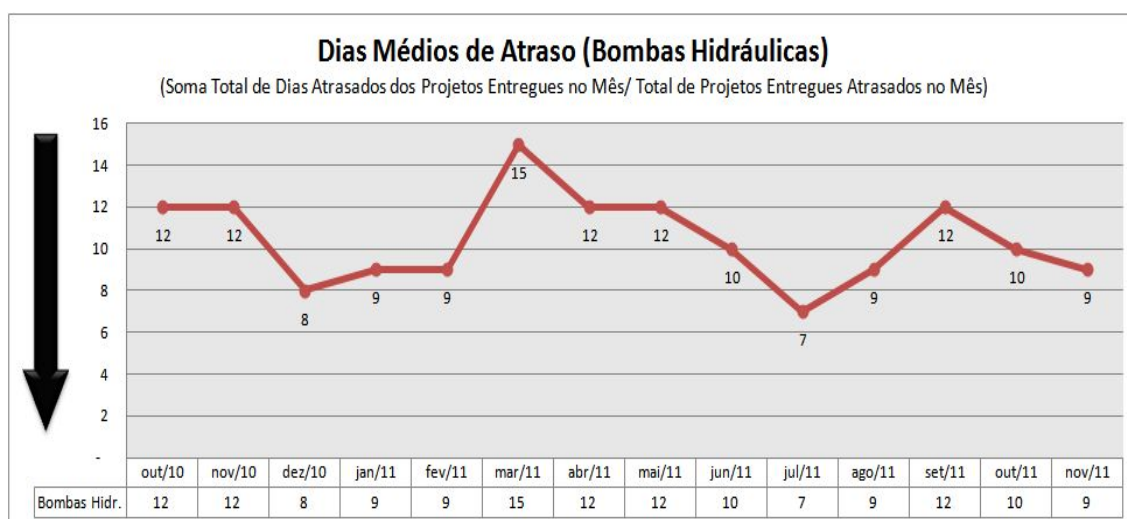


Figura 16 – Medida de Resultado: Dias Médios de Atraso para Bombas Hidráulicas

Fonte: Elaborado pelo autor

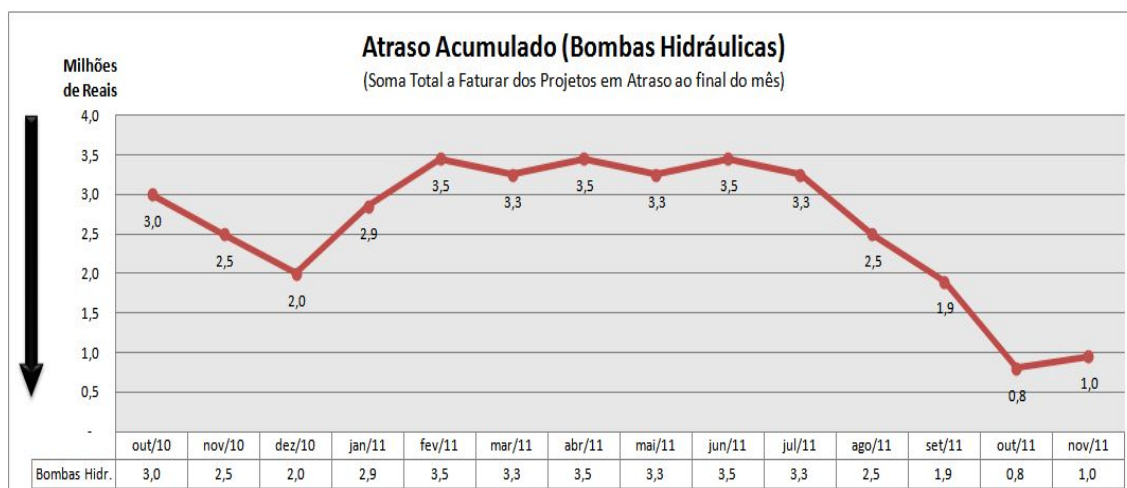


Figura 17 – Medida de Resultado: Atraso Acumulado de Bombas Hidráulicas

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.2 Discussão dos Resultados

Depois de apresentados os resultados obtidos para os treze meses da pesquisa, será feita, nesse momento, uma comparação entre os resultados obtidos no período anterior a aplicação da corrente crítica (até abril de 2011) e os resultados pós-aplicação (a partir de maio 2011). Todos os três gráficos previamente apresentados tiveram acrescentados a eles uma linha horizontal dividindo os dois períodos mencionados, uma linha de tendência linear e duas linhas indicando a média aritmética de cada período.

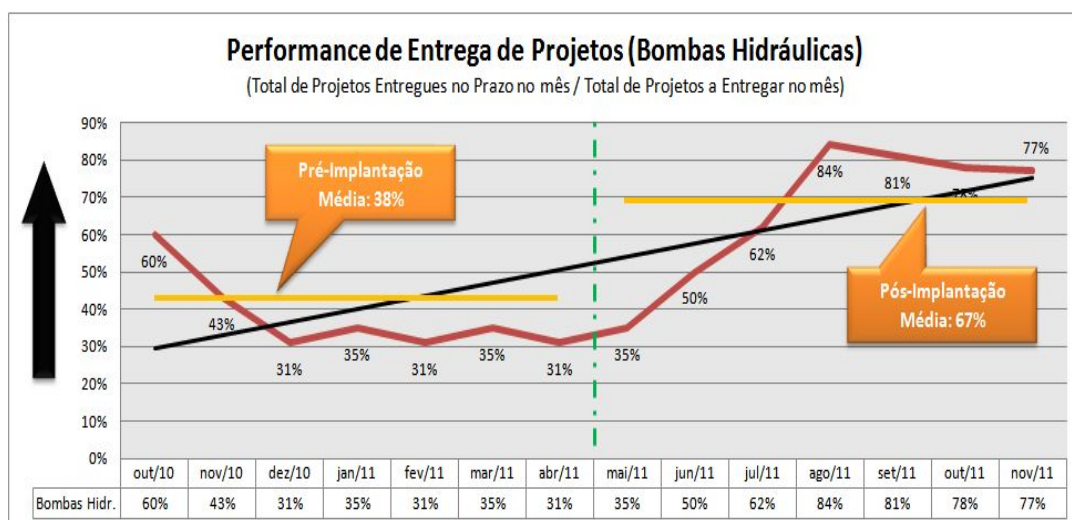


Figura 18 – Performance de Entrega de Bombas com Média e Linha de Tendência

Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 18, nota-se que houve um aumento entre as médias dos dois períodos de 38% para 67% dos pedidos entregues no prazo, representando um aumento de 76%. No entanto, percebe-se que a mudança não ocorreu logo após a implantação (abril), sendo que em maio o aumento foi de apenas três pontos percentuais. Esse fato já era esperado pois, em um primeiro momento, os procedimentos operacionais ainda estão em fase de aprendizado. Além disto, a duração média dos projetos (20 dias) faz com que o sistema apresente certa inércia até que as melhorias possam ser percebidas. Desta forma, em junho já houve melhora, enquanto que a partir de julho já houve melhora significativa, atingindo seu ápice em agosto (84%). Por fim, a linha de tendência linear apenas comprova a tendência de subida que pode ser percebida visualmente pelo gráfico.

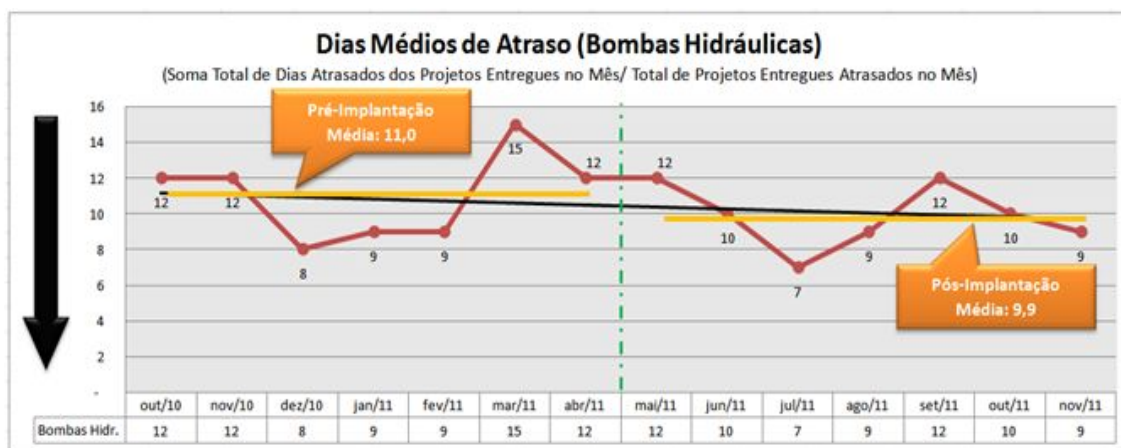


Figura 19 – Dias Médios de Atraso com Média e Linha de Tendência

Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 19 é apresentada a análise do resultado de dias médios de atraso. Neste caso, pode-se notar que houve pouca mudança com a implantação da corrente crítica, já que a média passou de 11 para 9,9 dias (redução de 10% apenas). A linha de tendência praticamente horizontal confirma o fato. A explicação para a pouca redução reside no fato de que como a performance de entrega melhorou muito, então apenas poucos projetos passaram a atrasar. Neste caso, os projetos que atrasam são os projetos complexos, os quais apresentam dificuldades técnicas para os engenheiros, e os projetos nos quais o cliente exerce muita interferência ao longo do projeto, gerando retrabalhos e consequentemente, atrasos. Sendo assim, o fato do indicador ter mantido-se

praticamente constante indica, portanto, uma possível melhora, já que os projetos que estão atrasando, possivelmente, estariam apresentando atrasos maiores ainda.

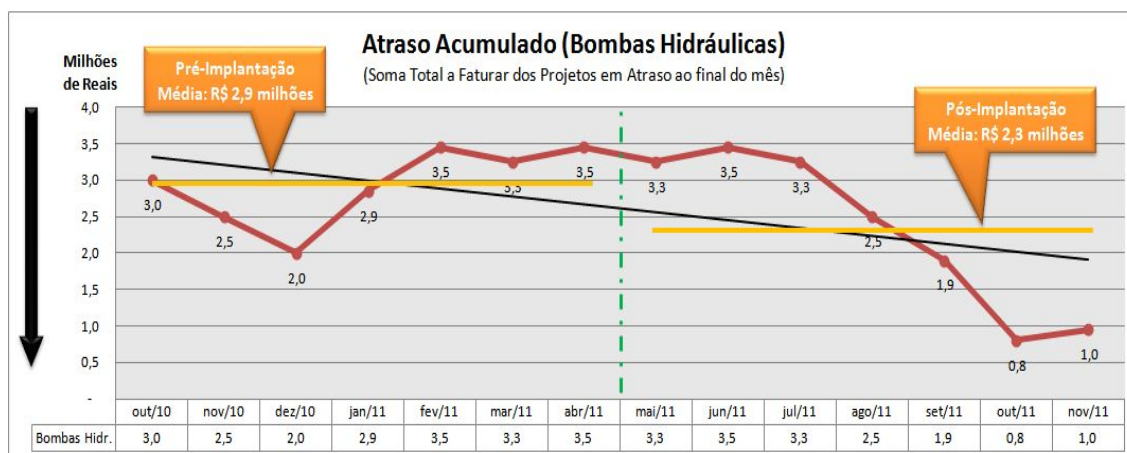


Figura 20 – Atraso Acumulado com Média e Linha de Tendência

Fonte: Elaborado pelo autor

O último resultado a ser analisado (Figura 20) é o atraso acumulado de faturamento. Os resultados esperados para este indicador é de que seguissem a mesma tendência da performance de entrega, porém com um ou dois meses de defasagem. Esse reflexo deve-se ao fato de que com menos projetos atrasando, menos faturamento fica atrasado. Neste caso, a tendência concretizou-se, pois, o indicador apresentou queda significativa (2,9 para 2,3 milhões de reais atrasados, queda de 21% na média), assim como uma forte linha de tendência para baixo. No entanto, aquela só pôde ser observada a partir do mês de agosto, ao contrário da performance de entrega, que apresentou melhora a partir dos meses de junho e julho. Por fim, observa-se também que esta melhora pode ser realmente confirmada a partir dos meses de outubro e novembro, nos quais o indicador atinge um novo patamar mais baixo (perto de 1 milhão). Este patamar está mais próximo do atingido pelo indicador de performance (aumento de 76%), apresentando queda de cerca de 70% em relação à média do período pré-implantação.

Por fim, a análise quantitativa dos resultados mostra que, para o caso em questão, a aplicação da corrente crítica no setor de desenvolvimento de produto foi extremamente benéfica, pois apresentou grande melhoria nos indicadores de prazo da empresa, aumentando a satisfação do cliente. Além disto, ainda gerou bons resultados financeiros para a empresa (antecipação do faturamento).

5 Conclusão

O trabalho mostrou com sucesso como foi realizada a implantação da Corrente Crítica em uma empresa do setor de bombas hidráulicas localizada no interior de SP. Todas as etapas propostas no método foram concluídas, sendo que foram necessárias poucas adaptações durante o projeto. Como não se tratava de uma empresa de grande porte, possuindo cerca de 150 funcionários, o projeto pôde fluir sem problemas. Destaca-se, neste ponto, a agilidade e facilidade de comunicação com os funcionários de mais alto escalão (gerente de engenharia e diretor industrial), primordial para o sucesso de um projeto envolvendo mudanças de cultura e procedimentos. Outro ponto a ser destacado é a facilidade de implantação e controle envolvendo poucos funcionários, sendo assim, atividades como capacitação e acompanhamento pós-implantação puderam ser executados dentro dos recursos e prazo estipulado, contribuindo para o sucesso da implantação.

Quanto à implantação do novo método de gestão, apesar de apresentar uma rede de atividades relativamente pouco extensa (oito atividades), esta pôde representar bem as melhorias esperadas para um projeto envolvendo corrente crítica, como a contenção de recursos. Esta aconteceu em dois pontos da rede: com o Eng. Jr. A e Eng. Jr. B, ambos com duas atividades em paralelo na situação anterior. No projeto futuro, esta contenção de recursos foi eliminada, fazendo com que a atividade de desenho do eixo (engenheiro Jr. A) passasse a integrar a corrente crítica.

Também pôde ser realizada com sucesso nesta rede a redução da duração padrão das atividades. Neste caso, programar as atividades por um tempo médio suscetível a atrasos tinha como objetivo eliminar os efeitos da Síndrome de Parkinson, que fazia com que projetos que não tivessem tido problemas gastassem o mesmo tempo que projetos problemáticos. Este fato, somado à Síndrome de *Student*, fazia com que, basicamente, os adiantamentos fossem perdidos e os atrasos acumulassem-se. Por fim, os pulmões de projeto foram projetados de acordo com o padrão recomendado pela literatura e os pulmões de convergência, como já citado no capítulo anterior, tiveram seu uso inicialmente descartado visando facilitar o gerenciamento por parte do gerente de engenharia, e agilizar a capacitação nos novos procedimentos operacionais por parte

dos engenheiros projetistas. No entanto, um pequeno aumento (meio dia) no pulmão do projeto foi realizado visando diminuir os riscos de atraso.

Para a gestão dos pulmões de projeto, foi criada com sucesso uma sistemática de quadros visuais, preenchidos pelo gerente de engenharia diariamente. Baseados nos *fever charts*, da literatura, estes quadros representavam a saúde do projeto, controlando o nível dos pulmões e o momento certo de planejar planos de contingência e colocá-los em prática. Este método mostrou-se altamente simples e eficaz, pois tornou claros os problemas e prioridades, desburocratizando a tomada de decisões.

Quanto à coleta de informações, esta foi simples como era esperado. Os resultados escolhidos para serem analisados eram KPIs da empresa, e por isso as informações encontravam-se facilmente disponíveis. Neste ponto, a presença de dados históricos e confiáveis foi imprescindível para a realização deste trabalho, pois foram a base de comparação para os resultados obtidos a partir da implantação da Corrente Crítica.

Em relação aos resultados, a análise final realizada no item 4.2.2, mostra que houve grande aumento no indicador de performance de entrega, já que a média variou, do período pré-implantação da corrente para o período pós-implantação, em 76%. A linha de tendência linear também indicou forte alta, mostrando que a implantação da corrente crítica surtiu um efeito muito positivo no cumprimento de prazos de projeto. O indicador de atraso acumulado também apresentou melhorias, sendo a queda deste de 21% entre os períodos (neste caso e no indicador de dias médios de atraso, a queda é um resultado benéfico). Ao contrário do indicador de performance, este indicador demorou mais para reagir (a melhora nos últimos dois meses foi de 70% em relação ao período anterior). Isto é ocasionado pelo alto prazo dos projetos (20 dias), que faz com que melhorias no processo demorem mais tempo para refletir nos indicadores globais da empresa.

Apenas o indicador de dias médios de atraso não apresentou grandes melhorias (apenas 10%). Este fato já era esperado, pois, geralmente, uma grande diminuição nos projetos atrasados (melhoria na performance) faz com que apenas projetos problemáticos atrasem, ocasionando aumento na média de dias por projeto atrasado ou mantendo-a estável (como foi o caso).

A partir da análise completa dos resultados, pode-se responder a questão de pesquisa, na qual se conclui que a implantação da corrente crítica foi benéfica para os cumprimentos de prazos na engenharia de bombas hidráulicas da empresa estudada. Da mesma forma, pode-se concluir que, no ambiente em que foi aplicado, o método da Corrente Crítica (CCPM) mostrou-se mais vantajoso que o tradicional método do Caminho Crítico (CPM).

Como limitação deste trabalho pode ser citada o pequeno universo em que o método foi testado, pois ele foi aplicado em apenas uma empresa (de médio porte). Além desta, pode ser citado o pequeno período de tempo em que os resultados foram colhidos e acompanhados (apenas sete meses após a implantação). Como já mencionado, a relativamente pequena rede de atividades e a baixa complexidade de famílias de produto também fazem seja recomendado um estudo posterior, visando obter resultados mais precisos.

Por conseguinte, para trabalhos futuros, sugere-se a aplicação desta mesma metodologia em mais empresas de diferentes setores e regiões. Além disto, explorar redes de atividades mais complexas pode servir para testar o verdadeiro potencial do método da corrente crítica no que tange o cumprimento de prazos de projetos de engenharia.

6 Bibliografia

ARAUJO, C.A.C.; RENTES, A.F. A Metodologia *Kaizen* na condução de Processos de Mudança em Sistemas de Produção Enxuta. **Revista Gestão Industrial** v. 02, n. 02, p 133-142, 2006

CHAVES FILHO, J.G.B. **Melhores Práticas para Garantiade Sustentabilidade de Melhorias Obtidas Através de Eventos Kaizen**. Dissertação de Mestrado (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010

ANTONY, J. e BANUELAS, R. *Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program*. **Measuring Business Excellence**, v.6, n.4, 2002, pp . 20-27.

CASEY, R.J. **An innovative approach to Schedule management on the F/A-22 major defense aquisition program (MDAP):** demonstration of critical chain Project management. 410 f. Tese de Doutorado (Administração Pública) – Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, EUA, 2005

FINOCCHIO JUNIOR, J. **Programação de Parada de Plataforma Marítima utilizando o método da corrente crítica**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo . São Paulo, 2009

GODINHO FILHO, M.; CAMPANINI, L.; VITA, R.A.S. A interação MRPII–CPM: estudo de caso e proposta de um sistema híbrido, **Revista Produção** v.14, n.1, 2004

GOLDRATT, E. M. **Corrente Crítica**. São Paulo: Nobel, 1997

GOLDRATT, E. M., & COX, J. **A meta: um processo de aprimoramento contínuo**. São Paulo: Educator, 1997

HAGEMANN, A. **Use of the critical chain project management technique at Nasa**, Langley Research Center Digital Avionics Systems, v. 1, n. 14, p. 4B1/1 - 4B1/10, 18-10-2001

HIRSCHFELD, H.. **Planejamento com PERT-CPM e análise do desempenho: método manual e por computadores eletrônicos aplicados a todos os fins: construções civis, marketing, etc..** 9a ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 1987. 335p.

HOLT, S. **The Application of Critical Chain Project Management to the Design of Large Commercial Aircraft at Boeing Commercial Airplanes** In: Theory of Constraints International Conference, TOC-ICO 2007. Las Vegas, USA: 2007

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Fundamentos da metodologia científica**. 3.ed., São Paulo: Atlas, 1991

LECHLER, T. G; RONEN, B; STOHR, E, A. Critical chain: a new Project management paradigm or old wine in new bottles? **Engineering Management Journal** , v. 17, n. 4, p. 45-58, dec. 2005

LEACH, L. P. **Critical chain project management**, Newwood: Artech House, 2004.

MULCAHY, R.. **Preparatório para o Exame de PMP**. 5ª Edição, p. 143 – 196, Editora RMC, 2007

NOVAIS, I.F.; JORGE, E.M.F.; COSTA JUNIOR, C.A.; SOUZA, D.T. Gerenciamento De Projeto Otimista (Gpo): Um Método Que Integra Pert/Cpm À Ccpm, **Revista de Gestão e Projetos - GeP**, São Paulo, v. 2, n. 2, p 150-165, jul./dez. 2011.

O'BRIEN, J. J; PLOTNICK, F. L. **CPM in construction management**. 6 ed. New York: McGraw-Hill Professional, 2005

OLIVEIRA, R.C.F. **Gerenciamento de projetos e a aplicação da análise de valor agregado em grandes projetos**, São Paulo, 128 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, 2003

PATRICK, Francis S. Buffering Against Risk- Critical chain and risk management. In: PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE ANNUAL SEMINARS & SYMPOSIUM, 2001, Nashville, Tenn., USA. **Proceedings of Annual Seminars**, Nashville: PMI, 2001.

PARKINSON, C. N. **Parkinson's law**. New York: Buchaneer Books, 1957

PMI, P. M. **A guide to the project management body of knowledge** (4th ed.). Pennsylvania, USA: Project Management Institute Inc, 2008

QUELHAS, O., & BARCAUI, A. B. **Corrente Crítica: uma alternativa à gerência de projetos tradicional**. Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção n.2, p. 1 – 21, jul 2004

RIBERA, J.; GRASA S, A. **IZAR Case Study**, Barcelona: IESE Publishing, 2003.

SCURO, MARIA ELVIRA GONÇALVES. **Planejamento e controle ao longo da obra de um empreendimento imobiliário – Caso real de uma empresa incorporadora**. 2010. xx p. Monografia (Curso de Ciências Contábeis). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SEIDENTHAL, W. CPM/PERT - **Planejamento, Programação e Controle**. São Paulo: McGrawHill, 1978

SILVA, E. L., & MENEZES, E. M. **Metodologia de Pesquisa e Elaboração de Dissertação** (2 ed revisada ed.). Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000

SOUZA, A. A. **Aplicação da metodologia Tambor – Pulmão – Corda (TPC) com supermercado na gestão de manufatura de eletrodos de grafite das unidades de Candeias e Monterrey da Graftech International Ltd**, Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal da Bahia. Escola de Administração, 2005

WOEPPEL, M. J. **Projects in less time: a synopsis of critical chain**, Texas: Pinnacle Stategies Publication, 2006

YANG, J. How the critical chain scheduling method is working for construction, **Cost Engineering**, v. 49, n. 4, p. 25-32, 2007.