

Universidade Metodista de Piracicaba
Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção

Gerenciamento de Projetos: Uma Alternativa para Redução do
Lead time de Execução por meio dos Conceitos da Teoria das
Restrições.

Marcos Roberto Guilhem Bertanha
Orientador: Professor Doutor Milton Vieira Junior

Santa Bárbara D'Oeste – SP
Maio de 2009

Universidade Metodista de Piracicaba
Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção

Gerenciamento de Projetos: Uma Alternativa para Redução do
Lead time de Execução por meio dos Conceitos da Teoria das
Restrições.

Marcos Roberto Guilhem Bertanha
Orientador: Professor Doutor Milton Vieira Junior

Dissertação apresentada ao Curso de
Mestrado em Engenharia de Produção,
da Faculdade de Engenharia, Arquitetura
e Urbanismo da Universidade Metodista
de Piracicaba, para obtenção do Título de
Mestre em Engenharia de Produção.

Santa Bárbara D'Oeste – SP

Maio de 2009

Gerenciamento de Projetos: Uma Alternativa para Redução do *Lead time* de Execução por meio dos Conceitos da Teoria das Restrições.

Marcos Roberto Guilhem Bertanha

Prof. Dr. Milton Vieira Júnior (Orientador)
Universidade Nove de Julho – UNINOVE.

Prof. Dr. Fernando Celso de Campos
Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo - Universidade Metodista de
Piracicaba – UNIMEP.

Prof. Dr. José Antonio Arantes Salles
Universidade Nove de Julho – UNINOVE.

Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Metodista de Piracicaba

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, educadores fundamentais que sempre me incentivaram e me deram o mais importante, a liberdade e a oportunidade de definir meu próprio caminho.

À minha esposa Lilian e minha filha Giulia, o maior dos meus tesouros, pelo amor, incentivo, compreensão e contribuição nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto do Universo, que me orienta e me dá coragem para enfrentar os obstáculos e prosseguir a caminhada em busca da realização de meus objetivos.

Ao meu orientador, professor Dr. Milton Vieira Jr., por ter sempre me incentivado a chegar até o final desta jornada com sucesso.

Aos colegas da empresa P&B S/A pelas informações para que este trabalho pudesse ser realizado com êxito.

RESUMO

O presente trabalho aborda uma proposta para elaboração e implantação de um método de Gerenciamento de projetos utilizando os conceitos da Teoria das Restrições e da Corrente Crítica, a fim de reduzir o *lead time* de projeto e minimizar os índices de atraso na entrega em uma empresa cujos recursos são compartilhados e o ambiente é de múltiplos projetos. Este trabalho procurou realizar uma revisão bibliográfica sobre gerenciamento de projetos, bem como sobre os conceitos da Teoria das Restrições e da Corrente Crítica. Procurou-se, também, apresentar como a empresa estudada realiza o gerenciamento de seus projetos, demonstrando a aplicabilidade da Corrente Crítica por meio de medições comparativas, feitas em um período após a implantação do novo método. Com isso, concluiu-se que com a aplicação da Corrente Crítica no gerenciamento dos projetos, as folgas são administradas com critérios e por conseqüência, o *lead time* e os índices de atraso são reduzidos consideravelmente, aumentando os ganhos financeiros e de credibilidade com os clientes.

Palavras-chave: Gerenciamento de Projetos, Teoria das Restrições e Corrente crítica.

ABSTRACT

The present study approaches a proposal for establishment and implementation of a method of project management using the concepts of Theory of Constraints and Critical Chain in order to reduce the lead time for design and minimize the delay in delivery rates in a company where resources are shared and the environment is of multiple projects. This work presents a bibliography revision about the main techniques of the project management used, as well as the concepts about Theoric of Constraints and Critical Chain. It was also present as the company study the management of projects, demonstrating the applicability of the critical current through comparative measurements, done in a period after the implementation of the new method. Therefore, we concluded that with the implementation of critical current in the management of projects, the clearances are given to criteria and consequently, the lead time and the contents of delay are reduced significantly, increasing the financial gains and credibility with customers

Key-words: *Project Management, Theory of Constraints and Critical Chain.*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE QUADROS	IV
LISTA DE SIGLAS	V
LISTA DE TABELAS	VI
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVO GERAL	2
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	3
1.3 METODOLOGIA	3
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	5
2 REVISÃO TEÓRICA	6
2.1 GERENCIAMENTO DE PROJETOS	6
2.1.1 ÁREAS DE CONHECIMENTO DA GERÊNCIA DE PROJETOS	8
2.1.2 AS ORGANIZAÇÕES E A GERENCIA POR PROJETOS	10
2.1.3 ENGENHARIA SOB ENCOMENDA	12
2.1.4 LEAD TIME DE PROJETO	13
2.1.5 GERENCIAMENTO DE ATIVIDADES SIMULTÂNEAS	14
2.2 TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC)	17
2.2.1 CORRENTE CRÍTICA (CC)	20
2.2.2 DIFERENÇAS ENTRE A CORRENTE CRÍTICA E O PERT/CPM	26
3 LEVANTAMENTO DE DADOS	27
3.1 ESCOLHA DA EMPRESA	27
3.1.1 PAINEL DE BAIXA TENSÃO	28
3.1.2 PAINEL DE MÉDIA TENSÃO – METAL CLAD	28
3.1.3 PAINEL DE MÉDIA TENSÃO COMPACTO	28
3.2 PROBLEMA IDENTIFICADO	29
3.3 ANÁLISE DO FLUXO EXISTENTE PARA EXECUÇÃO DOS PROJETOS	29
3.3.1 DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES POR ETAPA	31
4 PROPOSTA DE MÉTODO HÍBRIDO PARA GERENCIAMENTO DE PROJETOS	42
4.1 APLICAÇÃO	43
4.1.1 Análise e Diagnóstico	43
4.1.2 AUMENTANDO A CAPACIDADE DA ETAPA 12 – PRIMEIRA RESTRIÇÃO	44

4.1.3	AUMENTANDO A CAPACIDADE DAS ETAPAS 02 E 06 – SEGUNDA E TERCEIRA RESTRIÇÕES	44
4.1.4	ATIVIDADES QUE PODEM SER FEITAS EM PARALELO.....	45
4.1.5	AJUSTE E Transferência DAS FOLGAS PARA O PULMÃO DE PROJETO.....	46
5	RESULTADOS E ANÁLISE	48
5.1	DESEMPENHO DE VENDAS	48
5.2	DESEMPENHO DO FLUXO	49
5.3	DESEMPENHOS LOCAIS	51
5.4	ANÁLISE FINAL	54
6	CONCLUSÕES	55
6.1	PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	56
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
	ANEXO A.....	60
	ANEXO B	61
	ANEXO C	62
	ANEXO D	63
	ANEXO E	64
	ANEXO F	65
	ANEXO G.....	65
	ANEXO H	66
	ANEXO I	67
	ANEXO J	68
	ANEXO K	68
	ANEXO L	69
	ANEXO M.....	69
	ANEXO N	70
	ANEXO O.....	70
	ANEXO P.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – <i>Outline</i> da Pesquisa.....	04
Figura 02 – Incidência de custos de mudanças no projeto.....	15
Figura 03 – Engenharia convencional x Engenharia Simultânea	16
Figura 04 – Maneira TPC de programar.....	19
Figura 05 – Os cinco passos da TOC no gerenciamento projetos	20
Figura 06 – Cronograma com folgas locais	22
Figura 07 – Gráfico de Ocorrências durante as atividades.....	24
Figura 08 – Comparativo entre folgas locais e pulmão de projeto.....	25
Figura 09 – Fluxo de Pedidos (Estado Atual).....	30
Figura 10 – Fluxo dos Pedidos (Estado Futuro).....	46
Figura 11 – Gráfico de Entrada de Pedidos.....	48
Figura 12 – Gráfico de Pedidos Entregues.....	50
Figura 13 – Gráfico de <i>Lead Time</i> Médio de Entrega.....	51
Figura 14 – Gráfico de Percentual de Utilização dos Pulmões de Projeto.....	52
Figura 15 – de Projetos Impactados por Etapa.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Principais diferenças entre Corrente Crítica e PERT/CPM.....	26
Quadro 02 – Etapa 01 - Registro do Pedido.....	32
Quadro 03 – Etapa 02 - Elaboração do Pré-projeto.....	32
Quadro 04 – Etapa 03 - Análise e Aprovação do Cliente.....	33
Quadro 05 – Etapa 04 - Elaboração do Projeto Elétrico.....	33
Quadro 06 – Etapa 05 - Elaboração do Projeto Mecânico.....	34
Quadro 07 – Etapa 06 - Elaboração das Listas para Compra dos Materiais.....	35
Quadro 08 – Etapa 07 - Compra dos Materiais.....	35
Quadro 09 – Etapa 08 - Recebimento e Armazenamento dos Materiais.....	36
Quadro 10 – Etapa 09 - Separação e Entrega dos Materiais para a Montagem..	37
Quadro 11 – Etapa 10 - MONTAGEM.....	38
Quadro 12 – Etapa 11 - Controle de Qualidade e Testes Elétricos.....	39
Quadro 13 – Etapa 12 - Embalagem e Expedição.....	40

LISTA DE SIGLAS

GP – Gerenciamento de Projetos

TOC – Teoria das Restrições

CC – Corrente Crítica

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Cálculo das Capacidades.....	41
Tabela 02: Cálculo das Capacidades após a Reestruturação.....	45
Tabela 03: Resultados Obtidos com Base nos Dados da Tabela do Anexo C...	54

1 INTRODUÇÃO

A estabilidade da economia brasileira, aliada ao aumento da demanda mundial pelos produtos brasileiros, tem estimulado as empresas a investir em ampliações, construção de novas fábricas, e obrigado o governo federal a investir em infraestrutura energética para garantir um abastecimento de energia elétrica compatível com o aumento da demanda.

Este cenário trouxe oportunidades de crescimento também para as empresas que produzem máquinas, equipamentos, produtos e serviços, gerando uma grande competição pela conquista destes mercados, competição esta que tem forçado as empresas a remodelarem seus processos internos, a fim de encontrar caminhos para superar os concorrentes e conquistar novos clientes.

No mercado de painéis elétricos feitos sob projeto, o preço é o fator predominante na tomada de decisão da maioria dos clientes, porém, devido à corrida para se atender o crescimento rápido da demanda antes dos concorrentes, o prazo de entrega tornou-se o critério mais importante em muitos casos. Consequentemente, os cronogramas dos projetos precisam ser reduzidos de modo a atender a grande velocidade que o mercado está exigindo.

Todavia, o desenvolvimento de novos projetos pelas indústrias é uma tarefa difícil e complexa, uma vez que vários fatores, tais como avanços da concorrência, negociação com os fornecedores, relação com os funcionários, exigências dos consumidores, surgimento de novos materiais de fabricação e novas tecnologias, interferem direta ou indiretamente, nas informações que são utilizadas.

A influência desses fatores gera uma sobrecarga de informações na tomada de decisão das equipes envolvidas nos projetos, tornando a análise difícil e demorada. Por outro lado, a ausência de dados relevantes leva à perda de tempo, e quanto maior a complexidade do projeto, potencialmente maior o tempo demandado para que sejam encontradas as informações desejadas.

As empresas do segmento de painéis elétricos sofrem uma enorme pressão por redução de prazos e soluções mais baratas e inovadoras. No entanto, além de toda a inovação tecnológica existente no mercado e em desenvolvimento para futuras aplicações, é necessária uma elevada capacidade de execução, para crescer de forma rápida e planejada.

Porém, isto só é possível por meio de um gerenciamento coerente, dinâmico e flexível dos projetos, buscando um melhor aproveitamento dos recursos já existentes, e identificando com eficácia as etapas onde os investimentos devem ser feitos para aumentar a capacidade do fluxo como um todo.

A falta de prazos de entrega competitivos e os altos índices de atraso dos pedidos fazem com que os clientes busquem as soluções mais rápidas e baratas, muitas vezes deixando de lado o fator qualidade.

Muitos negócios são perdidos pelas empresas, devido à incapacidade de competir, especialmente com os pequenos montadores, que não sofrem com a burocracia e com o gerenciamento por setores existente nas grandes empresas.

O grande problema de um controle por setores é a falta de compromisso com a data de conclusão estabelecida no contrato de venda. As conseqüências são os atrasos, seguidos das multas contratuais, perda de faturamento, queda nas margens de lucro e o pior, que é a perda da credibilidade com os clientes.

Neste trabalho procura-se identificar, numa empresa do setor de montagem de painéis elétricos, os motivos dos atrasos nos projetos, propondo a aplicação de ferramentas da Teoria das Restrições para solucionar tal problema.

1.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo a aplicação de conceitos da Teoria das Restrições no gerenciamento de múltiplos projetos simultâneos de painéis elétricos, a fim de reduzir o *lead time* de entrega e minimizar os índices de atraso. Trata-se de

uma variação das metodologias de Gerenciamento de Projetos que visa reduzir o *lead time* de execução de projetos com o uso da Teoria das Restrições.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Identificar e analisar as potencialidades da aplicação do método de Gerenciamento de Projetos da Teoria das Restrições, denominado Corrente Crítica, em uma empresa de painéis elétricos que opera num ambientes de múltiplos projetos e num cenário onde a engenharia também é sob encomenda.

1.3 METODOLOGIA

O método utilizado foi o de pesquisa-ação, que constitui uma forma de pesquisa participante em que há uma intervenção planejada por meio de ações definidas por pesquisadores e sujeitos envolvidos com a situação sob investigação (THIOLLENT, 1988).

Este método baseia-se na crença de que pesquisadores e sujeitos representativos de um problema podem envolver-se de modo cooperativo, participativo e empírico, constituindo uma equipe para descobrir sua melhor solução (ROESCH, 2001).

Como resultado, o método de pesquisa-ação torna possível o desenvolvimento da teoria, por meio de sua análise durante o processo de mudança provocado pela ação dos sujeitos (THIOLLENT, 1988).

O método da pesquisa-ação envolve a identificação do problema, o levantamento de dados que o apoiem, a análise dos dados, a elaboração e o planejamento de uma solução-ação, a execução da solução-ação, e a avaliação de seus resultados (VERGARA, 2005), conforme mostra a figura 1.

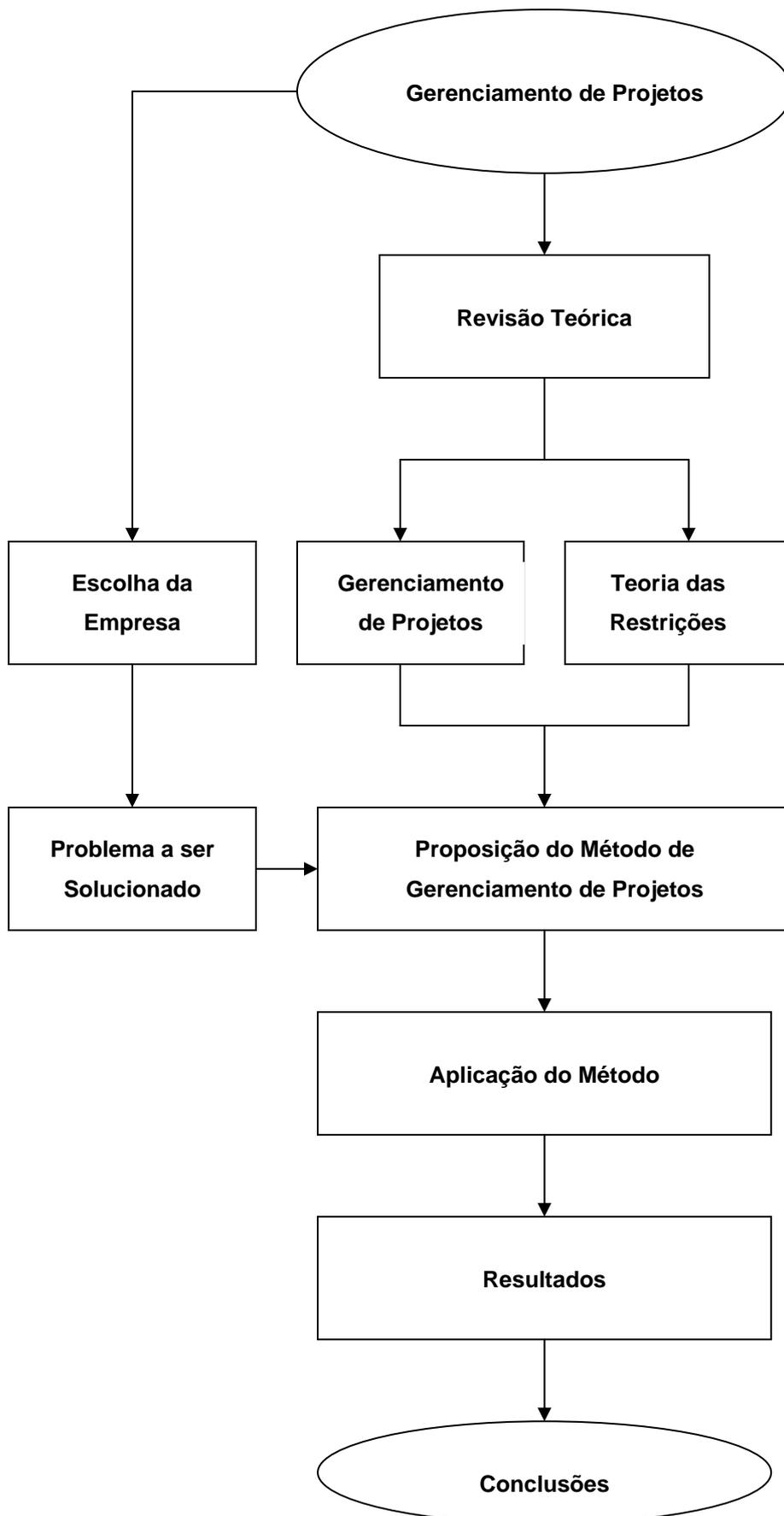


Figura 1 – Outline da Pesquisa

Nessa pesquisa, a revisão teórica envolve Gerenciamento de Projetos e a Teoria das Restrições. Com base no perfil da pesquisa, escolhe-se a empresa na qual é feito o levantamento de dados para a identificação do problema no Gerenciamento dos Projetos.

Com o embasamento teórico e os dados levantados, propõe-se um método de Gerenciamento de Projetos, aplica-se este método, e por intermédio de medições e análises comparativas dos resultados, conclui-se a eficácia do método.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O trabalho está estruturado em seis capítulos, que visam fazer uma análise sobre os principais componentes do tema.

O capítulo 1 é a Introdução, que apresenta a contextualização, a justificativa, os objetivos, a metodologia de pesquisa e a maneira como trabalho está estruturado.

O capítulo 2 contempla a Revisão Teórica.

O capítulo 3 é o levantamento de dados, no qual se encontra um breve descritivo da empresa, como ela gerencia seus projetos e os problemas que ela enfrenta.

O capítulo 4 mostra a proposta de uma aplicação dos conceitos da Teoria das Restrições, a partir do estudo de caso que utiliza o fluxo completo para painéis de média tensão compactos, produzidos pela P&B S/A (nome fictício).

No capítulo 5 está contida a análise dos resultados comparando o cenário encontrado e o cenário após a implantação, através de indicadores.

O capítulo 6 apresenta as conclusões gerais sobre a pesquisa, e sugere futuros trabalhos sobre o tema.

2 REVISÃO TEÓRICA

O presente capítulo traz a revisão teórica necessária para embasar uma proposta de metodologia para o gerenciamento de projetos. Busca-se, então, os principais conceitos referentes a:

- Gerenciamento de Projetos;
- Teoria das Restrições;

A partir dos conceitos e de aplicações já realizadas e reportadas nos veículos adequados de divulgação acadêmica (periódicos e congressos, entre outros), é elaborado a proposta de método de gerenciamento de projetos, que é o principal objetivo deste trabalho.

2.1 GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Segundo Frame (1995), todos executam projetos no dia-a-dia, a maioria deles de forma inconsciente, e isto vem sendo feito rotineiramente há mais de dez mil anos. Porém, o gerenciamento de projetos como uma disciplina, é um desenvolvimento recente e teve seu início como um subproduto de esforços da Segunda Guerra Mundial, com o projeto Manhattan, durante o qual foi feito um esforço consciente para coordenar o imenso orçamento, os prazos apertados e a complexidade dos recursos. Nos últimos anos, o gerenciamento de projetos vem sendo cada vez mais estudado e utilizado.

Para Kate (2000), o aumento da complexidade do mundo dos negócios, faz com que as empresas necessitem de uma maior capacidade de coordenar, gerenciar e controlar suas atividades de maneira a responder mais rapidamente aos estímulos externos. Essa coordenação e o controle de atividades são o foco do gerenciamento de projetos, e estão intimamente ligadas ao sucesso da implantação de estratégias de negócios por meio de projetos.

Ainda segundo Kate (2000), o gerenciamento de projetos isolados é somente parte do que uma empresa deve fazer para ser competitiva no mercado. Também é crítico o conhecimento do que se passa em todos os projetos da organização. A empresa necessita assegurar-se de que os projetos mais importantes para a organização tenham acesso privilegiado a recursos de forma a produzir os melhores resultados possíveis.

Segundo Casarotto *et al.* (1999), projeto pode ser caracterizado por um conjunto de atividades inter-relacionadas visando um objetivo comum. Caracteriza-se ainda por ser executado dentro de um determinado prazo e conforme um custo previamente estimado. Por serem atividades geralmente não repetitivas, complexas e dinâmicas as características de gerenciamento de projetos diferem muito da administração tradicional de atividades de rotina. Em função dessas características a administração de projetos exige a utilização de técnicas e ferramentas especiais para que seus objetivos sejam alcançados.

Segundo Valeriano (1998), os projetos podem ser classificados, segundo o prisma da Inovação, como:

- Projeto de Pesquisa, que consiste na busca sistemática de novos conhecimentos, podendo estar inserido no campo da ciência ou tecnologia.
- Projeto de Desenvolvimento, que objetiva a materialização de um produto ou processo por meio de protótipo ou instalação piloto ou modelo.
- Projeto de Engenharia, que consiste na elaboração e consolidação de informações destinadas a execução de uma obra, fabricação de um produto e fornecimento de um serviço ou execução de um processo.
- Projetos Mistos que estão relacionados ao uso de mais de uma disciplina, pesquisa, desenvolvimento, ou engenharia, em um único projeto.

Para Casarotto *et al.* (1999), os projetos podem estar classificados em três grandes categorias: prestação de serviços, indústria e infra-estrutura. Dentro da prestação de serviços incluem-se os estudos técnicos, os projetos de engenharia em geral, o gerenciamento de projetos, entre outros.

Segundo Valeriano (1998), os termos derivados de administrar referem-se ao nível da organização. Neste campo, situam-se os problemas típicos das organizações: finanças, pessoal, patrimônio, etc. Gerenciar refere-se a ações no nível do projeto: planejamento, controle, orçamento, cronograma, etc. Já os termos derivados de gerir, referem-se às parcelas das atribuições do gerente do projeto. São partes do gerenciamento delegadas pelo gerente.

Ainda segundo Valeriano (1998), o gerenciamento de projetos pode ser caracterizado por diversos aspectos. Em relação ao tempo, ao investimento, a qualidade e aos aspectos relacionados a sistemas e ao comportamento humano. Destacando-se o trabalho em equipe, caracterizam o gerenciamento de projeto na medida em que representam os meios utilizados para se atingir os resultados esperados de tempo, custo e qualidade.

2.1.1 ÁREAS DE CONHECIMENTO DA GERÊNCIA DE PROJETOS

Segundo o PMI (2000), existem nove áreas de conhecimento, que são denominadas Áreas de Conhecimento da Gerência de Projetos, a saber:

- 1) Gerência da Integração do Projeto, que descreve os processos necessários para assegurar que os diversos elementos do projeto sejam adequadamente coordenados. Ele é composto pelo desenvolvimento do plano do projeto, execução do plano do projeto e controle geral de mudanças.

- 2) Gerência do Escopo do Projeto, que descreve os processos necessários para assegurar que o projeto contemple todo o trabalho requerido, é nada mais que o trabalho requerido, para completar o projeto com sucesso. Ele é composto pela iniciação, planejamento do escopo, detalhamento do escopo, verificação do escopo e controle de mudanças do escopo.
- 3) Gerência do Tempo do Projeto, que descreve os processos necessários para assegurar que o projeto termine dentro do prazo previsto. Ele é composto pela definição das atividades, seqüência das atividades, estimativa da duração das atividades, desenvolvimento do cronograma e controle do cronograma.
- 4) Gerência do Custo do Projeto, que descreve os processos necessários para assegurar que o projeto seja completado dentro do orçamento previsto. Ele é composto pelo planejamento dos recursos, estimativa dos custos, orçamento dos custos e controle dos custos.
- 5) Gerência da Qualidade do Projeto, que descreve os processos necessários para assegurar que as necessidades que originaram o desenvolvimento do projeto serão satisfeitas. Ele é composto pelo planejamento da qualidade, garantia da qualidade e controle da qualidade.
- 6) Gerência dos Recursos Humanos do Projeto, que descreve os processos necessários para proporcionar a utilização mais racional das pessoas envolvidas com projeto. Ele é composto pelo planejamento organizacional, montagem e desenvolvimento da equipe.
- 7) Gerência dos Riscos do Projeto, que descreve os processos que dizem respeito à identificação, análise e resposta a riscos do projeto. Ele é composto pela identificação dos riscos, quantificação dos riscos, desenvolvimento das respostas aos riscos e controle das respostas aos riscos.

- 8) Gerência das Aquisições do Projeto, que descreve os processos necessários para a aquisição de mercadorias e serviços fora da organização que desenvolve o projeto. Ele é composto por: planejamento das aquisições, preparação das aquisições, obtenção de propostas, seleção de fornecedores, administração dos contratos e encerramento do contrato.

- 9) Gerência das Comunicações do Projeto, que descreve os processos necessários para assegurar que a geração, a captura, distribuição, armazenamento e a pronta apresentação das informações do projeto sejam feitos de forma adequada e no tempo certo. Ele é composto por: planejamento das comunicações, distribuição das informações, relato de desempenho e encerramento administrativo.

2.1.2 AS ORGANIZAÇÕES E A GERENCIA POR PROJETOS

Segundo o PMI (2000), as organizações se enquadram em duas categorias, sendo aquelas cujas receitas se originam primariamente do desenvolvimento de projetos para terceiros, tais como, empresas de arquitetura, empresas de engenharia, consultores, empreiteiros, etc., e aquelas que adotam o modelo de gerência por projeto.

Ainda segundo o PMI (2000), Na gerência por projeto, os integrantes de uma equipe de projeto respondem diretamente para o gerente de projeto, o que traz alguns benefícios relacionados ao controle, ao fato de evitar conflitos de autoridade e de se ter uma boa interface com os clientes. Muitas vezes, no entanto, o impacto do alto custo para se manter esta estrutura acaba sendo maior do que os benefícios citados acima, dificultando a utilização deste modelo.

A Gerência de Projetos por Estrutura Funcional é a estrutura organizacional mais clássica, e comumente encontrada na maioria das empresas. A clássica organização

com estrutura funcional é uma hierarquia onde cada funcionário tem um superior bem definido. As pessoas são agrupadas por especialidade, tais como produção, marketing, engenharia e contabilidade, num primeiro nível, com a engenharia ainda subdividida em mecânica e elétrica. As organizações com estrutura funcional também têm projetos, mas o escopo percebido do projeto está limitado às fronteiras da função (PMI, 2000).

Segundo Valeriano (1998), quando se utiliza a estrutura funcional, os problemas ocorrem com os projetos denominados multidisciplinares, onde para execução, mais de um setor deve ser envolvido. Aí surgiram alguns tipos de organização, que visam solucionar os problemas, cuja origem reside, principalmente, em se dispor de equipe multidisciplinar e de variedade de meios que deve suportá-la. Em seguida surgiram variações e adaptações dos modelos até então existentes, sobressaindo-se a organização por projetos e a organização matricial.

Na Organização Matricial, o gerenciamento dos projetos corresponde a uma composição dos dois tipos de estruturação apresentados anteriormente. Neste tipo de estruturação a organização pode alcançar os níveis de flexibilidade e funcionalidade necessários para execução dos projetos propostos dentro dos padrões de custo e desempenho desejados (PMI, 2000).

Segundo Valeriano (1998), as principais vantagens da organização em matriz são: a melhor utilização dos recursos, onde o conhecimento adquirido com os diversos projetos é acumulado no nível funcional, não se perdendo com o fim do projeto, e a melhor adaptação em ambientes de mudança (fins de projeto, reorientação de mercado, etc.), pois o esqueleto funcional garante a continuidade.

O ponto mais crítico deste tipo de estruturação relaciona-se à negociação entre o gerente funcional e o gerente de projetos. Se não houver uma definição clara da autoridade e responsabilidade de cada gerente, bem como maturidade nas negociações, a organização como um todo poderá ter seus resultados prejudicados. (PMI, 2000).

2.1.3 ENGENHARIA SOB ENCOMENDA

Segundo Pires (1995), as empresas com este perfil fabricam produtos altamente customizados, baseados nas especificações do cliente, iniciando seu processo somente após o recebimento de um pedido oficial do mesmo. Engenharia sob encomenda é uma extensão do sistema produção sob encomenda, com o projeto do produto sendo feito quase que totalmente baseado nas especificações do cliente.

Os produtos são projetados por ordem, um de cada tipo, não havendo um planejamento em termos de previsão de vendas. Devido à variedade de produtos, muitas empresas não podem estocar nenhum tipo de material, devendo esperar o pedido para iniciar o processo de compras. O programa mestre de produção é feito de acordo com a capacidade disponível, que deve ser altamente flexível, capaz de efetuar muitas tarefas diferentes, através de mão-de-obra altamente qualificada. (COPATTO, 2005).

Nesse sistema, a interação com o cliente é muito mais intensa, por isso a configuração do produto pode ser alterada em qualquer fase do projeto, inclusive durante a fase de produção. Walter e Ries (1996) mostram que essa interação é realmente grande, acrescentando que é comum a necessidade de aprovação, pelo cliente, do projeto, das especificações e do controle de qualidade, sendo esta fase a mais crítica, uma vez que as demais fases, tais como compra de materiais e fabricação, dependem da qualidade e rapidez das informações nela geradas.

Como o produto pode estar continuamente em evolução, devido à grande interação entre o cliente e o fornecedor, há uma superposição entre as fases de engenharia, planejamento e fabricação, causada, segundo Walter e Ries (1996), porque a engenharia do produto é realizada basicamente do produto para os insumos e a fabricação é realizada dos insumos para o produto. Os itens de mais baixo nível na estrutura do produto são os últimos a serem projetados, enquanto que, para a fabricação, são os primeiros a serem produzidos.

Nos segmentos com estas características, gerenciar bem suas atividades e suas restrições torna-se ainda mais complicado devido ao alto grau de incertezas, pois a necessidade de aumentar a competitividade leva cada vez mais à absorção dos riscos causados pela falta de previsão de vendas, pelo cenário econômico, pelos prazos de execução e pela garantia do desempenho produto.

Nesse ambiente, os pedidos dos clientes são gerenciados como projetos, já o planejamento da produção normalmente é feito usando técnicas convencionais de gerenciamento de projetos (VAIDYANATHAN, 2002). Fabricantes de avião, estaleiros, equipamentos elétricos específicos e construção civil, são alguns exemplos de segmentos de mercado que trabalham neste sistema.

2.1.4 LEAD TIME DE PROJETO

Segundo Stalk (1998), o tempo é uma variável básica de desempenho de negócio. A gerência raramente o monitora explicitamente, com a mesma precisão dedicada a vendas e custos. Entretanto, o tempo é um padrão de medida de competição mais crítico do que as medições financeiras tradicionais.

Para Fleury (2003), as empresas devem estar estruturadas para produzirem respostas rápidas para seus clientes, concentrando-se na eliminação de atrasos e conseguindo com isso reter os clientes atuais e atrair os novos.

Uma das definições dadas para *lead time* de projeto usa o conceito do PERT/CPM, que define *lead time* de projeto como a soma dos tempos que compõem o caminho crítico. Segundo Nozick *et al.* (2004), Os métodos PERT/CPM têm como princípio minimizar a duração do projeto, porém assumem que os recursos necessários para a execução do projeto estão infinitamente disponíveis.

Para Goldratt (1998), esta é uma definição simplista que pode ser aplicada somente no caso de um único projeto, e ainda quando nenhum recurso é compartilhado entre duas ou mais etapas do projeto.

Segundo Copatto (2005), para os casos em que existem recursos compartilhados e/ou múltiplos projetos, o *lead time* é a soma dos tempos das etapas que compõem a corrente crítica, ou seja, considera que os recursos estão disponíveis na maioria das vezes em quantidade limitada. Portanto, a fila dos recursos compartilhados entre etapas e/ou entre projetos, também é considerada no *lead time* dos projetos.

2.1.5 GERENCIAMENTO DE ATIVIDADES SIMULTÂNEAS

Para Evbuomwan *et al.* (1995a), o gerenciamento de atividades simultâneas, é o desenvolvimento das atividades paralelas e integradas aos sistemas de informação, sendo as suas características principais:

- Aprender como trabalhar: remoção de todas as atividades que não agregam valor para o processo de desenvolvimento de produto.
- Equipes multidisciplinares: a forma mais efetiva de atingir integração nas atividades de desenvolvimento de novos produtos. Os times com representantes de todas as funções relevantes (recursos humanos, desenvolvimento de produtos, força de vendas e outros), são formados e configurados durante o desenvolvimento do produto, são relacionados com a manufatura e o suporte aos processos.
- Considerar continuamente todas as restrições: considerar o impacto de decisões de *design*, por exemplo, a manufatura, manutenção e confiança do produto. O objetivo é maximizar o número de restrições consideradas no início do processo de desenvolvimento do produto.

Estas características exigem que as informações do projeto estejam disponíveis em tempo real, e requerem um bom planejamento e controle das diferentes atividades que estão envolvidas dentro da organização, bem como é necessário integrar o projeto com as outras partes funcionais da organização (SMITH, 1997).

O uso adequado das técnicas ou metodologias de apoio ao desenvolvimento do projeto e a utilização de ferramentas computacionais (*softwares* que apóiam as técnicas) são igualmente importantes para Evbuomwan *et al.* (1995b). A Engenharia Simultânea procura antecipadamente estudar todas as possíveis mudanças ou interferências que possam afetar o projeto, já que modificações na fase inicial representam menores custos e que futuras. A Figura 2 apresenta, paralelamente, a forma tradicional de abordar o desenvolvimento de projetos e a abordagem pela Engenharia Simultânea.

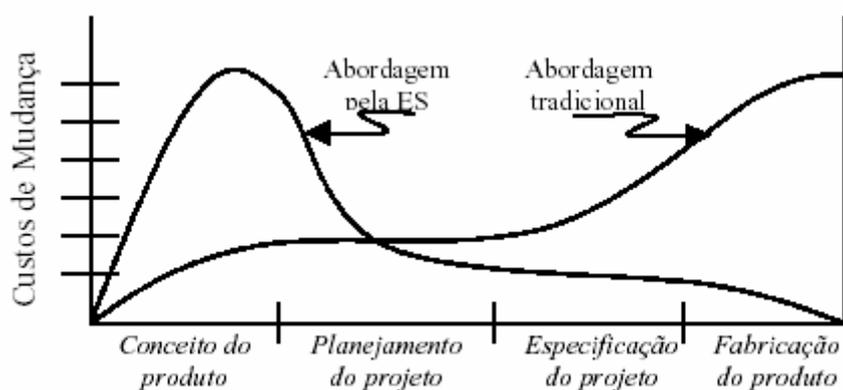


Figura 2 – Incidência de custos de mudanças no projeto. Adaptado de Hartley (1992)

Segundo Casarotto *et al.* (1999), o gerenciamento de atividades simultâneas consiste em quebrar o modo tradicional de atividades intercaladas seqüencialmente em projetos e passar a fazê-las de forma simultânea. O ponto frágil dessa abordagem deve-se ao fato que muitas vezes a melhor execução de uma atividade depende de detalhes que só serão obtidos com a conclusão de outra que está em andamento, havendo assim o risco de serem criados começos falsos e desenhos inúteis, desperdiçando-se esforços.

Ainda Segundo Casarotto *et al.* (1999), outro cuidado a ser tomado relaciona-se aos eventuais problemas que podem decorrer de um atraso em uma das atividades paralelas. A equipe terá que ter maturidade para compreender essas dificuldades e conseguir concentrar esforços nos pontos deficientes para que o cronograma do projeto não seja prejudicado. A engenharia simultânea representa um avanço no

gerenciamento de projetos, porém, é necessário um alto nível de maturidade da Organização como um todo.

O gerenciamento de atividades simultâneas tem sido uma alternativa, na qual o processo seqüencial dá lugar a um processo simultâneo de desenvolvimento de produtos, em que todas as fases são tratadas de forma integrada, buscando reduções de prazos e custos (PRASAD, 1997). A Figura 3 mostra como é realizado um projeto de desenvolvimento de produto na abordagem “convencional” e na abordagem da Engenharia Simultânea.

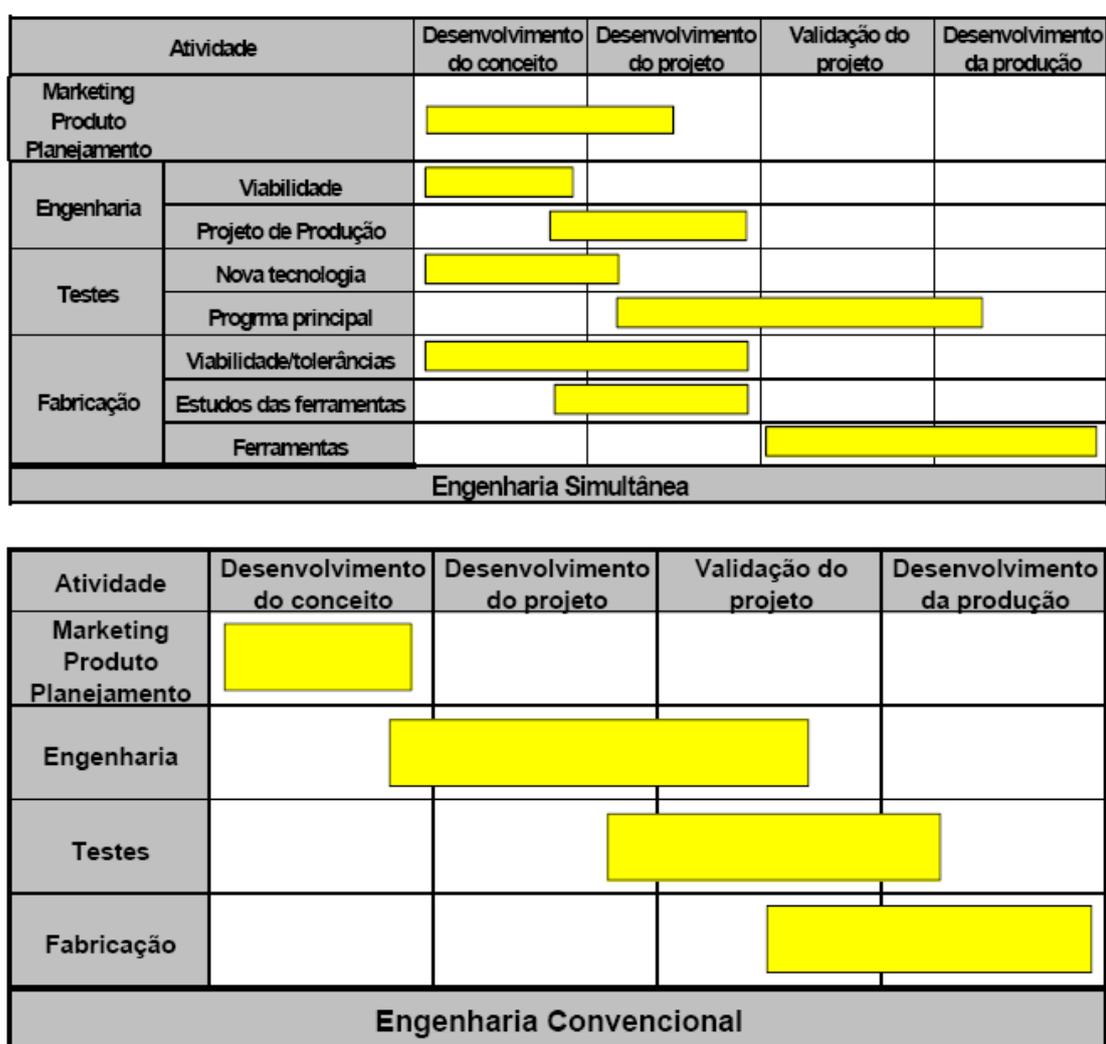


Figura 3: Na engenharia convencional, as funções são executadas seqüencialmente; na engenharia simultânea, os trabalhos são feitos simultaneamente (HARTLEY, 1998, *apud* COPATTO, 2005).

2.2 TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC)

Segundo Moore e Scheinkopf (1998), a TOC (*Theory of Constraints*) baseia-se na idéia fundamental de que todo sistema possui uma restrição que limita as possibilidades de atingir a sua meta.

Blackstone (2001) também descreve que o que torna a TOC diferente das formas de gerenciamento convencionais é que ela considera uma restrição ser um ponto foco em torno do qual um sistema pode ser organizado ou melhorado. Todo negócio tem, no mínimo, uma restrição; sem uma restrição um negócio poderia gerar um lucro infinito.

Segundo Goldratt (1998), pode-se fazer uma analogia entre uma corrente e uma empresa, na qual cada área ou setor organizacional corresponda a um elo da corrente, assim, quanto mais departamentos a empresa tiver maior será o comprimento da corrente. Se uma força de tração é imposta nas extremidades da corrente, certamente um elo se quebrará. A este elo mais fraco, a TOC denomina de restrição. Portanto, quem determina a resistência de uma corrente é o elo mais fraco, ou seja, deve-se aumentar a resistência do elo mais fraco para que ele possa suportar uma resistência maior. Assim, quando isso acontecer, a restrição irá para outro elo, e assim sucessivamente.

Ainda segundo Goldratt (1998), o processo de melhoria contínua proposto pela TOC envolve cinco passos, sendo:

- 1 - Identificar a restrição;
- 2 - Decidir como explorar a restrição;
- 3 - Subordinar tudo às decisões acima;
- 4 - Elevar (conseguir mais) a restrição;
- 5 - Não permitir que a inércia torne-se uma restrição do sistema.

Quando uma restrição for quebrada, o ciclo deve ser reiniciado.

Antes de identificar a restrição, dois pré-requisitos devem ser satisfeitos:

- Definir o sistema e seu propósito (sua meta);
- Determinar como medir o propósito do sistema.

Segundo Quelhas e Barcaui (2004), os cinco passos da TOC são fundamentais para solução de inúmeros tipos de problemas, envolvendo: inventário, cadeia de suprimentos, contabilidade, desenvolvimento de produtos e gerência de projetos, e neste caso existem dois tipos: projeto único e ambiente de múltiplos projetos.

Segundo Moore e Scheinkopf (1998), a TOC prioriza o aumento do ganho em lugar da redução da despesa como princípio de gestão de curto e de longo prazo. A melhoria contínua significa crescimento do ganho, e o crescimento não acontece concentrando-se no que se reduz, mas no que pode ser expandido. O mundo do ganho (foco na expansão do ganho) opõe-se ao mundo do custo (foco na redução de custo).

Para Goldratt (1998), um bom desempenho de custos, é conseguido através de um bom desempenho local em todo lugar. Porém, para se conseguir um bom desempenho de ganho é necessário analisar o fluxo como um todo. Para tal, a TOC sugere uma metodologia para planejamento e controle da produção denominada Tambor-Pulmão-Corda (TPC), do inglês *Drum-Buffer-Rope* (DBR).

Segundo Souza (2005), a maneira TPC de programar, ilustrado pela figura 4, considera a existência apenas alguns recursos com restrição de capacidade (RRCs) que irão impor o índice de produção da fábrica inteira (Tambor). Para garantir que a produção do RRC não seja interrompida, cria-se na frente dele um inventário que o protege contra interrupções que possam ocorrer dentro de um intervalo predeterminado (Pulmão de Tempo). Com o objetivo de impedir o aumento desnecessário nos níveis de estoque em processo, o material é liberado para a fábrica no mesmo ritmo de consumo do RRC (Corda), mas com uma defasagem no tempo equivalente ao pulmão de tempo.

Em outras palavras, como o RRC é quem dita o ritmo da produção, é necessário que o mesmo esteja sempre alimentado pela etapa anterior, a fim de evitar interrupções do RRC e por consequência de todo o restante do fluxo. Como o RRC trabalha sempre no limite, qualquer tempo de interrupção seria impossível de ser recuperado. Sendo assim, cria-se um pulmão de recurso antes do RRC para evitar que haja interrupções por falta de abastecimento.

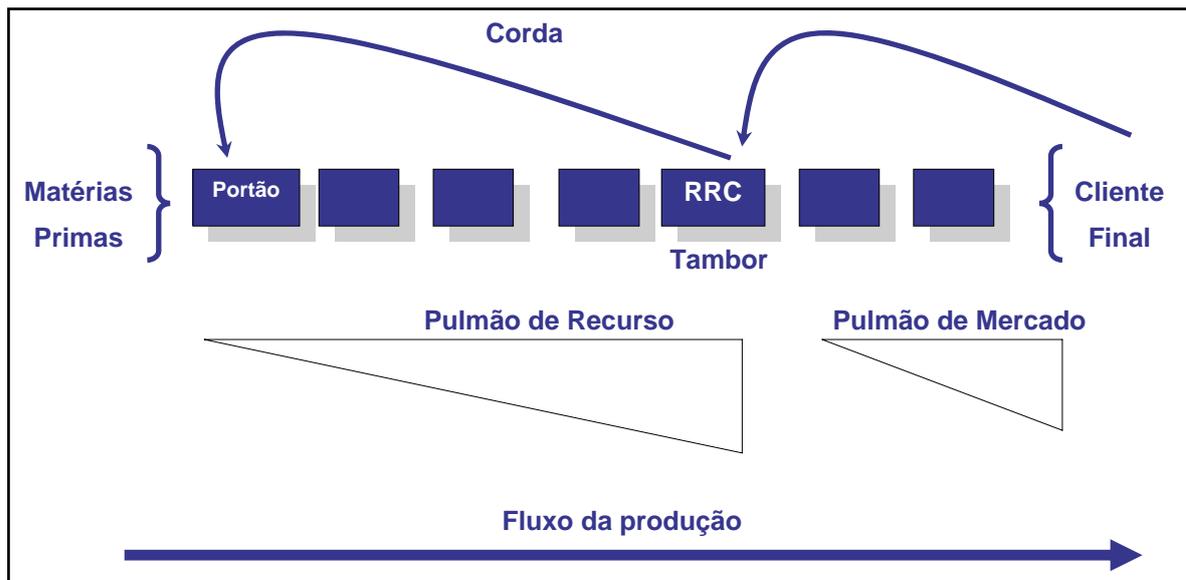


Figura 4: Maneira TPC de programar (MOORE & SCHEINKOPF, 1998).

Segundo Moore e Scheinkopf (1998), na maneira TPC de programar, tem-se as seguintes definições:

- **Tambor** – Limita o ritmo de todo o fluxo conforme a capacidade do RRC
- **Pulmão de Recurso** – Inventário pré-definido para evitar interrupções no RRC
- **Corda** – Estabelece o ritmo da matéria-prima, conforme o ritmo do RRC

O pulmão de mercado protege o cliente contra a falta de abastecimento, devido a alguma interrupção ocorrida em alguma etapa do fluxo que comprometa as datas de entrega.

2.2.1 CORRENTE CRÍTICA (CC)

Segundo Copatto (2005), o método da corrente crítica é o método de gerenciamento de projetos da teoria das restrições. Portanto, segue a mesma filosofia de melhoria contínua, conforme indicado na figura 5. Para cada passo do processo de melhoria contínua da TOC tem-se um correspondente na Corrente Crítica.

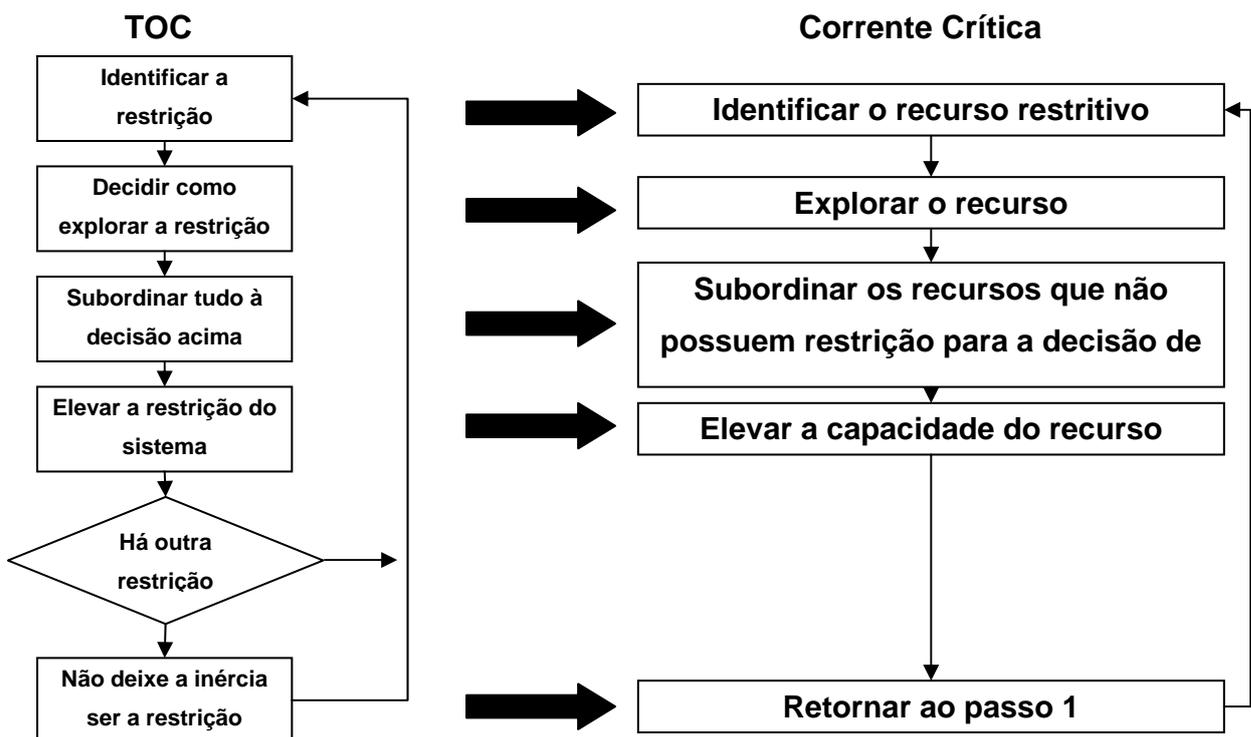


Figura 5: Aplicação dos cinco passos da TOC no gerenciamento projetos. Adaptado de Copatto (2005).

Segundo Goldratt (1998), corrente crítica é a corrente mais comprida de etapas dependentes, que é a restrição. Quando se executa vários projetos simultaneamente, o caminho crítico de cada um deles não pode ser considerado como restrição, pois algumas etapas utilizam o mesmo recurso e alguns recursos são utilizados por vários projetos.

Para um único projeto, o tamanho do caminho crítico é que vai determinar a duração do mesmo, logo ele é a principal restrição e também a principal fonte de preocupação para o gerente de projetos, já que o objetivo de todo o projeto é o de

entregar tudo o que foi proposto, dentro do prazo e com os custos dentro do previsto, e satisfazendo o cliente (QUELHAS E BARCAUI, 2004).

Umble e Uumble (2003) complementam dizendo que a técnica CC reconhece a gravidade do problema da disputa de recursos. A definição convencional do caminho crítico refere-se à seqüência de mais longa duração de atividades dependentes de um projeto. Mas a disputa por recursos, que podem ser a maior fonte de dependência em um projeto, não é formalmente reconhecida na determinação do caminho crítico. Na realidade, a verdadeira seqüência mais longa de atividades, pode ser composta por atividades em diferentes caminhos conectados por atividades que são executadas por recursos comuns. Essa seqüência é chamada de Corrente Crítica, que descreve a seqüência de atividades críticas mais corretamente que o tradicional conceito do caminho crítico, sendo uma melhor estimativa de mínimo tempo de conclusão do projeto.

Num ambiente de múltiplos projetos, especialmente onde existem recursos compartilhados, o gerenciamento torna-se bem mais complexo. Os resultados dos projetos dependem diretamente do conjunto de recursos, mas o fato é que eles são finitos. À primeira vista, a competência e a capacidade desses recursos, podem ser consideradas como principal fator restritivo, mesmo porque, existem recursos que são mais comumente solicitados que os outros, sendo assim, serão considerados como restrições (QUELHAS E BARCAUI, 2004).

Levy & Globerson (1997), afirmam que gerenciar um ambiente de múltiplos projetos, não é só uma adição de esforços de gerenciamento requeridos em projetos únicos. Exigem-se perspicácia e ferramentas adicionais para executar em paralelo um número de projetos, usando recursos limitados. Surgem freqüentes conflitos de interesse quando dois ou mais projetos necessitam de um mesmo recurso para um mesmo período, ocasionando atrasos de projetos e extrapolações de custos.

O que normalmente limita os recursos a serem mais efetivos em seu trabalho é a multitarefa nociva, ou seja, combinação de diversas tarefas não sincronizadas e a falta de direção clara das prioridades, resultando na perda de foco e na tentativa de se fazer varias tarefas ao mesmo tempo. Para muitas organizações, a maior

restrição é a prática do lançamento de vários projetos ao mesmo tempo, sem se preocupar com a capacidade do sistema e sem estabelecer prioridades (QUELHAS E BARCAUI, 2004).

Segundo Goldratt (1997), um ponto importante é em relação às folgas. Quando se monta um cronograma, a tendência é que em todas as etapas seja colocada uma folga para se proteger a data final de cada uma delas, porém, pode-se perceber que mesmo quando as folgas não se fazem necessárias, a data final de cada etapa não é antecipada, e as folgas se perdem durante a execução.

Segundo Elder (2006), o principal fator que leva as pessoas a embutirem folgas nas estimativas, é a multitarefa. Quando se sabe que não lhe será permitido iniciar uma tarefa, trabalhar nela até terminar e depois prosseguir para a próxima tarefa, você será forçado a dar uma estimativa muito maior sobre quanto tempo levará para completar a tarefa. Se você sabe que levará dois dias para completar uma tarefa, mas também sabe que será interrompido, incluirá o tempo de interrupção na estimativa. Agora, uma tarefa de dois dias é estimada em 10 dias, ocorrendo o mesmo com as demais levando a uma estimativa total muito maior do que deveria, conforme exemplo da figura 6.

Etapa	Estimativas Locais de Tempo em Dias				Evolução do <i>Lead Time</i> Somando as Folgas Embutidas
0	1	1	2	3	7
1	1+1+ 1 =3		2+3+ 3 =8		7+ 4 =11
2	3+8+ 4				7+ 4 + 4 =15
Prazo de Entrega Informado pelo Gerente		15+ 3		7+ 4 + 4 + 3 =18	

Figura 6: Cronograma com folgas locais. Adaptado de Elder (2006).

Segundo Goldratt (1998), mesmo com todas as folgas embutidas nas estimativas locais mais aquelas consideradas pelos gerentes, os projetos ainda atrasam, aumentando ainda mais a insatisfação dos clientes.

O que gera o desperdício das folgas e o aumento do *lead time* é o comportamento humano. Portanto, é necessário parar com os hábitos distorcidos, e com isso conseguir reduzir em muito o *lead time*, isto é, não estamos lidando com um problema matemático ou de engenharia, estamos lidando com um problema de comportamento humano. É necessário tirar a segurança individual e levá-la para o final, não para ganhar algum pequeno intervalo de tempo, mas sim para reverter o círculo vicioso (Umble e Umble, 2000).

Segundo Elder (2006), os principais motivos dos atrasos são: a “Síndrome do Estudante”, a Lei de Parkinson e a Multitarefa Nociva.

Segundo Umble e Umble (2000), o termo “Síndrome do Estudante” é derivado da tendência dos estudantes de esperarem até o último minuto para iniciar os estudos para uma prova ou um trabalho em termos de projeto. Quando a briga por tempo extra é bem sucedida e há abundância de tempo, pouca urgência é dada para começar a atividade imediatamente. Frequentemente a atividade é atrasada até que uma significativa porção de disponibilidade de tempo tenha sido consumida. Se surgir um problema imprevisto nesse tempo, haverá uma corrida frenética para terminar o projeto no tempo.

Se um problema substancial for detectado numa das últimas etapas do projeto, a soma do restante das folgas certamente não será suficiente para uma reação, conforme demonstrado na figura 7 (GOLDRATT, 1997).

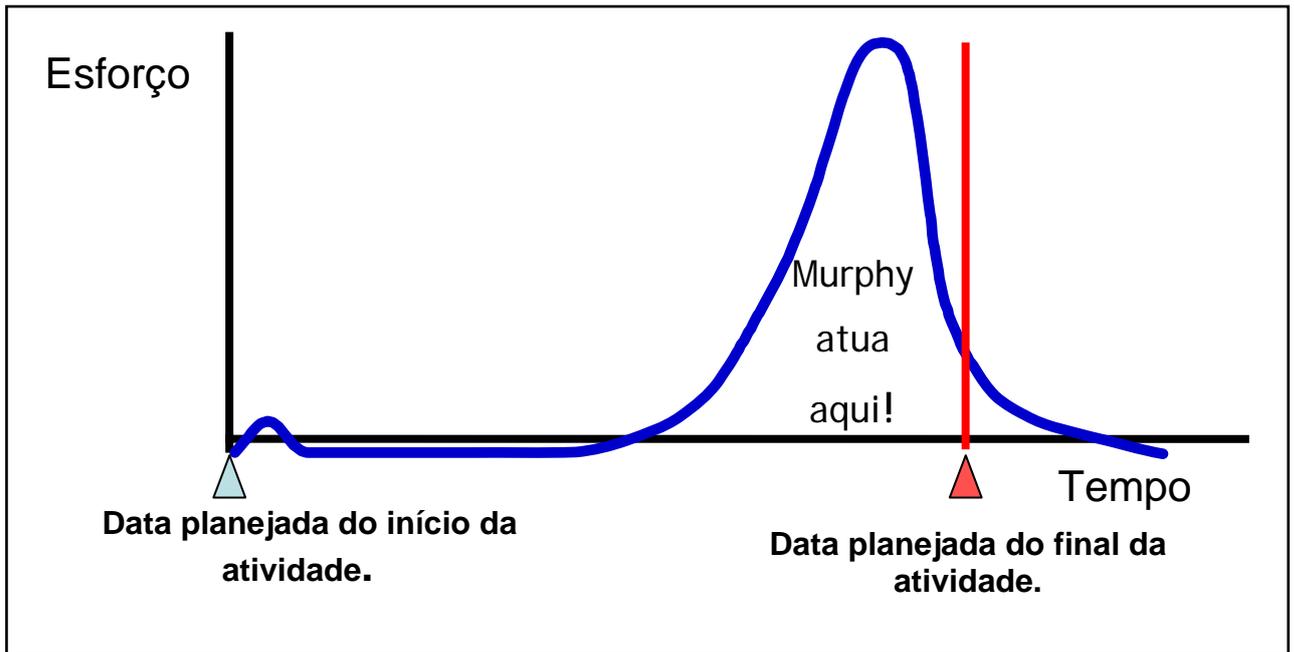


Figura 7: Gráfico de Ocorrências durante as atividades. Adaptado de Goldratt (1997).

A “Lei de Parkinson”, segundo Cerveny e Galup (2002), é uma bem conhecida brincadeira de engenharia. Na atualidade, é um comportamento lógico, quando visto no contexto de como os recursos são estimados, que é primariamente sobre suas habilidades em atingir a data de conclusão unida a um agressivo corte, com o qual, muitos gerentes de projeto comprometem-se quando informam números (excessivos) de estimativas de tempo. Diante disso, a tendência humana é de se utilizar todo o tempo estimado para a tarefa, mesmo quando se percebe que é possível terminá-la bem antes, principalmente em ambientes de múltiplos projetos.

Segundo Goldratt (1998), na maioria dos ambientes de múltiplos projetos, para melhor utilizar as pessoas, a maior parte delas não está dedicada a um único projeto. Isto quer dizer que os recursos fazem multitarefa, e como há demandas de todos os lados pelo uso dos recursos, o gerente do recurso acaba tendo de mover seus recursos entre tarefas/projetos, mesmo antes de terminar a tarefa na qual está trabalhando e sem níveis de prioridade bem definidos. Nessa situação, as prioridades se definem a partir do recebimento das reclamações pelos atrasos de entrega.

A multitarefa encoraja todas as atividades a tornarem-se mais longas do que o necessário. Se o gerenciamento aloca funcionários concentrados em uma atividade, sem interrupção cada atividade poderia ser entregue mais cedo. Em adição, os trabalhadores ganham mais satisfação com o trabalho por estarem disponíveis para se concentrarem mais em um trabalho e terminá-lo sem interrupção (RETIEF, 2002).

Goldratt (1998), propõe a aplicação de duas regras para solução dos problemas acima citados:

- 1) Cortar as estimativas atuais em 50%
- 2) Incluir, no final, tempo de segurança igual a metade do tempo eliminado de cada tarefa.

Essas duas regras podem parecer simplistas, mas estão longe disso. O chamado pulmão de projeto concentra todas as folgas do caminho crítico no final do projeto, conforme figura 8, assim a cada ataque de “*murphy*”, em qualquer que seja a etapa do caminho crítico, pode-se recorrer ao pulmão de projeto, e assim proteger a data final (GOLDRATT, 1998).

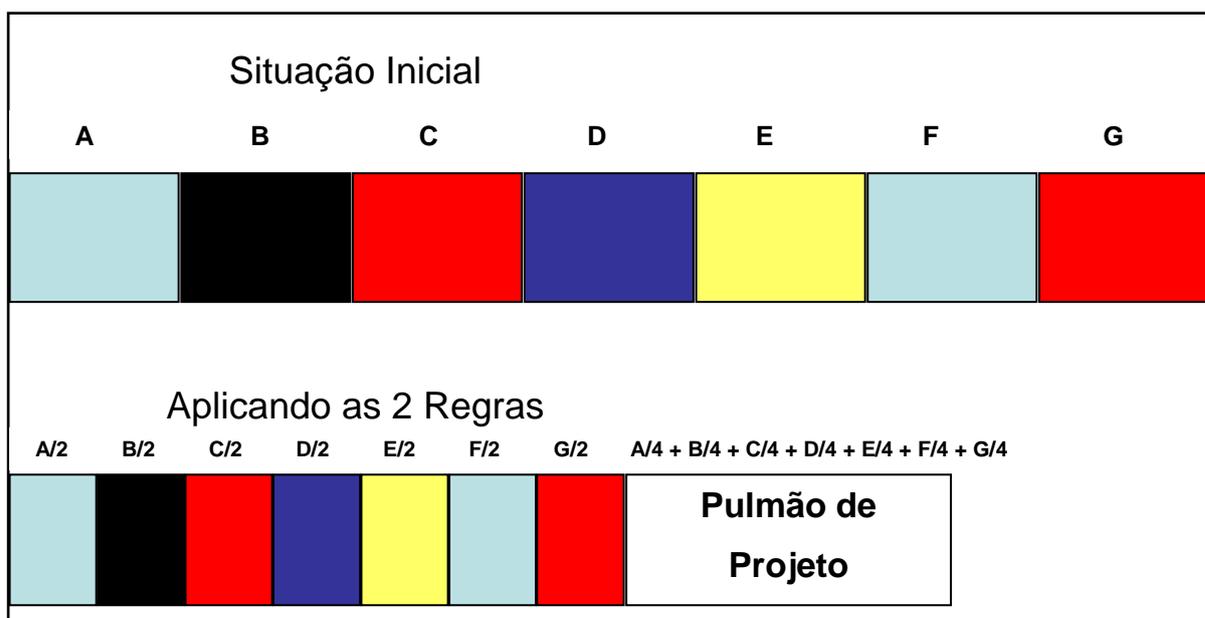


Figura 8: Comparativo entre aplicação de folgas locais e utilização de pulmão de projeto. Adaptado de Goldratt (1997).

2.2.2 DIFERENÇAS ENTRE A CORRENTE CRÍTICA E O PERT/CPM

As principais diferenças entre Corrente Crítica e PERT/CPM estão mostradas no Quadro 01 e detalhadas nos anexos de “D” a “I”.

Principais diferenças	Corrente Crítica	PERT/CPM
Caminho mais longo	Dependência das atividades e recursos	Somatória das durações das atividades
Estimativa de tempo das atividades	Retira o tempo de segurança, substituindo por pulmões. Não há <i>milestone</i> (marco).	CPM: Determinístico PERT: Estocástico
Programação do recurso	Pulmão de recurso para assegurar a disponibilidade	Assume que os recursos estão disponíveis quando necessário
Programação das atividades não-crítica	Terminam o mais cedo possível e insere pulmão de convergência	Adia ao máximo o início da atividade para minimizar custos
Controle e medição	Gerenciamento dos pulmões	Reuniões, relatórios e <i>milestone</i> . Utiliza a ferramenta Análise do Valor do Trabalho Realizado
Múltiplos projetos	A restrição é o recurso e utiliza os cinco passos da TOC	Não consideram ambientes de múltiplos projetos. Recurso tratado como projeto único

Quadro 01: - Principais diferenças entre Corrente Crítica e PERT/CPM - Fonte: Copatto (2007).

A fim de atingir o objetivo de aplicação de conceitos da TOC e CC ao Gerenciamento de Projetos, a base teórica exposta neste capítulo será utilizada para a identificação dos problemas de Gerenciamento de Projetos na empresa escolhida, e para a proposição do método com base na TOC e na CC.

3 LEVANTAMENTO DE DADOS

Para a obtenção dos dados necessários para aplicação dos conceitos, é necessário primeiramente definir o perfil adequado de empresa, a fim de identificar com clareza os pontos de melhoria no método atual de gerenciamento dos projetos, e propor uma nova metodologia que reduza o *lead time* médio atual.

Sendo assim, o perfil indicado é de uma empresa com as seguintes características:

- Ambiente de múltiplos projetos
- Conflitos e disputas internas por recursos
- Índice real de atraso acima de 30%
- Prazos de entrega não competitivos.

3.1 ESCOLHA DA EMPRESA

A P&B, empresa escolhida para a pesquisa, atua no setor de distribuição elétrica, oferecendo produtos e soluções para distribuição, comando e proteção, tanto em baixa como em média tensão. Como cada cliente tem uma necessidade diferente, todos os painéis elétricos são feitos sob projeto, um dos motivos pelo qual a empresa foi escolhida para fazer parte desta pesquisa.

A empresa possui três linhas de painéis elétricos para atender as diferentes necessidades dos diversos tipos de clientes, sendo que, para baixa tensão existe apenas uma linha para todos os mercados. Para a média tensão existem duas linhas, sendo: uma para aplicações de menor potência (compacto), e outra para as potências mais altas (*metal clad*).

Para melhor entendimento, essas linhas são brevemente descritas na seqüência do texto.

3.1.1 PAINEL DE BAIXA TENSÃO

Os painéis de baixa tensão são aplicados em tensões de até 1000 Volts (V) e 6300 Amperes (A), para distribuição (Anexo J) e controle de motores (Anexo K), cujo prazo de entrega varia de 75 dias a 150 dias, de acordo com a complexidade do projeto.

Para ambos os casos, a aplicação dos componentes elétricos dentro dos painéis que formam o conjunto é definida de acordo com a necessidade de cada cliente, o que configura um ambiente de projetos totalmente customizados.

3.1.2 PAINEL DE MÉDIA TENSÃO – METAL CLAD

Os painéis de *metal clad* são aplicados em tensões de até 36KV e 2500 Amperes (A), para distribuição (Anexo L), cujo prazo de entrega varia de 90 dias a 150 dias. Estes painéis são aplicados em grandes indústrias, principalmente mineradoras e petroquímicas, nas quais a potência instalada é muito alta.

Assim como nos painéis de baixa tensão, o projeto é configurado de acordo com as necessidades do cliente, de modo que todos os circuitos de comando são configurados para cada aplicação específica.

3.1.3 PAINEL DE MÉDIA TENSÃO COMPACTO

Estes painéis são aplicados em subestações de transformação e distribuição de 3KV a 24KV e 630A, podendo ser compostos por vários tipos de cubículos, conforme as opções ilustradas nos Anexos M, N e O, formando conjuntos, conforme exemplo mostrado no Anexo P.

Para aplicar os conceitos estudados, decidiu-se pela utilização desta linha de painéis como experimento piloto, devido à diversidade das aplicações. O grande número de

combinações possíveis entre os cubículos existentes, somado ao alto nível de customização durante o projeto, caracterizam um ambiente adequado para o estudo a ser realizado.

Este produto tem como principal foco o mercado predial (Bancos, Centros Empresariais, *Shopping Centers*, etc...), no qual a concorrência é bastante grande, principalmente em relação aos prazos de entrega.

3.2 PROBLEMA IDENTIFICADO

Atualmente, o mercado tem exigido em média um prazo de 60 dias, porém, com a estrutura, as ferramentas e metodologia utilizada, a P&B tem conseguido executar os pedidos entre 60 e 75 dias, ou seja, extrapola constantemente o prazo de entrega.

Apesar de classificado como o melhor painel em sua categoria, os clientes acabam priorizando os prazos de entrega, o que os leva a buscar alternativas que atendam aos prazos.

Para tentar identificar as causas e propor as possíveis soluções, é feita uma análise de todas as etapas do fluxo existente, desde a entrada do pedido até a expedição do produto.

3.3 ANÁLISE DO FLUXO EXISTENTE PARA EXECUÇÃO DOS PROJETOS

A partir da consolidação de cada pedido, existe uma seqüência obrigatória de etapas a ser seguida, conforme figura 16. Em cada uma das etapas consta o *lead time* previsto no cronograma de execução para um projeto composto apenas por cubículos padrão, resultando num *lead time* previsto de 44 dias úteis ou 60 dias corridos.

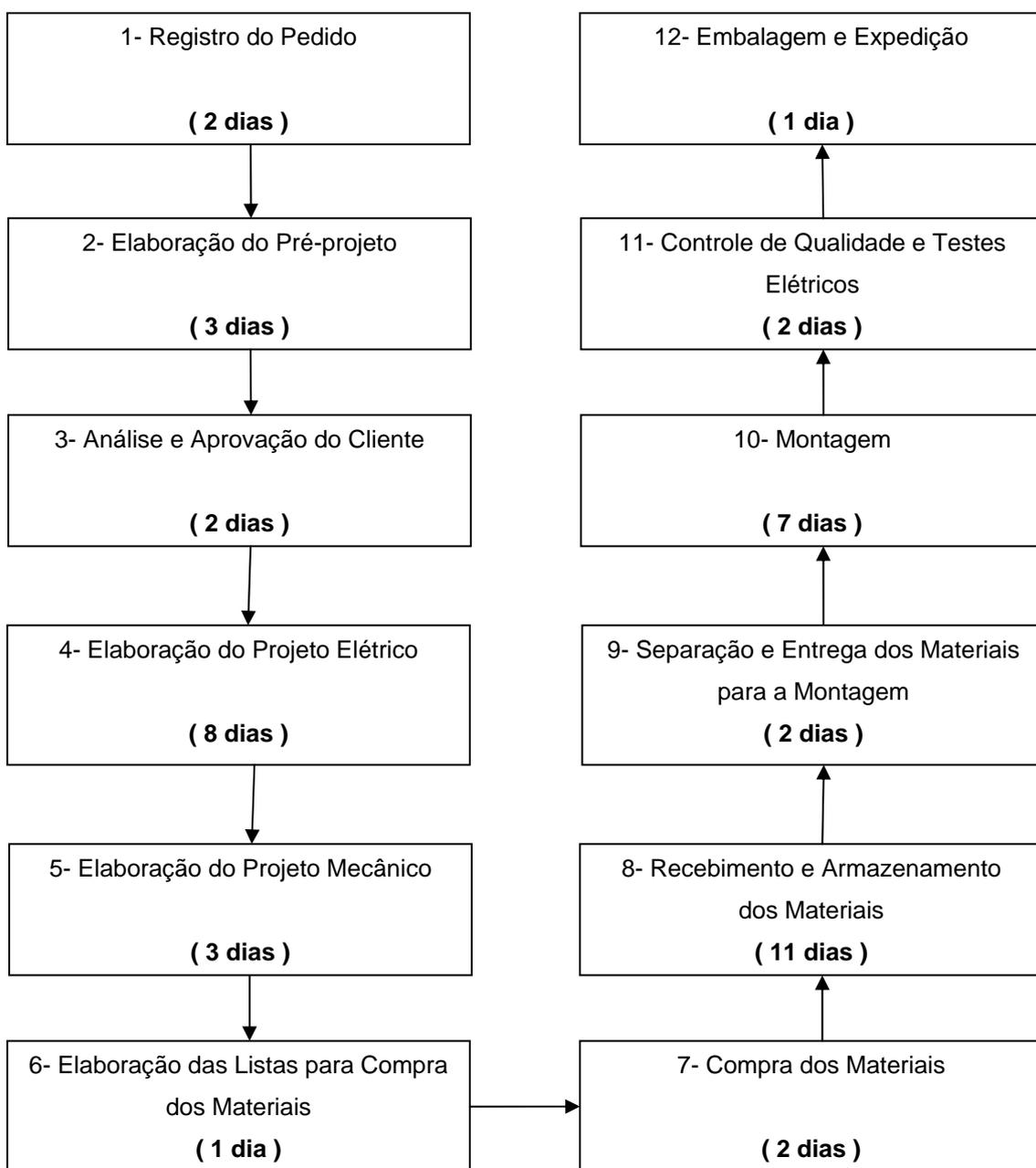


Figura 09: Fluxo dos Pedidos (Estado Atual) – Fonte: P&B S/A (2007)

Nos prazos estipulados para a realização de cada etapa do fluxo, as folgas e as previsões de atrasos já são consideradas. Isso será mais explorado no detalhamento das etapas que é apresentado a seguir.

3.3.1 DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES POR ETAPA

As atividades de cada etapa foram divididas por meio das tabelas de 01 até 12, e para identificar se uma atividade agrega ou não agrega valor, foram utilizadas as cores: **verde** e **vermelha**, respectivamente. Também foram indicados os tempos de cada atividade, a diferença entre o tempo de cronograma e o realmente necessário (folga) e o recurso utilizado.

O objetivo foi identificar as diferenças entre o período realmente necessário de execução e o previsto. Este é um dos dados utilizados para que sejam diagnosticadas as etapas restritivas e para se definir o tamanho do pulmão de projeto.

Também pode ser utilizada a classificação de agregação de valor das atividades, para aumentar a capacidade dos recursos com restrição de capacidade aos níveis necessários para se atender o mercado.

Atualmente, a P&B S/A tem conseguido uma média de 05 pedidos por mês, mas com base na quantidade de pedidos perdidos por motivo de prazo de entrega, a expectativa é que, numa situação normal, este número chegue ao menos em 08 pedidos por mês, podendo chegar a 10.

Atividade	Tempo (Horas)	Cor
Análise da documentação técnica e comercial	4,0	Vermelha
Preenchimento da Solicitação de Registro	1,0	Vermelha
Registro no Sistema	1,0	Vermelha
Abertura de cronograma de execução do pedido	2,0	Vermelha
Total Verde em Horas		0,0
Total Vermelho em Horas		8,0
Total Necessário em Dias		1,0
Tempo de Cronograma em dias		2,0
Diferença entre o Cronograma e o Necessário em Dias (Folga)		1,0
Recurso Utilizado em Pessoas		0,5

Quadro 02: Etapa 01 - Registro do Pedido - Fonte: P&B S/A (2007)

No Quadro 02, nota-se que nenhuma das atividades agrega valor ao produto, porém são necessárias. Existe uma folga de um dia que pode ser colocada no pulmão de projeto.

Atividade	Tempo (Horas)	Cor
Elaboração da Análise Crítica	3,0	Vermelha
Elaboração do Diagrama Unifilar inicial	3,0	Verde
Elaboração da filosofia de funcionamento	4,0	Verde
Preparação da documentação para envio ao cliente	2,0	Vermelha
Total Verde em Horas		6,0
Total Vermelho em Horas		7,0
Total Necessário em Dias		1,87
Tempo de Cronograma em dias		3,0
Diferença entre o Cronograma e o Necessário em Dias (Folga)		1,13
Recurso Utilizado em Pessoas		0,5

Quadro 03: Etapa 02 - Elaboração do Pré-projeto - Fonte: P&B S/A (2007)

No Quadro 03, caso as informações contidas na documentação dos clientes fossem cem por cento confiáveis, a análise crítica poderia ser excluída. Nesta etapa existe uma folga de 1,13 dias que pode ser reservada para o pulmão de projeto.

Atividade	Tempo (Horas)	Cor
Envio da documentação ao cliente	1,0	Vermelha
Tempo de espera	8,0	Vermelha
Análise da documentação comentada pelo cliente	2,0	Vermelha
Total Verde em Horas		0,0
Total Vermelho em Horas		11,0
Total Necessário em Dias		1,37
Tempo de Cronograma em dias		2,0
Diferença entre o Cronograma e o Necessário em Dias (Folga)		0,63
Recurso Utilizado em Pessoas		0,2

Quadro 04: Etapa 03 - Análise e Aprovação do Cliente - Fonte: P&B S/A (2007)

No Quadro 04 ocorre o mesmo do Quadro 03, com uma folga de 0,63 dias.

Atividade	Tempo (Horas)	Cor
Dimensionamento dos componentes	6,0	Verde
Solicitação de cadastro de novos componentes no sistema	3,0	Vermelha
Emissão da lista de compra dos itens com <i>lead time</i> longo	3,0	Verde
Elaboração do Diagrama Elétrico final	16,0	Verde
Envio da documentação à montagem e ao projeto mecânico	2,0	Vermelha
Total Verde em Horas		25,0
Total Vermelho em Horas		5,0
Total Necessário em Dias		3,75
Tempo de Cronograma em dias		8,0
Diferença entre o Cronograma e o Necessário em Dias (Folga)		4,25
Recurso Utilizado em Pessoas		2,0

Quadro 05: Etapa 04 - Elaboração do Projeto Elétrico - Fonte: P&B S/A (2007)

A elaboração do projeto elétrico, mostrado no Quadro 05, não possui nenhuma possibilidade de redução dentro do total necessário, porém existe uma folga de 4,25 dias que os projetistas solicitaram para suprir as incertezas dos projetos.

Atividade	Tempo (Horas)	Cor
Análise da documentação	2,0	Vermelha
Elaboração dos desenhos necessários	4,0	Verde
Elaboração do projeto mecânico final	3,0	Verde
Envio da documentação à montagem	2,0	Vermelha
Total Verde em Horas		7,0
Total Vermelho em Horas		4,0
Total Necessário em Dias		1,37
Tempo de Cronograma em dias		3,0
Diferença entre o Cronograma e o Necessário em Dias (Folga)		1,63
Recurso Utilizado em Pessoas		1,0

Quadro 06: Etapa 05 - Elaboração do Projeto Mecânico - Fonte: P&B S/A (2007)

O projeto mecânico, apresentado na Quadro 06, segue a mesma linha do projeto elétrico, porém, neste caso a folga é de 1,63 dias.

Atividade	Tempo (Horas)	Cor
Elaboração da Lista Elétrica	2,0	Vermelha
Elaboração da Lista Mecânica	2,0	Vermelha
Lançamento das listas no Sistema	2,0	Vermelha
Envio da Guia de Remessa que libera a compra	0,5	Vermelha
Total Verde em Horas		0,0
Total Vermelho em Horas		6,5
Total Necessário em Dias		0,81
Tempo de Cronograma em dias		1,0
Diferença entre o Cronograma e o Necessário em Dias (Folga)		0,19
Recurso Utilizado em Pessoas		0,3

**Quadro 07: Etapa 06 - Elaboração das Listas para Compra dos Materiais -
Fonte: P&B S/A (2007)**

O tempo gasto na elaboração das listas não agrega nenhum valor ao produto e poderia ser muito menor, caso estas listas fossem elaboradas automaticamente por meio de um programa direcionado a projetos. Neste caso a folga é de apenas 0,19 dias, conforme mostra a Quadro 07.

Atividade	Tempo (Horas)	Cor
Emissão das Ordens de Compra	4,0	Vermelha
Envio das Ordens de Compra e Desenhos aos Fornecedores	3,0	Vermelha
Total Verde em Horas		0,0
Total Vermelho em Horas		7,0
Total Necessário em Dias		0,87
Tempo de Cronograma em dias		2,0
Diferença entre o Cronograma e o Necessário em Dias (Folga)		1,13
Recurso Utilizado em Pessoas		0,5

Quadro 08: Etapa 07 - Compra dos Materiais - Fonte: P&B S/A (2007)

A compra dos materiais, mostrada no Quadro 08, é uma etapa necessária, porém também não agrega valor ao produto. Nesta etapa a folga é de 1,13 dias.

Atividade	Tempo (Horas)	Cor
Tempo de Espera (vinculado ao <i>lead time</i> do material mecânico)	72,0	Vermelha
Emissão das fichas de recebimento	1,0	Vermelha
Inspeção de Recebimento (amostragem)	8,0	Vermelha
Dar entrada dos itens no sistema	2,0	Vermelha
Armazenagem	3,0	Vermelha
Total Verde em Horas		0,0
Total Vermelho em Horas		86,0
Total Necessário em Dias		10,75
Tempo de Cronograma em dias		11,0
Diferença entre o Cronograma e o Necessário em Dias (Folga)		0,25
Recurso Utilizado em Pessoas		1,0

Quadro 09: Etapa 08 - Recebimento e Armazenamento dos Materiais - Fonte: P&B S/A (2007)

Na etapa referente ao recebimento e armazenagem, mostrada no Quadro 09, está incluso o pior caso de *lead time* de fornecedores, que é a maior parte do tempo gasto. Para tal, a folga é de 0,25 dias.

Atividade	Tempo (Horas)	Cor
Emissão das Ordens de Produção	0,5	Vermelha
Emissão das Listas de Separação	0,5	Vermelha
Separação dos Materiais	4,0	Vermelha
Baixa dos materiais no estoque	2,0	Vermelha
Envio dos Materiais à montagem	1,0	Vermelha
Total Verde em Horas		0,0
Total Vermelho em Horas		8,0
Total Necessário em Dias		1,0
Tempo de Cronograma em dias		2,0
Diferença entre o Cronograma e o Necessário em Dias (Folga)		1,0
Recurso Utilizado em Pessoas		1,0

Quadro 10: Etapa 09 - Separação e Entrega dos Materiais para a Montagem -

Fonte: P&B S/A (2007)

Na etapa de separação, os materiais são manuseados pela segunda vez, além de conter uma folga de 1,0 dias. Portanto, esta é uma etapa com grande potencial de ser eliminada.

Atividade	Tempo (Horas)	Cor
Tempo de Preparação (material e ferramental)	2,0	Vermelha
Montagem das estruturas mecânicas	4,0	Verde
Montagem dos componentes elétricos de potência	6,0	Verde
Transporte dos cubículos para a Montagem Final	0,5	Vermelha
Acoplamento mecânico dos cubículos para formar o conjunto	2,0	Verde
Conexão das barras de interligação	2,0	Verde
Montagem dos componentes elétricos de comando	3,0	Verde
Montagem da fiação elétrica de comando	10,0	Verde
Verificações finais	2,5	Vermelha
Fixação das tampas de fechamento	3,0	Verde
Preencher a documentação de montagem	0,5	Vermelha
Total Verde em Horas		30,0
Total Vermelho em Horas		5,5
Total Necessário em Dias		4,44
Tempo de Cronograma em dias		7,0
Diferença entre o Cronograma e o Necessário em Dias (Folga)		2,56
Recurso Utilizado em Pessoas		3,0

QUADRO 11: Etapa 10 - MONTAGEM - Fonte: P&B S/A (2007)

A execução da etapa de montagem é bastante enxuta, porém sempre é previsto uma folga de 2,56 dias para absorver as incertezas. As atividades que não agregam valor, para esta etapa, são realmente necessárias para garantir a qualidade, para movimentar e rastrear o produto.

Atividade	Tempo (Horas)	Cor
Conferência dos componentes elétricos	1,0	Vermelha
Avaliação estética dos chicotes e conexões	1,0	Vermelha
Teste de Tensão Aplicada	2,0	Verde
Teste Funcional	3,0	Verde
Preenchimento da documentação de Teste	0,5	Vermelha
Total Verde em Horas		5,0
Total Vermelho em Horas		2,5
Total Necessário em Dias		0,94
Tempo de Cronograma em dias		2,0
Diferença entre o Cronograma e o Necessário em Dias (Folga)		1,06
Recurso Utilizado em Pessoas		0,7

Quadro 12: Etapa 11 - Controle de Qualidade e Testes Elétricos - Fonte: P&B S/A (2007)

A etapa de controle de qualidade e testes elétricos contém uma folga grande para absorver os retrabalhos decorrentes de erros de montagem e/ou de projeto diagnosticados durante os ensaios.

Atividade	Tempo (Horas)	Cor
Transporte dos cubículos até a área de embalagem	0,5	Vermelha
Limpeza dos cubículos	1,5	Vermelha
Preparar dos materiais avulsos e da Lista de Embarque	1,5	Verde
Embalagem dos cubículos e dos materiais avulsos	2,0	Verde
Baixa do pedido no sistema e emissão da Nota Fiscal	0,5	Vermelha
Liberação para a transportadora	1,0	Vermelha
Total Verde em Horas		3,0
Total Vermelho em Horas		3,0
Total Necessário em Dias		0,75
Tempo de Cronograma em dias		1,0
Diferença entre o Cronograma e o Necessário em Dias (Folga)		0,25
Recurso Utilizado em Pessoas		0,2

Quadro 13: Etapa 12 - Embalagem e Expedição - Fonte: P&B S/A (2007)

A etapa de embalagem e expedição, mostrada no Quadro 13, é a mais pressionada de todas, pois é onde todos os atrasos são acumulados e a folga é de apenas 0,25 dias, que equivale a apenas 2 horas.

Com base nos Quadros de 02 até 13, foram calculadas as capacidades locais em Projetos/Mês, conforme demonstrado na Tabela 01, sendo:

$$\text{Capacidade} = \text{Pessoas Utilizadas} \times 22\text{dias mensais} / \text{Tempo Necessário}$$

Tabela 01: Cálculo das Capacidades – Fonte: P&B S/A

Etapa	Pessoas Utilizadas	Tempo Necessário em Dias	Capacidade em Projetos / Mês
1 – Registro do Pedido.	0,5	1,0	11,0
2 - Elaboração do Pré-projeto.	0,5	1,87	5,88
3 - Análise e Aprovação do Cliente, desconsiderando o tempo de espera.	0,2	0,37	11,89
4 - Projeto Elétrico.	2,0	3,75	11,73
5 - Projeto Mecânico.	1,0	1,37	16,06
6 - Elaboração das Listas de Materiais.	0,3	0,81	8,14
7 – Compra dos Materiais.	0,5	0,87	12,64
8 - Recebimento e Armazenagem dos Materiais, desconsiderando o <i>lead time</i> .	1,0	1,75	12,57
9 - Separação e entrega dos materiais à montagem.	1,0	1,0	22,0
10 – Montagem.	3,0	4,44	14,86
11 - Controle de Qualidade e Testes.	0,7	0,94	16,38
12 – Embalagem e Expedição.	0,2	0,75	5,86

Com base na expectativa de aumento nas vendas, de 05 para 10 pedidos por mês, foram identificadas três etapas restritivas, sendo: a etapa 12 (Embalagem e Expedição) com capacidade de 5,86 Projetos/Mês, seguida pela etapa 02 (Elaboração do Pré-Projeto) com capacidade de 5,88 Projetos/Mês e por último a etapa 06 (Elaboração das Listas de Materiais) com capacidade de 8,14 Projetos/Mês, conforme mostrado na tabela 13.

Se todas as folgas locais forem retiradas e colocadas no final do cronograma, tem-se no *lead time* atual, uma folga total de projeto de 15,04 dias, que é resultado da soma de todas as diferenças entre o cronograma e os dias realmente necessários para execução do pedido.

4 PROPOSTA DE MÉTODO HÍBRIDO PARA GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Para mudar a situação existente, é feita uma proposta para aumentar a capacidade do fluxo, reduzir o *lead time* e garantir o prazo de entrega, por meio dos 04 passos descritos a seguir:

- 1) Análise e Diagnóstico: Identificar, por meio de conceitos da corrente crítica, as etapas com restrição de capacidade e a existência de folgas locais e em excesso.
- 2) Aumentar a capacidade do fluxo: Segundo Goldratt (1998), para aumentar a capacidade do fluxo é necessário aumentar a capacidade das etapas diagnosticadas como restrições que impedem o alcance das metas estabelecidas, e para tal busca-se:
 - Eliminar e/ou reduzir o tempo das etapas que não agregam valor e que interfiram nas etapas restritivas.
 - Redistribuir os recursos entre as etapas restritivas e aumentar onde for necessário, até que o mercado seja a restrição.
- 3) Reduzir o *lead time* do fluxo: Essa redução pode ser feita pelos dois conceitos a seguir:
 - Utilizando-se do conceito principal do Gerenciamento de Atividades Simultâneas, identificam-se as etapas que possam ser feitas em paralelo.
 - Utilizando-se de conceitos da Corrente Crítica, transferem-se todas as folgas locais para o final do cronograma (Pulmão de Projeto) e reduz-se este montante para níveis compatíveis com os riscos do projeto e com a meta estabelecida.

- 4) Se novos desafios de redução de *lead time* padrão forem necessários, reavaliar as etapas a partir do passo 1, refazendo todo o ciclo deste método híbrido.

4.1 APLICAÇÃO

Para reduzir o *lead time* padrão dos pedidos, de 60 dias para 45 dias e garantir o cumprimento deste prazo, propõe-se a seqüência de passos descrita nos itens de 4.1.1 a 4.1.3.

4.1.1 ANÁLISE E DIAGNÓSTICO

O primeiro problema diagnosticado foi o da limitação do fluxo em 5,86 Projetos/Mês que é a capacidade máxima da etapa 12 (Embalagem e Expedição). Como a demanda esperada é de 10 Projetos/Mês, além da etapa 12, as etapas 02 e 06 também são etapas com restrição de capacidade.

Segundo a TOC, para se aumentar a capacidade do fluxo para 10 Projetos/Mês, é necessário elevar a capacidade das etapas acima citadas para 10 ou mais Projetos/Mês.

O segundo problema diagnosticado foi o da existência de folgas locais como forma de proteção dos prazos de conclusão de cada etapa. Mas se caso uma etapa tenha condições de ser antecipada, não significa que a etapa seguinte seja puxada como consequência.

Dessa forma, conforme estudado na Corrente Crítica, além de tornar o *lead time* maior que o necessário, a folga do projeto fica restrita à folga da última etapa, que neste caso é de 2 horas, pois a tendência, segundo a “Lei de Parkinson”, é de todas as etapas usarem as folgas, mesmo não sendo necessário, aumentando também o risco de atraso do projeto como um todo.

Nesse contexto diagnosticado, faz-se uma proposta de método de gestão de projetos visando, a partir de melhorias nas restrições, atender à demanda prevista.

4.1.2 AUMENTANDO A CAPACIDADE DA ETAPA 12 – PRIMEIRA RESTRIÇÃO

Observando o fluxo de logística interna (etapas 08 e 09), foi constatado que os materiais são movimentados duas vezes até chegarem à montagem. Conclui-se que a etapa 09 pode ser eliminada. Para tal, concluído o recebimento, os materiais passam a ser armazenados diretamente nos postos de trabalho.

Com a eliminação, o recurso da etapa 09 é transferido para a etapa 12, o que traz um aumento de capacidade de 5,86 para 35,2. Isto é suficiente para que a mesma deixe de ser a Restrição e ainda superasse muito a demanda de 10 pedidos mensais, sem nenhum custo adicional.

Com esta alteração, a nova Restrição passa a ser a etapa 02 (Elaboração do Pré-projeto), cuja capacidade é de 5,88 projetos por mês.

4.1.3 AUMENTANDO A CAPACIDADE DAS ETAPAS 02 E 06 – SEGUNDA E TERCEIRA RESTRIÇÕES

Como nesta etapa não tem como reduzir o tempo de execução e nem mão-de-obra de projeto suficientemente disponível para compartilhar com as outras etapas, a solução é contratar uma pessoa de projeto elétrico, que além de aumentar a capacidade desta etapa, pode ter parte do seu tempo dedicada à etapa 06 que é a próxima restrição.

Com um acréscimo de 0,8 na quantidade de pessoas, a capacidade da etapa 02 aumenta de 5,88 para 15,29 projetos por mês, e com um acréscimo de 0,2 pessoas, a capacidade da etapa 06 aumenta de 8,14 para 13,58 projetos por mês.

Com mais esta alteração, eleva-se a capacidade deste fluxo de 5,05 para 11 projetos por mês, conforme mostrado na tabela 02. Com a expectativa de 10 projetos por mês, a restrição passa a ser o mercado.

Tabela 02: Cálculo das Capacidades após a Reestruturação – Fonte: P&B S/A

Etapa	Pessoas Utilizadas	Tempo em Dias	Capacidade em Projetos / Mês
1- Registro do Pedido	0,5	1,0	11,0
2- Elaboração do Pré-projeto	1,3	1,87	15,29
3- Análise e Aprovação do Cliente, desconsiderando o tempo de espera.	0,2	0,37	11,89
4- Projeto Elétrico	2,0	3,75	11,73
5- Projeto Mecânico	1,0	1,37	16,06
6- Elaboração das Listas de Materiais	0,5	0,81	13,58
7- Compra dos Materiais	0,5	0,87	12,64
8- Recebimento e Armazenagem dos Materiais, desconsiderando o <i>lead time</i> dos materiais.	1,0	1,75	12,57
9- Montagem	3,0	4,44	14,86
10- Controle de Qualidade e Testes	0,7	0,94	16,38
11- Embalagem e Expedição	1,20	0,87	35,2

4.1.4 ATIVIDADES QUE PODEM SER FEITAS EM PARALELO

Com base nos conceitos de Engenharia Simultânea, após o ajuste das capacidades locais, identifica-se que as etapas 05 e 06 podem ser executadas em paralelo, reduzindo mais um dia no *lead time* total.

4.1.5 AJUSTE E TRANSFERÊNCIA DAS FOLGAS PARA O PULMÃO DE PROJETO

Após todos os ajustes, chega-se ao fluxo demonstrado na figura 17 com um *lead time* 30 dias úteis ou 39 dias corridos e uma folga de projeto de 04 dias úteis ou 06 dias corridos, o que resulta no *lead time* total de 45 dias corridos. Para montagem do cronograma do novo fluxo, os números de dias foram arredondados completando o dia já iniciado.

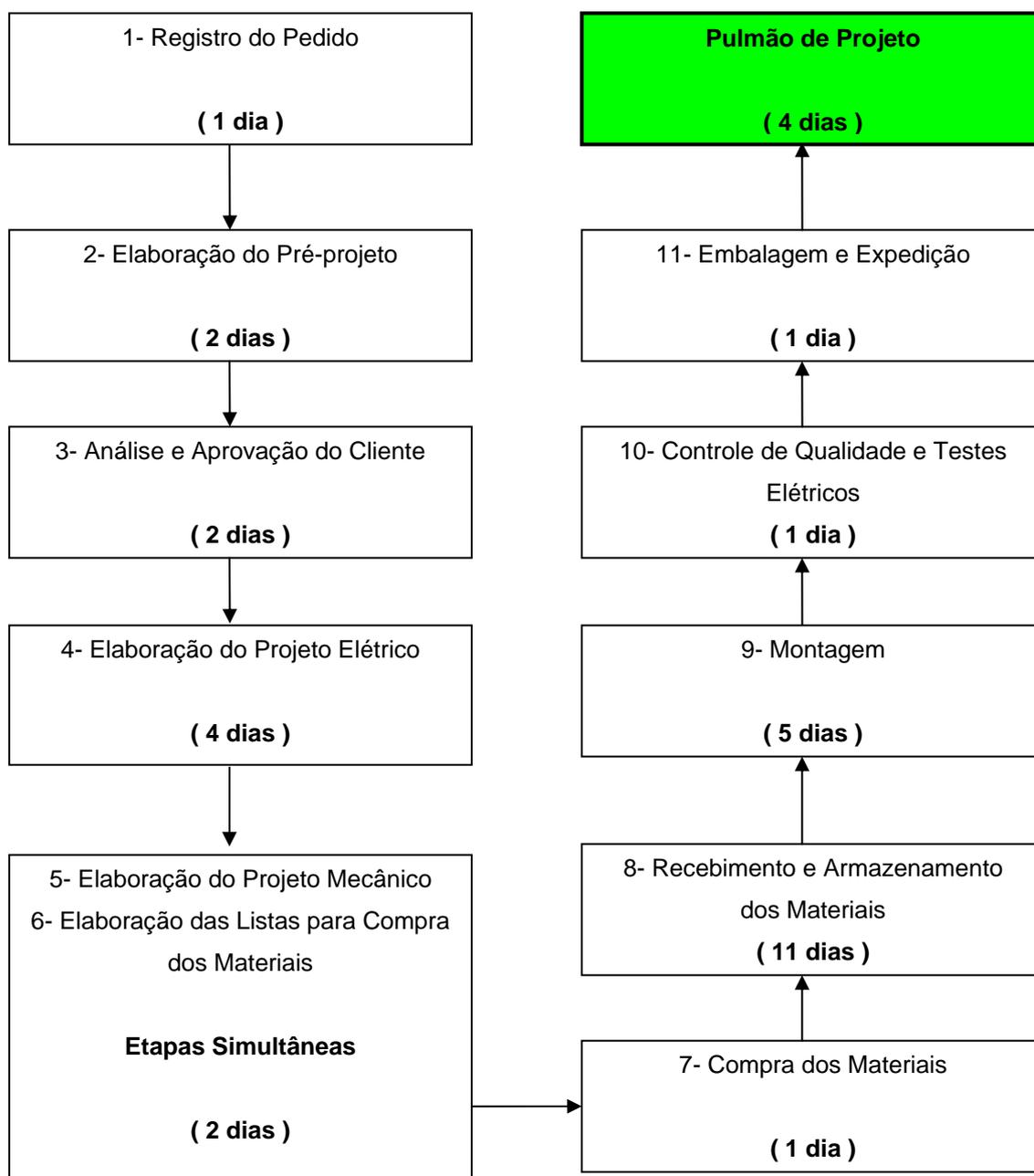


Figura 10 – Fluxo dos Pedidos (Estado Futuro)

Sabe-se que as incertezas estão presentes em um ambiente de projetos, porém a maioria delas é proveniente de falhas internas onde não há o envolvimento do cliente. Por isso, seguindo o conceito da Corrente Crítica, todas as folgas locais estão concentradas no final do fluxo, que é o Pulmão de Projeto.

Caso alguma das etapas seja afetada por algum problema interno ou até mesmo por uma variação de tempo existente entre os projetos, e o pulmão seja suficiente para absorver o tempo adicional, o cronograma pode ser alterado sem que a data final seja afetada.

Os pedidos nem sempre são fechados com uma regularidade, ou seja, pode-se conseguir um pedido hoje, dois ou três amanhã e ficar vários dias sem fechar nenhum. Se fechar dois ou três pedidos num só dia, a data final de entrega será a mesma para todos.

Isso não significa que todos devam ser trabalhados ao mesmo tempo. Nesses casos o pulmão de projeto também deve ser usado para alinhar as datas de início dos cronogramas.

Para comprovar a eficácia do método proposto, é necessário fazer as medições e analisar os resultados comparando-os com os resultados do método anterior.

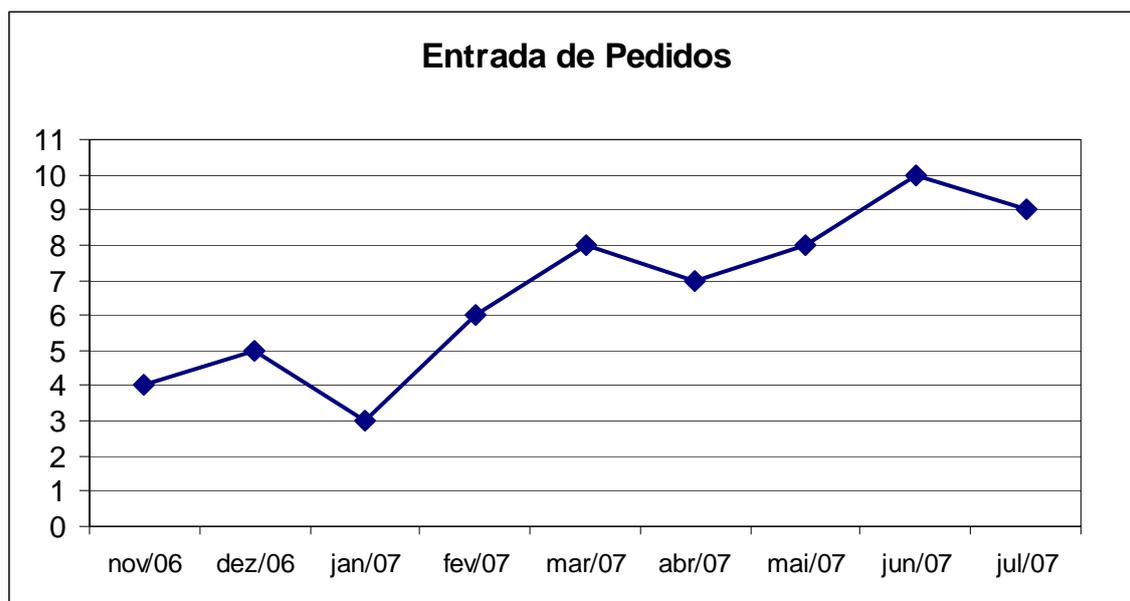
5 RESULTADOS E ANÁLISE

Uma vez aplicado o método híbrido proposto, no presente capítulo é feita uma análise dos resultados obtidos em termos de: desempenho de vendas, desempenho do fluxo e desempenhos locais das etapas.

5.1 DESEMPENHO DAS VENDAS

Os dados foram levantados a partir de três meses antes da implantação do novo fluxo. O gráfico da figura 18 mostra a evolução da entrada de pedidos de Novembro de 2006 até Julho de 2007.

Pode-se notar que houve um crescimento rápido no número de pedidos a partir de Fevereiro de 2007, com tendência de se manter entre oito e dez pedidos a partir de Agosto de 2007. Este aumento deu-se pelo novo *lead time* de 45 dias ofertado aos Clientes.



nov/06	dez/06	jan/07	fev/07	mar/07	abr/07	mai/07	jun/07	jul/07
4	5	3	6	8	7	8	10	9

Figura 11: Gráfico de Entrada de Pedidos - Fonte: P&B S/A (2007)

5.2 DESEMPENHO DO FLUXO

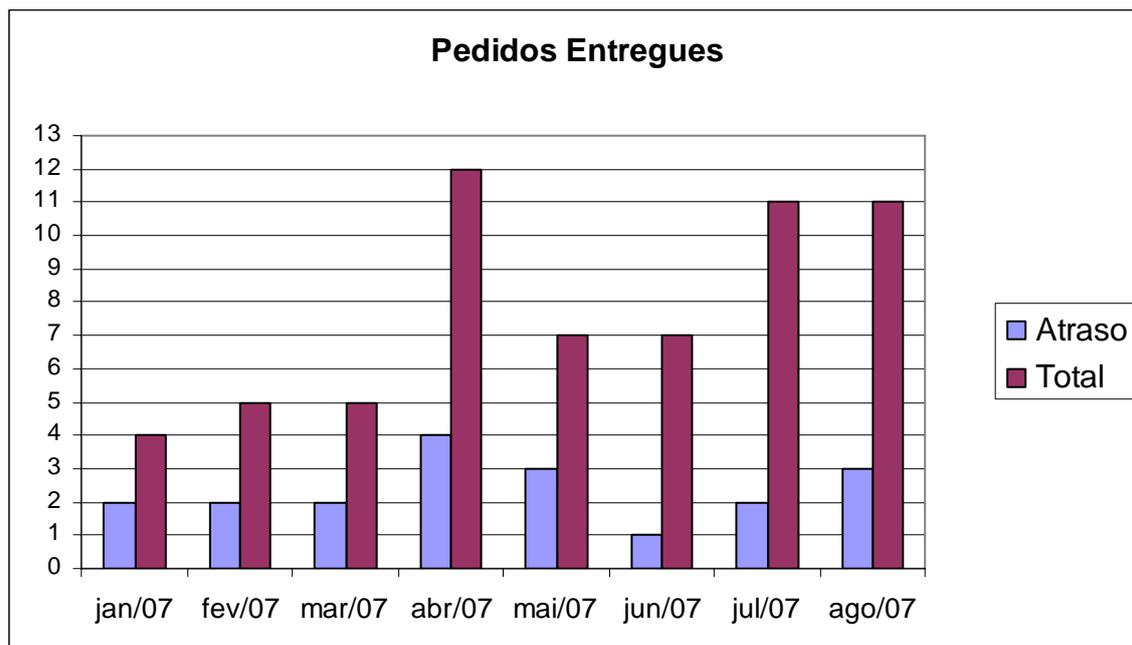
A capacidade de se entregar os pedidos dentro do novo prazo foi o principal questionamento durante os três primeiros meses após a implantação, visto que, o percentual de atraso neste período se manteve bem próximo do que se tinha nos meses anteriores, conforme gráfico da figura 19.

O gráfico da figura 19 mostra também que este foi o período de transição, no qual ainda tinham sido trabalhados pedidos provenientes de ambos os fluxos, portanto, a medição do período de transição ainda não tinha refletido o resultado real.

A redução do percentual de atraso foi notada somente após o mês de Junho de 2007, em que havia apenas pedidos provenientes do novo fluxo. Esta redução ocorreu, principalmente devido à concentração das folgas no pulmão de projeto.

Diferentemente do fluxo encontrado, um pequeno atraso em uma das etapas não implica no atraso do projeto, pois o mesmo pode ser absorvido pelo pulmão preservando assim a data final do contrato.

Segundo Copatto (2005), o que ocorre no fluxo encontrado é a síndrome do estudante, que apesar de todas as etapas terem sua folga, as mesmas sempre são executadas no limite do prazo.

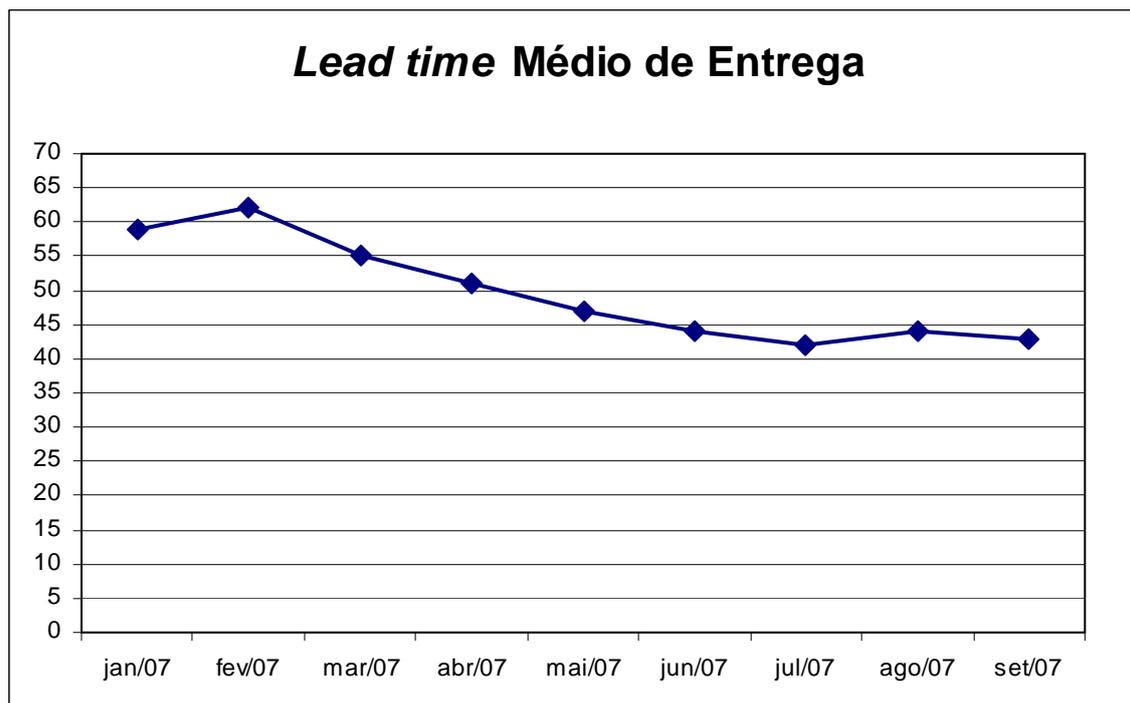


	jan/07	fev/07	mar/07	abr/07	Mai/07	jun/07	jul/07	Ago/07
Atraso	2	2	2	4	3	1	2	3
Total	4	5	5	12	7	7	11	11
%	50%	40%	40%	33%	43%	14%	18%	27%
	Pedidos Antigos		Transição			Pedidos Novos		

Figura 12: Gráfico de Pedidos Entregues - Fonte: P&B S/A (2007)

Pode-se notar no gráfico da figura 20, o início da redução do *lead time* médio a partir do mês de março, que foi quando uma parte dos pedidos entregues, já era proveniente do novo fluxo. A queda se acentuou até o mês de Junho, quando todos os pedidos já vinham do novo fluxo.

O resultado mais importante pode ser notado nos meses de Julho, Agosto e Setembro de 2007, indicado no gráfico da figura 20, que mostra o *lead time* médio com uma tendência de se manter sempre menor que 45 dias.



Jan/07	fev/07	mar/07	abr/07	mai/07	Jun/07	jul/07	ago/07	Set/07
59	62	55	51	47	44	42	44	43
Pedidos Antigos		Transição			Pedidos Novos			

Figura 13: Gráfico de Lead Time Médio de Entrega - Fonte: P&B S/A (2007)

5.3 DESEMPENHOS LOCAIS

No gráfico da figura 21, temos uma avaliação dos desempenhos locais por meio do percentual do pulmão de projeto que cada uma das etapas consumiu, referente aos pedidos registrados no período de Fevereiro de 2007 até julho de 2007.

O objetivo deste indicador é identificar as etapas que mais frequentemente fazem uso do pulmão de projeto e levantar a principal causa, que pode ser pontual ou conceitual.

No caso da figura 21 identificou-se que a etapa 08, que se refere ao recebimento e separação dos materiais, foi a que mais fez uso do pulmão (23,3%).

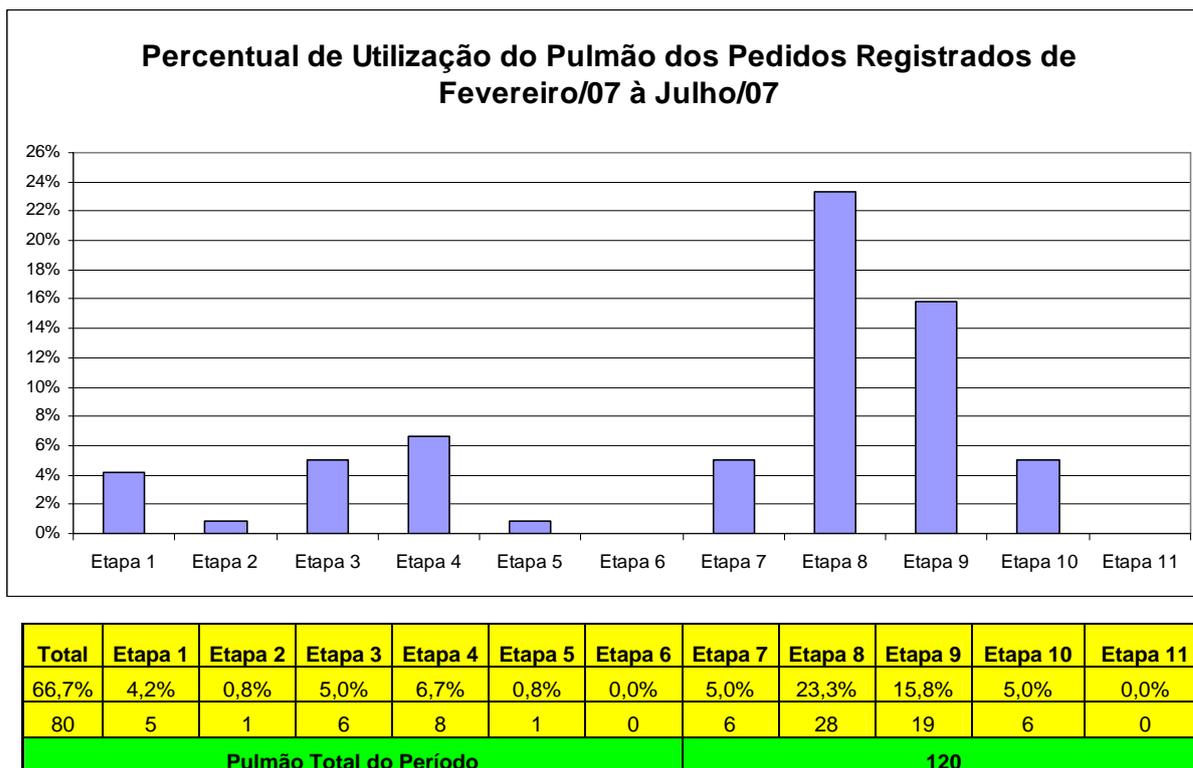


Figura 14: Gráfico de Percentual de Utilização dos Pulmões de Projeto - Fonte: P&B S/A (2007)

Para se ter uma visão de quantidade de projetos impactados pelos atrasos locais, mediu-se também a quantidade de atrasos por etapa, conforme mostrado no gráfico da figura 22.

Neste caso, nota-se uma distribuição bem próxima da obtida no gráfico da figura 21. Isto mostra que, mais especificamente na etapa 08, não houve grandes atrasos por motivos isolados, mas sim uma grande incidência de um mesmo problema com pequenos impactos.

A etapa 08 corresponde ao Recebimento e Armazenagem dos Materiais, e agrega o tempo de espera correspondente ao *lead time* do material mais crítico e essencial para iniciar a montagem.

Após análise do histórico de entrega, foi detectado um percentual de atraso nos materiais mecânicos referentes à estrutura dos painéis, compatível com número atrasos da etapa de Recebimento e Armazenagem.

Com isso, fica comprovado que a causa dos atrasos não era uma falta de recursos na etapa de Recebimento e Armazenagem, mas sim, o não cumprimento dos prazos por parte do fornecedor.

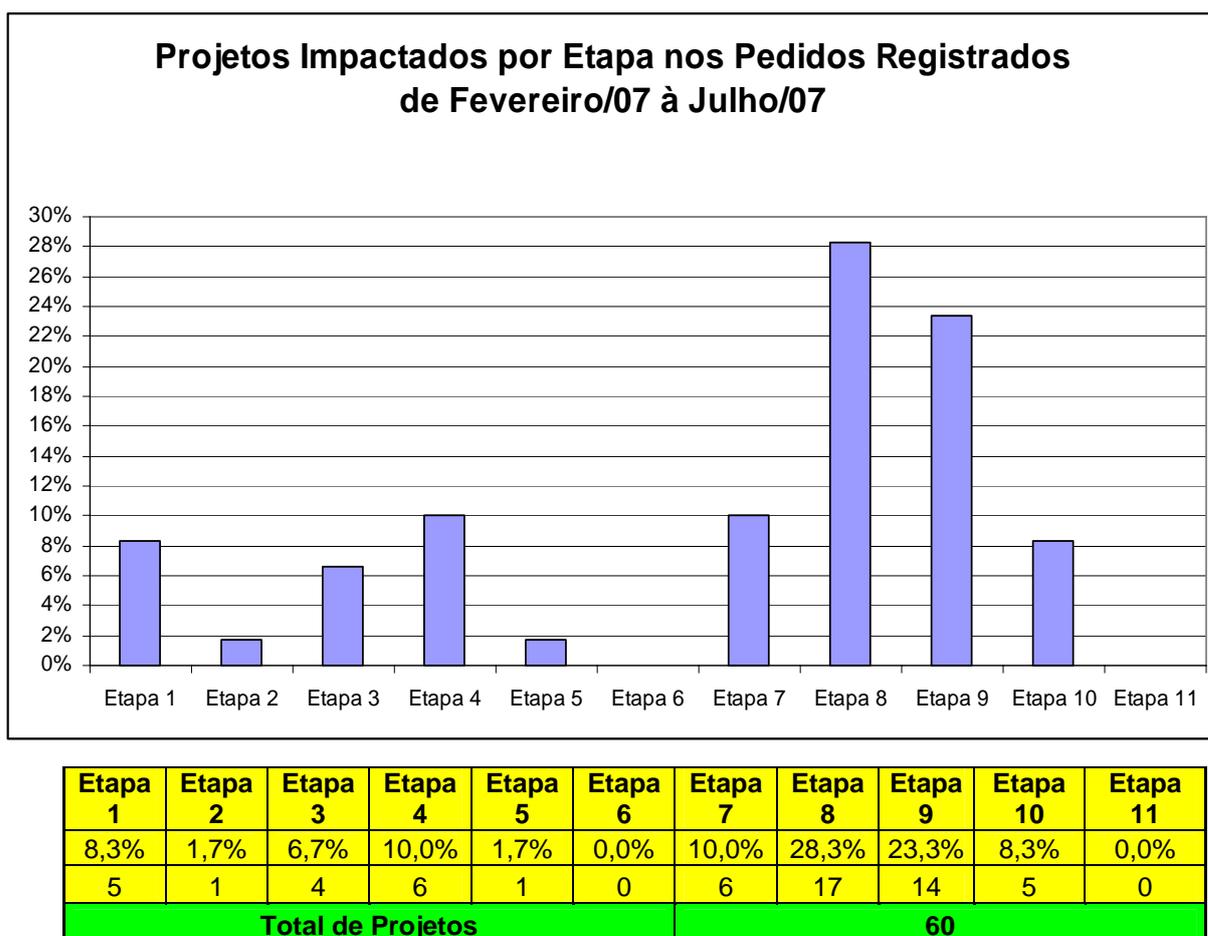


Figura 15: Gráfico de Projetos Impactados por Etapa - Fonte: P&B S/A (2007)

Nos anexos A, B e C, encontram-se as tabelas que mostram respectivamente, o histórico do cronograma inicial, o acompanhamento da realização e a comparação entre o previsto e o realizado de todos os pedidos registrados no período de Fevereiro a Julho de 2007, período monitorado após a implantação do novo método.

5.4 ANÁLISE FINAL

Dos 60 pedidos registrados no período, 45 tiveram uma ou mais etapas com algum atraso, porém, em apenas 10 deles o pulmão de projeto não foi suficiente para absorver todos os dias de atraso, conforme mostrado na tabela 03.

Tabela 03: Resultados Obtidos com Base nos Dados da Tabela do Anexo C

Pulmão Disponível no Período de Fevereiro a Julho de 2007	120 dias
Saldo Após a Realização	40 dias
Total de Pedidos Registrados no Período	60 pedidos
Pedidos com Atraso de Entrega	10 pedidos
<i>Lead time</i> Médio de Entrega	43 dias
Pedidos com Atraso em uma ou mais Etapas	45 pedidos

Conforme já visualizado no gráfico da figura 19, no fluxo antigo no qual as folgas são locais, a tendência é de um índice de atrasos bem mais elevado.

Para exemplificar, foi utilizado o cliente “E” para comparar o previsto e o realizado. Conforme tabela do anexo A, de 09/04/07 a 13/04/07, havia quatro dias úteis de pulmão de projeto, dos quais, conforme tabela do anexo C, dois dias foram consumidos pelo atraso da etapa de Montagem e dois dias pelo atraso da etapa de Recebimento e Armazenagem.

Neste exemplo ficou bem evidente que se o pulmão tivesse sido distribuído entre todas as etapas, a folga referente à montagem e ao recebimento não seria suficiente para absorver os atrasos e o projeto teria atrasado.

6 CONCLUSÕES

Com relação ao objetivo proposto, conclui-se que a aplicação de conceitos da Teoria das Restrições no gerenciamento de múltiplos projetos simultâneos proporciona um melhor aproveitamento dos recursos, e por conseqüência possibilita a redução nos *lead times* de entrega e dos índices de atraso.

Na comparação feita entre medições feitas antes e depois da implantação do novo método de gerenciamento de projetos, pode-se notar uma grande evolução na redução do *lead time*, tornando a P&B mais competitiva no segmento de painéis de média tensão compactos.

Fica claro que o pulmão de projeto é muito mais eficaz do que as folgas locais, pois o pulmão de projeto é usado na medida em que uma ou mais etapas tenham uma necessidade real. Sendo assim, os atrasos de uma ou mais etapas, em muitos casos podem ser absorvidos pelo pulmão de projeto.

A redução do *lead time*, aliada a uma boa redução nos índices de atraso, atraiu mais clientes e elevou a quantidade de pedidos a um volume já próximo da nova capacidade de realização conseguida com a implantação do novo método.

Uma grande vantagem competitiva que se conquista após a implantação deste novo método é a flexibilidade para se ajustar rapidamente a capacidade de realização. Quando a demanda ultrapassa a capacidade do fluxo, a nova restrição já é conhecida e sua elevação pode ser buscada de imediato, sem deixar que a inércia se torne a maior restrição.

Não estão sendo analisados nesta pesquisa os aspectos financeiros, porém é percebido que reduzindo o *lead time*, fatura-se mais rápido e, como conseqüência, aumenta-se as vendas e fatura-se mais. Como se fatura mais rápido, o tempo que os materiais permanecem em estoque também é menor.

Como o desempenho do novo fluxo trouxe resultados expressivos, pode-se utilizar todo o aprendizado obtido na elaboração do método, e estendê-lo para as outras duas linhas de produto da P&B S/A em mais duas etapas, sendo: uma para os painéis de média tensão *metal clad* e outra para os painéis de baixa tensão. Quando o método estiver implantado nas três linhas de produto, o ambiente estará preparado para se fazer uma integração dos recursos, formando uma única corrente.

6.1 PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

- Estudo e desenvolvimento de soluções de informática para viabilizar o método para diferentes aplicações.
- Levantamento e análise de softwares já existentes de Corrente Crítica para aplicação em ambientes de múltiplos projetos.
- Com poucas adaptações o método híbrido também pode ser aplicado em fluxos de produção de máquinas feitas sob encomenda, nos quais os recursos são compartilhados.
- Desenvolvimento de um método de programação de manutenção preventiva aplicando os conceitos da Corrente Crítica.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDABÓ, R. Gerenciamento de projetos: procedimento básico e etapas essenciais. 1ª ed. São Paulo: Editora Artliber, 2001.

BLACKSTONE, J.H.J. Theory of constraints – a status report. *International Journal of Production Research*, vol. 39. no. 6, p. 1053-1080, 2001.

COPATTO, A. S., Análise da Corrente Crítica como alternativa para a gestão de projetos: Potencialidades de aplicação em um sistema produtivo *ENGINEER-TO-ORDER*, dissertação de mestrado, Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), Santa Bárbara d'Oeste, 2005.

CASAROTTO Filho, N., FAVERO, José S., CASTRO, João. E.E. Gerência de Projetos / Engenharia Simultânea. São Paulo: Atlas, 1999.

CERVENY, J.F. & GALUP, S.D. Critical chain project management holistic solution aligning quantitative and qualitative project management methods. *Production and Inventory Management Journal*, third/fouth quarter, 2002.

ELDER, A., *The Five Diseases of Project Management*, No Limits Leadership, Inc., 2006.

EVBUOMWAN, N. F. O., SIVALOGANATHAN, S., JEBB, A., 1995a, Concurrent material and manufacturing process selection in design function deployment, *Concurrent engineering*, vol. 3, n. 2, pp. 135-144.

EVBUOMWAN, N. F. O., SIVALOGANATHAN, S., JEBB, A., 1995b, The development of a desing system for concurrent engineering, *Concurrent Engineering*, vol.3, n. 4, pp. 257-270.

FLEURY, A. C. C. et. al. (2003) – Estratégias Competitivas e Competências Essenciais: Perspectivas para internacionalização da Indústria do Brasil. *Revista G&P Gestão e Produção*, v.10, n.2, p. 129 – 144. São Paulo.

FRAME, J. Davidson, Managing Projects In Organizations. São Francisco : Jossey-Bass inc., 1995.

GOLDRATT, Eliyahu M., Corrente Crítica. São Paulo, Nobel, 1998.

HARTLEY, J. R. Engenharia simultânea: um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos. Porto Alegre: Editora Bookman, 1998.

KATE, J., Program Office : An Enterprrie View, 2000.

LEVY, N., GLOBERSON, S., Improving Multiproject Management by Using a Queuing Theory Approach. Project Management Journal, Vol. 28, n. 4, 1997

MOORE, R., SCHEINKOPF, L., Theory of Constraints and Lean Manufacturing, friends or foes ? Chesapeake Consulting, Inc., 1998.

NOZIK, L.K. & TURNQUIST, M.A. & NINGXIONG, X. Managing portfolios of project uncertainty. Annals of Operations Research, n. 132. p. 243-246, 2004.

PIRES, S.R.I. Gestão estratégica da produção. Piracicaba: Editora UNIMEP, 1995.

PMI - Project Management Institute. A guide to project management body of knowledege - PMBOK Guide. Edition 2000.

PRASAD, B. Current engineering fundamentals: Integrated Product and Process Development. Volume 2. New Jersey: Prentice Hall, 1997.

QUELHAS, O., BARCAUI, André B., Corrente Crítica: uma alternativa à Gerência de Projetos Tradicional. Revista Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia de Produção, 2004.

RETIEF, F. Overview of critical chain project management. Critical Chain Symposium, 2002.

ROESCH, S. M. A. Nota Técnica: pesquisa-ação no estudo das organizações. In: CALDAS, M.; FACHIN, R.; FISCHER, T. (Orgs) Handbook de Estudos Organizacionais. São Paulo: Atlas, 2001.

SMITH, R. P., The historical roots of concurrent engineering fundamentals, IEEE Transaction Engineering Management Review, vol. 44, n.1, 1997

SOUZA, F. B., Do OPT à Teoria das Restrições: Avanços e Mitos. Rev. Produção, São Paulo, v. 15, n. 2, 2005.

STALK, G., Estratégia – A busca da vantagem competitiva. 1a edição. Rio de Janeiro, 1998.

THIOLLENT, M. Notas para o Debate sobre a Pesquisa-Ação. in: BRANDÃO, C. R. (Org.). Metodologia da Pesquisa-Ação. São Paulo: Cortez, 1988.

UMBLE, M. & UMBLE, E. Manage your projects for success: an application of the theory of constraint. Production and Inventory Management Journal, vol. 41, n. 2, p. 27-32., 2000

VAIDYANATHAN, K. Case study in application of project scheduling system for construction supply chain management. Tenth Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-10) – Anais. Gramado, RS, 2002.

VALERIANO, Dalton L. Gerência em Projetos – Pesquisa, Desenvolvimento, Engenharia. São Paulo: Makon Books:1998.

VERGARA, S. C., Métodos de Pesquisa em Administração, São Paulo: Atlas, 2005.

WALTER, C. & RIES, O. A automação de engenharia de produto em um ambiente ETO/OKP. Revista Máquinas e Equipamentos, São Paulo. p. 132-139, Agosto, 1996.

Anexo A: Histórico de Cronogramas Previstos – Fonte: P&B S/A (2007)

Cliente	CRONOGRAMA PREVISTO PEDIDOS REGISTRADOS NO PERÍODO DE FEVEREIRO À JULHO/2007												
	Apresentação do Pedido	Registro do Pedido	Elaboração do Pré-projeto	Análise e Aprovação do Cliente	Projeto Elétrico	Projeto Mecânico	Elaboração das listas de compra	Compras	Recebimento e Armazenagem	Montagem	Controle de Qualidade e Teste	Expedição	Contratual
A	06/02/07	06/02/07	08/02/07	12/02/07	16/02/07	20/02/07	20/02/07	21/02/07	08/03/07	15/03/07	16/03/07	19/03/07	23/03/07
B	14/02/07	14/02/07	16/02/07	20/02/07	26/02/07	28/02/07	28/02/07	01/03/07	16/03/07	23/03/07	26/03/07	27/03/07	31/03/07
C	15/02/07	15/02/07	19/02/07	21/02/07	27/02/07	01/03/07	01/03/07	02/03/07	19/03/07	26/03/07	27/03/07	28/03/07	01/04/07
D	26/02/07	26/02/07	28/02/07	02/03/07	08/03/07	12/03/07	12/03/07	13/03/07	28/03/07	04/04/07	05/04/07	06/04/07	12/04/07
E	27/02/07	27/02/07	01/03/07	05/03/07	09/03/07	13/03/07	13/03/07	14/03/07	29/03/07	05/04/07	06/04/07	09/04/07	13/04/07
F	28/02/07	28/02/07	02/03/07	06/03/07	12/03/07	14/03/07	14/03/07	15/03/07	30/03/07	06/04/07	09/04/07	10/04/07	14/04/07
G	02/03/07	02/03/07	06/03/07	08/03/07	14/03/07	16/03/07	16/03/07	19/03/07	03/04/07	10/04/07	11/04/07	12/04/07	16/04/07
H	12/03/07	12/03/07	14/03/07	16/03/07	22/03/07	26/03/07	26/03/07	27/03/07	11/04/07	18/04/07	19/04/07	20/04/07	26/04/07
I	12/03/07	13/03/07	15/03/07	19/03/07	23/03/07	27/03/07	27/03/07	28/03/07	12/04/07	19/04/07	20/04/07	23/04/07	26/04/07
J	15/03/07	15/03/07	19/03/07	21/03/07	27/03/07	29/03/07	29/03/07	30/03/07	16/04/07	23/04/07	24/04/07	25/04/07	29/04/07
K	20/03/07	20/03/07	22/03/07	26/03/07	30/03/07	03/04/07	03/04/07	04/04/07	19/04/07	26/04/07	27/04/07	30/04/07	04/05/07
L	22/03/07	22/03/07	26/03/07	28/03/07	03/04/07	05/04/07	05/04/07	06/04/07	23/04/07	30/04/07	02/05/07	03/05/07	06/05/07
M	30/03/07	30/03/07	03/04/07	05/04/07	11/04/07	13/04/07	13/04/07	16/04/07	02/05/07	09/05/07	10/05/07	11/05/07	14/05/07
N	30/03/07	02/04/07	04/04/07	06/04/07	12/04/07	16/04/07	16/04/07	17/04/07	02/05/07	09/05/07	10/05/07	11/05/07	14/05/07
O	11/04/07	11/04/07	13/04/07	17/04/07	24/04/07	26/04/07	26/04/07	27/04/07	15/05/07	22/05/07	23/05/07	24/05/07	26/05/07
P	12/04/07	12/04/07	16/04/07	18/04/07	25/04/07	27/04/07	27/04/07	30/04/07	15/05/07	22/05/07	23/05/07	24/05/07	27/05/07
Q	17/04/07	17/04/07	19/04/07	24/04/07	30/04/07	03/05/07	03/05/07	04/05/07	21/05/07	28/05/07	29/05/07	30/05/07	01/06/07
R	17/04/07	18/04/07	20/04/07	25/04/07	02/05/07	04/05/07	04/05/07	07/05/07	22/05/07	29/05/07	30/05/07	31/05/07	01/06/07
S	19/04/07	19/04/07	24/04/07	26/04/07	03/05/07	07/05/07	07/05/07	08/05/07	23/05/07	30/05/07	31/05/07	01/06/07	03/06/07
T	27/04/07	27/04/07	02/05/07	04/05/07	10/05/07	14/05/07	14/05/07	15/05/07	30/05/07	06/06/07	07/06/07	08/06/07	11/06/07
U	30/04/07	30/04/07	02/05/07	04/05/07	10/05/07	14/05/07	14/05/07	15/05/07	30/05/07	06/06/07	07/06/07	08/06/07	14/06/07
V	08/05/07	08/05/07	10/05/07	14/05/07	18/05/07	22/05/07	22/05/07	23/05/07	07/06/07	14/06/07	15/06/07	18/06/07	22/06/07
W	14/05/07	14/05/07	16/05/07	18/05/07	24/05/07	28/05/07	28/05/07	29/05/07	13/06/07	20/06/07	21/06/07	22/06/07	28/06/07
X	18/05/07	18/05/07	22/05/07	24/05/07	30/05/07	01/06/07	01/06/07	04/06/07	19/06/07	26/06/07	27/06/07	28/06/07	02/07/07
Y	22/05/07	22/05/07	24/05/07	28/05/07	01/06/07	05/06/07	05/06/07	06/06/07	21/06/07	28/06/07	29/06/07	02/07/07	06/07/07
Z	22/05/07	23/05/07	25/05/07	29/05/07	04/06/07	06/06/07	06/06/07	07/06/07	22/06/07	29/06/07	02/07/07	03/07/07	06/07/07
AA	29/05/07	29/05/07	31/05/07	04/06/07	08/06/07	12/06/07	12/06/07	13/06/07	28/06/07	05/07/07	06/07/07	09/07/07	13/07/07
AB	29/05/07	30/05/07	01/06/07	05/06/07	11/06/07	13/06/07	13/06/07	14/06/07	29/06/07	06/07/07	09/07/07	10/07/07	13/07/07
AC	29/05/07	31/05/07	04/06/07	06/06/07	12/06/07	14/06/07	14/06/07	15/06/07	02/07/07	09/07/07	10/07/07	11/07/07	13/07/07
AD	03/06/07	03/06/07	05/06/07	07/06/07	13/06/07	15/06/07	15/06/07	18/06/07	03/07/07	10/07/07	11/07/07	12/07/07	18/07/07
AE	03/06/07	04/06/07	06/06/07	08/06/07	14/06/07	18/06/07	18/06/07	19/06/07	04/07/07	11/07/07	12/07/07	13/07/07	18/07/07
AF	05/06/07	05/06/07	07/06/07	11/06/07	15/06/07	19/06/07	19/06/07	20/06/07	05/07/07	12/07/07	13/07/07	16/07/07	20/07/07
AG	09/06/07	09/06/07	12/06/07	14/06/07	20/06/07	22/06/07	22/06/07	25/06/07	10/07/07	17/07/07	18/07/07	19/07/07	24/07/07
AH	11/06/07	11/06/07	13/06/07	15/06/07	21/06/07	25/06/07	25/06/07	26/06/07	11/07/07	18/07/07	19/07/07	20/07/07	26/07/07
AI	23/06/07	23/06/07	26/06/07	28/06/07	04/07/07	06/07/07	06/07/07	09/07/07	24/07/07	31/07/07	01/08/07	02/08/07	07/08/07
AJ	25/06/07	25/06/07	27/06/07	29/06/07	05/07/07	09/07/07	09/07/07	10/07/07	25/07/07	01/08/07	02/08/07	03/08/07	09/08/07
AK	26/06/07	26/06/07	28/06/07	02/07/07	06/07/07	10/07/07	10/07/07	11/07/07	26/07/07	02/08/07	03/08/07	06/08/07	10/08/07
AL	30/06/07	30/06/07	03/07/07	05/07/07	11/07/07	13/07/07	13/07/07	16/07/07	31/07/07	07/08/07	08/08/07	09/08/07	14/08/07
AM	30/06/07	02/07/07	04/07/07	06/07/07	12/07/07	16/07/07	16/07/07	17/07/07	01/08/07	08/08/07	09/08/07	10/08/07	14/08/07
NA	02/07/07	03/07/07	05/07/07	09/07/07	13/07/07	17/07/07	17/07/07	18/07/07	02/08/07	09/08/07	10/08/07	13/08/07	16/08/07
AO	08/07/07	08/07/07	10/07/07	12/07/07	18/07/07	20/07/07	20/07/07	23/07/07	07/08/07	14/08/07	15/08/07	16/08/07	22/08/07
AP	10/07/07	10/07/07	12/07/07	16/07/07	20/07/07	24/07/07	24/07/07	25/07/07	09/08/07	16/08/07	17/08/07	20/08/07	24/08/07
AQ	11/07/07	11/07/07	13/07/07	17/07/07	23/07/07	25/07/07	25/07/07	26/07/07	10/08/07	17/08/07	20/08/07	21/08/07	25/08/07
AR	15/07/07	15/07/07	17/07/07	19/07/07	25/07/07	27/07/07	27/07/07	30/07/07	14/08/07	21/08/07	22/08/07	23/08/07	29/08/07
AS	16/07/07	16/07/07	18/07/07	20/07/07	26/07/07	30/07/07	30/07/07	31/07/07	15/08/07	22/08/07	23/08/07	24/08/07	30/08/07
AT	18/07/07	18/07/07	20/07/07	24/07/07	30/07/07	01/08/07	01/08/07	02/08/07	17/08/07	24/08/07	27/08/07	28/08/07	01/09/07
AU	30/07/07	30/07/07	01/08/07	03/08/07	09/08/07	13/08/07	13/08/07	14/08/07	29/08/07	05/09/07	06/09/07	10/09/07	13/09/07
AV	31/07/07	31/07/07	02/08/07	06/08/07	10/08/07	14/08/07	14/08/07	15/08/07	30/08/07	06/09/07	10/09/07	11/09/07	14/09/07

Anexo B: Histórico de Cronogramas Realizados - Fonte: P&B S/A (2007)

Cliente	CRONOGRAMA REALIZADO PEDIDOS REGISTRADOS NO PERÍODO DE FEVEREIRO À JULHO/2007												
	Apresentação do Pedido	Registro do Pedido	Elaboração do Pré-projeto	Análise e Aprovação do Cliente	Projeto Elétrico	Projeto Mecânico	Elaboração das listas de compra	Compras	Recebimento e Armazenagem	Montagem	Controle de Qualidade e Teste	Expedição	Contratual
A	06/02/07	07/02/07	09/02/07	13/02/07	19/02/07	21/02/07	21/02/07	22/02/07	13/03/07	22/03/07	23/03/07	26/03/07	23/03/07
B	14/02/07	14/02/07	16/02/07	20/02/07	26/02/07	28/02/07	28/02/07	01/03/07	16/03/07	27/03/07	28/03/07	29/03/07	31/03/07
C	15/02/07	15/02/07	19/02/07	21/02/07	27/02/07	01/03/07	01/03/07	02/03/07	20/03/07	27/03/07	28/03/07	29/03/07	01/04/07
D	26/02/07	27/02/07	01/03/07	05/03/07	09/03/07	13/03/07	13/03/07	15/03/07	30/03/07	10/04/07	13/04/07	16/04/07	12/04/07
E	27/02/07	27/02/07	01/03/07	05/03/07	09/03/07	13/03/07	13/03/07	14/03/07	02/04/07	11/04/07	12/04/07	13/04/07	13/04/07
F	28/02/07	28/02/07	02/03/07	06/03/07	12/03/07	14/03/07	14/03/07	15/03/07	30/03/07	06/04/07	09/04/07	10/04/07	14/04/07
G	02/03/07	02/03/07	06/03/07	08/03/07	14/03/07	16/03/07	16/03/07	19/03/07	03/04/07	10/04/07	11/04/07	12/04/07	16/04/07
H	12/03/07	12/03/07	14/03/07	16/03/07	22/03/07	26/03/07	26/03/07	28/03/07	12/04/07	19/04/07	20/04/07	23/04/07	26/04/07
I	12/03/07	13/03/07	15/03/07	19/03/07	23/03/07	28/03/07	28/03/07	29/03/07	13/04/07	20/04/07	23/04/07	24/04/07	26/04/07
J	15/03/07	15/03/07	19/03/07	21/03/07	27/03/07	29/03/07	29/03/07	30/03/07	17/04/07	24/04/07	26/04/07	27/04/07	29/04/07
K	20/03/07	20/03/07	22/03/07	26/03/07	30/03/07	03/04/07	03/04/07	04/04/07	19/04/07	26/04/07	27/04/07	30/04/07	04/05/07
L	22/03/07	22/03/07	26/03/07	28/03/07	03/04/07	05/04/07	05/04/07	06/04/07	23/04/07	01/05/07	03/05/07	04/05/07	06/05/07
M	30/03/07	02/04/07	04/04/07	06/04/07	12/04/07	16/04/07	16/04/07	17/04/07	04/05/07	14/05/07	15/05/07	16/05/07	14/05/07
N	30/03/07	02/04/07	04/04/07	06/04/07	12/04/07	16/04/07	16/04/07	18/04/07	07/05/07	15/05/07	16/05/07	17/05/07	14/05/07
O	11/04/07	11/04/07	13/04/07	17/04/07	24/04/07	26/04/07	26/04/07	27/04/07	15/05/07	22/05/07	23/05/07	24/05/07	26/05/07
P	12/04/07	12/04/07	16/04/07	18/04/07	25/04/07	27/04/07	27/04/07	30/04/07	15/05/07	22/05/07	23/05/07	24/05/07	27/05/07
Q	17/04/07	17/04/07	19/04/07	24/04/07	30/04/07	03/05/07	03/05/07	04/05/07	21/05/07	28/05/07	29/05/07	30/05/07	01/06/07
R	17/04/07	18/04/07	20/04/07	25/04/07	02/05/07	04/05/07	04/05/07	07/05/07	22/05/07	30/05/07	01/06/07	04/06/07	01/06/07
S	19/04/07	19/04/07	24/04/07	26/04/07	03/05/07	07/05/07	07/05/07	08/05/07	23/05/07	30/05/07	31/05/07	01/06/07	03/06/07
T	27/04/07	27/04/07	02/05/07	04/05/07	10/05/07	14/05/07	14/05/07	15/05/07	31/05/07	07/06/07	08/06/07	11/06/07	11/06/07
U	30/04/07	01/05/07	03/05/07	07/05/07	11/05/07	15/05/07	15/05/07	16/05/07	31/05/07	07/06/07	08/06/07	11/06/07	14/06/07
V	08/05/07	08/05/07	10/05/07	14/05/07	18/05/07	22/05/07	22/05/07	23/05/07	07/06/07	14/06/07	15/06/07	18/06/07	22/06/07
W	14/05/07	14/05/07	16/05/07	18/05/07	24/05/07	28/05/07	28/05/07	29/05/07	13/06/07	21/06/07	22/06/07	25/06/07	28/06/07
X	18/05/07	18/05/07	22/05/07	24/05/07	30/05/07	01/06/07	01/06/07	04/06/07	20/06/07	27/06/07	28/06/07	29/06/07	02/07/07
Y	22/05/07	22/05/07	24/05/07	28/05/07	01/06/07	05/06/07	05/06/07	06/06/07	21/06/07	28/06/07	29/06/07	02/07/07	06/07/07
Z	22/05/07	23/05/07	25/05/07	29/05/07	04/06/07	06/06/07	06/06/07	07/06/07	22/06/07	29/06/07	02/07/07	03/07/07	06/07/07
AA	29/05/07	29/05/07	31/05/07	05/06/07	11/06/07	13/06/07	13/06/07	15/06/07	02/07/07	09/07/07	10/07/07	11/07/07	13/07/07
AB	29/05/07	30/05/07	01/06/07	05/06/07	11/06/07	13/06/07	13/06/07	14/06/07	03/07/07	12/07/07	16/07/07	17/07/07	13/07/07
AC	29/05/07	31/05/07	04/06/07	06/06/07	13/06/07	15/06/07	15/06/07	18/06/07	03/07/07	10/07/07	11/07/07	12/07/07	13/07/07
AD	03/06/07	03/06/07	06/06/07	08/06/07	18/06/07	20/06/07	20/06/07	22/06/07	09/07/07	17/07/07	18/07/07	19/07/07	18/07/07
AE	03/06/07	04/06/07	06/06/07	08/06/07	14/06/07	18/06/07	18/06/07	19/06/07	04/07/07	11/07/07	12/07/07	13/07/07	18/07/07
AF	05/06/07	05/06/07	07/06/07	11/06/07	15/06/07	19/06/07	19/06/07	20/06/07	05/07/07	13/07/07	16/07/07	17/07/07	20/07/07
AG	09/06/07	09/06/07	12/06/07	14/06/07	20/06/07	22/06/07	22/06/07	25/06/07	11/07/07	19/07/07	20/07/07	23/07/07	24/07/07
AH	11/06/07	11/06/07	13/06/07	15/06/07	21/06/07	25/06/07	25/06/07	26/06/07	11/07/07	18/07/07	19/07/07	20/07/07	26/07/07
AI	23/06/07	23/06/07	26/06/07	28/06/07	04/07/07	06/07/07	06/07/07	09/07/07	24/07/07	31/07/07	01/08/07	02/08/07	07/08/07
AJ	25/06/07	25/06/07	27/06/07	03/07/07	10/07/07	12/07/07	12/07/07	16/07/07	02/08/07	09/08/07	13/08/07	14/08/07	09/08/07
AK	26/06/07	26/06/07	28/06/07	02/07/07	06/07/07	10/07/07	10/07/07	11/07/07	26/07/07	02/08/07	03/08/07	06/08/07	10/08/07
AL	30/06/07	30/06/07	03/07/07	05/07/07	11/07/07	13/07/07	13/07/07	16/07/07	31/07/07	08/08/07	09/08/07	10/08/07	14/08/07
AM	30/06/07	02/07/07	04/07/07	06/07/07	12/07/07	16/07/07	16/07/07	17/07/07	03/08/07	10/08/07	13/08/07	14/08/07	14/08/07
NA	02/07/07	03/07/07	05/07/07	09/07/07	13/07/07	17/07/07	17/07/07	18/07/07	03/08/07	10/08/07	13/08/07	14/08/07	16/08/07
AO	08/07/07	08/07/07	10/07/07	12/07/07	20/07/07	24/07/07	24/07/07	25/07/07	09/08/07	16/08/07	17/08/07	20/08/07	22/08/07
AP	10/07/07	10/07/07	12/07/07	17/07/07	24/07/07	26/07/07	26/07/07	27/07/07	16/08/07	23/08/07	24/08/07	27/08/07	24/08/07
AQ	11/07/07	11/07/07	13/07/07	19/07/07	25/07/07	27/07/07	27/07/07	30/07/07	16/08/07	23/08/07	24/08/07	27/08/07	25/08/07
AR	15/07/07	15/07/07	17/07/07	19/07/07	25/07/07	27/07/07	27/07/07	30/07/07	17/08/07	24/08/07	27/08/07	28/08/07	29/08/07
AS	16/07/07	16/07/07	18/07/07	20/07/07	26/07/07	30/07/07	30/07/07	31/07/07	15/08/07	22/08/07	23/08/07	24/08/07	30/08/07
AT	18/07/07	18/07/07	20/07/07	24/07/07	30/07/07	01/08/07	01/08/07	02/08/07	17/08/07	24/08/07	27/08/07	28/08/07	01/09/07
AU	30/07/07	31/07/07	02/08/07	06/08/07	10/08/07	14/08/07	14/08/07	15/08/07	30/08/07	06/09/07	07/09/07	11/09/07	13/09/07
AV	31/07/07	31/07/07	02/08/07	06/08/07	13/08/07	15/08/07	15/08/07	16/08/07	03/09/07	10/09/07	12/09/07	13/09/07	14/09/07

Anexo C: Diferenças entre o Realizado e o Previsto - Fonte: P&B S/A (2007)

Cliente	DIFERENÇAS ENTRE O REALIZADO E O PREVISTO PEDIDOS REGISTRADOS NO PERÍODO DE FEVEREIRO À JULHO/2007												
	Registro do Pedido	Elaboração do Pré-projeto	Análise e Aprovação do Cliente	Projeto Elétrico	Projeto Mecânico	Elaboração das lista de compra	Compras	Recebimento e Armazenagem	Montagem	Controle de Qualidade e Teste	Expedição	Prazo Realizado (Dias Corridos)	Saldo do Pulmão (Dias Úteis)
A	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	48	-3
B	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	43	1
C	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	42	1
D	1	0	0	0	0	0	1	0	2	2	0	49	-4
E	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	45	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	3
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	2
H	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	42	3
I	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	43	2
J	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	43	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	4
L	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	43	0
M	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	47	-4
N	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	48	-5
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	1
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	1
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	2
R	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	48	-3
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	0
T	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	45	0
U	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	3
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	4
W	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	42	3
X	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	42	1
Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	4
Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	3
AA	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	43	2
AB	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	49	-4
AC	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	44	1
AD	0	1	0	2	0	0	1	0	1	0	0	46	-3
AE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	3
AF	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	42	3
AG	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	44	1
AH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	4
AI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	3
AJ	0	0	2	1	0	0	1	2	0	1	0	50	-5
AK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	4
AL	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	41	2
AM	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	45	0
NA	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	43	2
AO	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	43	2
AP	0	0	1	1	0	0	0	3	0	0	0	48	-3
AQ	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	47	-2
AR	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	44	1
AS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	4
AT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	3
AU	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	2
AV	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	44	1
	5	1	6	8	1	0	6	28	19	6	0		
Utilização do Pulmão													
	5	1	4	6	1	0	6	17	14	5	0		
Quantidade de Projetos Impactados por Etapa													

Anexo D – Definição do caminho mais longo – Fonte: Copatto (2005)

Corrente Crítica	PERT/CPM
Definição do caminho mais longo	
<p>O caminho mais longo na metodologia CC é aquele composto de etapas que são dependentes entre si por pertencerem a um mesmo caminho e etapas que são dependentes entre si por serem feitas por um mesmo recurso. Goldratt descreve que o Caminho Crítico é o caminho mais cumprido, mas o que conta mesmo é a restrição, e a restrição é a corrente mais cumprida de etapas dependentes. A dependência também pode ser resultado de um recurso.</p>	<p>O caminho mais longo nas metodologias convencionais é chamado de Caminho Crítico. Caminho Crítico é a somatória de durações das atividades constitui a duração do projeto. As atividades que estão no Caminho Crítico não possuem folga, sendo assim, qualquer atraso em uma atividade do Caminho Crítico, o projeto como um todo atrasará.</p>

Anexo E – Estimativa de tempo das atividades – Fonte: Copatto (2005)

Corrente Crítica	PERT/CPM
Estimativa de tempo das atividades	
<p>A estimativa de tempo das atividades na CC é baseada na premissa que são usados mecanismos para embutir proteção nas estimativas de tempo, sendo esses mecanismos: estimativas baseadas em uma experiência pessimista; quanto maior o nível gerencial, mais se adiciona tempo às estimativas porque cada nível adiciona sua própria segurança; as pessoas que estimam os tempos também protegem suas estimativas de cortes. Mesmo colocando tempo de segurança os projetos ainda atrasam por três fatores: síndrome do estudante, Lei de Parkinson e o fenômeno da multitarefa. A CC substitui o tempo de segurança por pulmões. Goldratt sugere adicionar um pulmão de projeto, composto de metade do tempo de segurança tirado da CC.</p>	<p>A estimativa de tempo das atividades nas metodologias convencionais, são calculadas de forma determinística no caso do CPM e de forma estocástica no caso do PERT. O CPM calcula uma única data mais cedo e uma mais tarde para o início e a conclusão de cada atividade, com base na lógica de rede específica e seqüencial e em uma estimativa única de duração, focando em calcular as folgas para determinar quais as atividades tem a menor flexibilidade em termos de cronograma. Já o PERT usa uma estimativa de duração da atividade com peso médio para calcular a duração das atividades, baseado em três estimativas para cada atividade: otimista, pessimista e mais provável.</p>

Anexo F – Programação dos recursos – Fonte: Copatto (2005)

Corrente Crítica	PERT/CPM
Programação do recurso	
<p>Por levar em consideração que o caminho mais longo é aquele composto de etapas que são dependentes entre si por pertencerem a um mesmo caminho e etapas que são dependentes entre si por serem feitas por um mesmo recurso, a metodologia CC cria um Pulmão de Recurso para assegurar que o recurso programado para realizar a atividade da CC esteja disponível para iniciar aquela atividade no tempo, ou, se possível, mais cedo.</p>	<p>Os métodos convencionais têm como princípio minimizar a duração do projeto, porém assumem que os recursos necessários para a execução dos projetos estão disponíveis. Entretanto, os recursos estão disponíveis, porém, na maioria das vezes, em quantidade limitada.</p>

Anexo G – Programação das atividades não-críticas – Fonte: Copatto (2005)

Corrente Crítica	PERT/CPM
Programação das atividades não-críticas	
<p>Atividades não críticas iniciam na data mais tarde possível, considerando, porém, os pulmões de convergência, alegando que isso evita que o atraso se propague para toda a programação. Também são inseridos pulmões de convergência designados para proteger a CC de atrasos nos caminhos não críticos. Os pulmões de convergência são inseridos em qualquer ponto em que uma atividade do caminho não crítico se junta à CC.</p>	<p>A programação das atividades não críticas permite ao planejador perceber até que ponto o provisionamento de recursos pode ser adiado para minimizar custos e uniformizar o fluxo de caixa.</p>

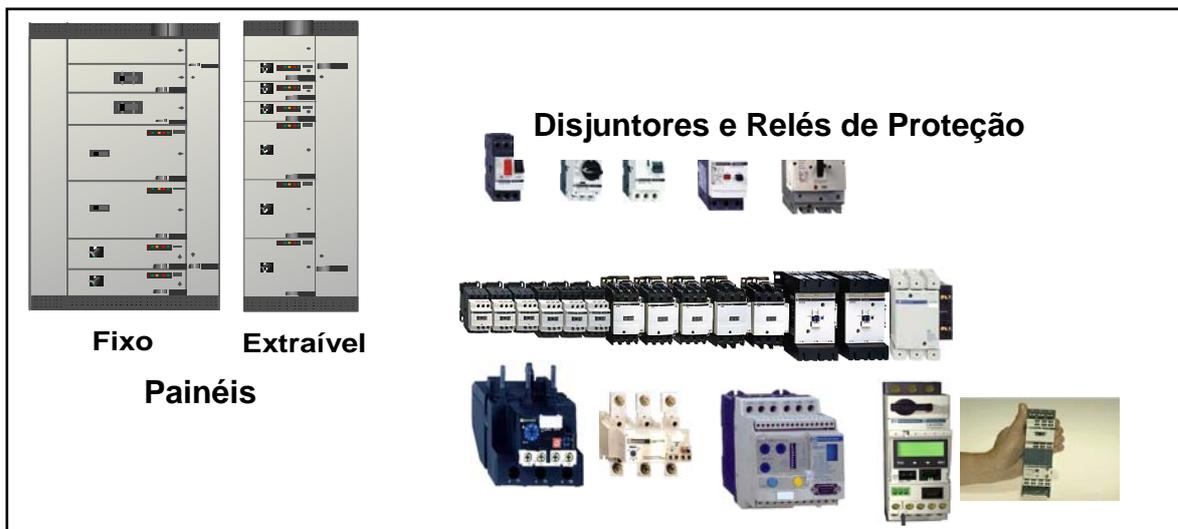
Anexo H – Controle do desempenho do projeto – Fonte: Copatto (2005)

Corrente Crítica	PERT/CPM
Controle do desempenho do projeto	
<p>O gerenciamento dos pulmões é a chave para acompanhar a performance do projeto na metodologia CC. Os pulmões são divididos em três, sendo as partes de tamanhos iguais. A primeira parte é chamada de zona verde, a segunda parte é chamada de zona amarela e a terceira parte chamada de zona vermelha.</p> <p>Se a penetração está na zona verde, nenhuma ação é necessária. Se a penetração está na zona amarela, então o problema deve ser avaliado para possível curso das ações. Se a penetração está na zona vermelha, então uma ação deve ser tomada. A idéia de pulmão também é estendida para gerenciar o orçamento de custos, no qual a penetração neste pulmão fornece uma informação global necessária para orientar as decisões de custos.</p>	<p>Segundo vários autores, entre eles Aldabó (2001) há três formas básicas de monitoração: relatórios regulares sobre a evolução do trabalho, reuniões da equipe para ajustes de prazos e soluções de problemas e definição de marcos (milestones) para medição do progresso. O PMI (2000) define as ferramentas e técnicas utilizadas em um relatório de desempenho, descrevendo que a Análise de valor do Trabalho Realizado (EVM), comumente é o mais utilizado. Esta técnica envolve o cálculo de três valores para cada atividade: valor planejado (PV), custo real (CV) e custo orçado (EV), cujas fórmulas para verificar os desvios de custos é $CV = EV - AC$ e os desvios de cronograma é $SV = EV - PV$.</p>

Anexo I – Diferenças em ambiente de múltiplos projetos – Fonte: Copatto (2005)

Corrente Crítica	PERT/CPM
Ambiente de múltiplos projetos	
<p>Em ambientes de projeto único a restrição é a CC e em múltiplos projetos a restrição é o recurso, onde, mesmo que mínima, há repartição destes recursos entre os projetos. Neste ambiente a CC utiliza os cinco passos da TOC: (1) identificar o recurso com restrição de capacidade, (2) explorar este recurso, (3) subordinar os recursos que não possuem restrição para a decisão de explorar a restrição, (4) elevar a capacidade do recurso com restrição de capacidade e (5) retornar ao primeiro passo quando outro recurso restritivo estiver limitando o projeto. Há uma sincronização dos projetos de acordo com a disponibilidade do recurso, evitando a multitarefa. Dois pulmões são criados: pulmão de restrição da capacidade e pulmão do tambor.</p>	<p>A abordagem tradicional de GP trata com a alocação do recurso para um único projeto, entretanto, o impacto na programação é muito maior quando se considera um ambiente de múltiplos projetos.</p> <p>Essas metodologias não consideram que em ambientes de múltiplos projetos freqüentemente usa-se o mesmo conjunto de recursos. Assim, o recurso é tratado de forma inadequada.</p>

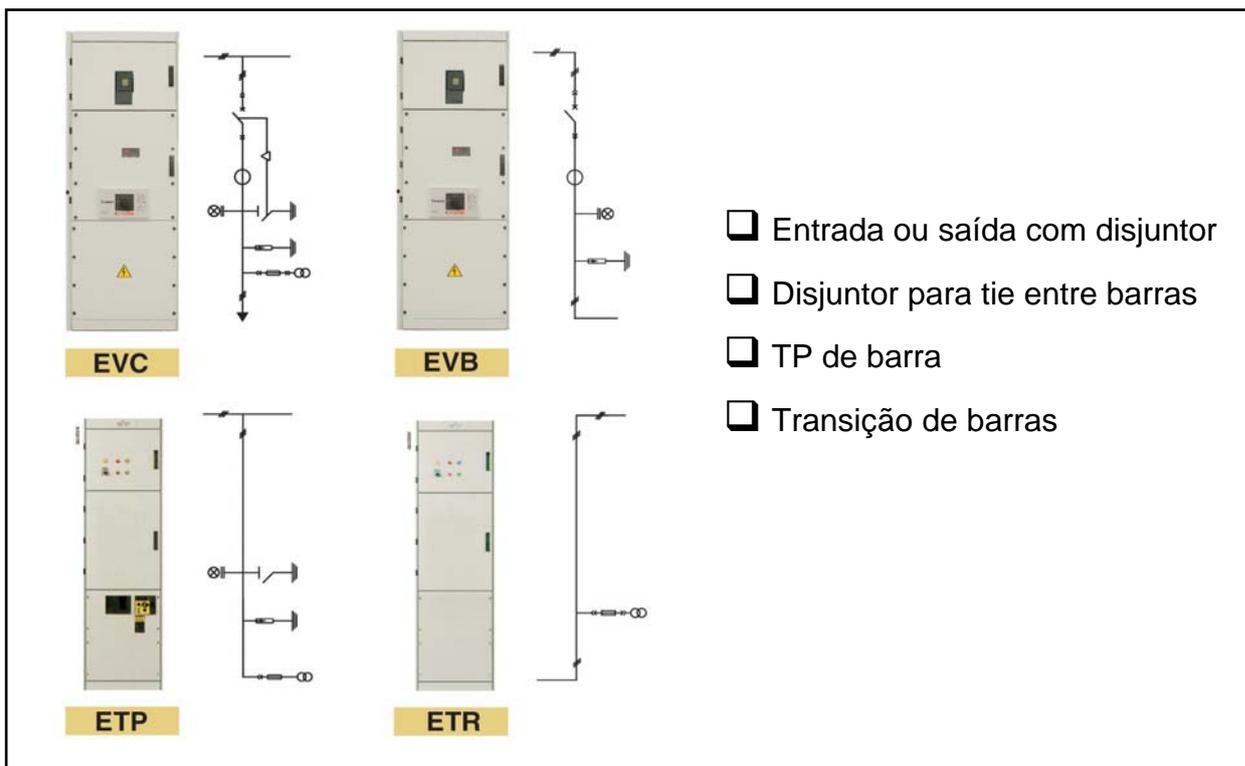
Anexo J – Painel de Distribuição – Fonte: P&B S/A



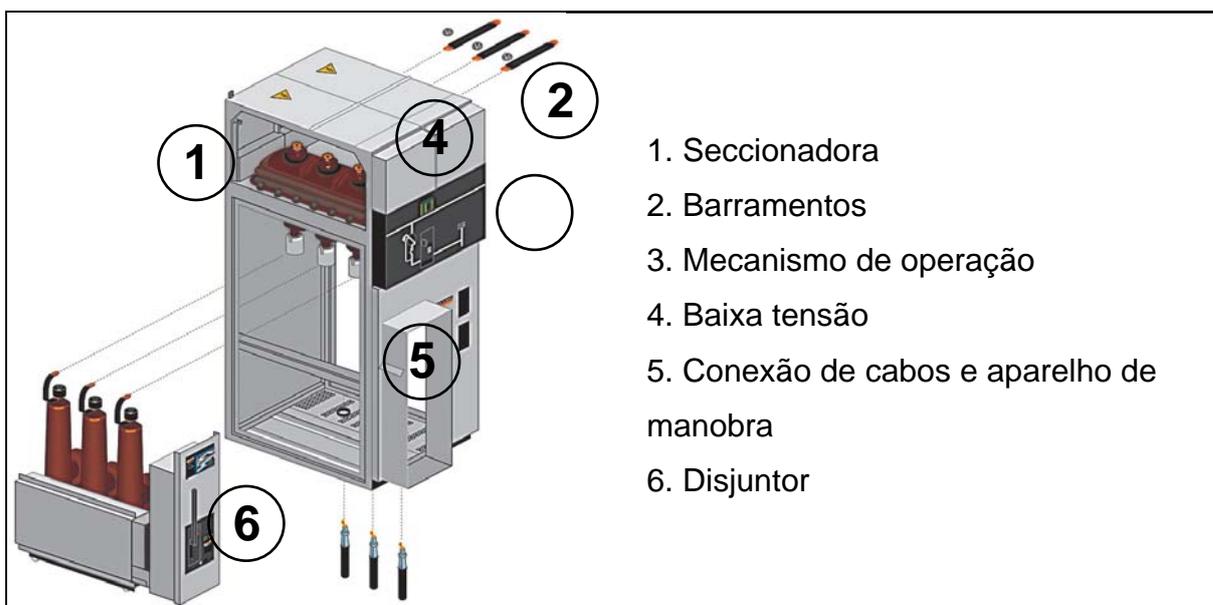
Anexo K – Painéis CCM (Centro de Controle de Motores) – Fonte: P&B S/A

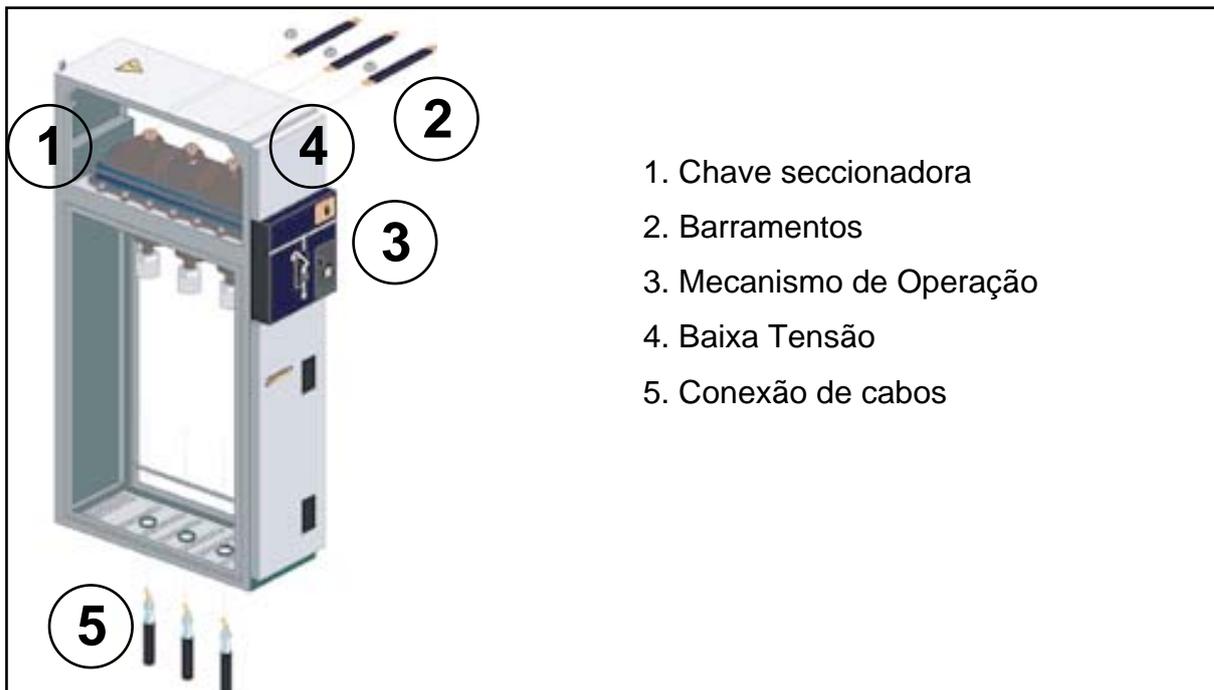
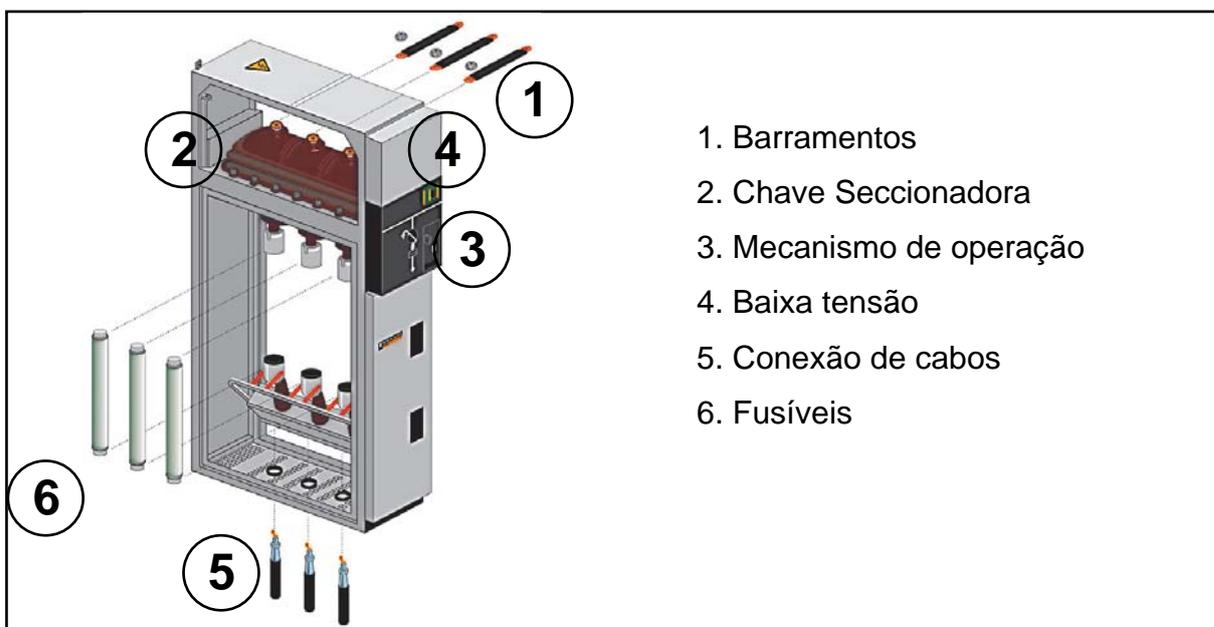


Anexo L – Painéis de Média Tensão (*Metal Clad*) – Fonte: P&B S/A



Anexo M - Cubículo disjuntor – Fonte: P&B S/A



Anexo N - Cubículo Seccionador – Fonte: P&B S/A**Anexo O - Cubículo Seccionador Fusível – Fonte: P&B S/A**

Anexo P – Conjunto Montado – Fonte: P&B S/A

