

# UTILIZAÇÃO DAS TÉCNICAS PERT-CPM PARA REDUÇÃO DO PRAZO DE ENTREGA: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

## PERT-CPM TECHNIQUES USAGE FOR REDUCTION ON TIME DELIVERY: A CASE STUDY IN A CAR INDUSTRY

TIAGO RIBEIRO DE ARAÚJO<sup>1</sup>  
GILSON EDUARDO TARRENTO<sup>2</sup>  
CELSO FERNANDES JOAQUIM JR<sup>3</sup>  
FERNANDA CRISTINA PIERRE<sup>4</sup>

Recebido em Setembro de 2012. Aceito Outubro em 2012.

---

<sup>1</sup> Graduando em Tecnologia de Produção Industrial pela Faculdade de Tecnologia de Botucatu. Graduado em Tecnologia da Informação com Ênfase em Gestão de Negócios pela Faculdade de Tecnologia de Botucatu. Av. José Ítalo Bacchi, s/n – Jardim Aeroporto – Botucatu/SP – CEP 18606-855. Tel. (14) 3814-3004. E-mail: [tiago.ribaraujo@hotmail.com](mailto:tiago.ribaraujo@hotmail.com)

<sup>2</sup> Professor Associado da Faculdade de Tecnologia de Botucatu e da Faculdade Sudoeste Paulista. Graduado em Tecnologia de Gerência pela UNESP, Mestre em Engenharia de Produção pela UNESP. MBA em Gestão Empresarial pela FGV. Pós-Graduado em Didática do Ensino Superior pela FSP. Av. José Ítalo Bacchi, s/n – Jardim Aeroporto – Botucatu/SP – CEP 18606-855. Tel. (14) 3814-3004. E-mail: [gilson@fatecbt.edu.br](mailto:gilson@fatecbt.edu.br)

<sup>3</sup> Professor Pleno da Faculdade de Tecnologia de Botucatu. Graduado em Engenharia Mecânica pela UNESP, Mestre em Engenharia Industrial pela UNESP e Doutor em Engenharia Química pela UNICAMP. Av. José Ítalo Bacchi, s/n – Jardim Aeroporto – Botucatu/SP – CEP 18606-855. Tel. (14) 3814-3004. E-mail: [cjunior@fatecbt.edu.br](mailto:cjunior@fatecbt.edu.br)

<sup>4</sup> Professor Assistente pela Faculdade de Tecnologia de Botucatu. Graduada em Engenharia Agrônômica pela Unesp, Mestre em Energia na Agricultura pela Unesp e Doutor em Ciência Florestal pela Unesp. Av. José Ítalo Bacchi, s/n – Jardim Aeroporto – Botucatu/SP – CEP 18606-855. Tel. (14) 3814-3004. E-mail: [fpierre@fatecbt.edu.br](mailto:fpierre@fatecbt.edu.br)

# UTILIZAÇÃO DAS TÉCNICAS PERT-CPM PARA REDUÇÃO DO PRAZO DE ENTREGA: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo estudar a adoção de uma estratégia de planejamento da produção para redução do prazo de entrega, analisando os impactos dos *lead times* de fornecimento de materiais críticos dentro do processo de produção de veículos customizados. O estudo foi realizado em uma indústria do setor automobilístico e foram realizados os cálculos de probabilidade da entrega dos pedidos utilizando as técnicas de PERT-CPM para validar a metodologia empregada na empresa. A análise permitiu evidenciar que a metodologia empregada chegou aos resultados pretendidos com a redução satisfatória nos prazos de entrega de seus produtos.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Lead time*. Planejamento da Produção. Prazo de entrega.

# **PERT-CPM TECHNIQUES USAGE FOR REDUCTION ON TIME DELIVERY: A CASE STUDY IN A CAR INDUSTRY**

## **SUMMARY**

This paper aims at studying the adoption of a production planning strategy for reduction on delivery time, analyzing lead time impacts of critical material supply within production process of customized cars. This study was carried out on an automotive industry and probability calculations regarding order deliveries used PERT-CPM techniques in order to validate methodology used within the company. Analysis showed that used methodology resulted in reduction on delivery time of products.

**KEY WORDS:** Deadline. Lead time. Production Planning..

## 1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, é possível identificar uma grande competitividade entre as empresas, principalmente no que se refere às do setor automobilístico. A indústria automobilística no Brasil tem crescido com considerável aumento da participação no PIB industrial brasileiro. Novas oportunidades de negócios têm surgido no segmento e a entrada de produtos das montadoras asiáticas no país tem intensificado esta competitividade e tornando este ambiente ainda mais agitado.

Nesta situação, atributos como custo apropriado e qualidade, entre outros, passam a não ser mais enxergados pelo mercado como diferenciais e sim como requisitos básicos. As empresas têm buscado outros diferenciais para tornar seus produtos atrativos ao consumidor.

Dentro do setor automobilístico, o nicho de veículos customizados preza muito pela variabilidade e flexibilidade dos produtos, além dos quesitos custo e qualidade já mencionados, tendo estes quatro aspectos como requisitos básicos. Para o público alvo deste segmento, os quesitos confiabilidade e rapidez na entrega tornam-se não só atrativos como também fatores ganhadores de pedidos. Logo, as empresas deste tipo de produto têm voltado sua atenção em estabelecer

estratégias para otimização dos prazos de produção e entrega.

O presente trabalho teve por objetivo analisar a adoção de uma estratégia de planejamento da produção para redução do prazo de entrega, e a influência dos *lead times* de fornecimento de materiais críticos para o cumprimento dos prazos estabelecidos dentro do processo de produção de uma indústria automobilística.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Corrêa e Corrêa (2008) relatam que a confiabilidade de um plano de projeto depende da realização de cada tarefa requerida para a obtenção do objetivo estabelecido. Para tanto, os mesmos autores alertam para a elaboração da estrutura analítica do trabalho, com a finalidade de identificação das tarefas e alocação dos executores.

Considerando que a execução de um projeto está associada a um sequenciamento de tarefas que devem ser realizadas em tempos determinados para cumprimento de prazo, Moreira (2008) destaca a existência de duas técnicas para o planejamento e acompanhamento de projetos, sendo: o PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) e o CPM (*Critical Path Method*). De acordo com Keelling (2002), sendo um

desdobramento do diagrama de setas simples, os diagramas baseados em PERT/CPM incluem, além da duração de cada atividade, informações a respeito da possibilidade de realizar a tarefa mais cedo ou mais tarde quando comparada com o tempo previsto.

Com relação ao tempo previsto para cada atividade, Tubino (2009) lembra que o cumprimento do prazo está diretamente associado aos recursos alocados para a realização das atividades.

Para Gaither e Frazeir (2002), os métodos PERT e CPM apresentam semelhanças em muitos aspectos, com exceção de poucos refinamentos adicionados ao PERT. Basicamente, a diferença entre os dois métodos consiste nas estimativas de tempo de cada atividade, sendo considerada apenas uma única estimativa e várias estimativas nos métodos CPM e PERT, respectivamente.

Segundo Stevenson (2001), com o uso das técnicas do PERT ou CPM, é possível obter:

1. Um gráfico das atividades do projeto.
2. Uma estimativa do tempo de duração do projeto.
3. Uma indicação de quais atividades são as mais críticas para o término do projeto dentro do prazo.

4. Uma indicação de quanto tempo se pode atrasar uma atividade qualquer sem estender a duração do projeto.

Colaborando, Krajewski et al. (2009) associam vantagem sobre os cálculos de tempos de conclusão de projetos dentro dos prazos estabelecidos, obtidos por meio dos métodos PERT/CPM, uma vez que é possível planejar outros eventos, além de permitir negociações com clientes e fornecedores.

Diante do contexto, Martins e Laugeni (2006) descrevem as principais fases para a elaboração de uma rede de projeto, sendo:

- definir o que é o projeto, seu início e término;
- dividir o projeto em atividades de tal maneira que cada uma não tenha partes em superposição com outra, mas com a condição de que as atividades abranjam o projeto todo;
- identificar a lógica de sequências que existem entre as atividades e verificar quais são as que, lógica e independentemente do nível de recursos existentes, dependem de outra ou de outras e atividades que não apresentam dependência entre si;
- montar a rede de projeto;
- determinar a duração de cada atividade;

- determinar o tipo e a quantidade de recursos necessários para desenvolver a atividade;

- determinar o custo de cada recurso;

- determinar o caminho crítico;

- elaborar o cronograma para programação do projeto.

Logo, a construção de uma rede de projetos PERT/CPM deriva de uma sequência lógica de atividades, sendo que alguns conceitos são utilizados. Ballesterro-Álvares (2010) descreve tais conceitos:

- Evento: representado por círculos, indica o início ou a conclusão de um trabalho, seguindo uma sequência lógica e respeitando uma hierarquia de precedência e a interdependência entre os eventos;

- Atividade: é a ligação entre dois eventos consecutivos, constituindo a parte da rede que consome recursos, como mão-de-obra, dinheiro, máquinas, etc.;

- Sucessor: é o evento ou eventos que imediatamente se seguem, sem intermediários;

- Antecessor: é o evento ou eventos que vêm imediatamente antes de outro evento sem que ocorram eventos intermediários;

- Tempo otimista ( $T_o$ ): representa o menor tempo possível para a realização de uma atividade;

- Tempo mais provável ( $T_m$ ): representa a estimativa de tempo mais exata e realista possível;

- Tempo pessimista ( $T_p$ ): representa o maior tempo possível para a realização de uma atividade;

- Média: representa o tempo médio que uma atividade consumiria se fosse repetida  $n$  vezes.

- Variância: representa a medida de incerteza relacionada à atividade;

- Folga: está associada ao excesso de tempo para o alcance do evento;

- Caminho crítico: está associado à condição de folga zero, sendo que qualquer atraso de evento, neste caminho, provocará atraso na data prevista do projeto;

- Probabilidade: está relacionada ao alcance dos objetivos nas datas preestabelecidas.

### 3 ESTUDO DE CASO

A metodologia proposta foi implantada em uma indústria automobilística do interior do Estado de São Paulo. Fabricante de veículos leves e pesados com certo grau de customização em seus produtos, a empresa é referencial no setor em que atua e reconhecida principalmente pela robustez de seus produtos. Por produzir veículos com grande variabilidade de configurações, principalmente devido às customizações

solicitadas por seus clientes. É comum solicitação dos clientes da empresa para a instalação de acessórios, principalmente itens de segurança, climatização, dispositivos de elevação de cargas e sistemas audiovisuais, entre outros. Conhecidos internamente como “itens especiais”, a empresa não detém a tecnologia para produção própria e, em muitos casos, o cliente possui preferência por marcas específicas, ou são itens que apresentam *lead time* (tempo decorrido entre a adoção de uma providência e sua concretização) de fabricação oneroso (alto) para a empresa, pois dependem de ferramentais ou moldes específicos.

Para atender a tais solicitações, é necessária, na grande maioria dos pedidos, a constante geração de projetos do departamento de engenharia para conseguir

atender os seus clientes e os prazos de entrega dos produtos, geralmente de noventa dias.

A análise do processo de fabricação, desde a confirmação do pedido até o momento de entrega do produto ao cliente, permitiu identificar que a falta destes itens especiais era um problema de grande incidência na montagem dos veículos em linha de produção, ocasionando sua parada e atrasos nos prazos de entrega, com veículos semiacabados no pátio da montadora aguardando a entrega destes itens para montagem final e entrega dos veículos para o cliente final. Estes atrasos geravam indicadores de desempenho abaixo da meta estipulada pela empresa. O processo da empresa foi representado na rede que consta na Figura 1.

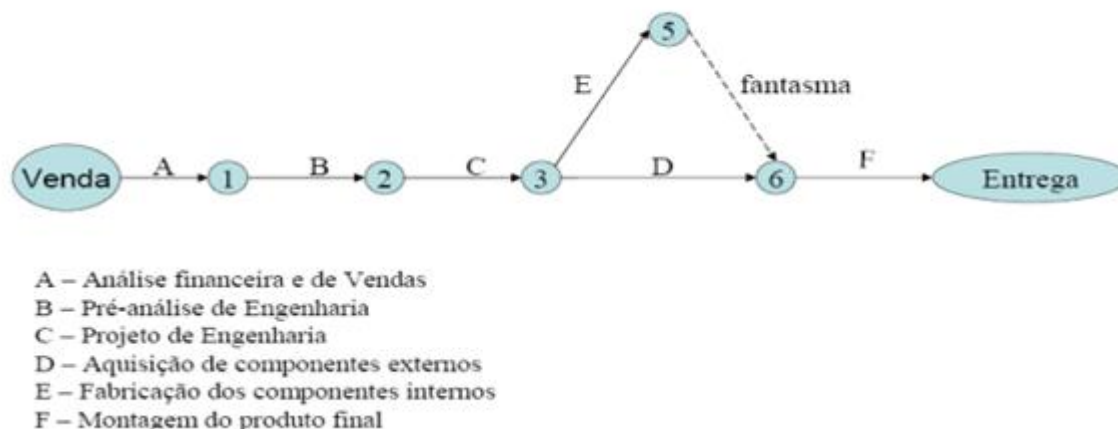


Figura 1 – Rede PERT do processo de suprimentos em momento único após a liberação total dos projetos de engenharia

Os tempos de cada atividade foram compilados, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1 - Tempos das atividades com ressuprimento em momento único

Atividade	Duração (em dias)				
	To	Tm	Tp	Tempo médio	Variância
A	1,00	1,00	2,00	1,33	0,03
B	1,00	1,00	2,00	1,33	0,03
C	17,00	19,00	30,00	22,00	4,69
D	5,00	20,00	90,00	38,33	200,69
E	5,00	8,00	10,00	7,67	0,69
F	8,00	8,00	10,00	8,67	0,11

Em linhas gerais, os Tempos mais prováveis (Tm) são aqueles mais praticados para cada uma das atividades no processo de liberação dos projetos das encomendas na empresa. Os Tempos Pessimistas (Tp) são os piores prazos para

cada atividade, originados por desvios gerados nas atividades internas ou por fatores externos fora do controle da empresa, principalmente por atrasos. Os Tempos Otimistas (To) são os melhores prazos a serem praticados e são oriundos de situações em que os processos fluem de maneira ideal, sem entraves em meio às tarefas.

A atividade de análise financeira é a que definirá questões comerciais, porém desta atividade partirão muitas das decisões sobre a fabricação ou não de determinada encomenda. A pré-análise de engenharia definirá o grau de complexidade do projeto, bem como o prazo para que este seja realizado. Na fase de projeto, será definida toda a estrutura analítica do produto para que, por meio da explosão do BOM (*Bill Of Material*), nas fases posteriores de aquisição de



componentes externos e fabricação dos componentes internos sejam provisionados os materiais para montagem do produto final.

Realizadas reuniões com uma equipe multidisciplinar envolvendo os departamentos de Engenharia, Produção e PPCP utilizando simulações no cronograma de entrega de pedidos, mostrando as hipóteses mais comuns na fábrica onde foi observado que o atendimento dos prazos nas datas acordadas com os clientes possuía um risco alto de não atendimento para a empresa. Utilizando a metodologia da Rede PERT-CPM para calcular a probabilidade de entrega nos prazos mais praticados pela empresa, ficou evidenciada esta observação, chegando aos resultados apresentados a seguir:

- A probabilidade de entrega de seus produtos em prazo inferior a noventa dias é de 89,97%. Este era o prazo mais praticado pela empresa, porém gerava insatisfação aos seus clientes sendo, em alguns casos, motivos de perda de pedidos.
- A probabilidade de entrega de seus produtos ao cliente em prazo inferior a sessenta dias é de 20,90%. Este era o prazo menos praticado pela empresa, porém o que geraria maior satisfação aos seus clientes e sendo um prazo

inferior ao praticado pelos seus concorrentes.

- A probabilidade de entrega do produto ao cliente em prazo superior a sessenta dias e inferior a noventa dias era de 67,72%.

Na busca das causas do problema ficou evidenciado que o *lead time* de fabricação dos veículos acabados é prejudicado pelo *lead time* de fornecimento dos itens especiais, pois estes não eram absorvidos pelas datas de liberação dos projetos do departamento de engenharia e das ordens de compra e fabricação adotadas pelo PPCP da empresa. Na busca das possíveis soluções para o problema, a alternativa de criação de um estoque destes itens especiais de *lead time* alto foi descartada após a análise da relação entre o *lead time versus* custo do item no produto final.

Os componentes com *lead time* de fornecimentos superiores a quinze dias correspondem a 1% do total de componentes do produto, porém representam 25% do custo total de matérias-primas do produto. Os componentes com *lead time* de fornecimentos intermediários, ou seja, de dez a quinze dias, correspondem a 11% do total de componentes do produto e representam 33% custo total de matérias primas do produto. Por fim, os componentes com *lead time* de

fornecimento inferior a dez dias correspondem a 88% do total de componentes do produto e representam 42% do custo total de matérias primas do produto. Esta relação foi representada na Tabela 2.

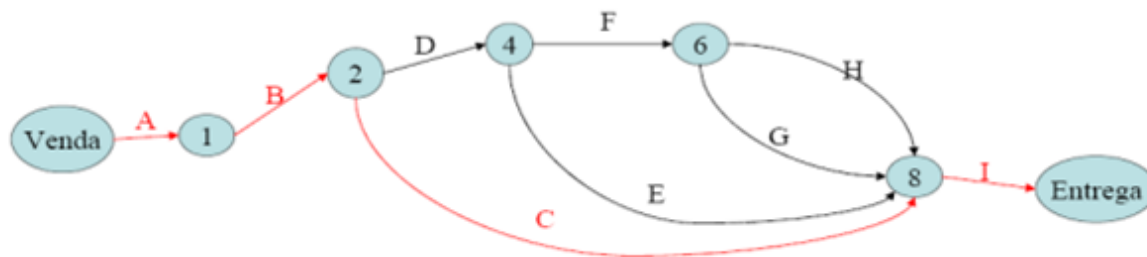
Tabela 2 - Classificação do *lead time* de ressuprimentos em relação aos componentes da estrutura *versus* custo no produto

Itens X <i>Lead time</i>	% em relação ao total de componentes do produto	% em relação ao custo total do produto em matérias primas
<i>Lead time</i> > 15 dias	1	25
10 dias < <i>lead time</i> < 15 dias	11	33
<i>Lead time</i> < 10 dias	88	42
Total	100	100

A análise dos *lead times* de fornecimento praticados pelos fornecedores durante o processo produtivo e o processo de liberação dos projetos pela engenharia permitiu identificar que os componentes com *lead time* de fornecimento superior a quinze dias poderiam ser definidos na fase inicial do processo, mais especificamente na pré-análise da engenharia, e que os

componentes de *lead time* entre dez e quinze dias poderiam ser definidos antes do término de todos os projetos do departamento de engenharia, ficando para última instância somente os componentes com *lead time* de fornecimento inferior a dez dias, os quais, por ter uso constante, já possuíam política de estoque mínimo dentro da empresa.

Diante destas constatações, foi apresentada a proposta de divisão da Estrutura Analítica do Produto (BOM) em três momentos distintos ao longo do processo, antecipando as ordens de compra dos componentes de maior valor agregado no produto final e que não possuem estoque de segurança devido ao seu alto custo, evidenciado na Tabela 2, e que possuem os maiores *lead time* de fornecimento. As estruturas analíticas do produto passam a ser divididas em três etapas (1, 2 e 3) classificadas conforme o *lead time* dos componentes. Neste novo formato, as ordens de compras dos componentes são antecipadas conforme o BOM das etapas 1, 2 e 3. A nova rede gerada desta divisão da estrutura do produto foi representada na Figura 2.



- A – Análise financeira e de Vendas
- B – Pré-análise de Engenharia
- C – Aquisição de componentes externos [lead time >15] – Etapa 1
- D – Liberação de Projetos de Engenharia [lead time 10-15] - Etapa 2
- E – Aquisição de componentes externos [lead time 10-15] – Etapa 2
- F – Liberação de Projetos de Engenharia [lead time <10] – Etapa 3
- G – Aquisição de componentes externos [lead time <10] – Etapa 3
- H – Fabricação dos componentes internos- Etapas 1, 2 e 3
- I – Montagem do produto final

Figura 2 - Rede PERT do processo de suprimentos em três momentos durante a liberação total dos projetos de engenharia

Os tempos de cada atividade foram compilados, conforme indicado na Tabela 3.

Tabela 3 - Tempos das atividades com ressuprimento em três momentos

Atividade	Duração (em dias)				
	To	Tm	Tp	Tempo médio	Variância
A	1,00	1,00	2,00	1,33	0,03
B	1,00	1,00	2,00	1,33	0,03
C	16,00	20,00	90,00	42,00	152,11
D	11,00	13,00	17,00	13,67	1,00
E	10,00	12,00	15,00	12,33	0,69
F	6,00	9,00	13,00	9,33	1,36
G	5,00	7,00	10,00	7,33	0,69
H	5,00	8,00	10,00	7,67	0,69
I	8,00	8,00	10,00	8,67	0,11

Utilizando a metodologia da Rede PERT para calcular a probabilidade de entrega nos prazos com o novo processo, chegou-se aos seguintes resultados:

- A probabilidade de entrega de seus produtos em prazo inferior a 90 dias é de 99,85%.
- A probabilidade de entrega de seus produtos ao cliente em prazo inferior a 60 dias é de 70,54%.
- A probabilidade de entrega do produto ao cliente em prazo superior a 60 dias e inferior a 90 dias é de 99,25%.

## 4 RESULTADOS

Com a nova metodologia, a empresa pôde reduzir seus prazos de entrega junto ao cliente com maior grau de certeza de atendimento aos prazos de entregas. O indicador de desempenho da empresa para este quesito também foi alterado. O indicador que tinha meta de entrega superior a 80% de seus produtos com prazo máximo de noventa dias foi alterado para uma meta de entrega superior a 80% de seus produtos com prazo máximo de sessenta dias. Através desta análise da influência do tempo de suprimento destes itens especiais sobre o prazo de entrega, gerou-se também um novo parâmetro para negociação das datas de entrega, pois, após a catalogação destes itens especiais, caso o cliente opte pela utilização de uns destes, no momento da venda o cliente é

## REFERÊNCIAS

BALLESTRO-ALVAREZ, M. E. **Gestão da qualidade, produção e operações**. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA C. A. **Administração de produção e de operações; manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Editora Atlas, 2008.

GAITHER, N. FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

informado que, devido aquele item, o prazo de entrega é superior aos sessenta dias de um produto convencional. Outra vantagem da utilização desta metodologia foi à possibilidade de preparação antecipada de moldes e ferramentais nos componentes de fabricação interna.

## 5 CONCLUSÃO

Foi evidenciada uma forte influência do *lead time* alto nos prazos de entrega do produto final. Para contornar esta influência, a estratégia de planejamento da produção adotada na empresa mostrou eficaz aos resultados pretendidos com a redução de 30 dias para os pedidos de seus clientes que não contemplem *lead times* muito onerosos.

KEELLING, R. **Gestão de projetos: uma abordagem global**. São Paulo: Editora Saraiva, 2002.

KRAJEWSKI, L. RITZMAN, L. MALHOTRA, M. **Administração de produção e operações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

STEVENSON, W. J. **Administração das operações de produção**. Rio de Janeiro: LTC editora, 2001.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção**: teoria e prática. São Paulo: Editora Atlas, 2009.