

## **Aplicação da técnica PERT/CPM no Processo de Produção de Coluna de Ferro Armada em uma Empresa de Lajes**

**Artur Eugênio Grego Nuss, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão,  
arturnuss@hotmail.com**

**Gabriel Souza Alves da Costa, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão,  
gabriel\_souzacosta@hotmail.com**

**Gayego Cunha, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão,  
gf.cunha@hotmail.com**

**Matheus Pagliarini Rodrigues EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão  
mathpagliarini@gmail.com**

**Tainara Rigotti de Castro, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão  
tainararcastro@hotmail.com**

*Resumo: Resumo: Dentre as diversas ferramentas da Pesquisa Operacional (PO), destaca-se o Planejamento, Programação e Controle de Projetos (PPCP) que, por sua vez, utiliza a aplicação de várias técnicas no gerenciamento de projetos. A Rede PERT/CPM é uma dessas técnicas, podendo ser também aplicada em ciclos produtivos. Com a Rede PERT/CPM é possível gerenciar de forma metodológica as atividades de um projeto, pois nela ficam evidentes as durações das atividades, suas dependências, bem como as atividades que merecem atenção especial. Esta pesquisa tem por objetivo aplicar a técnica de PERT/CPM num processo de fabricação de estruturas para lajes, especificamente colunas de ferro armado. A finalidade principal é elaborar a representação gráfica das atividades realizadas nos processos, identificando o tempo total e as atividades críticas que compõem o processo. Para a coleta de dados, primeiramente, foi realizado o mapeamento do processo produtivo in loco. Com os tempos de duração de atividades disponibilizados pela Empresa, foram realizados os cálculos de tempos das atividades (início e término) e identificadas as atividades críticas do processo, procedendo-se para o cálculo de datas limites e cálculos de folgas das atividades. Ao término do estudo foi possível identificar que o processo é altamente composto por atividades críticas que, caso sofram atraso, implicam no atraso do processo como um todo.*

*Palavras-Chave: Pesquisa Operacional; Planejamento, Programação e Controle de Projetos; Planejamento de Ciclos Produtivos.*

### **1. Introdução**

A Pesquisa Operacional (PO) é caracterizada pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2008) como uma das áreas da Engenharia de Produção, conceituada como aquela que envolve a resolução de problemas reais envolvendo situações de tomada de decisão, por meio de modelos matemáticos habitualmente processados computacionalmente. Procura, assim, introduzir elementos de objetividade e racionalidade nos processos de tomada de decisão, sem descuidar dos elementos subjetivos e de enquadramento organizacional que caracterizam os problemas.

Para Pereira (2009), a PO é uma ciência multidisciplinar que integra conhecimentos da Matemática, Estatística e Computação para a criação de ferramentas de tomada de decisão. Basicamente na construção de um modelo de um sistema real, existente para analisar e compreender o comportamento do sistema, com objetivo de otimização.

Dentre as diversas ferramentas de PO, destaca-se o Planejamento, Programação e Controle de Projetos (PPCP) que, por sua vez, utiliza a aplicação de várias técnicas no Gerenciamento de Projetos (GP). De acordo com Heldman (2009, p.7) o GP abrange uma série de ferramentas e técnicas, utilizadas por pessoas para descrever, organizar e monitorar o andamento das atividades do projeto. Portanto, foi utilizada uma das ferramentas de GP, sendo ela a Rede PERT/CPM.

A técnica PERT/CPM, conforme Tubino (2007), são duas técnicas utilizadas em conjunto, em que PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) - Técnica de Avaliação e Revisão de Programas - possui características probabilísticas e variáveis aleatórias e CPM (*Critical Path Method*) - Método do Caminho Crítico - utiliza estimativas de tempo. Tais técnicas são consideradas eficazes no que se refere à PPCP, podendo ser aplicadas também em ciclos produtivos, como neste presente estudo.

Neste contexto, esta pesquisa tem por objetivo aplicar a técnica de PPCP, rede PERT/CPM, em uma Empresa localizada na cidade de Campo Mourão, no estado do Paraná, a qual se ocupa da fabricação de estruturas para lajes, especificamente colunas de ferro armado, além da venda de produtos para a construção civil. A finalidade principal é elaborar a representação gráfica das atividades realizadas nos processos, mapeando e analisando o processo produtivo, identificando o tempo total e as atividades críticas que compõem o processo.

Este trabalho está estruturado em seis seções. Nesta, a primeira, a pesquisa foi contextualizada e os objetivos foram apresentados. Na segunda seção se encontra o Referencial teórico em relação a técnica utilizada. A terceira seção apresenta uma Revisão de literatura acerca de trabalhos que aplicaram a técnica PERT/CPM. Na quarta, está disposta a metodologia. Na quinta e sexta seções, respectivamente, encontram-se o estudo de caso e as considerações finais; seguidas das referências bibliográficas.

## 2. PERT/CPM

Segundo Tubino (2007) a Rede PERT/CPM é a técnica mais empregada para planejamento, sequenciamento e acompanhamento de projetos. A técnica proporciona visão gráfica das atividades que compõem o projeto; Estimativa de quanto tempo o projeto consumirá; Visão de quais atividades são críticas para o atendimento do prazo de conclusão; Visão de quanto tempo de folga disponível nas atividades não-críticas.

A Rede PERT/CPM traz grandes vantagens para o gerenciamento de projetos, pois auxilia no planejamento, programação, coordenação e controle do projeto, evitando ou minimizando o risco dos efeitos advindos de uma ocorrência inesperada ou acidental durante a execução do projeto. (CUKIERMAN, 2000).

Para Morais (2015) a Rede PERT/CPM consiste em figurar o projeto numa rede ou grafo, onde se apresentam as ações de acordo com as respectivas relações de correspondência, de modo que o conjunto mostre a sequência em que todas as atividades do empreendimento devam ser executadas.

A ferramenta PERT/CPM ilustra, através de um Diagrama de Rede, as atividades e o avanço de cada tarefa ou do projeto todo. Por meio dele é possível identificar quando deverá ser iniciada cada tarefa, quanto tempo levará a execução de cada uma delas, quais

atividades estão sendo executadas ao mesmo tempo e toda a interdependência entre resultados (DUFFY, 2006).

De acordo com Chase *et. al* (2006), o objetivo principal da ferramenta PERT/CPM é determinar as informações para programação de cada atividade no projeto, possibilitando calcular quando uma atividade deve iniciar e terminar e também se essas atividades compõem o caminho crítico do projeto.

Martins e Laugení (2006) definem o caminho crítico de um projeto como a sequência das tarefas que determina a duração do projeto, e as atividades que compõem o caminho crítico são denominadas atividades críticas. Caso ocorra algum atraso em alguma das atividades críticas, todo o projeto atrasará.

## 2.1 Construção da Rede PERT/CPM

Para Moraes (2015) a construção da Rede PERT/CPM é necessária conhecer a relação das atividades, a duração de cada atividade e a ordem de relacionamento e dependência entre as atividades. Na Figura 1 é apresentado um exemplo de rede PERT/CPM:

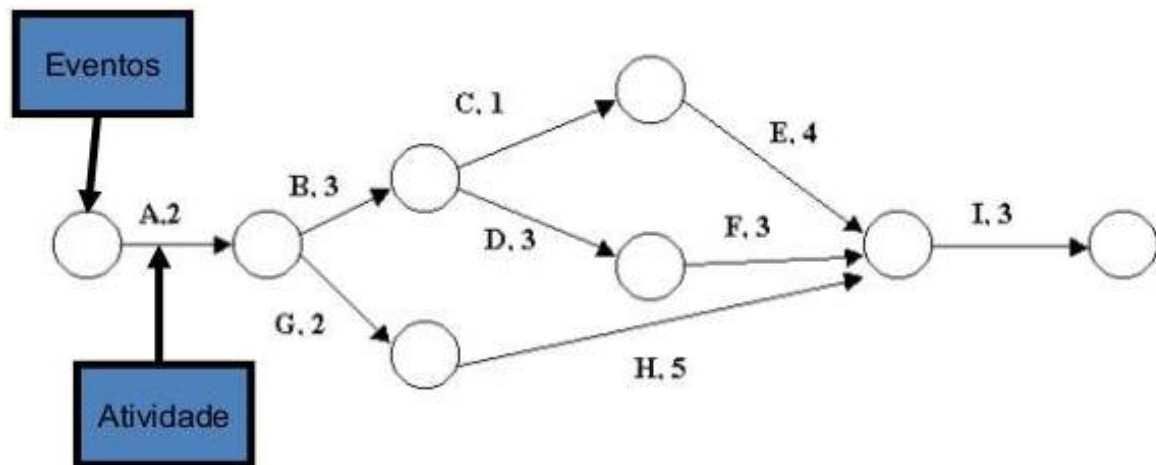


FIGURA 1 - Modelo de Rede PERT/CPM. Fonte: Toledo (2013).

Por meio da Figura 1 observa que uma rede é composta por eventos (representados pelos círculos) e atividades (representadas pelas setas). Avila (2012) ressalta que existe mais de um tipo de evento envolvendo uma mesma atividade:

- Evento: representa um marco temporal, delimita o tempo de início ou de fim de alguma atividade, não consumindo tempo ou recurso, é representado por círculos;
- Evento Inicial: é a data de início do programa, é representado por um círculo no início da seta que marca o início da atividade;
- Evento final: marca o termino de uma atividade, é representando por um círculo no final da atividade.

Segundo Tubino (2007), as atividades são sempre balizadas por eventos, podendo estas possuir características diferentes:

- Atividades Simultâneas: se referem duas ou mais atividades que iniciam de um só evento;
- Atividades Paralelas: ocorrem apenas quando a atividade está entre dois eventos sucessivos, na existência de uma única atividade;

c) Atividade Fantasma: é uma atividade fictícia, onde sua função é resolver problemas de numeração ou de lógica. Ela é apenas um recurso necessário de diagramação com valor lógico não existindo na situação real.

## 2.2 Cedo, Tarde e Caminho Crítico

Construída a Rede PERT/CPM do projeto, deve se calcular as datas que indicam os tempos dos eventos iniciais e finais e, a partir delas, identificar as atividades críticas e não-críticas (MORAIS, 2015).

Para Morais (2015) uma atividade é considerada crítica quando qualquer atraso em sua realização causa atraso na realização do projeto como um todo. São as atividades cuja realização não apresenta folga de tempo. Por sua vez, as atividades não-críticas são aquelas que apresentam folga e que podem sofrer algum atraso, dentro de certos limites, sem atrasar o projeto.

Avila (2012) afirma que o cedo de um evento é o tempo necessário para que o evento seja atingido desde que não haja atraso imprevisto nas atividades antecedentes deste evento. O cedo de um evento é o tempo em que o evento é alcançado, igual à duração da atividade que chega nele somada ao tempo do evento de onde ela se origina. No caso de haver duas ou mais atividades que chegam a um mesmo evento, o tempo do evento é o maior entre as somas.

Conforme Tubino (2007), por sua vez o tarde de um evento é a última data desde o início das atividades que partem deste evento de forma que a não atrase a conclusão do projeto. Desta forma, podem-se calcular os tardes dos eventos como o valor mínimo entre todos. Para calcular o tempo tarde do evento, a conta é feita de trás para frente. Inicia-se, portanto, do último evento que finaliza o projeto e, assim ir subtraindo as durações das atividades até chegar ao evento inicial da rede, no caso de haver duas ou mais com valores igualitários a prioridade é o valor mínimo.

## 2.3 Datas Limites e Calculo de Folgas das Atividades

Para Tubino (2007) cada atividade integrante de um projeto é definida por quatro tempos distintos que se referem as datas de início e término de uma atividade, sendo elas: Primeira Data de Início (PDI), Primeira Data de Término (PDT), Última Data de Início (UDI), Última Data de Término (UDT).

O PDI, calculado por meio da Equação 1, é caracterizado como a data mais cedo que uma atividade pode se iniciar supondo que todas as atividades precedentes iniciaram-se na data mais cedo (TUBINO, 2007).

$$PDI = \text{Cedo do evento inicial} + 1 \quad (\text{Equação 1})$$

O PDT é a data mais tarde que uma atividade pode ser concluída, sendo calculado por meio da Equação 2 (TUBINO, 2007).

$$PDT = \text{Cedo do evento inicial} + \text{Duração} \quad (\text{Equação 2})$$

Por meio da Equação 3 se calcula o UDI que é a data máxima para se iniciar uma atividade de modo a não atrasar as atividades seguintes. (TUBINO, 2007).

$$UDI = \text{Tarde do evento final} - \text{Duração} + 1 \quad (\text{Equação 3})$$

O UDT, calculado por meio da Equação 4, é a data mais tarde que uma atividade pode ser concluída sem que atrase o projeto (TUBINO, 2007).

$$UDT = \text{Tarde do evento final} \quad (\text{Equação 4})$$

Ainda de acordo com Monteiro e Ramires (2003) após o cálculo de datas limites, são obtidas as folgas referentes a elas. Porém antes deve-se definir o tempo total do projeto ou Tempo Disponível (TD) das atividades. O TD de uma atividade é o intervalo entre o PDI e o UDT (Equação 5), ou seja, é o maior intervalo disponível de uma atividade para ser realizada, sem alteração de cedo ou tarde do evento final.

$$TD = \text{Tarde do evento final} - \text{Cedo do evento inicial} \quad (\text{Equação 5})$$

Deste modo, cada atividade possui quatro tipos de folgas, sendo elas: Folga Total (FT), Folga livre (FL), Folga dependente (FD), Folga Independente (FI).

A FT, calculada por meio da Equação 6, é a demora máxima de uma atividade sem alterar sua data final de conclusão (MONTEIRO; RAMIRES, 2003).

$$FT = TD - \text{duração} \quad (\text{Equação 6})$$

Por meio da Equação 7 pode-se calcular a FL que é o atraso máximo que uma atividade pode sofrer sem que o cedo do evento inicial se modifique (MONTEIRO; RAMIRES, 2003).

$$FL = \text{Cedo do evento final} - \text{Cedo do evento inicial} - \text{Duração} \quad (\text{Equação 7})$$

A FD, calculada por meio da Equação 8, é atraso máximo que uma atividade pode sofrer, considerando-se que vá se iniciar no tarde do evento inicial e terminar no tarde do evento final precedente (MONTEIRO; RAMIRES, 2003).

$$FD = \text{Tarde do evento final} - \text{Tarde do evento inicial} - \text{Duração} \quad (\text{Equação 8})$$

A FI, calculado por meio da Equação 9, é o período disponível para a realização de uma atividade, iniciando no tarde do evento final e não ultrapassando o cedo final (MONTEIRO; RAMIRES, 2003)

$$FI = \text{Cedo do evento final} - \text{Tarde do evento inicial} - \text{Duração} \quad (\text{Equação 9})$$

### 3. Revisão de Literatura

O Quadro 1 contempla a descrição de pesquisas que aplicaram a técnica PERT/CPM em empresas do setor de serviços:

AUTORES	TÍTULO	APLICAÇÃO
Panta <i>et al.</i> (2015)	Elaboração de rede PERT/CPM em uma empresa de confecção: um estudo de caso	O estudo aprimorou um processo produtivo em uma fábrica de confecção diminuindo o tempo total de fabricação de <i>lingerie</i> na cidade de Paraíso – TO, através das técnicas PERT/CPM sendo que 81,25% do processo são compostos por atividades críticas, as técnicas abordadas apresentaram-se como uma alternativa viável para auxiliar a empresa no processo de eficiência
Costa <i>et al.</i> (2015)	Redes de Planejamento PERT/CPM:Um Estudo de Caso Aplicado á Manutenção H-60L	Este artigo examinou as atividades de manutenção preventiva de helicópteros, através da rede PERT/CPM, a fim de demonstrar a possibilidade do aumento da disponibilidade das aeronaves. Os ganhos de tempos teóricos foram significativos, concluindo assim que o uso da ferramenta foi de grande valia ao estudo.
Correa <i>et al.</i> (2014)	Análise do processo de manutenção em uma empresa transportadora de cargas por meio da aplicação do PERT/CPM	O estudo aplicou a técnica de planejamento PERT/CPM no setor de manutenção de uma transportadora de cargas situada na região de Belém – PA, que possibilitou uma visualização mais completa, no qual foi possível observar o sequenciamento e as relações de dependência entre as atividades. Além disso, foi identificado um caminho crítico na rede e a partir dele sugeriu-se alternativas de melhoria.

(Conclusão)

AUTORES	TÍTULO	APLICAÇÃO
Barra <i>et al.</i> (2013)	Elaboração de rede PERT/CPM na indústria da através da utilização do software <i>MS Project</i> : um estudo de caso	O estudo relata que com a rapidez das mudanças atuais no setor de construção civil é necessário um maior investimento no setor de planejamento e controle da produção de obras, e através da aplicação das técnicas de PERT/CPM e do <i>MS Project</i> foi realizado o sequenciamento global da construção de uma escola, ressaltando a extrema importância da técnica para tomada de decisões. Permitindo uma visualização de fácil entendimento do sequenciamento das atividades e determinação de quais atividades são críticas, auxiliando nas decisões de planejamento e execução de obra.
Monteiro <i>et al.</i> (2013)	Aplicação das técnicas de PERT/CPM para determinação do tempo total de fabricação e do caminho crítico do produto cadeira diretor em uma empresa de móveis em Belém do Pará	Este artigo propôs uma maior eficiência no processo de fabricação de “cadeira diretor” de uma indústria de móveis em Belém – PA utilizando as técnicas de PERT/COM através dos cálculos do tempo total de fabricação e a identificação do caminho crítico existente no processo, considerando a existência ou não de folga nas atividades sendo possível reduzir a aplicações de recursos com conseqüente diminuição dos custos.
Santos <i>et al.</i> (2010)	O uso do PERT/CPM em uma empresa de <i>fastfood</i>	Esta equipe aplicou a técnica do PERT/CPM em uma rede de <i>fastfood</i> para identificar o caminho crítico, e através deste diminuir o <i>lead time</i> dos processos para garantir atendimentos mais rápidos aos seus clientes, deste modo conseguiu atingir menores custos e maior nível de serviço dos funcionários superando a concorrência na cidade de João Pessoa – PB.

QUADRO 1 – Revisão de literatura aplicações PERT/CPM. Fonte: Autores (2016).

Por meio da revisão realizada foi possível observar a importância da técnica PERT/CPM em uma gestão que se faz eficaz para alcançar os objetivos delineados para o projeto. A técnica não se delimita a áreas específicas, sendo aplicada em várias áreas que compõe um projeto ou até mesmo uma prestação de serviço.

#### 4. Metodologia

O método de abordagem utilizado foi o misto, pois foram utilizados dados qualitativos e quantitativos (CRESWELL, 2007). Qualitativo, pois foi realizada pesquisa sobre a Rede PERT/CPM, bem como sua aplicação. Quantitativo, pois foram manipulados dados referentes às durações das atividades in loco para elaboração da Rede PERT/CPM, bem como dados referentes à datas-limite e folgas.

A pesquisa se classifica, quanto aos fins, como descritiva, pois tem por intuito conhecer as características do processo produtivo in loco, examinar as possíveis relações entre as variáveis envolvidas, bem como a observância da prática (GIL, 2008).

Quanto aos meios a pesquisa é classificada como bibliográfica e estudo de caso. Bibliográfica, já que a pesquisa utilizou-se de revisão teórica e literária. A revisão de literatura focou na busca por artigos relacionados à utilização da rede PERT/CPM por empresas do setor de serviços. As buscas foram realizadas nos anais do ENEGEP (Encontro Nacional de Engenharia de Produção) e *Scielo* no período de 2010 a 2015, com as palavras-chave: Utilização de Rede PERT/CPM em serviços e Utilização de Rede PERT/CPM. Estudo de caso, pois foram realizadas visitas in loco a fim de coletar dados e analisar as durações e as dependências das atividades.

Para a coleta de dados, primeiramente, foi realizado o mapeamento do processo produtivo das estruturas para lajes. A partir deste ponto, com os tempos de duração de

atividades disponibilizados pela Empresa, foram realizados os cálculos de tempos, obtendo-se os tempos de início e término de cada atividade, e o tempo total de produção das colunas. Após, calculados os tempos, foram identificadas as atividades críticas do processo, e assim procedendo-se para o cálculo de datas limites e cálculos de folgas das atividades.

## 5. Estudo de Caso

### 5.1 Caracterização da Empresa

A Empresa, objeto desse estudo, foi fundada em 2014 com o objetivo de atender a demanda por colunas de ferro armado na microrregião de Campo Mourão. Seu ramo de atuação é a fabricação de Lajes e Pré-moldados, Colunas para Construção e comercialização de materiais de construção e construtora. A Empresa tem suas atividades administrativas e financeiras no mesmo local, porém as operações de fabricação das Lajes e Pré-moldados são realizadas em barracões distintos.

A empresa possui um total de 20 funcionários. 2 funcionários são responsáveis pela fabricação das colunas, organização do estoque, manutenção do equipamento e carregamento. 15 funcionários se dividem na fabricação de lajes e direção de caminhões. A área administrativa e financeira, é composta por 3 funcionários.

### 5.2 Aplicação da técnica Rede PERT/CPM

A coluna de ferro armado é basicamente composta por dois tipos de vergalhões. Os estribos são feitos em vergalhão de diâmetro menor e os vergalhões que compõem o comprimento da coluna são de diâmetro maior, conforme exemplificado por meio da Figura 2.



FIGURA 2 - Coluna de ferro armada Fonte: Fermazon (2016).

O processo produtivo é altamente automatizado, em que os vergalhões chegam à Empresa em rolos montados em carretéis, que têm a função de armazenar as bobinas e desenrolar o comprimento necessário para fabricação das colunas. Em seguida, um

conjunto de roldanas alinha o vergalhão, deixando-o reto, pois o mesmo quando é desenrolado apresenta o formato espiral. Esse componente da linha de produção é denominado alinhador de vergalhão, ele é responsável também por puxar o vergalhão no carretel, fazendo-o desenrolar na quantidade que supra à soldadora, de acordo com informação dos sensores que indicam quando liberar material para a soldadora, que é a próxima etapa da linha de produção.

A soldadora traciona o vergalhão num comprimento estabelecido, que equivale à distância entre os estribos na coluna e os solda. Em seguida, a guilhotina elétrica faz o corte da coluna, quando a mesma atinge 6 metros de comprimento, deixando a coluna pronta para a dobra, que é a última etapa do processo. O último passo da operação é a dobra da coluna, feita pela dobradora pneumática, onde são necessários dois funcionários para desempenhar a função.

Sendo assim, foram listadas todas as atividades que compõem a linha de produção, suas dependências e respectivas durações (Quadro 2).

ATIVIDADE	DEPENDÊNCIA	DURAÇÃO(S)
A - Posicionar Vergalhão A na Bobina I	-	90
B - Posicionar Vergalhão A na Bobina II	-	90
C - Posicionar Vergalhão A na Bobina III	-	90
D - Posicionar Vergalhão A na Bobina IV	-	90
E - Posicionar Estribo na Bobina	-	60
F - Posicionar Vergalhão A no Alinhador	A	27
G - Posicionar Vergalhão B no Alinhador	B	27
H - Posicionar Vergalhão C no Alinhador	C	27
I - Posicionar Vergalhão D no Alinhador	D	27
J - Alinhar Estribo na Soldadora	E	3
K - Alinhar os Vergalhões na Soldadora	F, G, H, I	6
L - Corte do Estribo na coluna de ferro armado na Guilhotina	K, J	18
M - Solda do Estribo na coluna de ferro armado na Soldadora	K, J	18
N - Recuo da coluna na soldadora	L, M	24
O - Avanço da coluna da soldadora	N	16
P - Corte final da coluna de ferro armado	O	2
Q - Dobra da coluna na Dobradora Pneumática	P	60

QUADRO 2 - Lista de atividades, suas dependências e durações em segundos. Fonte: Autores (2016).

### 5.3 Cálculo de Ceddo, Tarde de cada evento e identificação dos Caminhos Críticos

Com as informações obtidas através do Quadro 2, foi possível construir a Rede PERT/CPM ilustrada na Figura 3 com os respectivos ceddos e tardes de cada evento com uma duração total para a produção de uma coluna de ferro armado de 3,9 minutos.



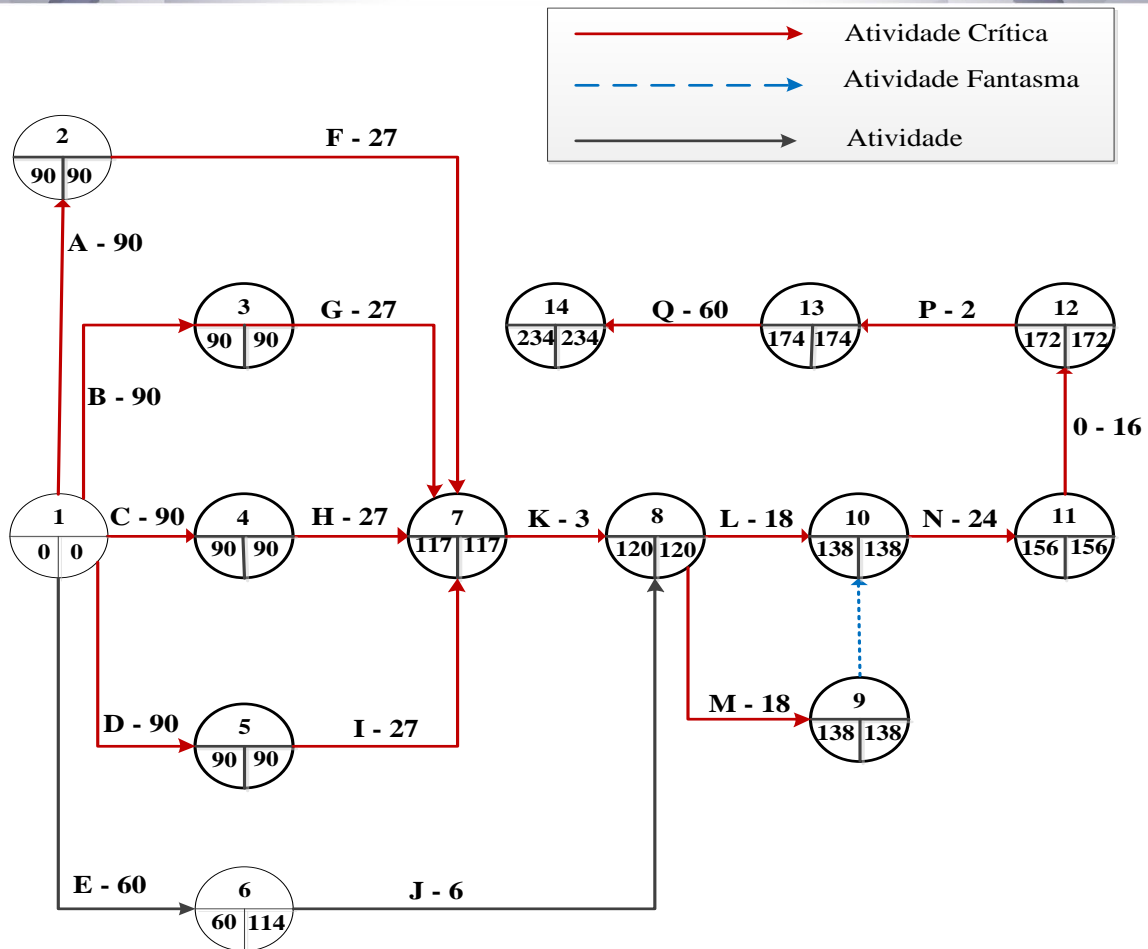


FIGURA 3 - Rede PERT/CPM do processo produtivo de coluna de ferro armada. Fonte: Autores (2016).

Após a realização dos cálculos pode se identificar os caminhos críticos dentro da Rede, sendo eles: A, B, C, D, F, G, H, I, K, L, M, N, O, P, Q. Totalizando 15 atividades críticas, o que demonstra que o processo é composto de muitas atividades sem folgas por possuírem atividades em série, com execução imediata ao término da atividade anterior, em consequência desta característica qualquer evento anormal causara atrasos na linha de produção.

### 5.3 Cálculo das Datas Limites e Folga

Foram calculados: PDI (primeira data de início); UDI (última data de início); PDT (primeira data de término); UDT (última data de término). Demonstrados na Tabela 1 a seguir.

TABELA 1 – Calculo do PDI; UDI; PDT; UDT

ATIVIDADE	DURAÇÃO (S)	PDI	UDI	PDT	UDT
A	90	1	1	90	90
B	90	1	1	90	90
C	90	1	1	90	90
D	90	1	1	90	90
E	60	1	55	60	114
F	27	91	91	117	117
G	27	91	91	117	117
H	27	91	91	117	117
I	27	91	91	117	117

ATIVIDADE	DURAÇÃO (S)	PDI	UDI	PDT	(Conclusão)
					UDT
J	6	61	115	66	120
K	3	118	118	120	120
L	18	121	121	138	138
M	18	121	121	138	138
N	24	139	133	162	156
O	16	157	157	172	172
P	2	173	173	174	174
Q	60	174	175	234	234

Fonte: Autores (2016).

Por meio dos cálculos das datas limites, pode se notar que cada atividade tem seu início logo após o término da atividade anterior. Isso deixa claro que se alguma atividade ocasionar em atraso implicara no atraso da próxima atividade.

A Tabela 2 mostra as folgas do processo.

TABELA 2 – Calculo TD; FT; FL; FD; FI

ATIVIDADE	DURAÇÃO (S)	TD	FT	FL	FD	FI
A	90	90	0	0	0	0
B	90	90	0	0	0	0
C	90	90	0	0	0	0
D	90	90	0	0	0	0
E	60	114	54	0	54	0
F	27	27	0	0	0	0
G	27	27	0	0	0	0
H	27	27	0	0	0	0
I	27	27	0	0	0	0
J	6	6	0	54	0	0
K	3	3	0	0	0	0
L	18	18	00	0	0	0
M	18	18	0	0	0	0
N	24	18	0	0	0	0
O	16	16	0	0	0	0
P	2	2	0	0	0	0
Q	60	60	0	0	0	0
H	27	27	0	0	0	0
I	27	27	0	0	0	0
J	6	6	0	54	0	0

Fonte: Autores (2016).

Pelo fato do processo possuir diversas atividades críticas, apenas 11,76% das atividades apresentaram folgas (E e J). O tempo de folga para essas atividades são em períodos curto de tempo, apresentando 54 segundos, ou seja, menos de um minuto. Portanto, qualquer atraso em algumas das atividades o risco de influenciar no processo todo é muito alto.

A atividade E possibilita obter um atraso máximo que uma atividade pode sofrer, considerando-se que vá se iniciar no tarde do evento inicial e terminar no tarde do evento final precedente. Já a atividade J permite um atraso máximo que uma atividade pode sofrer sem que o cedo do evento inicial se modifique.

No entanto, com a análise dos dados apresentados nas Tabelas 1 e 2 é possível ter um maior controle do projeto, bem como a data na qual a atividade deve ser iniciada, quando deve ser finalizada e qual a duração permitida para cada atividade, possibilitando a

Empresa um maior controle e planejamento, atingindo seus objetivos, atendendo os clientes nas datas estabelecidas, trazendo credibilidade à prestação de serviço.

## 6. Considerações Finais

Com a realização deste estudo foi possível compreender a aplicação da técnica PERT/CPM para uma linha de produção. Sua capacidade de mapear as etapas do processo, permitindo a visão dos tempos de cada atividade, suas folgas e atividades críticas, possibilitando saber os pontos chaves dentro do processo que podem influenciar tanto em atrasos e pontos que podem ser melhorados para uma maior eficiência.

O tempo total de processo para a produção da coluna de ferro armado resultou em 3,9 minutos, sendo considerado um processo altamente automatizado, onde se devem manter os equipamentos bem calibrados, em perfeitas condições de usos, realizando sempre a manutenção preventiva para que não ocorram imprevistos desnecessários com manutenção, acarretando na perda de tempo de produção. Assim, por se apresentar uma linha de produção contínua, qualquer imprevisto, pode ocasionar na parada de produção das colunas de ferro armado. 11,76% das atividades (E e J) apresentaram folgas, mas por se tratar de segundos, ou seja, menos de um minuto o risco de influenciar no processo todo é de alto risco.

Para trabalhos futuros, sugere-se alinhar a capacidade de produção de colunas de ferro armada com o estoque de matéria prima, uma vez que se sabendo o tempo de produção das colunas e realizando a o cálculo da capacidade de produção diária, mensal e anual pode se ter um controle da quantidade de matéria-prima a ser pedida ou o momento correto em que o pedido deve ser colocado, para evitar ociosidades e paradas de produção.

Para os autores, a realização desse trabalho possibilitou a conciliação da teoria com a prática uma vez que como futuros Engenheiros de Produção esse uso se torna de suma importância, a experiência adquirida com a convivência no chão de fábrica e com os donos da empresa em questão, auxiliam na aprendizagem de comportamento com os diversos escalões das empresas, desde os diretores até os colaboradores.

## Referencias

ABEPRO. Áreas da Engenharia de Produção, 2008. Associação Brasileira de Engenharia de Produção Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/DiretrCurr19981.pdf>> Acesso em 29 de agosto de 2016.

ARENALES, M.; ARMETANO, V.; MORABITO, R.; YAMASSE, R. Pesquisa Operacional: Para cursos de Engenharia. 1ª ed. Rio de Janeiro, 2007.

AVILA, A. V. Planejamento Capítulo 6: O Método PERT-CPM. Apoio Didático. Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

BARRA, R. B. M.; SEPTIMIO, G. A.; BASTOS, L. S. L. e MARTINS, V. W. B. *Elaboração de rede PERT/CPM na indústria da através da utilização do software MS Project: um estudo de caso*. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: ENEGEP / ABEPRO, 2013. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013\\_TN\\_STP\\_177\\_008\\_22484.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STP_177_008_22484.pdf)> Acesso em 18 de setembro de 2016.

CHASE, Richard B.; JACOBS, F. Robert; AQUILANO, Nicholas J. *Administração da produção e operações*. 11ª ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

CRESWELL, J. W. *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman 2007.

CORREA, V. G. A.; FERREIRA, A. R.; TORII, A. E. S. e MATOS, R. R. S. *Análise do processo de manutenção em uma empresa transportadora de cargas por meio da aplicação do PERT/COM*. XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção: ENEGEP / ABEPRO, 2014. Disponível em:

<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014\\_TN\\_STP\\_195\\_102\\_23528.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_TN_STP_195_102_23528.pdf)> Acesso em 18 de setembro de 2016.

COSTA, F. R. V. A. *Redes de Planejamento PERT/CPM: Um Estudo de Caso Aplicado à Manutenção Preventiva de Helicópteros H- 60L*. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção: ENEGEP/ABEPRO, 2010. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010\\_tn\\_stp\\_113\\_743\\_16973.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_tn_stp_113_743_16973.pdf)> Acesso em 10 de setembro de 2016.

CUKIERMAN, Zigmundo Salomão. *O modelo PERT/CPM aplicado a projetos*. 7ª ed. Rio de Janeiro: Riechmann & Affonso Ed., 2000.

DUFFY, Mary. *Gestão de projetos: Managing projects*. Trad. Eduardo Lasserre. 6ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. *Administração da produção*. Trad. Cláudia Freire, Lucas Marcelo Ferretti Yassumura, Monica Rosali Rosemberg. Rev. Diógenes de Souza Bido. 2ª ed. rev. aum. E atual. São Paulo: Saraiva, 2006.

MONTEIRO, N, J; RAMIRES, V, R. *Aplicação das técnicas de PERT/CPM para determinação do tempo total de fabricação e do caminho crítico do produto cadeira diretor em uma empresa de móveis em Belém do Pará*. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: ENEGEP/ABEPRO, 2013. Disponível em: <[www.abepro.org.br/ENEGEP2013](http://www.abepro.org.br/ENEGEP2013)> Acesso em 14 de setembro de 2016.

MORAIS, F, M. Apostila – Pesquisa Operacional II. Unespar/Campo Mourão, 2015.

PANTA, E. S.; BARBOSA, J. A.; ECKARDT, M.; SILVA, N. A. *Elaboração de rede PERT/CPM em uma empresa de confecção: um estudo de caso*. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção: ENEGEP / ABEPRO, 2015. Disponível em:< [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STP\\_206\\_221\\_27048.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_206_221_27048.pdf)> Acesso em 10 de setembro de 2016.

PEREIRA, I. W. *Pesquisa Operacional: Ferramenta Para A Competitividade*. 2009 – Revista Embanews. Disponível em: <<http://maua.br/files/artigos/artigo-pesquisa-operacional-prof-wilson-inacio-pereira-revisado-.pdf>> Acesso em 09 de setembro de 2016.

SANTOS, R. L. S.; MENEZES, V. L.; BARRETO, E. G. L. e SILVA, R. M.. *O uso do PERT/CPM em uma empresa de fast food*. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção: ENEGEP/ABEPRO, 2010. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010\\_TN\\_STO\\_113\\_740\\_17314.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TN_STO_113_740_17314.pdf)> Acesso em 12 de setembro de 2016.

SITE FERMAZON.COM.BR. *Coluna de ferro armada*. 2016. Disponível em: <<http://www.fermazon.com.br/product/coluna-m%C3%A9dia-8mm-7-x-14-cm-x-6m-pe%C3%A7a-108kg>> Acesso em 04 de setembro de 2016.

SOBRAPO. *Definições Pesquisa Operacional*, 2010. Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional. Disponível em: <[shttp://www.sobrapo.org.br/o\\_que\\_e\\_po.php](http://www.sobrapo.org.br/o_que_e_po.php)>. Acesso em 26 de agosto 2016.

TOLEDO, M. *PERT*. Slideshare.net. 10/10/2013. Disponível em: < <https://pt.slideshare.net/muriloket/pert-27060712>> Acesso em 03 de setembro de 2016.

TUBINO, D. F. *Manual de planejamento e controle da produção: Teoria e Prática*. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2007.