



18 a 21 de novembro de 2014, Caldas Novas - Goiás

PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO DE UNIDADES PROTÓTIPO ATRAVÉS DE DIAGRAMAS DE REDES E MÉTODOS PARAMÉTRICOS

Marobin, Daniel Silva; marobindaniels@yahoo.com.br

¹Mabin Consultoriae Treinamento. Rua 02, no 25 Bairro São Francisco – Catalão-GO

Resumo: As novas políticas adotadas pelo governo brasileiro estão incentivando os esforços das montadoras a realizar a atualizar tecnologicamente seus produtos e / ou fazer a localização da produção de algumas plataformas já vendidas no mercado interno. A adoção de uma estratégia de localização de plataformas reduz o número de importações de veículos da montadora, o que afeta diretamente a clientes finais que deixam de sofrer os impactos do aumento dos impostos sobre os produtos importados, bem como aumentar a taxa de localização global de plantas instaladas no Brasil. Baseado nesse cenário, as montadoras tem aumentado os seus investimentos em novos projetos, com prazos enxutos, o que torna ainda mais importante à construção de cronogramas eficazes. Este artigo foi desenvolvido em montadora nacional e tem por objetivo avaliar o impacto da integração das metodologias PDM (Método do Diagrama de Precedência) e PERT (Técnica de Revisão e Análise do Programa) no planejamento de produção de unidades protótipos.

Palavras-chave: Projeto, PDM, PERT, Planejamento, Produção

1. INTRODUÇÃO

A nova política do governo federal brasileiro criou uma corrida entre as montadoras e fabricantes de autopeças para o projeto e desenvolvimento local de novas tecnologias e plataformas de veículos. As novas taxas sobre os veículos importados também estão acelerando a localização de novas plataformas antes importados de países como México, Japão, Estados Unidos e Europa.

Não realizar o lançamento de plataformas locais no momento certo significa não gozar de tarifas diferenciadas e, consequentemente, ter um produto a um custo maior para o cliente, o que pode significar perda de vendas e receita para a empresa. Então, realizar uma correta estimativa de tempo para a introdução da nova plataforma, dentro de padrões de qualidade e produtividade adequada, tem sido uma importante tarefa das equipes de gestão de projetos de manufatura.

Em busca de uma grande assertividade com os prazos para cada tarefa, métodos gráficos e estatísticos, como a técnica PDM (Método do Diagrama de Precedência) e PERT (Técnica de Revisão e Análise do Programa) se apresentam como importantes ferramentas matemáticas/quantitativas, reduzindo as variações subjetivas relacionadas à subjetividade nas estimativas.

O PDM é uma metodologia gráfica que integra cada uma das atividades do projeto através de uma rede que contém as dependências entre cada atividade, ou seja, “as atividades do cronograma são graficamente ligadas por um ou mais relacionamentos lógicos para demonstrar a sequência em que as atividades devem ser realizadas” (PMI, 2008). Por outro lado, a metodologia PERT utiliza técnicas paramétricas através da aplicação da “[...] média ponderada de estimativas otimista, pessimista e mais provável quando existe incerteza em relação às estimativas da atividade distinta” (PMI, 2008) tendo como resultado final uma estimativa mais precisa da atividade em estudo.

A integração destas duas metodologias proporciona aos cronogramas desenvolvidos pela equipe do projeto uma boa precisão, quando comparado com a realidade, em outras palavras, evita o surgimento de atrasos na linha de base do projeto, gerando custos com hora extra para recuperar a linha de base. Este artigo foi desenvolvido em montadora

nacional e tem por objetivo avaliar o impacto da integração de dois métodos matemáticos no planejamento de produção de unidades protótipos em uma indústria automobilística.

2. METODOLOGIAS DE ESTIMATIVAS DE TEMPO

Estimar a duração de uma atividade "O processo de análise do sequenciamento de atividades, suas durações, recursos necessários e restrições do cronograma para criar o cronograma do projeto." (PMI, 2008). Existem diferentes maneiras de realizar este processo, envolvendo opiniões de especialistas, estimativas similares ou paramétricas e análise de contingência de tempo.

Especialistas têm adotado correlações estatísticas / paramétricas, dados históricos e outras variáveis, como a opinião especializada para desenhar uma estimativa (PMI, 2008). Assim, podemos afirmar que a aplicação de uma metodologia com base neste tipo de análise pode trazer maior precisão na definição de prazos para cada atividade.

No entanto, os desafios do mercado atual, onde muitas montadoras estão participando do mercado brasileiro, impulsionado por Inovar Auto e características logísticas e de mercado, não basta ter um cronograma com boa precisão, as empresas também precisam ser rápidas no lançamento de novos produtos e, obviamente, lançar produtos com qualidade.

Com base nisso, um bom desenho de cronograma de projeto deve conter análises que envolvem a aplicação de compressão de cronograma ou de paralelismo entre as atividades. Compressão do cronograma "funciona apenas para atividades onde os recursos adicionais serão encurtar a sua duração" (PMI, 2008) e de paralelismo "só funciona se as atividades podem ser sobrepostas para encurtar a duração." (PMI, 2008).

Para realizar todas essas análises o gerente de projetos deve seguir as etapas abaixo:

1. Definição das atividades;
2. Sequenciamento das atividades;
3. Estimativa da duração das atividades;
4. Definição do caminho crítico do projeto;

Assumindo que todas as atividades a serem realizadas já são de conhecimento do time do projeto, será apresentada uma proposta para planejamento da produção de unidades protótipos de um novo veículo baseado no sequenciamento de atividades, através de métodos gráficos, e estimativas de prazos, através de métodos paramétricos.

2.1. Método do Diagrama de Precedência (PDM)

De posse da lista de atividades necessárias para completar o projeto, o próximo passo do time do projeto é realizar o sequenciamento das atividades.

Neste momento, é de grande importância que a equipe multifuncional tem um bom conhecimento do processo de produção, porque o objetivo é identificar quais são as conexões de cada atividade, de modo que você pode aplicar as interfaces de paralelismo, a fim de aperfeiçoar o cronograma. Assim, o resultado esperado é um menor tempo para o lançamento do veículo.

Uma técnica para realizar o mapeamento do processo é a técnica do Método do Diagrama de Precedência – PDM. Esta técnica não é nada mais do que uma técnica de diagrama de rede das atividades, identificando relações de precedência e sucessão entre cada uma das atividades.

O método PDM “usa caixas ou retângulos para representar as atividades – chamados de nós – e são conectados por setas que apresentam as dependências entre os mesmos.” (Araújo, 2013).

Essas dependências podem ser classificadas em 04 diferentes categorias: (Sharma, 2014).

o Término – Início: Nesta dependência, uma atividade não pode começar antes de uma atividade anterior tiver terminado. Por exemplo, você não pode cozinhar um ensopado antes de reunir todos os ingredientes. Portanto, a atividade "reunir os ingredientes" precisa terminar, antes da atividade "Cozinhar o ensopado" começar. Esta é a dependência mais comumente usada. (Sharma, 2014)

o Início – Início: Nesta dependência, existe uma relação definida entre o começo das atividades.

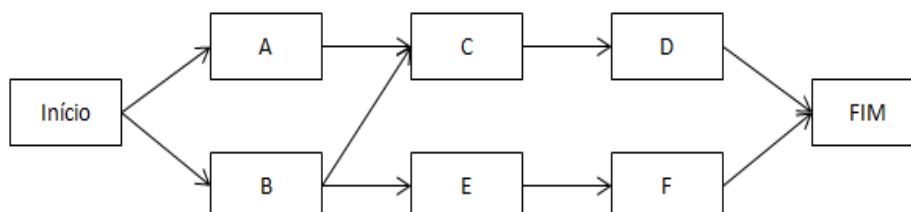
o Término – Término: Nesta dependência, há uma relação definida entre as datas de término de atividades.

o Início – Término: Nesta dependência, há uma relação definida entre o início de uma atividade e a data de término de uma atividade sucessora. Esta dependência é raramente usada.

Abaixo está um exemplo teórico de diagramação de uma rede usando o PDM.

Tabela 1. Dependência de atividades.

Atividade	Predecessor	Sucessor
A	Início	C
B	Início	C e E
C	A e B	D
D	C	Término
E	B	F
F	E	Término

**Figura 1. Diagrama de Rede – PDM.**

2.2. Técnica de Revisão e Avaliação de Programa (PERT)

Após o sequenciamento das atividades, através do método PDM, o próximo passo para desenhar o cronograma do projeto é realizar a estimativa de duração de cada uma das atividades.

Para obter uma boa acuracidade nesse processo é muito importante adotar metodologias numéricas, envolvendo dados históricos, estatísticos e opiniões especializadas.

A técnica de Revisão e Avaliação de Programa – PERT - é uma boa ferramenta para determinação das estimativas de tempo de cada uma das atividades.

O método PERT é baseado em estimativas paramétricas de três pontos, o que significa a correlação entre as projeções otimistas, mais prováveis e pessimistas para completar a atividade através de médias ponderadas, usualmente expressa pela equação abaixo:

$$Te = \frac{To + 4Tm + Tp}{6} \quad (1)$$

Onde:

o To = Otimista: Melhor situação

o Tm = Mais provável: Situação mais provável

o Tp = Pessimista Pior situação.

o Te = Tempo estimado.

Os passos aplicados na equação (1) “baseiam-se na distribuição BETA (β) escolhida pelos ciradores do PERT por ser unimodal, extremos finitos não negativos e não necessariamente simétrica (a distribuição normal não tem estas duas últimas propriedades)” (Silva, 2007). A representação gráfica do resultado desta técnica pode ser mais bem compreendida através da fig. 2 que segue:

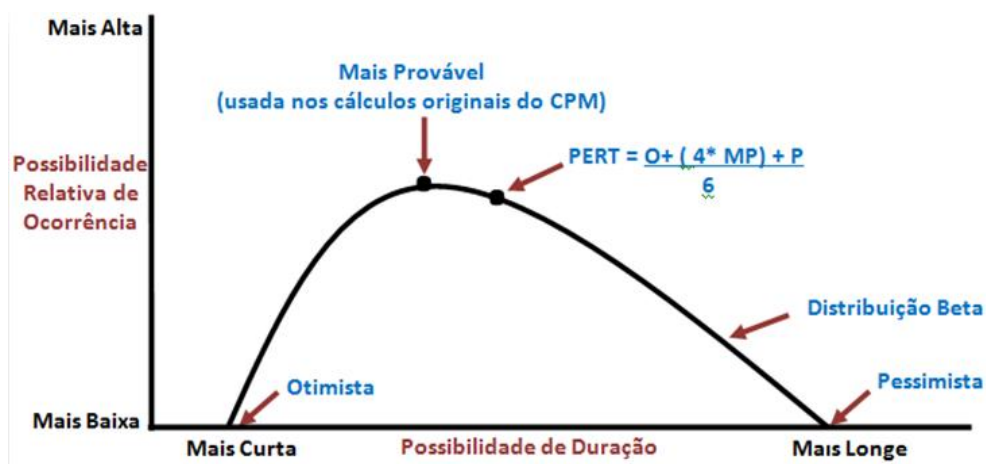


Figura 2. PERT – Probabilidade de Ocorrência.

Desvio padrão da equação anterior é representado pela equação (2):

$$\sigma = \frac{T_o + T_p}{6} \quad (2)$$

A representação gráfica da probabilidade de sucesso é expressa graficamente pela fig. 3:

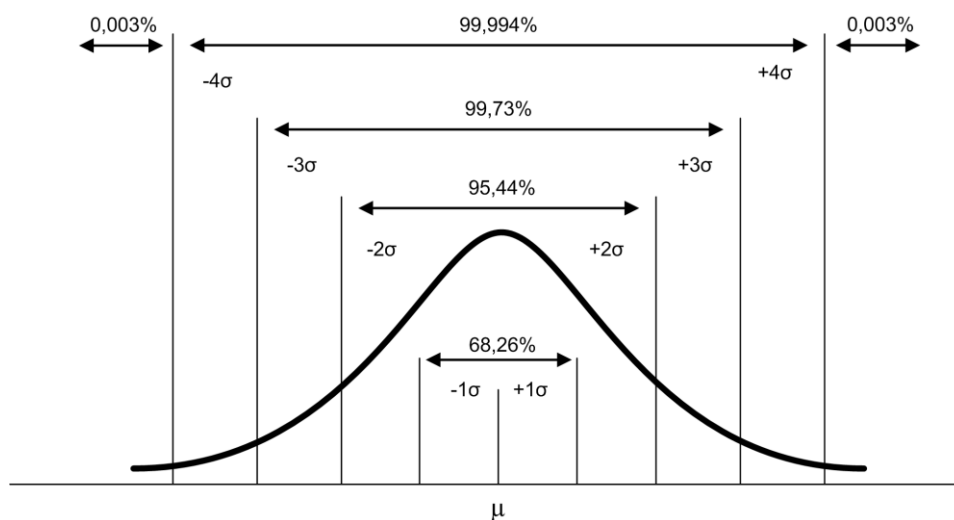


Figura 3. PERT – Probabilidade de Sucesso – Desvio Padrão.

3. ESTUDO DE CASO: INTEGRAÇÃO DOS MÉTODOS PDM E PERT NO PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO DE UNIDADES PROTÓTIPOS DE VEÍCULOS.

3.1. Premissas

- Aplicação de ferramentas integradas. PDM – Determinação da rede de atividades, PERT – estimativa de tempo.
- Estimativas otimista, pessimista e mais provável foram obtidas através da opinião especializada da equipe do projeto e dados históricos obtidos de projetos similares.
- Para as primeiras 04 unidades serão adotados 03 desvios padrão na estimativa, para as unidades 05 a 08, 02 desvios padrão e para as últimas 04 unidades será adotado somente 01 desvio padrão.
- São considerados somente tempos de atividades de montagem/produção. Tempo necessário para instalação, medição e controle de equipamentos não será considerado;
- A estimativa de tempo está baseada em horas.

3.2. Avaliação Gráfica

A lista de atividades a ser estudada está baseada nas estações de montagem final e nas principais sub-montagens, motores, para-choque, painel de instrumentos e eixo traseiro, os quais serão realizados em linhas de produção auxiliares ou em outros prédios.

Tabela 2. Dependência de atividades.

Tarefa	Descrição	Predecessor	Sucessora
A	LC 010/090	Início	B
B	LC 090/180	A	C
C	LA 010/040	B	D
D	LA 050/080	C	E
E	LF 010/080	D	F
F	LF080/130	E	G
G	Enchimentos	F	H
H	Ativação – Promets	G	I
I	Alinhamento	H	Fim
J	Painel de instrumentos	Início	B
L	Eixo traseiro	Início	D
M	Fabricação de motor	Início	D
N	Para-choques	Início	Fim

Aplicando a metodologia PDM para definição do diagrama de rede das atividades temos que:

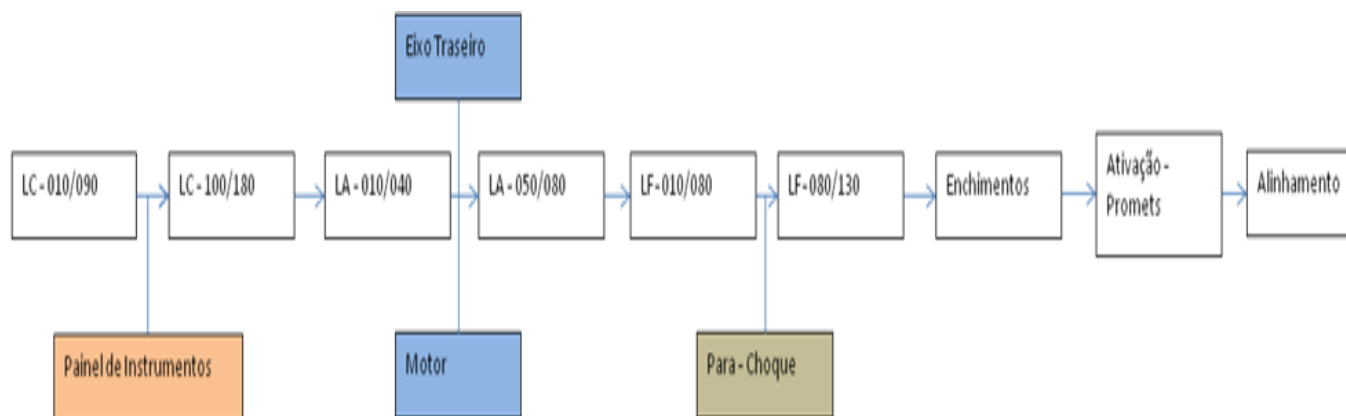


Figura 4. PDM – Diagrama de Rede – montagem de protótipo.

Aplicando-se a metodologia PDM, tem-se o diagrama de rede de atividades mostrado na fig. 4. Dele podemos visualizar 04 diferentes caminhos:

- Caminho A: Atividades A ~ I
- Caminho B: Atividades J – B ~I
- Caminho C: Atividades L e M – D ~I
- Caminho D: Atividades N – F ~I

3.3. Estimativa de Tempo

Com o diagrama de rede obtido através da aplicação da técnica PDM, o próximo passo é para definir a duração das atividades. Os valores para estimativa mais provável, otimista e pessimista foram obtidos através da opinião especializada e de dados estatísticos de projetos similares. Com os dados coletados, aplicou-se a metodologia do PERT à equação (1) e (2):

Os dados obtidos estão na tabela abaixo.

Tabela 3. Unidades 01 a 04: (Tempo estimado + 3 desvios padrão)

	Otimista (h)	Mais Provável (h)	Pessimista (h)	Tempo Estimado (h)	Desvio Padrão (h)	Tempo Estimado Corrigido (h)
LC-010 – 090	4	7	8	6,67	0,67	8,67
LC-100 – 160	4	7	8	6,67	0,67	8,67
LA - 010 – 040	3	3,5	4,5	3,58	0,25	4,33
LA - 050 – 080	3,5	4	4,5	4,00	0,17	4,50
LF-010 – 080	4	7	8	6,67	0,67	8,67
LF 080 – 130	3	3,5	4,5	3,58	0,25	4,33
Enchimentos	1	1,5	2	1,50	0,17	2,00
Ativação – Promets	0,5	0,75	1	0,75	0,08	1,00
Alinhamento	0,25	0,5	0,75	0,50	0,08	0,75
Eixo Traseiro	0,3	1	1,3	0,93	0,17	1,43
Motor	8	12	14	11,67	1,00	14,67
Painel de Instrumentos	0,3	1	1,3	0,93	0,17	1,43
Para-choque	0,3	0,6	1	0,62	0,12	0,97

Onde temos:

- Caminho A: 42,92 horas *
- Caminho B: 35,68 horas
- Caminho C: 20,60 horas
- Caminho D: 10,48 horas

* Caminho crítico: é o caminho no qual não existem folgas no cronograma, ou seja, o caminho em que apresenta o maior prazo necessário para conclusão.

Tabela 4. Unidades 05 a 08: (Tempo estimado + 2 desvios padrão)

	Otimista (h)	Mais Provável (h)	Pessimista (h)	Tempo Estimado (h)	Desvio Padrão (h)	Tempo Estimado Corrigido (h)
LC-010 – 090	4	7	8	6,67	0,67	8,00
LC-100 – 160	4	7	8	6,67	0,67	8,00
LA - 010 – 040	3	3,5	4,5	3,58	0,25	4,08
LA - 050 – 080	3,5	4	4,5	4,00	0,17	4,33
LF-010 – 080	4	7	8	6,67	0,67	8,00

LF 080 – 130	3	3,5	4,5	3,58	0,25	4,08
Enchimentos	1	1,5	2	1,50	0,17	1,83
Ativação - Promets	0,5	0,75	1	0,75	0,08	0,92
Alinhamento	0,25	0,5	0,75	0,50	0,08	0,67
Eixo Traseiro	0,3	1	1,3	0,93	0,17	1,27
Motor	8	12	14	11,67	1,00	13,67
Painel de Instrumentos	0,3	1	1,3	0,93	0,17	1,27
Para-choque	0,3	0,6	1	0,62	0,12	0,85

Onde temos:

- Caminho A: 39,92 horas *
- Caminho B: 33,18 horas
- Caminho C: 19,27 horas
- Caminho D: 9,62 horas

* Caminho crítico: é o caminho no qual não existem folgas no cronograma, ou seja, o caminho em que apresenta o maior prazo necessário para conclusão.

Tabela 5. Unidades 09 a 12: (Tempo estimado + 1 desvio padrão)

	Otimista (h)	Mais Provável (h)	Pessimista (h)	Tempo Estimado (h)	Desvio Padrão (h)	Tempo Estimado Corrigido (h)
LC-010 – 090	4	7	8	6,67	0,67	7,33
LC-100 – 160	4	7	8	6,67	0,67	7,33
LA - 010 – 040	3	3,5	4,5	3,58	0,25	3,83
LA - 050 – 080	3,5	4	4,5	4,00	0,17	4,17
LF-010 – 080	4	7	8	6,67	0,67	7,33
LF 080 – 130	3	3,5	4,5	3,58	0,25	3,83
Enchimentos	1	1,5	2	1,50	0,17	1,67
Ativação - Promets	0,5	0,75	1	0,75	0,08	0,83
Alinhamento	0,25	0,5	0,75	0,50	0,08	0,58
Eixo Traseiro	0,3	1	1,3	0,93	0,17	1,10
Motor	8	12	14	11,67	1,00	12,67
Painel de Instrumentos	0,3	1	1,3	0,93	0,17	1,10
Para-choque	0,3	0,6	1	0,62	0,12	0,73

Onde temos:

- Caminho A: 36,92 horas *
- Caminho B: 30,68 horas
- Caminho C: 17,93 horas
- Caminho D: 8,75 horas

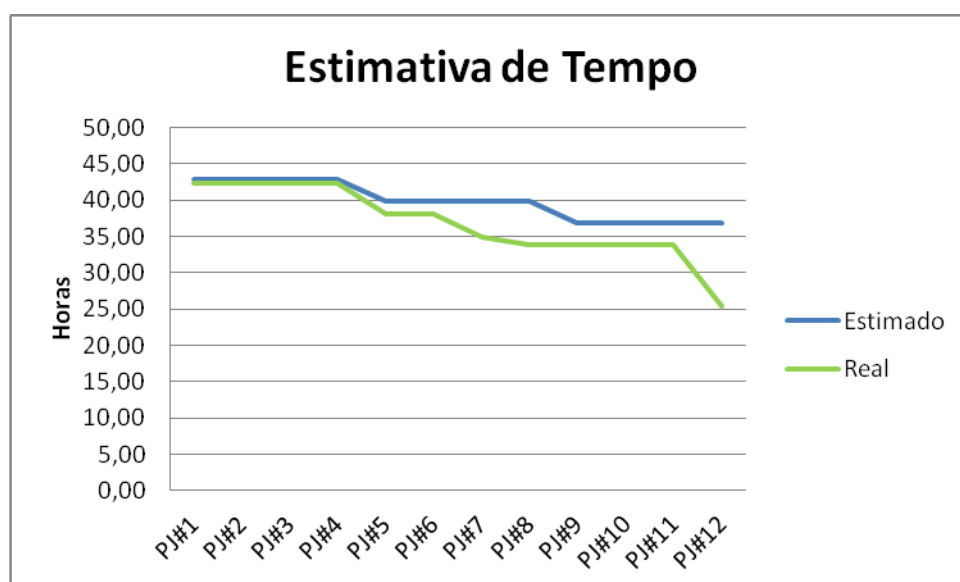
* Caminho crítico: é o caminho no qual não existem folgas no cronograma, ou seja, o caminho em que apresenta o maior prazo necessário para conclusão.

3.4. Planejamento de Tempo VS Resultados Reais

Abaixo segue um resumo dos resultados planejados e os resultados obtidos na montagem das 12 primeiras unidades protótipos de uma nova plataforma de veículo sedan.

Tabela 4. Estimado VS Real

	Estimado (h)	Real (h)	Varição	Status
PJ#1	42,92	42,4	1,2%	G
PJ#2	42,92	42,4	1,2%	G
PJ#3	42,92	42,4	1,2%	G
PJ#4	42,92	42,4	1,2%	G
PJ#5	39,92	38,16	4,4%	G
PJ#6	39,92	38,16	4,4%	G
PJ#7	39,92	34,92	12,5%	G
PJ#8	39,92	33,92	15,0%	G
PJ#9	36,92	33,92	8,1%	G
PJ#10	36,92	33,92	8,1%	G
PJ#11	36,92	33,92	8,1%	G
PJ#12	36,92	25,44	31,1%	G

**Figura 5. Estimado Vs Real.**

4. CONCLUSÕES

A indústria automobilística brasileira está passando por um grande ciclo de investimentos devido a uma série de fatores, como INOVAR Auto ou expansão de mercado e a gestão de projetos têm sido usada por montadoras para apoiar e aperfeiçoar esse crescimento. O lançamento de novas plataformas ou localização está sendo uma estratégia importante para todos os fabricantes de automóveis e torná-los rapidamente também é muito importante para obter um bom resultado de lucros. Com base nisso, a gestão do tempo é uma área de gerenciamento de projeto muito importante para todas as empresas, a fim de elevar a sua quota de mercado com os veículos locais.

Uma boa estratégia é integração de metodologias como PDM e PERT para construção de cronogramas do projeto. Esta ação pode dar uma boa precisão quando comparamos o planejamento com os resultados reais, no estudo de caso apresentado acima podemos ver que a variação média foi de 8,00% sendo que todos os veículos foram montados dentro do tempo estimado, ou seja, não foram necessárias horas extras ou aceleração de atividades que pudessem impactar a qualidade final do produto.

Esta elevada precisão representam um bom projeto garante um projeto entregue dentro dos prazos estabelecidos, sem a necessidade de horas extras para recuperação do cronograma de base do projeto, ou seja, com a correta aplicação do método proposto é possível evitar custos desnecessários ao projeto, o que significa mais lucro para a empresa.

5. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, João Vieira, BARBOSA, Christina. *Técnicas de Gerenciamento de Projetos*, Rio de Janeiro, FGV, 2013.
- KERZNER, Harold. *Project Management: a systems approach to planning, scheduling and controlling*, New York, John Wiley & Sons, 2009
- Project Management Institute. *A Guide to the PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE*, Pennsylvania: PMI, 2008.
- SHARMA, Rupen. *Overview of the Precedence Diagram Method (PDM)*, acessado pela internet website <http://www.brighthubpm.com/project-planning/49580-overview-of-the-precedence-diagram-method-pdm/> em Maio de 2014;
- SILVA, Antônio. C. M. *Métodos de Planejamento – Capítulo II – Método PERT*, acessado pela internet website http://www.moraissilva.com/teoria_pert.pdf em Setembro de 2014;

RESPONSABILIDADE AUTORAL

“O autor é o único responsável pelo conteúdo deste trabalho”.

PRODUCTION PLANNING OF PROTOTYPE UNITS THROUGH NETWORKS DIAGRAMS AND PARAMETRIC METHODS

Marobin, Daniel Silva; marobindaniels@yahoo.com.br

¹Mabin Consultoriae Treinamento. Rua 02, no 25 Bairro São Francisco – Catalão-GO

Abstract. *New policies adopted by the Brazilian government are encouraging the efforts of automakers to perform the technological upgrade of their products and / or make the location of production of some platforms already sold in the local market. Using a strategy of localizations of global platforms, automakers are reducing the number of vehicles imported by subsidiaries, which directly affects the final customers who fail to suffer the impacts of increased taxes on imported products as well as increase the rate of global localization by each plants located in Brazil. Based on this scenario, automakers have increased their investments in new projects, with lean periods, which makes it even more important to build effective schedules. This paper was developed on national automaker and aims to assess the impact of the integration of PDM (Precedence Diagramming Method) and PERT (Technical Review and Analysis Program) methodologies in production planning prototype units.*

Keywords: *Project, PDM, PERT, Planning, Production*