



O Planejamento de Experimentos como Ferramenta de Apoio à Tomada de Decisão na Escolha de Soluções de Mobilidade na Indústria Automotiva

Erik Telles Pascoal
erik.pascoal@outlook.com
AEDB

Antônio Lopes Nogueira Silva
antonio.silva@lo.unisal.br
UNISAL - Lorena

Resumo: Uma nova revolução tecnológica no mundo automotivo já foi iniciada. Nunca estivemos tão próximos de ver materializado em nosso cotidiano algumas das facilidades que somente víamos ou imaginávamos nos filmes de ficção. Diversas áreas de conhecimento da engenharia automotiva tiveram ou estão contribuindo para o avanço tecnológico dos veículos. E, também são diferentes as razões que motivaram e incentivaram este desenvolvimento, tais como: apelos ecológicos para novos materiais, normas mais severas para segurança ativa e passiva, novas exigências de veículos mais econômicos e eficientes, necessidades de dispositivos de entretenimento e comunicação, sistemas de navegação (GPS), novos conceitos de conforto, etc. Entretanto, a tomada de decisão sobre quais projetos de mobilidade deverão ser executados não é tarefa fácil para a indústria automotiva. Sem dúvida, investimentos tecnológicos, prazos de implantação e nível de prestação do serviço estão entre as variáveis que devem ser tomadas em conta na hora da escolha. Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo apresentar um modelo para apoio à tomada de decisão na escolha de soluções de mobilidade na indústria automotiva por meio da ferramenta de Planejamento de Experimentos (DOE). Para atingir este propósito, estudou-se a importância que determinadas variáveis têm para a aprovação de novos projetos de mobilidade. Pode-se concluir que o Planejamento de Experimentos é adequado às tomadas de decisões de produtos automotivos auxiliando os gestores nas melhores escolhas de projetos de mobilidade

sustentadas com um maior grau de confiabilidade.

Palavras Chave: DOE - Tomada de decisão - Projetos - Indústria Automotiva -



1. INTRODUÇÃO

Em função da alta competitividade de mercado, as organizações têm buscado utilizar diversas ferramentas de gestão para alcançarem seus objetivos estratégicos (GUERIN *et al.*, 2013). Duarte *et al.* (2015), afirmam que, a partir da aplicação de novas filosofias de trabalho, as empresas buscam estreitar a relação com os seus clientes e assegurar a sua sustentabilidade.

A busca pela melhoria contínua e por técnicas diferenciadas para melhorar o desempenho dos processos são uma das principais preocupações das empresas que pretendem se manter e se solidificar no mercado global (DEMARCHI; SOUZA; ALVES, 2013).

Segundo Costa *et al.* (2013), os processos e as operações são os principais meios de agregação de valor ao produto ou serviço, sendo assim, é necessário que a organização disponha de recursos que permitam o gerenciamento eficaz destes meios, com o objetivo de eliminar ou minimizar as atividades que não agregam valor, permitindo alcançar maior eficiência e eficácia, resultando no aumento da produtividade.

Dentro deste contexto, elaborou-se a seguinte pergunta orientadora para a pesquisa: o Planejamento de Experimentos compreendido como uma ferramenta de gestão pode auxiliar as montadoras a desenvolver e melhorar sua produtividade nos seus lançamentos de novas tecnologias na busca da mobilidade em veículos de séries especiais?

De acordo com Barton (2013), um bom *design* de experimentos (DOE) de simulação é importante para obter *insights* úteis e válidos para questões específicas de gerenciamento. Desta forma, o objetivo do estudo foi apresentar um modelo para apoio à tomada de decisão na escolha de soluções de mobilidade na indústria automotiva por meio da ferramenta de Planejamento de Experimentos. Para atingir este propósito, buscou-se determinar a importância que certas variáveis têm para a aprovação de novos projetos de mobilidade. Estes dados foram coletados por meio da aplicação de questionários fechados e estruturados entre os departamentos que integram os diferentes projetos realizados em três plantas distintas de produção da empresa pesquisa.

Este artigo está organizado nas seguintes seções além da introdução: seção 2 é apresentada a fundamentação teórica da pesquisa, na seção 3 é descrito o método utilizado neste trabalho, na seção 4 são mostrados os resultados e, por fim, a seção 5 são apresentadas as conclusões deste artigo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção será tratado o embasamento dos aspectos teóricos da pesquisa.

2.1. TOMADA DE DECISÃO SOB A ÓTICA INDUSTRIAL

Diante do cenário apresentado, tem-se a necessidade de encontrar alternativas objetivando a redução do prazo para lançamento de novos produtos automotivos dotados de inovações tecnológicas, que atendem às expectativas dos consumidores nas características de *design*, rendimento, conforto, desenvolvidos cada vez mais em menores prazos e com preços atraentes e competitivos.

Desenvolver um novo produto automotivo é uma atividade multifuncional, que envolve diversas áreas da montadora e, até mesmo *multisite*, compreendendo profissionais e competências de outras empresas. E é necessário, desde o início, haver uma integração entre todos os envolvidos.

As principais premissas para a tomada de decisão são:



- as informações, que constituem uma base para o desenvolvimento de um novo produto,
- as características que o produto deve oferecer, baseadas em históricos de desenvolvimentos anteriores, através de pesquisas de mercado, análise da concorrência, aprimoramentos e desenvolvimentos internos e em parceria com fornecedores,
- as normas, que regem tanto os requisitos de segurança e legislação (externos à empresa), como as que se referem à qualidade (internos à empresa) e,
- as características que dizem respeito ao volume de produção, local a ser produzido e mercados de destino.

Todo esse conjunto de informações constitui a base de dados e servem para uma estimativa do prazo e do custo de desenvolvimento e cálculo da viabilidade do projeto.

A forte pressão para se obter um ciclo de desenvolvimento mais curto, tendo ainda como resultado um produto que atenda às necessidades e desejos dos clientes e que seja confiável, leva à busca por alternativas que aperfeiçoem todo o processo.

Ponto fundamental em toda a cadeia produtiva, a manufatura deve ser planejada e desenvolvida para que todas as variantes definidas possam ser produzidas com prazo reduzido, disponibilizando o produto no mercado dotado de características qualitativas, com processos robustos e à prova de erros. Os custos para atingir todas estas exigências devem estar dentro dos valores esperados no início do desenvolvimento dos produtos e o prazo de acordo com as expectativas e objetivos estratégicos das empresas. Resumidamente, a manufatura em sua tomada de decisão deve considerar as seguintes características: custo, prazo e qualidade.

2.2. PROJETO DE EXPERIMENTOS NAS TOMADAS DE DECISÕES

O Planejamento de Experimentos é uma ferramenta estatística originalmente difundida nas áreas da engenharia e medicina e amplamente utilizada em projetos *Lean Six Sigma*. Organizações que aplicam ferramentas estatísticas, como o Planejamento de Experimentos nos processos de tomadas de decisões, em geral têm apresentado significantes vantagens competitivas sobre seus concorrentes (STARKEY, AUGHTON e BREWIN, 1997).

Segundo Montgomery (2016), o planejamento diminui o tempo e otimiza a pesquisa, reduzindo a utilização de recursos e trazendo um resultado confiável (com cerca de 95% de confiança), de tal forma que a tomada de decisão por parte dos empresários torna-se mais assertiva e possibilita obter melhor resposta aos problemas enfrentados na disputa de mercado.

Os Planejamentos de Experimentos, embora muito úteis, são frequentemente esquecidos em aplicações de serviços (GEORGE, 2004). Pressupõe-se que na atual economia competitiva a utilização de uma ferramenta para tomada de decisão empresarial, por meio de procedimentos estatísticos, pode tornar-se uma importante solução de apoio para a gestão estratégica das empresas.

Um experimento planejado é um teste, ou uma série de testes, nos quais fatores de entrada são variados para compreender seu impacto sobre variáveis de saída (MONTGOMERY, 2016). Num ambiente de serviços, as respostas dos processos podem ser receita, retorno sobre o capital investido, tempo de ciclo, satisfação de clientes (GEORGE, 2004).



Souza (2005) descreve algumas vantagens para quem faz planejamento experimental, como: estudo de um número considerável de fatores, detecção das interações entre os fatores, definição dos níveis ótimos, melhoria e precisão de resultados e otimização dos resultados.

A técnica utilizada é baseada nas considerações racionais e relacionada com regras estatísticas e algébricas, as quais consideram que um número (n) de fatores pode influenciar a variabilidade nos resultados (y) dos processos, e todos estes fatores não são inevitavelmente identificados. Deve-se escolher um número de fatores controlados no experimento, e a procura dos fatores influentes consiste originalmente em fixar somente dois valores para cada fator e estes valores serão denominados níveis e, ainda, estudar o maior número possível de fatores, mesmo aqueles que não parecem ser muito importantes (MONTGOMERY, 2016).

Os fatores devem ser detectados e estudados, para obter a melhor solução e para extrair um máximo de informações úteis com um mínimo de ensaios. Segundo George (2004), originalmente, o Planejamento de Experimentos é uma ferramenta para otimização de experimentos e refinamento de processos, baseada em conceitos estatísticos. Assim, esta ferramenta apoia eficazmente a tomada de decisão com relação à melhoria da qualidade de processos.

A identificação de variáveis independentes ou de entradas e variáveis dependentes ou de saídas, fundamentadas pelo conceito algébrico: $y = f(x)$, onde y é função de x, é importante para alinhar o modelo de gestão com os sistemas empresariais. Segundo Pande, Neuman e Cavanagh (2003), conceitos de álgebra, onde y é uma função de x descrevem um modelo de *loop* fechado, que consiste de sistemas para direcionar e manter as organizações no caminho do sucesso empresarial, pois busca alinhar seus resultados aos objetivos definidos no planejamento estratégico.

A Figura 1 mostra um processo de transformação de produtos ou serviços, no qual variáveis de processo controláveis (x) são combinadas e transformam um resultado (y). Segundo Montgomery (2016), as saídas do processo podem ter uma ou mais características de qualidade observáveis.

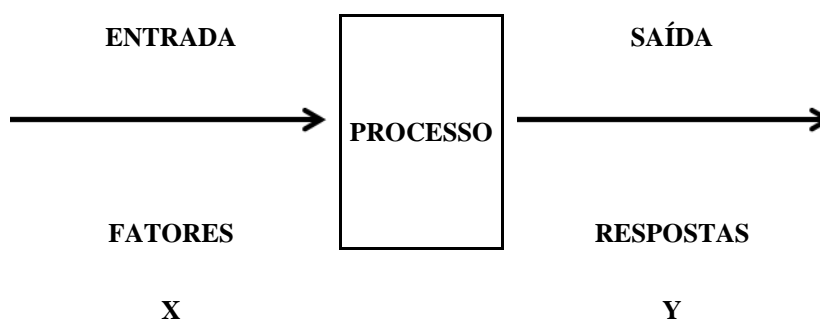


Figura 1: Diagrama de experimentos.

Fonte: Autores.

O Planejamento do Experimento tem como característica básica o estudo simultâneo de vários fatores em contrapartida da ideia de variar um fator de cada vez (MONTGOMERY, 2000). É desejado observar se um fator interage com o outro, ou seja, se o efeito de um fator depende do nível que o outro fator esteja. Desta forma, o sistema atua como uma função, inicialmente desconhecida, agindo sobre as variáveis de entrada (parâmetros) e produzindo como saída às respostas observadas que serão analisadas. Portanto, o Planejamento do



Experimento consiste em definir os fatores com seus respectivos níveis, e a melhor metodologia para a aplicação da análise de sensibilidade.

Dentre os métodos de Planejamento de Experimentos, o mais divulgado é o ‘2k Fatorial’, onde o 2 (dois) indica o número de níveis para cada fator de entrada e o expoente K representa o número de fatores de controle empregados, ou seja, um planejamento do tipo 2³ existe 3 fatores de controle e 2 níveis ou valores pré-estabelecidos para cada fator. Como ilustração suponha a matriz apresentada na Tabela 1 para um planejamento fatorial 2³.

Combinação de Fatores	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Resposta
1	–	–	–	R1
2	+	–	–	R2
3	–	+	–	R3
4	+	+	–	R4
5	–	–	+	R5
6	+	–	+	R6
7	–	+	+	R7
8	+	+	+	R8

Tabela 1: Exemplo de matriz de experimento.

Fonte: Autores.

Para se obter o efeito principal de um determinado fator (ej) deve-se realizar a soma das diferenças das respostas obtidas movendo o fator (ej) do nível (+) para o nível (–) enquanto todos outros fatores estão fixos e dividir por 2^{k-1}, assim temos:

Efeito do fator 1:

$$e_1 = \frac{(R2 - R1) + (R4 - R3) + (R6 - R5) + (R8 - R7)}{4} \quad (1)$$

Efeito do fator 2:

$$e_2 = \frac{(R3 - R1) + (R4 - R2) + (R7 - R5) + (R8 - R6)}{4} \quad (2)$$

Efeito do fator 3:

$$e_3 = \frac{(R5 - R1) + (R6 - R2) + (R7 - R3) + (R8 - R4)}{4} \quad (3)$$

Observe que para o cálculo de ej utilizamos as médias das variações dos efeitos considerando os outros fatores em níveis diferenciados.

Para se obter o grau de interação entre dois fatores calcula-se o efeito das mudanças nas respostas da seguinte maneira:



Interação entre os fatores 1 e 2:

$$e_{12} = \frac{1}{2} \left[\frac{(R4 - R3) + (R8 - R7)}{2} - \frac{(R2 - R1) + (R6 - R5)}{2} \right] \quad (4)$$

Interação entre os fatores 1 e 3:

$$e_{13} = \frac{1}{2} \left[\frac{(R6 - R5) + (R8 - R7)}{2} - \frac{(R2 - R1) + (R4 - R3)}{2} \right] \quad (5)$$

Interação entre os fatores 2 e 3:

$$e_{23} = \frac{1}{2} \left[\frac{(R7 - R5) + (R8 - R6)}{2} - \frac{(R3 - R1) + (R4 - R2)}{2} \right] \quad (6)$$

Para se obter o grau de interação entre os três fatores calcula-se o efeito das mudanças nas respostas da seguinte maneira:

Interação entre os fatores 1, 2 e 3:

$$e_{123} = \frac{1}{2} \left[\frac{(R8 - R7) - (R6 - R5)}{2} - \frac{(R4 - R3) - (R2 - R1)}{2} \right] \quad (7)$$

A importância de se adotar um procedimento básico para o plano experimental é relatada por Galdámez (2002) e Montgomery (2016). Estes autores propõem um tipo de protocolo para seguir nestes casos:

- definição de objetivos,
- levantamento de parâmetros de processo, produto ou serviço,
- seleção de fatores de controle,
- níveis de ajustagem e variáveis de resposta,
- seleção da matriz experimental,
- realização do experimento,
- análise de dados,
- interpretação dos resultados e,
- conclusões e recomendações.

Seguir estes procedimentos torna os resultados dos processos mais confiáveis, e com isso a ferramenta pode ser mais eficiente.

3. MÉTODO

Para atender aos objetivos propostos, este artigo fundamentou-se em dois critérios quanto aos fins e aos meios de investigação. No que se refere aos fins, utilizou a pesquisa exploratória e quanto aos meios de sondagem, a pesquisa exploratória, estatística, inferencial (VERGARA, 2016).



Considerou-se como população as equipes de diversos departamentos de uma montadora de veículos leves e, como amostras o número de dez pessoas em cada departamento de cada uma das três plantas de produção pesquisadas.

3.1. SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DE CONTROLE E VARIÁVEL DE RESPOSTA

Conforme proposto por Gil (2017), foi utilizado o plano do tipo fatorial e selecionado três variáveis independentes reais para estudar seus efeitos separadamente em uma variável dependente.

Neste estudo foram selecionadas como variáveis independentes: custo, prazo e qualidade (denominadas de variáveis A, B e C). A variável dependente foi considerada como o índice de aprovação dos projetos tecnológicos de mobilidade pelas plantas de produção. O Quadro 1 resume as variáveis utilizadas.

Variáveis Independentes (X)		Variável Dependente (Y)
A	Custo	Índice de Aprovação
B	Prazo	
C	Qualidade	

Quadro 1: Variáveis (X e Y) para alinhamento experimental.

Fonte: Autores

3.2. SELEÇÃO DOS NÍVEIS DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES

Foram atribuídos dois diferentes níveis para cada uma das variáveis independentes, com base no modelo proposto por Barros Neto, Scarmínio e Bruns (2003), Gil (2017) e Montgomery (2016), conforme detalhado no Quadro 2.

Fatores		Nível	
		Alto (+)	Baixo (-)
A	Custo	Redução do preço de fabricação	Preço de fabricação mantido
B	Prazo	Aplicação dentro das janelas de produção	Aplicação fora das janelas de produção
C	Qualidade	Aumento do nível de qualidade	Nível de qualidade mantido

Quadro 2: Fatores e níveis investigados.

Fonte: Autores

3.3. SELEÇÃO DA MATRIZ EXPERIMENTAL

Foram utilizadas as técnicas de fatorial completo que executam todos os ensaios correspondentes às diferentes combinações possíveis. Os níveis dos fatores são renomeados com sinais de (+) e (-) e distribuídos na matriz conforme mostrado na Tabela 2.



Experimentos	A	B	C
1	–	–	–
2	+	–	–
3	–	+	–
4	+	+	–
5	–	–	+
6	+	–	+
7	–	+	+
8	+	+	+

Tabela 2: Matriz de fatorial completo 2^k.

Fonte: Autores

As linhas horizontais da matriz experimental representam os oito experimentos realizados, os quais combinam os níveis: alto (+) e baixo (–) para cada uma das variáveis estudadas. As colunas verticais representam as variáveis controladas pelo pesquisador e identificadas pelas letras de A, B e C, que, neste caso, são as diretrizes principais nas tomadas de decisão das plantas de produção.

3.4. APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

A aplicação de questionários fechados e estruturados entre os representantes de cada área, em cada uma das três plantas de produção delimitadas na pesquisa, serviu para identificar as respostas e mensurações das variáveis dependentes.

Cada alternativa de resposta do questionário correspondia a um nível de fator alto (+) ou baixo (–) conforme representado no Quadro 3.

Questionário	
(+)	(–)
Custo	
() Redução do preço de fabricação	() Preço de fabricação mantido
Prazo	
() Aplicação dentro das janelas de produção	() Aplicação fora das janelas de produção
Qualidade	
() Aumento do nível de qualidade	() Nível de qualidade mantido

Quadro 3: Questionário preliminar.

Fonte: Autores

3.5. COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados foram tratados de forma quantitativa por meio de procedimentos estatísticos. Utilizou-se dentro do grupo paramétrico de testes estatísticos, o teste *t-student* para observar a distribuição das variáveis e para avaliar a qualidade do ajuste do modelo (VERGARA, 2016).



4. RESULTADOS

A mensuração da variável resposta foi feita por meio da média aritmética simples dos valores atribuídos pelos informantes para cada item do questionário. Na Tabela 3, podem ser observados os resultados dos testes de significância dos efeitos e as propostas de ajustes de níveis e fatores.

Experimento:	Fatores:			Resposta:			Média:	S _i ² :
	A	B	C	P1	P2	P3		
1	-1	-1	-1	76	73	67	72,0000	21,0000
2	1	-1	-1	96	86	84	88,6667	41,3333
3	-1	1	-1	60	62	64	62,0000	4,0000
4	1	1	-1	72	68	61	67,0000	31,0000
5	-1	-1	1	65	71	65	67,0000	12,0000
6	1	-1	1	76	94	90	86,6667	89,3333
7	-1	1	1	60	60	60	60,0000	0,0000
8	1	1	1	63	68	62	64,3333	10,3333
							ΣS_i²:	209,0000
Efeito:	11,4167	-15,2500	-2,9167					
S_p²:	26,1250							
S_p:	5,1113							
t_{calc}:	2,2336	2,9836	0,5706					
	OK	OK	NOK					
t_{crit}:	2,12							

Tabela 3: Cálculo dos efeitos dos fatores, variância global e erro experimental nas plantas P1, P2 e P3.

Fonte: Autores.

Os cálculos foram repetidos em cada combinação de níveis. Para identificar o valor de *t* crítico na tabela *Critical Values of Student's t*, usou-se o número de colunas das respostas subtraído de menos um, ou seja, dois (3 – 1) com o grau de liberdade em nível de 5%. O Quadro 4 mostra que no teste de significância, se o *t* calculado for maior ou igual ao *t* crítico, então, o fator em questão é significativo, com um grau de confiança igual ou maior a 95%.

$t_{\text{calc}} (\geq) t_{\text{crítico}} = \text{Significante}$
$t_{\text{calc}} (<) t_{\text{crítico}} = \text{Não Significante}$

Quadro 4: Delimitação do teste de significância.

Fonte: Autores.

Os resultados mostraram a significância dos efeitos dos fatores sobre a variável dependente em cada planta de produção. Os fatores significantes no processo estudado são o, fator A (custo) e fator B (prazo), que devem ser ajustados no nível alto e nível baixo, respectivamente.

É importante relatar que os fatores que não apresentaram significância poderão ser significantes para esse mesmo processo, considerando outros graus de confiança que não o determinado nesta pesquisa.



5. CONCLUSÕES

O objetivo deste artigo foi demonstrar o potencial da utilização científica da ferramenta de Planejamento de Experimentos na área gerencial, por meio da análise de variáveis estratégicas, buscando demonstrar que ela contribui para o aperfeiçoamento nas tomadas de decisões em projetos tecnológicos.

O primeiro procedimento que deve ser implementado pelas empresas para evitar que projetos sejam malsucedidos é o desenvolvimento de instrumentos de pesquisa, visando à identificação das reais necessidades e expectativas dos clientes.

Os resultados obtidos conforme Tabela 3 mostraram os fatores significantes para o lançamento de novas tecnologias na busca da mobilidade em veículos de séries especiais pela montadora no mercado, segundo a opinião dos representantes de cada departamento. Assim, a montadora tem a possibilidade de direcionar as energias para os projetos que mais apresentam viabilidade, evitando desperdícios com fatores não significantes para o processo e atendendo uma das premissas básicas do gerenciamento de projetos, que é o alinhamento organizacional para a obtenção de resultados buscados por meio do planejamento em busca de um resultado eficaz.

Por meio da discussão a respeito das variáveis significantes, levantaram-se possibilidades de causas e ações a serem tomadas de forma direcionada. Por parte dos departamentos, a exequibilidade dessas ações remete aos conceitos, os quais sumarizam a tomada de decisão como a ação que deve provocar reações desejadas em um público-alvo. A contribuição gerencial do estudo é demonstrar para os gestores da montadora estudada que existe uma alternativa eficaz para a tomada de decisões com maior grau de confiabilidade.

A utilização de métodos adequados ao desenvolvimento de produtos permite alavancar os resultados da organização e sua cadeia, auxiliando no posicionamento estratégico e manutenção da segurança e sustentabilidade desejada permitindo ao mesmo tempo, uma posição mais flexível e apropriada para lidar com a incerteza e o novo, tornando mais robusta sua posição estratégica.

6. REFERÊNCIAS

BARROS NETO, B.; SCARMÍNIO, I. S.; BRUNS, R. E. Como fazer experimentos pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. Campinas: Unicamp, 2003.

BARTON, R. R. Designing Simulation Experiments. Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference. Washington, DC, USA — December 08 - 11, 2013. p. 342-353. Disponível em: <<https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2675983&picked=prox>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

COSTA, N. C. O. et al. Análise Crítica do Processo Produtivo de Uma Indústria De Sacolas Plásticas: Um Estudo de Caso. Salvador-BA. XXXIII ENEGEP, 2013. 14p. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STP_177_013_23319.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2018.

COOPER, R.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. New Problems, New Solutions: Making Portfolio Management more Effective. Research - Technology Management, v.43, n.2, p.18-33, 2000.

DEMARCHI, V.; SOUZA, T. A.; ALVES, P. D. Aplicação do *Lean* Seis Sigma para Aumento de Produtividade de Ativos - Um Estudo de Caso. Salvador-BA. XXXIII ENEGEP, 2013. 21p. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_177_013_22216.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2018.



DUARTE, A. R. S. et al. Aplicação do *Lean Manufacturing* no Setor de Manutenção de Subconjuntos de uma Mineradora de Grande Porte. Fortaleza-CE. XXXV ENEGEP, 2015. 13p. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_226_27187.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2018.

GALDÁMEZ, E. V. C. Aplicação das técnicas de planejamento e análise de experimentos na melhoria da qualidade de um processo de fabricação de produtos plásticos. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

GEORGE, M. L. *Lean seis sigma para serviços: como utilizar a velocidade Lean e qualidade seis sigma para melhorar serviços e transações.* Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 6ª edição. São Paulo: Atlas, 2017.

GUERIN, S. S. et al. Aplicando a Qualidade na Redução dos Custos Produtivos: Um Estudo de Caso sobre a Redução de Hora Extra em uma Empresa de Grande Porte. Salvador-BA. XXXIII ENEGEP, 2013. 16p. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STP_179_021_21891.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2018.

MONTGOMERY, D. C. Introdução ao controle estatístico da qualidade. 7ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

MONTGOMERY, D.C. Design and Analysis of Experiments. Wiley, 2000.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. Estratégia seis sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

SOUZA, A. G. I. Uma análise das abordagens epistemológicas e metodológicas da pesquisa contábil no programa do mestrado multi-institucional em ciências contábeis. Recife: UNB, 2005.

STARKEY, M.; AUGHTON, J.; BREWIN, R. Extending process thinking design of experiments in sales and marketing. The TQM Magazine, v.6, p.434-439, 1997.

VERGARA, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 16ª edição. São Paulo: Atlas, 2016.