https://eventos.utfpr.edu.br//sicite/sicite2020

Desenvolvimento de produtos nos arranjos produtivos locais do sudoeste do PR.

Product development local productive arrangements in southwestern PR.

Anna Luisa Zarth Scheffer
annazarth@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil.

Gilson Adamzuck Oliveira
gilson@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil.

Recebido:.
Aprovado:

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

RESUMO

O projeto robusto pode ser entendido como uma nova abordagem da qualidade voltada para um projeto do produto ou processo. Neste trabalho foi buscado um método de análise e implementação do método de Taguchi na Equipe Pato BAJA, visto que a equipe no ano de 2020 desenvolverá um novo protótipo. Dado isso, foi buscado a célula de freio para a elaboração de um método de testes aonde seria coletado dados sobre a desaceleração do protótipo em três diferentes terrenos, após o planejamento e execução do experimento, os dados serão analisados estatisticamente e seus resultados serão utilizados pela equipe durante a apresentação de projetos nas competições. Para que os resultados sejam considerados pertinentes e não prejudiciais à saúde do piloto, o valor de desaceleração a qual o mesmo deve ser submetido deve ser de 12 m/s²

PALAVRAS-CHAVE: Projeto Robusto. Método de Taguchi. Desenvolvimento de produtos.

ABSTRACT

O projeto robusto pode ser entendido como uma nova abordagem da qualidade voltada para um projeto do produto ou processo. Neste trabalho foi buscado um método de análise e implementação do método de Taguchi na Equipe Pato BAJA, visto que a equipe no ano de 2020 desenvolverá um novo protótipo. Dado isso, foi buscado a célula de freio para a elaboração de um método de testes aonde seria coletado dados sobre a desaceleração do protótipo em três diferentes terrenos, após o planejamento e execução do experimento, os dados serão analisados estatisticamente e seus resultados serão utilizados pela equipe durante a apresentação de projetos nas competições. Para que os resultados sejam considerados pertinentes e não prejudiciais à saúde do piloto, o valor de desaceleração a qual o mesmo deve ser submetido deve ser de 12 m/s².

KEYWORDS: Robust project. Taguchi's method. Product developmentt.

INTRODUÇÃO

Segundo Kiatcharoenpol e Vichiraprasert (2019), método Taguchi é um instrumento muito eficiente para resolver problemas estatísticos de qualidade. Pode melhorar o desempenho do produto, processo, projeto e sistema nas empresas de manufatura, com uma redução significativa nos tempos e nos custos experimentais usando uma matriz ortogonal. Esse método também combina o *design* experimental e o conceito de função de perda de qualidade, que tem sido utilizado para executar projetos robustos de processos e produtos para resolver problemas muito complexos relacionados à qualidade na fabricação.

O método Taguchi ou Projeto Robusto pode ser entendido como uma nova abordagem da qualidade voltada para o projeto do produto e do processo. Esta abordagem foi desenvolvida pelo Prof. Taguchi e por ele denominada de controle de qualidade *off-line*(TAGUCHI, 1994).

Ele engloba o conjunto de técnicas propostas para atingir este objetivo de um Projeto Robusto, as quais incluem a otimização pela função perda e projetos de experimentos fatoriais com matrizes ortogonais. É preciso frisar também que o método Taguchi foi desenvolvido com uma grande preocupação de facilitar sua aplicação prática, o que lhe rendeu grande fama entre as empresas e profissionais, principalmente japoneses, e, por outro lado muitas críticas de especialistas em estatística(TAGUCHI, 1994).

Esse Projeto tem como principal proposta e objetivo desenvolver habilidades em graduandos de todos os cursos do câmpus, sendo elas: estimular trabalho em equipe, espírito de liderança, projetos/desenvolvimento de componentes mecânicos, desenvolvimentos organizacionais e de gestão de projetos, resolução de problemas, trabalhar com prazos e qualidades e entre outros. Possibilitando o desenvolvimento de aptidões práticas que na maioria das vezes que não seriam possíveis dentro de sala de aula, preparando e iniciando os alunos ao mercado de trabalho.

METODOLOGIA

Para investigar o tema adotou-se o processo estruturado denominado ProKnow-C (*Knowledge Development Process – Constructivist*) proposto por Ensslin *et al.*,(2010) que inicia pelo interesse do pesquisador sobre um referido tema, buscando o conhecimento científico, com delimitações e restrições intrínsecas ao contexto.

Esse procedimento foi usado para a condução da seleção de um portfólio bibliográfico de artigos com reconhecimento científico comprovado sobre o tema da pesquisa, bem como para análise bibliométrica e análise de conteúdo Ensslin, et al, (2011); Bortoluzzi et al, (2011). Este procedimento estruturado busca gerar conhecimento no pesquisador, com fins a orientar suas ações no processo de investigação do tema da pesquisa por meio de um instrumento de pesquisa com validação científica (Oliveira Lacerda, De, Ensslin e Ensslin, 2012).Adicionalmente, a explicitação das características das publicações, a análise crítica dessas publicações e as possíveis indagações que podem ser investigadas constituem-se como contribuições à academia (Bortoluzzi, et al., 2011). A metodologia Proknow-

C, consiste em três macro-etapas: (i) seleção de um portfólio bibliográfico; (ii) análise bibliométrica; e (iii) análise sistêmica (Ensslin *et al.*, 2010).

O estudo de caso é uma modalidade de pesquisa amplamente utilizada nas ciências biomédicas e sociais. Consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível mediante outros delineamentos já considerados.(GIL, 2002).

Dado que a autora desse trabalho faz parte da unidade de análise do estudo de caso, a pesquisa ainda pode ser enquadrada como observação participante, a qual pode ser conceituada como o processo no qual um investigador estabelece um relacionamento multilateral e de prazo relativamente longo com uma associação humana na sua situação natural com o propósito de desenvolver um entendimento científico daquele grupo.

Para esse estudo foi escolhido a Equipe Pato BAJA, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco, mais precisamente a célula de freio.

A Equipe Equipe utiliza o método PDCA (*Plan* – Planejar; *Do* - Executar, *Check* - Controlar, *Action* - Auar), visto que o mesmo tem se destacado no ambiente organizacional como um método gerencial para melhoria de processos e soluções de problemas, sendo a base da melhoria contínua, podendo ser utilizado em qualquer tipo de organização, seja ela em uma empresa privada, uma organização sem fins lucrativos ou em um setor público. Segundo Vieira Filho (2010,p.24) o PDCA é um método que gerencia as tomadas de decisões de forma a melhorar atividades de uma organização sendo, também, muito explorado na busca da melhoria da performance. Isso faz com que o PDCA seja muito importante e contribua significativamente para a obtenção de melhores resultados. Deste modo, através do gerenciamento dos processos, é possível identificar e melhorar o desempenho quando este não satisfaz os objetivos estabelecidos. Assim, a gestão de processos, com a utilização do método PDCA vem sendo cada vez mais importante para atingir a excelência operacional e a continuidade dos esforços de melhoria, a partir da eliminação de não conformidades, além de fomentar nas organizações uma cultura voltada à eliminação de falhas e busca por resultados cada vez melhores.

O método PDCA aplicado a célula de freio iniciou-se com diagrama de causa e efeito, localizando os principais problemas do subsistema e suas origens foi constatado que um dos pontos críticos é o peso para acionar o pedal de freio e também a forma brusca que o carro desacelera. Foi empregada então a metodologia 5W2H como forma de construir um planejamento estratégico para a solução do problema, resultado na necessidade de avaliar novos métodos de fabricação e projeto para otimizar os esforços e atingir uma das metas estabelecidas para a temporada.

A estatística é bastante requisitada em situações nas quais existe uma grande quantidade de informação para ser analisada. No entanto, é no momento do planejamento de um experimento que as atividades estatísticas se destacam. É nessa hora que é feita a coleta dos dados e qualquer erro de planejamento pode levar a conclusões equivocadas na etapa final de análise dos dados. (BARROS NETO et al., 2010).

Experimentos planejados baseados na estatística favorecem o desenvolvimento do processo experimental e, auxiliados pelas técnicas estatísticas durante a coleta e análise de dados, resultam na objetividade científica em prol da resolução do problema.(Montgomery e Runger, 1994).

Uma técnica estatística do planejamento de experimentos é o Projeto Robusto, o qual fornece um modo de identificar os fatores significativos de um processo com um número reduzido de experimentos.

A Metodologia do Projeto Robusto foi desenvolvida pelo engenheiro japonês Genichi Taguchi e introduzida em grandes empresas norte-americanas na década de 1980.(Montgomery e Runger, 1994).

O fundamento do projeto robusto é a minimização da variabilidade dos produtos e processos com o objetivo de melhorar a qualidade e a confiabilidade dos mesmos. A metodologia desenvolvida por Taguchi utiliza-se do delineamento de experimentos para determinar uma configuração ideal dos parâmetros do processo, assim como para analisar as interações existentes entre os fatores controláveis.(Lai, Chang e Chang, 2005).

O projeto robusto tem como principal vantagem a obtenção de resultados em tempo e custo reduzidos quando comparados a outras técnicas estatísticas.(Muhammad *et al.*, 2013).

Conforme a metodologia de Taguchi, as variáveis não controláveis são chamadas de fatores ruídos(Kim, et al., 2004). Esses fatores representam qualquer coisa que seja responsável por causar interferências no desempenho de uma característica funcional de um produto. Segundo Arvidsson e Gremyr, 2008, o ruído nada mais é que uma fonte de variação que desvia um parâmetro responsável pela característica de qualidade do valor-alvo e induz a perda. O nível mais indicado para um parâmetro ou a combinação entre eles é estabelecido segundo a redução dos ruídos de uma característica funcional do produto.

Nas duas áreas que o controle da engenharia de qualidade atua, fora da linha de produção (*off- line quality control*) e dentro da linha de produção (*on-line quality control*), é possível detectar ruídos. As diferentes fontes pelas quais um ruído pode ser detectado tornaram apropriada a categorização dos mesmos da seguinte maneira (Arvidsson e Gremyr, 2008): Ruídos internos, Ruídos internos e Ruídos de Unidade para Unidade.

Os ruídos externos são os fatores que causam variação e têm origem ambiental, que vêm de fora e afetam o produto. Por exemplo, temperatura, umidade, pressão, tempo e até mesmo indivíduos.

Os ruídos internos são responsáveis pela variabilidade que ocorre no interior do produto. São as mudanças internas do produto ou processo resultado da deterioração do seu desempenho. A corrente de uma bateria e a quilometragem de um carro são exemplos de ruídos internos. Tanto os ruídos externos quanto os ruídos internos são detectados apenas pelo controle de qualidade, fora da linha de produção.

Os ruídos chamados de unidade para unidade são resultado da incapacidade de um processo de fabricação produzir unidades idênticas. Matéria-prima de um produto e processos sem padronização são as maiores fontes desse tipo de ruído.

No caso dos ruídos de unidade para unidade, podem ser detectados pelo controle de qualidade off-line e on-line.

Em benefício do melhor desempenho do experimento, é importante classificar os fatores de maneira apropriada. Esses fatores podem ser divididos em cinco grupos. (Mori,1990, p.91).

a) Fatores de controle: São fatores dos quais é possível estabelecer os níveis e mantê-los. Por exemplo: Elementos de um circuito elétrico;

b) Fatores indicativos: São fatores aos quais se pode atribuir níveis. No entanto, os níveis mais altos não fazem sentido se aplicados no experimento. Por exemplo: diferença da condição de uso de um produto;

c) Fatores de bloco: São fatores aos quais se pode atribuir níveis, mas para os quais não existe comprovação técnica para que sejam aplicados os níveis mais altos. Esses fatores são classificados para evitar que os efeitos deles se confundam com os efeitos dos fatores de controle. Por exemplo: maquinário e lotes novos;

d) Fatores suplementares: Fatores utilizados somente para registrar as condições experimentais e ambientais.

e) Fatores ruídos: São os fatores para os quais os valores não podem ser determinados nem mantidos. Eles influenciam nos resultados do experimento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a competição BAJA SAE etapa Nacional, a desaceleração do protótipo Atlas da Equipe Pato BAJA foi considerada muito brusca pelos juízes que a avaliaram. Desacelerações muito bruscas podem causar danos ao piloto, pois apesar de o corpo permanecer parado por conta do cinto de segurança, os órgãos internos mantêm a mesma velocidade. Como estes não estão totalmente presos, eles colidem violentamente contra ossos, músculos e pele, podendo causar rompimento de estruturas como fígado e baço e até hemorragias internas, casos que seriam passíveis de cirurgias de emergência. A partir desta problemática, tornou-se necessário o desenvolvimento de um novo método de validação dos dados de frenagem da equipe, visando uma maior segurança do piloto e uma maior precisão da aproximação dos dados virtuais, obtidos por meio de simulações, dos reais, obtidos em testes.

Então a partir de leituras, deu-se o desenvolvimento de uma norma de frenagem aplicada a veículos *off-road* tipo mini BAJA em geral, em especial ao protótipo da Equipe Pato BAJA.

A Norma de Ensaio foi inspirada na NBR ISSO 3450 e foi adaptada a Protótipos *off-road* tipo mini BAJA SAE, e a mesma diz que:

a) Distância de parada: é a distância percorrida pelo protótipo do ponto no curso de teste no qual o sistema de freio começa a atuar (piloto pisa no pedal) ao ponto onde o protótipo está completamente imóvel (expressa em metros (m)).

b) Desaceleração (a): Relação de mudança da velocidade do protótipo do instante em que o sistema de freio começa a atuar até a parada completa (expressa em metros por segundo ao quadrado (m/s^2)).

$$a = \frac{v^2}{2s} \quad (1)$$

Onde:

v: velocidade do protótipo imediatamente anterior à ativação do sistema de freio (m/s)

s: distância de parada (m).

Para que o teste tenha eficácia, todos os parâmetros relacionados ao sistema de freio devem estar em conformidade com a SAE (ser hidráulico, acionado por um único pé, atuar diretamente no cilindro mestre por conexão rígida, ser capaz de travar as quatro rodas do veículo e ter dois circuitos independentes) e estar funcionando corretamente. O teste deve ter a confiabilidade mais próxima possível de 100% e ser repetido para cada distância e condição de solo no mínimo 10 vezes.

O teste de obtenção de dados deve ser feito em três tipos de solo sendo eles: grama, asfalto e terra, o carro deverá possuir um sistema eu seja acionado quando o piloto pisa no freio e parado quando o carro parar completamente, assim, com uma trena ou uma estação total a distância deverá ser medida, para então uma análise computacional de dados.

CONCLUSÕES

Devido a situação atual, onde a pandemia da COVID-19 suspendeu as atividades presenciais, a Equipe está trabalhando remotamente e não se pode concluir os testes devido a não fabricação do protótipo.

Após o retorno das atividades presenciais, os testes serão feitos e os resultados analisados estatisticamente para validação do teste e uso da equipe para apresentação de banners na competição.

Os resultados esperados, para os testes em todos os tipos de solos, estando dentro do valor seguro de desaceleração ao qual um ser humano pode ser submetido é de 12,5m/s², sendo esse o valor que não causará danos ao piloto do protótipo.

AGRADECIMENTOS

A Fundação Araucária e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco pelo auxílio financeiro. Ao Professor Gilson pelo apoio e paciência durante essa orientação. Minha amada Equipe Pato BAJA pelo apoio, fornecimento de informações. Aos meus pais pelo apoio e incentivo aos estudos e meus irmãos por estarem sempre comigo.

REFERÊNCIAS

ARVIDSSON, M.; GREMYR, I. **Principles of robust design methodologyQuality and Reliability Engineering International**, 2008.

BARROS NETO, B., SCARMINO, I. S., & BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na indústria**. 4. ed. Campinas : Editora da Unicamp 2010.

BORTOLUZZI, S. C.; EDUARDO, S. Processo estruturado de revisão da literatura e análise bibliométrica sobre avaliação do nível de maturidade das empresas na utilização de ferramentas lean manufacturing Structured process of literature review and bibliometric analysis on the evaluation . p. 64-79, 2017.

BORTOLUZZI, S. C.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L. **Avaliação de desempenho multicritério como apoio à gestão de empresas: Aplicação em uma empresa de serviços.** Gestao e Producao, 2011.

ENSSLIN, L. *et al.* **ProKnow-C, knowledge development process-constructivist. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI.** Brasil, 2010.

ENSSLIN, L.; MARA, S.; VALMORBIDA, I. **Performance evaluation in networks of small and medium enterprises** : STATE OF. n. 48, p. 202–222, 2011.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**.4. ed.São Paulo: Atlas,2002.

KIATCHAROENPOL, T.; VICHIRAPRASERT, T. **Application of Taguchi method and Shainin DOE compared to classical DOE in plastic injection molding process.** International Journal of Intelligent Engineering and Systems, v. 12, n. 3, 2019.

KIM, K. DO; HAN, D. N.; KIM, H. T. Optimization of experimental conditions based on the Taguchi robust design for the formation of nano-sized silver particles by chemical reduction method. **Chemical Engineering Journal**, 2004.

LAI, H. H.; CHANG, Y. M.; CHANG, H. C. **A robust design approach for enhancing the feeling quality of a product: A car profile case study**. International Journal of Industrial Ergonomics, 2005.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Applied Statistics and Probability for Engineers**. European Journal of Engineering Education, 1994.

MUHAMMAD, N. *et al.* **Model development for quality features of resistance spot welding using multi-objective Taguchi method and response surface methodology**. Journal of Intelligent Manufacturing, 2013.

MORI, T. **The new experimental design: Taguchi's approach to quality engineering.** Michigan. ASI Press,1990.

OLIVEIRA LACERDA, R. T. DE; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. **A bibliometric analysis of strategy and performance measurement [Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho]. Gestao e Producao**, 2012.

TAGUCHI, S. **Projeto Robusto**. 1994.

VIEIRA, Everton Luiz et al. Processo estruturado de revisão da literatura e análise bibliométrica sobre avaliação do nível de maturidade das empresas na utilização de ferramentas lean manufacturing. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, [S.l.], v. 5, n. 7, p. 64-79, nov. 2017. ISSN 2317-6792. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/55173>. Acesso em: Out 2020