

Promoção da interdisciplinaridade através de ensaios experimentais no laboratório de metrologia

Paulo Henrique Paulista (FEPI) paulohpaulista@gmail.com
Raphaelly Antunes Alves (FEPI) raphaelly.alvez@hotmail.com

Resumo: Aprender sobre um determinado assunto é uma tarefa que vai muito além de uma leitura básica. Alguns dos problemas que um graduando irá presenciar no chão de fábrica não serão abordados em sala de aula de forma prática, sendo assim, necessita de algumas atitudes importantes por parte do aluno para adquirir conhecimento. A interligação de uma matéria com outra matéria distinta faz com que o aluno possua capacidade de visualizar problemas que podem ser sanados por técnicas de fácil acesso, como ferramentas da qualidade. O presente artigo tem a finalidade de realizar uma análise experimental no laboratório de Metrologia e através dos dados obtidos fazer uma interação com as matérias de Probabilidade e Estatística e Controle Estatístico da Qualidade (CEQ), usando um software de fácil acesso para visualização de resultados, chamado *Minitab*. Essa interação entre as matérias traz uma visualização melhor ao aluno, mostrando-lhe que alguns conceitos de uma matéria distinta podem ser relacionados em outras matérias de forma teórica e prática.

Palavras chave: Qualidade, CEQ, Metrologia, Ensaios, Probabilidade e estatística.

Promotion of interdisciplinary through experimental tests in metrology laboratory

Abstract: Learn about a particular subject is a task that goes far beyond a basic reading. Some of the problems that an undergraduate will witness on the factory floor will not be covered in class in a practical room, therefore, needs some important attitudes for the student to acquire knowledge. The interconnection of a matter with another separate issue makes the student has ability to view problems that can be solved by easy access techniques such as quality tools. This article is intended to carry out an experimental analysis in the laboratory of metrology and through data to an interaction with the materials of Probability and Statistics and Statistical Quality Control (SQC), using an easy-access software for visualization of results, called *Minitab*. This interaction between the materials brings a better view to the student, showing him some concepts in a separate issue may be related to other matters of theoretical and practical way.

Key words: Quality, SQC, Metrology, Testing, Probability and statistics.

1.Introdução

Atualmente, o conhecimento transmitido do professor para um aluno vêm evoluindo e como consequência deve-se criar alternativas para garantir a melhor maneira do aluno compreender sucintamente a ciência.

Em estudos de Engenharia de Produção as técnicas tradicionais de transmissão de

conhecimento ao aluno necessita de um comportamento passivo deste, ou seja, que o aluno esteja interessado à aprender o assunto.

Pilleti (1988) relata alguns métodos habituais para a transmissão de conhecimento, sendo eles:

- Aula expositiva: Neste método o professor passa informações do conteúdo e o aluno o absorve e o transforma em conhecimento;
- Técnica de perguntas e respostas: O professor faz perguntas aos alunos sobre um determinado assunto que este já estudou.
- Sala de aula invertida: Esta técnica envolve basicamente ensinar os alunos a estudar e preparar-se para a aula, antes da aula, ou seja, um estudo dirigido de um assunto.

Há outro método que serve para motivar o aluno, é a utilização da Internet como uma extensão da sala de aula e não a substituição da mesma. Muitas instituições estão utilizando a internet para ministrar os cursos a distância chamados de EAD (Ensino à Distância). A vantagem da EAD é flexibilidade dada ao aluno, que pode assistir à mesma aula quantas vezes ele quiser e no horário que ele puder. Essa é a grande diferença das aulas presenciais.

Sendo assim, os cursos da área de produção (Engenharia de Produção e Tecnólogo da Gestão da Produção Industrial) possuem características diferentes quando comparados com outros cursos da área de exatas e também quando comparados com outras Engenharias

Realizando uma comparação entre a engenharia de produção e as outras engenharias, pode-se perceber uma diferença considerando alguns aspectos de ensino como aulas práticas. Por exemplo: quando se fala em engenharia elétrica, pode-se entender que as aulas práticas são realizadas em laboratórios de eletrônica. Outro exemplo, são os laboratórios de usinagem ou soldagem para os cursos de engenharia mecânica. Então, fica-se uma pergunta: para os cursos de engenharia de produção, qual seria o ambiente para melhor transmissão do conhecimento ao aluno?

Pode-se dizer que os laboratórios dos cursos de engenharia de produção são as linhas de produção de uma empresa, na qual os alunos devem idealizar cenários de produção. O que dificulta a criação de um laboratório de uma linha de produção dentro da universidade não é somente o preço dos equipamentos, mas sim a variedade de processos - linhas de produção e produtos que existem. Sendo assim, alguns dos problemas que os alunos irão presenciar no chão de fábrica não são muito abordados em sala de aula de forma prática (HAMALAINEN, 2006).

Portanto, este artigo tem a finalidade de apresentar técnicas para melhorar a compreensão e visão do graduando em Engenharia de Produção, pois a maioria deles não conseguem visualizar que materiais distintos podem ser unidos, seja eles teóricos ou práticos.

Sendo assim, foram feitos ensaios experimentais no laboratório de metrologia para realizar a conexão entre as matérias de probabilidade e estatística e controle estatístico da qualidade, oferecendo maior interpretação de dados aos graduandos do curso.

Para contextualizar e interligar os materiais distintos primeiramente fez-se uma revisão bibliográfica sobre conceitos de controle estatístico da qualidade (CEQ) e metrologia. No CEQ foi abordado as sete ferramentas básicas da qualidade, ferramentas estas que podem ser exemplificadas através de ensaios experimentais de metrologia. Em metrologia apresentou-se o conceito de medidas, instrumentos (como o paquímetro e o micrômetro) e o erro em medições, sendo estes temas utilizados para garantir a melhor compreensão do assunto abordado.

2. Fundamentação teórica

O controle estatístico da qualidade pode ser definido como qualquer atividade para controlar

uma organização, possibilitando a melhoria de produtos e serviços, visando garantir a completa satisfação das necessidades dos clientes, sendo assim é uma das principais estratégias competitivas nas empresas e nos diversos setores.

O CEQ também é uma das principais disciplinas do curso de Engenharia de Produção, na qual está relacionado à produtividade, à melhoria de resultados e principalmente ao aumento de lucros, através de redução de prejuízos e do desperdício.

Segundo Paladini (2002), a avaliação da qualidade sempre teve um espaço no gerenciamento das organizações, a fim de se obter ambientes competitivos para o desenvolvimento de estratégias que viabilizem o processo de avaliação de um produto.

Analisando os conceitos mostrados, fica evidente a importância do controle estatístico da qualidade empresarial, onde gera a satisfação dos clientes, suprimento das necessidades dos clientes e consequentemente a sobrevivência das empresas.

Esta matéria na graduação é apenas teórica, não oferecendo dados reais ao aluno, portanto, fica evidente a importância dos ensaios experimentais realizados no laboratório de metrologia: para exemplificar a realidade e melhorar a compreensão da matéria para o graduando.

2.1 As sete ferramentas da qualidade

As ferramentas da qualidade são métodos utilizados para a melhoria de processos e soluções de problemas de processos, visando o objetivo de fácil aplicação do Controle Estatístico da Qualidade, onde facilita a coleta de dados e apresentação dos mesmos.

Segundo Vieira (1999), para investigar as causas prováveis de um problema de qualidade, existe uma ferramenta determinada. Executar essas ferramentas não é tarefa fácil. Aliás, o sucesso no controle da qualidade depende em grande parte da compreensão de cada ferramenta e no discernimento de seu uso.

Abaixo serão apresentadas as sete ferramentas básicas do CEQ:

2.1.1 Fluxograma

A finalidade do fluxograma é estudar um processo, identificando o melhor caminho para um produto ou serviço com o objetivo de identificar os desvios dos mesmos. É um diagrama que representa de forma simples e ordenada as várias fases do processo de fabricação, procedimento funcionamento de sistemas. Esses diagramas são elaborados com sequências de decisão e ação e cada um deles possui uma simbologia que ajuda a compreensão do sistema.

A Figura 1 exemplifica um método rápido, fácil e prático utilizado dentro de uma organização, com perguntas rápidas para absorção. Esse fluxograma apresenta perfeitamente onde pode estar ocorrendo os erros, um processo fácil, que se fosse feito com reuniões e auditorias, levaria mais tempo e trabalho.

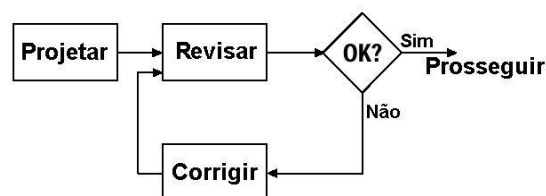
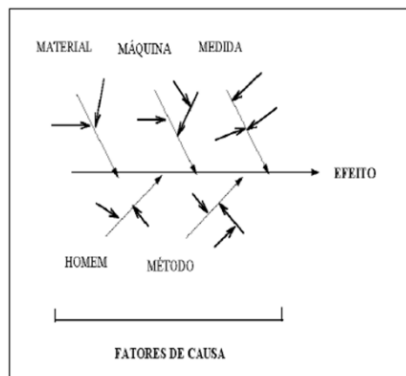


FIGURA 1 – Fluxograma de processos empresariais.

2.1.2 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Causa e Efeito proposto originalmente por Kaoru Ishikawa na década de 60,

fez com que as pessoas pensassem sobre causas e razões raízes possíveis que fazem com que um problema ocorra. Esse diagrama é um dos métodos mais usados na melhoria da qualidade e satisfação, dado que permite usar uma forma simples de acompanhamento. A Figura 2 apresenta o diagrama de Ishikawa, trazendo o efeito (problema) e os fatores de causas possíveis do problema.



Fonte: Meireles (2001, p.55)

FIGURA 2 - Modelo de Diagrama de Ishikawa para Problemas de Natureza Industrial: 6 M's.

2.1.3 Folha de Verificação

Para Cunha (2001), folha de verificação são formulários planejados com respostas fáceis e concisas, de acordo com os dados obtidos para serem verificados, sendo assim uma rápida interpretação da situação, ajudando a diminuir erros e confusões. Essa ferramenta possui folhas que questionam o processo e são relevantes para alcançar a qualidade.

Segundo Vieira (1999), a folha de verificação é uma planilha para o registro de dados. O uso de uma folha de verificação torna a coleta de dados rápida e automática, onde deve-se ter espaço para registrar o local e data da coleta.

Analisando os dados do SEBRAE (2005), a Figura 3 mostra claramente qual é o problema ocorrido e permite observar o número de vezes que um problema acontece, garantindo a objetividade na recolha de dados e definindo com precisão quais dados serão necessários recolher.

Tipo de Defeito	Frequência	Total
Mancha na porta		21
Risco		35
Defeito na tranca		17
Folga		29
Amassado		03
Defeito no vidro		05
TOTAL		110

Fonte: SEBRAE (2005, p. 18)

FIGURA 3 – Folha de verificação em defeitos de automóveis.

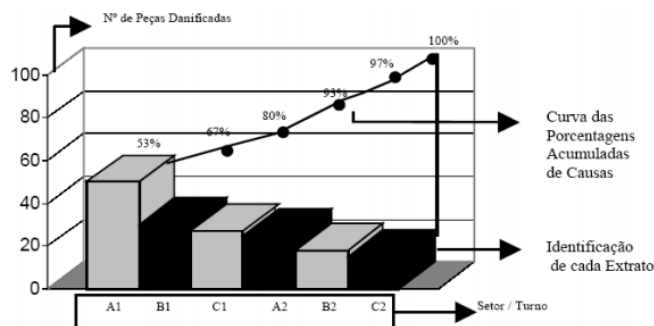
2.1.4 Diagrama de Pareto

Para Avelar (2008), o Diagrama de Pareto é um recurso gráfico utilizado para estabelecer uma ordenação nas causas de perdas que devem ser sanadas. Essa ferramenta é formado por barras verticais tendo como objetivo determinar quais problemas resolver primeiro de acordo com seu valor de escala.

Segundo Ramos (2000), o Diagrama de Pareto é usado quando é preciso dar atenção aos problemas de uma maneira sistemática e quando se tem um grande número de problemas e

recursos limitados para resolvê-los.

A Figura 4 apresenta um modelo do Gráfico de Pareto baseado num problema imaginário de um alto índice de peças danificadas numa linha de produção, dados este que pode ser coletado através de ensaios em laboratórios.



Fonte: Silva (1995 p.24)

FIGURA 4 - Gráfico de Pareto.

2.1.5 Histograma

De acordo com Bonifácio (2006), para construir um histograma é necessário:

- Coletar no mínimo 30 características analisadas (podendo ser dados extraídos de ensaios experimentais).
- Determinar o número de classes do histograma.
- Determinar o intervalo de cada classe.
- Ajustar os intervalos de cada classe.
- Tabular os valores individuais coletados.
- Construir o histograma.

Porém para Souza (2003) histograma é um gráfico de barras que dispõe as informações de modo que seja possível a visualização da forma da distribuição de um conjunto de dados.

2.1.6 Diagrama de Dispersão (ou Correlação)

O Diagrama de Dispersão visualiza a alteração que uma variável sofre quando outra se modifica. De acordo com a dispersão apresentada no diagrama, podem-se identificar alguns tipos de correlação: positiva, negativa ou sem correlação. Portanto, essa ferramenta visa identificar se existe uma tendência de variação conjunta (correlação) entre duas ou mais variáveis, ou seja, visa verificar se duas variáveis atuam em conjunto ou, se pelo contrário são completamente independentes.

Para desenhar o diagrama de dispersão, deve-se coletar de 50 a 100 pares de dados X e Y, podendo ser pares de dados recolhidos através de ensaios experimentais.

2.1.7 Gráfico de Controle

Para Cunha (2001), são gráficos para examinar se o processo está ou não sob controle. Sintetiza um amplo conhecimento de dados, usando métodos estatísticos para observar as mudanças dentro do processo, baseado em dados de amostragem.

Segundo Thozo (2008), é um gráfico utilizado para mostrar o comportamento de uma variável ao longo do tempo.

Caso o problema seja ligado a perdas de produção, refugo, reclamações de clientes, perdas por *setup*, ou qualquer outra variável, deve-se levantar este dado em um determinado período de tempo. Colocando estes dados no gráfico, têm-se condições de analisar tendências e buscar informações que justifiquem determinados comportamentos da variável analisada.

2.2 Metrologia

De acordo com o Inmetro, a metrologia é uma palavra de origem grega: metron = medida; logos = ciência. E é a ciência que estuda as medidas e medições. Sendo assim, quando coleta-se uma gama de dados em um laboratório de metrologia, feito através de ensaios experimentais, é possível estudá-lo e exemplificá-lo com algumas ferramentas que o CEQ oferece.

2.2.1 Medições

Medição é o resultado de um procedimento experimental pelo qual é mensurado o valor de uma grandeza física (ALBERTAZZI e SOUZA, 2008).

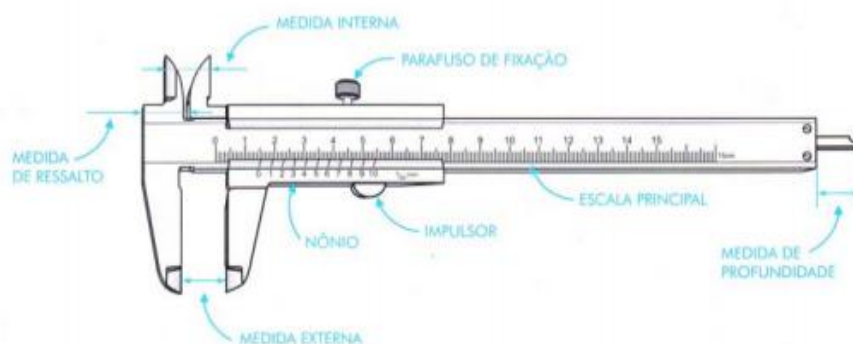
Lira (2013) afirma que para realizar medições, o operador precisa conhecer alguns requisitos, como: instrumentos de medição, exatidão de medição, sensibilidade do instrumento, resolução do instrumento e erro de medição.

2.2.2 Instrumentos de medidas

Instrumentos de medidas são equipamentos utilizados para realizar as medições. Dois instrumentos muito utilizados para medições nas empresas são o paquímetro e o micrômetro.

“O paquímetro é um instrumento constituído para efetuar medições internas, externas, profundidade e topo, no qual o valor indicado é lido na graduação principal e na escala auxiliar” (LIRA, 2013, p. 157).

O corpo do paquímetro (Figura 5) contém duas escalas principais graduadas uma em polegadas e outra em milímetros. O cursor possui duas escalas secundárias em correspondência às escalas principais. A escala secundária do cursor é parte muito importante do instrumento, pois permite que se façam leituras de frações da unidade da escala principal, aumentando deste modo a precisão da medição. As escalas auxiliares são conhecidas por nônio ou vernier.

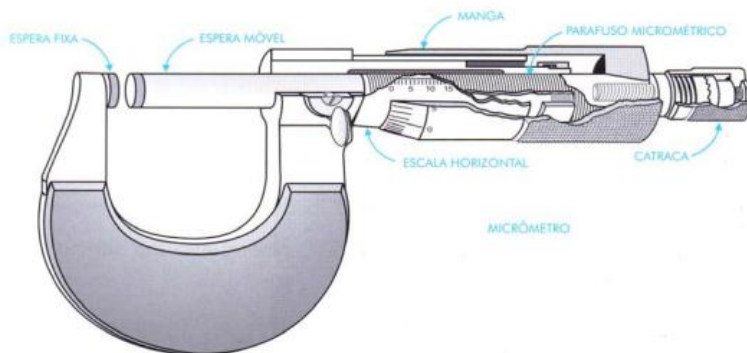


Fonte: Vuolo (1995)

Figura 5. Corpo do Paquímetro.

Segundo Vuolo (1995), a peça principal do micrômetro é um parafuso micrométrico que faz com que a espera móvel se mova para frente e para trás, permitindo um ajuste suave com o objeto a ser medido. Quando se faz o parafuso micrométrico girar uma volta completa, ele sofre um deslocamento longitudinal igual à distância entre dois filetes consecutivos de sua rosca.

Esta distância entre dois filetes consecutivos da rosca de um parafuso é conhecida por passo. O passo do parafuso micrométrico, utilizado na construção dos micrômetros, é usualmente de 0,5mm, conforme a Figura 6.



Fonte: Vuolo, (1995)

Figura 6: Corpo do Micrômetro.

O micrômetro é um dos instrumentos mais utilizados na indústria mecânica, tendo sido aperfeiçoado ao longo dos anos com o emprego de novos materiais e novas técnicas de fabricação. O princípio básico de construção do micrômetro é o deslocamento de uma haste mediante o giro de um parafuso roscado (fuso) o qual está acoplado a um tambor e a um cilindro fixo. Um dispositivo característico do micrômetro é a catraca ou tambor de fricção, cuja função é manter a força constante na peça a ser medida, minimizando assim a variação das suas indicações em função da força aplicada. (LIRA, 2013, p. 160).

2.3 Probabilidade e estatística

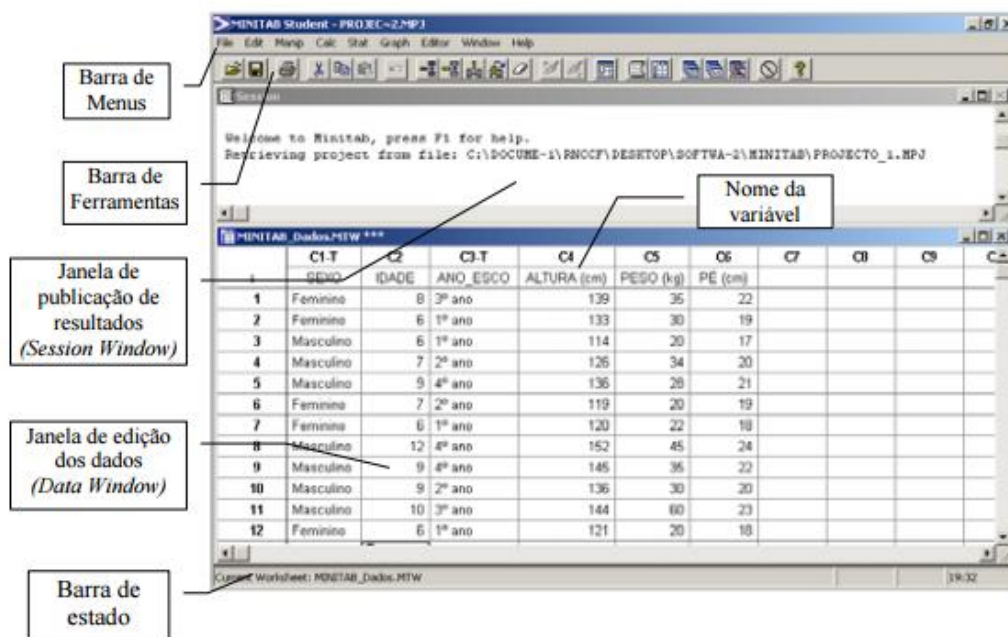
As competências atribuídas com o estudo da disciplina de probabilidade e estatística são:

- Garantia da capacidade do aluno em compreender problemas de probabilidade por meio do software *Minitab*.
- Captar conceitos de variável aleatória: variável independente em relação a outro sistema.
- Identificar o limite central, superior e inferior de dados, sendo capaz de utilizá-los nas aplicações estatísticas: como construção de intervalos de confiança, testes de hipóteses, etc.
- Adquirir conceitos básicos em estatística para análise e interpretação de conjuntos de dados experimentais no software *Minitab*.

Alguns conceitos importantes dentro da probabilidade e estatística é a utilização do software *Minitab* que veremos à seguir.

2.3.1 Software *Minitab*

Este *software* oferece ferramentas para resoluções rápidas do Controle Estatístico da Qualidade, análise de confiabilidade e estatística geral. A orientação através do software ajuda os alunos a compreender os conceitos estatísticos e a interpretar os resultados. O *Minitab* apresenta uma janela principal, com quatro principais sub-janelas como: janela de publicação dos dados, janela de edição dos dados, janela de informações e janela do histórico, conforme mostra a Figura 7.



Fonte: Alves e Cunha (2016)
Figura 7: Interface do Minitab

Este *software* permite criar gráficos para análises através de um conjunto de dados. Os estudos mais importantes que o *software* oferece para a melhor compreensão da matéria de CEQ são os resultados de média, mediana, moda, desvio padrão, o *p-value* e o *paired t*.

A média é a soma dos valores de uma medida dividido pela quantidade de valores que esta possui.

A mediana é o valor central, que separa a metade superior de uma amostra de dados, decrescente ou não, de uma metade inferior.

A moda é a variável que mais se repete entre os números.

O desvio padrão mostra quanto a variação ou dispersão existe em relação à média.

O *p-value* representa o menor nível de significância que pode ser assumido para rejeitar a hipótese nula. Sendo que, uma hipótese nula geralmente afirma que não existe relação entre dois fenômenos medidos. Para hipóteses menor que 0,05 = 5% de confiança, atribui-se a rejeição dela. Para hipóteses maior que 0,05 aceita-se a hipótese nula.

O teste *paired t* calcula a diferença dentro de cada par de medidas antes e depois, determina a média dessas mudanças, e os relatórios se esta média das diferenças é estatisticamente significativa.

3. Metodologia

A metodologia utilizada será a revisão bibliográfica seguida de um experimento. Lakatos e Marconi (1992) definem revisão bibliográfica como sendo aquela que tem por base a pesquisa junto a textos bibliográficos, selecionados mediante rigor técnico.

A revisão bibliográfica é uma visão crítica da pesquisa existente que é significativa para o trabalho que o pesquisador está desenvolvendo. Além de que resumir os trabalhos de outros pesquisadores seja importante, o pesquisador deve analisar este trabalho, mostrar relações entre os diferentes.

O experimento é uma pesquisa feita em laboratório, onde o pesquisador ou experimentador

controla e manipula as variáveis para verificar o resultado de um fenômeno que está sendo investigado. “As pesquisas experimentais tratam de um estudo sobre a relação causal entre duas ou mais variáveis de um sistema sob condições controladas pelo pesquisador, geralmente conduzidas em laboratórios” (MIGUEL CAUXCHICK, 2007, P. 220).

Kidder (2004) afirma que os experimentadores podem controlar a influência de variáveis durante o estudo.

4. Experimento

Primeiramente, fez-se um ensaio experimental no laboratório de metrologia. Como as aulas dessa disciplina são práticas, diversas peças são medidas durante as aulas, sendo assim, um aluno realizou as medições de um único tipo de peça, que pode ser visto na Figura 8.

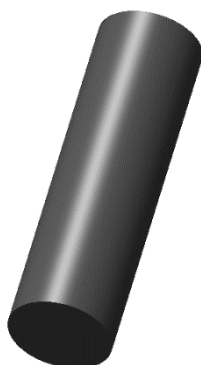


FIGURA 8: Peça usada para as medições

É válido ressaltar que essa peça foi medida no topo, no meio e em sua base, por 2 paquímetros de calibração de 0,05mm de marcas diferentes. – Mitutoyo e Starret. Os dados que foram coletados no experimento podem ser vistos na Tabela 1.

	D1 - marca Starret	D2 - marca Mitutoyo
1	9,40	9,55
2	9,40	9,60
3	9,45	9,55
4	9,90	9,80
5	9,50	9,80
6	9,50	9,70
7	9,70	9,40
8	9,65	9,45
9	9,55	9,50
10	9,90	9,75
11	9,70	9,85
12	9,55	9,50
13	9,80	9,50
14	9,55	9,55
15	9,65	9,60

Tabela 1: Dados coletados com os dois paquímetros de calibração de 0,05mm de marcas diferentes

De posse dos dados da tabela 1 e com o auxílio do software *Minitab* 16, pode-se fazer o teste de hipótese para saber se os dois paquímetros são iguais. Para isso, fez-se o teste *paired t*. O

resultado do teste pode ser visto na Figura 9.

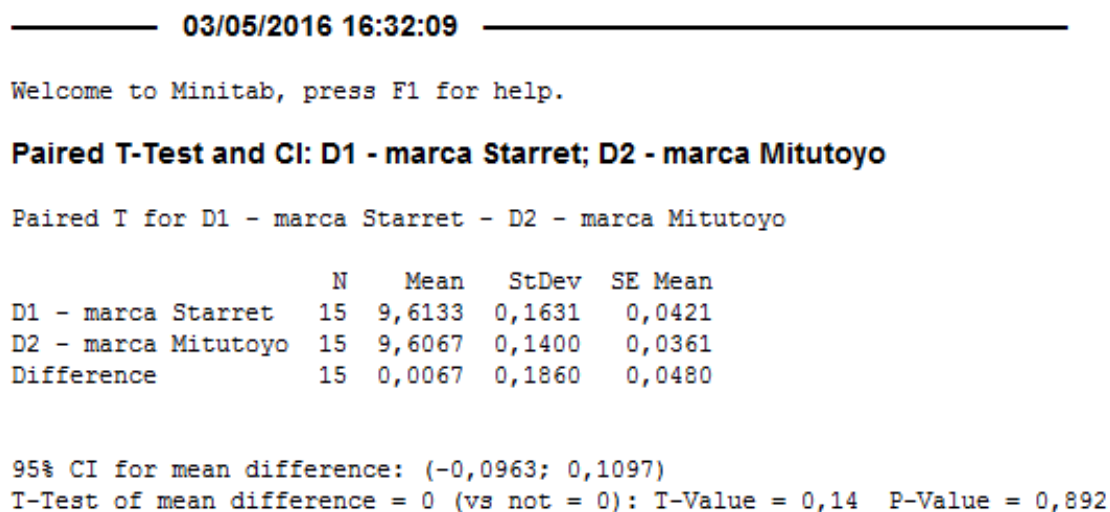


Figura 9: Resultado do teste t.

Analisando o valor do *P-Value*, pode-se concluir que os dois paquímetros são equivalentes com 95% de confiança, sendo que essa afirmação fez-se à partir do conceito de *P-Value* considerando o menor valor para rejeitar a hipótese nula que é 0,05, e de acordo com os resultados: 0,892, aceita-se a hipótese nula com 95% de confiança.

Depois foram realizadas mais 65 medições com o paquímetro com a finalidade de elaborar uma carta de controle (ferramenta do CEQ), considerando o subgrupo igual a 5. O resultado da carta de controle usando o *Minitab* pode ser visto na Figura 10.

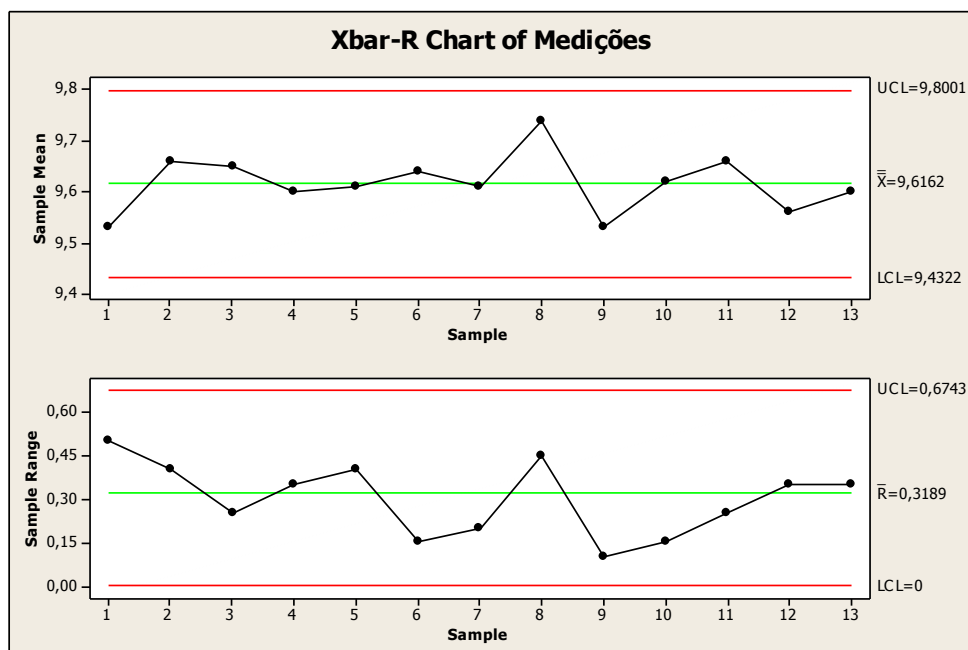


Figura 10: Carta de controle para médias.

Analisando a Figura 10, pode-se dizer que o processo está dentro dos controles, ou seja, não há nenhuma causa especial.

Ainda usando 65 medições, realizou-se um *Graphical Summary*, que apresenta a estatística

descritiva dos dados (média, desvio padrão, variância, mediana e outras informações) e também um histograma (ferramenta do CEQ) que mostra como os dados estão distribuídos. A Figura 11 apresenta o resultado do *Minitab* do *graphical Summary*.

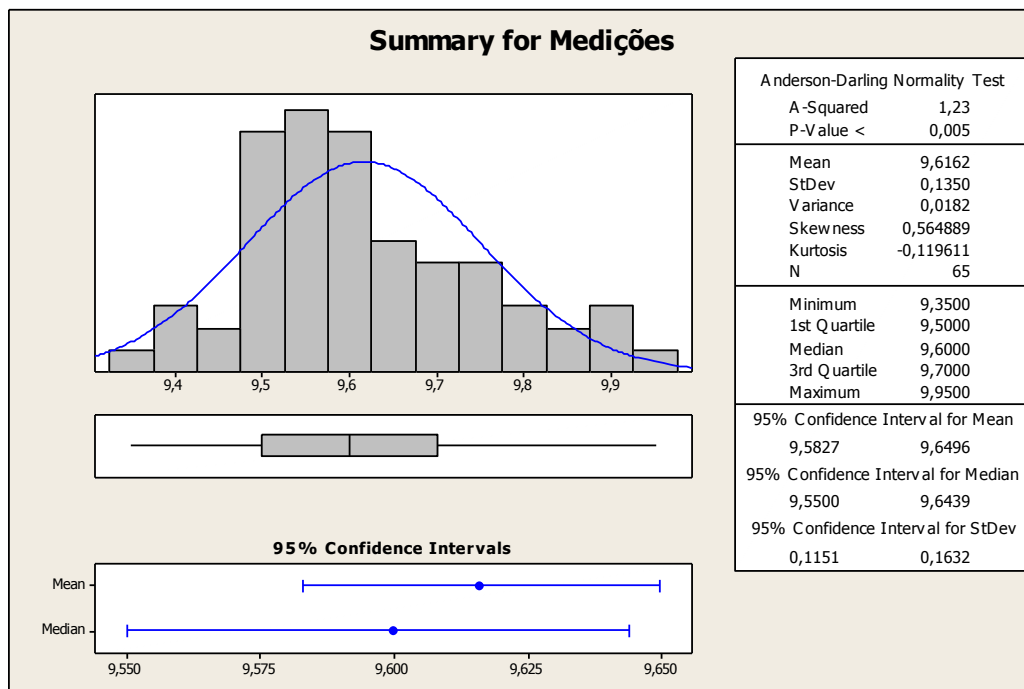


Figura 11: *Graphical Summary*

Analisando todas as estatísticas feitas, pode-se perceber que diversos conceitos que estão presentes nas disciplinas de controle estatístico da qualidade e de probabilidade e estatística podem ser elaborados e exemplificados por meio de dados experimentais dos laboratório de Metrologia. Sendo assim, o experimento mostrou que essas disciplinas podem trabalhar de maneira conjunta para melhor compreensão das matérias em estados reais.

5. Conclusão

Ao se analisar o ensino de Engenharia de Produção, pode-se ter uma dificuldade de perceber o modo prático de alguns conceitos teóricos. Assim, esse artigo teve como objetivo uma proposta para interligar algumas disciplinas de forma que seus conceitos sejam trabalhados de forma integrada. Para isso foi feito um experimento, onde foram envolvidos conceitos das disciplinas de metrologia; controle estatístico da qualidade; e probabilidade e estatística.

Ao analisar o resultado do experimento, pode-se perceber que as medições feitas durante as aulas práticas de metrologia podem contribuir para as aulas de controle estatístico da qualidade e também para probabilidade e estatística. Assim, o aluno percebe-se como usar a estatística e como pode ser feito o controle estatístico de alguns processos. Também é possível interagir com o uso de *software* estatístico, no caso o *Minitab*, para a realização de testes e gráficos que são importantes para um Engenheiro de Produção, principalmente na área da Qualidade.

Como trabalho futuro, sugere-se continuar o trabalho e agora utilizar toda a classe para coletar os dados e dessa forma poder utilizar mais conceitos e ferramentas. Outro trabalho a ser feito é utilizar a disciplina de processo de fabricação e analisar as peças feitas pelos alunos no torno e na fresadora.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPEMIG pelo apoio na realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALBERTAZZI, A.; SOUZA, A. R. **Fundamentos da metrologia científica e industrial**. Barueri: Manole, 2008.
- ALVES, H.; CUNHA, L. M. Software Estatístico: Uma introdução a alguns aplicativos, numa abordagem de dados. Disponível em: <<http://homepage.ufp.pt/cmanso/ALEA/Dossier12.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2106.
- AVELAR, W. Monografia – **Utilização de ferramentas da qualidade objetivando melhorias no processo produtivo** - Universidade Católica de Petrópolis – Petrópolis – 2008.
- CUNHA, C.J. **Modelos de gestão da qualidade I**. SENAI – Universidade Federal do Paraná – Curitiba – 2001.
- HAMALAINEN, R.; **Designing and evaluating collaboration in a virtual game environment for vocational learning**. Institute for Educational Research, University of Jyväskylä, 2006;
- KIDDER, L. H. (org.). **Métodos de pesquisa nas relações sociais. Volume 1: delineamentos de pesquisa**. 4ª. ed., 3ª. reimpressão. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., 2004, 117p.
- LIRA, F. A. **Metrologia na indústria**. 9ª ed. São Paulo: Érica, 2013
- MEIRELES, M. **Ferramentas Administrativas para Identificar, Observar e Analisar Problemas: Organizações Com Foco no Cliente**. 1 ed. São Paulo: Editora Arte e Ciência, 2001.
- MIGUEL CAUCHICK, P. A. **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução**. Produção, v. 17, n. 1, p. 216-229, Jan./Abr. 2007
- PALADINI, E.P. **A avaliação estratégica da qualidade**. São Paulo. Atlas, 2002. 246 p.
- PILETTI, C. **Didática Geral**, Editora Ática, São Paulo, São Paulo, pp 90-147, 1988.
- SEBRAE – Apostila – **Manual de ferramentas da qualidade** – 2005.
- RAMOS, A.W. **CEP para processos contínuos e em bateladas**. São Paulo: Fundação Vanzolini, 2000.
- SOUZA, J.J. de Monografia – **o programa Seis Sigma e a melhoria contínua** – Fundação Getúlio Vargas – São Paulo – 2003.
- THOZO. A. Monografia – **aplicação das ferramentas da qualidade em uma indústria automotiva: Estudo de caso para redução das falhas elétricas da linha de montagem do air bag do volante** – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Curitiba – 2008.
- VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- VUOLO, J. H. **“Fundamentos da Teoria de Erros”**. 2a edição. Edgard Blücher: São Paulo, 1995.