

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JANDREI SARTORI SPANCERSKI

**ANÁLISE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO: UMA ABORDAGEM
TÉCNICO-GERENCIAL AO CONTROLE ESTATÍSTICO DE
PROCESSOS DE UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Medianeira

2018

JANDREI SARTORI SPANCERSKI

**ANÁLISE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO: UMA ABORDAGEM
TÉCNICO-GERENCIAL AO CONTROLE ESTATÍSTICO DE
PROCESSOS DE UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Medianeira, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos

Coorientador: Prof. Me. Neron Alipio Cortes Berghauser

Medianeira

2018



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ
CAMPUS MEDIANEIRA

Diretoria de Graduação e Ensino Profissional
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO: UMA ABODAGEM TÉCNICO-GERENCIAL AO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS DE UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Por

JANDREI SARTORI SPANCERSKI

Este projeto de trabalho de conclusão de curso foi apresentado as 14h40 do dia 08 de junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho de diplomação aprovado.

Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
ORIENTADOR

Prof. Me. Neron Alipio Cortes Berghauser
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
COORIENTADOR

Prof. Dr. Carlos Aparecido Fernandes
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Me. Peterson Diego Kuhn
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Sergio Adelar Brun
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
COORDENADOR DE CURSO

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

A Deus, a minha família e aos meus amigos...

Companheiros de todas as horas...

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos e ao Prof. Me. Neron Alipio Cortes Berghauser, braços amigos e verdadeiros companheiros de todas as etapas deste trabalho.

A minha família, em especial a minha esposa Anieli Daiane Liecheski Sartori Spancerski, pela confiança e motivação me concedida. Pelas noites mal dormidas, pelos cuidados que me prestou e por ser esta pessoa maravilhosa que dedica seu tempo em prol da família.

Aos verdadeiros amigos, pela força e pela vibração em relação a esta jornada, em especial ao Gabriel Becker, sócio e parceiro de todas as horas, pelo apoio e compreensão dados quando precisei me ausentar para concluir este trabalho. Aos compadres Micheli Ferreira e Silmar Antônio Lunkes, por sempre me lembrar que não estamos sozinhos na batalha e aos compadres Kellyn Aretha Zotti Baron e Rodrigo Baron, companheiros de longa data que me ampararam quando preciso, seja na tristeza ou na alegria.

A todos os professores que foram norteadores da minha formação, contribuindo para que eu fosse o que hoje sou.

Aos colegas de curso, pois juntos partilhamos e vivemos uma etapa importante de nossas vidas.

À empresa estudada e seus profissionais, pela concessão de informações valiosas para a realização deste estudo, além de todos que, com boa intenção, colaboraram para o bom andamento e finalização deste trabalho.

"Qualidade não é trabalhar muito,
é trabalhar direito."

William Edwards Deming

RESUMO

SPANCERSKI, Jandrei Sartori. **Análise do sistema de medição: uma abordagem técnico-gerencial do controle estatístico de processos de uma indústria alimentícia**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharel em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2018.

Empresários em geral buscam possuir um meio gerencial para tomar decisões com base em dados obtidos de seus processos. Para uma tomada de decisão mais assertiva, busca-se o estudo de confiabilidade dos resultados, dado por um diagnóstico preciso. O presente trabalho tem o intuito de analisar o sistema de medição utilizado pelo controle estatístico de processos de uma indústria de alimentos localizada no oeste do Paraná, por meio de procedimentos experimentais, a fim de analisar a incidência de fatores que possam desviar do real resultado gerado pelo processo. No decorrer do estudo, apresentou-se as etapas advindas do método experimental, que constitui-se do desenvolvimento de um *design* de experimentos, proporcionando uma abordagem única e precisa para obtenção de todos os dados necessários para a realização dos estudos estatísticos. Os resultados destes experimentos se deram por meio de gráficos e tabelas, gerados através do software Minitab®. De forma geral, o sistema de medição apresentou uma influência de 26,37% nos resultados dos indicadores do processo. Todos os resultados deste trabalho foram repassados à empresa, para que possam tomar decisões perante as falhas em seu sistema de medição. Sendo assim, este estudo proporcionou uma visualização em um aspecto técnico-gerencial da importância de se ter um sistema que gere dados confiáveis ao seu gestor, permitindo tomadas de decisão embasadas na real situação dos processos.

Palavras-chave: Experimentos; Estatística; Melhoria contínua; Qualidade; Engenharia de Produção.

ABSTRACT

SPANCERSKI, Jandrei Sartori. **Measurement system analysis: a technical-managerial approach to the statistical control of process in a food industry.** 2017. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Entrepreneurs generally seek a managerial means to make decisions based on data obtained from their processes. For a more assertive decision-making, the study of results results, given by an accurate diagnosis, is sought. The present work intends to analyze the decision system controlled by the process of view of all the effects of the apparatus. process. In the course of the study, it was presented as stages from the experimental method, which constitutes the development of an experimental project, providing a unique and precise approach for the selection of all the necessary data for the accomplishment of the statistical studies. The results obtained are generated through graphs and tables, generated through Minitab® software. The general form, the measurement system of an influence of 26,37% on the results of the process indicators. All of its results were passed on to the company. Thus, the study took a perspective view of the importance of a system that shows data to its manager, making the most realistic shots in a real process.

Keywords: Experiments; Statistic; Continuous improvement; Quality; Production engineering.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Crescimento de vendas de biscoitos em geral	13
Figura 2 - Sistema de medição e o processo produtivo	21
Figura 3 - Fluxo de uma medição.....	22
Figura 4 - Exemplos de cartas de controle	24
Figura 5 - Fluxograma para estudo de estabilidade	25
Figura 6 - Fluxograma para estudo de tendência.....	26
Figura 7 – Fluxograma para estudo de linearidade	28
Figura 8 - Classificação metodológica da pesquisa	33
Figura 9 - Etapas de desenvolvimento da presente pesquisa	34
Figura 10 - Delineamento Experimental	35
Figura 11 – Carta de controle para análise de estabilidade	37
Figura 12 – Item 4 da Instrução de Trabalho de medição pelo CEP	39
Figura 13 – Avaliação de diâmetro de casquinhas conforme IT-0019.....	39
Figura 14 – Estudo de medição do diâmetro dos biscoitos recheados	41
Figura 15 – Gráfico de precisão de medição para os biscoitos recheados	42
Figura 16 – Gráfico de interação entre operadores do biscoito recheado	43
Figura 17 – Estudo de medição do diâmetro dos biscoitos laminados doce	44
Figura 18 – Gráfico de precisão de medição para os biscoitos laminados doce	45
Figura 19 – Gráfico de interação entre operadores do biscoito laminado doce	46
Figura 20 – Estudo de medição do diâmetro dos biscoitos laminados salgado	47
Figura 21 – Gráfico de precisão de medição para os biscoitos laminados salgado ..	48
Figura 22 – Gráfico de interação entre operadores do biscoito laminado salgado....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos sistemas de produção.....	17
Tabela 2 - Fator de correção do desvio-padrão da VE.....	29
Tabela 3 - Quadro geral de resultados.....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVO	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO E A MELHORIA CONTÍNUA.....	16
3.2 A ESTATÍSTICA E O CEP	18
3.3 ANÁLISE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO.....	20
3.3.1 Estabilidade.....	23
3.3.2 Tendência.....	26
3.3.3 Linearidade.....	27
3.3.4 Gage R&R.....	28
4.3.4.1 Repetitividade	29
4.3.4.2 Reprodutibilidade	30
4.3.5 Variação Peça-a-Peça	31
4.3.6 Variação Total do Processo	31
4.3.7 Avaliação do Sistema de Medição	31
3.4 PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS (DOE)	32
5 MATERIAL E MÉTODOS	33
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
6.1 ANÁLISE PARA O BISCOITO RECHEADO	40
6.2 ANÁLISE PARA O BISCOITO LAMINADO DOCE.....	44
6.3 ANÁLISE PARA O BISCOITO LAMINADO SALGADO.....	46
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

Dados são gerados a todo instante. Um dos motivos é o de estamos vivendo em uma era de alta interação tecnológica, se tratando não apenas dos meios de comunicação como os aplicativos de celular, mas principalmente de processos industriais, de serviço e afins. No que se refere a esse assunto, um dos desafios para muitos segmentos do mercado é precisamente discernir se um dado possui ou não credibilidade.

Não se isentam desta preocupação as indústrias do ramo alimentício, que devem estar rigidamente de acordo com requisitos de qualidade imputados pelas legislações municipais, estaduais e federais, ou atribuídos pelo mercado. Tratando-se desse nicho industrial, de acordo com Back (2011), é um ramo que está em constante aperfeiçoamento, mas que possui pouco referencial na literatura específica quanto ao tratamento de dados para o gerenciamento desse tipo de processo nas empresas.

De acordo com a ABIMAPI (Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados), a indústria de alimentos representa aproximadamente 10% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, sendo que o faturamento das empresas de biscoitos saltou de R\$ 17,77 bilhões, em 2013, para R\$ 24,054 bilhões, em 2017, demonstrando sua representatividade.

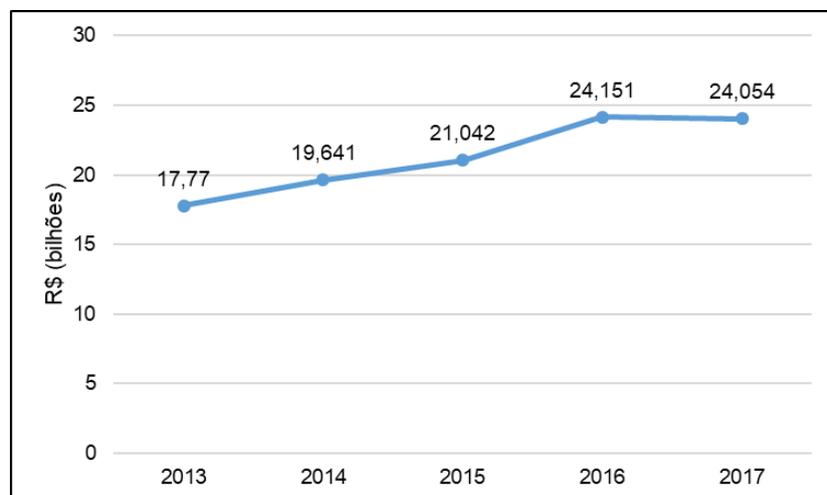


Figura 1 – Crescimento de vendas de biscoitos em geral
Fonte: Adaptado de ABIMAPI (2018)

A presente pesquisa visou, por meio de um experimento delineado, gerar subsídios literário e prático, através da mensuração de possíveis desvios nos dados obtidos pelo controle estatístico de processos (CEP), de uma indústria de alimentos.

O resultado do presente estudo proporcionou aos tomadores de decisão da empresa uma confiabilidade nas informações utilizadas, referindo-se aos indicadores dos processos, removendo as interferências geradas pelos procedimentos executados e instrumentos utilizados ao se realizar uma medição.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o sistema de medição da linha de produção de biscoitos recheados e laminados doces e salgados, utilizado como ferramenta gerencial em uma empresa de alimentos a fim de certificar sua eficiência.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Mensurar o impacto da variação que os sistemas de medição utilizados causam nos resultados obtidos dos processos;
- b) Realizar estudos de linearidade, tendência e estabilidade, analisando seus resultados;
- c) Analisar os resultados dos estudos R&R para determinar a eficiência do sistema de medição utilizado;
- d) Sugerir mudanças para possíveis adequações necessárias observadas nas análises.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Os fundamentos teóricos utilizados para a realização deste trabalho encontram-se neste capítulo. Serão descritos os conceitos trazidos pela literatura para a análise do sistema de medição, afim de adequar o escopo do projeto.

3.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO E A MELHORIA CONTÍNUA

Analisando o cenário atual do mercado, há uma percepção quase unânime quanto à preocupação das empresas em atender o cliente sempre de uma maneira melhor, entregando produtos e/ou serviços com qualidade percebida ao mesmo (REIS; MELO; ANDRADE; CALAPEZ, 2012). Os projetos dos sistemas de produção se tornam cruciais para que haja um significativo desempenho produtivo nas indústrias, o que remonta à questão econômica das mesmas (TOMPKINS; WHITE; BOZER; TANCHOCO, 2013).

Muitos autores creditam que em uma indústria, a linha de produção em geral é a função que agrega valor ao produto, sendo que quanto mais eficientes forem as atividades produtivas, maior será o rendimento financeiro ao médio e longo prazo, podendo até, em alguns casos, perceber-se um ganho em curto prazo.

Para obter uma melhor compreensão, a fim de simplificar o entendimento das características inerentes de cada sistema produtivo, tal qual suas complexidades quanto ao planejamento e execução de atividades, a literatura traz várias classificações de sistemas de produção industriais, que, no entanto, podem ser resumidas em três principais tipos: no que se refere à matéria-prima do produto; de acordo com as transformações e operações realizadas no processo produtivo; e pela capacidade¹ do processo (TUBINO, 1999).

¹ Processo que está estável estatisticamente e que consegue atender às exigências do cliente.

Tabela 1 - Características dos sistemas de produção.

	<i>Contínuo</i>	<i>Rep. Em Massa</i>	<i>Rep. Em Lotes</i>	<i>Projeto</i>
Volume de produção	Alto	Alto	Médio	Baixo
Variedade de produtos	Pequena	Média	Grande	Pequena
Flexibilidade	Baixa	Média	Alta	Alta
Qualificação da MOD	Baixa	Média	Alta	Alta
Layout	Por produto	Por produto	Por processo	Por processo
Capacidade ociosa	Baixa	Baixa	Média	Alta
Lead times	Baixo	Baixo	Médio	Alto
Fluxo de informações	Baixo	Médio	Alto	Alto
Produtos	Contínuos	Em lotes	Em lotes	Unitários

Fonte: Tubino, 1997.

De modo particular, a indústria de alimentos, conforme a Tabela 1, possui a classificação de processo repetitivo em lotes, cuja característica principal é a de que são produtos padronizados em lote e produzidos em média escala (BACK, 2011). Tubino (1999, p. 31) traz outros fatores que permeiam este e outros processos produtivos, donde convencionalmente:

[...] emprega mão-de-obra pouco qualificada e pouco polivalente, porém com a implantação de sistemas baseados na filosofia JIT/TQC esse quadro vem se modificando, devolvendo ao empregado funções de gerenciamento do processo, como, por exemplo, a garantia da qualidade [...]

Esses sistemas de produção supracitados, como JIT (*Just in Time*) e TQC (*Total Quality Control*), estão entre os grandes objetivos de alcance das indústrias modernas, pois os mesmos apresentam resultados relevantes no âmbito financeiro em muitos estudos de caso. Segundo Takashina e Flores (1996), estas metodologias viabilizam às empresas a busca contínua pela melhoria da qualidade, seja ela de produtos, serviços ou de produtividade e desempenho de processos, aumentando o nível de satisfação de seus clientes e sua competitividade perante o nicho de mercado ao qual a mesma pertence.

Para tanto, os mesmos exigem das empresas muito mais que uma simples utilização de ferramentas da qualidade ou de técnicas de *Lean Manufacturing*², *Lean Six Sigma*, entre outras, mas uma mudança cultural no âmbito profissional da indústria, desde a alta direção até o chão de fábrica. Os conceitos envolvidos por trás das filosofias JIT e TQC não devem ser separadamente apresentados, mas uniformemente trabalhados com o apoio do ferramental técnico trazido pelas metodologias modernas.

De acordo com Tompkins, White, Bozer e Tanchoco (2013), essas estratégias de produção conseguem fornecer às empresas a capacidade de resposta rápida a diversas exigências dos clientes, tais como o próprio JIT, a produção enxuta e diversas outras, que são métodos viáveis e eficazes para o alcance da eficiência, que, no entanto, obtêm-se sucesso a partir do comprometimento total da empresa para solucionar problemas diariamente, em busca da melhoria contínua.

Neste momento, pode-se recorrer ao famoso ditado popular: “A pressa é inimiga da perfeição”. A ânsia por se obter resultados surpreendentes aplicando as técnicas e ferramentas modernas é tão grande por parte das empresas que elas acabam “queimando etapas” na construção de um caminho seguro para um crescimento sólido de seus resultados.

Muitas vezes, o único resultado que muitas empresas conseguem obter de um projeto que utiliza de metodologias modernas, em melhoria contínua, é o custo de implantação, sem retorno a médio e longo prazo, e isso se deve a um simples fator, aqueles que estão à iniciar essa mudança na empresa não se preocupam em primeiramente compreender os princípios da Toyota, para que possam enfim adaptar ferramentais tecnológicos ao seu cenário, utilizando-se desses princípios, além de que, deve-se ter disposição para realizar este feito em passos calmos (SANTOS, 2017).

3.2 A ESTATÍSTICA E O CEP

² Metodologia e técnicas de manufatura enxuta.

Seja em uma área profissional ou científica, a estatística pode ser usada para descrever comportamentos, compreender relações entre características, reduzir riscos em uma tomada de decisão e ser o motor que garante mudanças (REIS; MELO; ANDRADE; CALAPEZ, 2015).

Para tanto, sendo uma indústria uma área profissional e científica, não se difere em nada nestes pontos. A estatística é utilizada para realizar controle sobre variáveis que podem vir a causar, segundo Back (2011), graves prejuízos devido a erros por má qualidade, entrega de produtos fora de padrões estabelecidos pelo mercado ou pela própria legislação, dentre outros desperdícios que podem ser gerados por erros, muitas vezes, por causas mal investigadas.

Como meio de campo entre o abstrato e a informação, gerando um importante suporte à tomada de decisão pelo próprio operador do chão de fábrica, que de acordo com Takashina e Flores (1996) é o que as filosofias empresariais modernas buscam, está o CEP, realizando o controle de variáveis que, de uma forma geral, devem estar focadas no conceito de qualidade para o cliente, seguindo o que o JIT e o TQC prezam e auxiliando no atendimento das exigências imputadas pelo mercado.

De acordo com Ribeiro e Caten (2012, p. 5):

O controle estatístico do processo é um sistema de inspeção por amostragem, operando ao longo do processo, com o objetivo de verificar a presença de causas especiais, ou seja, causas que não são naturais ao processo e que podem prejudicar a qualidade do produto manufaturado. Uma vez identificadas as causas especiais, podemos atuar sobre elas, melhorando continuamente os processos de produção e, por conseguinte, a qualidade do produto final.

Dados históricos demonstram que a origem do CEP remonta à década de 1920, graças a técnica desenvolvida pelo Dr. Walter A. Shewhart, que conseguia fazer a distinção entre causas especiais e causas comuns, conhecida por cartas de controle. O emprego correto destas cartas permite realizar um “raio-x” da indústria, fornecendo uma distinção dos tipos de variação que permeiam os processos. Para Alencar, Souza, Rolim e Lopes (2004), a definição simplória para o CEP é um conjunto de ferramentas que juntas realizam o monitoramento da qualidade.

O CEP não deve ser a opção final de um processo de melhoria contínua, muito menos o último esforço a ser executado pela equipe que gerencia os processos fabris (REIS; MELO; ANDRADE; CALAPEZ, 2015). Segundo Montgomery (2009), o CEP somente se justifica ser implantado após ser precedido de muito estudo para conseguir concatenar as melhores e mais relevantes variáveis e atributos do processo, ou seja, não se utilizar de muitas cartas de controle, pois o mesmo acaba tendendo a ser uma atividade que gera gargalo na produção.

Outro ponto a ser observado é onde estão as variáveis-chave do processo, aquelas que realmente significam qualidade ao cliente, agregando valor percebido ao seu produto. A última questão em que se deve levar em conta é com relação resultado gerando informação que serve como apoio a uma ação, pois de nada vale investir recursos em algo que não possui retorno de nenhuma forma (RIBEIRO; CATEN, 2012).

Com os resultados do CEP, durante seu auge no processo de mudança, devem ser tomadas as decisões para se prosseguir para um novo estágio de conhecimento do processo, pois com as informações geradas pelo CEP, pode-se criar uma visão sistêmica do processo produtivo de uma forma global, possibilitando uma redução de custos com atividades que não fazem parte do processo de agregação de valor ao produto (MONTGOMERY, 2009).

Através de métodos estatísticos adequados, o CEP pode determinar antecipadamente possíveis reações que possam ocorrer em um determinado processo, avaliando cuidadosamente o cenário corrente e realizando uma previsão realista do que ocorrerá no futuro (REIS; MELO; ANDRADE; CALAPEZ, 2015).

3.3 ANÁLISE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO

A necessidade de se ter um sistema de medição adequado está relacionado a poder realizar estudos relacionados ao desempenho real do processo, sendo assim, os dados analisados devem ser validados (RIBEIRO; CATEN, 2012).

De acordo com Paranhos Filho (2007), processo é qualquer ato que transforma uma entrada em uma saída. O sistema de produção de uma indústria se

resume a processos de transformação de entradas (como matérias-primas, informação e documentos) em uma ou mais saídas, como, por exemplo, produtos de valor agregado (SLACK, 2002).

Na Figura 2, pode-se observar de que forma o MSA (*Measurement System Analysis*) interage com o processo produtivo, além do roteiro breve para a melhoria contínua do mesmo, que é o de identificar causas de variação, principalmente as de causas especiais, estudando possíveis contenções de falha e implementando os resultados obtidos a partir deste estudo, verificando, posteriormente, os ganhos gerados por essa melhoria.

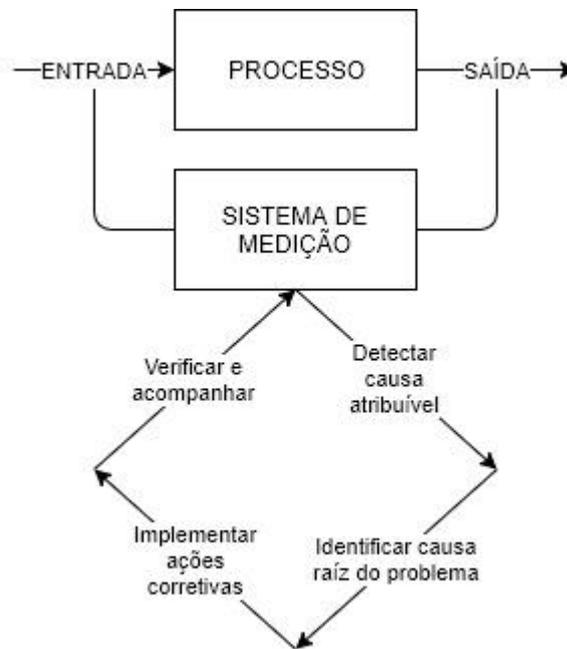


Figura 2 - Sistema de medição e o processo produtivo
Fonte: Adaptado de Montgomery (2009)

Assim como os processos de uma indústria se dão pelos atores de entrada, transformação e saída dos processos, o sistema de medição é um processo que estabelece uma relação entre uma propriedade e um valor em uma escala.

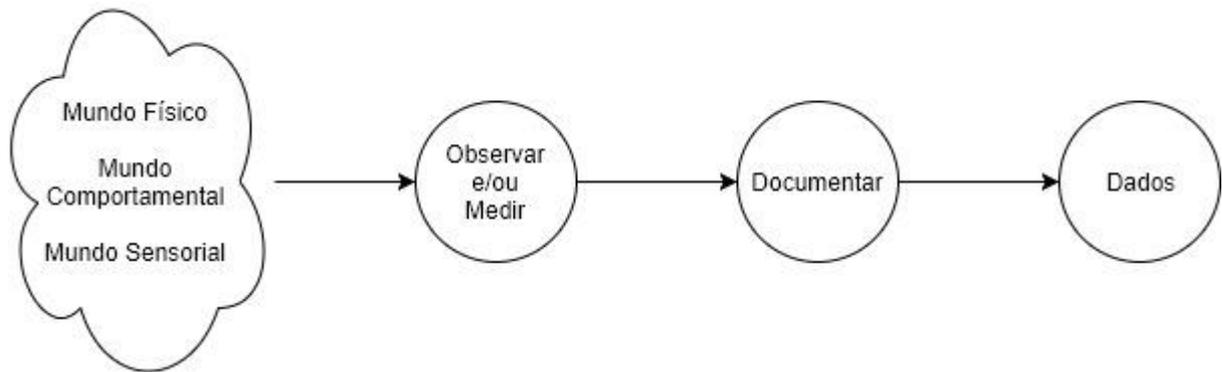


Figura 3 - Fluxo de uma medição
 Fonte: Adaptado de Montgomery (2009)

O dígrafo³ evidenciado na Figura 3 corresponde ao fluxo de operações dadas por um sistema de medição, o qual demonstra o caminho pelo qual se transforma as percepções do mundo sensorial, comportamental ou as variáveis de aspectos físicos (tópicos de alta complexidade) em dados, ao qual após passarem por uma inferência estatística fornecem informações úteis para o apoio à decisão.

Sendo o sistema de medição um processo, sua tendência natural é de apresentar pequenas variações, ao qual recebe o nome de causa comum (ruído do processo), o que não significa que o sistema está entrando em colapso. O grande problema são os chamados erros experimentais, que nem sempre são causados por erros procedimentais, de ferramental ou no ambiente da medição, mas sim é uma tendência de toda variação do sistema (SOARES, 2016).

Para Ribeiro e Caten (2012), o aspecto de maior relevância relacionado ao sistema de medição é compreender qual a precisão do mesmo. E para que tal forneça dados confiáveis, um dos métodos indicados por muitos especialistas é o da Análise do Sistema de Medição (em inglês, MSA), que avalia alguns pontos importantes desse tipo de sistema em específico, sendo estes: estabilidade, tendência, linearidade, repetitividade e reprodutibilidade.

Segundo o dicionário Houaiss da língua portuguesa (Houaiss; Villar, 2009), podemos conceituar que método é um “procedimento, técnica ou meio de fazer alguma coisa, especialmente de acordo com um plano”, onde para este

estudo se buscará alinhar as métricas apresentadas na sequência.

3.3.1 Estabilidade

Uma das características observadas em um sistema de medição é a estabilidade do mesmo. Este aspecto avalia o desempenho do sistema ao longo de um período, cuja avaliação se dá através de cartas de controle (MONTGOMERY, 2009).

Conforme conceituado por Rotondaro *et al.* (2013, p. 101), estabilidade “é a variação total na descentralização do sistema de medição medido um única característica na mesma peça mestra ou peças ao longo de um extenso período de tempo”.

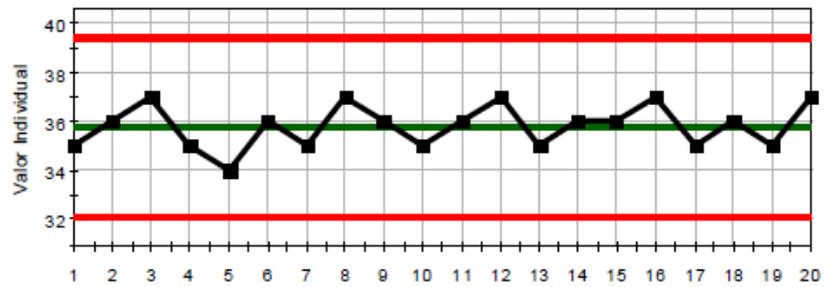
Segundo Bezerra (2011), as cartas ou gráficos de controle mostram se os valores obtidos para uma variável se mantêm dentro de uma faixa de variação considerada normal, conhecidos como limites superior de controle (LSC) e limite inferior de controle (LIC), definidos a partir do desvio padrão do sistema em relação à média.

Usualmente, para estudos desta natureza, utiliza-se a carta de controle de nome Carta de Controle de Individuais, onde se calcula os limites inferior e superior de controle somando-se e subtraindo-se 3 desvios-padrão do valor da média da amostra, respectivamente. Esta área indica a variação natural do processo estudado, pois a mesma é dada através da métrica intrínseca ao mesmo, o desvio-padrão.

Abaixo, na Figura 4, estão exemplificadas as condições em que podem se encontrar as cartas de controle, cujos LIC e LSC estão à 3 desvios-padrão da média, demonstrando qual a amplitude natural esperada dado o processo estudado.

³ Grafo direcionado.

Boa
estabilidade



Problemas de
estabilidade

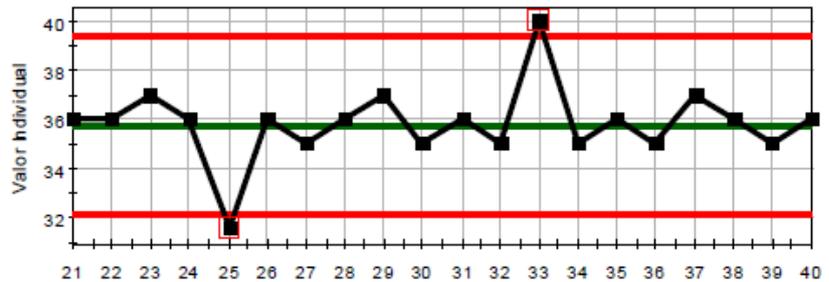


Figura 4 - Exemplos de cartas de controle
Fonte: Ribeiro e Caten (2012, p. 117)

Na carta ao qual a descrição é “boa estabilidade”, nota-se que os dados possuem uma variação que não ultrapassa o LSC nem o LIC, ou seja, indica que a medição não possui anomalias procedimentais ou de qualquer outra natureza.

Já na carta abaixo, ainda na Figura 4, onde a descrição é “problemas de estabilidade”, verifica-se a presença de duas ocorrências que extrapolam os limites, sendo a primeira no período 25, ficando abaixo do LIC e a segunda no período 33, cujo valor ultrapassou o LSC. Neste caso, de acordo com Alencar, Souza, Rolim e Lopes (2004), os dois valores que ultrapassaram os limites indicam que algo fora do comum ocorreu no momento da medição, o que pode comprometer os dados coletados e possivelmente ocasionar equívocos ao analisar os resultados obtidos no processo em que se realizou estas medições.

Um roteiro possível para realizar a avaliação deste quesito pode ser dado conforme a Figura 5.

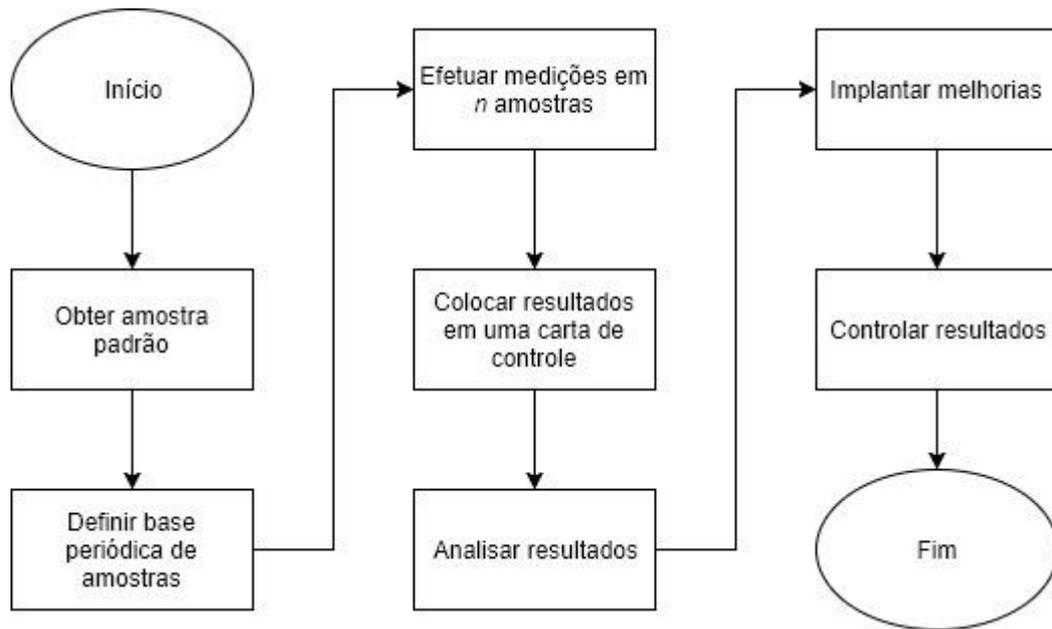


Figura 5 - Fluxograma para estudo de estabilidade
 Fonte: Adaptado de Ribeiro e Caten (2012)

Com este roteiro proposto, pode-se obter a padronização da obtenção dos dados para avaliação de estabilidade do sistema de medição. Com os resultados em mão, realiza-se análises das causas das variações, podendo ser entre elas, segundo Montgomery (2009):

- a) método de medição;
- b) dilatação ou retração do equipamento de medição;
- c) fadiga do operador;
- d) influência de temperatura, umidade ou outro fator ambiental no processo;
- e) tempo de treinamento do operador.

A análise de causas especiais é crítica, pois descobrindo qual sua causa, possibilita uma possível eliminação, mitigação ou controle da mesma, trazendo para o processo uma melhoria considerável.

3.3.2 Tendência

Um dos fatores que deve ser considerado para o MSA é o estudo de tendência, que de acordo com Seleme e Stadler (2012) é a análise que avalia a propensão geral dos dados, ou seja, se os dados em um certo espaço de tempo poderão variar para mais, para menos ou manter-se estagnados. Segundo Castanheira (2011), a definição estatística para tendência é da diferença entre a média de um conjunto de leituras com o valor de referência da variável medida (desvio-padrão processual), dividido pelo desvio-padrão amostral. Para apresentar de forma completa o resultado, realiza-se o cálculo percentual, comparando este resultado à totalidade da amostra, apresentada em termos matemáticos na Equação 1.

$$T = \left(\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} - \bar{x}_r \right) / 6\sigma_a \quad (1)$$

Onde T é o valor centesimal da tendência e σ_a o desvio-padrão amostral.

O fluxograma apresentado na Figura 6 indica uma das formas de se realizar a análise de tendência.

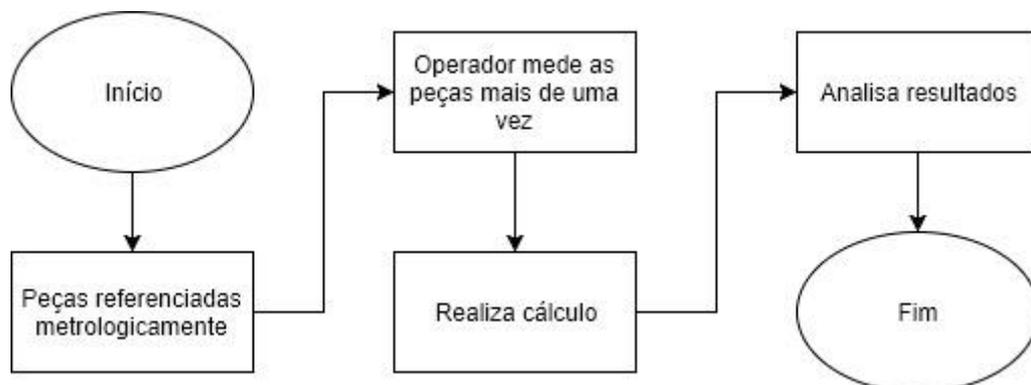


Figura 6 - Fluxograma para estudo de tendência
 Fonte: Adaptado de Ribeiro e Caten (2012)

A partir dos resultados obtidos, pode-se analisar o valor de tendência,

sendo que as causas mais comuns que causam um nível de tendência considerável é o de que o dispositivo de medição está desgastado ou mal calibrado, imperícia por parte do operador ou erro no momento da definição do valor de referência para a realização do estudo (SELEME; STADLER, 2012).

3.3.3 Linearidade

Outro estudo muito importante relacionado ao MSA é o de linearidade, que em resumo ao explicado por Montgomery (2009), é aquele que verifica os resultados obtidos pelo dispositivo de medição, considerando toda a faixa de valores usuais correntes. De acordo com Rotondaro *et al.* (2013, p. 102), linearidade “é a diferença nos valores da descentralização ao longo da faixa de operação esperada do instrumento”.

A justificativa dada para realizar a análise de linearidade é dada por Ribeiro e Caten (2012, p. 121):

Muitas vezes o dispositivo é usado em uma faixa ampla, e o fato dele estar calibrado e funcionando adequadamente em um extremo da faixa, não assegura seu funcionamento adequado no centro ou no outro extremo da faixa.

Embora este estudo se diferencia do estudo de tendência anteriormente citado, o fator de linearidade revela se o módulo da variável mensurada possui tendência de causar variação nos valores observados. A forma mais comum de realizar a análise de linearidade é dada pela Figura 6.

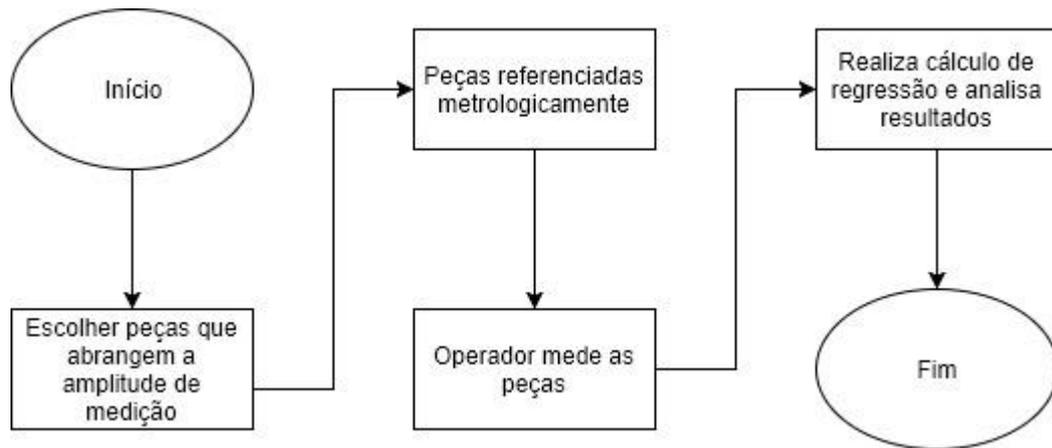


Figura 7 – Fluxograma para estudo de linearidade
 Fonte: Adaptado de Castanheira (2011)

Coletados os resultados das medições feitas pelo operador, deve ajustar-se os dados em um modelo de regressão linear, por algum método estatístico. A análise pode ser feita por meio do ajuste do modelo, do teste de significância do modelo ou até mesmo da análise do ajuste do modelo, estatisticamente conhecido como R^2 (SELEME; STADLER, 2012).

3.3.4 Gage R&R

Um dos principais estudos relacionado ao MSA é o denominado Gage R&R, que em tradução literal vem a ser análise de calibração por repetitividade e reprodutibilidade, conceitos trabalhados a seguir. Seu resultado é obtido a partir da raiz quadrada dos quadrados dos módulos de reprodutibilidade (variação entre operadores) e repetitividade (variação do equipamento) (RIBEIRO; CATEN, 2012), conforme a Equação 2.

$$R\&R = \sqrt{VO^2 + VE^2} \quad (2)$$

Sendo que $R\&R$ é o valor do conjunto reprodutibilidade (VO) e repetitividade (VE).

4.3.4.1 Repetitividade

A repetitividade, também denominada variação do dispositivo de medição, pode ser mensurada a partir da repetição da medição de uma variável em uma mesma peça (MONTGOMERY, 2009).

Para Rotondaro *et al.* (2013), a repetitividade pode ser avaliada a partir de resultados obtidos quando se realiza várias medições de uma mesma característica em uma mesma peça, com um mesmo instrumento de medição, por um único operador.

Para que o resultado não seja tendencioso, o operador que executa as medições deve desconhecer qual peça ele está medindo, assim ele apresenta os valores realmente visualizados e, segundo Ribeiro e Caten (2012), o sistema é considerado com boa repetitividade (*VE*) quando os resultados encontrados para cada repetição de peça possuir diferenças não significativas.

De acordo com os autores supracitados (RIBEIRO; CATEN, 2012), um dos parâmetros avaliados neste processo é o de desvio-padrão do equipamento de medição, que é dado pela amplitude média observada dividido por um fator de correção, dado pelo número de medições por peça por operador (*m*) e o número de peças vezes o número de operadores (*g*), que pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2 - Fator de correção do desvio-padrão da VE

m	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
g										
1	1,41	1,91	2,24	2,48	2,67	2,83	2,96	3,08	3,18	3,55
5	1,19	1,74	2,10	2,36	2,56	2,73	2,87	2,99	3,10	3,49
10	1,16	1,72	2,08	2,34	2,55	2,72	2,86	2,98	3,09	3,48
15	1,15	1,71	2,07	2,34	2,54	2,71	2,85	2,98	3,08	3,48
30	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078	3,472

Fonte: Ribeiro e Caten (2012, p. 124)

O resultado final para a repetitividade (*VE*) é dada pela multiplicação do desvio-padrão do equipamento de medição (σ_e) por 5,15, donde dada uma

distribuição normal, abrange uma densidade probabilística de 99% (CASTANHEIRA, 2008).

4.3.4.2 Reprodutibilidade

Conforme definiu-se anteriormente, a medição é um processo, e para tal, cada operador que realizar uma medição pode executá-la de maneiras diferentes. Para este fator de variação dá-se o nome de reprodutibilidade, ou variação entre operadores (VO) (SELEME; STADLER, 2012).

De acordo com Ribeiro e Caten (2012), para calcular este índice devemos calcular a amplitude entre as médias dos valores obtidos por cada operador (R_o). O cálculo do desvio-padrão também deve ser feito, sendo que seu resultado é dado pelo valor de amplitude encontrada dividido pelo fator de correção (d_2) dado pela Tabela 2, porém agora considerando apenas o número de operadores (m), considerando o outro valor como unitário ($g = 1$).

Assim como a repetitividade, a reprodutibilidade (VO) é dada pela multiplicação do desvio-padrão encontrado (σ_o) por 5,15. Porém, este valor está “contaminado” com resíduos da variação do equipamento de medição (VE), e deve ser ajustado pela Equação 3.

$$VO = \sqrt{\left(5,15 \frac{R_o}{d_2}\right)^2 - \frac{(5,15\sigma_e)^2}{nr}} \quad (3)$$

Sendo que n é o número de peças e r o número de ciclos (repetição de medição da mesma peça). Para determinar o desvio-padrão ajustado dos operadores (σ_o), deve-se dividir o valor de VO encontrado por 5,15.

4.3.5 Variação Peça-a-Peça

A variação peça-a-peça, desvio-padrão das peças ou variação interna do produto (ABDI, 2013) nada mais é que a variação natural dos processos, e é obtida através da razão da amplitude máxima das médias de medidas entre peças pelo fator de correção (d_2) dado pela Tabela 2, em que neste caso considera-se o número de peças (m) cruzado com o valor unitário ($g = 1$).

4.3.6 Variação Total do Processo

A variação total do processo é dada pela raiz quadrada da soma dos quadrados da variabilidade do sistema de medição ($R\&R$) e da variação peça-a-peça (VP), que pode ser também calculado em termos do desvio-padrão (MONTGOMERY, 2009).

4.3.7 Avaliação do Sistema de Medição

Consoante à Rotondaro *et al.* (2013), deve-se avaliar o sistema de medição em termos percentuais, podendo ser este calculado em relação à variabilidade total do processo (VT), dada pela Equação 4, ou de acordo com um fator de tolerância com base no intervalo das especificações, dada pela Equação 5.

$$R\&R\% = 100. R\&R/VT \quad (4)$$

$$R\&R\% = 100. R\&R/Tolerância \quad (5)$$

Os resultados obtidos através do cálculo utilizando uma das equações acima descritas permitem a análise de discriminação de peças, ou seja, avalia se o sistema de medição apresenta confiança nos dados gerados, sendo $R\&R \leq 10\%$ ideal, $10\% < R\&R < 30\%$ aceitável e $R\&R \geq 30\%$ inaceitável, identificando eficazmente variáveis dentro ou fora das especificações, contribuindo para a tomada de decisão segura por parte da empresa (RIBEIRO; CATEN, 2012).

3.4 PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS (DOE)

Testes ou experimentos são realizados corriqueiramente em praticamente todas as áreas do conhecimento (MONTGOMERY, 2009). De acordo com Kume (1993), o objetivo destes métodos estatísticos é de fazer desse processo o mais eficiente possível, abrangendo todas as possibilidades de ocorrência de variação dos fatores, e suas bases remontam a Ronald Fisher, matemático e biólogo formado pela universidade de Cambridge, Inglaterra, quando no ano de 1909 trabalhou em um centro de pesquisas agrícolas experimentais nomeada *Rothamsted Station*.

Essa estação experimental possuía o objetivo de desenvolver tecnologias para o aumento da produtividade agrícola, sendo com novas espécies ou fertilizantes, por exemplo. Experimentos desse tipo demandam um grande tempo de espera pelos resultados, deveras maior que um ano. Trabalhando em experimentos com essas restrições, Fisher desenvolveu em sete anos de pesquisa o que hoje temos como base das metodologias de experimentação, cujas garantem resultados eficientes, gerando conclusões válidas e objetivas.

O planejamento de experimentos, ou em inglês *design of experiments* (DOE), para avaliação de sistemas de medição deve considerar certos fatores, sendo que a coleta de dados deve ser suficientemente realizada para atender a todos os requisitos dos indicadores de linearidade, tendência, estabilidade, repetitividade, reprodutibilidade, além das variáveis de procedimento e estrutura como o número operadores que realizam as medições, tipos de medições realizadas, entre outros (RIBEIRO; CATEN, 2012).

5 MATERIAL E MÉTODOS

Dentre os principais tipos de pesquisa, classifica-se esta como pesquisa científica prática, que de acordo com Demo (2005, p. 23), é

[...] ligada à práxis, ou seja, à prática histórica em termos de usar conhecimento científico para fins explícitos de intervenção; não esconde sua ideologia, ao contrário, reconstrói conhecimento a serviço de certa ideologia, sem com isso necessariamente perder de vista o rigor metodológico.

A pesquisa científica possui quatro subclassificações principais, sendo estas quanto ao objetivo, à abordagem, à natureza e aos procedimentos. A Figura 8 apresenta a classificação metodológica desta pesquisa.

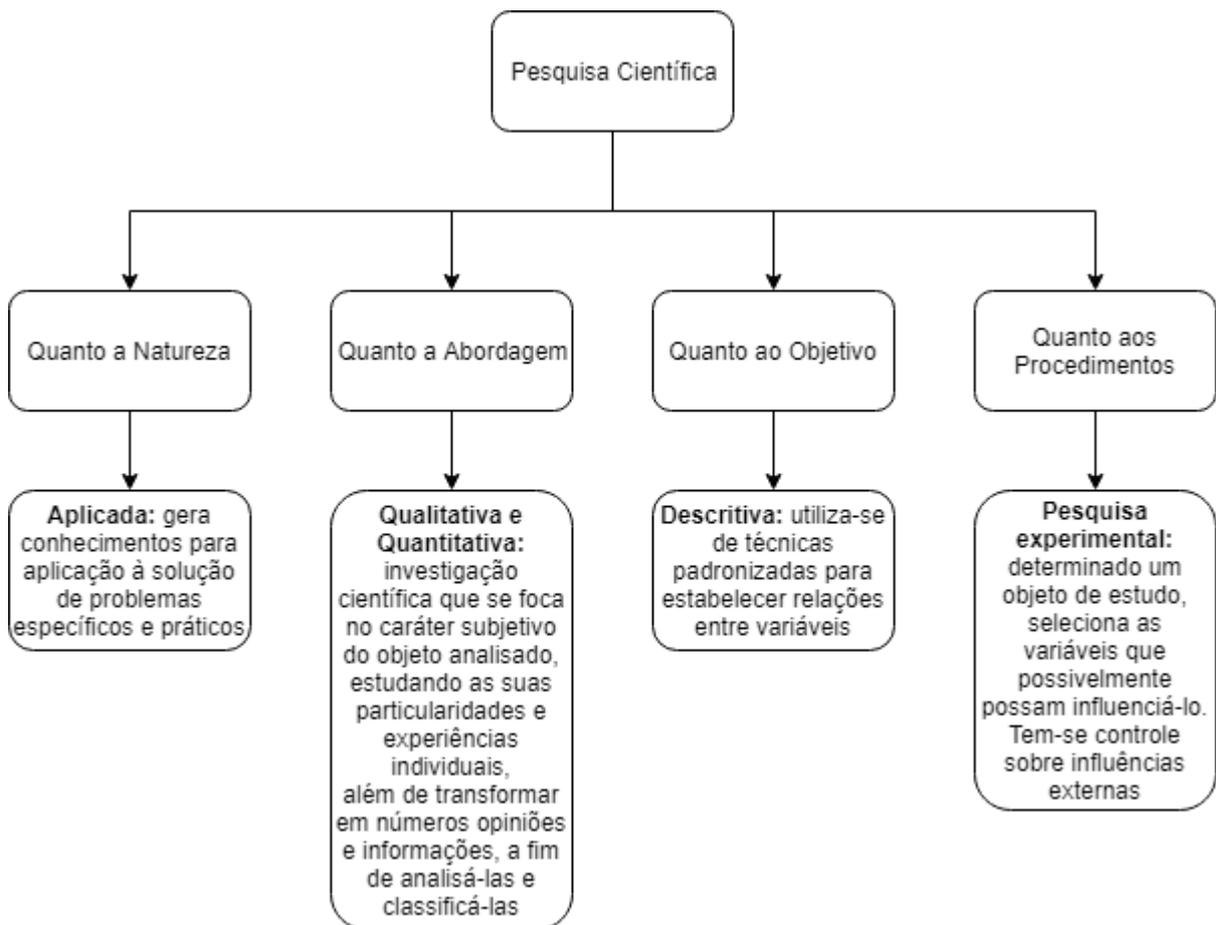


Figura 8 - Classificação metodológica da pesquisa

Fonte: Adaptado de Prodanov e Freitas (2013) e Martins, Mello e Turrioni (2014)

Conforme descrito na Figura 8, esta pesquisa é subclassificada em relação à natureza como aplicada, pois neste estudo procurou-se solucionar o problema gerado pela variação dos procedimentos e equipamentos de medição. Qualitativa e quantitativa, pois particularmente neste trabalho buscou-se entender fatores subjetivos, obtendo e analisando dados referentes às medições realizadas, onde segundo Hayati, Karami e Slee (2006), permite analisar relações causa-efeito, gerando resultados reprodutíveis para outros casos.

Descritiva, pois envolveu o uso de técnicas previamente padronizadas de tratamento de dados, que neste caso foi utilizado o método MSA (*Measurement System Analysis*). Por fim, quanto aos procedimentos classificou-se como de pesquisa experimental, pois procurou-se, a partir da execução do experimento com os integrantes do CEP da indústria, encontrar as devidas influências geradas pelo equipamento de medição e pelo método utilizado para mensurar as variáveis requisitadas, permitindo uma análise real sobre os processos inferidos.

As etapas relacionadas ao desenvolvimento deste estudo são apresentadas na Figura 9.

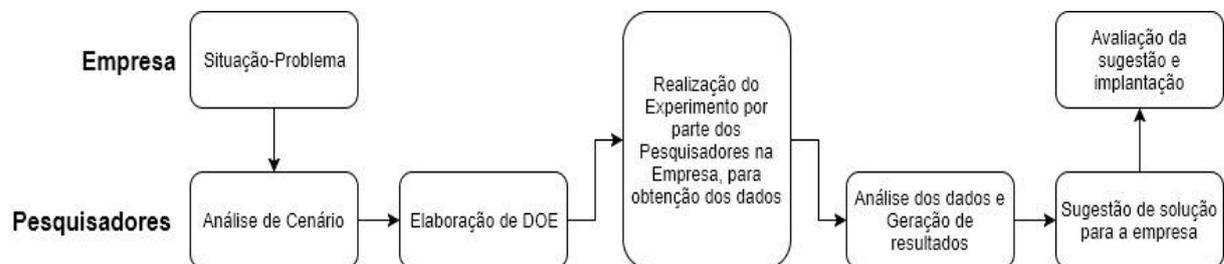


Figura 9 - Etapas de desenvolvimento da presente pesquisa
Fonte: Autoria Própria (2017)

A situação-problema citada na Figura 9 é a apresentada pela empresa, a qual se refere ao nível de confiança dos dados obtidos pelo CEP para tomadas de decisão. Foi realizada a análise de cenário para avaliar quais os fatores deveriam ser abordados pelo experimento, para assim elaborá-lo, sendo que o mesmo foi computacionalmente trabalhado no software Minitab®.

A execução do experimento seguiu um delineamento fatorial, sendo que o mesmo ocorreu juntamente com a empresa, em um espaço previamente organizado e com as variáveis ambientais controladas, a fim de obter resultados com o máximo de confiança possível, pois o mesmo envolve as pessoas que

executam as ações de medição e seus equipamentos. O *design* do experimento está explicitado na Figura 10.

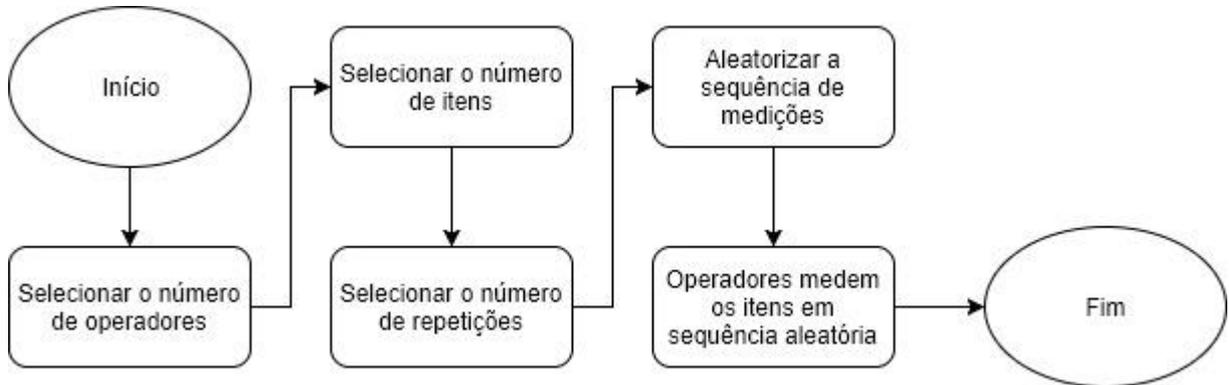


Figura 10 - Delineamento Experimental
Fonte: Autoria Própria (2017)

Finalmente, com os dados do experimento em mãos, foi possível realizar as análises estatísticas de comparação de médias e amplitudes, além da ANOVA, análise mais robusta, sendo que ambas fornecem meios que possibilitam a análise do sistema de medição, gerando resultados para elaborar as sugestões de melhoria para a empresa, sendo que esta, por sua vez, avaliou a sugestão elaborada e implantará o que lhe for oportuno.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em conversa formal com os envolvidos da empresa (gerente industrial, encarregados das linhas de produção e controladoria), apresentou-se como principais preocupações os dados relacionados à unidade dois de produção de biscoitos recheados, laminados doces e salgados. Os dados referentes à controladoria indicaram que existe um crescente gasto nesta unidade, sendo que os níveis de sobrepeso, reprocesso e *scrap*⁴ aumentaram, mas não apresentaram mudanças significativas nos dados coletados pelo CEP da empresa.

O passo seguinte foi realizar a análise de estabilidade da linha, para avaliar se a mesma trabalha apenas com causas comuns de produção ou se existem variáveis não consideradas que geram causas especiais, ou seja, uma produção fora de controle.

Para tal, uma coleta de dados *in loco* feita pelo CEP da empresa no período de 12 de março de 2018 até 28 de março de 2018 foi realizada. Selecionou-se 120 amostras em turnos alternados, para avaliar a estabilidade da produção. A variável avaliada foi a de diâmetro dos biscoitos recheados, sendo este o processo indicado como mais crítico pela empresa, por apresentar resultados mais alarmantes. A estabilidade é obtida através da carta de controle, que foi construída a partir do software Minitab®, conforme a Figura 11.

⁴ Perdas.

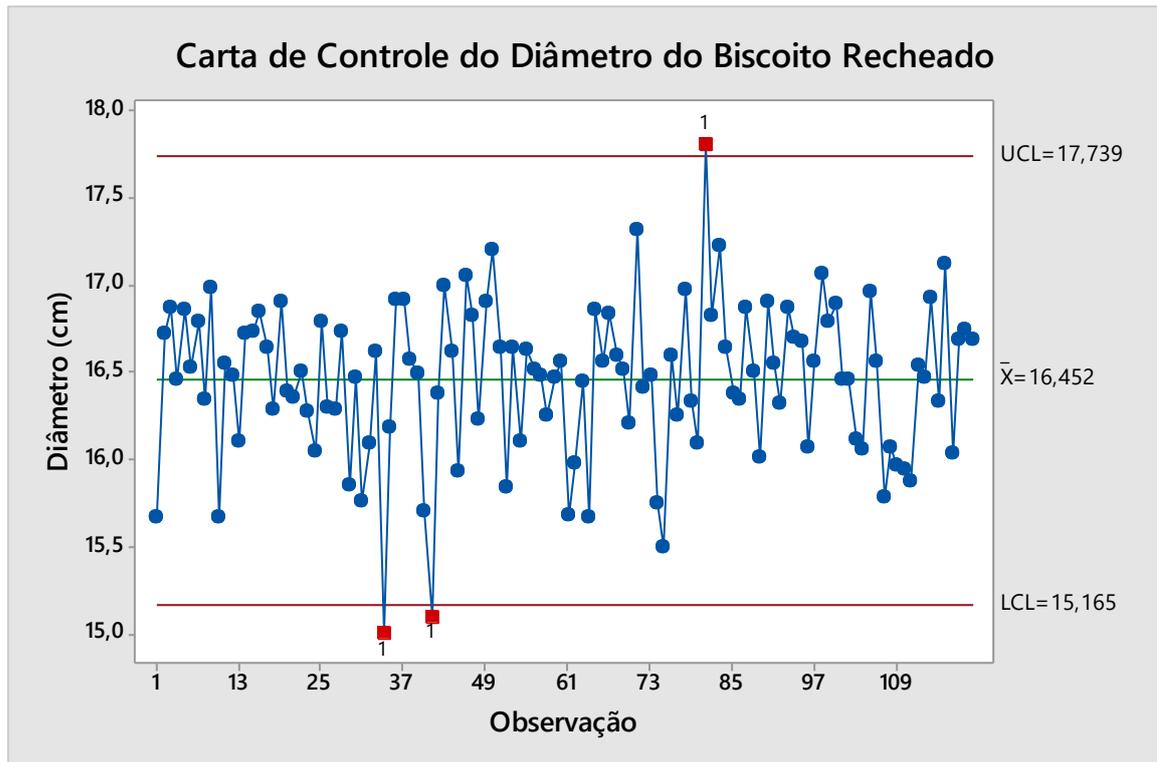


Figura 11 – Carta de controle para análise de estabilidade
Fonte: Autoria Própria (2018)

Conforme podemos observar acima, a variável analisada apresenta-se instável. Conforme descrito por Montgomery (2009), este problema pode se dar por diversos fatores, tais como problema no método de medição, dilatação ou retração do equipamento de medição, fadiga do operador, influência de temperatura, umidade ou outro fator ambiental no processo ou até mesmo o tempo de treinamento do operador.

Para testar a primeira hipótese, o problema no método de medição, realizou-se uma análise qualitativa nas instruções de trabalho (IT) relacionadas às variáveis mensuradas pelo CEP dos biscoitos produzidos na unidade dois, sendo elas a IT-0019 (biscoitos recheados), IT-0021 (biscoitos laminados doce) e IT-0022 (biscoitos laminados salgado).

Estruturalmente, as instruções de trabalho possuem um objetivo, sendo que as aqui estudadas apresentaram em seu item 1 o objetivo de padronizar a avaliação do seu produto correspondente, o que se apresenta como um objetivo plausível e muito importante para que o erro gerado pela reprodutibilidade seja mitigado.

Os itens 2 e 3 apresentam as referências e definições, respectivamente.

Embora existam estes itens, os mesmos estão indicados como não aplicáveis, o que pode gerar dúvidas no decorrer do documento, como por exemplo em que nível de hierarquia legal ele está para a empresa, interpretação incorreta de palavras ou termos com significado ambíguo, entre outros.

As frequências de amostragem, tamanho de amostra de cada variável e responsável pela amostragem estão apresentadas no item 4 das instruções de trabalho. Abaixo estão relacionados os dados das IT aqui estudadas.

Tipo do Biscoito	Parâmetro	Amostragem	Frequência
Recheado	Variável - Temperatura da massa	1 amostra	A cada 1h
Recheado	Variável - Peso do biscoito cru	10 amostras	A cada 1h
Recheado	Variável - Peso do biscoito assado	10 amostras	A cada 1h
Recheado	Variável - Expansão	10 amostras	A cada 1h
Recheado	pH do biscoito assado	1 amostra	2 por turno
Recheado	Umidade	1 amostra	A cada 1h
Recheado	Diâmetro	3 amostras	A cada 1h
Recheado	Percentual de creme	5 amostras	A cada 1h
Recheado	Atributo – Avaliação visual	1 amostra (1 min.)	A cada 1h
Recheado	Atributo - Emb. Primária	20 amostras	A cada 1h
Recheado	Variável - Emb. Primária	10 amostras	A cada 1h
Recheado	Atributo - Emb. Secundária	20 amostras	A cada palete
Laminado Doce	Temperatura da massa	1 amostra	A cada 1h
Laminado Doce	Variável - Peso do biscoito cru	10 amostras	A cada 1h
Laminado Doce	Variável - Peso do biscoito assado	10 amostras	A cada 1h
Laminado Doce	Variável - Expansão	10 amostras	A cada 1h
Laminado Doce	pH do biscoito assado	1 amostra	2 por turno
Laminado Doce	Umidade (Interna e Externa)	1 amostra	A cada 1h
Laminado Doce	Diâmetro / Largura	3 amostras	A cada 1h
Laminado Doce	Atributo - Emb. Primária	20 amostras	A cada 1h
Laminado Doce	Variável - Emb. Primária	10 amostras	A cada 1h
Laminado Doce	Atributo - Emb. Secundária	20 amostras	A cada palete
Laminado Salgado	Temperatura da esponja início (antes da 1ª incubação)	1 amostra	A cada 2hs
Laminado Salgado	Temperatura da massa reformada (antes da 2ª incub.)	1 amostra	A cada 2hs
Laminado Salgado	pH esponja início (antes da 1ª incubação)	1 amostra	A cada 2hs
Laminado Salgado	pH esponja final (após a 1ª incubação)	1 amostra	A cada 2hs
Laminado Salgado	Variável - Peso do biscoito cru	10 amostras	A cada 1h
Laminado Salgado	Variável - Peso do biscoito assado	10 amostras	A cada 1h
Laminado Salgado	Variável - Expansão	10 amostras	A cada 1h
Laminado Salgado	pH do biscoito assado	1 amostra	2 por turno
Laminado Salgado	Umidade	1 amostra	A cada 1h
Laminado Salgado	Largura	3 amostras	A cada 1h

Laminado Salgado	Atributo - Emb. Primária	20 amostras	A cada 1h
Laminado Salgado	Variável - Emb. Primária	10 amostras	A cada 1h
Laminado Salgado	Atributo - Emb. Secundária	20 amostras	A cada palete

Figura 12 – Item 4 da Instrução de Trabalho de medição pelo CEP

Fonte: Aatoria Própria (2018)

Em observação qualitativa à Figura 12, nota-se a grande quantidade de variáveis consideradas para se avaliar e controlar, o que não foi justificado nos respectivos documentos. As formas de mensuração de cada variável do item 4 das IT estão no item 5, estruturadas em subitens, dispostas em forma de tópicos com apoio de imagens da execução (quando necessário).

Como teste da hipótese postulada anteriormente, encontrou-se um candidato como fonte dos problemas nos resultados, os procedimentos de medição relacionados à geometria dos produtos (diâmetro ou largura), pois estes procedimentos orientam a realização de medições com produtos agrupados, como no exemplo dos biscoitos recheados, que na variável de diâmetro recomenda a coleta de 8 casquinhas (biscoito assado mas ainda sem o recheio), empilhadas em pares e postas uma ao lado da outra, realizando uma medição agrupada, conforme a Figura 13.



Figura 13 – Avaliação de diâmetro de casquinhas conforme IT-0019

Fonte: Aatoria Própria (2018)

De acordo com os envolvidos no processo produtivo, muito do reprocesso e do *scrap* gerados na linha de produção podem estar relacionados com as variáveis supracitadas, sendo que ocorre a quebra de pacotes de biscoito por estarem fora de padrão, além da queda de biscoito das calhas de transporte, por variação no diâmetro ou largura (conforme o formato do biscoito) e na sua altura (denominado expansão nos documentos da empresa).

Sob estes aspectos, delineou-se os experimentos utilizando-se o software Minitab®. Pelas distintas características que cada biscoito possui, decidiu-

se fazer a análise dos dados separadamente, para que não houvesse influência das variações de dados coletados de um tipo para o outro.

No total, foram executados três experimentos (biscoito recheado, biscoito laminado doce e biscoito laminado salgado) para a variável de diâmetro (ou largura, conforme o formato do biscoito), tal qual com dez peças em cada bloco sujeitas a uma repetição de medição, em um ambiente controlado, com três pessoas que trabalham a um tempo superior a seis meses no CEP da empresa, sendo esta última uma condição para que a suposição de instabilidade na medição não seja dada por causa da imperícia do operador (MONTGOMERY, 2009).

6.1 ANÁLISE PARA O BISCOITO RECHEADO

Inicialmente, executou-se o experimento com a variável de diâmetro do biscoito recheado. Os gráficos foram gerados através do software Minitab®, e estão apresentados na Figura 14.

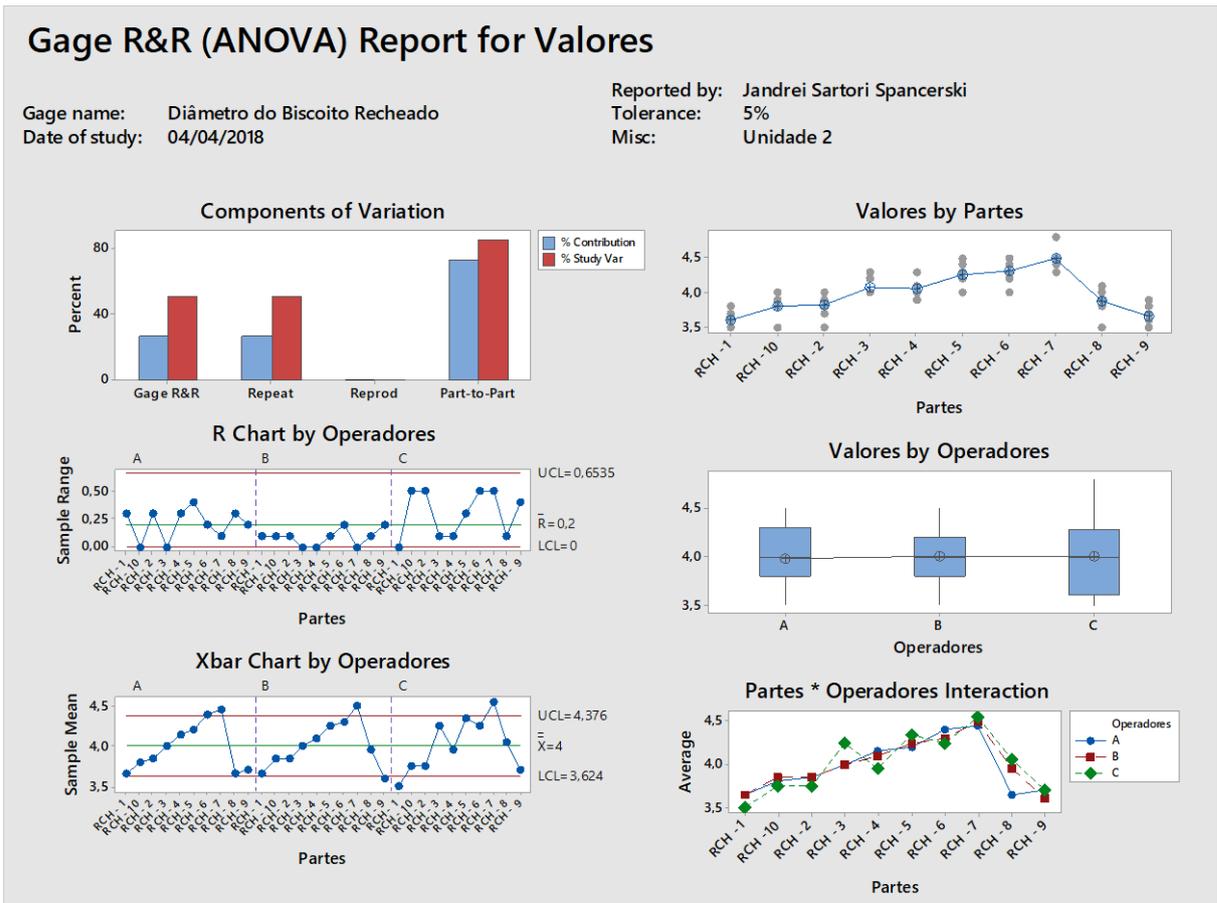


Figura 14 – Estudo de medição do diâmetro dos biscoitos recheados
Fonte: Autoria Própria (2018)

Na figura acima estão dispostos seis gráficos, que permitem fazer as análises do sistema de medição relacionadas à variação peça-a-peça, repetitividade e reprodutibilidade, que auxiliam na avaliação de diversos fatores de instabilidade como o método de medição e a fadiga dos operadores do CEP.

O gráfico do canto esquerdo superior da Figura 14 apresenta os resultados do chamado Gage R&R, calculado através da Equação 1. Nota-se que o processo produtivo, apresentado como variação peça a peça (*Part-to-Part*), corresponde a 73,63% da variação apresentada, o que de acordo com Ribeiro e Caten (2012) corresponde a um sistema de medição ainda aceitável, embora alarmante, pois o erro gerado pelo sistema de medição (Gage R&R) é de 26,37%, próximo aos 30% (sistema inaceitável).

Em consonância à Seleme e Stadler (2012), o Gage R&R é calculado pelo radical da soma dos quadrados dos valores de reprodutibilidade e repetitividade, conforme indicado pela Equação 2. No caso dos biscoitos recheados,

o valor correspondente à reprodutibilidade foi nulo, significando que para medições dentro da faixa de 3,5 cm até 4,5 cm o equipamento de medição não apresentou variação, rejeitando as hipóteses de instabilidade influenciada pela dilatação ou retração do equipamento de medição.

Sendo assim, o erro apresentado pelo sistema de medição foi condicionado pelo fator de repetitividade, como pode ser visto na Figura 15, sugerindo que os operadores possam estar com fadiga acumulada, ou não estão executando as medições com os devidos cuidados e atenção necessária (MONTGOMERY, 2009).

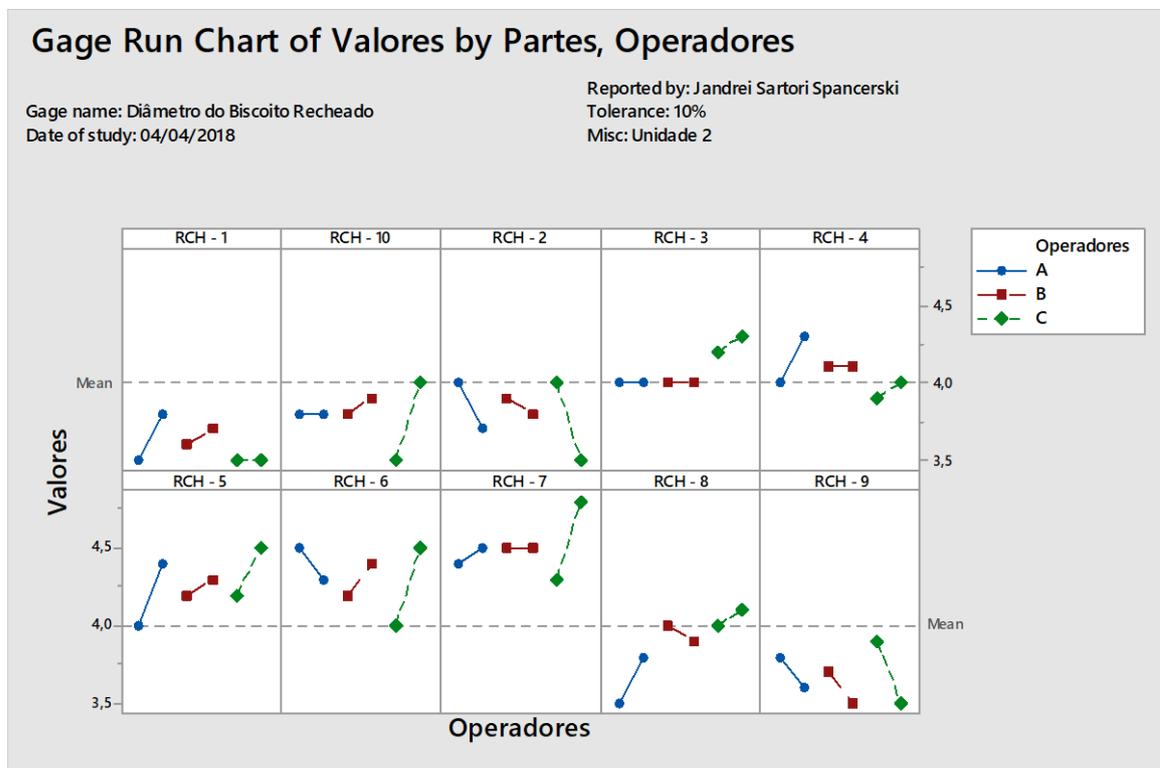


Figura 15 – Gráfico de precisão de medição para os biscoitos recheados
Fonte: Autoria Própria (2018)

As variações nas medições observadas na Figura 15 se apresentam devido ao formato dos biscoitos, sendo que o mesmo operador, por não saber qual biscoito estava medindo, realizava a medição com o produto em uma posição diferente, não demonstrando, na maioria das vezes, um padrão para realizar as medições.

Ainda analisando graficamente, observa-se uma maior acurácia nos dados obtidos pelo operador B, pois estes possuem pouco viés de variação,

demonstrando que o mesmo possui um método padrão para realizar as medições, o que reduz o erro gerado pelo mesmo. Em uma análise à Figura 16, observamos a variação das médias das medições de cada operador.

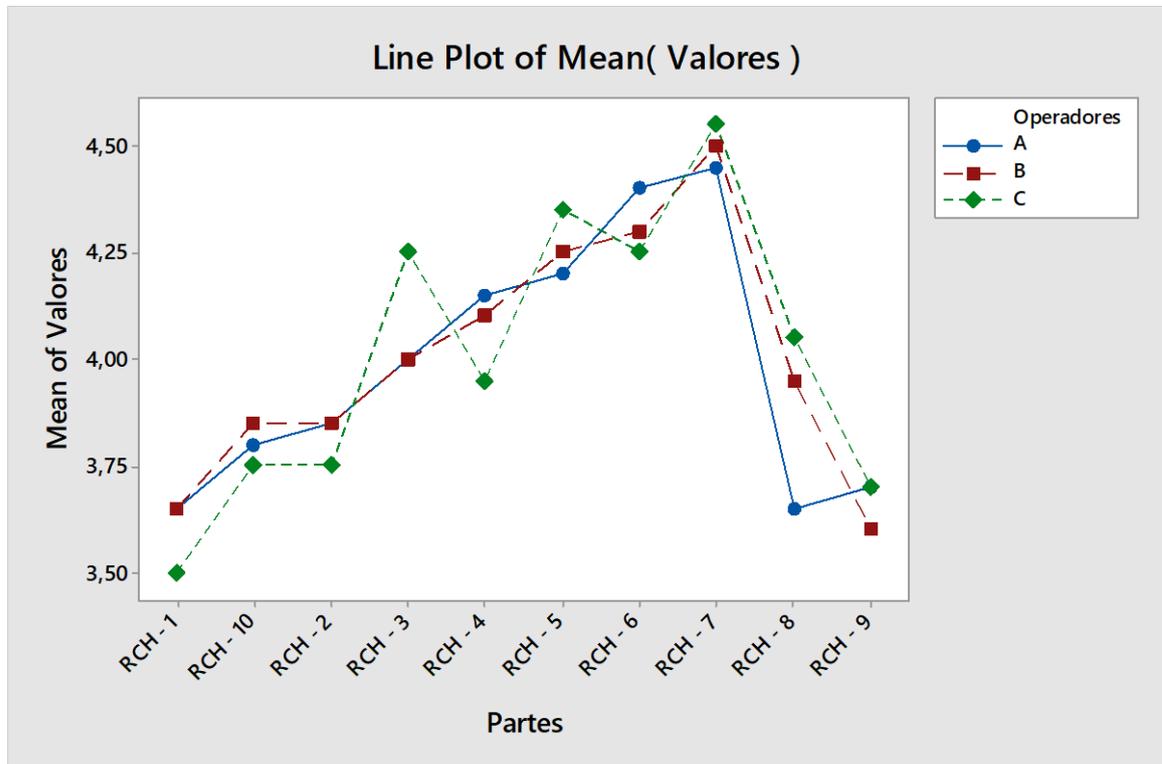


Figura 16 – Gráfico de interação entre operadores do biscoito recheado
Fonte: Autoria Própria (2018)

Com isso, percebemos que dentre os operadores, o operador A se mantém em médias estáveis entre as medições, enquanto o operador C produz médias altamente instáveis entre os produtos, sendo que o operador B apresentou a menor variação entre as medições de uma mesma peça (Figura 15), garantindo uma melhor estabilidade, e o operador A gerou resultados próximos à ele.

A análise de tendência do sistema de medição para o biscoito recheado foi calculada pelos dados coletados no experimento, utilizando-se a Equação 1, sendo o seu resultado de 6,18%, que conforme apresentado por Castanheira (2011) está dentro dos limites aceitáveis, devendo ser este valor menor que 10%, indicando uma estabilidade temporal da calibração do equipamento.

Ibidem, os problemas propiciados pela tendência foram rejeitados da hipótese inicial, sendo eles um possível desgaste ou má calibração do dispositivo de medição, um possível erro no momento da definição do valor de referência para

o cálculo ou, mais uma vez, imperícia por parte dos operadores.

6.2 ANÁLISE PARA O BISCOITO LAMINADO DOCE

O segundo experimento foi executado com os biscoitos laminados doce. Os resultados gerados pelo software Minitab® estão na Figura 17.

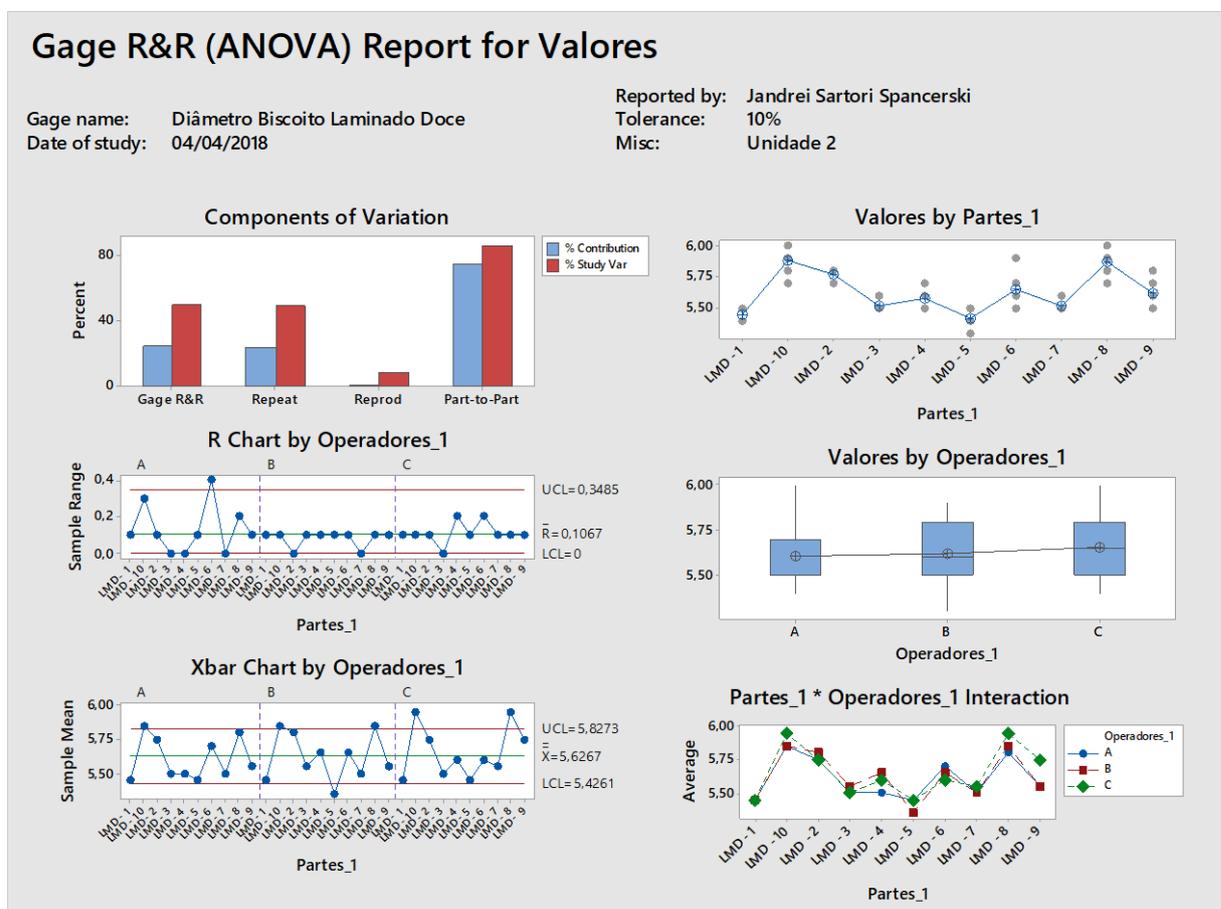


Figura 17 – Estudo de medição do diâmetro dos biscoitos laminados doce
Fonte: Autoria Própria (2018)

Em observância ao gráfico dos componentes da variação, constata-se que 24,93% da variação encontrada nos resultados do processo são geradas pelo sistema de medição, sendo que a reprodutibilidade contribuiu com 0,7% e a repetitividade com 24,23%.

Comparando os dados obtidos para o biscoito laminado doce em

comparação com o biscoito recheado, temos que nesta faixa de medição, o equipamento contribuiu com o erro de medição, mesmo que de forma ínfima. Já no que se diz respeito à repetitividade, os operadores apresentaram um resultado melhor que o anterior, embora ainda seja um valor expressivo para este caso.

A Figura 18 apresenta o gráfico de precisão de medidas com as variações apresentadas em cada biscoito por cada operador.

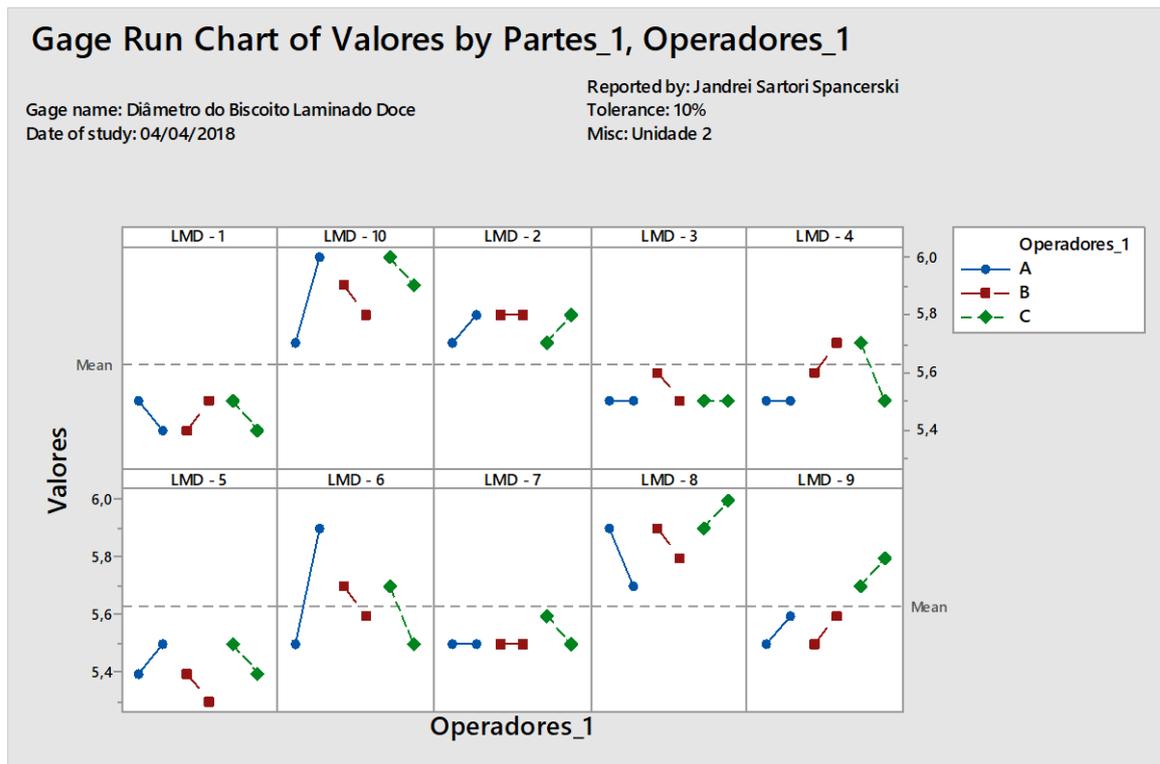


Figura 18 – Gráfico de precisão de medição para os biscoitos laminados doce
Fonte: Autoria Própria (2018)

Assim como no caso dos biscoitos recheados, a Figura 18 indica a presença de variação no resultado da medição de um mesmo produto devido à falta de um padrão no momento da medição.

Mais uma vez o operador B apresenta resultados mais coerentes entre si, enquanto os demais apresentam uma incoerência em alguns pontos de medição, embora sejam menos impactantes que no caso do biscoito recheado.

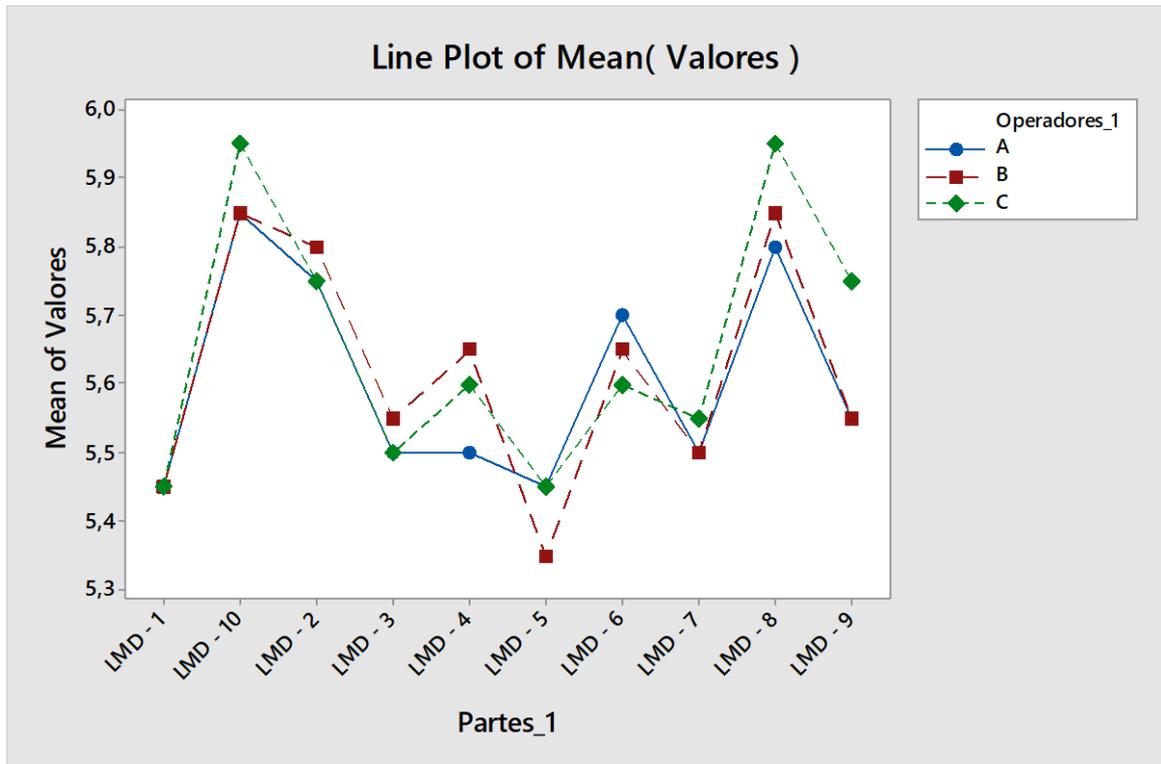


Figura 19 – Gráfico de interação entre operadores do biscoito laminado doce
Fonte: Autoria Própria (2018)

Em análise à Figura 19, percebe-se um menor viés entre os resultados dos operadores, apresentando uma técnica melhor de medição. O operador C ainda é o que mais apresenta resultados diferentes em relação à média entre suas medições.

O cálculo de tendência para os dados de diâmetro do biscoito laminado doce, utilizando-se da Equação 1, resultou no valor de 3,72%, sendo um valor menor que no caso dos biscoitos recheados, o que significa que esta faixa do sistema de medição não possui tendência significativa de mudança ao longo do tempo, indicando uma estabilidade na calibração do equipamento utilizado (SELEME; STADLER, 2012).

6.3 ANÁLISE PARA O BISCOITO LAMINADO SALGADO

Por fim, o último experimento executado foi com biscoitos laminados salgados, estando seus resultados gráficos disponíveis na Figura 20.

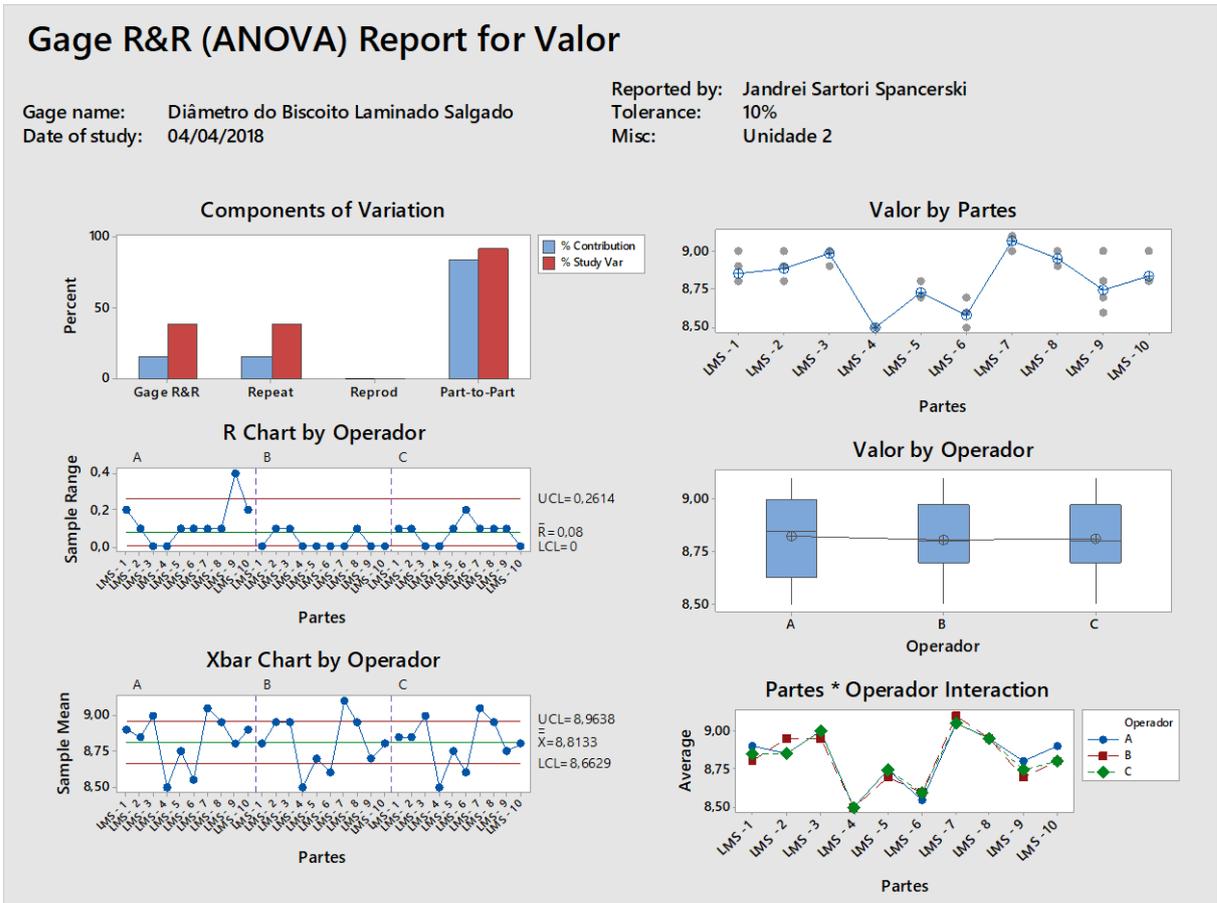


Figura 20 – Estudo de medição do diâmetro dos biscoitos laminados salgado
Fonte: Autoria Própria (2018)

Para o biscoito salgado, a influência do erro gerado pelo sistema de medição corresponde a 15,5% do total, sendo este 100% representado por erros de repetitividade, mais uma vez afirmando que o método de medição utilizado pelos operadores não é muito consistente, embora este seja o melhor dos resultados obtidos.

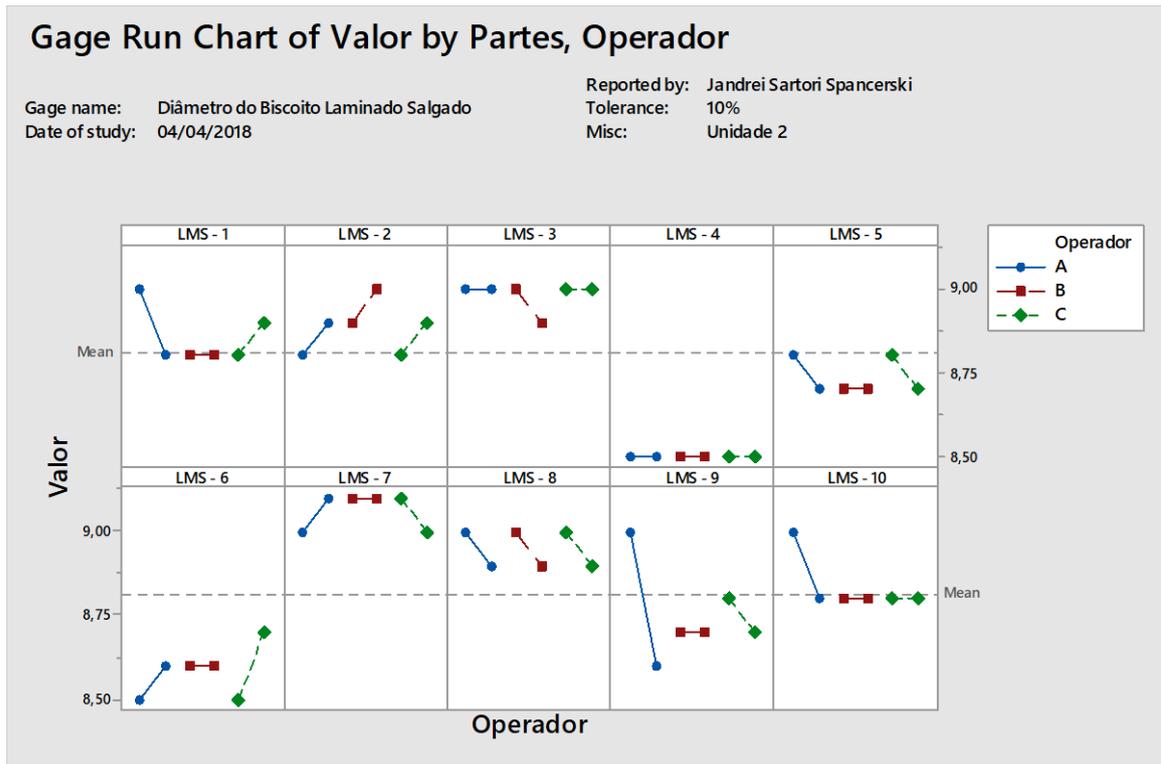


Figura 21 – Gráfico de precisão de medição para os biscoitos laminados salgado
 Fonte: Autoria Própria (2018)

Surpreendentemente, as discrepâncias entre as medições realizadas nesta faixa de medidas foram menores, conforme a Figura 21, o que apresenta uma melhor acurácia nos dados, indicando maior confiabilidade no método utilizado para biscoitos laminados salgados.

Diversos podem ser os motivos da ocorrência deste fenômeno, mas que de acordo com os operadores, uma melhor visualização dos resultados pode se dar nesta faixa, sendo que as marcas da régua estão mais visíveis.

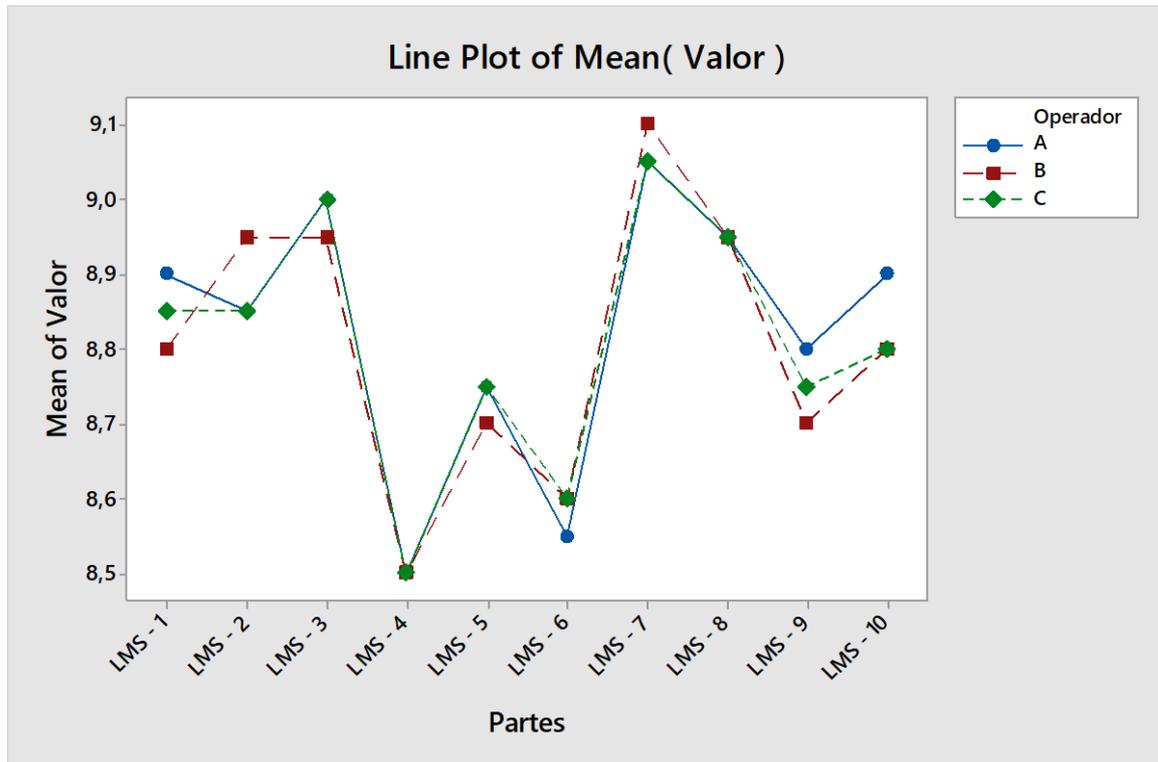


Figura 22 – Gráfico de interação entre operadores do biscoito laminado salgado
Fonte: Autoria Própria (2018)

As médias das medidas obtidas pelos operadores foram menos enviesadas, conforme pode-se visualizar na Figura 22. Há confiança nos resultados obtidos por ambos operadores, embora a contribuição do erro gerado ainda não esteja abaixo de 10%.

O cálculo de tendência para os dados coletados referentes aos biscoitos laminados salgados, vide Equação 1, resultou em 7,34%, indicando que o equipamento de medição pode estar desgastado ou mal calibrado (CASTANHEIRA, 2011).

Após o final dos experimentos acima descritos, foi possível calcular a linearidade do sistema de medição, pois ambos os produtos são medidos pelo mesmo equipamento de medição, tendo este que atender ambas amplitudes (RIBEIRO; CATEN, 2012). O R^2 obtido realizando-se a regressão através do Minitab® apresentou valor de 85,13%, apresentando um bom resultado para a linearidade do equipamento, sendo que de acordo com Seleme e Stadler (2012) resultados acima de 60% são aceitáveis.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo gerou contribuições para a empresa, de modo que diagnosticou o problema causado pelo sistema de medição, sendo ele principalmente relacionado ao método de medição e a motivação dos operadores em executar as coletas de dados.

Desta forma, conseguiu-se atingir todos os objetivos propostos, ambos concatenados na Tabela 3.

Tabela 3 - Quadro geral de resultados

<i>Análise</i>	<i>Biscoito Recheado</i>	<i>Biscoito Laminado</i>	
		<i>Doce</i>	<i>Salgado</i>
Estabilidade	Não	Não	Não
Gage R&R	26,37%	24,93%	15,5%
Repetitividade	26,37%	24,23%	15,5%
Reprodutibilidade	0%	0,7%	0%
Part-to-Part	73,63%	75,07%	84,5%
Tendência	6,18%	3,72%	7,34%
Linearidade	85,13%	85,13%	85,13%

Fonte: Autoria Própria (2018)

Sendo que a avaliação do sistema de medição da linha de produção de biscoitos recheados e laminados doces e salgados apresentou uma contribuição para a variação de 26,37% do total da variação real do processo, limiar ao limite inaceitável de 30%.

Recomenda-se reavaliar o método de medição empregado, sendo este o fator agravante ao sistema de medição encontrado por este estudo. Sendo feitas as devidas modificações, deve-se treinar os operadores e realizar novamente o estudo de MSA, analisando a acurácia do novo sistema.

Mudanças relacionadas à tecnologia não são indicadas para se realizar no momento, pois ainda não se tem um sistema de medição estável e que gere uma influência negativa em níveis satisfatórios.

REFERÊNCIAS

ABDI, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **MSA: análise dos sistemas de medição**. 2013. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Acao%20Documento%20Legislacao/Apostila%20MSA_PORTUGU%C3%8AS.pdf> Acesso em: 16 Out. 2017.

ABIMAPI, Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados. **Estatísticas Nacionais de Biscoitos**. 2018. Disponível em: <<https://www.abimapi.com.br/estatistica-biscoito.php>> Acesso em: 05 Abr. 2018.

ALENCAR, J. R. B.; SOUZA, M. B. J.; ROLIM, P. J. N.; LOPES, C. E. **Uso de controle estatístico de processo (CEP) para validação de processo de glibenclamida comprimidos**. Rio de Janeiro: Revista Brasileira de Farmácia, 2004. p. 115-119.

BACK, L. **Matérias-primas e insumos: possíveis influências nos processos de produção em indústria de produtos alimentícios**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Curso Superior de Bacharelado em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011. 55 p.

BEZERRA, C. A. **Técnicas de planejamento, programação e controle da produção: aplicações em planilhas eletrônicas**. Curitiba: Ibpex, 2011. 206 p.

CAMPOS, V. F. **TQC – Controle da qualidade total** (no estilo japonês). 8. ed. Nova Lima: Falconi, 2004. 256 p.

CASTANHEIRA, N. P. **Estatística aplicada a todos os níveis**. 4. ed. rev. e atual. Curitiba: Ibpex, 2008. 208 p.

CASTANHEIRA, N. P. **Métodos quantitativos**. 2. ed. rev., atual. e ampl. Curitiba: Ibpex, 2011. 191 p.

DEMO, P. **Metodologia da investigação em educação**. Curitiba: Ibpex, 2005. 186 p.

HAYATI, D.; KARAMI, E.; SLEE, B. **Combining qualitative and quantitative methods in the measurement of rural poverty**. Social Indicators Research, v. 75, p. 361-394, Springer, 2006.

KUME, H. **Métodos estatísticos para a melhoria da qualidade**. 11. ed. São Paulo: Gente, 1993. 245 p.

PARANHOS FILHO, M. **Gestão da produção industrial**. 20. ed. Curitiba: Ibpex, 2007. 340 p.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. de S. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Versão 3.0. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009. 1 CD-ROM.

MARTINS, R. A.; MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B. **Guia de Elaboração de Monografia e TCC em Engenharia de Produção**. São Paulo: Atlas, 2014. 212 p.

MONTGOMERY, D. C. **Statistical quality control**. 6. ed. Jefferson City: Wiley, 2009. 738 p.

OLIVEIRA, G. C. de; OLIVEIRA, B. A. C. de. **Evolução e perspectivas da indústria alimentícia brasileira**. VI SEMEAD – Ensaio de Administração Geral. São Paulo, 2013. 10 p.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 276 p.

REIS, E.; MELO, P.; ANDRADE, R.; CALAPEZ, T. **Estatística aplicada**. vol. 1. 6. ed. Lisboa: Silabo, 2015. 299 p.

RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, C. S. ten. **Série monográfica qualidade: controle estatístico do processo**. Porto Alegre: FEEng, 2012. 171 p.

ROTONDARO, R. G. *et al.* **Seis sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2013. 375 p.

SANTOS, V. M. dos. **Por que as empresas falham ao implantar o Lean?**. 2017. Disponível em: <http://www.fm2s.com.br/falhas-implantar-o-lean/?utm_campaign=engaja_desengajados_21082017_-_duplicado&utm_medium=email&utm_source=R D+Station>. Acesso em: 25 Ago. 2017.

SELEME, R.; STADLER, H. **Controle da qualidade: as ferramentas essenciais**. Curitiba: Intersaberes, 2012. 181 p.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 747 p.

SOARES, M. **O que é e como avaliar o sistema de medição?**. 2016. Disponível em: < <http://www.fm2s.com.br/avaliacao-do-sistema-de-medicao/>>. Acesso em: 28 Ago. 2017.

TAKASHINA, N. T.; FLORES, M. C. X. **Indicadores da qualidade e do desempenho: como estabelecer metas e medir resultados**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 1996. 100 p.

TOMPKINS, J. A.; WHITE, J. A.; BOZER, Y. A.; TANCHOCO, J. M. A. **Planejamento de instalações**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 688 p.

TUBINO, D. F. **Sistemas de produção: a produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre: Bookman, 1999. 182 p.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 1997. 220 p.