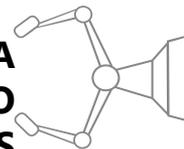


CONDUÇÃO DE UM PROJETO SEIS SIGMA PARA A REDUÇÃO DOS CUSTOS DA NÃO QUALIDADE NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BALAS



Juliano Endrigo Sordan

julianosordan@yahoo.com.br; Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Mariana Máximo

mariana.s.maximo@gmail.com; Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL)

Marcelo Cesar de Moura

marcelomoura1979@yahoo.com.br; Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS)

Pedro Carlos Oprime

pedro@dep.ufscar.br; Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Recebido em: 04/12/2019

Aceito em: 11/05/2020

Resumo: Projetos de excelência operacional no âmbito da indústria de alimentos representam uma importante estratégia para aumentar a competitividade de uma organização por meio da redução de custos e aumento da qualidade e velocidade. Neste contexto, a abordagem Seis Sigma surge como uma alternativa para alcançar esses resultados e criar uma cultura de melhoria contínua apoiada por equipes capacitadas na condução de projetos de melhoria com impacto financeiro. O presente artigo tem como objetivo demonstrar uma aplicação de um projeto Seis Sigma estruturado pelo método DMAIC, com o objetivo de reduzir os custos da não qualidade no processo de produção de balas mastigáveis. Para isso, adotou-se como método de pesquisa o estudo de caso único em profundidade, onde foram evidenciadas as técnicas, ferramentas e resultados obtidos com a implementação do projeto. A análise dos resultados obtidos com o projeto revela que as técnicas empregadas, tais como gráficos básicos, mapas de processo e análise de correlação, permitiram a identificação das causas de variabilidade na umidade do produto, incluindo a dosagem de uma determinada matéria-prima e temperatura de cozimento. Este artigo pode contribuir com a execução de futuros projetos de excelência operacional, cujo propósito seja a melhoria dos processos de fabricação de alimentos estruturados por meio do modelo DMAIC.

Palavras-chave: Seis Sigma; DMAIC; custos da qualidade; indústria de alimentos.

Abstract: *Operational excellence projects within the food industry represent an important strategy to improve the competitiveness of an organization by reducing costs and increasing quality and speed. In this context, the Six Sigma approach emerges as an alternative to achieve these results and create a culture of continuous improvement supported by teams capable of conducting improvement projects with financial impact. This paper aims to demonstrate an application of a Six Sigma project, structured by the DMAIC model, developed to reduce the costs of quality in the production process of candy. For this, the research follows the method of single case study, which highlights the techniques, tools and results obtained with the implementation of the project. The analysis reveals that the employed techniques, such as statistical graphs, process maps and correlation analysis, allowed the identification of the causes of variability in the product moisture content, including the dosage of a raw material and temperature of baking. This article can contribute to the implementation of six sigma projects, whose purpose is to improve the manufacturing processes of food industry through the DMAIC model.*

Keywords: *Six Sigma; DMAIC; cost of quality; food industry.*

Resumen: *Este artículo plantea las principales características, costos, demandas técnicas y algunas operaciones involucradas en la producción de soja. A partir de este estudio, se propone un modelo matemático mixto para optimizar la compra de fertilizantes necesarios en la etapa de corrección del suelo para la siembra. Se consideraron restricciones de compatibilidad entre fuentes y se simularon diferentes demandas de los principales nutrientes en el paso de corrección, Nitrógeno, Fósforo y Potasio (N-P-K). El lenguaje de programación utilizado fue Python 3.3.3 con modelado de ecuaciones vía PuLP y resolución usando el solucionador CBC (COIN-OR). Los resultados obtenidos difirieron de la práctica habitual, se encontraron soluciones con más combinaciones entre las fuentes disponibles, mientras que generalmente se utiliza una fuente formulada o una combinación entre fuentes simples. El modelo se probó con 105 instancias de datos, que se agruparon en 5 categorías de costos con 21 combinaciones N-P-K diferentes. Los análisis se centraron en los costos totales, la correlación entre la cantidad total de fertilizantes y los costos, el número de fuentes seleccionadas por instancia y los tiempos de cálculo.*

Palabras clave: *Six Sigma; DMAIC; costos de calidad; industria de alimentos.*

1. INTRODUÇÃO

Estratégias de excelência operacional vem sendo amplamente disseminadas em diversos setores econômicos com o propósito de alcançar melhores resultados em termos de custo, qualidade e velocidade. A adoção de princípios, técnicas e ferramentas inerentes às abordagens *Lean Manufacturing* e Seis Sigma (SS) está diretamente associada a esse tipo de estratégia e requer a implementação de mudanças nos processos de manufatura por meio da condução de projetos com impacto financeiro e implementação de ações de melhoria.

A indústria de alimentos pode ser caracterizada por meio de rupturas tecnológicas de produto e melhorias incrementais associadas à aquisição de novas tecnologias de processo (RAIMUNDO *et al.*, 2017). A perecibilidade dos produtos alimentares e as distâncias percorridas na cadeia de abastecimento, demandam inovações nas áreas de logística, organização, produção e marketing (DE MORI, 2011). Embora fatores como segurança alimentar, qualidade e nível de serviços sejam fundamentais nesse setor, os custos industriais devem ser cuidadosamente controlados para a manutenção da competitividade organizacional (DUDBRIDGE, 2011).

Pyzdek e Keller (2003) explicam que a seleção de projetos SS pode ser conduzida com base no sistema de medição da organização, onde a análise da distância entre o desempenho atual e o desempenho esperado dos indicadores estratégicos, permite a priorização dos temas para os projetos. De acordo com esses autores, essa análise pode considerar indicadores de eficiência, incluindo custos e utilização de ativos, ou melhoria da efetividade, decorrente do aumento no lucro e *market share*.

A produção científica a respeito da abordagem SS na indústria de alimentos revela estudos estruturados pelo método DMAIC com foco na redução da variação de peso do alimento processado (DESAI *et al.*, 2005; DORA; GELLYNCK, 2005), na redução de *lead time* e reclamações de clientes (NABHANI; SHOKRI, 2009) e diminuição da variação dimensional do produto (SEOW *et al.*, 2004). Contudo, observa-se uma escassez de estudos empíricos envolvendo projetos SS em processos de fabricação de balas mastigáveis. Desse modo, o presente artigo tem como objetivo apresentar um estudo de caso envolvendo a condução de um projeto SS por meio da estrutura DMAIC para a redução dos custos da não qualidade no processo de produção de balas.

2. ABORDAGEM SEIS SIGMA

A abordagem SS foi concebida na Motorola em 1987 com o intuito de melhorar drasticamente a qualidade de seus produtos. Dois anos após essa iniciativa, a empresa recebeu o prêmio *Malcolm Baldrige National Quality Award* (PANDE *et al.*, 2001). Contudo, o sucesso dessa abordagem foi reforçado na década seguinte, a partir dos resultados obtidos na General Electric, sob a liderança de Jack Welch, que na **época** ocupava a posição de CEO na empresa (BLACK; REVERE, 2006). Desde então, o SS tem sido adotado por organizações de manufatura e serviços em vários países, com o propósito de melhorar produtos, serviços e processos (EVANS; LINDSAY, 2014).

O termo “Seis Sigma” é utilizado para descrever a capacidade de um processo em gerar apenas 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO), assumindo uma distribuição normal e média deslocada de $1,5\sigma$ dos limites de especificação (MONTEGOMERY; WOODALL, 2008). A ideia central a respeito da abordagem SS é que a qualidade dos produtos e processos pode ser melhorada drasticamente por meio da compreensão das relações entre as entradas (*x*'s) que influenciam significativamente as métricas pertinentes às saídas do processo (*y*'s), assim como do controle dessas entradas, a partir dos limites especificados (MEHRJERDI, 2011).

No entendimento de Snee (2004) os projetos Seis Sigma apresentam quatro características: (i) foco em resultados, com impacto financeiro; (ii) integração do elemento

humano com o processo de melhoria, reforçando o trabalho em equipe e a cultura de mudança; (iii) metodologia específica orientada para a melhoria de produtos e processos existentes (DMAIC) ou para o desenvolvimento de novos produtos e processos (DMADV); e (iv) infraestrutura técnica, que envolve um grupo de profissionais capacitados que desempenham papéis específicos para liderar, desenvolver e implementar os projetos, incluindo *Champions*, Master Black Belts (MBB), Black Belts (BB) e Green Belts (GB).

3. MÉTODO DE PESQUISA

Tendo em vista os objetivos estabelecidos para esta pesquisa, optou-se pela condução de um estudo de caso único e longitudinal, visto que esse tipo de pesquisa propicia um aprofundamento com maior riqueza na coleta de dados (YIN, 2009). Além disso, tal método pode ser compreendido como um estudo de natureza empírica, dedicado a investigar um fenômeno contemporâneo, dentro de um contexto real de vida (MIGUEL, 2007).

O estudo foi realizado no primeiro semestre de 2019 na “Alpha”, uma empresa fabricante de balas e biscoitos, localizada no interior do estado de São Paulo. Atualmente, a empresa emprega 550 colaboradores e implementa diversos projetos SS e eventos *kaizen* como parte de sua estratégia de excelência operacional.

Os dados foram coletados e registrados por meio de entrevistas envolvendo os colaboradores que participaram do projeto e análise documental. As entrevistas foram conduzidas de forma semiestruturada. Após a coleta dos dados procedeu-se uma análise da abordagem adotada pela empresa para a condução do projeto SS, suas etapas e técnicas utilizadas. A análise foi norteada pelo modelo DMAIC e contraposta com as práticas recomendadas na literatura sobre o tema.

4. APLICAÇÃO DO MÉTODO DMAIC

4.1. Fase Definição

As primeiras ações na condução de um projeto SS devem ser norteadas para a sensibilização das partes interessadas quanto ao impacto do projeto na organização. Essas ações geralmente são sintetizadas em um documento denominado *Project charter* (carta de projeto) que apresenta uma definição clara do problema ou oportunidade de

melhoria observado, a equipe envolvida, o escopo do projeto, os fatores críticos para a qualidade (CTQs), os benefícios esperados e o cronograma das etapas previstas no método DMAIC.

Desta forma, o projeto para a redução dos custos da não qualidade no processo de fabricação de balas foi selecionado pela alta direção da Alpha e liderado por uma Analista de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação – PD&I, como parte de um programa interno de certificação *green belt*. O Quadro 1 apresenta as principais informações contidas no *Project Charter*.

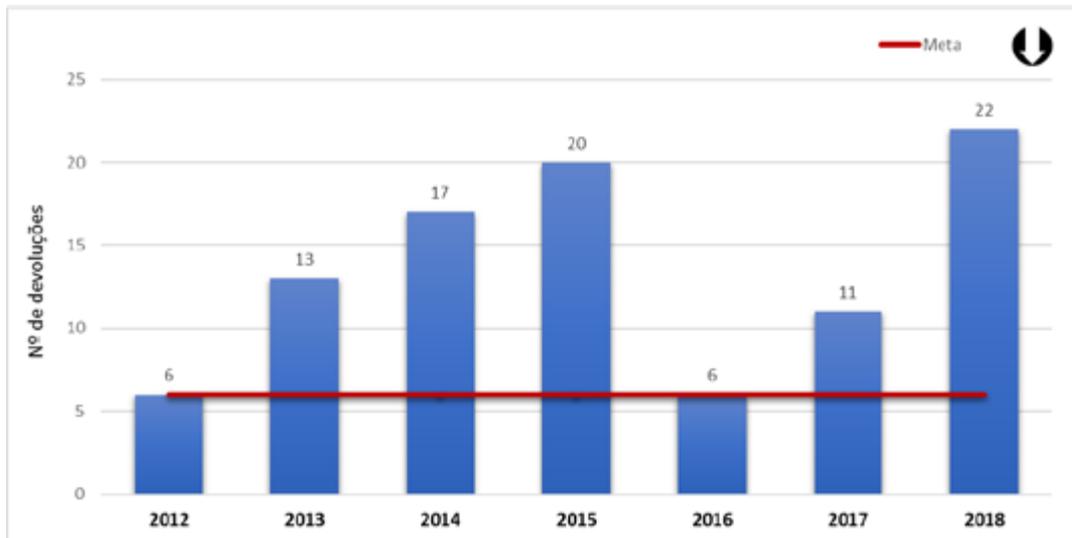
Quadro 1: Síntese do *Project Charter*

Título do projeto	Redução dos custos da não qualidade decorrentes da devolução de balas meladas na linha de mastigáveis.	
Descrição do problema	No ano de 2018 foram registradas vinte e duas ocorrências de devolução de balas mastigáveis meladas. Esse número é três vezes maior do que a média registrada nos últimos 3 anos. Tal problema resulta no aumento dos custos da não qualidade do produto e pode afetar negativamente a satisfação e a fidelidade dos clientes.	
Equipe do projeto	1 Analista PD&I (líder do projeto), 1 Técnico Mecânico e 3 operadores de processo.	
CTQs	Balas íntegras, não meladas, sem aspecto mole ou derretido.	
Escopo do projeto	O projeto tem como escopo a etapa de cozimento e exclui as etapas de embrulhamento, empacotamento e estoque.	
Benefícios esperados	Além do benefício financeiro classificado como custo evitado associado aos custos da não qualidade por devolução de balas, o projeto contribuirá com a manutenção da fidelidade e satisfação dos clientes.	
Cronograma	Definição: Uma semana Medição: Quatro semanas Análise: Quatro semanas	Melhoria: Oito semanas Controle: Doze semanas

Fonte: Autores.

Logo após a estruturação do *Project Charter*, a Equipe do Projeto (EP) decidiu elaborar um gráfico de barras para descrever as ocorrências de devoluções de balas meladas registradas no período de 2012 a 2018. A Figura 1 ilustra o gráfico de barras elaborado na fase Definição. Com base nesse gráfico, a EP definiu a meta para o projeto de acordo com o melhor desempenho observado no período (*process entitlement*), sendo o número de devoluções igual a 6 ocorrências. Dessa forma, a meta foi estabelecida da seguinte forma: “Reduzir em 73% o número de devolução de balas meladas nos próximos quatro meses”.

Figura 1: Devolução de balas meladas.



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

4.2. Fase Medição

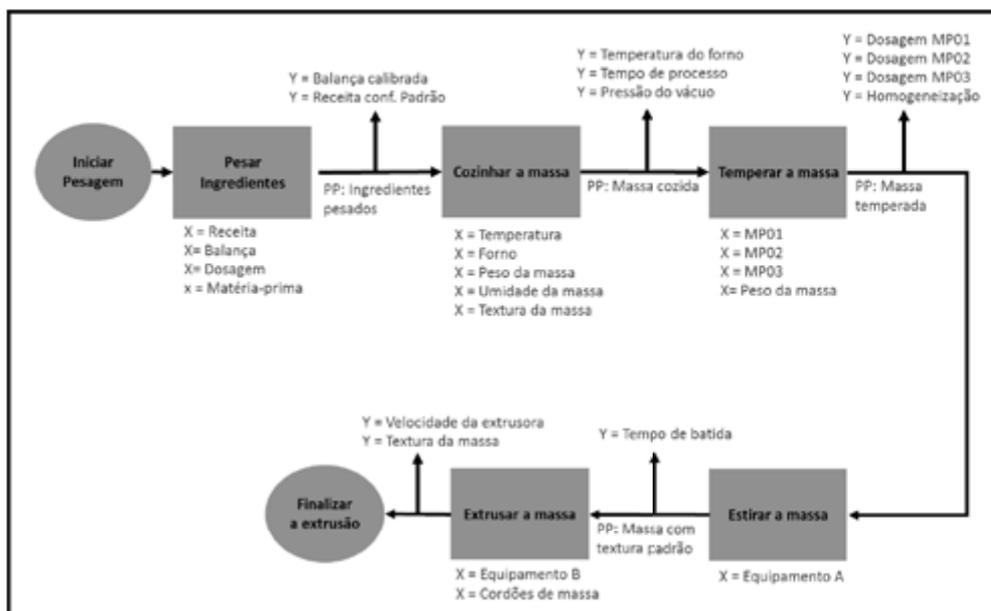
A fase Medição tem como propósito a tradução do problema abordado no projeto em uma forma mensurável, assim como a medição e o cálculo da capacidade do processo. Uma atividade essencial nesta fase é a formulação da função de transferência, que pode ser explicada em termos matemáticos como $Y = f(x^1, x^2, \dots, x_n)$, onde as prováveis causas “x’s” são convertidas em saídas do processo “Y’s” (PYZDEK; KELLER, 2003). Após a validação do *Project Charter*, a EP elaborou uma matriz SIPOC (Quadro 2) para identificar as principais entradas e saídas do processo. Essa matriz foi complementada com um mapa de processo (Figura 2), de modo a aumentar o número das variáveis inerentes à função de transferência.

Quadro 2: Matriz SIPOC para o processo de produção de balas.

Suppliers	Input	Process	Output	Customers
Almoxarifado / Qualidade	Receita / Matéria-prima	Pesar ingredientes	Ingredientes pesados	Cozinheiro
Balança / Tanque misturador	Ingredientes pesados e misturados	Cozinhar a massa	Massa cozida	Batedeiras
Cozinheiro / Vácuos 1 e 2	Massa cozida e parâmetros corretos	Temperar a massa	Massa temperada	Estiramento
Batedeiras e Dosador	Massa temperada	Estirar a massa	Massa cortada	Extrusora
Batedeiras	Massa descansada	Extrusar a massa	Cordões de massa	Embrulhadeira

Fonte: Autores.

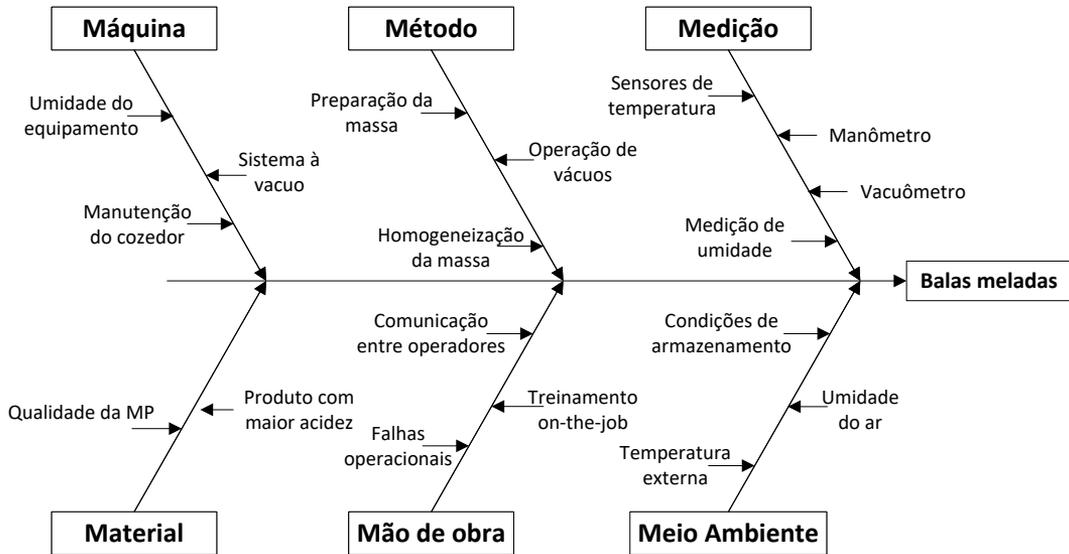
Figura 2: Mapa do processo de produção de balas.



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Com o propósito de priorizar as prováveis causas relacionadas ao problema de devolução das balas meladas, a EP conduziu uma reunião de *brainstorming* para a elaboração de um diagrama de causa e efeito (Figura 3). Após a elaboração desse diagrama, as informações foram agrupadas e analisadas em uma matriz de priorização esforço-impacto (Quadro 3). Das doze causas prováveis identificadas, seis foram priorizadas para posterior investigação na fase Análise, a respeito das relações de causa e efeito.

Figura 3: Diagrama de causa e efeito.



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Quadro 3: Matriz Esforço-Impacto

Nº	Causas prováveis	Esforço	Impacto	Decisão
1	Umidade da massa	Baixo	Alto	Implementar
2	Temperatura de cozimento	Baixo	Alto	Implementar
3	Tempo de cozimento	Baixo	Alto	Implementar
4	Pressão de vácuo	Baixo	Alto	Implementar
5	Quantidade de MP01	Alto	Alto	Complexo
6	Armazenagem do produto	Alto	Baixo	Descartar
7	Transporte do produto	Alto	Baixo	Descartar
8	Homogeneização da massa	Baixo	Alto	Implementar
9	MP02 na formulação do produto	Alto	Alto	Complexo
10	Padrão operacional	Baixo	Alto	Implementar
11	Umidade relativa do ar	Alto	Alto	Complexo
12	Solda dos pacotes	Baixo	Baixo	Descartar

Fonte: Autores

A etapa Medição foi finalizada com a estimativa da capacidade atual do processo utilizando o nível sigma. Considerando que o número de devoluções de balas é uma variável discreta, o nível sigma foi calculado com base no rendimento final do processo, a partir do índice de defeitos por milhão de oportunidades (DPMO), conforme expressões 1, 2 e 3. O valor DPMO foi então convertido para o nível sigma por meio de um ta-

bela de equivalência entre níveis σ e DPMO (PYZDEK; KELLER, 2003), que considera o “desconto” de $1,5\sigma$ para a variação de longo prazo (Z_{LP}). Deste modo, a capacidade atual do processo (Z_{CP}) foi reportada como **2,04 σ** , o que corresponde a 292.994 DMPO, sendo 471 unidades inspecionadas, 1 oportunidade de defeito (bala melada por umidade) e 138 defeitos observados na amostra.

$$DPU = \frac{\text{Número de defeitos}}{\text{Número de unidades}} \quad (01)$$

$$DPO = \frac{\text{Número de defeitos}}{(\text{Número de unidades} \times \text{Número de oportunidades})} \quad (02)$$

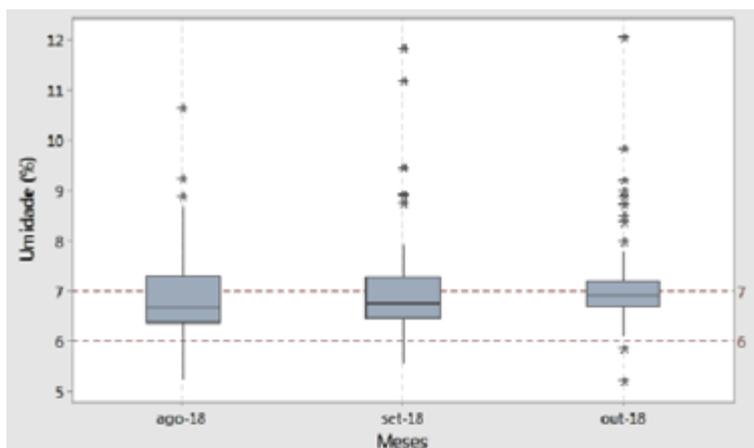
$$DPMO = DPO \times 10^6 \quad (03)$$

4.3. Fase Análise

A fase Análise tem como objetivo a identificação das fontes de variação do processo e compreensão das causas raízes do problema investigado, podendo-se recorrer à diversas técnicas, incluindo a aplicação de testes de hipóteses, análise de regressão simples e múltipla, Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA), planejamento de experimentos, entre outras (MONTGOMERY; WOODALL, 2008).

Considerando a importância do fator umidade para o indicador do projeto, assim como a priorização deste fator na etapa Medição, a EP decidiu analisar a variabilidade do processo usando um gráfico BoxPlot. A Figura 4 ilustra o gráfico BoxPlot para o percentual de umidade comparando os lotes produzidos nos meses de agosto, setembro e outubro de 2018. Desta forma, observou-se uma grande variabilidade nos três períodos mensurados, bem como a presença *outliers* e valores fora da faixa ideal de umidade (entre 6 e 7%).

Figura 4: Gráfico BoxPlot para análise da umidade.



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Complementando a análise da variabilidade no teor de umidade, foram elaborados e analisados gráficos de dispersão e calculados os coeficientes de correlação de Pearson (r). Tal coeficiente é uma medida da força e direção de uma relação linear entre duas variáveis, calculada a partir da expressão 4, onde “ y ” representa a variável resposta e “ x ” a variável preditora:

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (04)$$

Desse modo, a correlação linear entre a variável resposta “umidade (%)” *versus* a variável preditora “temperatura (°C)” foi interpretada como forte e negativa ($r = -0,943$), onde a diminuição da temperatura de cozimento da massa na qual o produto é exposto, aumenta a umidade residual do produto. Por outro lado, a correlação linear entre a variável resposta “umidade (%)” *versus* a variável preditora “dosagem de MP01” foi interpretada como fraca e positiva (0,596), sendo portanto, desconsiderada para análises posteriores.

A análise de correlação foi complementada com um estudo de *shelf life*, onde o ciclo de vida do produto é acelerado e observam-se os diferentes resultados na umidade do produto, obtidos a partir de variações na temperatura de cozimento. Esse estudo comprovou que os produtos submetidos a uma determinada faixa de temperatura e umidade aumentaram as reações químicas fazendo com que o produto apresentasse maior ocorrência de bala melada.

4.4. Fase Melhoria

A fase Melhoria visa a geração de ideias e a priorização de soluções para atuar nas causas-raízes do problema. Nesta etapa do trabalho deve-se selecionar as melhores soluções e criar um plano de ação para a implementação das mudanças necessárias. As ferramentas e técnicas mais utilizadas nesta fase incluem Plano de Ação, geração de ideias, Planejamento de Experimentos (DOE) e técnicas de priorização de ações.

Após o entendimento das principais causas de devolução de balas meladas, a EP elaborou um plano de ação com as contramedidas necessárias. Dentre essas ações, destacam-se a padronização das faixas de controle do processo, de modo a garantir que o produto seja processado dentro dos níveis ideais de umidade, assim como a elaboração e teste piloto de um procedimento operacional para a preparação da massa (temperagem), cujo objetivo foi assegurar a dosagem dos ingredientes de maneira uniforme para cada batelada produzida.

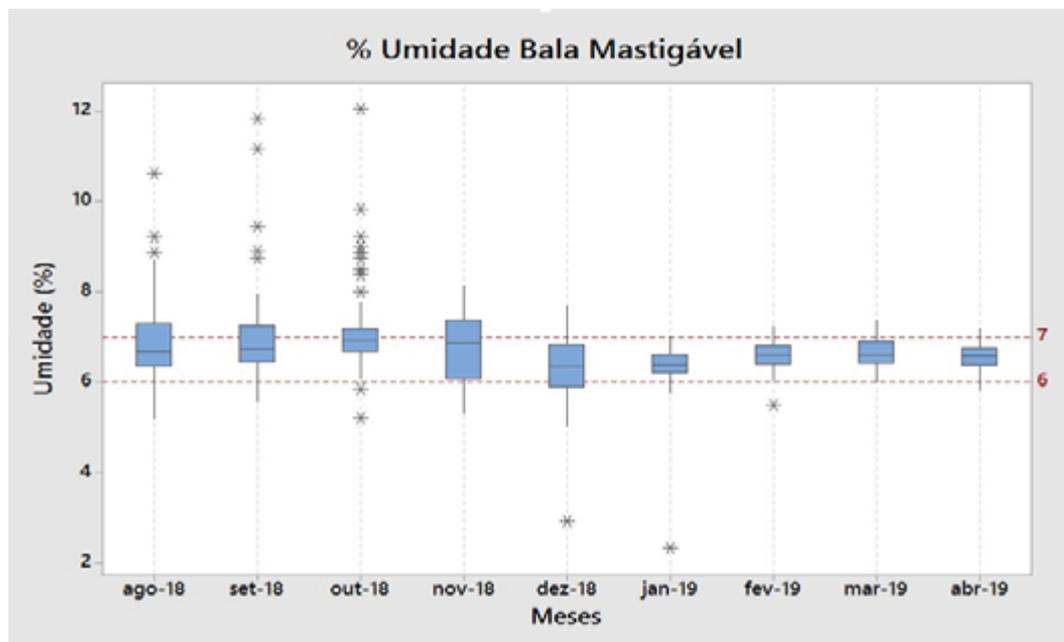
Seguindo o mesmo procedimento apresentado na fase Medição, a EP refez o cálculo do nível sigma, evidenciando a melhoria da capacidade do processo para o nível

2,69 σ , o que corresponde a 117.117 DMPO, considerando uma amostra de 119 unidades, 1 oportunidade de defeito (bala melada por umidade) e 13 defeitos observados na amostra. Essa redução de aproximadamente 175.877 DMPO serviu de base para a apuração dos ganhos financeiros do projeto (*saving*). Observando o gráfico BoxPlot apresentado na Figura 5, percebe-se claramente o efeito das ações implementadas na redução da variabilidade na umidade do produto, assim como a centralização do processo após o período de janeiro de 2019.

4.5. Fase Controle

A fase Controle deve garantir que os ganhos obtidos com a implementação das ações de melhoria sejam sustentáveis. As ferramentas e técnicas comumente aplicadas nessa fase incluem cartas de controle, padronização, auditorias, plano de controle e um novo estudo de capacidade para evidenciar a melhoria de desempenho obtida com o projeto.

Figura 5: Gráfico BoxPlot atualizado. Fonte: Dados fornecidos pela empresa.



Fonte: Autores

Para assegurar a sustentabilidade dos ganhos obtidos com as mudanças implementadas, a EP decidiu sistematizar os padrões operacionais elaborados na fase anterior, assim como atualizar o plano de controle do processo com as novas faixas de ope-

ração. Além disso, foi implementada uma carta de controle para o monitoramento da média e amplitude (\bar{X} e R) do teor de umidade, mensurado pelo método de Karl Fischer.

Além das melhorias observadas, é importante destacar que até o encerramento desta pesquisa (agosto de 2019), a Alpha não havia registrado nenhuma ocorrência de devolução de produto ou registro de reclamação do cliente decorrente de balas meladas. Deste modo, a EP concluiu que o projeto atendeu às expectativas registradas no *Project Charter* e recomendou a certificação *green belt* para a líder do projeto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação da abordagem SS pode contribuir com as estratégias de excelência operacional na indústria de alimentos. O presente artigo apresentou um estudo empírico a respeito da condução de um projeto SS voltado para a redução dos custos da não qualidade no processo de produção de balas. O projeto analisado foi implementado por meio do método DMAIC e definido a partir de uma perspectiva *bottom-up*, como parte de um programa de certificação *green belt* na empresa pesquisada.

O estudo de caso revela a aplicação de várias técnicas e ferramentas nas fases de definição, medição, análise, melhoria e controle do projeto SS, incluindo mapas de processo, estatística descritiva, cálculo do nível sigma, análise de correlação, entre outras. O resultado da fase Análise destaca a verificação da correlação linear entre as variáveis teor de umidade e temperatura de cozimento.

Profissionais da área de excelência operacional poderão utilizar os resultados deste artigo para comparar suas práticas na condução de projetos SS com a abordagem descrita neste estudo. Além disso, o estudo de caso aqui apresentado poderá fornecer *insights* ou incentivar outras empresas inseridas na cadeia de produção de alimentos, tais como indústrias de processamento de carnes, produção de alimentos congelados e bebidas, laticínios, entre outras, a conduzirem projetos SS com o propósito de melhorar o desempenho empresarial.

Referências

BLACK, K.; REVERE, L. Six Sigma arises from the ashes of TQM with a twist. **International Journal of Health Care Quality Assurance**, v. 19, n. 3, p. 259-266, 2006.

DE MORI, C. **Capacidade tecnológica em sistemas agroindustriais**: proposição de índice e aplicação a empresas dos segmentos de trigo e leite. 2011. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

DESAI, D. A; KOTADIYA, P; MAKWANA, N.; PATEL, S. Curbing variations in packaging process through Six Sigma way in a large-scale food-processing industry. **Journal of Industrial Engineering International**, v. 11, n. 1, p. 119-129, 2015.

DORA, M.; GELLYNCK, X. Lean Six Sigma implementation in a food processing SME: a case study. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 31, n. 7, p. 1151-1159, 2015.

DUDBRIDGE, M. **Handbook of lean manufacturing in the food industry**. John Wiley & Sons, 2011.

EVANS, J. R.; LINDSAY, W. M. **An introduction to Six Sigma and process improvement**. Cengage Learning, 2014.

MEHRJERDI, Y. Z. Six-sigma: methodology, tools and its future. **Assembly Automation**. v. 31, n. 1, p. 79-88, 2011.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Revista Produção**, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

MONTGOMERY, D. C.; WOODALL, W. H. An overview of six sigma. **International Statistical Review**, v. 76, n. 3, p. 329-346, 2008.

NABHANI, F.; SHOKRI, A. Reducing the delivery lead time in a food distribution SME through the implementation of six sigma methodology. **Journal of manufacturing technology Management**, v. 20, n. 7, p. 957-974, 2009.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **Estratégia Seis Sigma**. Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PYZDEK, T.; KELLER, P. A. **The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Level**. New York: McGraw-Hill, 2003.

RAIMUNDO, L. M. B.; BATALHA, M. O.; TORKOMIAN, A. L. V. Dinâmica tecnológica da Indústria Brasileira de Alimentos e Bebidas (2000-2011). **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 24, n. 2, p. 423-436.4, 2017.

SEOW, C.; KNOWLES, G.; JOHNSON, M.; WARWOOD, S. Medicated sweet variability: a six sigma application at a UK food manufacturer. **The TQM Magazine**, 2004.

SNEE, R. D. Six sigma: the evolution of 100 years of business improvement methodology. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 1, n.1 p. 4-20, 2004.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. 4. ed. Applied social research methods series, 5. SAGE Publication, Inc., 2009.