



IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROJETO LEAN SEIS SIGMA PARA A REDUÇÃO DE DESCARTE NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE BISCOITOS GLACEADOS

Juliano Endrigo Sordan julianosordan@yahoo.com.br – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Pedro Carlos Oprime pedro@dep.ufscar.br – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Beatriz Santana Soares bia_ss@hotmail.com – Centro Universitário da Função de Barretos (UNIFEB)
Marcelo Cesar de Moura marcelomoura1979@yahoo.com.br – Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS)

Resumo

A abordagem Lean Seis Sigma (LSS) pode ser compreendida como uma importante estratégia de excelência operacional capaz de melhorar o desempenho de um processo e gerar resultados em termos de qualidade, custo e velocidade. O presente artigo descreve a implementação de um projeto LSS em uma fábrica de biscoitos de médio porte, cujo objetivo é a redução de descarte no processo de fabricação de biscoitos glaceados. O método de pesquisa adotado é o estudo de caso único. A investigação das práticas implementadas no projeto seguiu a sequência estabelecida no método DMAIC (*Define-Measure-Analyse-Improve-Control*). Os registros do projeto demonstram uma relação de causalidade entre a quantidade de descarte gerado no processo e fatores identificados nas fases de medição e análise. Como resultado, o projeto permitiu uma redução de 84,37% no descarte do produto. Este estudo pode contribuir com a execução de futuros projetos de excelência operacional, cujo propósito seja a implementação de projetos de melhoria por meio da estrutura DMAIC voltados para os processos de fabricação de alimentos.

Palavras chaves

Lean Seis Sigma, DMAIC, indústria de alimentos.

1. Introdução

A implementação de estratégias de excelência operacional em processos de manufatura tem sido direcionada principalmente para a redução de custos operacionais, aceleração de processos, redução de defeitos e eliminação de desperdícios. Neste contexto, diversas abordagens podem auxiliar a operacionalização dessas estratégias, incluindo Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*), Teoria das Restrições, Seis Sigma, *World Class Manufacturing*, Indústria 4.0, *Lean Seis Sigma* (LSS), entre outras.

Enquanto o foco da Manufatura Enxuta reside na eliminação de desperdícios e no aumento da velocidade das operações, a estratégia Seis Sigma se concentra nas ações para o desenvolvimento de projetos de melhoria direcionados para a redução de defeitos por meio da diminuição da variabilidade dos processos e redução de custos (ANDERSON *et al.*, 2014). No âmbito acadêmico, a proposta de integração entre os conceitos *Lean* e Seis Sigma foi inicialmente apresentada no livro “*Lean Six Sigma: Combining Six Sigma with Lean Speed*” (GEORGE, 2002).

O estado da arte sobre a implementação das práticas LSS demonstra que essa abordagem possui uma forte difusão em segmentos particulares da manufatura, como por exemplo, os setores automobilístico, siderúrgico, aeroespacial, metalomecânico, plásticos e borrachas, assim como em outros importantes setores econômicos incluindo a área da saúde (*healthcare*), telecomunicações, setor bancário, entre outros. Contudo, considerando que a indústria de alimentos exerce um importante papel na economia brasileira, sendo responsável por 9,80% do Produto Interno Bruto (PIB) no ano de 2018 (FIESP, 2019), a abordagem LSS pode ser disseminada de forma mais abrangente em organizações de pequeno e médio porte inseridas nesse seguimento.

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; BATALHA; TORKOMIAN, 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 dos alimentos, qualidade e nível de serviços sejam fundamentais nesse setor, os custos industriais devem ser cuidadosamente controlados para a manutenção da competitividade organizacional (DUDBRIDGE, 2011).

A produção científica a respeito da implementação de práticas LSS na indústria de alimentos revela estudos direcionados para a redução da variação de peso do alimento processado (DESAI *et al.*, 2015; DORA; GELLYNCK, 2015), redução de *lead time* e reclamações de clientes (NABHANI; SHOKRI, 2009), diminuição da variação dimensional do produto (SEOW *et al.*, 2004), redução dos custos da não qualidade no processo de fabricação de balas (SORDAN *et al.*, 2019), entre outros. O presente artigo tem como objetivo apresentar a implementação de um projeto LSS para a redução de descarte no processo de fabricação de biscoitos glaceados. O método de pesquisa adotado é o estudo de caso único em profundidade, o qual foi conduzido em uma fábrica de alimentos de médio porte durante o segundo semestre de 2019.

2. A abordagem Lean Seis Sigma

A abordagem Seis Sigma 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; NEUMAN; CAVANAGH, 2001) como reconhecimento dos resultados obtidos com o programa. 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 (*Chief Executive Officer*) na empresa (BLACK; REVERE, 2006). Desde então, essa abordagem tem sido adotada por diversas organizações, 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 é que a qualidade dos produtos e processos pode ser melhorada por meio da compreensão das relações entre as entradas ou *inputs* (x's) que influenciam significativamente as métricas pertinentes às saídas ou *outputs* do processo (y's), assim como do controle dessas entradas, a partir dos limites especificados (MEHRJERDI, 2011).

A utilização do nível sigma como uma métrica de desempenho pode ser um ponto de partida para as estratégias de melhoria contínua e desenvolvimento de um processo por meio da avaliação de erros e resultados, possibilitando alterações sistemáticas para aumentar a confiabilidade do processo (JOHNSTONE *et al.*, 2003). Diversas organizações têm reportado o desempenho de seus processos entre os níveis sigma 2.0 e 3.0 e melhorado significativamente esse desempenho (BREYFOGLE; CUPELLO, 2001).

O termo *Lean Manufacturing*, por sua vez, ganhou popularidade mundial após a publicação do livro “A máquina que mudou o mundo”, escrito a partir de uma pesquisa sobre as tendências na indústria automobilística, com destaque para o eficiente Sistema Toyota de Produção - STP (WOMACK; JONES; ROSS, 1990). A implementação das práticas de manufatura enxuta pode ser conduzida por meio do pensamento *lean*, que abrange os seguintes princípios: (i) especificação do valor sob o ponto de vista do cliente, (ii) identificação do fluxo de valor para cada família de produto, (iii) promoção do fluxo contínuo, (iv) produção puxada a partir das necessidades do cliente; e (v) contínua busca pela perfeição (WOMACK; JONES, 1996).

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. Procedimento metodológico

Tendo em vista os objetivos estabelecidos para esta pesquisa, o presente estudo pode ser compreendido como descritivo e de natureza aplicada. Quanto à abordagem de pesquisa, esta pode ser caracterizada como qualitativa, visto que esse tipo de abordagem, por ser essencialmente interpretativa, faz com que o pesquisador descreva o cenário por meio de uma perspectiva construtivista, recorrendo a análise de dados para identificar temas ou categorias por meio de uma lente pessoal (CRESWELL, 2007).

O procedimento para coleta e análise dos dados foi conduzido por meio de um estudo de caso único longitudinal, visto que este método é recomendado para trabalhos que tenham como características a necessidade de encontrar respostas às questões “como” e “por que”, pouco ou nenhum controle sobre o evento por parte do pesquisador e foco em problemas contemporâneos dentro de um contexto real (YIN, 2009). O estudo foi realizado no segundo semestre de 2019 em uma empresa fabricante de balas e biscoitos, a qual será denominada “Alpha”. A empresa está localizada no interior do estado de São Paulo e emprega aproximadamente 500 colaboradores. O critério de seleção foi por conveniência, considerando o fato que nos últimos três anos a empresa selecionada tem implementado diversos projetos LSS 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. A condução de um estudo de caso deve cobrir o desenvolvimento de uma estrutura conceitual-teórica com base na literatura sobre o tema da pesquisa e explicitar de forma narrativa os principais elementos da pesquisa, incluindo as variáveis envolvidas, os principais constructos e possíveis relações de causalidade (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002). Assim, após a coleta dos dados procedeu-se uma análise da abordagem adotada pela empresa para a condução do projeto LSS selecionado, suas etapas e técnicas utilizadas. A análise foi norteada pelo modelo DMAIC e contraposta com as práticas recomendadas na literatura pertinente ao tema.

4. Resultados

4.1 Fase Definição

A primeira fase de um projeto LSS (Define) inclui a definição de métricas e indicadores-chave para guiar a seleção do projeto e identificar seus objetivos, assim como a definição de um problema específico do processo a ser melhorado (SNEE, 2004). Tais ações foram registradas em um termo de abertura de projeto (*project charter*) 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. O Quadro 1 sintetiza as informações contidas no *project charter*.

O projeto para a redução de refugo na linha de biscoitos glaceados foi iniciado em abril de 2018 e concluído em abril de 2019. A Equipe do Projeto (EP) contou com seis integrantes e o projeto foi liderado por uma colaboradora, que no período de implementação do projeto exercia a função de *trainee* e candidata à certificação *green belt* na empresa. Os demais membros da equipe ocupavam os cargos de coordenador de produção, supervisor de linha, líder de manutenção, operadores de produção e *trainee*.

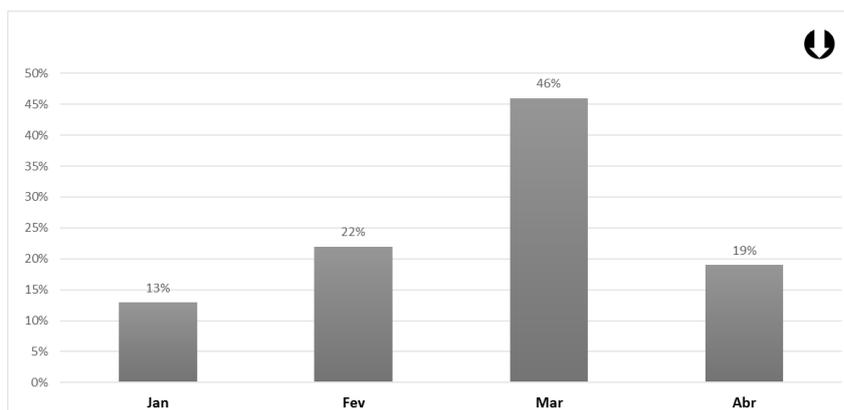
Quadro 1 - Síntese do *Project Charter*

Título do projeto	Redução de refugo na linha de biscoitos glaceados
Descrição do problema	No ano de 2018 a linha de produção de biscoitos glaceados apresentou um elevado índice de perdas por refugo de produto, comprometendo o alcance das metas para o volume de produção, estabelecidos pela área de planejamento e controle da produção. Este problema também afeta negativamente os custos da qualidade e a produtividade da linha.
Equipe do projeto	2 trainees (sendo uma a líder do projeto), coordenador de produção, supervisor de linha, líder de manutenção e 2 operadores.
CTQs	Índice de perdas por refugo.
Escopo do projeto	O projeto tem como escopo as atividades realizadas na linha de biscoitos glaceados tradicionais.
Benefícios esperados	Além dos benefícios financeiros estimados em 150% ROI (<i>Return on Investment</i>) e redução dos custos da não qualidade (refugo). O projeto contribuirá com o aumento da produtividade da linha.
Cronograma (<i>Deadlines</i>)	Definição: abril de 2018. Medição: abril de 2018. Análise: maio de 2018. Melhoria: julho de 2018. Controle: abril de 2019.

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Após a validação do projeto por uma autoridade da área de produção, a EP elaborou um gráfico de barras para estratificar o custo total com descarte de produto. A Figura 1 apresenta a distribuição do custo total de descarte na linha de biscoitos glaceados no primeiro quadrimestre de 2018. Deste modo, observa-se um significativo aumento do custo nos três primeiros meses. Segundo a EP, a redução desse percentual no mês de abril pode ter sido influenciada por meio da implementação de ações imediatas do tipo “ver e agir” e sensibilização dos operadores no início da implementação do projeto.

Figura 1 – Percentual do custo com perdas por descarte de biscoitos (2018).



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Com base na média histórica do percentual de refugo e análise de lacunas (*gap analysis*), definiu-se como meta para o projeto: “Reduzir o índice de refugo na linha de biscoitos glaceados de 6,98% para 3,49%, até dezembro de 2018”. A seguir, a EP elaborou uma matriz SIPOC (*Suppliers, Input, Process, Output e Customers*) para identificar as principais entradas e saídas do processo, conforme ilustrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Matriz SIPOC para o processo de fabricação de biscoitos glaceados.

<i>Suppliers</i>	<i>Input</i>	<i>Process</i>	<i>Output</i>	<i>Customers</i>
Balança / Operador	Ingredientes básicos	Dosar matéria-prima	Matéria-prima dosada	Operador de massa
Dosagem	Matéria-prima dosada	Fabricar a massa	Massa homogênea	Operador de massa
Operador de massa	Massa homogênea	Fermentar a massa	Massa fermentada conforme padrão	Extrusora
Fermentação	Massa fermentada	Moldar a massa	Massa moldada	Forno
Operador de Forno	Forno	Assar a massa	Massa assada	Fabricação de Calda
Tanque T01	Água, açúcar, Ingrediente X1	Aderir a calda	Biscoito + calda	Descolamento

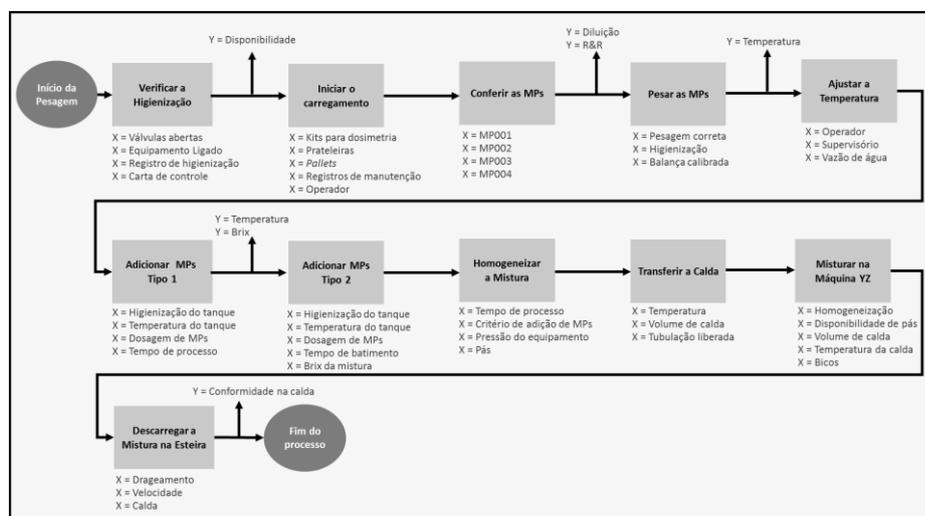
Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

4.2 Fase Medição

A fase Medição tem como propósito a tradução do problema tratado no projeto em uma forma mensurável, assim como a medição e o cálculo do desempenho do processo em termos de capacidade ou nível sigma. 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” representam as principais entradas que são convertidas em saídas do processo (PYZDEK; KELLER, 2003).

Com o objetivo de melhor compreender as variáveis inerentes ao processo de fabricação de biscoitos glaceados, a EP decidiu elaborar um mapa de processo, a partir da análise da Matriz SIPOC elaborada na fase anterior e informações coletadas *in loco*. A Figura 2 ilustra essas variáveis codificando alguns *inputs* para manter a confidencialidade sobre o processo e destacando a variável Y, que no caso se refere à conformidade na aplicação da calda.

Figura 2 – Mapa de processo.

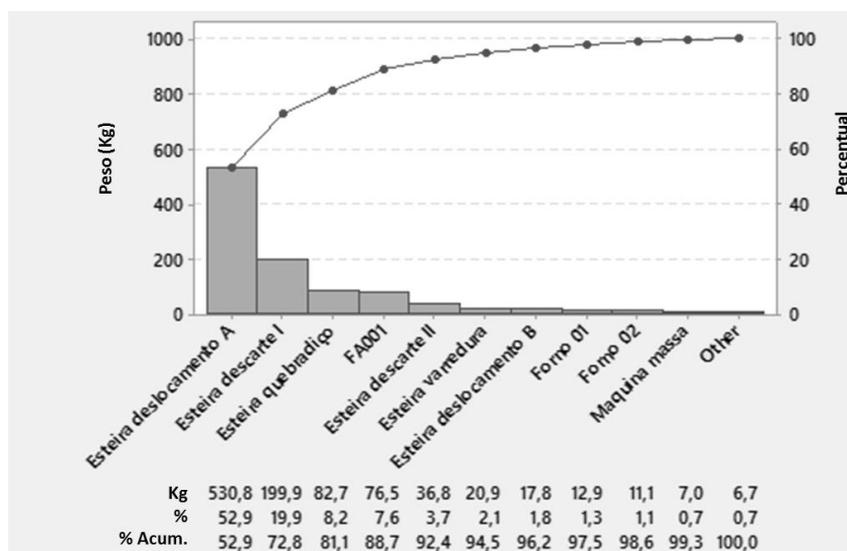


Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

4.3 Fase Análise

O principal objetivo da fase Análise em um projeto LSS é identificar potenciais causas para o problema abordado e selecionar as causas raízes por meio de técnicas de análise de dados (OLIYA *et al.*, 2012). A abordagem para a análise de dados utilizada na Alpha abrange a aplicação de ferramentas *Lean Manufacturing* (incluindo gráfico de espaguete, balanceamento de linha, estudos de *layout* etc.), Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA), assim como análise estatística por meio gráficos básicos e testes de hipóteses. Desta forma, a EP optou por conduzir uma análise descritiva, a partir de um gráfico de Pareto para a estratificação das causas raízes relacionadas à etapa de reutilização do produto (variável x2).

Figura 4 – Gráfico de Pareto.



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

A Figura 4 mostra o gráfico de Pareto construído a partir dos registros de refugo no estágio de reutilização referente ao mês de abril de 2018. Observa-se que a quantidade de refugo gerada na “Esteira deslocamento A” e “Esteira descarte I” juntas, representam 72,8% do total de descarte do produto no período. A EP então decidiu analisar a possibilidade de redução e reaproveitamento de açúcar da calda acumulados nas bandejas dessas duas esteiras, onde os produtos seriam descartados. Nesta fase também foi conduzida uma análise referente a umidade do produto na linha. Um novo método de reutilização asséptico do produto foi proposto pela EP e validado na fase seguinte do projeto pela equipe técnica responsável.

4.4 Fase Melhoria

A fase Melhoria visa a geração de ideias e a priorização de soluções para atuar nas causas-raízes do problema. De acordo com a EP, a abordagem adotada neste projeto buscou a seleção das melhores soluções e a elaboração de um plano de ação para a implementação das mudanças necessárias. Ainda de acordo com a EP, as ferramentas e técnicas mais utilizadas nesta fase dos projetos incluem Plano de Ação, geração de ideias, Planejamento de Experimentos (DOE) e técnicas de priorização de ações.

Para selecionar e priorizar as iniciativas de melhoria, a EP conduziu uma seção de *brainstorming* onde foram definidas 10 ações registradas em um plano de ação (5W2H). O Quadro 3 sintetiza esse plano descrevendo as principais ações associadas às causas observadas na fase anterior do projeto, assim como o prazo e os responsáveis pela execução dessas ações. Cabe destacar que as três primeiras ações foram implementadas de uma única vez durante um evento *kaizen* juntamente com outras ações de melhoria do ambiente de trabalho (5S *housekeeping*) executadas nas etapas de extrusão, preparo da calda e preparo da massa. Tais ações resultaram no aumento da conformidade em auditorias de 5S nesses locais.

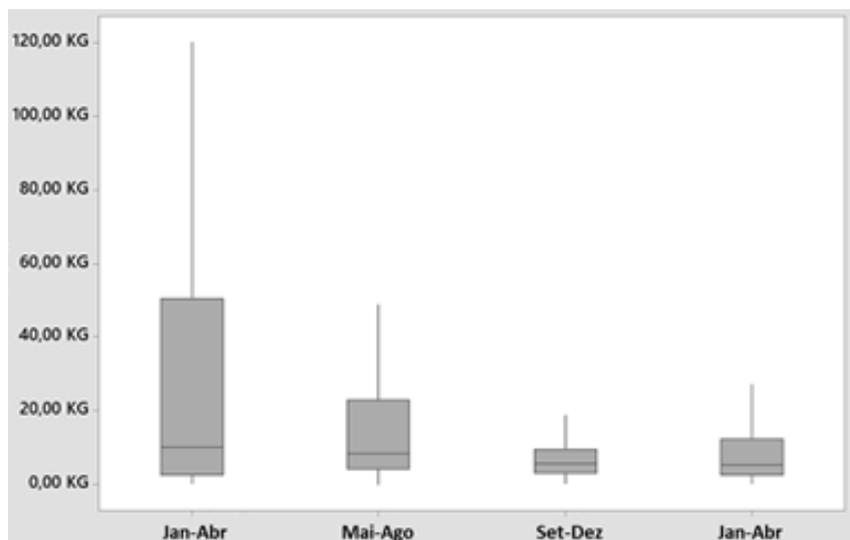
Quadro 3 – Plano de ação.

Nº.	Ação	Causa	Responsável	Prazo
1	Elaboração do Padrão Operacional CQ011 (Higienização da linha).	Método de reaproveitamento ineficiente.	Trainee	03/05/2018
2	Treinamento e conscientização no padrão CQ-011.	Método de reaproveitamento ineficiente.	Trainee	03/05/2018
3	Implementação de kits de separação de fases (1ª e 2ª).	Identificação da matéria-prima no preparo da massa	Trainee	03/05/2015
4	Alocação de um operador de massa	Ausência de um operador específico no preparo da massa.	Coordenador de Produção	07/06/2018
5	Implementação de Carta de Controle PR-045.	Ausência de Método de controle das perdas na linha.	Coordenador de Produção	07/06/2018

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Seguindo o mesmo procedimento apresentado na fase Medição, a EP refez o cálculo do nível sigma para a nova capacidade do processo que evoluiu para o nível 3.8σ , evidenciando assim o aumento do rendimento do processo para 98.9% (aumento de 4,66%), assim como redução de defeitos para 10.800 DMPO (redução de 80,29%). Observando o gráfico BoxPlot apresentado na Figura 5, percebe-se claramente o efeito das ações implementadas na constante redução da quantidade de refugo (em quilos) a partir do segundo quadrimestre de 2018, período no qual o projeto foi implementado.

Figura 5 – Gráfico BoxPlot para perdas no processo.



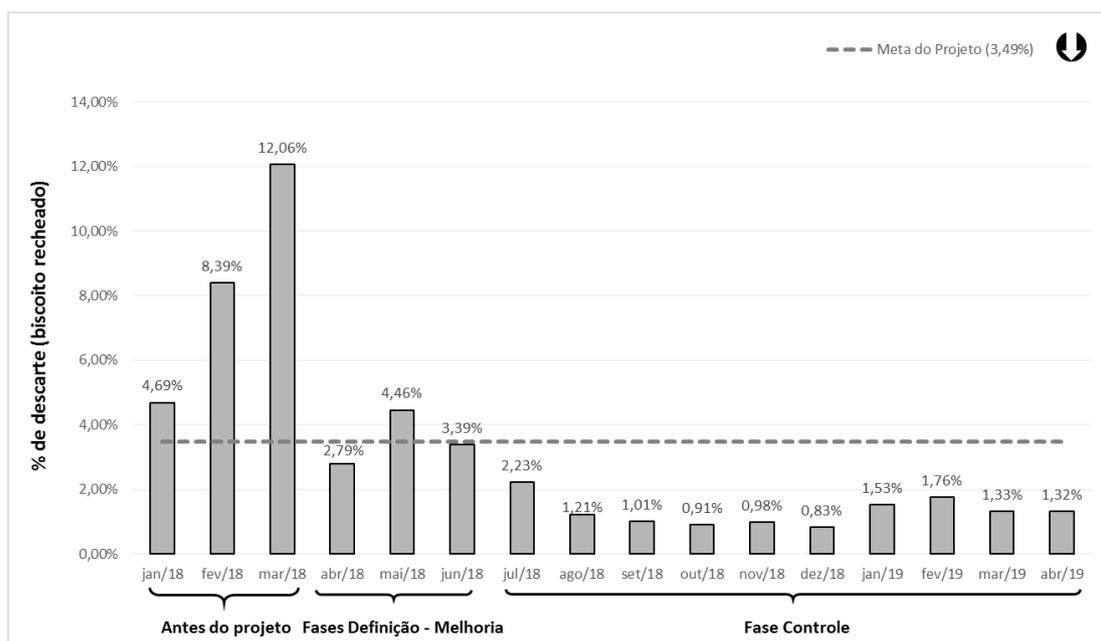
Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

4.5 Fase Controle

O principal objetivo da abordagem SS não é apenas melhorar o desempenho do processo, mas também manter os resultados aprimorados no longo prazo. Para isso, a padronização do processo com a nova configuração de seus parâmetros é fundamental para a sustentabilidade dos resultados obtidos. Neste contexto, foi revisado o formulário de controle (apontamento da produção) com a inclusão de novas categorias de perdas, que foram identificadas ao longo do projeto. Além disso, o padrão “Plano de Controle – Produção de Massas Tradicionais” foi revisado com a inclusão de um campo específico para o registro de reutilização de massa. Esse documento estabelece o controle das seguintes variáveis: número do tacho; quantidade de água adicionada (l); temperatura ambiente (°C); término do batimento (hora); temperatura final da massa (°C); reprocesso de calda (kg); reprocesso da massa (kg); conformidade.

Além da padronização das atividades de controle do processo de fabricação de biscoitos glaceados, a EP decidiu implementar uma carta de controle para o monitoramento da média e amplitude (\bar{X} e R) da quantidade de massa descartada no processo (kg). A Figura 6 descreve a evolução do percentual de perdas do produto observada em três fases distintas do projeto: (a) antes da implementação do projeto, (b) durante as fases de definição e melhoria e; (c) durante a fase de controle do processo.

Figura 6 – Evolução do percentual de descarte de biscoitos.



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

É importante destacar que, enquanto a média obtida no primeiro trimestre antes da implementação do projeto foi mensurada em 8,38%, a média registrada para os últimos dez meses na fase de controle foi reduzida para 1,31%, valor bem abaixo da meta estabelecida para o indicador (3,49%). Com base nos resultados apresentados, o responsável pelo processo (*champion*) 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 abordagem LSS representa uma importante estratégia de excelência operacional adequada aos processos de fabricação de alimentos e capaz de melhorar o desempenho organizacional em termos de qualidade, custo e velocidade. O caso apresentado neste artigo descreve de forma sistemática a implementação de um projeto LSS direcionado para redução de descarte na linha de biscoitos glaceados. O projeto foi implementado na organização 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.

A implementação das fases de medição e análise revelaram uma relação de causalidade entre a quantidade de descarte gerado no processo tradicional e os seguintes fatores: (i) o método de reaproveitamento do produto; (ii) identificação da matéria-prima; (iii) disponibilidade de operadores; e (iv) método de controle do processo. Após a seleção e implementação das soluções na fase de melhoria, a EP observou uma redução de 84,37% no descarte de biscoitos na linha glaceados, considerando a média observada antes do projeto (*baseline*) e a média registrada durante a fase de controle.

Para assegurar a sustentabilidade das ações implementadas, foram estabelecidas como ações de controle, a revisão do formulário de apontamento da produção e plano de controle, assim como a implementação do monitoramento estatístico por meio de carta de controle (para média e amplitude) para a quantidade de massa descartada no processo (kg). Como resultado dessas ações, o nível sigma do processo evoluiu de 3.1σ para 3.8σ , o que corresponde a uma redução de 80,29% na quantidade estimada de defeitos. Os resultados decorrentes da implementação das ações na fase melhoria foram avaliados pela gerência da Alpha como satisfatórios, visto que cumpriram com as expectativas estabelecidas no *project charter*.

Embora este estudo não tenha a pretensão de generalizar os resultados observados, acredita-se que profissionais da área, incluindo especialistas certificados como “*belts*” ou praticantes *lean*, poderão utilizar este artigo para comparar suas práticas na condução de projetos LSS com a abordagem descrita. Além disso, este estudo 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, laticínios, entre outras, a conduzirem projetos de excelência operacional alinhado às estratégias organizacionais.

Referências

- ANDERSSON, R.; HILLETOTH, P.; MANFREDSSON, P.; HILMOLA, O. P. Lean six sigma strategy in telecom manufacturing. **Industrial Management & Data Systems**. v. 114, n. 6, p. 904-921, 2014.
- 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.
- BREYFOGLE, F.W.; CUPELLO, J.M. **How six sigma compares to other quality initiatives**. Managing Six Sigma: A Practical Guide to Understanding, Assessing, and Implementing the Strategy that Yields Bottom-Line Success, John Wiley & Sons, New York, NY, p. 3-30, 2001.
- CRESWELL, J.W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Tradução Luciana de Oliveira da Rocha, 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- DE MORI, C. **Capacidade tecnológica em sistemas agroindustriais**: proposição de índice e aplicação a empresas dos segmentos de trigo e leite. Orientador: Mario Otavio Batalha. 2011. 282 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). 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.

ECKES, G. **A revolução seis sigma**. Elsevier Brasil, 2001.

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

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – FIESP. **Indústria de alimentos representa quase 10% do PIB brasileiro**, 2019. <https://www.fiesp.com.br/noticias/industria-de-alimentos-representa-quase-10-do-pib-brasileiro/>. Acesso em: 13 fev. 2020.

GEORGE, M.L. **Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed**. New York: McGraw-Hill, 2002.

JOHNSTONE, P.A., HENDRICKSON, J.A., DERNBACH, A.J., SECORD, A.R., PARKER, J.C., FAVATA, M.A.; PUCKETT, M.L. Ancillary services in the health care industry: is six sigma reasonable? **Quality Management in Healthcare**, v. 12, n. 1, p. 53-63, 2003.

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

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.

OLIYA, E.; SALEH OWLIA, M.; DEHDASHTI SHAHROKH, Z.; OLFAT, L. Improving marketing process using Six Sigma techniques (case of Saman Bank). **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 3, n. 1, p. 59-73, 2012.

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**, v. 16, n. 4, p. 284-292, 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.

SORDAN, J.E.; MAXIMO, M.; MOURA, M.C.; OPRIME, P.C. **Condução de um projeto Seis Sigma para a redução dos custos da não qualidade no processo de produção de balas**. II Simpósio Nacional de Engenharia de Produção – SINEP, Dourados, 2019.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations Management**, v. 22,n. 2, p 195-219, 2002.

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

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROSS, D. **The Machine that Changed the World**. New York: Macmillan, 1990.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **Lean Thinking**. New York: Simon & Schuster, 1996.