

## Estratificação do processo de fabricação de uma indústria cervejeira e aplicação do método Seis Sigma: estudo empírico

Paulo Henrique Amorim Santos, Guilherme Luiz Pereira

**Resumo:** O aumento da competitividade em todos os setores se reflete na busca contínua por filosofias e métodos de melhoria. Nesse sentido, a aplicação de métodos estatísticos para controle de qualidade possui ampla difusão para aumento de eficácia, eficiência e redução de perdas. Porém, a aplicação desses métodos na indústria alimentícia e de bebidas ainda é pouco discutida. Este artigo tem por objetivo explorar a aplicação da análise de estratificação e do método Seis sigma no processo de fabricação de uma cervejaria. São apresentadas evidências empíricas de um estudo de caso de uma empresa produtora de cerveja no estado do Paraná, Brasil. A aplicação do método ajudou na análise de causa raiz e redução de perdas dos dois produtos. Os gerentes do setor de bebidas podem seguir o método apresentado com as ferramentas utilizadas neste estudo e implementar em seus projetos de melhoria da qualidade. Os pesquisadores podem usar este estudo e resultados como um bom exemplo de aplicação Seis Sigma bem-sucedida.

**Palavras chave:** Seis Sigma, Indústria de Bebidas, Indústria de Cerveja, Gerenciamento da Qualidade, Melhoria Contínua de Processos.

## Stratification of a brewery manufacturing process and application of the Six Sigma method: an empirical study

**Abstract:** Increased competitiveness in all sectors is reflected in the continued pursuit of improvement philosophies and methodologies. In this sense, the application of statistical methods for quality control have wide diffusion for increased effectiveness, efficiency and loss reduction. However, the application of these methods in the food and beverage industry is still little discussed. This paper aims to explore the application of stratification analysis and Six Sigma method in a brewery manufacturing process. Empirical evidence from a case study are presented from a brewing company in the state of Paraná, Brazil. The application of the method helped in root cause analysis and loss reduction of two products. Beverage managers can follow the method presented with the tools used in this study and implement in their quality improvement projects. Researchers could use this study and results as a good example of successful Six Sigma application.

**Key-words:** Six Sigma, Beverage Industry, Beer Industry, Quality Management, Continuous Improvement of Processes.

### 1. Introdução

Muitas empresas de manufatura adotam modelos de melhoria da qualidade para aprimorar o gerenciamento da qualidade em seus processos. A aplicação dessas metodologias de melhoria permitem que as empresas obtenham melhor desempenho e qualidade em seus processos, produtos ou serviços. Assim, a gestão da qualidade está ganhando foco na identificação e redução de variações no processo de fabricação, uma vez que afeta a qualidade do produto e, posteriormente, acarreta em risco de aumento de custos. Nesse sentido, as técnicas estatísticas têm um papel crítico aonde a tomada de decisão for baseada nos dados.

Atualmente, existem várias ferramentas de melhoria que as empresas podem usar para alcançar maiores níveis de eficiência e eficácia. O método Seis Sigma é um dos modelos mais

populares para melhoria do controle e gerenciamento da qualidade. O Seis sigma foi introduzido por Bill Smith, um técnico da Motorola, para tratar de preocupações sobre taxas de defeitos de processo existentes que excederam significativamente testes no produto final, necessitando de melhorias no processo para reduzir ou eliminar erros (BRUE & LAUNSBY, 2004). Nos últimos anos, o método se tornou mais flexível, aplicável a qualquer aspecto nas organizações, e usado como uma iniciativa para melhorar processos, aumentar as habilidades da equipe e mudar a cultura organizacional (SIDDIQUI, ULLAH & THAHEEM, 2016). A história do Seis sigma e seu desenvolvimento tem sido amplamente divulgados, a fim de evidenciar as economias expressivas que a metodologia gera em vários tipos de indústrias (PRABHUSHANKAR et al., 2008).

O Seis Sigma melhora o gerenciamento da qualidade eliminando variações. O método é uma abordagem sistemática e vertical, aplicável na melhoria da qualidade e na solução de problemas (MONTGOMERY & WOODALL, 2008). Seu principal objetivo é destacar os processos críticos que precisam ser melhor controlados para que se atinja a qualidade exigida por clientes internos e externos. Através de ferramentas estatísticas, o Seis sigma reduz defeitos e variações de variáveis críticas, e sua meta é alcançar 3,4 defeitos por milhão de oportunidades, o que equivale a uma eficiência de 99,99966% (GUTIÉRREZ & DE LA VARA, 2009). Para esse fim, o Seis sigma combina várias ferramentas e técnicas consolidadas pelo tempo, e otimizadas para o uso nas indústrias modernas (PANDE, NEUMAN & CAVANAGH, 2000). O método é dividido em cinco etapas definidas e padronizadas: o ciclo DMAIC - Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar (GEORGE, 2002). A estrutura é a pedra angular da filosofia Seis sigma, que evoluiu do ciclo Planejar, Fazer, Verificar, e Agir de Deming (PANDE, NEUMAN, & CAVANAGH, 2002).

Apesar do grande número de estudos de casos sobre aplicações bem-sucedidas do Seis Sigma, pouco se publica sobre seu uso em empresas alimentícias e de bebidas. Assim, o objetivo deste artigo é explorar a aplicação da análise de estratificação e do Seis sigma no processo de fabricação de uma cervejaria. O caso em estudo é uma empresa que se destaca pela alta qualidade dos seus produtos, e hoje é classificada como uma das maiores cervejarias do mundo. Com mais de 150 anos, a empresa possui cerca de 140 cervejarias espalhadas por 70 países diferentes, empregando mais de 80 mil pessoas. O estudo investiga a aplicabilidade do método para melhorar o gerenciamento da qualidade e reduzir perdas. A singularidade do artigo é que ele descreve uma abordagem abrangente baseada em análise de estratificação, parâmetros de processo e habilidades humanas para corrigir defeitos no processo de fabricação de uma indústria cervejeira.

## 2. Método Seis Sigma na indústria alimentícia e de bebidas

Especificamente na indústria de alimentos, a garantia da qualidade está fortemente associada com a segurança do consumidor e com os riscos de comprometimento da sanidade dos produtos (SANTOS & ANTONELLI, 2011). Em comparação com outras indústrias (por exemplo, automotiva, eletrônica e farmacêutica), a indústria de alimentos tem demorado a aplicar técnicas estatísticas para melhoria da qualidade (DORA et al., 2014). Embora dados mais atuais sejam necessários, uma pesquisa no setor de fabricação de alimentos dos Estados Unidos identificou que 37,1% das empresas de alimentos estavam usando a metodologia Seis sigma (HIGGINS, 2006).

Uma busca na literatura foi conduzida na base indexadora SCOPUS (outubro de 2019) a fim de identificar a relação do método Seis Sigma nas indústrias alimentícias e de bebidas. A string

utilizada foi: TITLE-ABS-KEY (("Food" OR "Beverage\*" OR "Drink\*" OR "Beer\*") AND ("Six Sigma")). Não foram utilizados quaisquer filtros de data de publicação, área de conhecimento, ou tipo de documento. Surpreendentemente, foram encontrados apenas 81 artigos, sendo que só 18 abordam a aplicação do método no setor alimentício. Apenas um artigo foi encontrado relacionando o método à indústria de bebidas (Seow e Liu, 2006). Seow e Liu (2006) enfocam na estratégia de manutenção. O estudo de pesquisa qualitativa foi realizado em uma organização de alimentos e bebidas na Malásia para explorar como, personalizando a implantação do método, as PMEs são capazes de trazer a estratégia de manutenção produtiva total (TPM) para um maior alinhamento com a estratégia de negócios da organização.

Scott, Wilcock, e Kanetkar (2009) apresentam os resultados de uma survey dos métodos de melhoria contínua no setor de alimentos do Canadá. Hung e Sung (2011) exploram como uma empresa de alimentos em Taiwan pode usar uma abordagem sistemática e disciplinada para avançar em direção ao nível de qualidade Seis sigma. Santos e Antoneli (2011) tratam da aplicação da abordagem estatística no contexto da gestão da qualidade em indústrias de alimentos de médio e grande porte do Estado de São Paulo. Mendes dos Reis et al. (2014) analisam os benefícios da aplicação no fornecimento de alimentos. Desai et al. (2015) exemplificam a aplicação de melhoria da qualidade Seis Sigma em um dos setores de processamento de alimentos em larga escala na Índia. Herdiana (2015) Determina como as implementações do controle de qualidade pode melhorar os sistemas HACCP em um estudo de caso em um fabricante de sardinha na Indonésia. Álvarez, Lozano e Sampayo (2017) apresentam o caso de uma empresa multinacional da indústria de alimentos na Colômbia, onde um projeto Seis sigma foi desenvolvido para reduzir o desperdício de uma linha de produção de torradas. Krotov e Mathrani (2017) mostram o desenvolvimento e a aplicação da estrutura Seis sigma na melhoria do gerenciamento da qualidade em uma instalação de fabricação de tamanho médio de pré-misturas em Auckland. Costa et al. (2018) consolidam, através de uma revisão sistemática da literatura, o conhecimento existente sobre a aplicação do Seis Sigma na indústria de alimentos. Lim, Priyono e Mohamad (2019) desenvolvem diretrizes para implementar o Controle Estatístico de Processo e identificam os elementos críticos para o sucesso de sua aplicação na indústria de alimentos.

### 3. Método

Esta pesquisa empírica é baseada em um estudo de caso, e a empresa escolhida é uma produtora de cerveja de grande porte, localizada no estado do Paraná, Brasil. O design da pesquisa é fundamentado pela metodologia Seis Sigma DMAIC. A equipe de desenvolvimento do projeto contou com a participação de um *Champion* e 3 candidatos à *Black Belt*. O projeto foi desenvolvido e aplicado entre abril de 2017 e fevereiro de 2018. Seu cronograma foi seguido rigorosamente, sendo cumpridas dentro do prazo estipulado as 39 etapas definidas. Foram estipuladas metas para análise da eficiência do desenvolvimento do projeto.

Para a coleta de dados, foram utilizadas técnicas de benchmarking e brainstorming com operadores e gestores, e análises laboratoriais. Como não existiam dados históricos confiáveis, e o banco de dados existente não fornecia a possibilidade de uma análise de perdas por estratificação, dados foram coletados diretamente nas linhas de transferência. Esses dados foram analisados no laboratório de controle de qualidade, em equipamentos com precisão analítica calibrados com frequência pelos membros da equipe, e analisados de uma maneira padronizada, afim de diminuir interferências por fatores externos (Figura 1).



Figura 1 – Equipamento de análise de extrato (Anton Paar)

As métricas que foram utilizadas para medir o resultado do projeto foram os índices de perda de extrato para os mostos de dois produtos, A e B. A perda de extrato dos produtos é calculada a partir da equação:

$$\text{Perda de extrato} = \frac{\text{Volume}_{\text{teórico diluído}} - \text{Volume}_{\text{teórico diluído SAP}}}{\text{Volume}_{\text{teórico diluído}}}$$

Onde :

$$\text{Volume}_{\text{teórico diluído}} = \frac{\sum \text{Quant.}_{\text{Malte}} \times \text{Rend.}_{\text{Malte}} + \sum \text{Quant.}_{\text{Maltose}} \times \text{Rend.}_{\text{Maltose}}}{11,14}$$

Sendo 11,14 o fator de diluição do mosto.

Tem-se ainda:

$$\text{Volume}_{\text{teórico diluído SAP}} = \frac{\text{Extrato convertido}_{\text{mosto frio}} \times \text{Volume}_{\text{mosto frio}}}{11,14}$$

Onde:

$$\text{Extrato convertido}_{\text{mosto frio}} = 0,005 \times (\text{Extrato}_{\text{mosto frio}})^2 + 0,975 \times \text{Extrato}_{\text{mosto frio}} + 0,14$$

Após a análise dos gráficos de controle resultantes dos dados de perda de extrato, foi realizada uma estratificação do processo de fabricação para análise de sua capacidade e elaboração de hipóteses para as causas dos problemas. As causas potenciais foram priorizadas através de uma matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), e então comprovadas e quantificadas, confrontando hipóteses com o que se observou diretamente pelo método Gemba.

As soluções e seus riscos associados foram classificados seguindo uma pontuação nos moldes GUT, a exemplo das causas. O plano de ação para implementação da solução em larga escala foi elaborado seguindo a ferramenta 5W2H. Por último, foram criados e alterados padrões para a manutenção dos resultados.

#### 4. Resultados

A seguir, são apresentados os resultados da aplicação de cada etapa do método Seis Sigma DMAIC: Definição, Medição, Análise, Melhoria e Controle.

##### 4.1. Definição

A empresa escolhida é uma produtora de cerveja de grande porte, localizada no estado do

Paraná, Brasil. Nesta empresa, a etapa de processo definida como “fabricação” inicia-se com a moagem do malte de cevada, onde o malte é moído de modo a expor o amido para reações de conversão em açúcares fermentescíveis. Após a moagem, o malte moído é cozido em diferentes temperaturas (**mostura**), o que promove as reações de quebra do amido. Na etapa seguinte, o mosto é **filtrado**, obtendo-se assim apenas o líquido rico em açúcares, que é então **fervido**, para adição de lúpulo; e **resfriado**, para a adição da levedura nos tanques de fermentação.

O problema objetivo do projeto remete à altas perdas na área de fabricação, decorrente da perda de extrato de mosto cervejeiro dos produtos A e B (Figura 2). O projeto proposto é pertinente pois trata de um dos indicadores mais visados pela companhia, sendo relacionado diretamente ao planejamento estratégico.

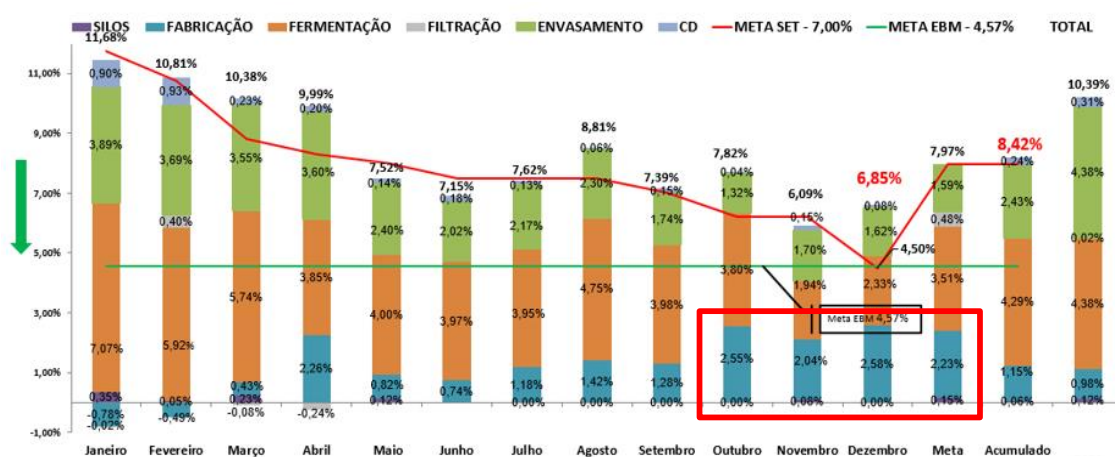


Figura 2 – Perdas financeiras em cada etapa do processo produtivo

A análise do gráfico de perdas da etapa de fabricação da (em azul) empresa mostra grande tendência de aumento na perda para a área de fabricação à partir do mês de outubro. Ainda, nota-se resultados não consistentes nos primeiros meses, que "puxam" o acumulado para baixo, dando a entender que o processo possui boa performance. O resultado fecha o ano abaixo da meta, porém com tendência de ficar fora do esperado para os próximos períodos

A metas definidas para o projeto foram: Perdas abaixo de 0,9% para mosto A; Abaixo de 4,0% para mosto B. Considerando que a perda se mantivesse ao longo do próximo ano no mesmo patamar que ficou no mês de dezembro (2,58%), o ganho financeiro estimado do projeto com a solução do problema seria próximo a R\$ 260 mil.

#### 4.2. Medição

Primeiramente, foi estudado como o problema se comporta ao longo do tempo. Para ambos os tipos de mosto, as perdas se mostram irregulares ao longo do tempo, mostrando a dificuldade em se manter um padrão, e em alguns casos, extrapolando os limites de controle (Figura 3).



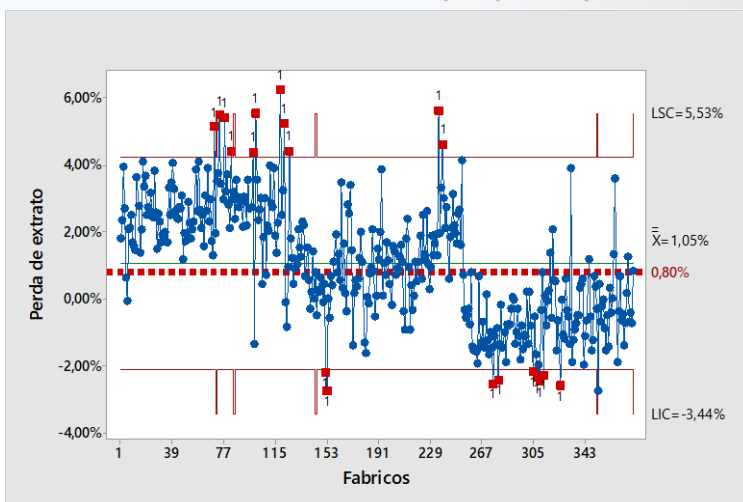


Figura 3 – Gráfico de Controle para o produto A

O problema foi então estratificado de modo que se pudessem analisar as perdas em cada uma das quatro etapas do processo de fabricação: mostura, filtração, fervura e resfriamento. (Figura 4).

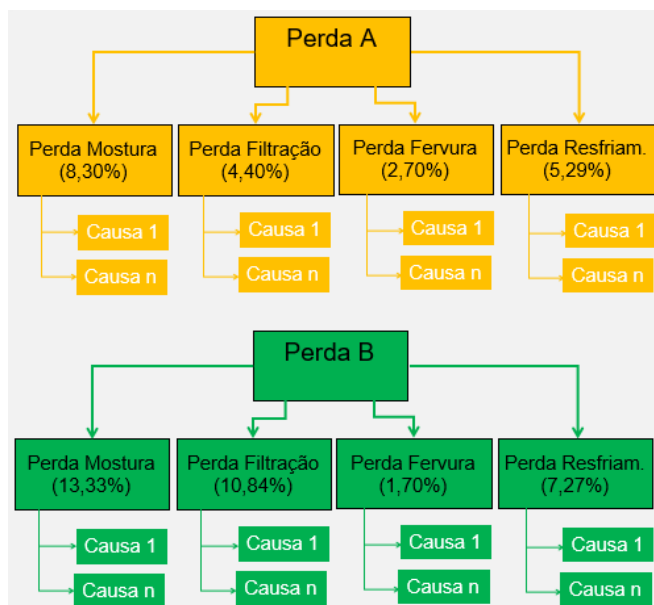


Figura 4 – Estratificação do processo de fabricação dos produtos A e B

Para mosto A, houve desvios consideráveis nas quatro etapas do processo. Para o mosto B, houve desvios consideráveis na Mostura, Filtração e Resfriamento. A partir dos dados, esperava-se com a melhoria grande redução das perdas na mostura, pois, a baixa conversão de amido em extrato nessa etapa pode prejudicar todo o processo da cerveja em termos de qualidade.

Através da análise de variação dos focos do problema, foi possível perceber que os dados coletados para cada etapa apresentava distribuição normal. (Figura 5).

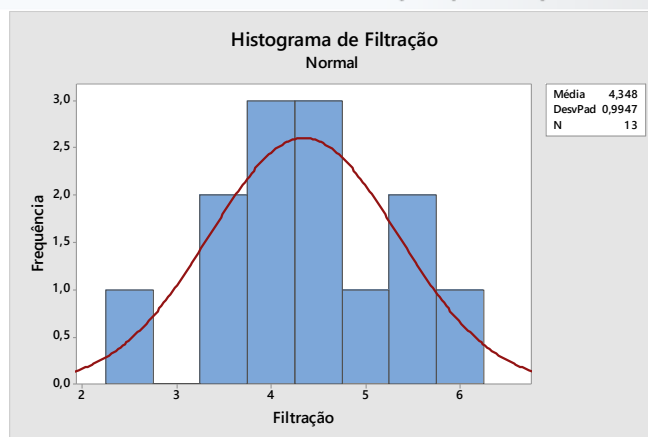


Figura 5 – Curva normal para o processo de filtração do produto A.

### 4.3. Análise

Na sequência, foi identificado qual eram os processos geradores dos problemas. Para ambos os tipos de mosto os maiores desvios ocorriam na etapa de cozimento. Para o mosto A, todas as outras etapas também apresentaram desvios altos. Já para o mosto B, apenas a etapa de fervura não apresentou desvios. As causas potenciais que mais influenciavam as perdas foram listadas através de Brainstorming (Figura 6).

<b>Perda na mostura</b>	<b>Perda na filtração</b>
Rendimento incorreto do malte Balanças DM's descalibradas Formação de grumos Moagem desajustada Sucção de grãos inteiros na despedradeira Perda de malte nas bombonas de pedra/acrospira Não conversão do amido em extrato Termopares descalibrados FQ's descalibrados Enxágue ineficiente na transferência para as tinas Vazamentos nas tubulações Vazamentos nas bombas Vazamentos nas válvulas Sensores de presença desajustados	Baixo volume de água de lavagem Zonas entupidas nas finas filtros Formação de caminhos preferenciais Baixo volume total filtrado Pouco uso de sparges Falta de enxágue nas linhas de transferência Temperatura baixa de água de lavagem FQ's descalibrados Termopares descalibrados Vazamentos nas tubulações Vazamentos nas bombas Vazamentos nas válvulas Sensores de presença desajustados
<b>Perda na fervura</b>	<b>Perda no resfriamento</b>
Rendimento da maltose abaixo do padrão Baixa solubilização da maltose no mosto FQ's descalibrados Termopares descalibrados Vazamentos nas tubulações Vazamentos nas bombas Vazamentos nas válvulas Falta de enxágue nas linhas de transferência Sensores de presença desajustados	Perda por arraste com o trub FQ's descalibrados Vazamentos nas tubulações Vazamentos nas bombas Vazamentos nas válvulas Sensores de presença desajustados Perda na inversão para os OD's

Figura 6 – Hipóteses geradas por brainstorming para identificar causa das perdas.

As causas potenciais foram então priorizadas através de uma matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência). Essas causas foram comprovadas e quantificadas, confrontando as hipóteses com o que se observou diretamente pelo método Gemba. Percebeu-se que o principal problema do produto A era o erro na medição na dosagem de maltose na fervura. Já para o produto B, a filtração apresentava muito extrato no bagaço.

#### 4.4. Melhoria

As possibilidades de soluções foram levantadas através de Brainstorming com colaboradores que possuem conhecimento do processo de fabricação, auxiliado pelo guia de boas práticas global da companhia. As soluções foram priorizadas seguindo uma pontuação nos moldes GUT, a exemplo das causas. Uma vez que algumas soluções poderiam acarretar em efeitos indesejados ao processo, foram levantados quais os riscos associados às soluções. Além disso, algumas soluções requeriam testes para serem implementadas de maneira otimizada.

O teste de aumento de *sparges* na lavagem do bagaço apresentou resultados satisfatórios. O plano de ação para implementação desta solução em larga escala foi elaborado seguindo a ferramenta 5W2H, e a maior parte das ações programadas foram implementadas. Observou-se como resultado a redução nos índices de perda de extrato para os 2 tipos de mosto.

Para o mosto A, atingiram-se as metas para as etapas de Mostura e Fervura. As etapas de Filtração e Resfriamento apresentaram redução, mas permanecem acima da meta. (Figura 7).

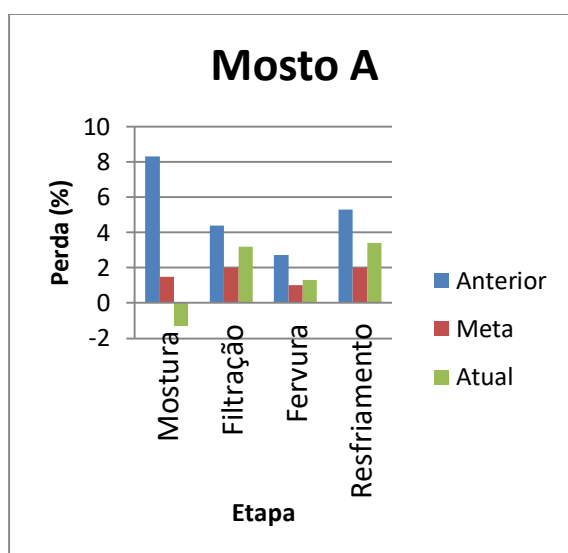


Figura 7 – Resultados do projeto Seis Sigma para o Produto A.

Durante o projeto, houve uma alteração na receita do produto B, o que impactou na respectiva análise de melhoria.

#### 4.5 Controle

Observando-se a variação dos custos financeiros por perda de extrato para os dois tipos de mosto, nota-se que houve redução para mosto A. Porém, os custos, apesar de reduzidos, ainda apresentaram grande variação. (Figura 8).



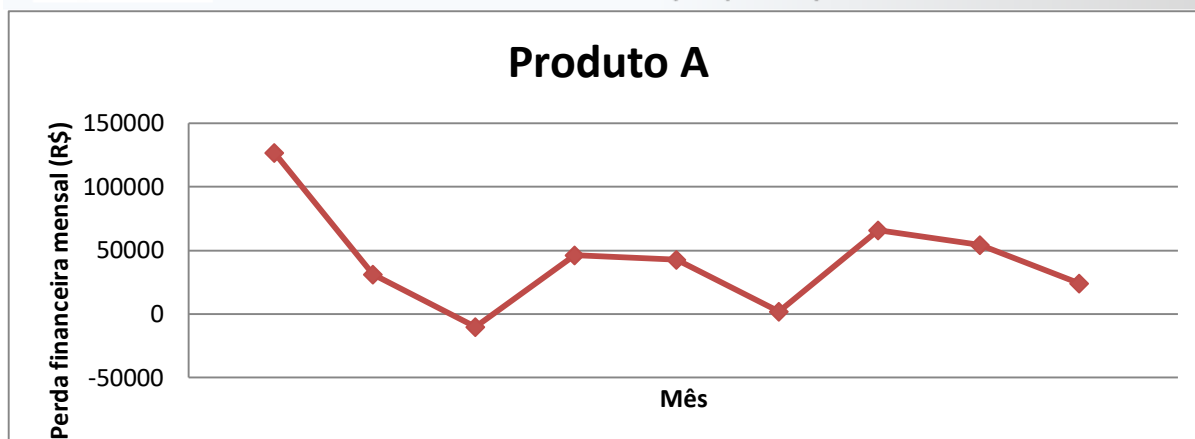


Figura 8 – Resultados financeiros do projeto Seis Sigma para o Produto A.

Para o mosto A, a meta estabelecida foi atingida, e grande evolução foi notada para o mosto B. Foram criados e alterados padrões para a manutenção dos resultados, como plano de manutenção, cartas de controle, cartões de rotina e alterações da receita no programa supervisorio. Definiram-se novos parâmetros de controle baseando-se nos focos de perda de extrato. Foram atribuídos responsáveis pelo acompanhamento do processo com base no sistema de monitoramento. Como as principais alterações foram implementadas no supervisorio de controle e no plano de manutenção/calibração, as ações implementadas não alteram as rotinas dos técnicos, não havendo assim necessidade de novos treinamentos.

## 5. Conclusões

O presente projeto Seis Sigma teve por objetivo a redução da perda de extrato na produção de mostos cervejeiros de uma unidade produtora de cerveja no estado do Paraná, Brasil. A metodologia DMAIC apresentou grande aplicabilidade neste processo. Houve êxito parcial no atingimento das metas propostas, o que expõe acertos, mas também falhas na condução das etapas.

Fazendo uma releitura do projeto, notamos que a escolha das metas do projeto deveriam ter sido melhor elaboradas, uma vez que a falta de clareza na definição dos parâmetros trouxe algumas dificuldades no decorrer das atividades. O alinhamento com a liderança da empresa também foi difícil, pois houve constantes trocas de supervisão na área de fabricação ao longo do projeto. Teve-se, ainda, mudança de metas, pois as demandas de produção acarretaram em mudanças de receita na fabricação dos mostos.

O plano de coleta de dados se mostrou coerente, pois expôs perdas por cada etapa do processo de fabricação, trazendo informações novas à empresa. A grande maioria das ações planejadas foram postas em prática. Mesmo com os percalços, o projeto trouxe benefícios tanto para a empresa quanto para a equipe, pelo precioso aprendizado adquirido.

Para pesquisas futuras, recomendam-se estudos empíricos em manutenção de controle de parâmetros críticos, e métodos de acompanhamento de perdas por etapa de processo.

## Referências

ÁLVAREZ, E. A.; LOZANO, J. P.; SAMPAYO, E. F. Waste reduction in a toast production line using Six Sigma Methodology. **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Rabat, Morocco, April 11-13, 2017**, p. 33–45, 2017.

BRUE, G.; LAUNSBY, R. Design for Six Sigma (D. Huimin, Trans.). Taipei: McGrawHill, 2003/2004.

COSTA, L. B. M.; GODINHO FILHO, M.; FREDENDALL, L. D.; PAREDES, F. J. G. Trends in Food Science & Technology Lean , six sigma and lean six sigma in the food industry : A systematic literature review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 82, n. August, p. 122–133, 2018.

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. **J Ind Eng Int.** p. 119–129, 2015.

DORA, M.; VAN GOUBERGEN, M.; KUMAR, M.; MOLNAR, A.; GELLYNCK, X. Application of lean practices in small and medium-sized food enterprises. **British Food Journal**, vol. 116, pp. 125-141, 2014.

GUTIÉRREZ, H.; DE LA VARA, R. **Control estadístico de calidad y Seis Sigma**. México D.F.: McGraw-Hill. 2009.

HERDIANA, D.S. Sardines product quality control in terms of HACCP to improve food security in Blambangan Foodpacker Indonesia company limited , Banyuwangi. **International Food Research Journal** v. 22, n. 4, p. 1507–1512, 2015.

HIGGINS, K. T. State of food manufacturing: The quest for continuous improvement. *Food Engineering*, v. 78, n.9, p. 61–70, 2006.

HUNG, H.; SUNG, M. Applying six sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost. **Scientific Research and Essays** v. 6, n. 3, p. 580–591, 2011.

KROTOV, M; MATHRANI, S. A Six Sigma Approach Towards Improving Quality Management in Manufacturing of Nutritional Products. **2017 International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Application (ICIMSA)**, p. 1–5, 2017.

LIM, S. A. H.; PRIYONO, A.; MOHAMAD, S. F. Introducing a Six Sigma Process Control Technique in a Food Production Line : Step-by-step Guideline and Critical Elements of the Implementation. **2019 IEEE 6th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)**, p. 338–342, 2019;

MACHADO, S. T.; LUIZ, P.; COSTA, D. O. Supply Chain Quality Management in Agribusiness : An Approach of Quality Management Systems in Food Supply Chains. **JOURNAL OF FOOD PROTECTION**, p. 497–504, 2016.

MENDES DOS REIS, J. G., MACHADO, S. T., COSTA NETO, P. L. D. O., MONTEIRO, R., SACOMANO, J. B. Supply chain quality management in agribusiness: An approach of quality management systems in food supply chains. **International Federation for Information Processing**, 2014.

MONTGOMERY, D. C. Introduction to Statistical Quality Control, 4th ed., Wiley, New York, NY. 2007.

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

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. The Six Sigma Way Team Fieldbok. New York: McGraw-Hill, 2002.

PRABHUSHANKAR, G. V., DEVADASAN, S. R., SHALIJ, P. R., & THIRUNAVUKKARASU, V. The origin, history and definition of Six Sigma: A literature review. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 4, n. 2, p. 133–150, 2008.

SANTOS, A. B.; ANTONELLI, S. C. Aplicação da abordagem estatística no contexto da gestão da qualidade : um survey com indústrias de alimentos de São Paulo. **Gestão e Produção**, p. 509–524, 2011.

SCOTT, B. S.; WILCOCK, A. E.; KANETKAR, V. A survey of structured continuous improvement programs in the Canadian food sector. **Food Control**, v. 20, p. 209–217, 2009.

SEOW, C; LIU, J. Innovation in Maintenance Strategy through Six Sigma : Insights of a Malaysian SME. **2006 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology**, v. 2, p. 793–797, 2006.

SIDDIQUI, S. Q., ULLAH, F., THAHEEM, M. J. Six Sigma in construction: a review of critical success factors. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 44, p. 171-186, 2016.