

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN SEIS SIGMA EM UM PROCESSO INDUSTRIAL DE LEITE DE SOJA

METHODOLOGY APPLICATION OF LEAN SIX SIGMA IN A MANUFACTURING PROCESS OF SOY MILK

Andréia Cristina Peracchi Oro* e Daily Morales

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Produção, Av. Colombo, 5790, CEP 87.020-900, Maringá – Paraná. *Autor para correspondência. E-mail: andreiaoro@yahoo.com.br.

Resumo

O principal objetivo da pesquisa é mostrar o uso da ferramenta Lean Seis Sigma no desenvolvimento de um projeto de melhoria contínua no setor agroindustrial. Com intuito de promover a redução de variabilidade e aumento da eficiência de um processo de produção de leite de soja em uma indústria de bebidas da região norte do Paraná. Este estudo se apresenta como uma pesquisa-ação onde se destacou as ferramentas de qualidade Lean Manufacturing e Seis Sigma, bem como da metodologia conjunta Lean Seis Sigma. Para desenvolvimento do trabalho foram utilizados os passos do DMAIC.

Palavras-chave: *Lean Six Sigma, Agroindústria, DMAIC.*

Abstract

The main objective of the research is to show the use of Lean Six Sigma tool in the development of a project of continuous improvement in the agro sector. Aiming to promote the reduction of variability and increase the efficiency of a production process of soy milk in a beverage industry in the northern region of Paraná. This study is presented as an action research where it was study the quality tools Lean Manufacturing and Six Sigma, as well as the joint Lean Six Sigma methodology. For development work were used the DMAIC steps.

Key-words: *Lean Six Sigma, Agrobusiness, DMAIC .*

1. Introdução

Diante do atual cenário de competitividade industrial as empresas cada vez mais têm buscado e adotado ferramentas que impulsionem seus resultados e lucratividade aliados ao aumento da satisfação de clientes e consumidores e à sustentabilidade do negócio.

Segundo Juran e Godfrey (1998), dentre os vários significados da palavra “qualidade”, dois tem importância crítica para a gestão da qualidade propriamente dita. O primeiro se refere à qualidade como um conjunto de características dos produtos que satisfazem as

necessidades dos clientes. Neste sentido, maior qualidade “custa mais”, visto que o incremento destas características, em geral, requer que sejam feitos investimentos no processo. Em sua outra definição, “qualidade” significa liberdade de deficiências, liberdade de erros que exigem retrabalho ou que resultam em falhas de campo, insatisfação e reclamações de clientes. Neste sentido, o significado é orientado para os custos de forma que normalmente maior qualidade “custa menos”.

Quando falamos em alcançar objetivos estratégicos e melhorar resultados, a organização deve visualizar a qualidade de seus processos e produtos como uma possibilidade de reduzir custos desnecessários, focando na implantação de soluções eficientes para que não haja o dispêndio de tempo e recursos em projetos que não trarão o retorno esperado.

Segundo Werkema (2008), neste contexto o Lean Seis Sigma pode e deve ser utilizado por empresas de qualquer setor, uma vez que a metodologia é uma estratégia gerencial que visa melhorar o desempenho do negócio, tendo seus impactos focados na redução da variação dos processos, redução do tempo de lançamento de novos produtos, redução de custos, aumento do nível de satisfação dos clientes, redução de estoques, eliminação de desperdícios, ou seja, na otimização da organização como um todo.

Na indústria de alimentos a qualidade está fortemente associada à questão da segurança do consumidor e aos riscos de comprometimento da sanidade dos produtos previstas pela legislação e normas do setor alimentício. Fazer uso de métodos estatísticos neste setor ainda não é algo comum e são raros os estudos que descrevem a situação da indústria alimentícia, particularmente, em relação à sua interligação com a garantia da qualidade. Apesar disso, a literatura descreve um cenário competitivo para este setor, de forma que explorar métodos quantitativos para garantir a qualidade pode ser um diferencial às empresas (MEDONÇA *et al.*, 2004)

Dentro deste contexto, este trabalho tem como objetivo mostrar o uso da ferramenta Lean Seis Sigma no desenvolvimento de um projeto de melhoria contínua no setor agroindustrial, visando redução de variabilidade e aumento da eficiência de um processo de produção de leite de soja em uma indústria de bebidas da região norte do Paraná.

2. Fundamentação teórica

2.1. Seis Sigma

Segundo Coronado e Antony (2002) a abordagem do Seis Sigma foi desenvolvida pela Motorola quando na tentativa de minimizar as taxas de falhas em seus produtos na década de 80.

Reis (2003) relata que na década de 90 outras empresas focaram sua atenção no Seis Sigma através dos excelentes resultados da metodologia na Motorola. A General Electric (GE) adotou em 1995 o Seis Sigma e evoluiu sua concepção de método de solução de problemas para estratégia de negócio.

A metodologia Seis Sigma é uma estratégia gerencial impulsionada por uma estreita compreensão das necessidades dos clientes, pelo uso disciplinado de fatos, dados e análises estatísticas que acelera o processo de melhoria dos processos, produtos e serviços, reduzindo variabilidade. A variabilidade é tratada como se fosse uma falha intrínseca ao processo, e desta forma, através de projetos de melhoria contínua e sustentável, se objetiva reduzi-la a níveis baixíssimos, visto que não existe processo sem variação (SCATOLIN, 2005).

Sigma é a unidade estatística usada para medir capacidade de um processo funcionar sem falhas. Um produto ou serviço com nível Seis Sigma é 99,9997 % perfeito.

Arnheiter e Maleyeff (2005) asseguram que Seis Sigma pode trazer um significativo retorno financeiro através da redução da taxa de defeitos, da redução do número de reclamações e da melhoria da satisfação dos clientes. É interessante avaliar que o valor da produção ou serviço de uma organização não inclui apenas qualidade, mais disponibilidade, confiabilidade, desempenho, entrega e serviço pós-venda.

2.2. Manufatura Enxuta (Lean)

Fernandes & Ramos (2006) definem a manufatura enxuta como ferramenta para com foco em eliminação de desperdícios e gerar maior valor ao cliente, otimizando os recursos e atendendo de forma mais efetiva as necessidades do cliente.

O *Lean Manufacturing* pode ser entendido como uma metodologia para a solução de problemas baseada nos fluxos dos processos e em análises estatísticas, otimizando tanto o processo onde se está atuando quanto as interfaces existentes.

Segundo Satolo *et al.*(2006), o sistema *Lean* emprega a minimização ou eliminação progressiva dos desperdícios baseando-se em cinco princípios: definição de valor a partir da

visão do cliente; definição da cadeia de valor; fabricação efetuada através do fluxo contínuo; trabalho executado sob o sistema de produção puxada e, finalmente, utilização de ferramentas de melhoria contínua para alcançar a perfeição do sistema.

2.3. Lean Seis Sigma

Para Rotondaro (2002), podemos entender o Lean Seis Sigma (LSS) como uma metodologia com estrutura de trabalho definida e com foco na melhoria contínua de processos.

Para o desenvolvimento dos projetos de LSS dentro da indústria, é necessário o entendimento da hierarquia a ser formada, uma vez que os níveis gerencial e diretivo devem ser fortes apoiadores dos projetos para o sucesso dos mesmos. Segundo Werkema (2008), a hierarquia inicia-se pelo *Sponsor* (patrocinador do projeto), seguido pelo *Champion* (dono do processo, quem toma as decisões mais importantes), *Master Black Belt* (membro com amplo conhecimento da metodologia que trabalha como apoio aos demais Belts), *Black Belt* (líder de projeto), *Green Belt* (líder de projeto e membro da equipe do Black Belt) e por último o *Yellow Belt* (membro da equipe do Green e Black Belts).

Paralelamente à esta hierarquia, deve-se entender metodologia de passos a serem seguidos, mais conhecida como DMAIC.

Etapa Definir (Define)

A etapa “Definir” é uma das mais importantes, se não a mais importante, no desenvolvimento de um projeto de Lean Seis Sigma. Nela são definidos pontos cruciais para o bom andamento de um projeto, como o grau de ligação do projeto com a estratégia da empresa, histórico de dados e informações sobre o problema, objetivos e metas, viabilidade do projeto, cronograma do projeto, equipe de trabalho, requerimentos dos clientes e identificação preliminar de possíveis dificuldades a serem enfrentadas durante o projeto.

Durante esta etapa, para que todos os requisitos já colocados sejam cumpridos no tempo previsto e com a eficiência desejada, são utilizadas ferramentas já conhecidas como o Diagrama de Pareto, Gráfico de Gantt, SIPOC e Árvore de Requerimentos e Voz do Cliente VOC-VOB.

Etapa Medir (Measure)

É nesta etapa que determina-se o foco do projeto. Através do mapeamento do processo (mapa funcional e fluxograma) pode-se encontrar muitas atividades (desperdícios, esperas em processo, movimentações desnecessárias, estoques, etc) que não agregam valor ao cliente (NVA) e, portanto, devem ser eliminadas. Outra ferramenta importante é o Diagrama de Ishikawa, mais conhecido como Diagrama de Causa e Efeito, no qual apresentam-se as possíveis interferências no Y (Y é o fator que se pretende mudar, é o problema em questão) provenientes de máquina, mão de obra, meio ambiente, metodologia, medição e matérias-primas.

Segue-se nesta etapa também uma coleta de dados, onde se espera verificar com precisão as condições atuais do processo e medir a influência das mudanças no Y que se está trabalhando.

Etapa Analisar (Analyze)

Uma vez tendo o processo mapeado e os dados coletados, é nesta etapa em que é realizada uma análise mais profunda a respeito da contribuição de cada variável priorizada na etapa Medir, determinando-se a causa raiz de cada problema e avaliando-se primariamente as possíveis soluções para cada problema.

Etapa Melhorar (Improve)

Consiste, fundamentalmente, no desenvolvimento de Projetos de Experimentos (DOE), com o objetivo de se conhecer a fundo cada processo, através da mudança estrutural de níveis de operação de diversos fatores, simultaneamente, do processo em estudo. A informação obtida com o DOE auxilia a identificar o ajuste das variáveis-chave para modificar e otimizar o referido processo.

Para cada fator priorizado, conhecendo-se a sua causa raiz, a etapa Melhorar é o momento de implementar as soluções encontradas, as quais vão garantir que a meta estabelecida seja alcançada.

Etapa Controlar (Control)

Com a implementação das soluções o objetivo/meta do projeto deve ser alcançado. Este resultado deve ser mantido a longo prazo, para garantir a sustentabilidade do processo. Para isso utiliza-se de padronizações de operações através do estabelecimento procedimentos operacionais padrão (POPs), monitoramento de processo, treinamentos, entre outras ferramentas.

Em resumo, as ferramentas básicas do ciclo DMAIC encontram-se apresentadas de maneira geral no Quadro 1. Segundo Hahn (2001), estas ferramentas podem ser consideradas as mais importantes com relação ao treinamento técnico da metodologia.

Quadro 1. Objetivos e ferramentas utilizadas nas etapas do Ciclo DMAIC.

Etapa	Objetivos	Ferramentas
<i>Define</i> (Definir)	Definir o escopo do projeto: importância, equipe, cronograma...	Termo de Abertura (<i>Project Charter</i>) (+); Gráficos de Controle (+); Análise de séries temporais; Voz do Cliente (VOC); Análises econômicas.
<i>Measure</i> (Medir)	Determinar o foco do problema, verificar a confiabilidade dos dados e coletar dados.	Coleta de Dados; Estratificação; Amostragem; Folha de verificação; Diagrama de Pareto;
<i>Analyse</i> (Analisar)	Analisar o processo para determinar as causas potenciais do problema.	Fluxograma (+); Mapa do processo/produto; FMEA; <i>Brainstorming</i> (+); Diagrama de Causa e Efeito; Planejamento de Experimentos.
<i>Improve</i> (Melhorar)	Identificar e avaliar as soluções prioritárias e implementá-las.	Brainstorming (+); Diagrama de Causa e Efeito; FMEA; Teste de mercado; Stakeholder Analysis; Simulação; 5W2H(+); PERT (+) / CPM.
<i>Control</i> (Controlar)	Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo e padronizar as alterações.	Cartas de controle; Histograma; Índice de capacidade; Manuais; Procedimento padrão;

Fonte: Adaptado de Werkema (2008).

3. Metodologia de Pesquisa

O método de estudo deste trabalho é a pesquisa-ação que, segundo MELLO *et al.* (2012), é a produção de conhecimento guiada pela prática.

Neste estudo a pesquisa-ação foi desenvolvida em uma indústria de produção de extrato de soja, com objetivo de otimização operacional da planta e redução de custo com a matéria prima, a soja.

Para realização do estudo, pesquisou-se sobre as ferramentas de qualidade *Lean Manufacturing* e Seis Sigma, bem como da metodologia conjunta *Lean Seis Sigma*.

Foram utilizados os passos do DMAIC (definir-medir-analisar-implementar-controlar) para desenvolvimento do trabalho, onde cada etapa tem um objetivo, conforme já citado.

3.1. Processo de Produção de Leite de Soja

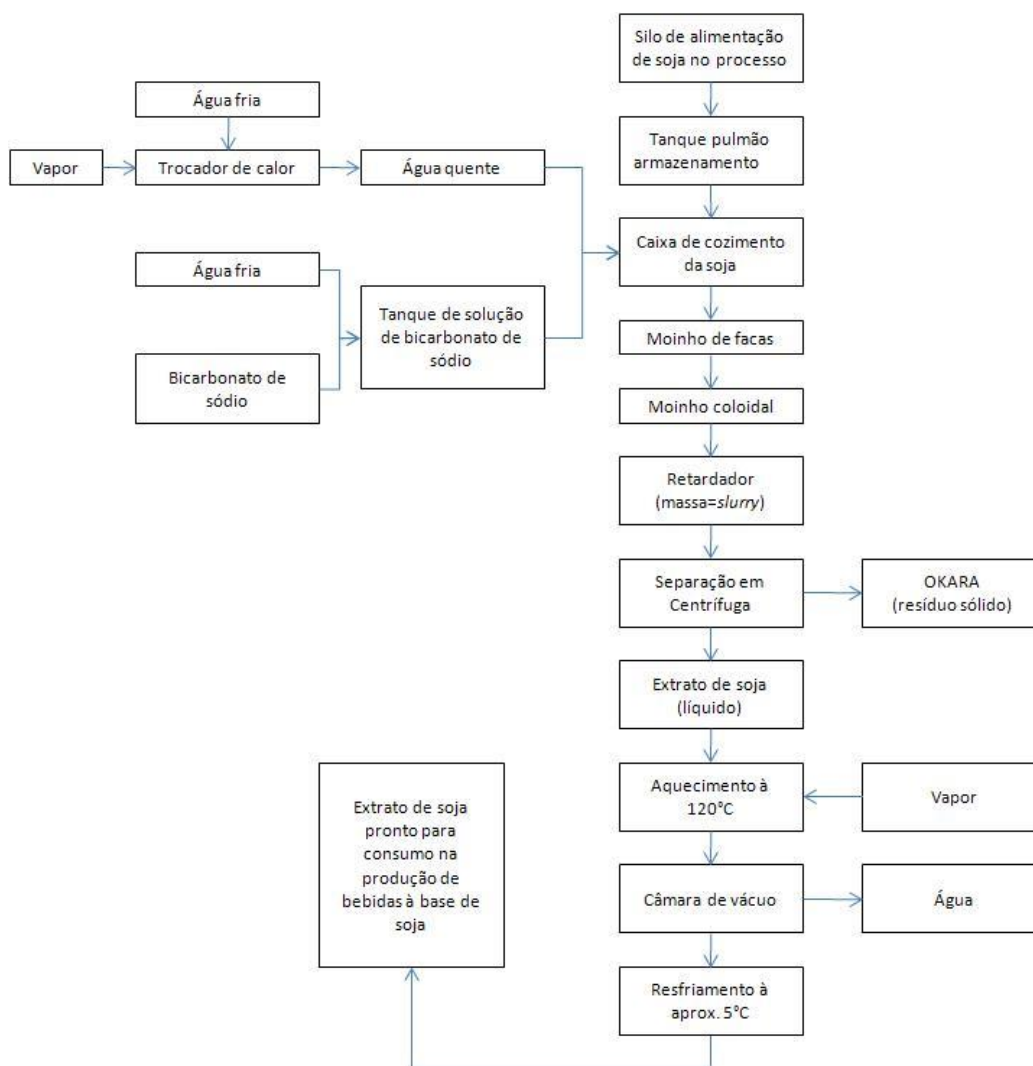
O processo de produção do leite de soja está apresentado na Figura 1. Inicialmente o processo é alimentado com soja em grãos, à qual são adicionados água quente e bicarbonato de sódio. Esta etapa é necessária para hidratar o grão e prepará-lo para sua passagem na etapa posterior (moagem).

Os grãos já hidratados passam por um moinho de facas e logo em seguida por um moinho coloidal (estator-rotor), onde têm sua área superficial aumentada, facilitando a remoção da proteína da soja para a fase líquida. O *slurry*, como é chamada a massa de soja moída que sai dos moinhos, segue para um retardador, onde se completa a migração da proteína da soja para o líquido.

Após a etapa do retardador, o *slurry* passa por uma centrífuga decanter para que a fase sólida (resíduo sólido chamado de *okara*) seja removida e reste apenas a fase líquida de interesse, o leite de soja.

Para finalizar o processo, o leite de soja é aquecido à alta temperatura para inativação de enzimas que promovem alteração sensorial.

Figura 1 - Processo de produção do extrato de soja.



Fonte: Elaboração própria.

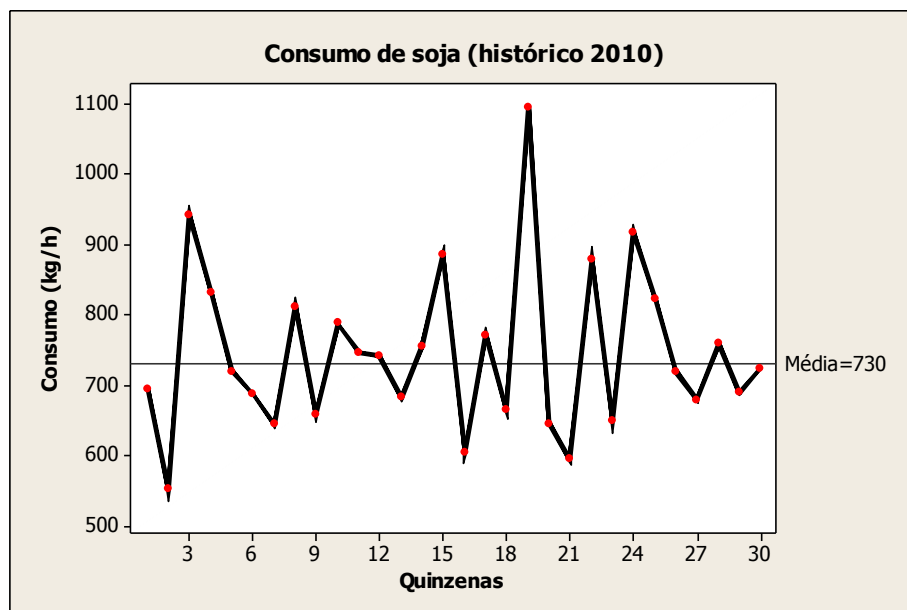
4. Pesquisa Ação: Aplicação do Lean Seis Sigma na Produção de Leite de Soja

O processo de produção estudado foi projetado para produzir 3000 L/h de leite de soja utilizando 600 kg/h de matéria prima (soja), com teor de proteína final de 4%. Ao longo do tempo este processo não estava trabalhando nos valores de projeto, sendo que estava consumindo uma média de 730 kg/h para a produção dos mesmos 3000 L/h com teor de 4% de proteína. Na Figura 2 pode-se verificar o consumo médio do equipamento apurado quinzenalmente, e verifica-se também a alta variabilidade do processo em questão.

O projeto de melhoria visou reduzir o consumo de soja no equipamento sem alterar a qualidade do leite de soja (brix, pH, teor de proteína) e também sem reduzir a vazão de saída.

Na etapa definir foi identificado o problema (Y) do processo de produção de leite de soja: consumo elevado de soja para produção e a alta variabilidade do processo.

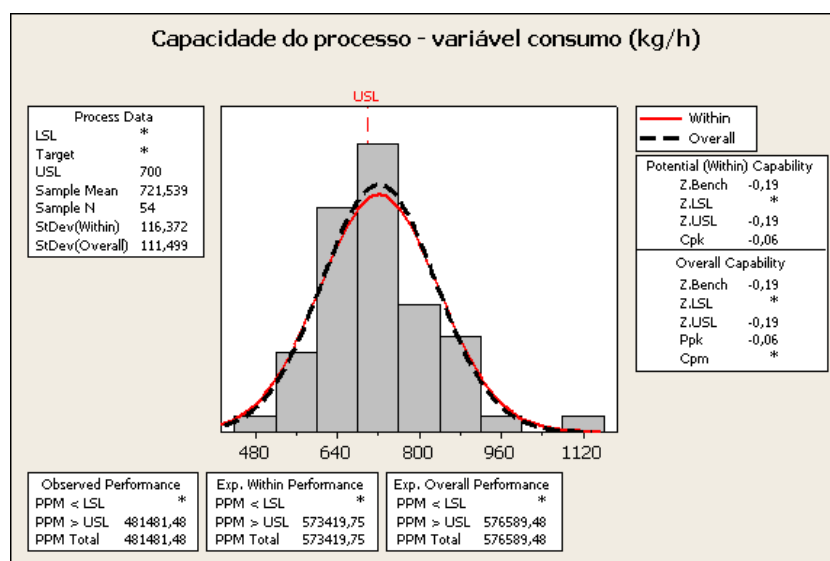
Figura 2 - Gráfico histórico do consumo de soja em 2010 (em kg/h).



Fonte: Elaboração própria.

Fazendo a análise da capacidade do processo antes do início das melhorias, conforme vemos na Figura 3, observamos que tanto o CPk (curto prazo) quanto o PPk (longo prazo) não são adequados, pois apresentam valores muito baixos (ambos -0,06), quando o ideal é acima de 1 de acordo com Montgomery & Runger (2009).

Figura 3 – Capacidade do processo de produção de leite de soja.



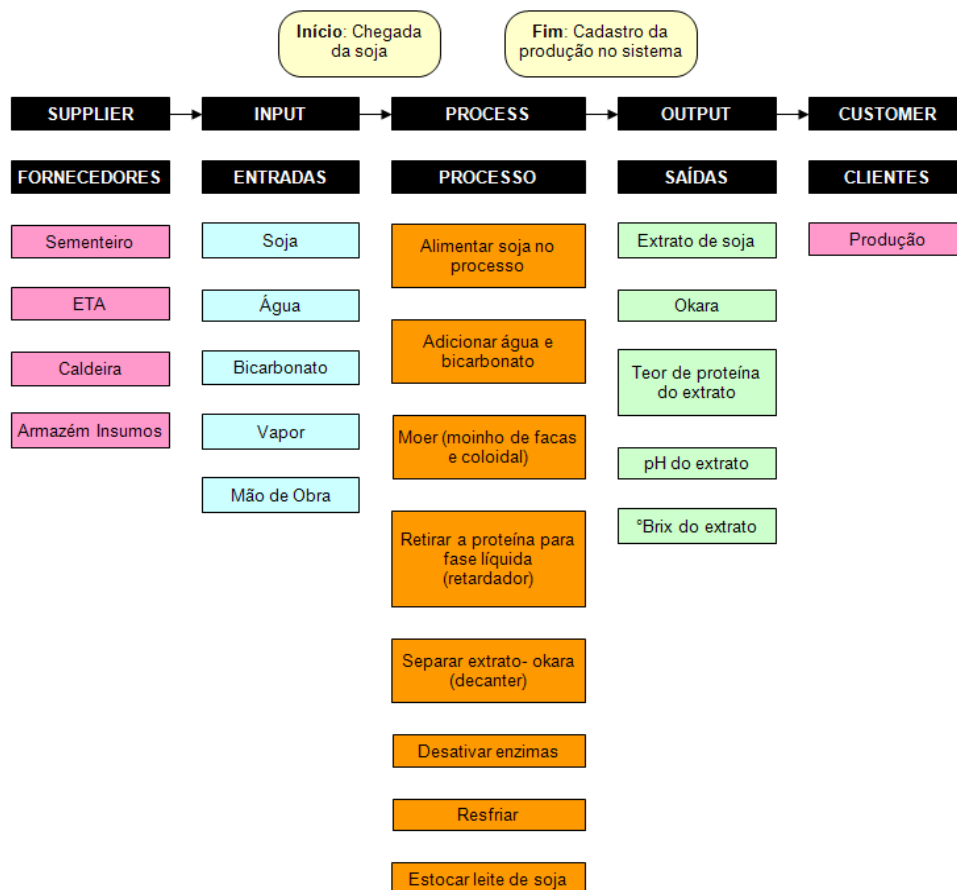
Fonte: Elaboração própria.

5. Resultados e Discussão

Podemos verificar na Figura 2 a grande variabilidade do processo, bem como da elevada média de consumo de 730 kg/h, quando o valor de projeto para o processo seria de 600 kg/h.

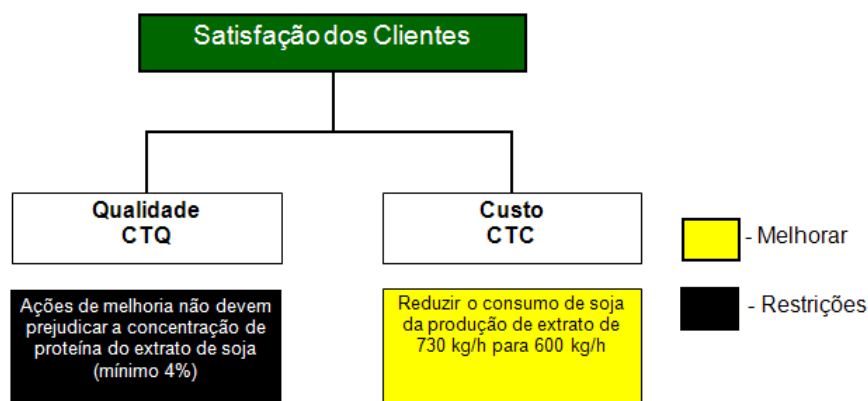
Foi elaborado o SIPOC e a árvore de requerimentos do cliente, pois desta forma pode-se enxergar mais facilmente o escopo do projeto (Figura 4) e as restrições de qualidade, custos e segurança (Figura 5).

Figura 4 - SIPOC do processo de produção de leite de soja.



Fonte: Elaboração própria.

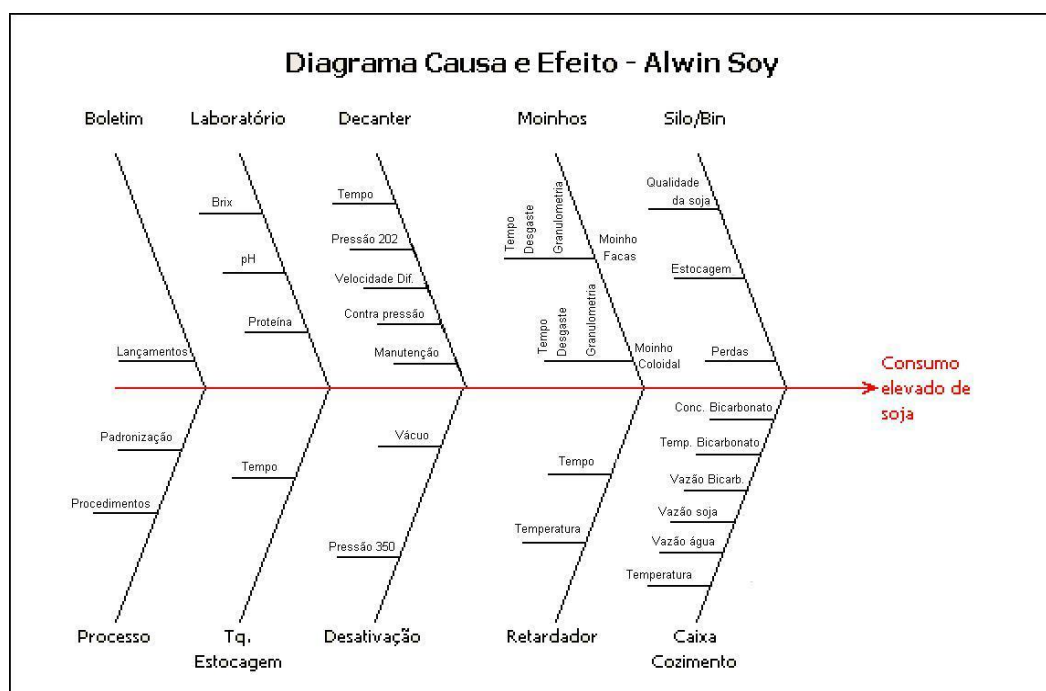
Figura 5 – Árvore de requerimentos do cliente (VOC/VOB).



Fonte : Elaboração própria.

Após o mapeamento, elaborou-se o mapa de variáveis e o diagrama de Ishikawa (Figura 6). Nesta fase foi possível identificar todas as variáveis que podem influenciar no processo e no consumo de soja.

Figura 6 – Diagrama de Causa e Efeito (Diagrama de Ishikawa) para o Y “consumo elevado de soja”.



Fonte: Elaboração própria.

Com as variáveis identificadas, foi elaborada a matriz causa-efeito, na qual cada membro da equipe de melhoria atribui notas a cada uma das variáveis (nenhuma importância, pouca importância, média importância e elevada importância). Desta forma gerou-se uma escala que, quando plotada em gráfico de frequência (Figura 7), mostrou quais as variáveis

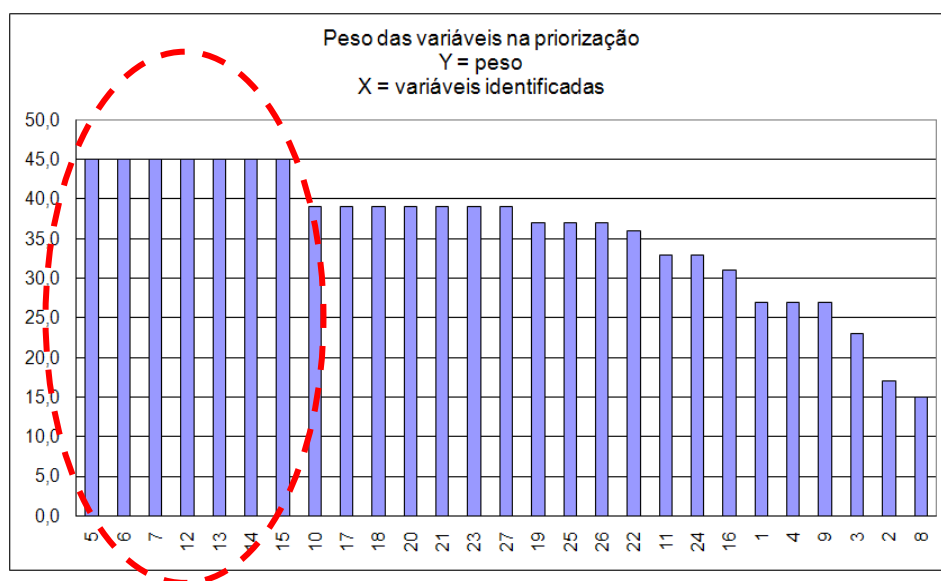
deveriam fazer parte do DOE (testes planejados realizados na planta com intuito de analisar as interações entre as variáveis de entrada e saída do processo). A matriz nada mais é que a priorização das variáveis mais importantes, na visão das pessoas que são conhecedoras do processo.

A coleta de dados se deu através da utilização da ferramenta DOE (planejamento de experimentos realizado com auxílio do software Minitab), onde as mudanças nas variáveis do processo foram pré-determinadas através de um planejamento fatorial completo com 7 variáveis controladas e 3 variáveis de saída. Coletaram-se os dados do DOE na planta e as variáveis de saída foram medidas (brix, pH e teor de proteína do leite de soja), obtendo então as superfícies de resposta de cada variável bem como das interações entre elas, tornando possível otimizar o processo e determinar os parâmetros ótimos de operação do processo. A Figura 8 nos mostra a superfície de resposta das variáveis em relação ao brix da base de soja (maior melhor).

A análise das interações entre as variáveis e o conhecimento da importância de cada uma no processo permitiu atuar na planta no sentido de melhorar o equipamento, realizar manutenções, criar parâmetros de operação padronizados, procedimentar as operações, entre outras ações.

Na etapa melhorar estas ações foram colocadas em prática e criou-se a FMEA (análise de modos e efeitos de falhas), onde identificaram-se possíveis riscos e falhas atrelados ao novo processo e atribuição de ações e responsáveis em caso da ocorrência destas falhas.

Figura 7 – Gráfico gerado pela matriz de causa e efeito (priorização dos x's), onde o eixo Y mostra o peso da priorização e o eixo X mostra as variáveis priorizadas.



Fonte: Elaboração própria.

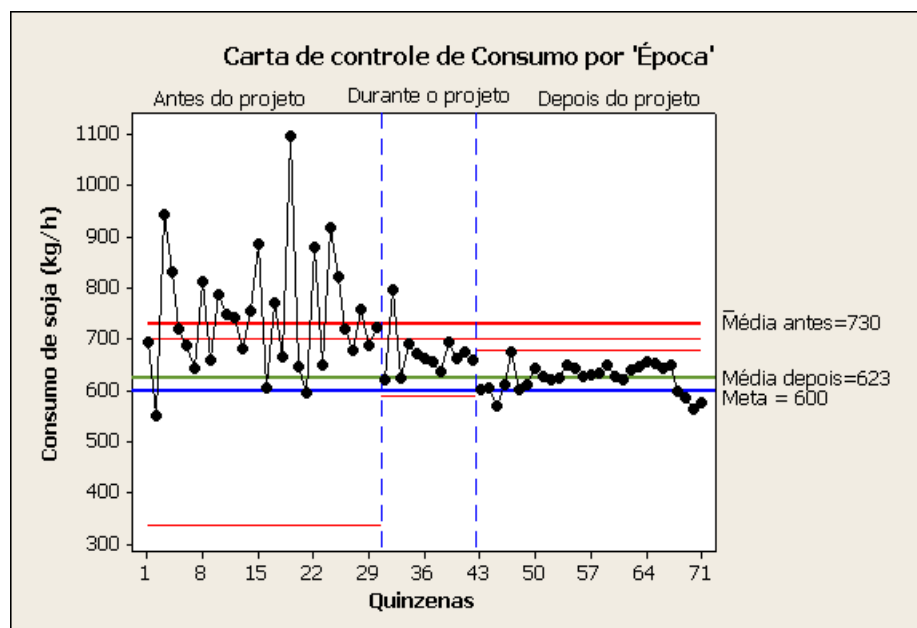
Ao final da FMEA o novo processo foi então controlado para que as ações e melhorias implantadas tivessem sustentabilidade e fossem incorporadas à operação como um todo, sendo conhecidas e praticadas por todos os envolvidos no processo, não deixando que a variável controlada saísse de controle. A etapa controlar foi realizada com utilização de cartas de controle, conforme podemos verificar na Figura 9.

Figura 8 – Superfícies de resposta da variável de saída Brix de acordo com algumas variáveis do processo (pressão, temperatura, vazão de água, etc.).



Fonte: Elaboração própria (2012).

Figura 9 – Carta de controle do consumo de soja antes, durante e depois da realização do projeto, apurado quinzenalmente.



Fonte: Elaboração própria.

6. Considerações Finais

Através da pesquisa-ação realizada foi possível a otimização de uma planta de produção de extrato de soja utilizando a ferramenta de qualidade *Lean Seis Sigma*. Os resultados mostram que com o desenvolvimento do projeto observou-se a redução da variabilidade dos dados operacionais de consumo de soja na produção, mantendo a qualidade do produto final e reduzindo os custos/desperdícios dentro da organização.

Os passos do DMAIC se mostraram efetivos como estratégia de ação em projetos de melhoria contínua, podendo ser utilizados em diversos segmentos de negócios.

Referências

- ARNHEITER, E. D.; MALEYEFF, J. **The integration of lean management and six sigma**. The TQM Magazine, v. 17, n. 1, p. 5-18, 2005.
- CORONADO, R.B.; ANTONY, J. **Critical success factors for the successful implementation of Six Sigma projects in Organisations**. The TQM Magazine, v. 14, n. 2, p. 92-99, 2002.
- FERNANDES, P.M.P.; RAMOS, A.W. **Considerações sobre a integração do Lean Thinking com o Seis Sigma**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 26, 2006, Fortaleza. Anais do 26º ENEGEP. Rio de Janeiro: ABEPRO. 2006. p. 1 - 7.
- HAHN, G.; DOGANAKSOY, N.; STANARD, C. **Statistical tools for Six Sigma**. Quality Progress, v. 34, n. 9, p. 78-82, 2001.
- JURAN, J. M.; GODFREY, A.B. **Juran's Quality Handbook**. 5 ed. McGraw-Hill. 1998.
- MEDONÇA, M. M. F.; SÃO JOSÉ, E. B.; COSTA, S. R. R. **Estudo da gestão da qualidade aplicada na produção de alimentos**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 24., 2004, Florianópolis. Anais do 24º ENEGEP. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2004. p. 1566 - 1572.
- MELLO, C.H.P.; TURRIONI, J.B.; XAVIER, A.F.; CAMPOS, D.F. **Pesquisa ação na Engenharia de Produção: proposta de estruturação para sua condução**. Revista Produção, v. 22, n. 1, p. 1-13, 2012.
- MONTGOMERY, D.C.; RUNGER, G.C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 4 ed. Rio de Janeiro: Editora LTC. 2009.
- REIS, D.A.F. **Seis Sigma: um estudo aplicado ao setor eletrônico**. 2003. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- ROTONDARO, R.G. **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Editora Atlas. 2002.
- SATOLO, E.G.; CALARGE, F.A.; SALLES, J.A.A. **Tendências e discussões sobre o Sistema Lean Production: um estudo exploratório de um site de discussões através da técnica Concept Mapping**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 26, 2006, Fortaleza. Anais do 26º ENEGEP. Rio de Janeiro: ABEPRO. 2006. p. 1 – 9.
- SCATOLIN, A.C. **Aplicação da metodologia Seis Sigma na redução das perdas de um processo de manufatura**. 2005. 137 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

WERKEMA, M. C. C. **Perguntas e Respostas sobre o Seis Sigma: Série Seis Sigma V.6.** Belo Horizonte: Editora Werkema. 2008.