III CIGELUBRA
Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro
02 a 04 de dezembro de 2026
Inovação e Transformação Digital como Estratégia Competitiva nas Engenharias
EVENTO ON-LINE

Otimização da produção de erva-mate por meio da padronização de processo com a aplicação do DMAIC: Estudo de Caso na Indústria de Alimentos

Murillo Loss Pinheiro
Engenharia de Produção – Unicesumar Ponta Grossa
Tatiane Teixeira
Engenharia de Produção – Unicesumar Ponta Grossa

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo otimizar a produção de uma fábrica de erva-mate, visando aumentar o rendimento da matéria-prima para a produção de concentrado de mate. A metodologia utilizada empregou 4 etapas (Define, Measure, Analyse e Improve) do DMAIC, realizando a observação da linha de produção, identificação de parâmetros críticos, coleta e análise de dados e implementação de melhorias para eliminação de desperdícios e variações de processo. Em cada fase do DMAIC foram desenvolvidas diferentes atividades para efetivar o projeto de melhoria: na fase definir foi definido o foco do estudo e área de atuação, na fase medir foram identificadas as variáveis que impactavam o processo e priorizado em matriz esforço impacto para posterior coleta de dados em linha e em laboratório, em seguida, na fase analisar, utilizou-se o diagrama de Ishikawa, cinco porquês e análises estatísticas para determinar quais causas impactavam o rendimento da matéria-prima durante a produção do concentrado, e na fase melhorar, aplicou-se o plano de ação 5W2H, implementando POP's, treinamento da operação para a padronização de processos operacionais e alterações estruturais para a eliminação de desperdícios. Conclui-se que o DMAIC cumpriu as etapas para a melhoria do processo e sua implementação trouxe resultados positivos na solução do problema, melhorando o rendimento da matéria-prima, aumentando a produtividade e reduzindo o custo de produção.

Palavras-chave: DMAIC. Erva-mate. Melhoria contínua.

Optimization of yerba mate production through process standardization using DMAIC: A Case Study in the Food Industry

Abstract: This study aimed to optimize the production of a yerba mate factory, with the goal of increasing the yield of raw material for the production of mate concentrate. The methodology employed followed the four stages (Define, Measure, Analyze, and Improve) of DMAIC, involving the observation of the production line, identification of critical parameters, data collection and analysis, and implementation of improvements to eliminate waste and process variations. In each phase of DMAIC, different activities were carried out to implement the improvement project. In the define phase, the study focus and scope were established, in the measure phase, the variables impacting the process were identified and prioritized in an effort-impact matrix for subsequent data collection on the production line and in the laboratory. Then, in the analyze phase, the Ishikawa diagram, five whys, and statistical analyses were used to determine which causes impacted raw material yield during concentrate production. Finally, in the improve phase, the 5W2H action plan

was applied, implementing standard operating procedures (SOPs), operator training for the standardization of operational processes, and structural changes to eliminate waste. It was concluded that DMAIC successfully fulfilled the steps for process improvement, and its implementation yielded positive results in solving the problem, improving raw material yield, increasing productivity, and reducing production costs.

Keywords: DMAIC. Yerba mate. Continuous Improvement.

1. Introdução

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) é uma espécie arbórea, natural da América do Sul, e tem grande importância econômica na região, visto que suas folhas são amplamente consumidas na forma de chá e também utilizadas na medicina (Carvalho, 2003; Dartora *et al*., 2013). Essa planta arbórea é nativa do Paraguai, Brasil e Argentina, que são considerados os únicos países produtores mundiais de erva-mate, com os estados do Sul do Brasil sendo os principais produtores e consumidores do país (De Resende *et al*, 2000). Nesse sentido, a erva-mate possui um papel importante no desenvolvimento de diversas regiões do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, do Mato Grosso do Sul e do Paraná (Gerhardt, 2003).

Santos (2019) afirma que o ramo de bebidas no Brasil sempre se destacou como economicamente atrativo devido à grande demanda e vasta quantidade de consumidores no país. Mesmo não sendo um segmento de trabalho intensivo, o setor é responsável pela geração de milhares de postos de trabalho.

Para atingir esses objetivos, é fundamental contar com processos sólidos e, para tal, são comumente utilizadas ferramentas de qualidade e melhoria contínua. De tal modo, Silva, Oliveira e Silva (2017) afirmam que, atualmente, o Seis Sigma é comumente empregado e difundido nas indústrias com uma abordagem baseada em eliminação de desperdícios, melhoria contínua da qualidade dos processos, através do emprego da ferramenta DMAIC.

Neste estudo de caso, a empresa faz uso de diferentes indicadores de desempenho, utilizados como métricas de monitoramento e análise da *performance* do processo, contribuindo para o alcance das metas definidas no planejamento estratégico da organização. Entretanto, o principal indicador utilizado no projeto é o indicador de rendimento de folha pequena torrada, o qual é mensurado em kg/kg, sendo: a quantidade em quilos de folha pequena torrada utilizado para a produção de 1 quilo de concentrado de erva-mate.

Dessa forma, quanto menos folha for utilizado para a produção do quilo de concentrado, melhor é o rendimento, sendo possível alcançar um maior volume de produção, cum custo menor e alto retorno de investimento. Esse rendimento é calculado a partir dos dados de volume de entrada de folha pequena torrada na linha de produção e do volume de concentrado envasado na linha. Sendo assim, há oportunidade de aumentar o rendimento da folha torrada durante a produção do concentrado, visando uma melhor performance no processo, com o aumento da produtividade e a redução de custos de produção.

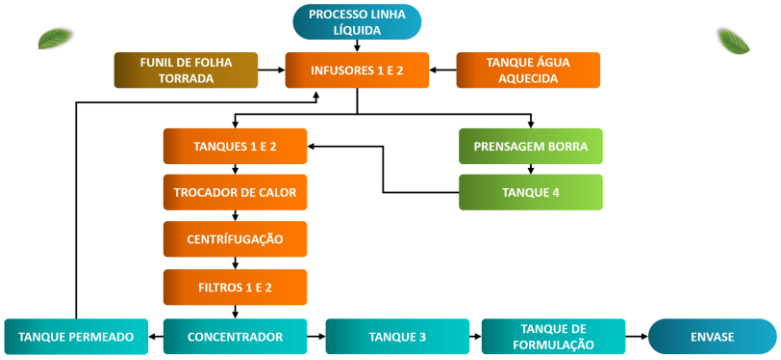
O presente trabalho tem como objetivo otimizar o processo de produção de uma fábrica de derivados de erva-mate, visando aumentar o rendimento da matéria-prima para a produção de concentrado de mate por meio do emprego das 4 fases do DMAIC, baseado na metodologia Seis Sigma.

2. Metodologia

O trabalho foi desenvolvido em uma empresa de médio porte do segmento de fabricação de produtos alimentícios derivados da erva-mate, situada no Sul do Brasil. A organização valoriza a qualidade e a segurança de seus produtos, visando o desenvolvimento da

categoria de chás e infusões no Brasil. Para melhor entendimento das etapas do processo, foi construído um fluxograma do processo de produção de concentrado de erva-mate.

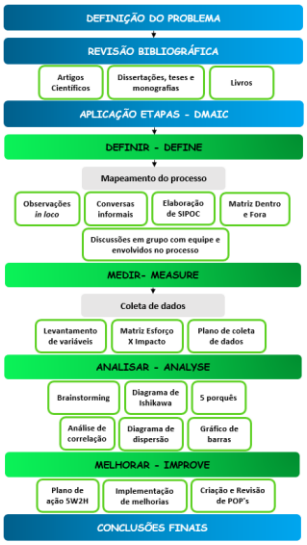
Figura 1 – Fluxograma do processo



Fonte: Autoria própria (2024).

No presente estudo, foram empregadas ferramentas de qualidade e análise, bem como variadas abordagens para a melhoria contínua, seguindo os procedimentos da metodologia DMAIC. Dessa forma, foi possível monitorar a produção, identificar e analisar as causas relacionadas aos problemas identificados que impactavam diretamente o rendimento do produto. Para tanto, o trabalho sucedeu em diferentes etapas (Figura 2).

Figura 2 – Etapas de desenvolvimento do estudo



Fonte: Adaptado de Araújo Fernandes *et al* (2024).

Conforme o uso da ferramenta DMAIC foi um elemento essencial para o avanço e desenvolvimento do projeto, foi fundamental detalhar suas etapas para conduzir a pesquisa.

3. Referencial Teórico

3.1 LEAN SEIS SIGMA

Segundo Costa (2019), no início dos anos 2000, surgiu a integração das metodologias Lean e Seis Sigma, originando o conceito de Lean Seis Sigma. Essa integração visava maximizar o valor ao alcançar melhorias de forma mais rápida na satisfação dos clientes, custos, qualidade, velocidade de processo e retorno de investimento, fazendo uso da combinação das ferramentas e fundamentos de ambas as abordagens.

3.2 CICLO DMAIC

Segundo Tampubolon e Purba, (2021), o ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) é uma metodologia estruturada de resolução de problemas amplamente utilizada

nos negócios para a melhoria de processos. A metodologia possui um ciclo com fases que guiam a equipe de forma lógica, desde a definição do problema até a implementação de soluções relacionadas às causas subjacentes, estabelecendo melhores práticas para garantir que as soluções implementadas permaneçam em funcionamento.

3.2.1 Etapa Definir - *DEFINE*

A etapa definir é a primeira fase da metodologia, e a partir desta fase são definidos os problemas, resultados indesejáveis ou oportunidades de melhoria associados ao processo analisado, bem como os objetivos, metas, escopo e métricas de monitoramento do projeto (Werkema, 2013). Antes de dar início ao projeto, é importante deixar claro qual o problema a ser resolvido. Nessa etapa, define-se o problema, seleciona-se e estabelece os integrantes do time, escuta-se a voz do cliente (*Voice of Costumer*) e define-se o escopo do projeto. Por intermédio da Matriz Voz do Cliente, determina-se as delimitações do projeto, com o que será incluído no projeto e o que não será incluído, com base no que é esperado dos clientes do processo (Werkema, 2014).

3.2.2 Etapa Medir – *MEASURE*

Essa etapa envolve medir a variabilidade do sistema com capacidade de gerar desperdício. Desse modo, antes de avançar para as fases de análise e melhoria, é fundamental assegurar que as informações e métodos de medição utilizados sejam confiáveis, a fim de evitar ações equivocadas que resultem à ausência de resultados (Shafer; Moeller, 2012). Para isso, após a análise e mapeamento do processo, são identificadas as variáveis de entrada e saída, e em seguida relacionadas as causas e efeitos apresentados para que possa ser estabelecido o sistema ideal de medição de modo que determine a capacidade atual do processo (Reis, 2016).

3.2.3 Etapa Analisar – *ANALYSE*

A partir desta etapa são utilizadas diferentes ferramentas para analisar o processo, como: diagrama de Ishikawa, Teste dos 5 porquês e o plano de ação 5W2H (Werkema, 2014). Esse método consiste em perguntar o porquê de um problema várias vezes até chegar a sua causa raiz (Ohno, 1997). De acordo com Pacaiova (2015), o método do 5W2H facilita o entendimento da causa do problema identificado, facilitando a busca por ações corretivas e preventivas. Outra ferramenta que pode ser utilizada na etapa é o Diagrama de Dispersão. Werkema (2014) descreve-o como um gráfico que pode ser aplicado para a visualização e análise das relações entre as diferentes variáveis associadas a um processo, contribuindo para aumentar a eficiência dos meios de controle do processo, permitindo a detecção de possíveis problemas e sendo útil para o planejamento das ações de melhoria que serão implementadas.

3.2.4 Etapa Melhorar – *IMPROVE*

Nessa fase são convertidas as saídas da etapa anterior em ações de melhoria, visando propor soluções, avaliar riscos associados à implementação e cumprir o plano de ação. A partir desta fase, é realizada a implementação das soluções encontradas nas etapas anteriores. Desse modo, inicia-se a análise de ideias e soluções, priorizando aquelas que apresentem maior potencial, analisando e minimizando seus riscos. Em seguida, as soluções devem ser testadas em menores proporções e analisadas para eventuais ajustes ou melhorias antes de serem implementadas definitivamente no processo (Werkema, 2012).

3.2.5 Etapa Controlar – CONTROL

O objetivo principal dessa fase é garantir que todas as melhorias implementadas após a realização das etapas anteriores sejam mantidas para garantir os resultados e a melhoria

contínua do processo. Busca-se estabelecer, mensurar, padronizar e monitorar para que as mudanças sejam integradas ao processo já existente (Besteiro *et al*., 2016).

4. Resultados

Os resultados obtidos serão apresentados com base na Metodologia DMAIC, organizados conforme os 4 tópicos das etapas previamente mencionados na seção de Metodologia. Os tópicos são: Definir, Medir, Analisar e Melhorar.

4.1 Resultados para etapa DEFINIR

Foi elaborado o contrato de projeto, definindo o tema de trabalho, a equipe de estudo com envolvidos no processo e as áreas de apoio, objetivo, justificativa, metas e KPI's que deveriam ser seguidos no decorrer do trabalho. Os indicadores foram definidos a partir de reuniões com gestores, visando atender às necessidades e expectativas dos mesmos acima do estudo. E para definir a área foco do estudo, foi utilizada a Matriz Dentro e Fora, separando os pontos que estariam fora e dentro do estudo, facilitando o entendimento e o foco da pesquisa.

Figura 3 – Matriz Dentro e Fora

	Dentro	Fora
O QUE?	Transporte de folha pequena torrada, transporte de borra, infusão, tanques de armazenamento, tanque de formulação, concentração do extrato, prensagem e envase	Depósito de armazenamento concentrado e torrado, fornecedores de erva
ONDE IRÁ ATUAR? (FOCO)	Linha líquida	Demais áreas
QUANDO?	Março a Outubro de 2024	Período anterior ao início do estudo
QUEM?	Produção, Qualidade e Manutenção	Logística/RH/Fiscal/Vendas

Fonte: Autoria própria (2024).

Para facilitar o entendimento detalhado das etapas do processo, foi elaborado o SIPOC.

Figura 4 – SIPOC

S	I	P	O	C
FORNECEDORES	ENTRADAS	PROCESSO	SAÍDAS	CLIENTE
Logística	**Folha pequena torrada**	Armazenagem	**Folha pequena torrada para produção**	Extração
Funil	**Folha pequena torrada**	Abastecimento	**Infusores abastecidos**	Infusores
Tanque aquecimento	**Água fria**	Aquecimento	**Água aquecida**	Infusores
Infusores	**Folha pequena torrada + Água aquecida**	Infusão	**Extrato de mate**	Tanques 1 e 2
			Borra	Prensa
Tanque aquecimento	**Água aquecida**	Correção concentração extrato	**Concentração conforme padrão**	Tanques 1 e 2
Trocador de Calor	**Extrato aquecido**	Troca térmica	**Extrato resfriado**	Centrífuga
Centrífuga	**Extrato resfriado**	Remoção de sólidos	**Extrato Centrifugado**	Concentrador
Concentrador	**Extrato Centrifugado**	Concentração	**Concentrado de mate**	Tanque 3
Tanque 3	**Concentrado de mate**	Armazenagem	**Concentrado de mate**	Tanque de formulação
Tanque de formulação	**Concentrado de mate + conservante**	Aquecimento a temperatura de envase	**Concentrado de mate aquecido**	Envase
Envase	**Concentrado de mate aquecido**	Envase em embalagens	**Embalagens de concentrado**	Logística

Fonte: Autoria própria (2024).

Com a elaboração do SIPOC, foi possível mapear o detalhe de cada etapa do processo, facilitando o entendimento do processo e a identificação de desvios e oportunidades.

4.2 Resultados para etapa MEDIR

Nesta etapa foi realizado o *brainstorming* com colaboradores da linha, sendo possível identificar 48 variáveis de diferentes etapas do processo que poderiam impactar o rendimento do concentrado de erva-mate. Devido à grande quantidade de variáveis levantadas, foi elaborado uma planilha de *excel* para dar pesos de 1, 3 ou 5, conforme o impacto que cada variável pode causar aos três indicadores levantados na etapa definir, para priorizar as variáveis. Conforme os pesos eram dados para cada indicador, uma fórmula gerava diferentes notas.

Figura 5 – Matriz de priorização de variáveis

Legenda		Matriz Priorização de Variáveis						
		Classificação	Variáveis	Rendimento folha torrada	Custo do produto	Volume de produção	Recorrência	Total
1	Baixo Impacto	Armazenamento/Abastecimento	x1- Peso do big bag	5	5	1	1	1125
3	Médio Impacto	Armazenamento/Abastecimento	x2- Velocidade do abastecimento	1	1	5	1	225
5	Alto Impacto	Armazenamento/Abastecimento	x3 - Cor do torrado	5	5	1	3	3375
		Armazenamento/Abastecimento	x4- Quantidade de pó	3	5	1	1	675

Fonte: Autoria própria (2024).

Após a construção da matriz de priorização, foi possível separar 31 variáveis com as maiores notas de relação peso x indicador. As variáveis de maiores notas foram estratificadas na Matriz de Esforço X Impacto elaborada no *excel*.

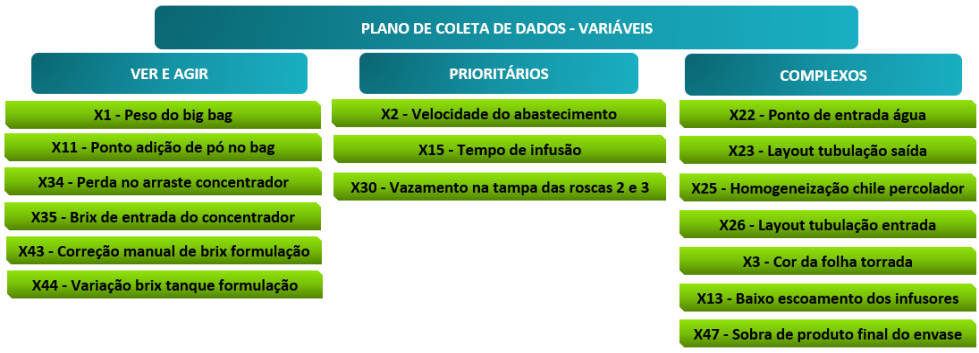
Figura 6 – Matriz Esforço X Impacto

		Matriz Esforço X Impacto		
Variáveis	TOTAL	Esforço	Impacto	Priorização
x34 - Perda no arraste do concentrador	16875	Baixo	Alto	Ver e Agir
x13 - Baixo escoamento dos infusores	10125	Alto	Alto	Complexos
x31 - Umidade da borra	3645	Alto	Baixo	Descartar
x32 - Descarte de borra com muito líquido	3645	Alto	Baixo	Descartar
x41 - Perda no cozimento tanque formulação	3645	Alto	Baixo	Descartar
x44 - Variação de brix final tanque formulação	3645	Baixo	Alto	Ver e Agir
x3 - Cor do torrado	3375	Alto	Alto	Complexos

Fonte: Autoria própria (2024).

Mediante a aplicação da Matriz de Esforço X Impacto, as variáveis classificadas como Descartar foram eliminadas, e as classificadas como Ver e Agir, Prioritário e Complexos foram priorizadas, totalizando16 variáveis para o estudo.

Figura 7 – Plano de coleta de dados das variáveis priorizadas



Fonte: Autoria própria (2024).

Em seguida, foi elaborado um plano de coleta de dados no *excel,* com *hiperlink* para cada variável priorizada, e criado um modelo de folha de anotação para os dados coletados.

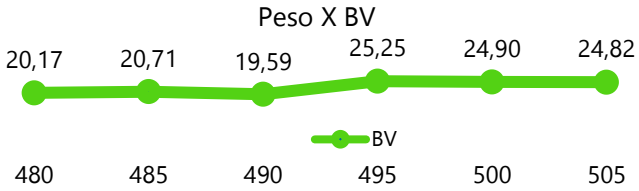
4.3 Resultados para etapa ANALISAR

Neste trabalho serão apresentados somente os resultados que geraram correlação moderada a forte e melhorias no processo:

4.3.1 Análise Variável X1 Peso do Big Bag

Foram coletados dados em infusões de bags de 480, 485, 490, 495, 500 e 505 kg. Analisando a correlação, identificou-se que o peso do bag possui correlação forte com o BV. Entretanto, analisando-se múltiplas amostras para cada bag, foi possível identificar que o melhor resultado de BV (rendimento) foi alcançado através da infusão de bags com 495 kg.

Gráfico 1 – Comparação resultados Peso do bag X BV

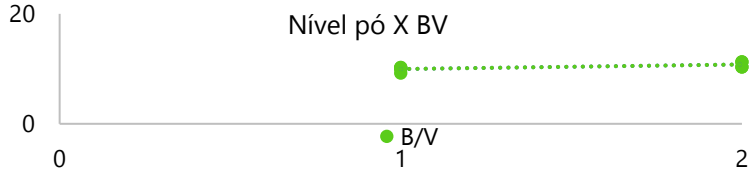


Fonte: Autoria própria (2024).

4.3.2 Análise Variável X11 Ponto Adição de Pó no Bag

Os dados analisados foram da correlação entre o nível de pó no bag com o volume extraído, brix e BV. Atualmente o nível de adição de pó no bag utilizado é a adição no fundo do bag. Para essa variável foi coletado os dados de 50 bags de folha torrada em linha durante a infusão, sendo 25 bags com adição de pó no fundo do bag (no gráfico é representado como 1) e 25 bags com a adição de pó no meio do bag (no gráfico é representado como 2).

Gráfico 2 – Nível de pó no bag X BV



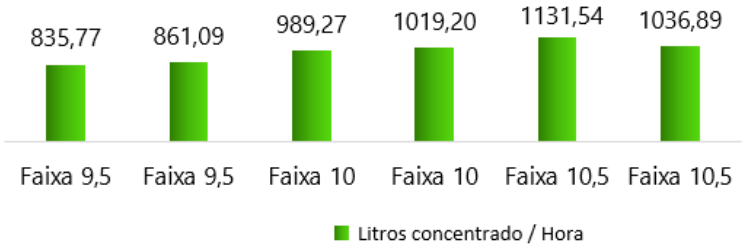
Fonte: Autoria própria (2024).

Analisando o nível de pó no bag por BV, identificou-se correlação forte. E por meio da análise de múltiplas amostras de bags, foi identificado que o melhor resultado de rendimento (maior BV) é alcançado com o uso de bags com pó no meio.

4.3.3 Análise Variável X35 Brix de entrada do concentrador

Foram coletados dados de diferentes faixas de trabalho do concentrador. Atualmente, o concentrador opera na faixa 9,5. Para a medição de dados, foram utilizados os fatores: 9,5; 10 e 10,5. Não se utilizou fatores maiores para evitar danificar o equipamento.

Gráfico 3 – Fator brix entrada concentrador



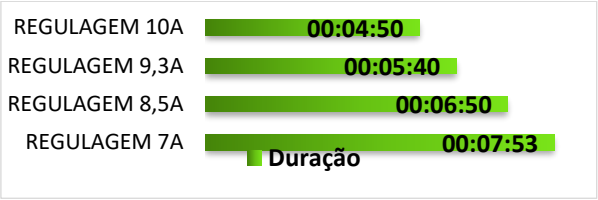
Fonte: Autoria própria (2024).

Por meio das análises, foi identificado que o melhor volume de produto concentrado gerado é alcançado no fator de brix de trabalho de 10,5.

4.3.4 Análise Variável X2 Velocidade do Abastecimento

Nessa variável foram utilizadas 4 diferentes regulagens no funil, permitindo a passagem maior de folha pequena torrada na transportadora helicoidal para abastecimento dos infusores. O tempo atual de abastecimento dura em média 8 minutos para cada bag.

Gráfico 4 – Tempo abastecimento de folha torrada nos infusores



Fonte: Autoria própria (2024).

Testando as diferentes regulagens, obteve-se uma redução de 38% na duração de abastecimento com a regulagem 10A, reduzindo 1 hora para o tempo de abastecimento de 20 bags. Através dessa regulagem maior, será possível realizar a infusão de 7 bags a mais por semana, e 21 bags adicionais por mês, obtendo-se ganho em volume de produção.

4.3.5 Análise Variável X30 Vazamento nas roscas 2 e 3

A variável X30 foi uma das variáveis estratificadas em causas no Diagrama de Ishikawa e na análise de 5 porquês durante brainstorming, para identificar diferentes causas que levaram a passagem e perda de produto durante o processo nas roscas 2 e 3.

Figura 8 – Diagrama de Ishikawa e 5 Porquês

DIAGRAMA DE ISHIKAWA

MATÉRIA - PRIMA		MÁQUINA		MEDIÇÃO		ANOMALIA
Densidade baixa da folha pequena torrada	F	Tampa da rosca amassada	V			Variável X30 - Vazamento de produto nas roscas 2 e 3
Excesso de produto na rosca	F	Caixa da rosca com fissuras	V	Volume incorreto	F	
Produto com excesso de umidade	F	Tampa da rosca mau fixada	V	Velocidade movimentação da rosca	F	
Excesso de umidade na linha	F					
Excesso de sujidades	F	Falha operacional ao ligar equipamento	V	Despejo de produto de dois infusores simultaneamente	V	
Temperatura alta da linha	F	Falha na montagem do equipamento	V	Falha na inspeção do equipamento	F	
MEIO AMBIENTE		MÃO DE OBRA		MÉTODO		

ANÁLISE DE 5 PORQUÊS

POR QUÊ?	POR QUÊ?	POR QUÊ?	POR QUÊ?	POR QUÊ?	POR QUÊ?
Vazamento de produto nas roscas 2 e 3	Caixa da rosca possui fissuras e tampa amassada	Despejo de produto de dois infusores simultaneamente	Falha operacional ao ligar equipamento	Não seguiu o procedimento de operação dos infusores	Não realizado treinamento de reciclagem
	Tampa da rosca mau fixada	Parafusos faltantes	Falha na montagem do equipamento	Retorno emergencial de equipamento pós corretiva	

Fonte: Autoria própria (2024).

E com a análise de 5 porquês foi possível identificar as causas raiz e gerar ações para a etapa melhorar, visando eliminar a recorrência das falhas.

4.3.6 Análise Variável X22 Ponto entrada de água

Para essa variável foram realizados testes em linha para a coleta de dados. Para tanto, foi fechada a entrada de água quente de cima do infusor, e adicionada uma mangueira embaixo do infusor para movimentar a folha torrada durante o abastecimento de água. Os testes foram separados em diferentes dosagens de água, com a alimentação sendo realizada simultaneamente pelos dois pontos em mesmas proporções de água, em proporções diferentes ou somente o abastecimento por baixo do infusor. Analisando os resultados, observamos a entrada de água atual (por cima do infusor), sendo a ideal para manter o padrão de rendimento do produto.

4.3.7 Análise Variável X23 Layout tubulação de saída

Para essa variável, foi utilizado o protótipo de infusor, simulando o layout de tubulação de saída de concentrado de mate do infusor para os tanques de armazenamento, e construído um layout novo reduzindo o curso da tubulação até os tanques. Para a coleta de dados, foi simulada em proporções menores, a infusão de folha pequena torrada, pó e água quente, e mensurado o brix, BV, e tempo de escoamento dos infusores até o tanque, para cada infusão.

Figura 9 – Layout atual comparado ao reduzido no protótipo



Fonte: Autoria própria (2024).

Em análise, foi observado que o tempo de escoamento foi menor no layout reduzido, com uma redução de 79,3 segundos do layout atual para 64,6 segundos no layout reduzido, apresentando uma redução de 18,5% no tempo de escoamento. Por meio da alteração de layout, se realizada em linha, haverá uma economia de aproximadamente 10 minutos no tempo de escoamento de cada bag em infusão.

4.3.8 Análise Variável X25 Homogeneização

Para essa variável, foram coletados dados em laboratório no protótipo de infusor, simulando o abastecimento de folha pequena torrada e água quente, simultaneamente, simulando a agitação da folha no protótipo durante abastecimento de água, e simulando a adição de água apenas no centro da folha torrada e umedecendo toda a superfície da folha torrada.

Figura 10 – Testes de diferentes métodos de abastecimento



Fonte: Autoria própria (2024).

O melhor resultado de brix e BV, alcançando um melhor rendimento, foi o método de adição de água em toda a superfície da folha torrada. Portanto, quanto mais umedecida a folha torrada fique do início ao fim do abastecimento, melhor é o rendimento.

4.4 Resultados para etapa MELHORAR

4.4.1 Variáveis com melhorias e treinamento de operação

Quadro 1 – Variáveis com melhorias implementadas e operação treinada

X1 Peso do Big Bag	Conforme o bag de folha torrada de 495 kg possui melhor rendimento, foi alterado o procedimento operacional de infusão nos infusores e o procedimento de ensaque de torrado na linha de torra, e treinado todos os funcionários dos dois setores.
X11 Ponto Adição de Pó no Bag	Com o melhor rendimento obtido na adição de pó no meio do bag, foi atualizado o procedimento operacional de infusão nos infusores, e o procedimento operacional de ensaque de torrado na linha de torra, para a adição de folha pequena torrada, em seguida a adição de pó no meio do bag, e, por fim, a adição do restante de folha torrada. Em seguida, realizado o treinamento de todos os funcionários das duas áreas.
X35 Brix de entrada do concentrador	Conforme o melhor volume de produto concentrado é alcançado no fator brix de trabalho de 10,5, foi realizada a atualização do procedimento do concentrador para o padrão de faixa de operação de 10,5, e treinado os colaboradores da área.

X2 Velocidade do Abastecimento	Com a melhor regulagem sendo a 10A, foi gerada ação para a soldagem e fixação da regulagem no equipamento, e ação para o treinamento dos colaboradores da área.

Fonte: Autoria própria (2024).

As ações geradas para a etapa melhorar foram organizadas em um plano de ação 5W2H.

Figura 11 – Plano de ação 5W2H

PLANO DE AÇÃO - 5W2H						
O quê? (What)	**Por quê? (Why)**	**Quem? (Who)**	**Onde? (Where)**	**Quando? (When)**	**Como? (How)**	**Quanto? (How much)**
X1 - Padronização de peso de big bag	Aumentar rendimento das infusões de bag	Operador 3	Portal GED	21/08/2024	Atualizar novo peso de bag de 495 kg no procedimento POP-FPI-LIQ-03-0002	1 hora
X1 - Padronização de peso de big bag	Aumentar rendimento das infusões de bag	Operador 3	Portal GED	21/08/2024	Atualizar novo peso de bag de 495 kg no procedimento POP-FPI-TOR-01-0015	1 hora
X1 - Padronização de peso de big bag	Iniciar infusões de bag de 495kg para melhor rendimento	Líder de Produção	Linha Líquida	05/09/2024	Treinar operadores conforme nova atualização POP-FPI-LIQ-03-0002	30 minutos
X1 - Padronização de peso de big bag	Iniciar infusões de bag de 495kg para melhor rendimento	Líder de Produção	Linha Torrados	05/09/2024	Treinar operadores conforme nova atualização POP-FPI-TOR-01-0015	30 minutos

Fonte: Autoria própria (2024).

4.4.2 Variável X30 Vazamento tampa roscas 2 e 3

Após identificar as falhas nas duas roscas, foi gerada ação de correção para a manutenção, visando eliminar as causas identificadas na etapa anterior.

Figura 12 – Antes e depois da caixa da rosca transportadora



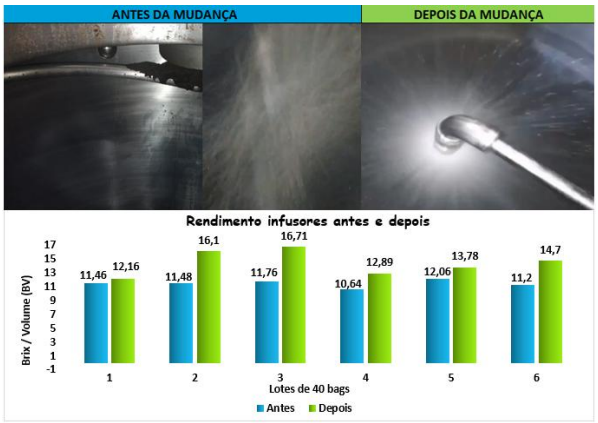
Fonte: Autoria própria (2024).

O resultado obtido foi a eliminação total da perda de produto com a ação de fabricação de nova caixa para a rosca 2, e a fixação de novos parafusos na tampa da rosca 3.

4.4.3 Variável X25 Homogeneização

Foi realizada a instalação de tubo, conexões de inox, e bico de água, com abertura de pulverização cobrindo toda a superfície da folha torrada dentro do infusor durante o abastecimento de água quente.

Figura 13 – Antes e depois tubo perfurado e bico de água



Fonte: Autoria própria (2024).

Com a mudança, a folha torrada recebe uma distribuição de água uniforme do início ao fim, extraindo ainda mais suas propriedades para a produção do concentrado. O rendimento da folha pequena torrada nessa etapa do processo para a produção de concentrado teve um aumento de aproximadamente 21 % em relação ao sistema antigo, possibilitando aumentar o volume de produção com uma quantidade menor de matéria-prima consumida.

5. Conclusões

Alcançou-se o objetivo geral do presente trabalho, contribuindo para o aumento do rendimento da matéria-prima para a produção do concentrado de erva-mate, reduzindo o seu custo de produção, aumentando o volume de produção e mitigando perdas durante o processo, por meio do emprego das 4 fases (Definir, Medir, Analisar e Melhorar) da ferramenta DMAIC.

Para os parâmetros críticos do processo, foram levantadas ao todo 48 variáveis que poderiam impactar o rendimento de folha pequena torrada para a produção de concentrado; para a coleta de dados foram realizadas 186 coletas em linha de produção e 36 coletas em protótipo no laboratório.

Por meio da aplicação do DMAIC, comprovou-se o aumento do rendimento da matéria-prima destinada à produção do concentrado de mate e corroborando para o aumento do volume de produção. Esses resultados também contribuíram com a redução do custo de produção do concentrado. De tal modo, os principais resultados foram obtidos com as melhorias implementadas nas variáveis X1, X2, X11, X25 e X35.

Conforme as medições e análises realizadas, ainda há possibilidade de obter mais resultados de rendimento e produtividade se implementadas as melhorias definidas como planos futuros, como a variável X47 (Sobra de Produto Final do Envase) e X23 (Layout tubulação de saída). Propõe-se, para elas, a implementação do sistema de reprocesso (X47), que evitará a perda de 1760 litros de concentrado por mês e o planejamento para parar a linha de produção e implantar a variável X23, que impactará na redução de 10 minutos no tempo de escoamento do concentrado, permitindo a produção de mais 38.500 litros por mês.

As principais limitações enfrentadas foram observadas durante a realização da coleta de dados, devido à necessidade de cuidados para não interferir na produção, limitações dos colaboradores em realizar a coleta de dados corretamente (em alguns momentos sendo necessário descartar a coleta e realizar novamente) e limitações na separação de bags de folha pequena torrada (devido à necessidade de envolver colaboradores de outra linha de produção).

Referências

BESTEIRO, E. N. C. *et al*. **Metodologia seis sigma: aumento da qualidade aplicada a uma empresa de tecnologia**. Seis Sigma: Coletânea de Artigos, Belo Horizonte, p. 152-162, 2016.

CARVALHO, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras), v.1, Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**. Colombo: Embrapa Florestas, p.457-466, 2003.Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/305634. Acesso em: 28 maio. 2024.

COSTA, L. B. M. **LEAN & SIX SIGMA INITIATIVES IN THE FOOD INDUSTRY**. 2019. 146 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/12061. Acesso em: 6 jun. 2024.

COSTA, T. B. S.; MENDES, M. A. Análise da causa raiz: Utilização do diagrama de Ishikawa e Método dos 5 Porquês para identificação das causas da baixa produtividade em uma cacauicultura. **Anais do X SIMPROD**, 2018. Disponível em: https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/10450. Acesso em: 25 maio. 2024.

DARTORA, N. *et al*. Rhamnogalacturonan from Ilex paraguariensis: A potential adjuvant in sepsis treatment. **Carbohydrate polymers**, v. 92, n. 2, p. 1776-1782, 2013.DOI: https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.11.013.

Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861712011186. Acesso em: 28 maio. 2024.

GERHARDT, M. **História ambiental da erva-mate**. 2003. 209 f. Tese (Doutorado

em História), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: https://www.gerhardt.pro.br/doc/historia-ambiental-erva-mate.pdf. Acesso em: 30 maio. 2024

MARIANO, I. C. **Melhoria de Processos pelo BPM**: aplicação no setor público. 2012. 22 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/65643. Acesso em: 29 maio 2024.

MOOSA, K.; SAJID, A. Critical analysis of Six Sigma implementation. **Total Quality Management & Business Excellence,** v. 21, n. 7, p. 745–759, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/233290946_Critical_analysis_of_Six_Sigma_implementation. Acesso em: 06 jun. 2024.

PACAIOVA, H. Analysis and identification of nonconforming products by 5W2H method. **Center for Quality**, p. 33-42, 2015. Disponível em: https://www.cqm.rs/2015/cd1/pdf/papers/focus_1/006.pdf. Acesso em: 06 jun. 2024.

REIS, M. S. **Estatística para a melhoria de processos: a perspectiva seis sigma**.

Imprensa da Universidade de Coimbra. Coimbra: University Press, 2016.

DE RESENDE, M. D. V. *et al*. Programa de melhoramento da erva-mate coordenado pela EMBRAPA: resultados da avaliação genética de populações, progênies, indivíduos e clones. 2000. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/297567/1/circtec43.pdf. Acesso em: 30 maio. 2024.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção:** Além da produção em larga escala. Bookman, 1997.

OLIVEIRA, T. C. T.; SILVA, A. C. G. C.; SANTOS, P. V. S. Aplicação do Controle Estatístico de Processo: Estudo Aplicado Em Fabricante de Chapas de Gesso Drywall. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 8, n. 1, p. 59-66, 2023.

SABALE, S.; THORAT, S. Applications of Lean Six Sigma. **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET).** v. 6, n. 9, p. 1999-2004, sep. 2019.

SANTOS, P. V. S. A introdução de tecnologias a favor da eficiência em operações logísticas: um estudo de caso no setor de serviços. **NAVUS Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 9, n. 3 p. 55-68, 2019.

SHAFER, S. M.; MOELLER, S. B. The effects of Six Sigma on corporate performance: an

empirical investigation. **Journal of Operations Management**, v. 30, ed. 7-8, p. 521-532, out. 2012.

SILVA JUNIOR, G. L.; VIEIRA, T. M. **Aplicação da metodologia Lean Six Sigma na operação de uma concessionária ferroviária**. 2020. Disponível em: http://hdl.handle.net/123456789/3719. Acesso em: 25 maio. 2024.

SILVA, L. C.; OLIVEIRA, M. C. ; SILVA, F. A.. **Implementação da metodologia Seis Sigma para melhoria de processos utilizando o ciclo DMAIC**: um estudo de caso em uma indústria automotiva. Exacta, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 222–232, 2017. DOI: 10.5585/exactaep.v15n2.6473. Disponível em: https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/6473. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOARES B. G. *et al*. Aplicação do método DMAIC na área de vendas de máquinas ferramentas**.** *In*: IV Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2014. **Anais[...]** Ponta Grossa: ConBRepro, 2014.

TAMPUBOLON, S.; PURBA, H. H. (2021). Lean six sigma implementation, a systematic literature review. Em International Journal of Production Management and Engineering (Vol. 9, Issue 2, p. 125–139). Universidad Politecnica de Valencia. DOI: https://doi.org/10.4995/IJPME.2021.14561.

WERKEMA, C. **Ferramentas estatísticas básicas do Lean Seis Sigma integradas ao PDCA e DMAIC.** São Paulo: GEN Atlas, 2014. Disponível em: https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=ca9b18f7-289a-378c-833f-1ab3b22c3336. Acesso em: 20 maio. 2024.

WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma**: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora GEN Atlas, 2011. 120 p.

WERKEMA, C. **Criando a cultura Lean seis sigma**. 2ª ed. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2012. 264 p.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Editora GEN Atlas,2013. 208 p.