UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

MANUELA MARIA HENRIQUE DUARTE

APLICAÇÃO DO *DESIGN FOR SIX SIGMA* NA PROTOTIPAÇÃO DE UM SISTEMA INFORMATIZADO DE CONTROLE PARA A LINHA DOMÉSTICA DE FARINHA DE TRIGO

Recife
2024

MANUELA MARIA HENRIQUE DUARTE

APLICAÇÃO DO *DESIGN FOR SIX SIGMA* NA PROTOTIPAÇÃO DE UM SISTEMA INFORMATIZADO DE CONTROLE PARA A LINHA DOMÉSTICA DE FARINHA DE TRIGO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Alimentos.

Orientador (a): Andrelina Maria Pinheiro Santos

Recife

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Duarte, Manuela Maria Henrique .
Aplicação do Design for Six Sigma na prototipação de um sistema informatizado de controle para a linha doméstica de farinha de trigo / Manuela Maria Henrique Duarte. - Recife, 2024.
64 p : il., tab.

Orientador(a): Andrelina Maria Pinheiro Santos
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia de Alimentos - Bacharelado, 2024.
Inclui referências.

1. DFSS . 2. DMADV. 3. controle de qualidade. 4. sistema informatizado. 5. moinho de trigo. I. Santos , Andrelina Maria Pinheiro . (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

MANUELA MARIA HENRIQUE DUARTE

APLICAÇÃO DO *DESIGN FOR SIX SIGMA* NA PROTOTIPAÇÃO DE UM SISTEMA INFORMATIZADO DE CONTROLE PARA A LINHA DOMÉSTICA DE FARINHA DE TRIGO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Alimentos.

Aprovado em: 26/03/2024

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br
ANDRELINA MARIA PINHEIRO SANTOS
Data: 20/05/2024 07:46:07-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Andrelina Maria Pinheiro Santos (Orientadora)

Universidade Federal de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
gov.br
FELIPE PEDRO DA COSTA GOMES
Data: 20/05/2024 18:47:21-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Felipe Pedro da Costa Gomes (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
gov.br
SAMARA ALVACHIAN CARDOSO ANDRADE
Data: 22/05/2024 10:59:18-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra Samara Alvachian Cardoso Andrade (Examinador Externo)

Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho aos meus pais Gorete e Claudionor, obrigada por sempre estarem ao meu lado e por apoiarem incansavelmente os meus sonhos. Vocês são os meus primeiros e eternos mestres!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela oportunidade de estar realizando esse sonho de me tornar Engenheira de Alimentos e por toda trajetória construída de muito amor, aprendizado e amizades. Agradeço aos meus pais por terem me apoiado na realização desse sonho e por juntos estarmos conquistando esse diploma; às minhas irmãs, obrigada por serem sempre minhas companheiras e por tornarem essa caminhada mais leve.

A toda a minha família e amigos de longas datas, que nunca me abandonaram e acompanharam meu crescimento pessoal e profissional, sempre me apoiando e buscando estar presente. Agradeço a todas as pessoas que a Universidade e o Recife me apresentaram, as do ABI, da empresa júnior, dos projetos de pesquisa e extensão, do estágio, do curso de Engenharia de Alimentos e da vida. Levo vocês no meu coração e tenho muita gratidão por todos os momentos compartilhados, vocês são fundamentais nessa caminhada e marcaram a minha história.

Agradeço a todos os professores que contribuíram com a minha formação, em especial aos professores do curso de Engenharia de Alimentos, que sempre nos acolheram tão bem e sempre buscaram nos impulsionar como profissionais e pessoas, vocês serão meus eternos mestres. Agradeço também aos técnicos do laboratório, ao pessoal da limpeza, da secretaria, a Fatinha, a tia do cuscuz e a todo mundo que fizeram parte dessa história. Em especial, agradeço à minha orientadora e amiga, Lia, obrigada por desde 2019 acreditar em mim.

Obrigada UFPE por ter sido minha casa durante esses seis anos e por contribuir com a minha evolução; estou encerrando esse ciclo com muita saudade, mas na certeza que vivi intensamente e que fui muito feliz nesse lugar.

[...] E se um dia lá na frente,
a vida der uma ré,
recupere sua fé
e RECOMECE novamente.

(BRÁULIO BESSA, 2018).

RESUMO

As indústrias de farinha de trigo buscam otimizar seus processos mediante sistemas informatizados de controle de qualidade, com isso, o uso da metodologia *Design For Six Sigma* (DFSS) destaca-se como uma ferramenta eficaz para projetar novas soluções buscando alcançar o desempenho Seis Sigma desde o início do projeto e atender às necessidades dos clientes. O estudo foi realizado em um moinho de uma indústria de farinha e teve como objetivo a aplicação do DFSS como suporte na prototipação de um sistema informatizado de controle para a linha de produção de farinha de trigo de uso doméstico, através do método DMADV (Definir, Metrificar, Analisar, Projetar e Verificar). No processo foram elaboradas planilhas dinâmicas de controle e um *Dashboard* para o protótipo para realizar simulações, propor melhorias nos processos de controle e destacar tanto os benefícios quanto às dificuldades do DFSS. Foram realizadas pesquisas de cunho qualitativo, definidos os processos, os *stakeholders* e as necessidades dos clientes. Sendo este último obtido por meio de entrevistas e observações diretas. Por meio de uma análise do sistema atual, foram identificados os requisitos críticos para a qualidade (CTQ's). Um *Benchmarking* e uma análise comparativa de *software* foram realizados para selecionar a melhor opção. Em seguida o sistema foi prototipado e simulado para validar sua viabilidade. O Google *Sheets* foi escolhido como a ferramenta mais adequada para a prototipação do sistema informatizado, devido à sua capacidade de atender aos requisitos críticos da qualidade e às necessidades dos clientes; na prototipagem e na simulação foi possível validar a sua eficácia e funcionalidade. Os resultados indicaram a viabilidade da aplicação do DFSS. Tendo como benefícios: foco no cliente; prevenção de problemas potenciais e otimização do desempenho da solução. Apesar das dificuldades como a falta de capacitação técnica e a necessidade de tempo para aplicação da metodologia, o DFSS demonstrou ser uma abordagem eficaz para desenvolver soluções voltadas para o cliente, promovendo a melhoria contínua da qualidade e a excelência operacional na indústria alimentícia.

Palavras-chave: DFSS; DMADV; controle de qualidade; sistema informatizado; moinho de trigo.

ABSTRACT

Wheat flour industries seek to optimize their processes through computerized quality control systems, therefore, the use of Design For Six Sigma (DFSS) methodology stands out as an effective tool for designing new solutions seeking to achieve Six Sigma performance from project initiation and to meet customer needs. The study was carried out in a flour industry mill and aimed to apply DFSS as support in the prototyping of a computerized control system for the wheat flour production line for domestic use, using the DMADV method (Define, Metrify, Analyze, Design and Verify). During the process, dynamic control spreadsheets and a Dashboard were created for the prototype to carry out simulations, propose improvements in control processes and highlight both the benefits and difficulties of DFSS. Qualitative research was carried out, defining the processes, stakeholders and customer needs. Which being obtained through interviews and direct observations. Through an analysis of the current system, critical requirements for quality (CTQ's) were identified. Benchmarking and a comparative software analysis were carried out to select the best option. The system was then prototyped and simulated to validate its viability. Google Sheets was chosen as the most suitable tool for prototyping the computerized system, due to its ability to meet critical quality requirements and customer needs; In prototyping and simulation, it was possible to validate its effectiveness and functionality. The results indicated the feasibility of applying DFSS. The benefits were: customer focus; prevention of potential problems and optimization of solution performance. Despite difficulties such as the lack of technical training and the need for time to apply the methodology, DFSS has proven to be an effective approach to developing customer-oriented solutions, promoting continuous quality improvement and operational excellence in the food industry.

Keywords: DFSS; DMADV; quality control; computerized system; wheat mill.

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	**12**
2	**OBJETIVOS**	**14**
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3	**FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**	**15**
3.1	PRODUÇÃO DE FARINHA DE TRIGO	15
3.2	GESTÃO DA QUALIDADE	16
3.3	REGISTROS DE DADOS NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS	18
3.4	SEIS SIGMA	19
3.5	DESIGN FOR SIX SIGMA	20
3.6	FERRAMENTAS DA QUALIDADE	22
3.6.1	Brainstorming	22
3.6.2	Análise SWOT	23
3.6.3	Críticos para a Qualidade (CTQ's)	23
3.6.4	Benchmarking	23
3.6.5	5W2H	23
4	**METODOLOGIA**	**24**
4.1	INFORMAÇÕES DA EMPRESA	24
4.2	ETAPAS DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DFSS	24
5	**RESULTADOS E DISCUSSÃO**	**27**
5.1	DEFINIR	27
5.1.1	Definição dos processos cobertos por o sistema informatizado de controle	27
5.1.2	Definição dos *stakeholders* do projeto: Os clientes	27
5.1.3	Coleta das necessidades e expectativas dos clientes por meio de entrevistas e observação direta	28
5.2	MENSURAR	29
5.2.1	Análise do processo atual de controle da indústria	29
5.2.1.1	*Detalhamento do controle de peso das farinhas de trigo domésticas*	*31*

5.2.1.2 Detalhamento do controle de recebimento das embalagens das farinhas de trigo domésticas *32*
5.2.1.3 *Detalhamento do controle de shelf-life das farinhas de trigo domésticas* *33*
5.2.2 Identificação das variáveis críticas em cada etapa do processo 33
5.2.2.1 Identificação dos pontos de medição relevantes para o sistema informatizado de controle *35*
5.2.3 Identificação dos Requisitos Críticos (CTQs) 35
5.3 ANALISAR 36
5.3.1 Benchmarking 37
5.3.2 Análise entre os softwares a partir das CTQ's 38
5.4 DESIGN 40
5.4.1 Elaboração do projeto do sistema informatizado de controle 41
5.4.1.1 Conceito *42*
5.4.1.2 Equipe multifuncional responsável pela implementação do projeto e funções *42*
5.4.1.3 5W2H *43*
5.4.2 Alinhamento das características do sistema com as expectativas dos clientes 44
5.4.3 Prototipação 46
5.5 VERIFICAR 53
5.5.1 Simulação do protótipo 53
5.6 BENEFÍCIOS E DIFICULDADES DO *DFSS* 57
6 CONCLUSÃO 58
7 SUGESTÕES TRABALHOS FUTUROS 59
REFERÊNCIAS 60

1 INTRODUÇÃO

A farinha de trigo é uma das farinhas mais consumidas no mundo, presente desde o pão ao biscoito, tem como principais constituintes o amido e o glúten, além do farelo derivado da casca, que é encontrado em proporções variadas, de acordo com o tipo de farinha produzida. Da produção mundial de cereais, 30% correspondem à produção de trigo (*Triticum spp*.) e o seu cultivo é disseminado pelo mundo inteiro (Carlos *et al*, 2015), sendo no Brasil, a região sul o principal produtor. Segundo a Abitrigo (2023), em um levantamento realizado em 2019, o país conta com 165 moinhos em atividade.

Diante desse cenário e da competitividade, os moinhos de trigo para manterem-se no mercado, precisam adequar-se constantemente as demandas dos seus consumidores e dos órgãos regulamentadores, sendo os programas de controle e de captação de dados, procedimentos fundamentais para o bom desempenho de uma empresa e para a entrega de um alimento seguro e de qualidade para o cliente, pois, são ferramentas facilitadoras que auxiliam na visualização sistêmica da empresa e na melhoria contínua.

No entanto, na sua maioria, a captação desses dados requer muito tempo e são armazenados de forma física, demandando um grande espaço para armazenamento e dificultando a fiscalização e a realização de auditorias internas e externas (Furlani, 2022); sendo um empecilho no controle da qualidade e na análise dos dados obtidos. Dessa forma, os sistemas de controle utilizando de meios tecnológicos, entram na indústria de alimentos como um aliado na redução do tempo de captação dos dados e do espaço físico para o armazenamento dessas informações, além de facilitar na consulta e na localização das informações necessárias no dia a dia da empresa ou em auditorias. E mais, é uma alternativa ecologicamente mais sustentável, que ao longo prazo traz o benefício da redução de custos com papel e outros materiais.

Com isto, indústrias de farinha de trigo que visam implementar um sistema informatizado de controle e otimizar os seus processos, necessitam planejar de forma eficiente o novo processo e a sua implementação, assim, a abordagem *Design for Six Sigma* (DFSS) entra como uma ferramenta de planejamento proativa

com elementos mensuráveis e ferramentas de design comprovadas que podem aumentar as chances de sucesso e o alcance dos objetivos almejados. Essa metodologia tem como objetivo projetar novos produtos, processos produtivos ou serviços que visam iniciar suas atividades apresentando um desempenho Seis Sigma. As ferramentas apresentadas nessa metodologia podem reduzir custos e melhorar a qualidade, mas, busca principalmente atender as necessidades do cliente e trazer inovações que agregam valor ao produto entregue (Andrade, 2017).

Este trabalho busca, por meio de um estudo de caso e uma abordagem qualitativa, analisar como a metodologia *Design For Six Sigma* pode auxiliar na prototipação de um sistema informatizado de controle para a linha de produção de farinha de trigo de uso doméstico. Para alcançar esse objetivo, será adotado o método DMADV (Definir, Mensurar, Analisar, Projetar e Verificar) para desenvolver o protótipo do sistema informatizado de controle, que também incluirá a criação de planilhas dinâmicas de monitoramento e um *Dashboard*, a realização de simulação, sugestões de aprimoramento nos procedimentos de controle da fábrica e a análise dos pontos positivos e desafios do DFSS.

O interesse do estudo surgiu a partir da vivência proporcionada pelo estágio curricular realizado pela autora em um Moinho de Trigo, local de estudo deste trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Aplicar a metodologia *Design For Six Sigma* na prototipação de um sistema informatizado de controle para uma linha de produção de farinha de trigo de uso doméstico.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar a metodologia DMADV na prototipação do sistema informatizado de controle;
- Elaborar planilhas dinâmicas de controle e *Dashboards* para o protótipo;
- Realizar simulação com o protótipo;
- Propor melhorias que otimizem os processos de controle do moinho;
- Apresentar benefícios e dificuldades da metodologia DFSS;

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 PRODUÇÃO DE FARINHA DE TRIGO

O trigo é milenar na história da humanidade, sendo o segundo alimento mais consumido no mundo, segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação). Tem como principal subproduto a farinha de trigo, esta origina-se do endosperma do grão de Trigo *Triticum*, após o processo de moagem e peneiramento, que tem também como subproduto o farelo, na proporção de 75% e 25%, respectivamente. As farinhas de trigo no Brasil são classificadas em Tipo 1, Tipo 2 e integrais, diferenciando-se pelo teor de farelo presente nelas. Essas farinhas podem ter aplicação industrial ou doméstica, sendo destinadas para a produção de biscoitos, pães, massas entre outros produtos (Abitrigo, 2023).

Segundo Brasil (2005), a farinha de trigo é classificada quanto o seu uso entre industrial e doméstica, essa última é subdividida entre farinha de trigo integral, farinha de trigo especial ou de primeira e a farinha de trigo comum, essa classificação é realizada a partir do teor de cinzas presente, que corresponde ao teor máximo de 2%, 0,65% e de 0,66% a 1,35%, respectivamente.

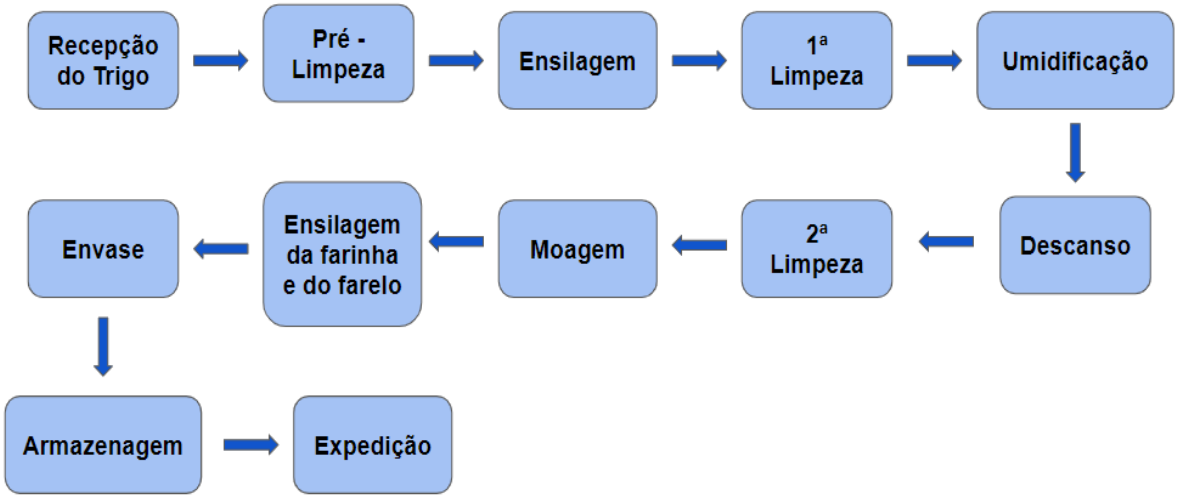
O trigo chega aos moinhos com diversas impurezas, assim, precisa ser purificado na recepção e durante o processo de moagem, através de técnicas sofisticadas, além disso, é classificado por tamanho. Após essas etapas iniciais, de purificação e seleção, é adicionado água aos grãos, que descansa por um período determinado (a quantidade de água e o tempo de descanso varia de acordo com a dureza do grão), objetivando facilitar a separação do amido do farelo nas etapas de trituração que são realizadas por meio de rolos e no sistema de peneiramento e aspiração, que limpa a farinha. Por fim, a farinha limpa passa por rolos lisos, um sistema de redução que transforma a farinha em um pó extremamente fino (Abitrigo, 2023). De acordo com Pinheiro (2021), o processo de moagem do trigo para a produção de farinha de trigo e farelo pode ser representado (Figura 1).

Segundo Corte e Waquill (2015), a maioria das indústrias processadoras de derivados de trigo no Brasil possuem processos de baixa tecnologia e não investem em inovações.

O setor moageiro de trigo foi controlado pelo governo federal durante os anos de 1967 a 1990, época que cada moinho tinha um limite na compra do trigo, no entanto, a partir dos anos 90, as empresas do setor passaram para um ambiente mais dinâmico, que em conjunto com o acesso às novas tecnologias, permitiu que as indústrias agregassem valor e buscassem diferenciar-se no meio (Silva, 2014).

Assim, a inovação na indústria de derivados de trigo surge com a necessidade de intensificar as condições de competitividade, buscando destacar-se (Corte; Waquill, 2015). Empresas que buscam intensificar essas condições competitivas, devem investir principalmente em qualidade, pois, os consumidores estão cada vez mais exigentes ao adquirir um determinado produto. Assim, essas organizações precisam investir em sistemas eficazes para exercer esse controle de qualidade (Figueiredo; Costa Neto, 2001). Entretanto, nos estudos relacionados às principais barreiras para a inovação nesse setor, foi confirmado que a maior restrição é o fator econômico (Corte; Waquill, 2015).

Figura 1 - Fluxograma do processo produtivo da farinha de trigo e do farelo



Fonte: Adaptado de Pinheiro (2021).

3.2 GESTÃO DA QUALIDADE

A gestão da qualidade pode ser compreendida como um conjunto de subsídios que se relacionam de maneira dinâmica e estão interligadas funcionando como um sistema. E tem como objetivo manter o propósito da organização

(Bertolino, 2010). A gestão da qualidade na indústria alimentícia é regulamentada pelas legislações sanitárias vigentes e as certificações nacionais e internacionais, almejando sempre a produção de um alimento seguro para a saúde do consumidor e a melhoria contínua da cadeia produtiva (Vergara; Seleme, 2016).

Dessa forma, na indústria, diversas normas e ferramentas de qualidade são implementadas buscando garantir os padrões de qualidade e de identidade que atendam as expectativas do consumidor, além das legislações específicas. Das ferramentas mais utilizadas na indústria de alimentos tem-se as Boas Práticas de Fabricação (BPF), o Sistema APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle) e as certificações ISO 9001 e 22000, entre outras (Vergara; Seleme, 2016).

Para Bertolino (2010), a ISO 9001 tem como propósito específico a garantia da qualidade, sendo um sistema de gestão que coordena e controla uma organização em relação à qualidade. Determinando as entradas e as saídas esperadas, aplicando metodologias de controle e de melhorias. Essa norma, além de influenciar na qualidade do produto final e nas necessidades dos clientes, também se preocupa com questões relacionadas à desperdício, ao desuso da mão de obra, as paradas nos equipamentos, entre outras questões, visando o aumento e a eficiência do processo produtivo (Nogueira; Damasceno, 2016).

Já a ISO 22000, determina um sistema de gestão de segurança de alimentos, identificando os possíveis perigos da cadeia produtiva, que garanta um alimento seguro e que não apresenta perigos ao consumidor. Essa norma destaca a necessidade de comunicação com todos os setores da cadeia produtiva, por meio de documentações, registros e responsabilidades. Além disso, determina os pontos críticos de controle (PCC) e as faixas de aceitação de perigo, como também os programas de controle, monitoramento, verificação e melhorias (Lima, 2020).

Dessa forma, segundo Bertolino (2010), a indústria deve ter uma preocupação com a qualidade de todos os processos da organização; inicialmente definindo o que dentro da instituição é considerado como um produto de qualidade, baseando-se nas necessidades do seu público e na estrutura da empresa, além das normas regulamentadoras. E em seguida, se faz necessário, planejar e projetar formas de garantir essa qualidade, como também monitorar e aplicar melhorias. O

monitoramento do sistema da qualidade, requer gestão de documentos, procedimentos descritos e registros para o controle do processo produtivo, esses registros podem ser feitos através do preenchimento de questionários ou análises laboratoriais (Paula; Nantes, 2017).

3.3 REGISTROS DE DADOS NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Nas indústrias de alimentos o sistema da qualidade impulsiona as empresas a criarem processos que levem ao êxito da sua produção e a aceitabilidade dos seus produtos, dessa forma, para garantir a eficácia dos seus processos se faz necessário monitoramento por meio de instrumentos de controle e documentos (Silva, 2010).

Segundo Lima (2021), o controle serve para garantir o cumprimento dos processos previamente estabelecidos, por meio do monitoramento dos resultados e dos dados obtidos, além disso, esses dados devem ser arquivados e servir como subsídio nas tomadas de decisões.

Assim, os registros de dados é uma etapa importante do monitoramento e controle, pois permite a quantificação e a análise dos resultados correspondentes ao funcionamento dos processos, como também permite a identificação de desvios na qualidade. A portaria de nº 326, de 30 de julho de 1997, do Ministério da saúde, destaca que “devem ser mantidos registros dos controles apropriados à produção e distribuição, conservando-os durante um período superior ao tempo de vida da prateleira do alimento.”

Segundo Silveira (2012), durante os procedimentos de observação e controle, todos os dados devem ser registrados e armazenados em questionários específicos para cada atividade, que devem ser padronizados. Estes registros devem ser acessíveis e armazenados de forma a proteger a sua integridade, em um período de tempo de 2 anos no controle da qualidade e de 3 anos no arquivo morto, totalizando 5 anos.

Variando muito de empresa para empresa e de sua capacidade produtiva, esses registros de controle podem ser feitos de forma informatizada por planilhas e *software*, ou por meio de registros em papéis, essa escolha está diretamente

relacionada em como o setor estratégico enxerga a importância da rastreabilidade no meio industrial e a liberdade financeira para investir em tecnologias (Oliveira Filho; Melo, 2021).

Nos sistemas informatizados, como os programas computacionais, um dos grandes benefícios evidenciados é a redução do uso de papéis e da compra de insumos para a impressão, que consequentemente influencia na redução dos custos, como também, a mão de obra reduz suas atividades operacionais e pode focar em análises estratégicas (Lima, 2020). Além disso, empresas que adotam práticas de gestão, ferramentas da qualidade e *software*, têm como resultados a melhoria dos processos e a elevação no grau de inovação (Paulla, 2015).

Assim, tendo em vista que as mudanças e as inovações surgem em uma velocidade cada vez maior, devido sua grande importância como um diferencial competitivo e de sobrevivência frente os imensuráveis concorrentes (Fioravante, 2005), visando alcançar os níveis de qualidade que o mercado exige, as organizações necessitam reinventar seus processos administrativos, estando preparada para absorver as mudanças econômicas, sociais e tecnológicas do meio que está inserido (Bertolino, 2010).

3.4 SEIS SIGMA

O sistema Seis Sigma tem como objetivo principal atingir a excelência das operações com foco em 3,4 defeitos por um milhão de produtos/serviços executados, por meio do controle estatístico da qualidade. Priorizando os projetos essenciais e alinhados com a estratégia da organização; além disso, a redução de custos e os benefícios financeiros são observados na aplicação dos projetos Seis Sigma na empresa (Andrade, 2017). Segundo Fioravanti (2005), para que um processo seja considerado Seis Sigma, ele precisa atingir 4,5 desvios-padrão ao longo prazo e 6 desvios padrão no curto prazo. Esses 4,5 desvios-padrão correspondem aos 3,4 defeitos por milhão de oportunidades.

Segundo Corte e Waquill (2015), o aumento das necessidades do mercado interno e externo pode trazer significativas oportunidades de expansão, entretanto, para que as empresas se sustentem competitivas no mercado, se faz necessário um

maior nível tecnológico e de gestão. Dessa forma, o Seis Sigma, quando implementado com o amparo de metodologias estruturadas e o comprometimento da equipe envolvida, resulta na melhoria dos processos e no dinamismo na organização (Andrade, 2017).

A metodologia mais utilizada para aplicar o Seis Sigma, é a DMAIC, através de projetos ordenados por fases classificadas como: *Define* (Definir), *Measure* (Mensurar), *Analyze* (Analisar), *Improve* (Melhorar) e *Control* (Controlar) (Silva, 2017). Segundo Andrade (2017), esta metodologia consiste em um instrumento de gestão utilizado para a melhoria contínua, neste são definidos os propósitos de melhoria do processo de acordo com as necessidades dos clientes e a visão estratégica da empresa. Em seguida, é realizado o mapeamento e metrificado os dados do processo, que são verificados e comparados com as metas pré-estabelecidas, para que por fim melhorias sejam aplicadas e o monitoramento dessas melhorias sejam realizadas, visando o melhor desempenho da empresa.

3.5 DESIGN FOR SIX SIGMA

O *Design For Six Sigma* é uma metodologia aplicada quando se deseja estudar e projetar um novo produto ou processo, para que ele já comece suas atribuições com um nível Seis Sigma de qualidade e desempenho (Fioravante, 2005). Assim, enquanto o *Seis Sigma* dedica-se a redução de falhas na manufatura, o *Design For Six Sigma* atua durante o planejamento do produto ou processo, na prevenção dos problemas, buscando desenvolver um processo de alta qualidade (Amorim, 2018). Segundo Andrade (2017), para chegar nos objetivos traçados, é fundamental o comprometimento dos líderes e da equipe envolvida com a metodologia selecionada. Além disso, o ambiente deve ser propício para a resolução de problemas e para o desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços.

Para Amorim (2018), na literatura inúmeros roteiros são citados e descritos na implementação do DFSS, não existindo um roteiro padrão. No entanto, segundo Fioravante (2005) o método DMADV está entre os mais citados e conhecidos. A metodologia DMADV, auxilia na solução de problemas, transformando informações em conhecimento e aumentando a eficiência do projeto. As siglas Definir (*Define*),

Medir (*Measure*), Analisar (*Analyze*), Desenhar (*Design*) e Verificar (*Verify*), tem a finalidade de determinar os pontos de melhoria dos processos, de acordo com as necessidades do cliente e a visão estratégica da instituição, por meio da avaliação dos riscos, a quantificação da qualidade do produto e a aplicabilidade do processo produtivo (Andrade, 2017).

Outro método de aplicação do DFSS, é nomeado de IDDOV, que significa na tradução *Identificar*, *Definir*, *Desenvolver*, *Otimizar* e *Verificar*, possuindo estrutura similar ao DMADV, diferenciando-se na atenção dada na etapa de *Otimizar* (Fioravante, 2005).

Na pesquisa de Barreira (2022), é destacado o DMADV como um processo de cinco etapas para aplicar o DFSS, onde cada etapa possui as seguintes atribuições:

1. *Define* (Definir): é definido nitidamente o novo processo ou produto que será projetado e objetivos consistentes com as demandas dos clientes;

2. *Measure* (Medir): as expectativas e necessidades dos clientes são identificadas e transformadas em características críticas para o bom desempenho do projeto, como também é mensurado os riscos;

3. *Analyze* (Analisar): os resultados obtidos nas etapas anteriores são analisadas para projetar alternativas e selecionar a melhor ideia entre as desenvolvidas para o produto ou processo;

4. *Design* (Projetar): o projeto é detalhado e construído, são desenhados os detalhes, otimizado o projeto e planejada a verificação do modelo, por necessitar de muitos testes, essa fase pode ser uma das mais longas;

5. *Verify* (Verificar): Nessa etapa acontece a validação do projeto iniciado e a realização de testes-piloto; além disso, é estabelecido a produção completa do processo e a entrega ao responsável, como também, é monitorado os pontos críticos para a qualidade.

Assim como estudado pelos os autores Carvalho e Paladini (2012), que destacam as etapas do método DMADV como:

1. *Define* (Definir): Nesta etapa é identificado o escopo do projeto e os objetivos a serem alcançados;

2. *Measure* (Medir): Aqui são compreendidas as necessidades e expectativas dos clientes em relação ao produto ou processo que está sendo desenvolvido. As

Características Críticas para a Qualidade (CTQ's) são definidas como metas para o novo processo.

3. *Analyze* (Analisar): Nesta fase é realizada a escolha da melhor alternativa de design, onde ferramentas como Matriz de Pugh e Benchmarking são utilizadas.

4. *Design* (Projetar): É a etapa de desenvolvimento do design de alto nível, incluindo a descrição do conceito do produto/serviço escolhido, mapas do processo e arranjo das instalações.

5. *Verify* (Verificar): Consiste em testar e validar o projeto. A equipe monitora o desempenho das CTQs do produto ou serviço através de cartas de controle.

3.6 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

As ferramentas da qualidade são utilizadas para identificar a razão de um problema e solucioná-lo, por meio da análise dos dados que antecederam ou induziram a problemática, tendo como objetivo a otimização dos processos da empresa. Assim, essas ferramentas potencializam as habilidades e competências da equipe, fornecendo métodos e técnicas que contribuem com a resolução de problemas (Daniel; Murback, 2014).

3.6.1 *Brainstorming*

O *Brainstorming* também conhecido como "tempestade de ideias", é utilizado para que um grupo de pessoas a partir de um tema previamente determinado crie o maior número de ideias possível e uma das suas aplicações é na identificação de problemas, causas e soluções (Meireles, 2001).

Segundo Daniel e Murback (2014), essa é uma ferramenta que pode ser utilizada por qualquer pessoa da organização e em qualquer etapa do processo, essa ferramenta tem como objetivo visualizar de forma sistêmica um determinado tema, através de ângulos diferentes e amplificados, de diversas perspectivas. Entretanto, a aplicação deve ser orientada por uma única pessoa, para que se mantenha a ordem durante a aplicação da ferramenta.

3.6.2 Análise *SWOT*

A matriz SWOT é uma ferramenta que engloba as características intrínsecas da organização, forças (*Strengths*) e fraquezas (*Weaknesses*) e as características extrínsecas, oportunidades (*Opportunities*) e ameaças (*Threats*), relacionadas ao ambiente externo que a organização está inserida. Permitindo assim uma visão estratégica da organização e do meio que ela está inserida (Fernandes, 2012).

3.6.3 Críticos para a Qualidade (CTQ's)

Os CTQ's (Críticos para a Qualidade) são os requisitos críticos para a qualidade do desempenho de um processo, serviço ou produto determinados a partir das necessidades do cliente, estes devem ser mensuráveis e possuir uma especificação com parâmetros de tolerância permissível (Andrietta; Miguel, 2002).

3.6.4 *Benchmarking*

O Benchmarking é uma ferramenta de aplicação empresarial que objetiva melhorar o desempenho dos seus processos e produtos, por meio da identificação de práticas consideradas de sucesso e que apresentam resultados louváveis em outras instituições, aplicando-as para a sua realidade (Ribeiro et al, 2004).

3.6.5 5W2H

O 5W2H é uma ferramenta de qualidade utilizada para planejamento, podendo ser aplicada em diversas áreas de atuação, devido a sua versatilidade. A ferramenta conta com sete etapas de execução, que são guiadas por às seguintes perguntas: *What:* O que será feito? Why: Por que será feito?; *Where*: Onde será feito?; *When*: Quando será feito?; *Who:* Por quem será feito?; *How*: Como será feito?; *How much*: Quanto custará? (Moreira et al, 2021).

4 METODOLOGIA

Serão abordados todos os aspectos metodológicos da pesquisa realizada, descrevendo-se os procedimentos necessários e úteis para aplicar a metodologia *Design For Six Sigma* na prototipação de um sistema informatizado de controle para uma linha de produção de farinha de trigo doméstica.

Esse estudo tem por finalidade realizar uma pesquisa de natureza aplicada, uma vez que utiliza conhecimento da pesquisa básica para resolver uma problemática. Para alcançar os objetivos propostos e melhor apreciação deste trabalho, foi utilizada uma abordagem qualitativa. Além disso, com o intuito de conhecer a problemática sobre a área de estudo foi realizada uma pesquisa descritiva por meio de um estudo de caso e para a obtenção dos dados necessários, foram utilizadas técnicas como a observação direta e entrevistas.

4.1 INFORMAÇÕES DA EMPRESA

O estudo de caso foi realizado em um moinho de trigo localizado no estado de Pernambuco, local em que a autora realizou o estágio curricular. A indústria realiza a moagem do trigo recepcionado e produz seus derivados, como a farinha de trigo doméstica, a farinha de trigo industrial, o farelo e as misturas para a panificação. No entanto, no presente estudo, foi considerada apenas a linha de produção de farinha de trigo de uso doméstico, que produz farinhas de panificação em sacarias de 25kg e 50kg e farinhas domésticas de 1kg e 5kg.

4.2 ETAPAS DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DFSS

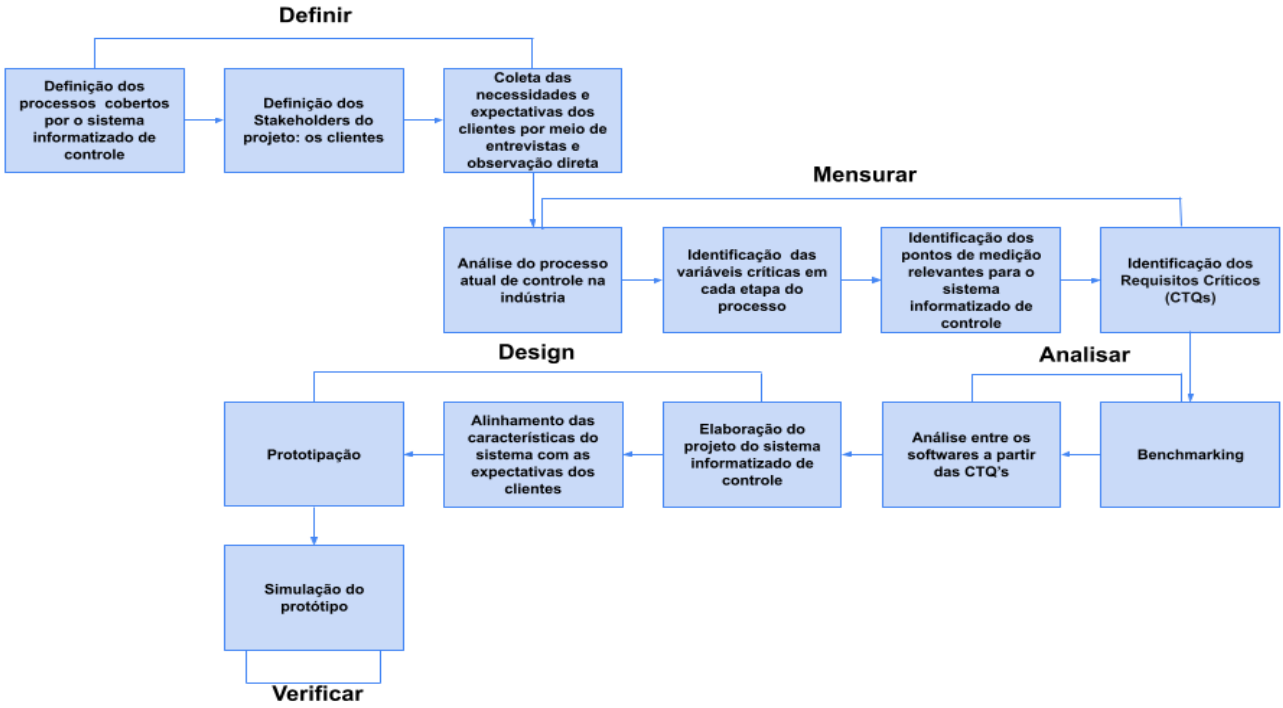
O processo utilizado para a aplicação da metodologia *Design For Six Sigma* foi o DMADV, que corresponde a *Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyze* (Analisar), *Design* (Projetar) e *Verify* (Verificar), seguindo as etapas do fluxograma da Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma das etapas do DMADV

Fonte: Autora (2024)

Em cada etapa do processo DMADV, foram realizadas atividades e aplicadas ferramentas. A Figura 3 traz uma visão geral de todas as fases do estudo de caso.

Figura 3 - Fluxograma detalhado da aplicação do DFSS



Fonte: Autora (2024)

- **Definir:** Foram definidos os limites do projeto e quais seriam os processos de autocontrole da produção de farinha de trigo doméstica acobertados pelo sistema informatizado, como também, foram identificados os *stakeholders* (clientes) principais do projeto. Posteriormente, por meio de entrevistas e observações diretas foram coletadas as necessidades e expectativas dos clientes para o projeto.

- **Medir:** Foi realizada uma análise detalhada do processo atual de controle na produção de farinha de trigo doméstica, com o auxílio da análise SWOT e a

descrição dos processos. Além disso, foram identificadas as variáveis críticas do processo atual de controle e os pontos de medição relevantes para o sistema. Que levaram a definição dos requisitos críticos para o sistema informatizado por meio da árvore CTQ (Críticos para a Qualidade).

- **Analisar:** Nesta etapa, foi realizado um benchmarking para conhecer e comparar diferentes *software* e sistemas informatizados de controle disponíveis no mercado. E com isso, baseando-se nas características de cada opção e nos requisitos críticos da qualidade, foi possível selecionar a melhor alternativa para o projeto.

- ***Design*:** O conceito do projeto foi elaborado, com o auxílio inicial da ferramenta *Brainstorming*; a equipe multifuncional responsável pelo projeto foi formada e suas funções delimitadas, um plano de ação foi construído utilizando da ferramenta 5W2H e as características do sistema foram alinhadas com as expectativas dos clientes, por meio da apresentação de soluções para cada necessidade. Em seguida, o sistema informatizado foi desenvolvido utilizando planilhas dinâmicas e um *dashboard* no software selecionado.

- **Verificar:** Por fim, na etapa de verificar, foi realizada uma simulação com dados reais da linha de produção e foram verificados os elementos do sistema.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa seção apresentam-se os principais resultados e a discussão do estudo de caso realizado no Moinho de Trigo, a respeito da aplicação do *Design For Six Sigma* na prototipação de um sistema informatizado de controle para uma linha de produção de farinha de trigo doméstica, seguindo as etapas do método DMADV (Definir, Mensurar, Analisar, *Design* e Verificar).

5.1 DEFINIR

A etapa “Definir” consiste na definição clara do novo sistema informatizado que será projetado; como os autores Watson e Deyong (2010) destacam, nesta fase são definidos os requisitos e os limites do projeto, como também são identificados os desejos e necessidades dos clientes, que são importantes para a determinação dos parâmetros e especificações do processo ou produto. Assim, nessa primeira fase da aplicação do DMADV foram delimitados os processos que serão cobertos pelo sistema informatizado e os seus *stakeholders* (os clientes envolvidos no projeto). Em seguida, por meio de entrevistas e observações diretas foram coletadas as necessidades e expectativas dos clientes.

5.1.1 Definição dos processos cobertos pelo sistema informatizado de controle

Dentre tantos procedimentos de controle de qualidade realizados no moinho de trigo, apenas três foram selecionados para serem cobertos na prototipação do sistema informatizado de controle (Tabela 1).

Tabela 1: Processos de controle que serão cobertos por o sistema informatizado

Processos de controle
1.Controle de peso das farinhas de trigo de uso doméstico
2. Controle do recebimento das embalagens das farinhas de trigo de uso doméstico
3. Controle de *shelf-life* das farinhas de trigo de uso doméstico

Fonte: Autora (2024).

5.1.2 Definição dos *stakeholders* do projeto: Os clientes

Em seguida, por meio de observação direta foram identificados os principais *stakeholders* (clientes) do projeto, que são eles: a equipe de controle de qualidade, os colaboradores responsáveis pela realização dos procedimentos de controle e a equipe de TI da empresa.

5.1.3 Coleta das necessidades e expectativas dos clientes por meio de entrevistas e observação direta.

Identificado os clientes do projeto, foi possível, por meio de entrevistas e observação direta, coletar as principais necessidades e expectativas para o novo sistema informatizado de controle (Tabela 2).

Tabela 2: Necessidades e expectativas dos clientes

Necessidades e expectativas dos clientes
1. Baixo Custo
2. Baixa aquisição de novos equipamentos e serviços
3. Não ser dependente de internet e energia
4. Ter um armazenamento seguro dos dados
5. Permitir o deslocamento dos colaboradores
6. Ser um sistema de fácil aprendizagem
7. Reduzir o tempo do processo
8. Reduzir as falhas e fraudes na coleta dos dados
9. Permitir a análise dos dados
10. Ser possível acompanhar em tempo real o processo de controle por os supervisores
11. Reduzir a necessidade de espaços físicos para o armazenamento de dados
12. Facilitar os processos de auditoria e fiscalização
13. Reduzir o consumo de materiais de escritório e ser uma opção mais sustentável

14. Garantir que o controle está sendo realizado no momento determinado pelo processo
15. Facilitar o rastreamento da cadeia produtiva

Fonte: Autora (2024)

Como pode ser observado na Tabela 2, diversas necessidades e expectativas foram apresentadas pelos clientes para o novo sistema informatizado de controle, tendo como objetivo final otimizar o processo de registros e a análise de dados do controle de qualidade, através de uma solução de baixo custo e que seja segura, já que esses registros necessitam ser armazenados por no mínimo 5 anos. Assim, conhecendo as necessidades e expectativas dos clientes e definido os processos que serão cobertos pelo sistema, foi possível seguir para a etapa “Mensurar”.

5.2 MENSURAR

A etapa “Mensurar”, tem como objetivo traduzir as necessidades e expectativas dos clientes em características críticas para a qualidade, tornando-as mensuráveis e priorizando-as de acordo com o produto ou processo a ser desenvolvido (SANTOS, 2019).

Dessa forma, foi realizada inicialmente uma análise detalhada do processo atual de controle e a identificação das variáveis críticas de cada processo; posteriormente, conhecendo o cenário atual, foi possível definir os pontos de medição importantes para o novo sistema informatizado e os CTQ’s (Críticos para a Qualidade).

5.2.1 Análise do processo atual de controle na indústria

Atualmente, os dados de controle, que são obtidos diariamente da linha de produção e das análises de qualidade realizadas no laboratório, são armazenados em cadernos de controle, estes são elaborados e impressos pela equipe da gestão da qualidade, não havendo na indústria um sistema de armazenamento digital desses dados. Além disso, os operadores têm muita resistência quanto ao

preenchimento e a execução correta dos protocolos de controle, muitas vezes realizando fraudes e criando valores irreais.

A seguir será apresentado uma análise SWOT do processo atual de controle na indústria estudada, apresentando as forças, as fraquezas, as oportunidades e as ameaças identificadas (Quadro 1):

Quadro 1 - Análise SWOT sobre o armazenamento de dados em cadernos de controle

FORÇAS	FRAQUEZAS
● Os colaboradores não necessitam de capacitação especializada; ● Baixo investimento inicial; ● Não necessita de energia para o seu funcionamento;	● Armazenamento em espaços físicos; ● Difícil localização dos dados; ● Dificulta a análise e a captação de informações importantes; ● Uso de papel e caneta; ● Dificulta o rastreamento;
OPORTUNIDADES	**AMEAÇAS**
● Modernizar o sistema de captação de dados; ● Melhorar o processo de rastreamento da produção; ● Buscar por alternativas mais sustentáveis; ● Facilitar a análise dos dados e a tomada de decisões;	● Indústrias cada vez mais automatizadas; ● Mercado busca por entregas de alta qualidade e respostas rápidas;

Fonte: Autora (2024).

Como pode ser observado na análise SWOT, o atual sistema de armazenamento de dados da indústria, apesar de apresentar pontos fortes como: o baixo investimento inicial, a não dependência de fontes de energia elétrica e não demandar capacitações; apresenta também inúmeros pontos fracos que trazem desvantagens para a organização, como a necessidade de espaços físicos para o armazenamento dos cadernos de controle, o consumo de materiais como papel e caneta (trazem custos para a empresa e são poluidores do meio ambiente), além da dificuldade de rastrear e analisar os dados obtidos, que quando estatisticamente estudados são fontes de informações importantes para o desenvolvimento da organização. Dessa forma, diante do cenário competitivo atual, com indústrias cada

vez mais automatizadas e com um mercado dinâmico que busca por entregas de alta qualidade, a indústria necessita modernizar e otimizar seus processos, além de buscar por alternativas mais sustentáveis.

Além do estudo geral do sistema atual de armazenamento de dados do controle de qualidade, foi realizada uma descrição dos três processos que serão englobados no novo sistema informatizado, tendo como objetivo conhecê-los e posteriormente realizar a identificação das variáveis críticas.

5.2.1.1 Detalhamento do controle de peso das farinhas de trigo domésticas

As farinhas de trigo destinadas para a panificação são comercializadas em sacos de ráfia de 25 kg e 50 kg. O ensacamento é realizado no térreo do prédio de moagem, com um equipamento semi-automático. Para o controle de peso das sacarias, deve-se em todo início de produção pesar 5 sacos com farinha e conferir se o peso está dentro dos parâmetros pré-estabelecidos, caso não estejam, o equipamento deve ser calibrado para a correção do volume de envase e 5 novas passagens devem ser realizadas e registradas. Esse procedimento deve ser repetido a cada uma hora. Os operadores do turno são os responsáveis por realizar esse controle e registrar os dados; esse setor contém 3 operadores por turno.

A maior problemática nesse setor referente ao controle de peso, é a não realização das pesagens e das calibrações do equipamento nos tempos estabelecidos, onde muitas vezes os operadores manipulam os dados, além disso, as sacarias saem fora dos parâmetros determinados pela legislação.

Já as farinhas de trigo destinadas para o uso doméstico são comercializadas em pacotes plásticos de 1kg e 5kg. O empacotamento é realizado no térreo do prédio de misturas, com cinco linhas de equipamentos automáticos. Para o controle dos pacotes, deve-se em todo início de produção pesar 3 pacotes e conferir se o peso está dentro dos parâmetros pré-estabelecidos, caso não estejam, o equipamento deve ser calibrado para a correção do volume de envase e mais 7 novas passagens devem ser realizadas e registradas. Esse procedimento deve ser repetido a cada uma hora. Um inspetor de controle de qualidade é o responsável pela pesagem e por juntamente com os operadores calibrar o equipamento e regular

o volume de envase, como também por registrar os dados. Nesse setor contém 2 operadores e 1 auxiliar de produção por turno.

A maior problemática nesse setor referente ao controle de peso, é que o inspetor de qualidade responsável possui dificuldades de locomoção e de saúde, dessa forma, a atividade não é realizada nos horários determinados ou fica descoberta, devido às chuvas ou a necessidade de afastamento do colaborador. Além disso, diariamente o inspetor precisa ir ao laboratório fazer cópias do caderno de controle, para que sejam calculadas as médias das pesagens, que são enviadas para a gerente de qualidade.

5.2.1.2 Detalhamento do controle do recebimento das embalagens das farinhas de trigo domésticas

O setor do almoxarifado, é responsável pelo recebimento dos lotes de filmes e sacos de ráfia, antes do descarregamento dos lotes, amostras das embalagens são enviadas para o laboratório, onde são realizadas análises de controle. Entre elas, verificação das dimensões do filme e dos sacos de ráfia, peso, impressão, presença de rasgos ou perfurações e a contagem de pontos de costura dos sacos de ráfia.

Os colaboradores responsáveis pela realização das análises são os analistas de qualidade, os registros são feitos em formulários impressos na hora, que posteriormente são arquivados em pastas. Após a verificação da conformidade dos resultados, é comunicado ao setor de almoxarifado a aprovação ou não aprovação do lote.

A maior problemática dessa atividade é a comunicação entre o setor do almoxarifado e do controle de qualidade, pois, no atual sistema eles não conseguem acompanhar em tempo real a liberação dos lotes, sendo necessário ligar ou se deslocar até o setor para verificar a liberação dos lotes.

5.2.1.3 Detalhamento do controle de shelf-life das farinhas de trigo domésticas

Para o controle de *shelf-life* das farinhas de trigo produzidas são retiradas duas amostras em todos os lotes. Estas são armazenadas em uma sala com temperatura controlada a 25°C, com ambiente limpo e que possui controle de pragas, simulando o ambiente ideal para o armazenamento das farinhas; o objetivo do armazenamento dessas amostras é a posterior análise da sua vida de prateleira.

As farinhas de panificação têm validade de 90 dias, com exceção da farinha de trigo integral que é de 60 dias, já as farinhas domésticas tem uma validade de 120 dias. As análises realizadas são sensoriais, como a verificação da presença de odor e de carunchos ou larvas; para as farinhas de panificação, as análises são realizadas após o fim da validade do produto, já para as farinhas domésticas são realizadas análises com 2 meses e 4 meses, com o objetivo de verificar o comportamento da farinha durante a sua validade.

Uma problemática nesse controle, é a necessidade de deslocamento do laboratório até a sala com as amostras, gastando um maior tempo na execução das análises e apresentando riscos de segurança para o colaborador.

5.2.2 Identificação das variáveis críticas em cada etapa do processo

Assim, a partir da análise do processo atual de registros dos dados de controle na indústria e do detalhamento dos três processos que farão parte do sistema informatizado, foi possível identificar as variáveis críticas de cada processo (Quadro 2). Podendo ser observado que para os três processos algumas variáveis críticas são comuns, que são elas: a necessidade de espaço físico para o armazenamento dos dados, a dificuldade em localizar e analisar os dados e os gastos com materiais de escritório, além disso, são apresentadas outras variáveis críticas que são particulares a cada processo. A identificação dessas variáveis é importante para a posterior análise dos pontos de medição relevantes para o novo sistema informatizado e para a escolha de uma solução que cesse essas problemáticas.

Quadro 2 - Variáveis críticas em cada processo de controle do sistema atual

Controle de Peso	**Recebimento de Embalagens**	**Shelf-Life**
1. Armazenamento em espaços físicos; 2. Difícil localização dos dados; 3. Dificulta a análise e a captação de informações importantes; 4. Operadores não realizam a pesagem no horário correto; 5. Fraudes nos valores de pesagem; 6. Os equipamentos não são calibrados corretamente; 7. Sacos e pacotes de farinha fora dos parâmetros exigidos por o INMETRO; 8. Problemas logísticos, devido a diferença de peso; 9. Custos para o Moinho: perda de produto; 10. Informações irreais sobre o processo produtivo; 11. Não há um estudo estatístico desses dados e projetos de melhoria para esse setor; 12. Médias são calculadas manualmente;	1. Armazenamento em espaços físicos; 2. Difícil localização dos dados; 3. Dificulta a análise e a captação de informações importantes; 4. Gastos com materiais de escritório; 5. O setor de almoxarifado precisa se deslocar para verificar se o lote foi aprovado ou não;	1. Armazenamento em espaços físicos; 2. Dificulta a análise e a captação de informações importantes; 3. Gastos com materiais de escritório; 4. Não há um estudo estatístico dos dados e nem projetos de melhoria a partir das não conformidades identificadas; 5. Gasta-se muito tempo no transporte das amostras;

Fonte: Autora (2024)

5.2.3 Identificação dos pontos de medição relevantes para o sistema informatizado de controle

A partir das necessidades e expectativas apresentadas pelos clientes, na fase de definição e as variáveis críticas identificadas anteriormente, foi possível selecionar os pontos de medição relevantes para o novo sistema informatizado de controle (Tabela 3). Estes foram selecionados visando representar ao máximo as necessidades e expectativas dos clientes, como também as variáveis críticas identificadas. Tendo como objetivo metrificá-los posteriormente através da árvore CTQ (Críticos para a qualidade).

Tabela 3: Pontos de medição importantes no novo sistema informatizado

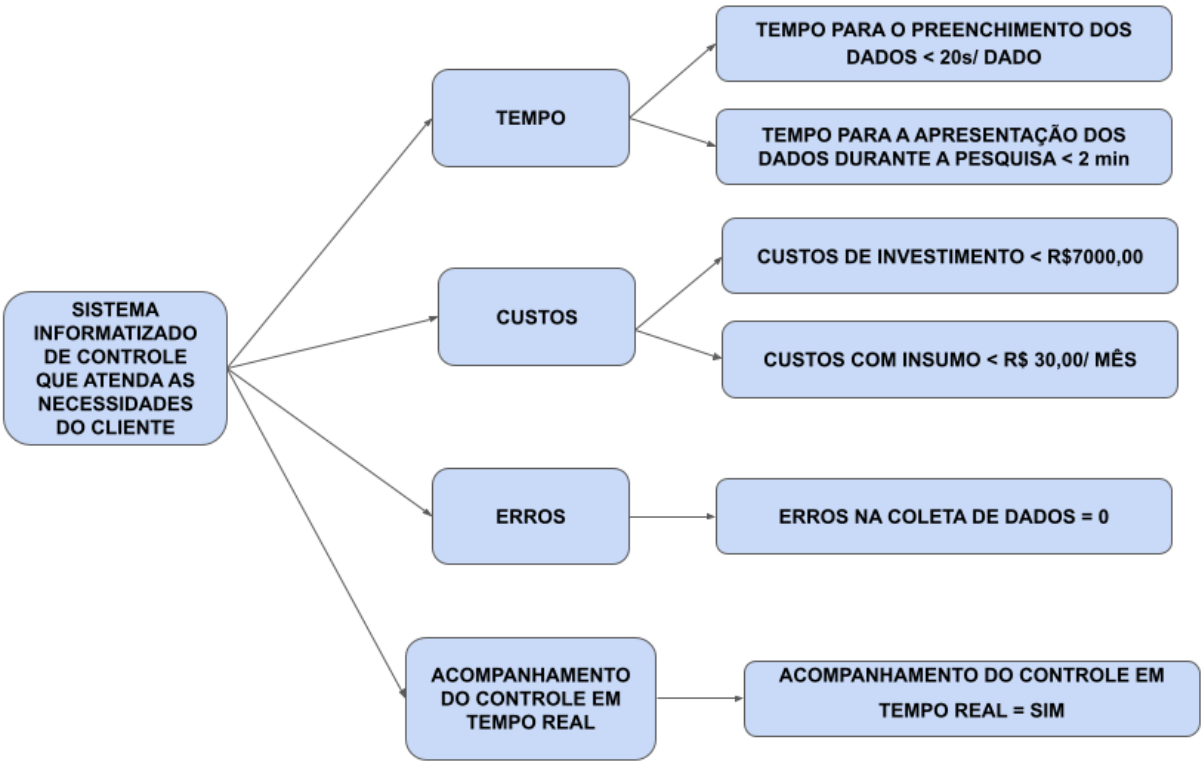
Pontos de Medição
1.Tempo para o preenchimento dos dados
2. Tempo para a apresentação dos dados durante pesquisa
3. Custos com insumos
4. Custos de investimento
5. Erros na coleta de dados
6. Acompanhamento do controle em tempo real

Fonte: Autora (2024)

5.2.4 Identificação dos Requisitos Críticos (CTQs)

Assim, definidos os pontos de medição relevantes para o novo sistema, foi possível construir uma árvore CTQ (Críticos para a Qualidade) e determinar os parâmetros limitantes dos pontos de medição para o projeto (Figura 4), finalizando a etapa mensurar. Como apresentado por Barreira (2022), a etapa mensurar visa principalmente identificar as necessidades do cliente e traduzi-las em características críticas para a qualidade (CTQ’s), que são os requisitos de desempenho mínimos que devem ser controlados para a manutenção da qualidade do processo ou produto projetado.

Figura 4 - Árvore CTQ



Fonte: Autora.

5.3 ANALISAR

Na etapa “Analisar”, ocorre à escolha da melhor solução para o projeto que está sendo desenvolvido, seguida pela elaboração das exigências do projeto em comparação aos seus detalhes a serem otimizados. A partir da pesquisa do *Benchmarking*, os dados e as informações obtidas podem ser analisadas em conjunto com os pontos críticos relacionados à qualidade, que auxiliam na escolha da alternativa mais adequada (PRATA, 2004).

Dessa forma, nessa fase foi realizado o *Benchmarking*, ou seja, uma pesquisa relacionada aos *software* e os sistemas mais utilizados no meio industrial, visando selecionar alternativas a serem aplicadas no projeto desenvolvido do sistema informatizado. E após esse estudo, foram comparadas as características de cada opção e como eles atendiam aos requisitos críticos da qualidade do processo, sendo possível escolher a melhor alternativa para o projeto.

5.3.1 Benchmarking

Entre os sistemas informatizados mais modernos no meio industrial, encontram-se os sistemas integrados de gestão ERP's (*Enterprise Resouce Planning*), que são sistemas com armazenamento em nuvens. Estes são continuamente almejados pelas indústrias alimentícias, pois fornecem para as empresas uma visão sistêmica das suas operações e processos. Englobam não só a cadeia de suprimentos e manufatura (que são os setores que mais utilizam), mas também subsidiam o controle gerencial, por meio da cadeia de informações, um importante instrumento nas tomadas de decisões estratégicas para a organização (Biancolino et al, 2018). Como Lima (2021) também destaca, esse é um software de gestão, que é muito utilizado para controlar os recursos da empresa e para auxiliar no planejamento da produção.

Dentre os *software* que são utilizados para o controle da qualidade das indústrias de alimentos, podem ser citados Checklist Fácil®, CLICQ®, Moki® e Axyma Forms®, estes também podem ser direcionados para às BPFs, desde que o colaborador tenha conhecimentos técnicos para construir as planilhas de controle de acordo com a legislação. Esses programas computacionais são aplicáveis em smartphones, tablets e computadores e oferecem diversas ferramentas para o controle de qualidade, como por exemplo, planilhas de controle, relatórios gerenciais e geração de planos de ação (WATSON, 2022).

Para empresas de pequeno e médio porte, que na sua maioria os recursos são mais reduzidos, uma opção de ferramenta sem nenhum custo adicional que pode ser utilizado nos controles industriais, é o Excel, software que faz parte do conjunto de ferramentas que são negociadas pelo Microsoft Office (Zorzo, 2010).

Outra ferramenta da Microsoft Office que em conjunto com o Excel pode ser utilizada para a construção de *Dashboard* e a análise de dados é o Power BI, segundo Brito e Oliveira (2017), o Power BI é uma ferramenta de *Business Intelligence* onde os usuários podem elaborar relatórios e painéis de visualização sem a necessidade de conhecimentos aprofundados sobre bancos de dados, oferecendo visualizações interativas.

Além disso, outra ferramenta para desenvolvimento de planilhas eletrônicas e *Dashboards* é o *Google Sheets*, uma ferramenta muito semelhante ao Excel da Microsoft Office, apresenta como vantagens alguns recursos, como a capacidade de criar e distribuir formulários para que seja preenchido por terceiros e esses resultados são automaticamente registrados com data e hora na planilha, possibilitando a coleta de dados sem o acesso de outras pessoas a planilha base, como também, no *Google Sheets* é possível importar dados de fontes da internet (Attebury, 2008). Sendo uma das maiores vantagens do *Google Sheets* em comparação ao Excel a possibilidade de compartilhar com outras pessoas e colaborar em tempo real, o que facilita a troca de informações e potencializa a tomada de decisões.

5.3.2 Análise entre os *software* a partir das CTQ's

Dessa forma, a partir da pesquisa de mercado e da revisão bibliográfica realizada, foram compilados os sistemas informatizados de controle mais utilizados no meio industrial, destacando-se o sistema ERP, softwares para o controle de qualidade, Excel, Power BI e o *Google Sheets*. Após realizar uma análise comparativa entre suas características e como eles atendiam aos requisitos críticos da qualidade do processo (Quadro 3), foi possível selecionar a melhor solução entre as opções analisadas, tendo o *Google Sheets* como a ferramenta que mais atende aos requisitos críticos da qualidade e as necessidades do cliente.

Pois, essa ferramenta tecnológica, apresenta-se como uma alternativa de baixo custo para a empresa e que em conjunto com a aquisição de dois equipamentos portáteis e o treinamento de inspetores, atenderão à todos os requisitos solicitados pelos clientes e aos parâmetros críticos para a qualidade; tendo um tempo de registro e pesquisa dos dados inferior aos limites críticos; os custos do investimento e com insumos serão inferiores aos limites estabelecidos; a quantidade de erros na coleta dos dados serão minimizados com o treinamento e a capacitação de 3 inspetores da qualidade e por fim, a solução permite o acompanhamento em tempo real, por ser uma ferramenta online. Diferentemente do

Excel e do Power BI, que não possuem armazenamento dos dados em nuvem e não permite o acompanhamento em tempo real dos dados.

Quadro 3 - Análise comparativa entre as ferramentas

Características	Sistema ERP	Software para o controle da qualidade	Excel	Power BI	Google Sheets
Tempo para o preenchimento dos dados <20s/dado	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Tempo para a apresentação dos dados durante a pesquisa < 2min/pesquisa	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Custos de investimentos (Equipamentos + Software)	R$6500,00	R$6100,00	R$6000,00	R$6000,00	R$6000,00
Custos com insumo (Software + Energia)	R$525,00/MÊS	R$125,00/MÊS	R$25,00/MÊS	R$25,00/MÊS	R$25,00/MÊS
Preenchimento dos dados manualmente (Sujeito a erros operacionais)	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Cobertura do sistema	Toda a empresa	Toda a Gestão de Qualidade	Específico para os processos limitados no projeto	Específico para os processos limitados no projeto	Específico para os processos limitados no projeto
Acompanhamento do controle em tempo real	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM
É possível construir planilhas e Dashboards	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM

Fonte: Autora (2024)

5.4 DESIGN

Esta fase, é a etapa que de fato há o desenvolvimento do projeto detalhado e a realização de testes pilotos, com o objetivo de preparar para a produção em pequena e larga escala (Barreira, 2022). Dessa forma, nesta etapa foi desenvolvido o projeto do sistema informatizado.

5.4.1 Elaboração do projeto do sistema informatizado de controle

Inicialmente, por meio de *Brainstorming* (Quadro 2), ideias foram adicionadas ao projeto e o conceito do novo sistema informatizado foi construído, posteriormente, a equipe responsável por implementar o projeto foi montada e suas funções descritas, como também foi elaborado um plano de ação através da ferramenta 5W2H.

Quadro 4 - Ideias para o novo sistema informatizado

BRAINSTORMING
● Substituir os cadernos de controle por planilhas; ● Uso de equipamentos portáteis para o armazenamento de dados que precisa de deslocamento; ● Nomeação de inspetores que serão responsáveis por os registros; ● Treinamento para os inspetores; ● Os inspetores precisarão do seu login e conta institucional para acessar planilhas; ● Ao ser detectada alguma não conformidade os inspetores precisam construir um plano de ação; ● As análises de *shelf- life* serem realizadas na própria sala de amostras com o objetivo de reduzir o tempo de transporte das amostras; ● Análise de dados serem realizados por os inspetores que sinalizam melhorias e planos de ação;

Fonte: Autora.

5.4.1.1 Conceito

Desenvolvimento de um sistema informatizado de controle a partir do uso de planilhas dinâmicas e *Dashboards* no *Google Sheets*; esse sistema engloba inicialmente os processos de controle de peso, de recebimento das embalagens e de *shelf-life* das farinhas de trigo domésticas, além disso, para otimizar o processo de controle desses processos, serão adquiridos dois equipamentos portáteis e nomeação de 3 inspetores da qualidade, executarão as atividades de controle, registro e análise dos dados.

O projeto tem como objetivo otimizar e modernizar o sistema de armazenamento dos dados da qualidade, com foco nos processos de controle anteriormente citados, além de facilitar a análise dos resultados e a tomada de decisões por meio do Dashboard.

5.4.1.2 Equipe multifuncional responsável pela implementação do projeto e funções

-Analista de TI: Manutenção dos computadores e adequação dos aparelhos portáteis para o novo sistema de monitoramento;

-Inspetores: Serão responsáveis por realizar os procedimentos de controle, registrar os dados, identificar não conformidades e construir planos de ação, além de analisar os dados e propor projetos de melhoria para as problemática identificadas;

-Supervisor de Qualidade: Fazer parte das reuniões de tomada de decisões e análise de custos do projeto, como também ser responsável por revisar e aprovar a aplicação das planilhas e treinar os inspetores quanto a realização dos procedimentos de controle;

-Estagiário do Controle da Qualidade: Construir o projeto, elaborar planilhas e realizar simulações, apresentar para a equipe da empresa, treinar equipe multifuncional e participar de todas as etapas de implementação e monitoramento.

5.4.1.3 5W2H

A seguir, no quadro 5, apresenta-se o plano de ação elaborado para o desenvolvimento, implantação e monitoramento do sistema informatizado de controle. A ferramenta utilizada foi o 5W2H.

Quadro 5 - Plano de ação para o desenvolvimento, implementação e monitoramento do sistema informatizado

Plano de Ação 5W2H								
O que	**Porque**	**Como**	**Onde**	**Quem**	**Quando**	**Quanto**	**Status**	**Evidências de Conclusão**
Prototipação	Realizar testes pilotos e desenvolver um sistema que atenda as necessidades do cliente	Utilizando da ferramenta DFSS e da plataforma selecionada para desenvolver o sistema informatizado	UFPE	Estagiário	De Outubro de 2023 a Março de 2024	-	Concluído	TCC, Planilhas e Dashboards
Validação	A equipe responsável por as tomadas de decisões do setor de qualidade, precisa validar o projeto e trazer os feedbacks.	Apresentação visual e simulações em tempo real.	Empresa	Estagiário	Abril 2024	-	Pendente	-
Ajustes do sistema	Lapidar o sistema para ser aplicado na linha e introduzir as melhorias solicitadas	Através do Google Sheet, Google Drive e os computadores da empresa.	UFPE	Estagiário	Abril 2024	-	Pendente	-
Treinamento dos Líderes	Treinar os líderes para manusear o sistema	Através do Google Sheet, Google Drive e os computadores da empresa.	Empresa	Estagiária	Maio de 2024	-	Pendente	-

Compra dos Tablets	Os equipamentos permitirão a locomoção dos inspetores e facilitarão os processos de controle	Solicitar no setor de compras a aquisição de dois tablets	Empresa	Supervisora de Qualidade e Estagiário	Maio de 2024	R$6000,00	Pendente	-
Treinamento dos Inspetores	Treinar os inspetores para manusear o sistema e executar os procedimentos de controle	Através do Google Sheet, Google Drive e Tablets.	Empresa	Supervisora de Qualidade, Analista de TI e Estagiário	Junho de 2024	-	Pendente	-
Implementação	Na implementação de um novo projeto é indispensável o acompanhamento dos líderes e da pessoa que projetou.	Os inspetores vão para linha e serão acompanhados durante 24h na execução das atividades.	Empresa	Supervisora de Qualidade, Analista de TI e Estagiário	Junho de 2024	-	Pendente	-
Monitoramento	Essa etapa é importante para verificar se os resultados estão conforme o esperado e se adaptações precisam ser feitas.	Por meio de reuniões semanais com os inspetores e o acompanhamento dos dados registrados.	Empresa	Supervisora de Qualidade e Estagiário	Julho de 2024	-	Pendente	-

Fonte: Autora.

5.4.2 Alinhamento das características do sistema com as expectativas dos clientes

Após a elaboração do projeto, foi realizado o alinhamento das características do sistema com as expectativas e necessidades dos clientes, por meio da apresentação de soluções para cada uma delas (Quadro 6).

Quadro 6 - Soluções apresentadas para as expectativas e necessidades dos clientes

Necessidades e Expectativas listadas por os clientes	Soluções Sugeridas
1. Baixo Custo	Utilizar de um Software gratuito;
2. Baixa aquisição de novos equipamentos e serviços	Utilizar de um Software já conhecido na organização; Aquisição de apenas dois tablets e manutenção dos computadores dos setores;
3. Não ser dependente de internet e energia	Os tablets serão mantidos sempre carregados após o uso; Ativar a função offline de acesso aos documentos do Google;
4. Ter um armazenamento seguro dos dados	Colocar restrições nos acessos as planilhas e compartilhar apenas com os colaboradores ligados a função; Verificação em duas etapas do Google Drive; Gerenciar compartilhamento de arquivos;
5. Permitir o deslocamento dos colaboradores	Aquisição de dois tablets;
6. Ser um sistema de fácil aprendizagem	As planilhas serão planejadas para serem intuitivas e didáticas;
7. Reduzir o tempo do processo	Utilizar de planilhas dinâmicas e de funções que auxiliem no registro dos dados e sua análise; Aplicar melhorias nos procedimentos realizados atualmente no controle de qualidade;
8. Reduzir as falhas e fraudes na coleta dos dados	Registro de Data e Hora automáticos; nomear e Treinar inspetores para o controle; Os colaboradores responsáveis por os registros poderão bloquear a edição dos registros já armazenados;
9. Permitir a análise dos dados	Uso de um Software que permita a análise de dados; Construção de Dashboards;
10. Ser possível acompanhar em tempo real o processo de controle por os supervisores	A plataforma atualiza os dados armazenados em tempo real; Compartilhamento dos arquivos do controle de qualidade com os líderes;
11. Reduzir a necessidade de espaços físicos para o armazenamento de dados	O espaço que será utilizado agora, será apenas o local de armazenamento dos dois tablets e o local que os computadores da empresa já estão alocados; Não será mais necessário pastas e armários para armazenar os cadernos de controle desses processos;
12. Facilitar os processos de auditoria e fiscalização	Serão adicionados filtros para otimizar as pesquisas; Organização dos arquivos em pastas onlines, devidamente identificadas e ordenadas;
13. Reduzir o consumo de materiais de escritório e ser uma opção mais sustentável	Não será mais consumido papel, pastas, encadernação e canetas para sses procedimentos;
14. Garantir que o controle está sendo realizado no momento determinado pelo processo	As planilhas são programadas para apresentar a data e hora exata dos registros;
15. Facilitar o rastreamento da cadeia produtiva	Maior facilidade na localização de dados; Estudo matemático dos registros obtidos; Registros automáticos de data e hora;

Fonte: Autora.

5.4.3 Prototipação

Em seguida, modelos para as planilhas dinâmicas e o *Dashboard* foram prototipados, utilizando o Google *Sheets*, como podem ser verificadas nas Figuras 5, 6, 7 e 8. As planilhas modelo para cada processo serão armazenadas em uma pasta do google drive nomeada de “Planilhas Modelo” e para a organização e registros dos dados, mensalmente, no início do mês, uma nova pasta será criada nomeada com o mês e o ano dos registros, como o exemplo da Figura 9. Assim, cópias das planilhas modelo serão feitas para essa nova pasta, estando aptas para o armazenamento dos dados.

Cada planilha foi desenvolvida seguindo as necessidades de cada processo, de acordo com o que foi analisado na etapa “Mensurar”, além disso, elementos facilitadores foram adicionados ao sistema, seguindo o que foi proposto na etapa anterior, como por exemplo, a inclusão de registros automáticos de data e hora, filtros de pesquisa, permissões e bloqueios de acesso e a organização das pastas de armazenamento no google drive.

Na Figura 5, tem-se o protótipo dos quadros que compõem as planilhas de controle de peso, elas são divididas por turnos, onde cada turno conta com 6 quadros para a pesagem a cada 1h. Estes possuem colunas divididas por linhas de produção e geram automaticamente a média das pesagens, como também a data e hora do registro. Em um mesmo arquivo, há a divisão das planilhas por dias do mês, facilitando a organização dos dados e a localização futura dos resultados. Além disso, as planilhas foram organizadas de acordo com o peso do produto, sendo separadas por 1kg, 5kg, 25kg e 50kg.

Figura 5 - Planilha modelo para o controle de peso dos pacotes de 1kg

Turno da Manhã						
	Data					
	Tipo					
	Lote					
	Horário					
	Responsável					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	DATA E HORA
P1						
P2						
P3						
P4						
P5						
P6						
P7						
P8						
P9						
P10						
MÉDIA						

	Data					
	Tipo					
	Lote					
	Horário					
	Responsável					
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	DATA E HORA
P1						
P2						
P3						
P4						
P5						
P6						
P7						
P8						
P9						
P10						
MÉDIA						

Fonte: Autora (2024)

Na Figura 6, tem-se o protótipo das planilhas de controle de recebimento de embalagens, estas são separadas de acordo com o tipo de embalagem recebida, que são quatro: filme para embalagem de 1 kg, filme para embalagem de 5 kg, saco de ráfia para 25 kg e saco de ráfia para 50 kg. A planilha da Figura 6, corresponde a embalagem de 1 kg, contendo colunas para o armazenamento de dados das análises de controle, como largura, comprimento, espessura, impressão, além de registros referentes ao lote recebido e se o mesmo está aprovado ou reprovado. Nesta também, foram adicionados elementos facilitadores como filtros de pesquisa e registros automáticos de data e hora.

Figura 6 - Planilha modelo para o controle de recebimento de embalagens

Tipo	Data do Recebimento	Lote	Impressão	Largura	Comprimento	Espessura	Data e Hora	Situação	Motivo	Responsável

Fonte: Autor (2024).

Na Figura 7, tem-se a planilha modelo para o controle de *shelf-life* das farinhas de trigo da linha doméstica de 1kg, nela contém colunas para o registro de dados referentes às análises de qualidade, como a presença de caruncho e odor, além dos registros de peso inicial e final do produto, calculando assim automaticamente a diferença entre os pesos. Na planilha também há espaços para o armazenamento dos dados do lote analisado e a presença de elementos facilitadores como os filtros de pesquisa e o registro automático da data e hora.

Figura 7 - Planilha modelo para o controle de shelf-life.

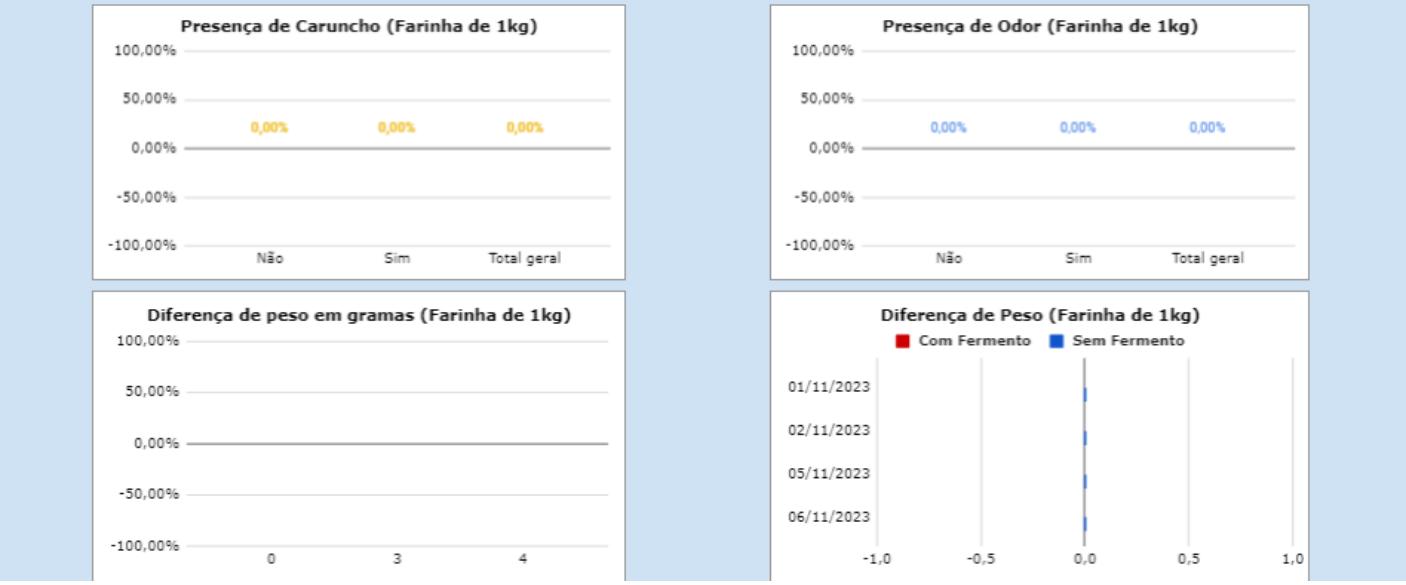
Tipo Tudo | Data de Fabricação Tudo | Data de Vencimento Tudo

Tipo	Data de Fabricação	Data de Vencimento	Lote	Presença de Caruncho	Presença de Odor	Peso Inicial (g)	Peso após Vencimento (g)	Diferença de Peso (g)	Data e Hora	Responsável

Fonte: Autora (2024).

No protótipo exemplo para o Dashboard, Figura 8, foram desenvolvidos gráficos dinâmicos relacionados a planilha dinâmica do controle de shelf-life para as farinhas da linha doméstica de 1kg, nelas podem ser analisadas proporção da presença de carunchos e odor no produto, como também a diferença de peso após a vida de prateleira, durante o mês analisado.

Figura 8 - Protótipo do Dashboard para o controle de Shelf-Life



Fonte: Autora.

Figura 9 - Pastas do google drive com as planilhas do sistema informatizado

Fonte: Autora (2024).

5.5 VERIFICAR

Na etapa “Verificar”, foi realizada a validação do protótipo desenvolvido, por meio de simulações com registros reais do processo, essa etapa teve como objetivo trazer melhorias e projetar uma solução aplicável, que alcance os resultados esperados pela organização.

5.5.1 Simulação do protótipo

Após a prototipação das planilhas modelo, foi realizada uma simulação com a planilha de controle de *shelf-life*, a partir de dados que simulasse os registros das análises de vida de prateleira da farinha, imagem 10; nesse teste foi possível validar elementos do sistema, como os filtros de pesquisa, os registros de data e hora automáticos, as permissões e restrições para a manipulação do sistema, o monitoramento dos registros em tempo real e a execução do Dashboard, imagem 11. As planilhas prototipadas foram desenvolvidas para atender todas as necessidades e expectativas dos clientes, como também foram criadas para serem funcionais e intuitivas, reduzindo ao máximo o tempo necessário para registrar os dados e facilitar a rastreabilidade e o estudo estatístico.

Através do Dashboards e das planilhas dinâmicas, foi possível construir gráficos que relacionam dados referentes às características da farinha após o seu vencimento, como exemplo, a presença de carunchos, a presença de odor e a perda

de peso dos pacotes passado a vida de prateleira dos produtos. Transformar dados em informações, é uma atividade indispensável para uma indústria de alimentos, pois, a partir delas é possível identificar problemas e aplicar melhorias na organização. Como destacado por Furlani (2022), os sistemas informatizados auxiliam na gestão dos dados da empresa em tempo real e na criação de métricas gerenciais e indicadores de desempenho. Dessa forma, o sistema informatizado projetado tem como objetivo facilitar a análise dos dados e auxiliar nas tomadas de decisões da empresa, possibilitando a aplicação de análises estatísticas e de indicadores, que são instrumentos fundamentais na melhoria contínua.

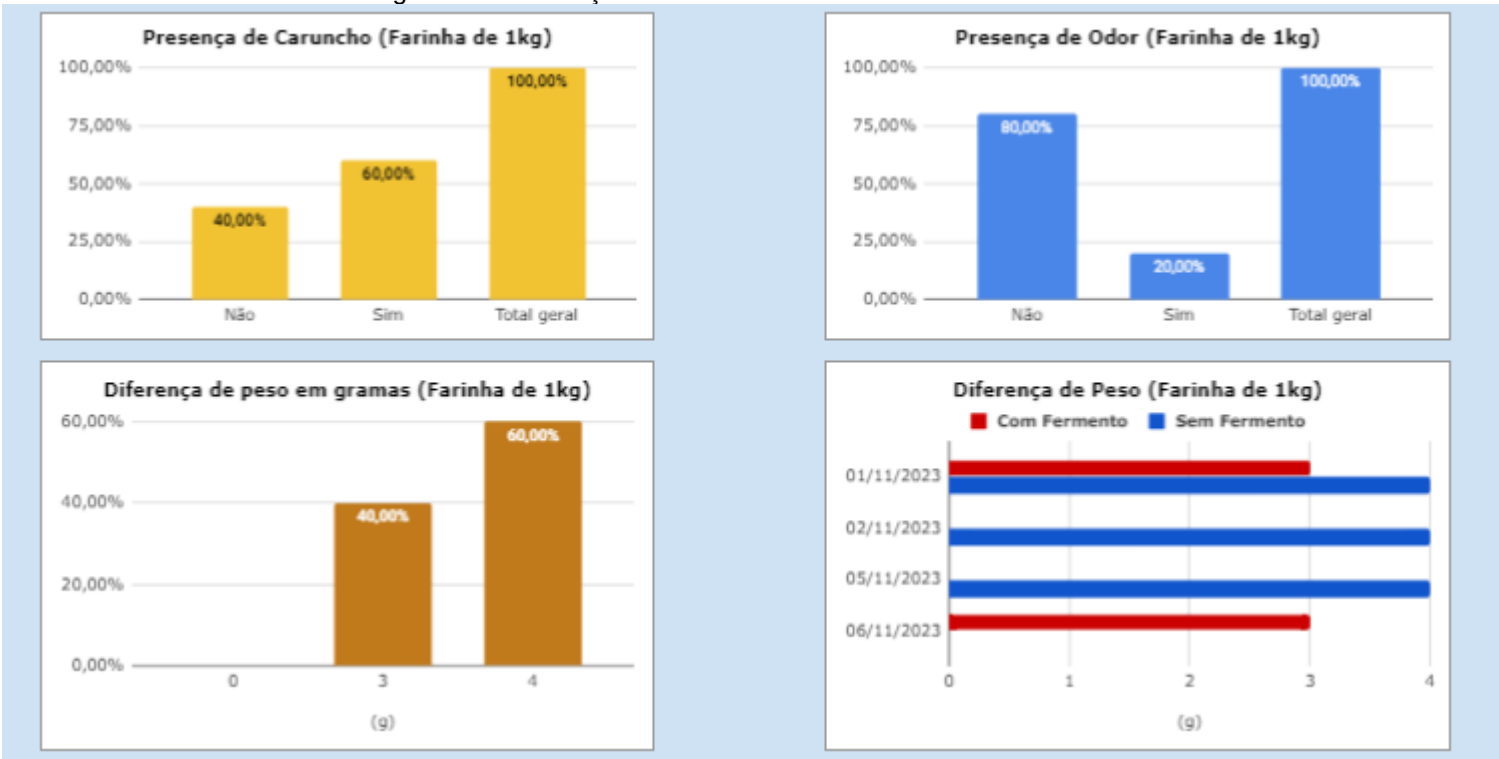
Figura 10 - Simulação com a planilha de controle de shelf-life

Tipo Tudo | Data de Fabricação Tudo | Data de Vencimento Tudo

Tipo	Data de Fabricação	Data de Vencimento	Lote	Presença de Caruncho	Presença de Odor	Peso Inicial (g)	Peso após Vencimento (g)	Diferença de Peso (g)	Data e Hora	Responsável
Com fermento	01/11/2023	01/03/2024	11	Sim	Sim	1011	1008	3	09/03/2024 13:53:15	Manuela
Sem fermento	01/11/2023	01/03/2024	11	Não	Não	1008	1004	4	10/03/2024 17:04:16	Manuela
Sem fermento	02/11/2023	02/03/2024	11	Não	Não	1018	1014	4	09/03/2024 14:01:49	Manuela
Sem fermento	05/11/2023	05/03/2024	11	Sim	Não	1006	1002	4	09/03/2024 14:03:54	Manuela
Com fermento	06/11/2023	06/03/2024	11	Sim	Não	1013	1010	3	09/03/2024 14:04:00	Manuela

Fonte: Autora (2024).

Figura 11 - Simulação com o Dashboard do controle de shelf-life



Fonte: Autora (2024).

5.6 BENEFÍCIOS E DIFICULDADES DO *DFSS*

Através da aplicação da metodologia *Design For Six Sigma* na prototipação do sistema informatizado para a linha doméstica de farinha de trigo, foi possível identificar os benefícios agregados por essa metodologia no processo de prototipação e desenvolvimento do projeto, entre eles podem ser citados o foco no cliente e a antecipação de suas necessidades, a prevenção de problemas potenciais, a preocupação e o foco com a otimização do desempenho da solução e o uso de metodologias integradas; compactuando com estudos realizados por Prata *et al* (2004) e Santos (2019), que destacam esses benefícios na aplicação da metodologia. Na pesquisa feita por Watson e DeYong (2010), os autores também apontam que a metodologia reduz as etapas posteriores de melhoria contínua do processo e aumenta os níveis sigma.

Entretanto, como também destacado no trabalho de Campos (2017), foi possível verificar, que entre as maiores dificuldades da aplicação da ferramenta está a falta de capacitação técnica, já que essa ferramenta é pouco explorada no meio acadêmico e pouco aplicada no meio industrial. Além disso, foi possível verificar que a ferramenta requer tempo para a sua aplicação correta, fator escasso no dia a dia do meio industrial, que na maioria das vezes conta com uma equipe enxuta.

6 CONCLUSÃO

Os objetivos do estudo foram alcançados, permitindo a aplicação efetiva da metodologia DMADV na prototipação do sistema informatizado de controle. Além disso, foi possível elaborar planilhas dinâmicas de controle e um Dashboard para o protótipo, através da ferramenta Google Sheets, ferramenta escolhida como a melhor alternativa na etapa "Analisar", além do mais, foram realizadas simulações e validada a eficácia do sistema; soluções para a melhoria dos processos de controle do moinho foram apresentadas e os benefícios e as dificuldades do *Design For Six Sigma* foram destacados. Com isso, foi possível constatar que a metodologia DFSS auxilia no desenvolvimento de uma solução que atende às necessidades e expectativas dos clientes, ao mesmo tempo em que busca otimizar e modernizar os processos de controle de qualidade estudados.

Assim, conclui-se, que esse estudo contribui para a aplicação da metodologia DFSS na prototipação do sistema informatizado de controle para a linha de produção de farinha de trigo doméstica, que demonstrou ser uma abordagem eficaz para o desenvolvimento de soluções orientadas para o cliente, com foco na qualidade e eficiência dos processos industriais. Servindo como um ponto de partida para futuras melhorias e inovações na indústria alimentícia, contribuindo para o aprimoramento contínuo dos padrões de qualidade e excelência operacional.

7 SUGESTÕES TRABALHOS FUTUROS

Diante de tais considerações, recomenda-se para trabalhos futuros um maior aprofundamento sobre outras ferramentas da qualidade que podem contribuir com a aplicação do DFSS, como a ferramenta QFD (*Quality Function Deployment*), uma ferramenta muito aplicada em conjunto com o DFSS, além disso, recomenda-se ao longo da pesquisa implementar análises quantitativas a respeito do feedback dos clientes quanto a solução apresentada e o uso de KPI's no monitoramento da implementação da solução, assim, será possível quantificar o quanto a aplicação da metodologia DFSS pode beneficiar na implementação de uma solução eficaz para o cliente.

Além disso, recomenda-se a realização de análises da aplicação do Google Look em conjunto com o Google Sheets para a construção de sistemas informatizados como o estudado neste trabalho, como também da aplicação do Excel em conjunto com o Power BI para a mesma finalidade.

REFERÊNCIAS

ABITRIGO, Associação Brasileira da Indústria do Trigo. Disponível em: <https://www.abitrigo.com.br/>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2024.

AMORIM, G. da F. de. **Uma abordagem para Design for Six Sigma (DFSS) baseada no modelo de quatro fases do Desdobramento da Função Qualidade.** 2018. 258 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2018.

ANDRADE, D. F. **Seis sigmas:** Coletânea de artigos. 1ª ed. Belo Horizonte: Poisson, 2017. 217 p.

ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. C. A importância do método Seis Sigma na gestão da qualidade analisada sob uma abordagem teórica. **Revista de ciência & tecnologia**, v. 11, n. 20, p. 91-98, 2002.

ATTEBURY, Ramirose et al. Google docs: a review. **Against the Grain**, v. 20, n. 2, p. 9, 2008.

BARREIRA, M. V. da S. **Design for six sigma para a obtenção de vantagem competitiva: aplicação em escola de ensino técnico profissionalizante.** 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção na área de Gestão e Negócio)- Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2022.

BERTOLINO, M. T. **Gerenciamento da qualidade na indústria alimentícia: ênfase na segurança de alimentos.** Porto Alegre: Artmed, 2010.

BIANCOLINO, C. A. et al. ERP Cloud: Características e Diferenciais na Gestão do Setor de Alimentos e Bebidas. **PODIUM Sport, Leisure and Tourism Review**, v. 7, n. 3, p. 429-447, 2018.

BRASIL. Governo Federal. Decreto n° 10.468, de 18 de agosto de 2020. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Brasília: Diário Oficial da União, 19 ago. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Circular n° 175, de 16 de maio de 2005. Procedimentos de Verificação dos Programas de Autocontrole. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 maio de 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 8, de 2005. "Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo".

BRASIL. Portaria SVS/MS nº. 326, de 30 de julho de 1997. Regulamento Técnico sobre as Condições Higiênico-sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 01 ago. 1997.

BRITO, T. da S.; OLIVEIRA, R. da S. **Solução de business intelligence utilizando a plataforma Microsoft na área da segurança pública.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Sistemas de Informação) – Universidade federal do Estado do Rio de Janeiro, 2017.

CAMPOS, R. T. **Proposição de framework para aplicação do método design for six sigma**. 2017.70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)– Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2017.

CARDOSO, A. L. L. et al. Planejamento de metas para redução de falhas no processo de distribuição de uma empresa transportadora. **Revista Gestão Industrial**, v. 14, n. 2, 2018.

CARLOS, L. E. et al. Avaliação da vida de Prateleira da farinha de trigo integral comparando diferentes processos de moagem. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**. v. 2, n. 12, p. 125-131, jul./dez. 2015.

CARVALHO, M. M. de; PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Elsevier. Disponível em: https://repositorio.usp.br/directbitstream/78e23d11-8b04-40c7-a4ad-ae221b610689/Carvalho-2012-gestao.pdf. Acesso em: 15 mar. 2024. , 2012.

CORTE, V. F. D.; WAQUILL, P. D. Inovação na indústria de derivados de trigo no Brasil. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 479-490, 2015. Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil.

DANIEL, E. A.; MURBACK, F. G. R. Levantamento bibliográfico do uso das ferramentas da qualidade. **Gestão & conhecimento**, v. 8, n. 2014, p. 1-43, 2014.

FERNANDES, D. R. Uma visão sobre a análise da Matriz SWOT como ferramenta para elaboração da estratégia. **Revista de Ciências Jurídicas e Empresariais**, v. 13, n. 2, 2012.

DE FEO, Joseph; BAR-EL, Zion. Creating strategic change more efficiently with a new design for six sigma process. **Journal of Change Management**, v. 3, n. 1, p. 60-80, 2002.

FIGUEIREDO, V. F. DE; COSTA NETO, P. L. DE O. Implantação do HACCP na indústria de alimentos. **Gestão & Produção**, v. 8, n. 1, p. 100–111, abr. 2001.

FIORAVANTE, A. **Aplicação da Metodologia "Design For Six Sigma" (DFSS) em projetos automotivos.** 2005. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

FURLANI, Lucas da Luz. **Implementação de sistema informatizado para autocontroles em uma indústria de alimentos**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GUARIENTI, E. M. et al. Normas de classificação comercial de trigo e de farinha de trigo no Brasil: uma perspectiva histórica. 2022.

LIMA, D. T. **Uso de software para a redução de consumo de papel: a tecnologia da informação verde de empresas que contratam prestadores de serviços.** 2020. 55 f. Dissertação (Programa de Mestrado em Cidades Inteligentes e Sustentáveis) - Universidade Nove de Julho, São Paulo.

LIMA, F. P.; SELEME, R. Gestão da qualidade na indústria alimentar. In: X Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, UTFPR. 2020.

LIMA, J. L.. **Os desafios gerados na linha de produção de uma fábrica de farinha de trigo devido mudança de ERP: um estudo de caso na empresa Moinhos Cruzeiro do Sul em São Luís.** São Luís: Centro Universitário UNDB, 2021.

MEIRELES, M. Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas: organizações com foco no cliente. São Paulo: **Arte e Ciência**, 2001.

MOREIRA, M. de M. A. C. et al. Ferramentas da qualidade: uma revisão de diagrama de Ishikawa, 5W2H, ciclo PDCA, DMAIC e suas interrelações. **Anais**, 2021.

NOGUEIRA, M. de O; DAMASCENO, M. L. V. Importância do sistema de gestão da qualidade para indústria de alimentos. **Cad. Ciênc. Agrá**., v.8, n.3, p.84-93, 2016.

OLIVEIRA FILHO, R. L. de; MELO, R. M. de. Proposta de Modelo de Gerenciamento e Monitoramento da Rastreabilidade para Indústrias de Alimentos. XLI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO "Contribuições da Engenharia de Produção para a Gestão de Operações Energéticas Sustentáveis". Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 2021.

OLIVEIRA, J. A. de et al. Um estudo sobre a utilização de sistemas, programas e ferramentas da qualidade em empresas do interior de São Paulo. **Production**, v. 21, n. 4, p. 708–723, 16 set. 2011.

PAULLA, C. R. de; HAMZA, K. M. Gestão da qualidade e inovação: evidências para empresas do segmento de alimentação no oeste goiano. **Gestão E Desenvolvimento**, v. 12, n. 2, p. 165-178, 2015.

PAULA, L. N. de; ALVES, A. R.; NANTES, E. A. S. A importância do controle de qualidade em indústria do segmento alimentício. **Revista Conhecimento Online**, v. 2, p. 78-91, 2017.

PERSEGUELO, F. M. **Sistema APPCC aplicado à farinha de trigo integral.** Dissertação (Mestrado)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Tecnologia dos Alimentos. Londrina, 2016.

Pinheiro, A. R. **Utilização do método 6W3H para o aumento da eficiência em uma linha de produção de farinha de trigo.** 2021. 35 f. : il. color. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Alimentos, Fortaleza, 2021.

PRATA, R. F. FERNANDES, T. SILVA, C. E. S. TURRIONI, J. B. Fundamentos do design for six sigma. In: **Anais** do XI SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 08 a 10 de novembro de 2004.

RIBEIRO, L. M. M. et al. **Aplicação do Benchmarking na indústria de manufactura: Desenvolvimento de uma metodologia para empresas de fundição**. 2004.

SANTOS, P. V. S. Abordagem teórica acerca da metodologia Design For Six Sigma. **Tekhne e Logos**, v. 10, n. 3, p. 20–35, 17 dez. 2019.

SILVA, A. S. da. et al. A importância da documentação da qualidade para o setor produtivo: um estudo de caso. VII SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – 2010.

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**, v. 15, n. 2, p. 222-232, 2017.

SILVA, M. Z. da et al. Fatores contingenciais que contribuem para a decisão de modificação do sistema de custeio: estudo de caso em uma indústria moageira. **Revista de Administração**, v. 49, n. 2, p. 267-279, 2014.

SILVEIRA, A. V. M.; DUTRA, P. R. S. Programa de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle. Recife: EDUFRPE, 2012. 81 p. (Curso Técnico em Alimentos).

SOUZA, D. de F. M. de. **Influência do tempo de condicionamento do trigo na qualidade tecnológica da farinha**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Tecnologia dos Alimentos. Londrina, 2019.

VERGARA, C. M. A. C. . Gestão da qualidade na área de alimentos. Nutrivisa - **Revista de Nutrição e Vigilância em Saúde**, Fortaleza, v. 2, n. 3, p. 99–100, 2016.

WATSON, G.H. e DEYONG, C.F. (2010). Design for Six Sigma: caveat emptor. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1 (1), 66– 84.

WATSON, L. O. **Proquali**: Aplicativo para implantação e acompanhamento das boas práticas de fabricação em queijeiras artesanais. 2022. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Inovação). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2022.

ZORZO, L. S. et al. A Utilização do Excel no Controle Gerencial e na Tomada de Decisão nas Organizações. **Gestão e Desenvolvimento em Revista**, v. 4, n. 1, p. 73-86, 2018.