



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE - CAA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LAERTY KEVERSON DOS SANTOS GOMES

**UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE PERDAS DE
WAFER EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA: estudo de caso**

Caruaru

2023

LAERTY KEVERSON DOS SANTOS GOMES

**UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE PERDAS DE
WAFER EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA: estudo de caso**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, na modalidade de monografia, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção

Área de concentração: Gestão da Produção

Orientador: Prof. Thalles Vitelli Garcez

Caruaru

2023

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

Gomes, Laerty Keverson dos Santos.

Utilização da metodologia DMAIC para redução de perdas de wafer em uma indústria alimentícia: estudo de caso / Laerty Keverson dos Santos Gomes. - Caruaru, 2023.

59 : il., tab.

Orientador(a): Thalles Vitelli Garcez

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Engenharia de Produção, 2023.

1. Metodologia DMAIC. 2. Melhoria Contínua. 3. Perdas de wafer. 4. Seis Sigma. 5. Indústria alimentícia. I. Garcez, Thalles Vitelli. (Orientação). II. Título.

670 CDD (22.ed.)

LAERTY KEVERSON DOS SANTOS GOMES

**UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE PERDAS DE
WAFER EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA: estudo de caso**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia de
Produção da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Produção

Aprovado em: 20/09/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Thalles Vitelli Garcez (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dra. Cristina Pereira Medeiros (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dr. Lucimário Gois de Oliveira Silva (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Dedico este trabalho primeiramente à Deus, família e amigos que deram todo suporte nessa trajetória, motivando o meu crescimento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por sua infinita misericórdia, bênçãos diárias e por toda proteção e iluminação para que eu pudesse trilhar toda essa jornada dentro da UFPE, a Nossa senhora por interceder sempre junto ao Pai em todos os desafios e adversidades da vida.

À minha mãe Josineide por ser o meu combustível e pelos incentivos diários de me fazer acreditar nos meus sonhos e objetivos, ao meu pai Laercio por todo apoio nessa jornada. Ao meu irmão Marlon por todos os ensinamentos que me auxiliou na escolha da minha carreira. À minha namorada Maria Fernanda por todo companheirismo e suporte ao longo desses anos. Ao meu Padrasto Cláudio que sempre me apoiou em todas as etapas antes e durante a graduação. À toda minha família que de maneira direta ou indireta fizeram parte desse sonho realizado.

Aos amigos que me proporcionaram boas amizades na UFPE e que me auxiliaram nessa trajetória (Vinícius, Higor, Thiago e Anne). Agradeço também, a todos os amigos e afilhados do Encontro de Jovens Sal e Luz pelos momentos de fortificação da fé, principalmente ao meu padrinho Lálysson por todo suporte fundamental durante os primeiros passos na graduação.

Agradeço aos meus gestores e colegas de estágio que me deram todo suporte nessa experiência incrível de aplicar os aprendizados do curso de Engenharia na prática.

Agradeço aos professores da UFPE por todos os ensinamentos, especialmente ao professor orientador Thalles pelo suporte nessa fase de conclusão do curso.

Agradeço à todos os demais que de alguma forma fizeram parte dessa experiência incrível da graduação. À todos, muito obrigado!

*"A produção é o coração de uma empresa,
e a eficiência é o sangue que a mantém
viva."*

Taiichi Ohno (1970)

RESUMO

A melhoria contínua vem sendo amplamente difundida nas organizações pelos excelentes resultados obtidos em sua aplicação. Sua utilização é de extrema importância para que as empresas alcancem a excelência operacional em seus processos, impactando na otimização de seus recursos por meio da redução de perdas existentes e, conseqüentemente, aumento da lucratividade do negócio. No contexto do cenário brasileiro e na indústria alimentícia, a utilização da melhoria contínua torna-se ainda mais relevante, visto que o Brasil é um dos maiores produtores de alimento do mundo. Apesar dos excelentes resultados da filosofia de melhoria contínua nas organizações, sua aplicação é complexa e necessita de modelos de gestão robustos para garantir a assertividade em sua aplicação. Um dos grandes modelos de gestão que possui eficácia em grandes organizações é o *Lean Seis Sigma* que engloba o intuito da eliminação de desperdícios do *Lean Manufacturing* com a redução de variabilidade do Seis Sigma, funcionando como uma espécie de complemento de filosofias com metodologias e ferramentas bem estruturadas para atacar as perdas das indústrias. O DMAIC é a principal metodologia do *Lean Seis Sigma*, considerando 5 passos para a resolução de problemas: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar. Cada etapa possui uma quantidade de ferramentas de melhoria contínua que auxiliam na resolução de problemas. Desse modo, o presente trabalho tem por objetivo identificar os principais aspectos que impactam na perda de Wafer em uma indústria alimentícia e implementar ações de melhorias a partir da aplicação da metodologia DMAIC. Como resultado é possível observar a redução das perdas de wafer no forno comprovada a partir das análises estatísticas, além das melhorias nos indicadores de eficiência da linha, custo de conversão do produto para definição de preços competitivos para o mercado de trabalho e aumento na moral dos operadores com a redução da saturação de trabalho, alinhando-se a estratégia e cultura de melhoria contínua da empresa.

Palavras-chave: Melhoria contínua; Lean Seis Sigma; DMAIC; Indústria alimentícia; Perdas de Wafer.

ABSTRACT

Continuous improvement has been widely disseminated in organizations due to the excellent results obtained through its application. Its utilization is of utmost importance for companies to achieve operational excellence in their processes, impacting the optimization of their resources by reducing existing losses and, consequently, increasing business profitability. In the context of the Brazilian scenario and the food industry, the use of continuous improvement becomes even more relevant, given that Brazil is one of the world's largest food producers. Despite the excellent results of the continuous improvement philosophy in organizations, its application is complex and requires robust management models to ensure accuracy in its implementation. One of the major effective management models in large organizations is Lean Six Sigma, which combines the goal of eliminating waste from Lean Manufacturing with the reduction of variability from Six Sigma, functioning as a kind of complementary philosophy with well-structured methodologies and tools to address industry losses. DMAIC is the primary methodology of Lean Six Sigma, considering 5 steps for problem resolution: Define, Measure, Analyze, Improve, and Control. Each stage has a set of continuous improvement tools that assist in problem-solving. Thus, the present study aims to identify the main factors that impact wafer loss in a food industry and implement improvement actions based on the application of the DMAIC methodology. As a result, it is possible to observe the reduction of wafer losses in the oven, as confirmed by statistical analyses, as well as improvements in the efficiency indicators of the production line, conversion cost of the product for defining competitive market prices, and increased morale among operators with reduced work saturation, aligning with the company's continuous improvement strategy and culture.

Keywords: Continuous improvement; Lean Manufacturing; Six Sigma; Lean Six Sigma; DMAIC; Wafer Losses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Entradas básicas para a melhoria do gerenciamento da rotina	22
Figura 2 – Fluxograma metodológico do projeto	29
Figura 3 – Cronograma do projeto	37
Figura 4 – Exemplificação básica do processo	38
Figura 5 – Fluxo do processo de produção de wafer	39
Figura 6 – Matriz de esforço X impacto	42
Figura 7 – Teste de qualidade de ajuste via MINITAB	43
Figura 8 – Aplicação da transformação de Johnson	44
Figura 9 – Relatório de capacidade do processo	44
Figura 10 – Diagrama de causa e efeito	46
Figura 11 – FMEA de processo	47
Figura 12 – Rejeito de placa com borreia	50
Figura 13 – Rejeito de placa livre de borreia	50
Figura 14 – Análise de capacidade (Q1)	52
Figura 15 – Análise de capacidade (Q2)	53
Figura 16 – Análise de capacidade (Q3)	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Padrão Seis Sigma	25
Quadro 2 – Modelo 5W2H	26
Quadro 3 – Membros do projeto	32
Quadro 4 – Project Chart	36
Quadro 5 – Classificação de cada X potencial	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Perda de wafer por equipamento Q4'2022	31
Gráfico 2 – Produção de wafer (Ton/mês)	33
Gráfico 3 – Rejeito total de wafer do forno 2 (Ton/mês)	34
Gráfico 4 – Refugo (%/mês)	34
Gráfico 5 – Refugo (R\$/Ton/mês)	34
Gráfico 6 – Teste de normalidade	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Relação entre as etapas do DMAIC e os procedimentos	30
Tabela 2 –	Plano de controle de viscosidade	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LM	<i>Lean Manufacturing</i>
GE	<i>General Eletric</i>
LSS	Lean Seis Sigma
JIT	<i>Just in Time</i>
STP	Sistema Toyota de Produção
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysys</i>
RPN	<i>Risk Priority Number</i>
PPM	<i>Parte por milhão</i>
DPMO	<i>Defeito por um milhão de oportunidade</i>
<i>Ton</i>	<i>Tonelada</i>
R\$	Reais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	JUSTIFICATIVA	17
1.2	OBJETIVOS	18
1.2.1	Objetivo geral	18
1.2.2	Objetivos específicos.....	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	MELHORIA CONTÍNUA	19
2.2	INTEGRAÇÃO LEAN SEIS SIGMA.....	20
2.3	FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO DO LEAN SEIS SIGMA.....	20
2.4	LEAN MANUFACTURING.....	21
2.5	SETE PERDAS DA PRODUÇÃO.....	22
2.5.1	Perdas por superprodução	22
2.5.2	Perda por espera.....	23
2.5.3	Perda por transporte.....	23
2.5.4	Perda por processamento	23
2.5.5	Perda por estoque	23
2.5.6	Perda por movimentação	24
2.5.7	Perda por fabricação de produtos defeituosos	24
2.6	SEIS SIGMA.....	24
2.7	DMAIC.....	25
2.7.1	Definir (<i>Define</i>)	25
2.7.2	Medir (<i>Measure</i>)	25
2.7.3	Analisar (<i>Analyze</i>)	26
2.7.4	Melhorar (<i>Improve</i>).....	26
2.7.5	Controlar (<i>Control</i>).....	26
3	METODOLOGIA	28

3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	28
3.2	PROCEDIMENTOS E FASES DA PESQUISA	28
4	ESTUDO DE CASO	31
4.1	DEFINIR	31
4.1.1	Árvore de perdas	31
4.1.2	Equipe do projeto	32
4.1.3	Definição dos KPI's	32
4.1.4	Project Charter	35
4.1.5	Cronograma do projeto.....	37
4.2	MEDIR.....	37
4.2.1	Workout (Limpeza Inicial)	37
4.2.2	Mapeamento de processos	38
4.2.3	Matriz de Esforço e Impacto (MEI)	40
4.3	ANALISAR.....	42
4.3.1	Estudo de capacidade inicial	42
4.3.2	Diagrama de Causa e Efeito	45
4.3.3	FMEA	46
4.4	MELHORAR	47
4.4.1	Plano de ações 5W1H.....	48
4.4.2	Kaizen	49
4.5	CONTROLAR.....	50
4.5.1	Plano de controle.....	51
4.5.2	Estudo de capacidade final parcial	52
4.6	ANÁLISE GERENCIAL.....	54
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	55
5.1	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	55
	REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a competição entre empresas vem aumentando gradativamente, influenciando diretamente na busca incansável do aperfeiçoamento de seus processos e produtos, visando não só atender, mas superar as expectativas do cliente com a melhor experiência possível. Além disso, disponibilizar ao mercado produtos e serviços de qualidade à um preço acessível são aspectos fundamentais para garantir a sustentabilidade do negócio à longo prazo.

Para que uma empresa alcance um alto nível competitivo atualmente é necessário a contribuição de diversos fatores para que as metas sejam superadas e os resultados bastante atrativos para o negócio. É sobre essa perspectiva que a maioria das organizações formulam sua estratégia de operação, desde a alta administração com tomadas de decisões complexas até o chão de fábrica com procedimentos mais simples, mas com uma característica em comum que é garantir a assertividade nas ações realizadas (MARTINS; OLIVO, 2016; LIMA; GALDAMEZ, 2018).

Uma das vias adotadas pelas empresas de alto nível é uso de metodologias de melhoria contínua que fomentam o progresso através das ferramentas que permitem analisar e tratar a partir de uma forma lógica os problemas vivenciados pelas indústrias, impactando positivamente nas mudanças necessários para que os resultados sejam alcançáveis (ALBERTIN, 2016).

Nesse contexto, uma das metodologias que mais vem ganhando espaço no mercado é o *Lean Seis Sigma* (LSS), representando a união da visão enxuta do *Lean Manufacturing* com o foco da redução de variabilidade do Seis Sigma. Dentro do LSS, destaca-se o DMAIC, que é uma ferramenta estruturada de acordo com cinco aspectos: definir, medir, analisar, melhorar e controlar. Dessa forma, o DMAIC tem como principal objetivo conduzir um projeto de melhoria de acordo com o passo a passo que maximiza as chances de sucesso em um projeto, possuindo em cada etapa ferramentas de melhoria contínua que ajudam a especificar os X's potenciais que estão impactando na saída do processo Y. De acordo com Werkema (2014), o modelo Seis Sigma, cuja principal metodologia é o DMAIC, contempla-se como uma dessas metodologias cruciais empregadas para concentrar esforços na otimização de processos. O objetivo principal é alcançar melhorias, seja em termos financeiros ou

na qualidade dos produtos, enquanto simultaneamente reduz custos e melhora a eficiência na produção.

O presente trabalho tem como foco tratar o problema da perda de wafer em uma indústria alimentícia localizada no nordeste brasileiro. Desse modo, existem diversos fatores que impactam na geração dessa perda que podem ser divididas de duas formas em relação à etapa do processo, durante o processo de preparação do wafer, considerando toda etapa de preparação da massa até a máquina que realiza o corte padrão do wafer e o processo de embalagem do produto, considerando toda etapa posterior à cortadeira até a expedição do produto para consumidor. No estudo será tratada o problema que ocorre durante o processo de preparação de wafer, pois possui um maior impacto de perda para a empresa. Nessa etapa, diversos aspectos que afetam a geração da perda de wafer podem ser identificados como a variação da mistura dos ingredientes afetando a qualidade do wafer, flutuações na temperatura do forno propiciando uma variação na textura do wafer, variações do controle de viscosidade e velocidade de injeção da massa. A partir do DMAIC, melhoria serão realizadas para mitigar as perdas de wafer.

1.1 JUSTIFICATIVA

A fabricação de wafer engloba uma fatia significativa da indústria alimentícia e vem expandindo-se rapidamente localmente em todo Brasil e internacionalmente a partir do mercado de Snack. Dessa maneira, é fundamental manter uma busca contínua pela melhoria do processo, pois a partir da redução de perdas o custo do produto passa a ser menor, fornecendo uma maior vantagem competitiva para a empresa (SLACK, 2009).

O volume de produção da linha em que é realizado o estudo de caso representa 80% de todo o volume de wafer recheado que é fabricado pela empresa. Desse modo, existe uma relevância significativa de ganhos para a empresa nas melhorias realizadas nessa linha.

A empresa está em processo de expansão das linhas de produção de wafer recheado. Sendo assim, as melhorias realizadas a partir do DMAIC nesse estudo de caso podem ser replicadas para as demais linhas, aumentando a produtividade não somente de uma linha, mas de todas as linhas que produzem wafer recheado.

A metodologia DMAIC mostra-se como um excelente mecanismo para combater a perda de wafer da empresa por meio de suas etapas que permitem uma análise robusta, identificando as causas raízes do problema para direcionar ações de melhorias efetivas para solucionar o problema.

Desse modo, o presente trabalho justifica-se pelo tratamento sistemático faseado nas etapas definir, medir, analisar, melhorar e controlar da metodologia DMAIC para identificar, analisar e tratar o problema das perdas de wafer no estudo de caso e garantir uma durabilidade das melhorias através do plano de controle dos X's vitais do processo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Identificar os principais aspectos que impactam na perda de wafer em uma indústria alimentícia e implementar ações de melhorias a partir das fases definir, medir, analisar, melhorar e controlar da metodologia DMAIC.

1.1.2 Objetivos específicos

Visando o alcance do objetivo geral deste trabalho, será necessário o alcance dos seguintes objetivos específicos:

- Realizar o mapeamento do estado atual do processo produtivo de wafer;
- Reconhecer, quantificar e analisar as perdas de wafer;
- Implementar ações de melhorias;
- Reduzir as perdas de wafer
- Controlar os X's vitais para garantir a estabilidade do processo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MELHORIA CONTÍNUA

A melhoria contínua é uma filosofia que se funde após o surgimento da Revolução industrial e seu conceito foi amplamente difundido após o cenário pós-guerra de (1945) com a reestruturação da indústria japonesa. Os aprendizados obtidos após os estudos de Frank Gilbreth e Frederik Taylor baseados na padronização da produção por meio da utilização dos métodos científicos aplicaram-se ao cenário econômico arruinado do japão pós-guerra. Com base nisso, Joseph Moses Juran e William Edwards Deming foram os pioneiros nos treinamentos e mudança cultural do japão, iniciando um movimento de melhoria contínua que se perdura até os dias atuais em todo o mundo (Chiavenato, 1983; PALADINI, 2004)

O conceito de melhoria contínua pode ser entendido como um ciclo, um processo dinâmico e sem fim e extremamente envolvente, no qual a fonte básica de energia são as pessoas (CUSTODIO, 2015; OLIVEIRA et. Al., 2017). No japonês, o conceito de melhoria contínua pode ser relacionado com a palavra *Kaizen* que vem provém da junção de (*Kai*) que significa mudança e (*Zen*) que significa melhoria (YEN-TSANG et al., 2010 p. 02). Portanto, pode-se entender a melhoria contínua (*Kaizen*) como uma filosofia que estimula mudanças e melhorias por meio de um sistema de ideias fortemente estruturado.

Para Bessant (1999) a melhoria contínua vem se tornando cada vez mais um fator importante para mudanças radicais e inovadoras nas organizações. Para que essa melhoria seja impulsionada é necessário a realização de uma gestão de processo na abordagem de melhoria no dia a dia, fazendo com que as empresas mudem com uma velocidade considerável buscando atender as necessidades do consumidor (OLIVEIRA, 2017).

No cenário atual é possível verificar os exemplos de melhoria contínua mais recentes estão diretamente ligados à gestão da qualidade total das organizações, sendo oriundo da experiência e aprendizados dos americanos e japoneses. A partir disso, benefícios como redução de custo, aumento de capacidade produtiva e a redução de itens defeituosos podem ser observados, aumentando a competitividade das organizações que adotam programas de melhoria contínua. Porém, não é possível afirmar até quando duramos resultados das empresas que adotam o

programa de melhoria contínua, mostrando-se como uma oportunidade de análise de ciclo de vida desses programas para estudos futuros.

2.2 INTEGRAÇÃO LEAN SEIS SIGMA

A visão de que o LM e o Seis Sigma são complementares é amplamente aceita atualmente, sendo cada vez mais implementadas por empresas de todo o mundo, principalmente após a demonstração dos resultados obtidos na GE e na Toyota (SALAH et al., 2010).

A unificação dessas filosofias é uma atividade que acontece desde a década de 90, quando eram implementadas de forma paralela. Apesar do pensamento de que os resultados obtidos poderiam ser somados a partir da integralização, algumas dificuldades foram sendo observadas, isso acontecia pelo fato de que essas filosofias possuem objetivos distintos, apesar de serem complementares. Alguns autores apontam a necessidade da integração dessas filosofias explicitando como e porque elas devem ser unificadas.

Segundo Bhuiyan e Baghel (2005), a integração dessas filosofias é o caminho para o aumento potencial dos resultados de melhoria. Além disso, essa unificação resulta em uma metodologia robusta que é utilizada para eliminação de desperdício e variação nos processos, a partir do DMAIC, com objetivo de atender as necessidades do cliente (SALAH, et al., 2010).

2.3 FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO DO LEAN SEIS SIGMA

É fato que não existe um modelo universal que garanta o sucesso da implementação do LSS para qualquer tipo de organização. Desse modo, é necessário que haja adaptações para sustentar a manutenção do programa. Para Pande, Neuman e Cavanagh (2007) deve haver adaptações de acordo com as necessidades da empresa, desde que essas continuem sendo compreensíveis para todos os envolvidos e que leve a conclusões corretas. Apesar das adaptações, muitos casos de implementação do LSS não resultam em benefícios tangíveis para as organizações, levando ao insucesso.

Embora que similares, os fatores críticos de sucessos de sucessos defendidos por alguns autores não estão diretamente relacionados. Para Jeyaraman e Teo (2010), é considerado como fator crítico o compromisso e dedicação da liderança,

sistema de premiação e reconhecimento, cultura organizacional, comunicação frequente e avaliação dos resultados do programa, definição do funcionamento do programa e sua ligação com a empresa, programa de treinamento e capacidade financeira da empresa. Além disso, Pepper e Spedding (2010) complementam os fatores críticos de sucesso defendendo que a cultura organizacional seja estratégica e voltada para o processo, a empresa deve possuir um equilíbrio entre as duas metodologias e estruturadas de acordo com o tipo de problema abordado.

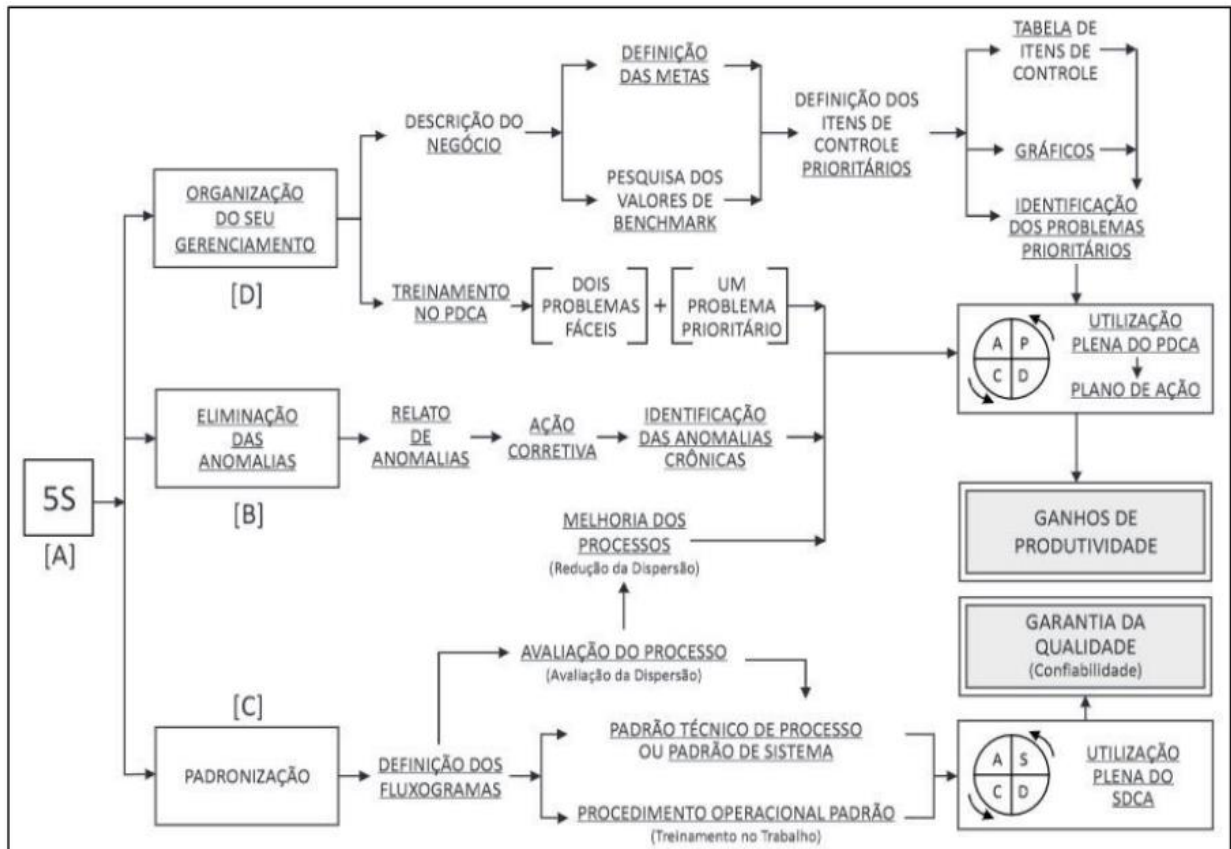
2.4 LEAN MANUFACTURING

Segundo Ghinato (2000), o *Lean Manufacturing* pode ser entendido como uma filosofia de gerenciamento que procura otimizar a organização de forma a atender as necessidades do cliente no menor prazo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo. Tendo sua origem no cenário pós-guerra do Japão, por volta da década de 1950, o *Lean Manufacturing* adotou um papel primordial para a reconstrução do cenário industrial japonês. Grandes idealizadores como Kiichiro Toyoda, Sakichi Toyoda, Shigeo Shingo junto ao Engenheiro Taiichi Ohno contribuíram para o desenvolvimento dessa filosofia, promovendo a melhoria contínua por meio da otimização dos recursos e redução de desperdícios, conquistando resultados significantes ao longo das décadas.

A partir disso, os conceitos e práticas do *Lean Manufacturing* foram sendo notados nos meios acadêmicos e industriais, ganhando visibilidade em grande escala por todo o mundo. Shingo (1996) aponta que isso ocorreu devido ao efeito do *Just-in-Time* (JIT) sobre os métodos de gerenciamento da produção vigentes.

Para propiciar o sucesso do *Lean Manufacturing* nas organizações, é necessário um comprometimento sólido de todos os membros que fazem parte da implementação da filosofia, a gestão deve ser diária, sendo utilizada não só como uma filosofia, mas como parte da cultura da empresa. Sem uma gestão diária do *Lean Manufacturing*, os objetivos tornam-se inalcançáveis e sua implementação inviável. De acordo com Campos (2013), o gerenciamento da rotina ocorre por meio das linhas básicas que leva em consideração uma sequência lógica de aplicação das ferramentas do *Lean Manufacturing*, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Entradas básicas para a melhoria do gerenciamento da rotina



Fonte: Adaptado de Campos, 2013, p.40

2.5 SETE PERDAS DA PRODUÇÃO

Segundo Ohno (1997), as perdas são atividades desnecessárias que geram custo, não agregam valor e que, portanto, devem ser eliminadas. O próprio Ohno sugeriu em sua obra que as perdas do Sistema Toyota de Produção (STP) fossem classificadas em sete categorias: perda por superprodução, perda por espera, perda por transporte, perda por processamento em si, perda por estoque, perda por movimentação, perda por fabricação de produtos defeituosos.

2.5.1 Perdas por superprodução

A superprodução pode ser considerada como pela produção de itens supera o planejado, ou seja, itens sem demanda efetiva. Para Ohno, esta é a perda principal, visto que a partir dela são identificados outros desperdícios que tendem a ficarem ocultos (LIKER, 2005). A superprodução ainda pode ser dividida em dois tipos de perda, superprodução por quantidade e superprodução por antecipação. A primeira pode ser

classificada como a perda por produzir além do que foi planejado, sem a devida necessidade. A segunda perda pode ocorrer a partir de uma produção antes que haja uma demanda efetiva. Segundo (GHINATO, 1996) essa é a perda mais perseguida pelo *Lean Manufacturing*.

2.5.2 Perda por espera

Esse tipo de perda pode ser obtido por meio dos intervalos de tempo em que os recursos produtivos estão ociosos ou executando alguma atividade que não agrega valor ao processo, não sendo efetivamente aproveitados como espera-se. Segundo *Martins* (2018), esse tipo de perda pode ser comparado à tipificação das filas, dos superlotes e taxa de utilização dos recursos produtivos.

2.5.3 Perda por transporte

Esta perda diz respeito às movimentações desnecessárias que não agregam valor ao processo. Sendo assim, é de extrema importância a realização de uma estruturação de arranjo físico que atenda as necessidades e que minimize ou elimine esse tipo de perda (SLACK, CHAMBERS; JOHSTON, 2002).

2.5.4 Perda por processamento

Este tipo de perda refere-se à execução de atividades desnecessárias que o ocorre durante o processamento do item, não agregando valor e gerando custos. Têm-se como exemplo erro no processo de embalagem do material e quantidade de itens erradas em uma caixa.

2.5.5 Perda por estoque

Estoque é eficiente quando se apresenta na medida correta, mas pode facilmente ser classificado como um tipo de perda para as organizações. Essa perda é caracterizada pelo número elevado de matéria-prima em estoque, seja por uma antecipação da produção ou previsão mal elaborada. Para *Antunes* (2008), o *Lean Manufacturing* visa reduzir o estoque por meio de políticas de melhoria contínua sincronizando a produção em relação a sua demanda.

2.5.6 Perda por movimentação

É considerado um tipo de perda que ocorre durante a produção sendo gerada principalmente por colaboradores, resultando em tempo que não agrega valor ao processo. Pode ser reduzida ou eliminada por meio de procedimento operacional padrão tornando a operação mais eficiente.

2.5.7 Perda por fabricação de produtos defeituosos

Este tipo de perda ocorre quando o produto não atende às especificações necessárias para comercialização do item. Ocorre geralmente pela falta de padronização do processo, acarretando custos por perda do produto, perda de embalagem e retrabalho do matéria-prima, o que não agrega valor ao processo.

2.6 SEIS SIGMA

O Seis Sigma é uma metodologia que tem como objetivo principal melhorar a eficiência dos processos por meio da redução de variabilidade, reduzindo itens não-conformes e aumentando o desempenho e lucratividade da organização. Existem várias visões do que é o Seis Sigma e qual o seu papel na organização. Para Blakeslee Jr (1999), o Seis Sigma é uma abordagem de alta performance baseada em dados para analisar as causas dos problemas e resolvê-los. Já para Schroeder et al. (2008), é uma estrutura organizada para reduzir a variabilidade nos processos das organizações, recorrendo a especialistas que com um método estruturado e métricas definidas procuram alcançar os objetivos estratégicos propostos. Apesar de várias visões sobre o que é o Seis Sigma, todas tem em comum aspectos como definição do objetivo, medição e mudança cultural voltada para resultados.

O Seis Sigma tornou-se mundialmente conhecido por meio de sua implementação na Motorola por volta de 1987, com a perspectiva de mitigar os problemas de itens não-conformes dentro do processo produtivo. Além da Motorola, a GE (*General Eletric*) também auxiliou na expansão e resultados da metodologia, concretizando um lucro de 4 bilhões de dólares em economia produtiva como aponta (SILVA; OLIVEIRA; SILVA, 2017).

O nível Sigma pode ser considerado como a representação do desvio padrão dentro de um sistema estudado (PEREZ-LOPEZ, GARCIA-CERDAS, 2014). Dentro do Seis Sigma existem seis desvios padrão, e cada desvio é associado ao DPMO, ou

seja, Defeito Por Milhão de oportunidade. O Quadro 1 ilustra a relação entre o percentual de conformidade, DPMO e nível sigma.

Quadro 1: Padrão Seis Sigma

Produção	DPMO	Sigma
30,9%	690.000	1
69,2%	308.000	2
93,3%	66.800	3
99,4%	6.210	4
99,98%	320	5
99,9997%	3,4	6

Fonte: (Adaptado de Pande et al. 2000)

2.7 DMAIC

O Seis Sigma é suportado por meio do DMAIC, metodologia robusta centrada na resolução de problemas por meio de definição, análise estatística, melhoria e controle, apoiando as organizações para uma tomada de decisão mais assertiva e aumento sua produtividade. O objetivo do DMAIC é identificar de maneira clara o problema a partir de um conjunto de técnicas e ferramentas lógicas entregando, ao fim de sua aplicação, soluções de acordo com as necessidades da organização (PEREZ-LOPEZ, GARCIA-CERDAS, 2014).

2.7.1 Definir (*Define*)

A primeira etapa do DMAIC consiste na definição do problema a ser estudado, incluindo informações pertinentes como descrição do estado atual, meta de redução ou aumento dependendo do indicador referencial e definição do baseline do histórico do indicador para análise de seu comportamento na etapa seguinte. Nessa etapa são utilizadas ferramentas com Voz do Cliente (VOC), SIPOC e contrato do projeto.

2.7.2 Medir (*Measure*)

Após a definição clara do problema é necessário adotar um histórico referencial para análise dos indicadores a serem estudados. O objetivo central desta etapa é a coleta de dados sem qualquer intervenção ou análise, descrevendo detalhadamente como funciona o processo (CHIROLI et al, 2020). É importante ressaltar que a coleta de dados deve resultar na identificação de oportunidades de melhoria. Uma

ferramenta valiosa para essa etapa é o mapa de processo, ele pode atuar como um facilitador para identificação das oportunidades de melhoria de acordo com o problema definido na etapa anterior

2.7.3 Analisar (*Analyze*)

A terceira etapa consiste na análise dos dados para suportar assertivamente as tomadas de decisões que resultaram na melhoria do objeto de trabalho. Para Godoy (2014), a análise de dados consiste em averiguar a relação entre causa e efeito do processo, estabelecendo uma visualização clara da variância dos dados de entrada e identificando sua causa. Várias ferramentas da quantitativas e qualitativas são utilizadas nessa etapa para chegar a causa raiz do problema, tais como, Diagrama de Ishikawa, 5 por quês, análise P-M, Histograma, Box Plot e Diagrama de Pareto.

2.7.4 Melhorar (*Improve*)

Na quarta etapa é necessário utilizar ferramentas interventivas para atuar diretamente sobre a causa raiz para atingir a melhoria de performance do processo. A ferramenta que pode suportar esta etapa é a 5W2H, por meio dela é possível tracionar um plano de ação robusto para solução do problema. O objetivo da ferramenta é esclarecer o formato de resolução por meio de algumas categorias conforme ilustrada no Quadro 2.

Quadro 2: Modelo 5W2H

O que (What)	Quem (Who)	Quando (When)	Onde (Where)	Por que (Why)	Como (How)	Quanto (How Much)

Fonte: O autor (2023)

2.7.5 Controlar (*Control*)

Depois da realização de todas as melhorias, terminar o projeto sem um controle necessário pode fazer com que se perca todos os resultados alcançados. Para isso, é necessária uma gestão de controle para garantir a padronização do processo, diminuindo suas variâncias e o retorno de problemas que fora anteriormente solucionado. Ferramentas como carta de controle e a implementação de dispositivos

à prova de falhas pode garantir a sustentabilidade dos resultados ao longo do tempo. Ainda, é nesta etapa que é estabelecido um plano de monitoramento que dará suporte aos tomadores de decisão, por meio de relatórios obedecendo a uma certa frequência, para garantir eficácia no controle do processo (CHIROLI, 2020).

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Neste estudo utilizou-se inicialmente uma pesquisa bibliográfica sobre definições, ferramentas e etapas de aplicação do Lean Seis Sigma para identificação e implementação de melhorias em uma indústria alimentícia, podendo ser considerada como uma pesquisa de natureza prática.

De acordo com Gerhardt E Silveira (2009), ao procurar soluções para os desafios existentes ou propostos, recorre-se à pesquisa como um meio para obter resultados. A pesquisa é construída seguindo uma sequência de etapas, desde a coleta de dados, passando pelo estudo minucioso do problema em questão, até a formulação de ações e a implementação delas, que terão um impacto direto nos resultados do trabalho.

Quanto a forma de abordagem do problema é classificada de cunho quantitativo, pois utiliza dados numéricos que são analisados e servem como informação para auxiliar na tomada de decisão mais assertiva de acordo com a natureza do problema. Para Fernandes (2009), os métodos quantitativos trabalham com dados numéricos e técnicas estatísticas tanto para classificar como para analisar os resultados, desta forma são mais empregados em pesquisas nas áreas biomédicas e exatas, nomeando-se como uma pesquisa tanto descritiva como analítica.

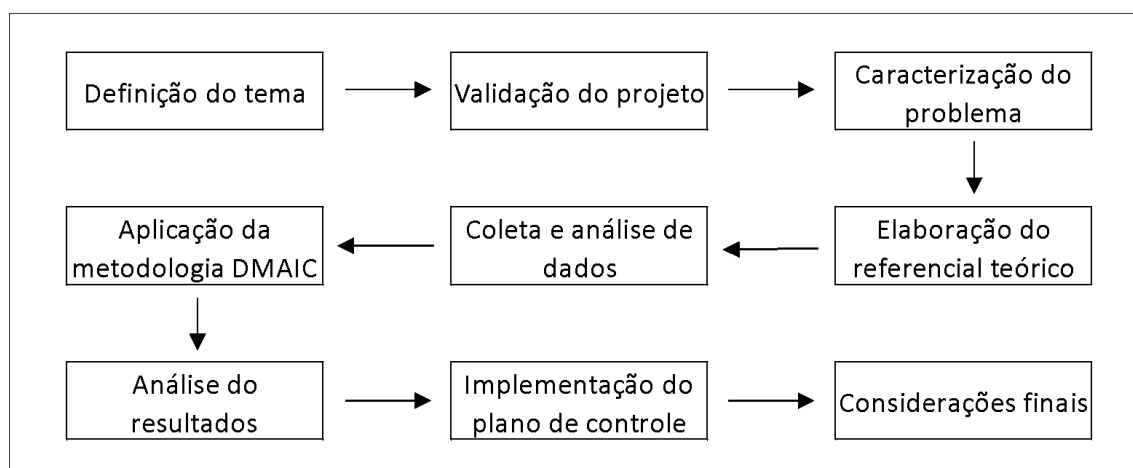
Em relação aos objetivos, a pesquisa pode ser classificada como exploratória, pois visa identificar as características dos fenômenos existentes, explicando suas razões e relações com o problema abordado. Quanto aos procedimentos técnicos, é possível classificar o estudo de caso como pesquisa-ação, visto que pesquisadores e participantes estão envolvidos na situação problema buscando formas para minimizá-lo.

De maneira geral, nesse estudo, foi aplicado o método DMAIC na condução de um projeto de melhorias. Foram analisados os problemas do processo produtivo e elaborados planos de ação para solucioná-los. Em relação aos procedimentos, as classificações abordam os procedimentos bibliográficos, documental, levantamento, Estudo de Caso e Pesquisa ação.

3.2 PROCEDIMENTOS E FASES DA PESQUISA

O estudo de caso seguiu o fluxograma descrito na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma metodológico do projeto



Fonte: O autor (2023)

Na primeira etapa de definição do tema priorizou-se a maior voz da árvore de perdas da empresa, de acordo com o diagrama de Pareto. Após isso, foi estruturada e treinada a equipe multifuncional para execução do projeto, validou-se com a área de finanças da organização o período de baseline das perdas e definiu-se a meta de redução. Em seguida, os participantes do projeto executaram a caracterização do problema e foi idealizado todo referencial teórico para dar suporte na aplicação da metodologia. Os dados ligados ao problema estudado foram coletados e analisados, resultando em informações essenciais que deram total suporte na aplicação da metodologia DMAIC. Após isso, foram analisados os resultados obtidos através da implementação de melhorias por meio da metodologia. Como forma de padronizar e perpetuar os resultados obtidos, foi elaborado um plano de controle contendo informações de como atuar sobre os X's vitais do processo, de maneira que se evite perdas. Por fim, as lições aprendidas foram registradas servindo como base de informações para futuros projetos similares.

O objetivo deste estudo é usar o método DMAIC para realizar um projeto de melhorias no processo produtivo. Foram analisados os problemas existentes e foram executados planos de ação para solucioná-los. Durante a aplicação do DMAIC, seguiu-se uma sequência de etapas bem definidas e foram utilizadas ferramentas específicas para garantir o sucesso do processo. A Tabela 1 resume a associação de cada etapa do DMAIC com as ferramentas utilizadas durante o projeto.

Tabela 1 - Relação entre as etapas do DMAIC e os procedimentos

Etapa	Atividades	Procedimentos
Definir (D)	Elaborar equipe multifuncional do projeto	Work Out
	Validar projeto	Brainstorming
	Definir meta	Matriz de priorização
Medir (M)	Determinar problema central	Coleta de dados a partir de softwares
	Definir plano de coleta e avaliação dos dados	Diagrama de pareto
		Gráficos de comparação
Analisar (A)	Avaliar fatores influenciadores	Diagrama de Ishikawa
	Identificar causas raízes	Brainstorming
		FMEA
		Análise de causa raíz
		Matriz de Esforço x Impacto
Melhorar (I)	Executar ações para erradicar as causas encontradas	Brainstorming
	Priorizar ações que se mostrem mais adequadas	5W1H
		Matriz de Esforço x Impacto

Fonte: Adaptado de Wermeka (2012)

4 ESTUDO DE CASO

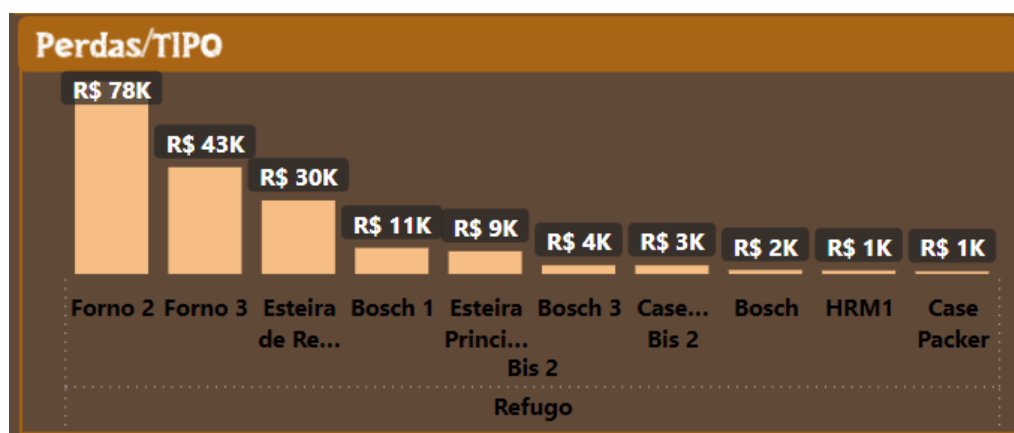
Nesta seção são apresentadas as atividades desenvolvidas durante a aplicação do projeto segmentadas de acordo com as etapas da metodologia DMAIC para redução da perda de wafer. O estudo de caso foi realizado em uma empresa do ramo alimentício localizada no nordeste brasileiro. O wafer recheado produzido na linha de produção em que o caso foi desenvolvido representa cerca de 80% de todo wafer recheado que é fabricado pelas duas plantas industriais localizadas no Brasil, o que é muito relevante para o negócio ressaltando a importância do impacto positivo atribuído por meio do projeto. Com o propósito de preservar a confidencialidade das informações da empresa examinada no estudo de caso, de acordo com as disposições internas do contrato do projeto, aplicou-se um fator multiplicativo aos dados relacionados às finanças, produção e perdas de wafers.

4.1 DEFINIR

4.1.1 Árvore de perdas

O estudo de caso foi inicialmente idealizado por meio de uma árvore de perdas para que o projeto fosse direcionado para a maior voz. Através do diagrama de Pareto foi possível identificar que a maior voz de perda de wafer da planta parte dessa linha que representa cerca de 80% do volume do wafer recheado do país. Em seguida, foi elaborado mais um diagrama de Pareto com objetivo de visualizar as perdas de wafer a nível de equipamento, conforme mostrado no Gráfico 1. Esta etapa assume uma importância crucial para definir o equipamento alvo do estudo de caso, levando à seleção do forno 2 como alvo específico do projeto.

Gráfico 1 - Perda de Wafer por equipamento Q4'2022



FONTE: O autor (2023)

O baseline de um projeto é fundamental para fornecer uma referência comparativa do progresso real dos resultados do projeto ao longo do tempo. No estudo de caso foi definido como baseline do projeto os últimos três meses de 2022 (Q4'2022).

4.1.2 Equipe do projeto

Após a validação pelo time de finanças referente ao retorno financeiro estipulado da iniciativa, criou-se uma equipe multifuncional, visando reunir membros com diversas habilidades, conhecimentos e experiências para execução do projeto. O Quadro 2 representa o cargo e responsabilidade de cada membro envolvido no projeto.

Quadro 3 - Membros do projeto

Cargo	Responsabilidade
Gerente de Seção	Patrocinador
Assistente de manufatura	Líder do projeto
Especialista de processo	Membro do time
Estagiário de Melhoria Contínua	Membro do time
Técnico de Manutenção	Membro do time
Operadora de produção	Membro do time

FONTE:O autor (2023)

4.1.3 Definição dos KPI's

Após a definição dos membros do projeto, definiu-se os KPI's para controle do projeto, eles são métricas ou medidas específicas que são utilizadas para acompanhar o progresso e avaliar o desempenho de um projeto. Estando presente em todas etapas do DMAIC, os KPI's são fundamentais para monitoramento de desempenho, identificação de problemas, avaliação de resultados e servem de base para tomadas de decisões assertivas ao longo do projeto. No estudo de caso em questão, foram estabelecidos quatro KPI's.

O primeiro KPI refere-se à quantidade de produto acabado produzido na linha de wafer do projeto podendo ser medido em toneladas por mês. O objetivo deste KPI é de acompanhar o ganho de volume de produção a partir da redução das perdas de Wafer, sendo importante destacar que fatores externos ao projeto podem afetar esse KPI, como por exemplo a redução de volume no plano de produção.

O segundo KPI concentra-se na quantidade total de rejeitos de wafer, podendo ser mensurado em toneladas por mês. O termo "rejeito" abrange todo material que é inicialmente manipulado durante o processo de fabricação para se tornar um produto acabado, porém, devido a falhas no processamento, não é aproveitado, resultando em perda. Neste estudo de caso, essa perda é denominada de "refugo".

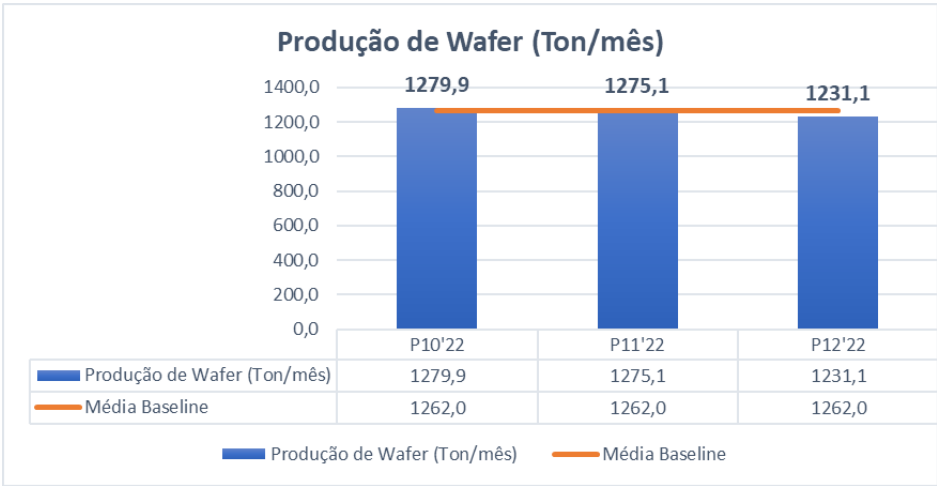
O terceiro KPI projeta uma relação entre o rejeito total em toneladas com o volume de produção total da linha em toneladas, podendo ser mensurado por meio da divisão do KPI 2 sobre o KPI 1. É considerado um KPI vital para o acompanhamento das principais variáveis que afetam o projeto.

O quarto KPI concentra-se na avaliação da perda financeira específica resultante do refugo de wafer por tonelada produzida. Portanto, quanto menor for a redução das perdas de refugo por tonelada produzida, maior será o impacto na redução dos custos de conversão do produto acabado, o que levará à diminuição dos custos de produção.

Inicialmente, foi conduzido um levantamento abrangendo o período de referência (baseline) para permitir comparações futuras. Os KPIs e seus respectivos selecionados e seus respectivos gráficos são detalhados abaixo.

- KPI 1: Produção da linha de wafer (Tonelada/mês)

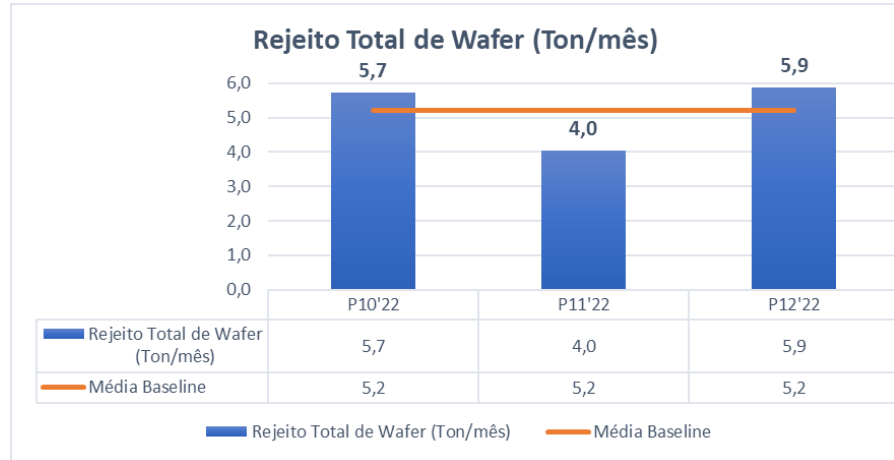
Gráfico 2 - Produção de wafer (Ton/mês)



FONTE: O autor (2023)

- KPI 2: Rejeito total de wafer do forno 2 (Ton/mês):

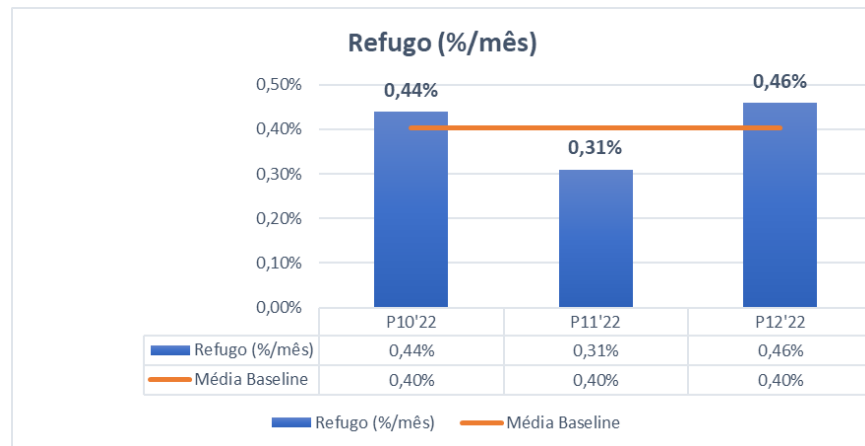
Gráfico 3 - Rejeito total de Wafer (Baseline)



FONTE: O autor (2023)

- KPI 3: Refugo (%/mês)

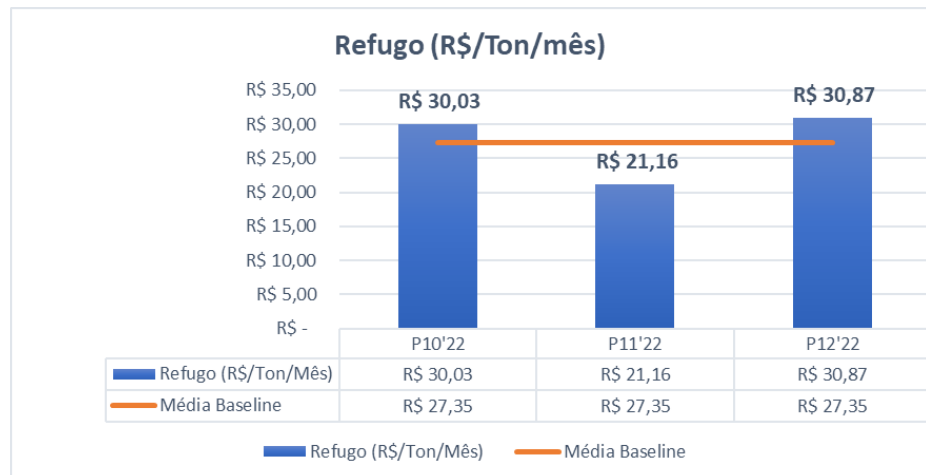
Gráfico 4 - Refugo (%/mês)



FONTE: O autor (2023)

- KPI 4: Refugo (R\$/Ton/mês);

Gráfico 5 - Refugo (R\$/Ton/mês)



FONTE: O autor (2023)

Com o objetivo de aprofundar a compreensão do processo produtivo, foi desenvolvido um mapa de processo que descreve detalhadamente as etapas envolvidas na criação do wafer recheado, desde a dosagem da matéria-prima até a etapa final de produção. Além disso, durante a elaboração do mapa de processo, foram identificados fatores potencialmente críticos, denominados X's vitais, que serão analisados e priorizados ao longo do projeto, por meio da utilização da matriz de esforço e impacto. A identificação desses X's vitais desde o início de projeto.

4.1.4 Project Charter

O *Project Charter*, ou carta de projeto, é uma ferramenta fundamental no início de um projeto, pois estabelece a sua visão, objetivos, escopo e requisitos iniciais para execução do projeto. Ele fornece uma base sólida para o alinhamento entre a equipe e as partes interessadas, garantindo que todos tenham uma compreensão clara do que será entregue e o porquê. Além disso, o *Project Charter* ajuda a evitar desvios ao longo do projeto, pois serve como uma referência para tomada de decisões e mudanças de escopo. Ele desempenha um papel importantíssimo na definição do sucesso do projeto, proporcionando um guia estratégico e prático para a equipe alcançar seus objetivos de maneira eficiente e eficaz.

Com a validação e formalização das informações base para execução do projeto, foi elaborado o Project charter com o objetivo de sintetizar as principais e essenciais informações para auxiliar nas tomadas de decisões ao decorrer do projeto. Este contrato pode ser visualizado no Quadro 3.

Quadro 4 - Project Charter

Contrato de Projeto					
PROJETO:	Reduzir perdas de Wafer no forno 2 da linha de wafer recheado	LÍDER:	Assistente de manufatura	CÓDIGO:	PRO-01.23
CLIENTE:	Forno 2 - Linha de wafer	ÁREA:	Chocolates	PATROCINADOR(A):	Gerente de Seção
OBJETIVO DO PROJETO					
Reduzir perdas de Wafer do Forno 2 linha de wafer recheado, atuando fortemente nas principais fontes de perdas e desperdícios, com foco em benefícios diretos (Direct Savings).					
JUSTIFICATIVA / HISTÓRICO					
De Out a Dez 2022, apresenta-se a seguinte situação de perdas de Wafer no forno 2 linha de wafer recheado:					
KPI 1: Produção linha de wafer (1262t/mês) KPI 2: Rejeito total de Wafer Forno 2 linha de wafer recheado (t/mês); KPI 2: Rejeito total de Wafer Forno 2 linha de wafer recheado (%/mês); KPI 4: Perda específica financeira por rejeito de Wafer Forno 2 linha de wafer (R\$ 27,36/t/mês);					
DEFINIÇÃO DA META					
Meta 1: Reduzir rejeito total de Wafer no Forno 2 da linha de wafer recheado em 40% (de 0,40 %/mês (média mensal do período baseline Out a Dez 2022), para 0,24 %/mês, até 30/06/2023. Meta 2: Reduzir a perda específica financeira de Wafer no Forno 2 da linha de wafer recheado em 40% (de R\$27,36/t (média mensal do período baseline Out a Dez 2022), para R\$ 16,41/t, até 30/06/2023.					
LIMITES DO PROJETO (INCLUI / EXCLUI)					
Inclui: Perdas de wafer do forno 2 considerando potenciais variações do forno 2 e cozinha de wafer Exclui: demais fornos, linhas e perdas					
PREMISSAS E RESTRIÇÕES DO PROJETO					
A redução de rejeito total de Wafer no Forno 2 da linha de wafer recheado deve ser real (com boa Análise do Sistema de Medição dos KPIs e ajustes, se necessário). A redução de rejeito total de Wafer no Forno 2 da linha de wafer recheado não pode causar aumento de produtos reprovados, reclassificados (downgrading), crises de contaminações microbiológicas, devoluções e reclamações de Clientes de produtos produzidos na Indústria alimentícia.					
EQUIPE DE TRABALHO					
	FUNÇÃO	Área / Empresa			
Líder:	Manufatura/Processos	Assistente de Manufatura			
Patrocinador(a):	Processos	Gerente Junior			
Membros	Processos	Estagiário de melhoria contínua			
	Manutenção/Processos	Especialista de processo			
	Mecânico	Técnico Mecânico			
	Operadora	Operadora de produção			
Especialistas para suporte técnico:	Processos	Especialista de processo			
REQUISITOS DO CLIENTE					
Reduzir rejeito total de Wafer no Forno 2 da linha de wafer recheado da indústria alimentícia, com a consequente redução do custo específico de produção (R\$27,36/t), com aumento na Margem Líquida dos produtos, com baixo nível de retrabalho (reprocesso), reprovação, reclassificação de produtos (downgrading), sem aumento de reclamações e devoluções de Clientes (abaixo da média do período baseline).					

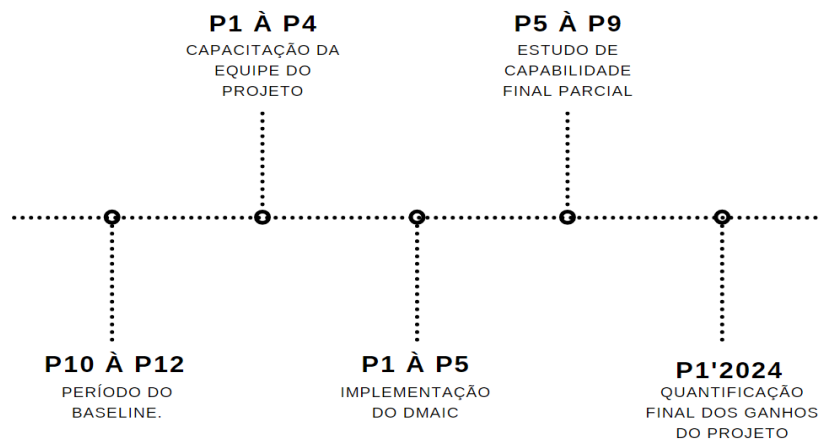
FONTE: O autor (2023)

4.1.5 Cronograma do projeto

Em complemento ao contrato de projetos, o cronograma do projeto possui o objetivo de fornecer uma visão clara do prazo para execução de cada etapa do projeto a partir do monitoramento do progresso, priorizando planejamento e organização, alocação de recursos, gestão de risco e garantia de qualidade da execução para atingir as metas definidas inicialmente.

Figura 3 - Cronograma do projeto

LINHA DO TEMPO DO PROJETO



Fonte: O autor, 2023.

4.2 MEDIR

Nesta etapa é enfatizado a situação atual, sendo envolvido todo time multifuncional do projeto para observar e medir o impacto do problema definido na fase anterior.

4.2.1 Workout (Limpeza Inicial)

Visando capturar um número significativo de variáveis de entrada (X's) que potencialmente impactam o processo e o resultado do processo (Y) foi realizado um "Work Out" que possui objetivo de identificar oportunidades de melhoria associadas ao foco do projeto de melhoria e, no contexto global do Negócio da empresa. Consideram-se os equipamentos, processos, atividades, aspectos de saúde e segurança, meio ambiente, boas práticas de fabricação, sendo realizada uma observação no local real que acontece o problema e identificar a causa raiz após

análise do problema. A Figura 4 ilustra o funcionamento básico de um processo e onde está relacionado o foco da realização do Workout.

Figura 4 - Exemplificação básica do processo



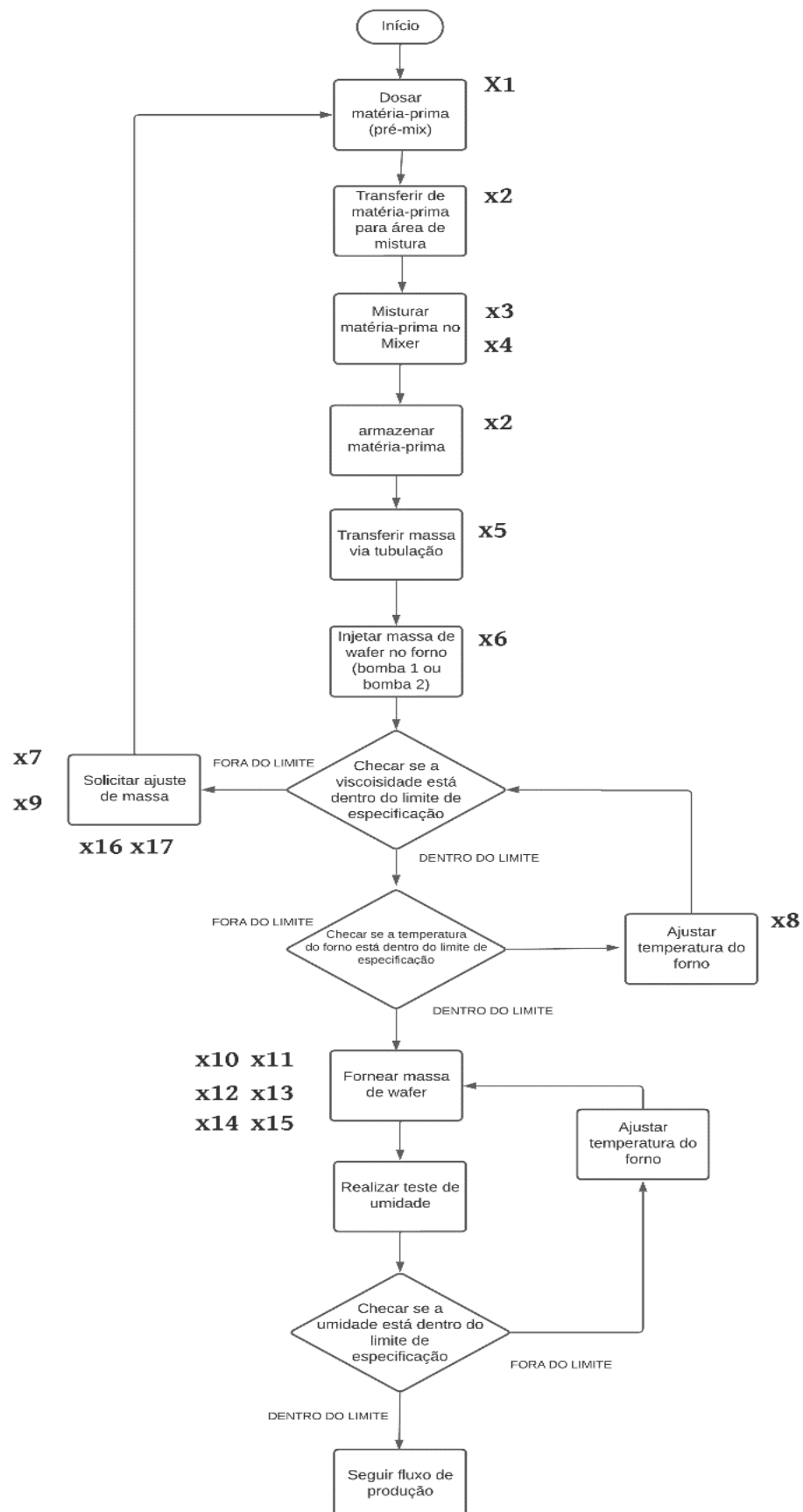
FONTE: O autor (2023)

É de extrema importância a realização de uma reunião com toda equipe multifuncional do projeto para o registro das oportunidades encontradas de acordo com a experiência e percepção de cada integrante. Inicialmente foram identificadas que 33 oportunidades sendo classificadas em simples, ou seja, podem ser solucionadas em até 21 dias e oportunidades não simples, ou seja, que levam mais de 21 dias para serem executadas de acordo com a complexidade. Após isso, foram utilizadas ferramentas para auxiliar na análise dessas e de novas oportunidades visando chegar à causa raiz.

4.2.2 Mapeamento de processos

Esta ferramenta é crucial para entender detalhes do processo e como as atividades em cada etapa impactam o resultado. Como mencionado na fase anterior, o foco do projeto está direcionado para o forno 2 da linha de wafer, desse modo, priorizou-se desde a preparação da matéria-prima até o momento em que a placa de wafer sai do forno, sendo toda etapa de cobertura, resfriamento e embalagem não contemplada nesse mapeamento de processo. Na Figura 5 é possível identificar o fluxo do processo.

Figura 5 - Fluxo do processo de produção de wafer



FONTE: O autor 2023.

Na Figura 5 também é possível verificar os X's que potencialmente estão impactando nas perdas de wafer e em que etapa de processo se encontram. Além do mapeamento do fluxo do processo é de extrema importância a realização desse tipo de análise, sendo estudado e definido o gap, isto é, a diferença entre o princípio de funcionamento do equipamento e/ou operação e do que está realmente acontecendo. No Quadro 4 é possível verificar a descrição de cada X potencial identificado.

Quadro 5 - Descrição e classificação de cada X potencial

Classificação	Identificação	Descrição
Complexo	X1	Farinha - Deficiência (variação) no padrão de controle de especificação.
Prioritário	X2	Água gelada - Deficiência no controle de checagem de temperatura
Ver e agir	X3	Mix (batimento de Massa líquida wafer), Deficiência nas medições de temperatura, (controle feito a cada 2h)
Ver e agir	X4	Emulsão (Oportunidade nas dosagem quam há correção de massa)
Prioritário	X5	Transferencia de massa via tubulação (Falta de controle de temperatura entre as tubulações dos fornos)
Ver e agir	X6	Injeção de massa no forno (bomba 1 ou 2) (deficiência na troca de bomba para limpeza e falta padronização de operação)
Ver e agir	X7	Faz correção de massa (deficiência no tempo de resposta entre as correções de massa)
Complexo	X8	Ajusta a temperatura do forno (Falta de padronização de temperatura entre as variações de farinha)
Complexo	X9	Deficiência no ajuste de massa com água ou dosagem de emulsão)
Prioritário	X10	Régua de vapor desgastada
Prioritário	X11	Régua de contenção desgastada
Prioritário	X12	Deficiência na comunicação de cozinha x forno
Complexo	X13	Placas danificadas 85,66,49,83,74
Complexo	X14	deficiência na Dosagem manual de água gelada em troca de linhas
Ver e agir	X15	Deficiência na destinação de placas rejeitadas
Complexo	X 16	Falha nas folhas de wafer - ajuste de dosagem de bicarbonato
Complexo	x17	Falha na folhas - Ajuste de dosagem de emulsão

FONTE: O autor 2023.

4.2.3 Matriz de Esforço e Impacto (MEI)

Depois de realizado todo mapeamento e identificação dos X's que potencialmente impactam o processo, é necessário definir uma estratégia clara e objetiva para explorar profundamente cada variável considerada. Uma excelente ferramenta que permite essa exploração profunda é a matriz de esforço e impacto que classifica o X potencial em alto ou baixo tratando-se do tamanho do impacto que pode causar no processo e em alto ou baixo referindo-se ao esforço necessário para tratar o X potencial. A partir disso, existem 4 possíveis combinações durante a utilização da matriz de esforço e impacto.

- **Alto esforço e baixo impacto:** O X potencial que possuir essa característica deve ser excluído do escopo do projeto.

- **Alto esforço e alto impacto:** um X potencial que possui essas características é considerado como uma variável complexa, desse modo, foram considerados o X1, X8, X9, X13, X14 e X15 como complexo no projeto. Para essas variáveis foi realizada uma análise para verificar se existem ações para neutralizar o impacto de cada X sem a necessidade de um alto investimento empregado.
- **Baixo esforço e baixo impacto:** Os X's que se enquadram nessa categoria são considerados como “ver e agir”, ou seja, devem ser solucionados em até 21 dias sendo priorizados no plano de ação. No projeto foram considerados o X3, X4, X6, X7, X16 e X17.
- **Baixo esforço e alto impacto:** Esses X's potenciais são o foco da equipe do projeto, sendo os principais agentes que impactam diretamente os resultados do projeto, se tratados e bem controlados as chances de sucesso ao término de projeto aumentam significativamente. Devem ser solucionados em até 21 dias caso sejam óbvios, ou aprofundado na etapa de análise de acordo com sua necessidade. Foram considerados no projeto o X2, X5, X10, X11 e X12.

É importante ressaltar que a Matriz de esforço e impacto (MEI) é considerada como o grande elo das etapas medir e analisar do DMAIC, exigindo da equipe do projeto muita organização e disciplina para classificar e priorizar os X's potenciais adequadamente. Na Figura 3 é possível identificar a classificação de cada X mencionado anteriormente de acordo com a MEI.

Figura 6 - Matriz de Esforço x Impacto

Matriz Esforço X Impacto		
ESFORÇO sobre os "X's"	ALTO	Complexos X1 - Farinha - Deficiência (variação) no padrão de controle de especificação; X9 - Deficiência no ajuste de massa com água ou dosagem de emulsão; X13 - Placas danificadas 85,66,49,83,74; X14 - deficiência na Dosagem manual de água gelada em troca de linhas; X8 - Ajusta a temperatura do forno (Falta de padronização de temperatura entre as variações de farinha); X15 - Deficiência na destinação de placas rejeitadas Descartar
	BAIXO	Prioritários X2 - Água gelada - Deficiência no controle de checagem de temperatura; X5 - Transferência de massa via tubulação (Falta de controle de temperatura entre as tubulações dos fornos); X10 - Régua de vapor desgastada; X11 - Régua de contenção desgastada; X12 - Deficiência na comunicação de cozinha x forno Se 'Óbvio': levar para o 5W2H do Ver e Agir. Ver e Agir X3 - Mix (batimento de Massa líquida wafer), Deficiência nas medições de temperatura, (controle feito a cada 2h); X4 - Emulsão (Oportunidade nas dosagem quem há correção de massa); X6 - Injeção de massa no forno (bomba 1 ou 2) (deficiência na troca de bomba para limpeza e falta padronização de operação); X7 - Faz correção de massa (deficiência no tempo de resposta entre as correções de massa) - X16 - Deficiência na dosagem de massa de Bis - X17 - Deficiência na dosagem de bicarbonato Plano de Ações 5W2H
		ALTO BAIXO IMPACTO (nos requisitos dos clientes "Y's" ou resultados do Negócio KPI's)

FONTE: O autor 2023

4.3 ANALISAR

Depois de identificar todos os X's potenciais e classificá-los de acordo com sua complexidade é necessário aprofundar uma análise para verificar o comportamento de cada variável e como impactam o processo. Essa análise é o grande objetivo desta etapa do DMAIC.

4.3.1 Estudo de capacidade inicial

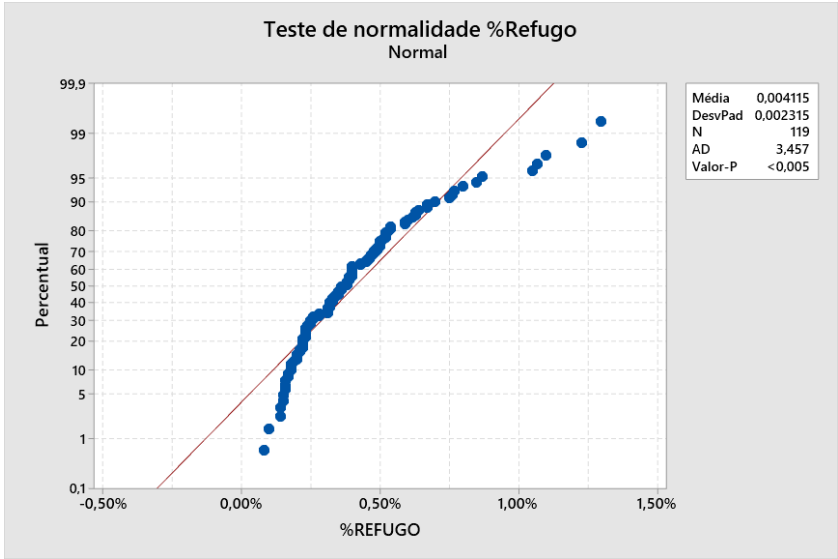
A realização estudo de capacidade é de extremamente importante pois, a partir dele, é possível verificar o índice de capacidade do processo e uma visão geral do número do DPMO (Defeito por Milhão de Oportunidade) global esperado, trazendo uma visibilidade da situação real da variável analisada.

De princípio foi feito um estudo de normalidade, analisando o refugo do forno 2 através do auxílio do software MINITAB. É importante destacar que o período de análise desse estudo de capacidade é o mesmo do baseline, trazendo um status inicial do capacidade antes das ações de melhoria.

A coleta de dados é realizada diretamente dentro do sistema utilizado pela empresa em que é desenvolvido o projeto. Esse sistema captura informações como produção, perdas e paradas em tempo real, sendo uma excelente e confiável fonte de dados oficial da companhia. Depois da coleta diretamente no sistema, os dados foram

alimentados no MINITAB e o teste de normalidade foi realizado. Inicialmente, percebe-se que o valor-p identificado é menor do que 0,05, ou seja, os dados não possuem uma configuração normal, o Gráfico 6 revela o comportamento do refugo por meio do teste de normalidade.

Gráfico 6 - Teste de normalidade



FONTE: O autor 2023

Dessa forma, como os dados são considerados como não-normais é preciso encontrar uma curva que faça o melhor ajuste para os dados. Sendo assim, foi realizado uma análise de distribuição por meio do teste de qualidade de ajuste dentro do MINITAB conforme mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Teste de qualidade de ajuste via MINITAB

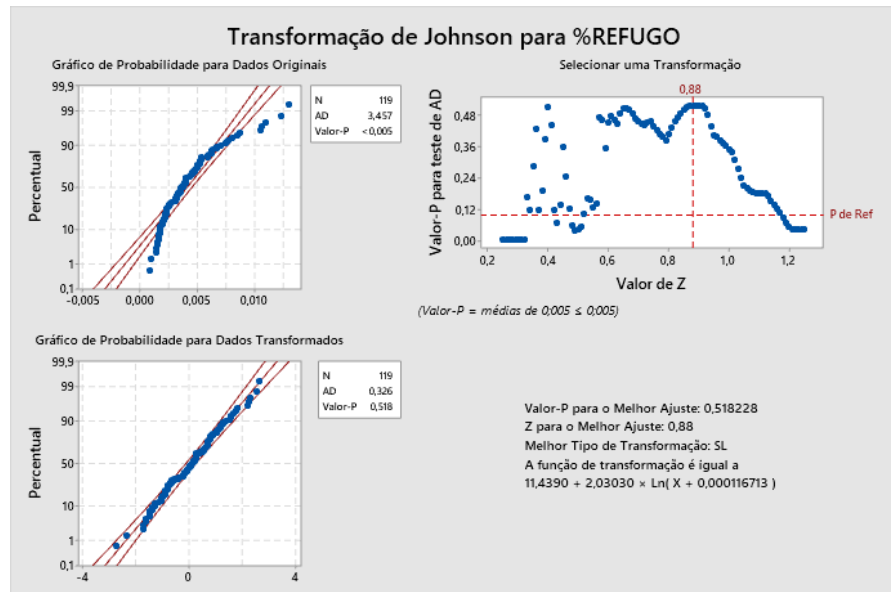
Teste de Qualidade de Ajuste

Distribuição	AD	P	TRV P
Normal	3,457	<0,005	
Transformação de Box-Cox	0,329	0,514	
Lognormal	0,329	0,514	
Lognormal de 3 Parâmetros	0,330	*	0,980
Exponencial	13,477	<0,003	
Exponencial de 2 Parâmetros	6,777	<0,010	0,000
Weibull	1,566	<0,010	
Weibull de 3 Parâmetros	0,709	0,070	0,000
Menor Valor Extremo	9,460	<0,010	
Maior Valor Extremo	0,624	0,102	
Gama	0,620	0,116	
Gama de 3 Parâmetros	0,394	*	0,056
Logística	1,846	<0,005	
Loglogística	0,435	0,240	
Loglogística de 3 Parâmetros	0,454	*	0,620
Transformação de Johnson	0,326	0,518	

FONTE: O autor 2023

Analisando o resultado obtido, percebe-se que a distribuição que teve um maior valor-p e menor AD foi a Transformação de Johnson, configurando-se como melhor distribuição para representar os dados. Dessa forma, a transformação foi realizada e como resultado tivemos um novo valor-p maior do que 0,05 e com uma função de transformação, conforme mostrado na Figura 8.

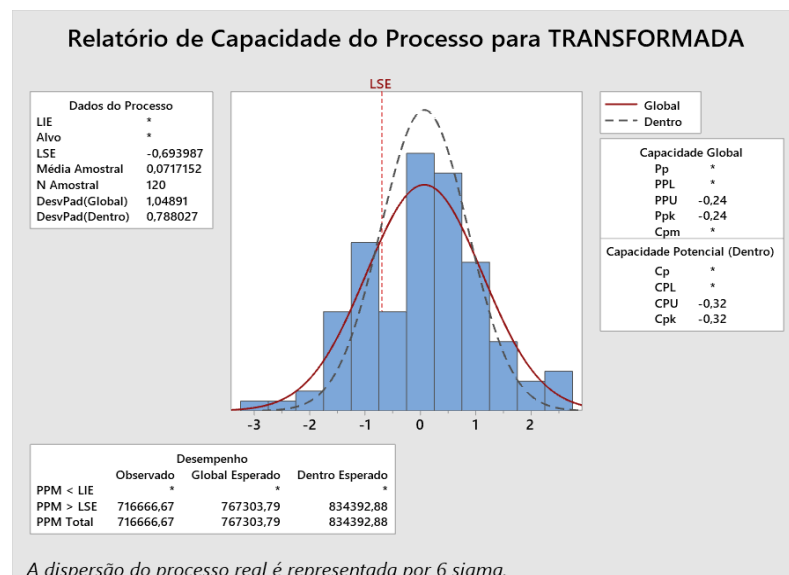
Figura 8 - Aplicação da Transformação de Johnson



FONTE: O autor 2023

Depois disso, a transformação de Johnson foi aplicada para todos os parâmetros, visando obter um novo relatório de capacidade do processo com os dados adequados por meio do teste de normalidade. Esse resultado pode ser observado na Figura 9.

Figura 9 - Relatório de capacidade do processo



FONTE: O autor 2023.

Com isso, temos o relatório de capacidade com informações extremamente importantes para nos guiar no desenvolvimento do projeto. É necessário destacar dois pontos desse relatório:

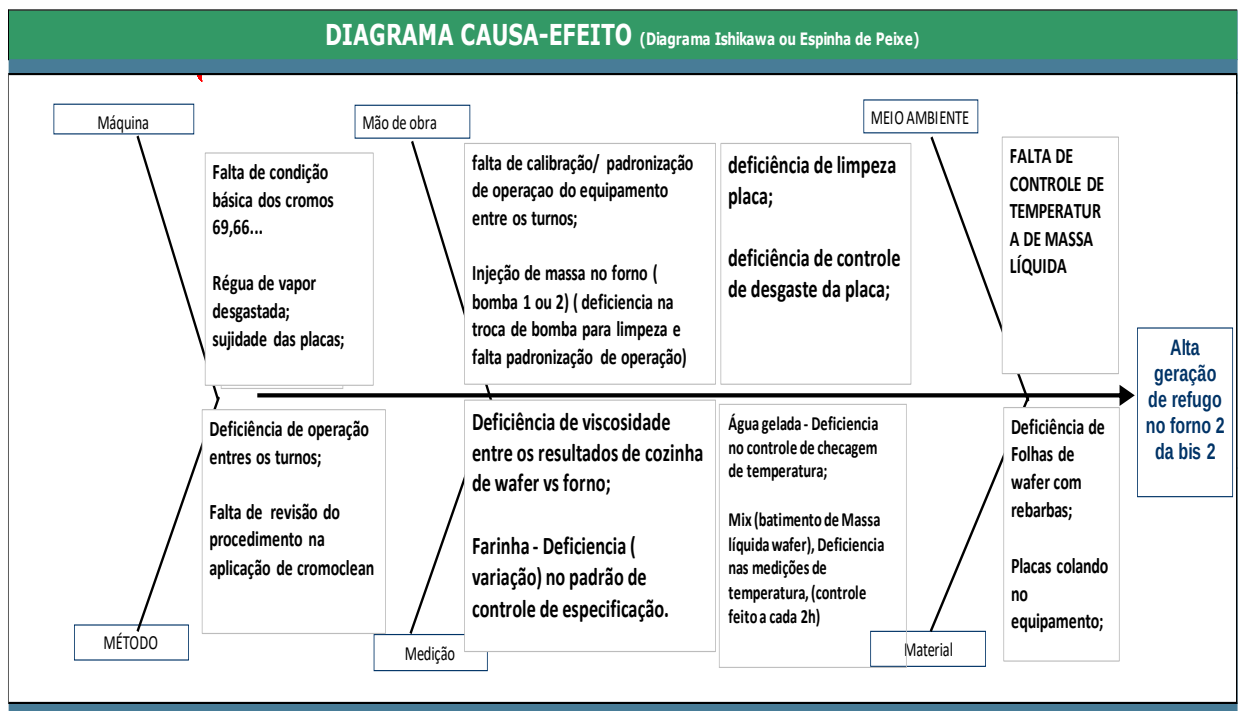
- Capacidade: como o índice Cpk é menor que zero, o refugo está fora de controle e há variações significativas na produção que podem levar a problemas de qualidade.
- Desempenho: O PPM global esperado é 767303,79, isto é, a quantidade de unidades defeituosas a cada um milhão produzidas, mostrando um desempenho abaixo do padrão e com o nível sigma inaceitável.

Essas informações chaves são fundamentais para priorização de ações dentro do plano de ações. Outras ferramentas em conjunto com o estudo de capacidade foram aplicadas com o intuito de promover um maior conhecimento sobre as variáveis que impactam as perdas de wafer.

4.3.2 Diagrama de Causa e Efeito

Com o objetivo de aprofundar a análise dos X's potenciais identificados, foi utilizado o diagrama de causa e efeito que analisa as variáveis sob 6 aspectos (máquina, método, mão de obra, medição, material e meio ambiente). Essa análise é crucial para se chegar à(s) causa(s) raíz(es) do principal problema que é o refugo de wafer no forno 2 da linha de wafer recheado. Toda equipe do projeto foi reunida para realização e análise deste diagrama, a ilustração abaixo representa o diagrama a classificação dos X's potenciais de acordo com cada aspecto.

Figura 10 - Diagrama de Causa e Efeito



FONTE: O autor 2023

A partir desses X's potenciais foi realizada uma análise de correlação entre o X identificado no diagrama de Ishikawa e os KPI's monitorados durante o projeto, atribuindo uma escala de pontuação de 10 à 8 para correlação forte, de 7 à 4 para correlação média, de 3 à 1 para correlação fraca e 0 para correlação inexistente. Desse modo, com essa priorização de correlação com os KPI's monitorados será possível direcionar esforços para atacar os X's que mais impactam o processo.

4.3.3 FMEA

O FMEA (Análise de Modo e Efeito de Falha) é uma ferramenta valiosa para analisar como um produto ou processo pode apresentar falhas. Com o propósito de reduzir a ocorrência de falhas no forno, esta ferramenta foi aplicada no projeto para investigar os possíveis cenários de falha que podem ocorrer durante a sua operação.

A equipe multifuncional do projeto adotou algumas premissas para estudo e aplicação do FMEA. De início, o FMEA utilizado é o de processo, focalizando na etapa do processo de forno, sendo o mais indicado para essa situação já que o FMEA de produto possivelmente englobaria modos de falha de outras etapas do processo além do forno. No FMEA aplicado foram consideradas as pontuações dos X's potenciais no diagrama de causa e efeito, seus respectivos modos de falha, efeito que a falha

ocasiona, causa raiz, controle atual, RPN (Número de Prioridade de Risco) para mapear quais modos de falha devem ser priorizados no plano de ação e as ações para cada modo de falha. Na Figura 11 é possível identificar a representação do FMEA aplicado no projeto.

Figura 11 - FMEA de processo

FMEA														
			DATA DA EMISSÃO:											
			ÚLTIMA REVISÃO:											
			(x) MANUTENÇÃO () PROCESSO			RESPONSÁVEL:			Everton Santos					
ITEM:									CÓDIGO:					
		Potencial X	FALHAS POSSÍVEIS			CONTROLES ATUAIS	ÍNDICES							
			Modo de Falha	EFEITO da Falha	Causas (raízes)		S	O	D	RPN				
270	cozimento do wafer	X13 - Placas danificadas 85,66,49,83,74; X14	Cromo das placas desgastado	Folhas colando gerando rejeito	Período de troca do cromo recomendado pelo fabricante excedido	Escovação mecânica das placas	6	5	7	210				
			Carbonização excessiva das placas	folhas virendo na saída do forno	falta de limpeza química das placas	utilização de gordura para auxiliar na soldura das placas	5	6	5	150				
			desgaste excessivo das placas	Má formação das placas	Período de reforma das placas excedido	ajuste recorrente das réguas de vapor	4	8	6	192				
			Diferença no encaixe das placas	Geração de rebarba nas folhas	desgaste excessivo das extremidades das placas	Troca semestral das réguas de vapor para compensar o desgaste	3	4	7	84				
216	cozimento do wafer	Régua de vapor desgastada	Perda de material nas réguas	Folhas de wafer quebram nas extremidades	Período de troca de todas as réguas recomendado pelo fabricante excedido por indisponibilidade do		5	5	4	100				
248	Rejeito do wafer	Deficiencia na destinação de placas rejeitadas	má destinação das folhas rejeitadas	folhas que são rejeitadas não são reaproveitadas para reprocesso	excesso de borréia presente nas folhas rejeitadas		4	3	7	84				
270	cozimento do wafer	Régua de Contenção desgastada	Perda de material nas réguas	Folhas de wafer quebram nas extremidades	Período de troca do cromo recomendado pelo fabricante excedido por indisponibilidade do equipamento		4	3	4	48				

FONTE: O autor 2023

4.4 MELHORAR

Depois de analisar o problema e mapear todos os pontos que estão impactando nas perdas de refugo no forno 2, é necessário a elaboração e execução de planos de ações com robustez, sendo essa a etapa crucial que leva o projeto da situação atual até o que foi mapeado e definido como meta inicialmente.

4.4.1 Plano de ações 5W1H

A gestão de melhoria durante o desenvolvimento do projeto foi direcionada na aplicação da ferramenta 5W1H que dá suporte na execução de ações por meio de alguns aspectos: *quê (What)* onde é descrito o objetivo ou ação que deve ser realizada, *quem é o responsável por essa ação de melhoria (Who)*, *quando a ação será finalizada para fins de controle (When)*, *local específico do processo que é aplicada a melhoria (Where)*, *o porquê da necessidade dessa ação de melhoria (Why)*, *como a ação será realizada (How)* e *o custo da melhoria (How Much)*.

Nesse estudo, os responsáveis e o custo de cada ação não serão mencionados por um acordo de confidencialidade de informações da empresa onde foi realizado o estudo de caso. A maioria as ações de melhoria do projeto foram centralizadas em três planos de ações (5W2H), sendo o primeiro relacionado às ações iniciais mapeadas durante o Work Out, o segundo referindo-se às ações desenhadas na matriz MEI e o terceiro plano relacionado às ações do FMEA para mitigar os modos de falhas encontrados.

O plano de ações do Work Out é composto pelas oportunidades simples mapeadas na fase inicial do projeto, estando contidas 24 ações, sendo 22 realizadas envolvendo revisão, criação e padronização de procedimentos operacionais para controle dos X's vitais como temperatura, viscosidade, água e folha de wafer, realização de ajustes, limpeza e troca de componentes simples para restauração de condição básica. 2 ações foram canceladas pela não viabilidade de sua realização. As principais ações dessa etapa estão listadas abaixo:

- Restauração da condição básica do rebarbador do forno para reduzir o enrosco da folha de wafer;
- Ajuste nos bicos injetores para garantir uma melhor dosagem de massa na placa do forno;
- Inspeção nos ganchos de abertura das placas para evitar quebra por deterioração forçada;
- Criação de procedimento para controle de temperatura e viscosidade;
- Criação de procedimento para padronização de comunicação entre operadores de forno e operadores da área de cozinha de wafer.

As ações mapeadas e priorizadas a partir da matriz MEI possuem o principal objetivo de atacar os X's potenciais promovendo o maior impacto possível. Nesse

plano foram 16 ações mapeadas, todas executadas. Abaixo estão listadas as principais melhorias desse plano:

- Confecção do sopro para mitigar resíduos na folha de wafer, evitando rejeito de placa;
- Criação da matriz de decisão como instrução de trabalho para troca de bomba da injeção de massa do forno;
- Criação de lição de um ponto com o padrão de correção de massa na cozinha de wafer.

O plano de melhorias do FMEA tem como principal objetivo mitigar as causas raízes dos modos de falha do forno. São ações centralizadas em componentes chaves durante a operação do equipamento, garantindo uma maior confiabilidade e vida útil do equipamento. As principais ações desse plano estão listadas a seguir:

- Troca da régua de vapor, garantindo um dimensionamento adequada de massa dentro da placa de forno;
- Troca da régua de contenção, promovendo uma melhor distribuição de massa na placa do forno;
- Criação de um dispositivo para reaproveitamento da placa de wafer após rejeito;

Durante a execução e implementação de melhorias no projeto foram criadas diversas ideias Kaizen e lição de um ponto para registro, padronização e transferência de conhecimento com o objetivo de solidificar os resultados obtidos a partir da melhoria. No tópico a seguir é relatado o registro de um detalha Kaizen aplicado no projeto.

4.4.2 Kaizen

A operação do forno gera uma perda natural do processo denominada perda tecnológica, possuindo como saída uma pequena quantidade de sobra de wafer úmida chamada borreia. Por ter aspecto úmido, a borreia não pode reaproveitada por possuir um risco natural de contaminação. Dessa forma, todo rejeito que entra em contato com a borreia é considerado como refugo, ou seja, deve ser descartado o que gera uma perda no processo produtivo. A Figura 12 representa a situação anterior à implementação do Kaizen.

Figura 12 - Rejeito de placa com borreia



Fonte: O autor 2023

A partir disso, o time do projeto o time formulou um kaizen por meio da instalação de um dispositivo com sopro de ar na saída da placa destinando a borreia para uma parte separada do processo, fazendo com que as folhas que sejam rejeitadas estejam livres de borreia. Com a implementação desse dispositivo o time do projeto alcançou o resultado esperado, a Figura 13 ilustra a situação posterior à implementação desse dispositivo.

Figura 13 - Rejeito de placa livre de borreia



Fonte: O autor (2023).

4.5 CONTROLAR

Após desenvolver e aplicar todas as melhorias do projeto, a fase de monitoramento desempenha um papel essencial em assegurar a permanência dos

resultados alcançados durante a execução do projeto. Sem essa etapa, todas as realizações correm o risco de se perderem rapidamente.

4.5.1 Plano de controle

A meta principal do plano de controle consiste em monitorar e gerenciar as variáveis essenciais do processo (X's vitais). Mediante a avaliação dos resultados do processo, um dos enfoques da equipe do projeto nesta fase é conduzir a transferência de conhecimento por meio de programas de capacitação direcionados aos operadores do forno. Isto se deve ao fato de que a responsabilidade pelo controle das X's vitais recai sobre os operadores, já que eles estão profundamente engajados, diariamente, na linha de produção de wafer.

Desse modo, foi elaborada uma tabela para acompanhamento diário do processo produtivo abrangendo especificações do processo, CEP, técnica de medição, tamanho e frequência da amostra, método de controle, responsável e o plano de reação, tudo isso para cada X vital do processo. A Tabela 2 representa a forma de controle da viscosidade da massa de wafer.

Tabela 2 - Plano de controle da viscosidade

PLANO DE CONTROLE	
Data:	
Responsável pelo controle:	
Processo	Produção de wafer
Etapas do processo	Batimento de massas
X vital	Viscosidade no mix (s)
Especificação do processo	40 à 50s
Status da CEP	Dentro dos limites
Técnica de medição	Através do tempo de escoamento da massa
Tamanho da amostra	707 ML
Frequência da amostra	a cada 2 horas
Método de controle	LPP - 1374 (Análise de viscosidade do mix da cozinha de wafer)
Plano de reação	Ajustar a viscosidade através da quantidade de água na massa para mais ou menos.

Fonte: O autor (2023)

Além da viscosidade, outros X vitais também passaram a ser monitorados diariamente como a temperatura do forno, velocidade de injeção de massa, assamento e espessura da placa de wafer.

4.5.2 Estudo de capacidade final parcial

Seguindo o cronograma do projeto, esta etapa tem como principal objetivo a análise estatística final parcial após a implementação do DMAIC no projeto na geração de refugo no forno da linha de wafer recheado.

Para a realização desta etapa, foi utilizado novamente o software MINITAB como ferramenta de auxílio da análise estatística. De início, foi feito um teste de normalidade dos dados de refugo do forno a partir da coleta dos dados no sistema interno, sendo considerado o mesmo passo a passo realizado no item 4.1.5 deste trabalho. Para termos comparativos, foi considerado o mesmo período de tempo do baseline de três meses ou um quarter, sendo considerado primeiramente de janeiro à março (Q1), abril à junho e de julho à primeira semana de setembro (Q3). A imagem a seguir ilustra o comportamento dados e sua configuração de acordo com o p-value:

Figura 14 - Análise de capacidade (Q1)



Fonte: O autor (2023).

De janeiro à março (Q1) foram realizadas as primeiras ações mapeadas no projeto de redução de perdas, possuindo características mais simples como reajuste de condição básica dos componentes do forno. A partir disso, é possível verificar uma redução do PPM de refugo versus baseline de 32%, o que é considerado um avanço, mas não o atingimento da meta do projeto de redução de 40%.

De abril à junho (Q2) além de um evento externo de fornecimento de matéria-prima que impactou o projeto, os resultados das ações primárias já não eram suficientes, necessitando do suporte da solução dos X's potenciais mais complexos, tratados a partir da utilização do FMEA. Nesse período, houve um aumento versus

(Q1), mas representando uma redução de 14% versus o baseline. A imagem a seguir mostra esse comportamento:

Figura 15 - Análise de capacidade (Q2)



Fonte: O autor (2023).

De julho à primeira semana de setembro (Q3), que foi considerada a data de corte para apresentação final parcial dos resultados do presente trabalho verificou-se uma evolução significativa. Isso ocorre devido ao encerramento das ações que tratam os X's complexos, principalmente pela troca de componentes que afetam os X's vitais na entrada do processo, trabalhados principalmente via FMEA. A imagem a seguir demonstra o percentual de redução de 60% versus o baseline, atingindo a meta inicial de 40% do projeto.

Figura 16 - Análise de capacidade (Q3)



Fonte: O autor (2023).

Outro resultado conquistado por meio do projeto, principalmente considerando o avanço no terceiro quarter com DPMO de 296.112,11, foi o enquadramento de conformidade superando o nível sigma 2 conforme o quadro 1, cujo DPMO é de 308.000 atingindo um nível médio de conformidade de 70%.

4.6 ANÁLISE GERENCIAL

Além dos resultados comprovados estatisticamente, a aplicação do DMAIC proporcionou diversos benefícios para a companhia onde foi realizado o estudo de caso. Com a redução das perdas do forno foi constatado um aumento nos indicadores de eficiência global da linha, redução no custo de conversão do produto, auxiliando na definição do preço de venda para maior competitividade do produto no mercado. Ainda, foi notada um aumento na moral do time a partir da redução da saturação e melhoria na carga de trabalho, deixando o colaborador mais motivado para realização de suas atividades, alinhando-se diretamente com a estratégia organizacional com o incentivo da cultura de melhoria contínua. Além disso, para cada melhoria aplicada no forno foi registrada uma informação de manutenção planejada para que os projetos de expansão que envolvam aquisição de novos fornos já venham com essas melhorias de fábrica.

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho buscou evidenciar a eficiência dos resultados a partir das boas práticas da melhoria contínua, mostrando que seguindo a metodologia DMAIC é possível obter bons resultados independente da área de aplicação. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi a redução de perdas de wafer denominado “refugo” no processo de produção da linha de wafer de uma indústria alimentícia.

A partir da metodologia DMAIC foi possível inicialmente identificar as oportunidades de melhoria do forno, entre elas a falta de condição, falta de padronização das atividades realizadas e falta de controle dos X's vitais do processo. Com o auxílio da aplicação das ferramentas em cada etapa do DMAIC, os X's potenciais foram identificados, mapeados e priorizados para serem tratados a partir de planos de ações robustos. Com o plano de ações do *Work out* foi possível tratar o X's simples, ou seja, ver e agir. Já o plano de ações da MEI foi essencial para tratar o X's analisados e priorizados de acordo com o impacto no projeto. Por fim, o plano de ações do FMEA teve um papel crucial para as trocas de componentes chaves para redução de modos de falha que aumentava a geração do refugo. Para garantir a durabilidade dos resultados conquistados, foi elaborado um plano de controle completo envolvendo os X's vitais do processo englobando treinamentos, métodos de controle, técnicas de medições e instruções de trabalhos caso algum X vital saia de controle.

Como resultados quantitativos foi possível identificar a boa evolução com a redução de geração de refugo no forno comprovado estatisticamente por meio do estudo de capacidade do processo, além de atingir as metas financeiras da empresa. Como resultados qualitativos percebe-se o aumento do nível de conhecimento das ferramentas de melhoria contínua da equipe do projeto e dos operadores envolvidos e aumento da moral do time, impactando no engajamento das pessoas.

5.1 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Uma limitação notada inicialmente foi a presença de medidas possíveis que tinham o potencial de influenciar o projeto de maneira mais profunda, mas que carregavam um custo de implementação considerável. Estas foram rejeitadas de início, porém foram mapeadas para serem consideradas em projetos futuros. Também, outra limitação foi o tempo, já que os treinamentos dos operadores e

melhorias implementadas no forno foram realizados considerando como premissa o menor impacto possível no volume de produção da linha de wafer.

5.2 TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros sugere-se primeiro a execução de um novo ciclo do DMAIC para outras etapas do processo que também influenciam na geração de refugo. Também se sugere aplicações de melhoria que envolvam outros tipos de perdas além do refugo, como por exemplo perdas por tempo de limpeza, influenciando em outros indicadores que medem a performance global da linha.

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, Marcos Ronaldo; PONTES, Heráclito Lopes Jaguaribe. **Gestão de processos e técnicas de produção enxuta**. Curitiba: InterSaberes, 2016.

BESSANT, J. Developing **continuous improvement capability**. International Journal of Innovation Management, 1999.

BHUIYAN, N.; BAGHEL, A. An Overview of continuous improvement: from the past to the present. **Management Decision**, v. 43 n.5, p.761-771, 2005.

Blakeslee Jr., J. A. (1999). «**Implementing the Six Sigma solution**». Quality Progress 32, p. 78.

BUGOR, F.; LUCCA FILHO, J. . de. UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA PROMOVER MELHORIAS NA QUALIDADE EM INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS: uma revisão de literatura. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 724–733, 2021. DOI: 10.31510/infa.v18i2.1280. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1280>. Acesso em: 14 mar. 2023.

CARPINETTI, L. C. **Gestão da qualidade**: conceitos e técnicas. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia**. 9.ed. Nova Lima: Falconi, 2013.

Chiavenato, Idalberto (1983). **Introdução à Teoria Geral da Administração**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil.

CHIROLI, Daiane et al. Proposta de melhoria baseada na metodologia DMAIC em uma unidade de pronto atendimento de saúde. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 6, n. 1, p. 0029-0035, 2020.

CUSTODIO, M. F. (org). **Gestão da Qualidade e produtividade**. São Paulo. Pearson Education do Brasil, 2015.

FERNANDES L. A.; Gomes, J. M. M. **Relatório de pesquisa nas Ciências Sociais**: Características e modalidades de investigação. ConTexto, Porto Alegre, v. 3, n. 4, 2009.

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

GHINATO, P. Publicado como 2º. cap. do Livro **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. da UFPE, Recife, 2000.

GHINATO, Paulo. **Sistema Toyota de Produção**: mais do que simplesmente just-in-time. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, EDUCS, 1996.

GODOY, Caroline. **Uma aplicação do planejamento de experimentos e carta de controle em uma indústria de cosméticos**: ciclo DMAIC. 2014.

JEYARAMAN, K.; TEO, L. K. A Conceptual framework for critical success factors of lean six sigma –implementation on the performance of eletronic manufacturing service industry. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.1, n.3,p.191-215, 2010

LIKER, J. K. **O modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005. 320 p.

LIMA, Andressa Barreto; GALDAMEZ, Edwin Vladimir Cardoza. Aplicação da metodologia DMAIC para elaboração de um plano de manutenção em uma indústria moageira de trigo. **Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP**, v. 13, n. 1, 2018.

MARTINS, Giliane. Análise das perdas e desperdícios no setor de desossa de um frigorífico de aves. **Biblioteca Digital de TCC-UniAmérica**, p. 1-56, 2018.

OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção** – Além da Produção em Larga Escala, Porto Alegre, Editora Bookman, 1997.

MARTINS, Welington; OLIVO, Andreia Menezes. Aplicação da Metodologia DMAIC para Aumento de Produtividade Industrial. In: **ColloquiumExactarum**. ISSN: 2178-8332. p. 17- 23. 2016.

MARTINS, Giliane. Análise das perdas e desperdícios no setor de desossa de um frigorífico de aves. **Biblioteca Digital de TCC-UniAmérica**, p. 1-56, 2018.

OLIVEIRA, L. R. et al. Avaliação da maturidade de processos: contribuição para a melhoria contínua da cadeia de valor em um hospital público de minas gerais. **RAHIS. Revista de administração hospitalar e inovação em saúde**, v. 14, p. 76, 2017.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade**: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Atlas 2004.

Pande, Peter S.,Neuman, Robert P.,Cavanagh, Roland. (2007). **Estratégia Seis Sigma**: como a GE, Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Rio de Janeiro:Qualitymark Editora Ltda.

PÉREZ-LÓPEZ, Esteban; GARCÍA-CERDAS, Minor. Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. **Revista tecnologíaen Marcha**, v. 27, n. 3, p. ág. 88-106, 2014.

PEPPER, M.P.J.; SPEDDING, T.A. The evolution of lean six sigma. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v.27, n.2, p.138-155, 2010

REIS, G. A. et al. Utilização do DMAIC em comunidades pesqueiras artesanais no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 10, n. 1, 2017.

SALAH, S.; RAHIM, A.; CARRETERO, J.A. The Integration of six sigma and lean management. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.1, n.3, p.249-274, 2010.

Schroeder, R. G., Linderman, K., Liedtke, C. & Choo, A. S. (2008). «Six Sigma: Definition and underlying theory». **Journal of Operations Management** 26, pp. 536–554.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção**: do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996a.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHSTON, Robert. **Administração da Produção**. Tradução por Maria Teresa Correa de Oliveira, Fábio Alher; Revisão técnica Henrique Luiz Corrêa. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

YEN-TSANG, C; CSILLAG, J.M; CATTINI, O. - **Melhoria contínua continua? Conceitos, Vertentes e Tendências**. ENANPAD, Rio de Janeiro 2010, – p. 04
Disponível em: < www.anpad.org.br/admin/pdf/gol1817.pdf> Acessado em: 14 de Março de 2023.

WERKEMA, Cristina. **Criando a Cultura Lean Seis Sigma**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 261 p.

WERKEMA, C. **Ferramentas estatísticas básicas do lean seis sigma integrada ao PDCAe DMAIC**. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014