



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIA- CTG
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

VINICIUS RIBEIRO SOARES DE SENA

**APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS
GERENCIAIS: um estudo de caso em uma indústria processadora de amêndoas de
cacau**

RECIFE

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIA- CTG
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

VINICIUS RIBEIRO SOARES DE SENA

APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS GERENCIAIS: um estudo de caso em uma indústria processadora de amêndoas de cacau

TCC apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Recife, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Paternak de Souza Barros

RECIFE

2023

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

Sena, Vinícius Ribeiro Soares de .
Aplicação da Análise de Eficiência dos Equipamentos e Ferramentas
Gerenciais: um estudo de caso em uma indústria processadora de amêndoas
de cacau / Vinícius Ribeiro Soares de Sena. - Recife, 2023.
49 : il.

Orientador(a): Paternak de Souza Barros
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Mecânica -
Bacharelado, 2023.

1. Gestão da Manutenção. 2. Eficácia Geral do Equipamento . 3.
Ferramentas da Qualidade. I. Barros, Paternak de Souza. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

VINICIUS RIBEIRO SOARES DE SENA

**APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS
GERENCIAIS: um estudo de caso em uma indústria processadora de amêndoas de
cacau**

TCC apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Recife, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em: 02/05/2023.

BANCA EXAMINADORA

Profº. Dr. Paternak de Souza Barros (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dra. Marcele Elisa Fontana (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Ma. Ana Cristina Silveira Martins (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Campina Grande

À minha família, por todo amor, incentivo, confiança e força dada para a concretização de
mais um passo.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por terem me dado todo o suporte necessário nos momentos em que mais precisei.

Aos meus professores, pelo auxílio na construção do conhecimento e por serem inspiração do meu sonho.

Ao meu orientador, pela paciência em compartilhar seus conhecimentos e por estar sempre disponível a me ajudar.

Aos meus amigos, por todo o apoio, por cada conselho dado e por estarem sempre presentes ao meu lado.

A todos que contribuíram para minha formação!

RESUMO

Ignorar perdas processuais é um fator limitante para o sucesso de qualquer corporação. Neste contexto, buscar técnicas eficazes que mensurem o desempenho de seus ativos e que norteiem na busca pela melhoria contínua faz-se necessário para sobrevivência dos negócios. Assim, essa pesquisa teve por objetivo avaliar a eficiência produtiva dos equipamentos no setor de prensagem de liquor em uma indústria processadora de amêndoas de cacau e, a partir de então, identificar possíveis melhorias processuais que maximizasse seu desempenho. Para tanto, utilizou-se de uma metodologia aplicada, exploratória, quali-quantitativa, tendo como método de pesquisa o estudo de caso. Como ferramentas de apoio fez-se uso do indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) para mensuração da eficiência dos ativos, o Diagrama de Pareto, para caracterização dos principais problemas que impactavam na produtividade do setor e os Cinco Porquês, com o intuito de identificar a causa raiz dos problemas. A partir de então, foi possível gerar planos de ações e implementar melhorias na empresa. Os resultados obtidos sinalizam ganhos de eficiência produtiva. Houve um aumento em todos os índices que compõe o indicador OEE, sendo de 5,48% no índice de Disponibilidade, fazendo com que alcançasse pela primeira vez, no período analisado, o valor de referência mundial; aumento de 3,67% no índice de Desempenho e de 0,36% no índice de Qualidade. Por fim, conclui-se que o OEE em consonância com as ferramentas da qualidade, são técnicas gerenciais capazes de nortear a busca por melhorias de forma contínua.

Palavras-chave: Gestão da Manutenção; Eficácia Geral do Equipamento; Ferramentas da Qualidade.

ABSTRACT

Ignoring procedural losses is a limiting factor to the success of any corporation. In this context, pursuing effective techniques that measure the performance of its assets and guide the pursuit of continuous improvement is necessary for business survival. Thus, this research had the objective of evaluating the productive efficiency of the equipment in the liquor pressing sector in a processing industry of cocoa beans and, from then on, to identify possible procedural improvements that maximize its performance. For that, an applied, exploratory, qualitative-quantitative method was used, having as a research method the case study. As support tools, we used the Overall Equipment Effectiveness (OEE) to measure the efficiency of the assets the Pareto Diagram, to characterize the main problems that impacted on the productivity of the sector and the application of the Five Whys, in order to identify the root cause of the problems.. From then on, it was possible to generate action plans and implement improvements in the company. The results obtained indicate gains in productive efficiency. There was an increase in all indexes that compose the OEE indicator, being 5.48% in the Availability index, causing it to reach the world reference value for the first time in the analyzed period; a raise of 3.67% in the performance Index and 0.36% in the Quality Index. Finally, it is concluded that the OEE in line with the Pareto Diagram are management tools capable of guiding the search for continuous improvements.

Keywords: Maintenance management; Overall Equipment Effectiveness, Quality tools.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Correlação entre as falhas e os índices OEE	20
Figura 2- Ilustração de um diagrama de Pareto.....	23
Figura 3- Exemplificando os 5 porquês	24
Figura 4- Fluxograma das etapas da pesquisa.....	26
Figura 5- Gráfico do índice de Qualidade do primeiro período	29
Figura 6- Gráfico do índice de Desempenho do ano de 2021	29
Figura 7- Gráfico do índice de Disponibilidade do ano de 2021	30
Figura 8- Gráfico do Indicador OEE do ano de 2021	31
Figura 9- Diagrama de Pareto referente as Paradas do ano de 2021.....	31
Figura 10- Aplicação dos 5 Porquês no problema de silo cheio	32
Figura 11- Fluxograma com as etapas posteriores ao setor de Prensagem de Liquor	33
Figura 12- Aplicação dos 5 Porquês no problema de falta de liquor.....	34
Figura 13- Fluxograma com as etapas anteriores ao setor de Prensagem de Liquor.....	34
Figura 14- Gráfico do índice de Qualidade do ano de 2022.....	36
Figura 15- Gráfico do índice de Desempenho do ano de 2022.....	37
Figura 16- Gráfico do índice de Disponibilidade do ano de 2022.....	38
Figura 17- Gráfico do indicador OEE do ano de 2022.....	38
Figura 18- Diagrama de Pareto referente as Paradas do segundo período	39
Figura 19- Comparação entre os OEE's dos dois períodos analisados	40
Figura20-Comparação entre os índices de Disponibilidade dos dois períodos analisados.....	40
Figura21-Comparação entre os índices de Desempenho dos dois períodos analisados.....	41
Figura 22- Comparação entre os índices de Qualidade dos dois períodos analisados....	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
1.2	JUSTIFICATIVA	14
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	Gestão da Manutenção	16
3.2	Tipos de Manutenção	18
3.2.1	<i>Manutenção Corretiva</i>	18
3.2.2	<i>Manutenção Corretiva Não Planejada</i>	18
3.2.3	<i>Manutenção Corretiva Planejada</i>	18
3.2.4	<i>Manutenção Preventiva</i>	19
3.2.5	<i>Manutenção Preditiva</i>	19
3.2.6	<i>Manutenção Detectiva</i>	20
3.2.7	<i>Manutenção Prescritiva</i>	20
3.3	Overall Equipment Effectiveness (OEE)	21
3.3.1	<i>Cálculo do OEE</i>	22
3.3.2	<i>OEE Classe Mundial</i>	23
2.4	Ferramentas da Qualidade	24
2.4.1	Diagrama de Pareto.....	25
2.4.2	Cinco Porquês	26
4	METODOLOGIA	28
4.1	Estudo de caso	28

5	RESULTADOS	31
5.1	Cenário encontrado	31
5.1.1	<i>Aplicação dos 5 Porquês no problema de silo cheio.....</i>	35
5.1.2	<i>Aplicação dos 5 Porquês no problema de tanque vazio</i>	36
5.2	Estudo de Melhorias e Implantações	38
5.3	Cenário após o diagnóstico	38
5.4	Comparação entre os períodos analisados.....	43
6	CONCLUSÃO.....	46
	REFERÊNCIAS	48

1. INTRODUÇÃO

A manutenção sempre foi aliada da produção industrial. Todavia, o seu emprego era direcionado exclusivamente para o conserto de equipamentos e, por conta disso, transmitia uma ideia pejorativa para seus executores. Essa prática era vista como sinônimo de custos elevados e desperdício de mão de obra para a corporação, ou seja, como algo que deveria ser evitado (VIANA, 2022).

Frente a isso surge um novo gerenciamento de equipamentos/ ativos que, em tese, desconstrói o paradigma errôneo imposto pela manutenção tradicional, conhecida como Gestão de Ativos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS, 2016). Ainda segundo a associação, essa é uma prática coordenada de uma organização para produzir o valor dos ativos, que envolve equilibrar os benefícios de custos, riscos, oportunidades e desempenhos.

Como ferramenta aliada a essa atividade tem-se o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), do português “eficácia geral do equipamento”, um indicador que correlaciona índices de disponibilidade dos equipamentos, desempenho e qualidade. Seu uso justifica-se pela dificuldade das corporações em mensurar as condições de utilização dos seus recursos produtivos (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2023). O OEE, em conjunto com as ferramentas de gestão, permite identificar ativos que apresentem ineficiência produtiva e sinaliza onde deve-se atuar para elevar o desempenho da empresa (CHIARADIA, 2004).

Seu uso não se limita apenas a um único processo de manufatura. Embora muito utilizado pelo setor automobilístico, o OEE pode ser aplicado na indústria têxtil, naval, moveleira, eletrônica, bem como na indústria alimentícia (BUSSO, 2012), sendo essa última o local delimitado para o presente estudo, especificamente em uma indústria processadora de amêndoas de cacau.

O processo de beneficiamento do cacau envolve uma gama de maquinários e variáveis correlacionadas que interferem nos produtos finais. Sendo um sistema complexo, fatores que ocasionem déficit no desempenho produtivo podem ser mascarados. Segundo Ramos (2017), a moagem de cacau por parte dessas empresas no ano de 2016 foi a pior em sete anos. Além de variações climáticas, essas organizações também podem ter reduzido a sua eficiência produtiva. Deste modo, trabalhar para que essas corporações melhorem esse resultado pode ser um bom caminho para assegurar a permanência na região.

1.1 OBJETIVOS

Essa subseção tem como intuito apresentar o objetivo geral e os objetivos específicos que conduziram a execução do presente estudo.

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência produtiva dos equipamentos do setor de prensagem de liquor em uma indústria processadora de amêndoas de cacau e, a partir de então, identificar possíveis melhorias processuais que maximizem seus desempenhos.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para o alcance do objetivo geral proposto nessa pesquisa, faz-se necessário a concretização dos seguintes objetivos específicos:

- a) Caracterizar o sistema produtivo atual do setor de prensagem de liquor;
- b) Mensurar a eficiência produtiva do setor supracitado;
- c) Identificar os principais gargalos desse setor; por meio das ferramentas da qualidade;
- d) Identificar e implementar melhorias processuais;
- e) Mensurar a eficiência produtiva do setor de prensagem de liquor após a implantação de melhorias processuais.

1.2 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho justifica-se pela dificuldade atual em que as empresas, sobretudo as brasileiras, possuem quanto a identificação das condições de seus ativos empresariais (PINTO e XAVIER, 2012). Essa característica faz com que haja perdas no processo produtivo, reduza a eficiência dos equipamentos e acarrete num custo de fabricação superior ao idealizado (PINTO e XAVIER, 2012). Ademais, os bens manufaturados acabam ficando menos competitivos quando comparados com o de outras regiões do globo, como é o caso do mercado europeu, norte-americano e japonês (VIANA, 2022). É característica desses mercados promoverem o uso estratégico de ferramentas e

metodologias que norteiem na redução de custos e em melhorias processuais (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2023).

A aplicação desse estudo teve como intuito promover contribuições regionais e o local escolhido foi uma indústria processadora de cacau situada no município de Ilhéus-Bahia. O cacau é umas das principais culturas com valor econômico na Região Sul do estado, sendo que, devido as características edafoclimáticas, a zona Ilhéus-Itabuna apresenta uma maior produtividade (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2016).

Atraídas por esse desempenho e outros benefícios, como o canal logístico, algumas multinacionais processadoras de amêndoas de cacau se instalaram na cidade, gerando centenas de emprego e contribuindo para o desenvolvimento econômico do local.

Todavia, segundo Ramos (2017), a moagem de cacau por parte dessas empresas no ano de 2016 foi a pior em sete anos. Além de variações climáticas, essas organizações também podem ter reduzido a sua eficiência produtiva. Deste modo, trabalhar para que essas corporações melhorem esse resultado é um bom caminho para manter sua sustentabilidade na região. Ante o exposto, o desenvolvimento do presente trabalho sinaliza contribuições tanto para a comunidade científica, econômica e social.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente pesquisa está estruturada em cinco seções, incluindo este capítulo introdutório, no qual foram expostos a contextualização do problema, os pontos de relevância e os objetivos delineados. A seção 2 aborda a base conceitual que sustentou o desenvolvimento deste estudo, incluindo a definição de gestão da manutenção, bem como o processo evolutivo da manutenção ao longo do tempo, a definição e aplicação do OEE e das ferramentas da qualidade, em especial o Diagrama de Pareto e os 5 porquês. A seção 3 abarca os procedimentos metodológicos que foram necessários para o estudo, evidenciando as etapas de pesquisa. Na penúltima seção tem-se a discussão dos principais resultados encontrados e por fim, as considerações finais são expostas na seção 6.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção é abordada a base conceitual que sustenta o desenvolvimento do presente estudo, sendo apresentados, no primeiro momento, o conceito de Gestão da manutenção e o seu processo evolutivo. Subsequentemente, são introduzidas as definições e elementos básicos dos principais tipos de manutenção encontradas na literatura. Por fim, tem-se a exposição das ferramentas que foram utilizadas no estudo, sendo elas o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), o Diagrama de Pareto e os Cinco Porquês.

2.1 Gestão da Manutenção

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT (1994), a manutenção pode ser compreendida como um conjunto de atividades, tanto de cunho administrativo quanto técnico, que tem por objetivo manter ou recolocar determinado item em condições da função que lhe foi designada. De acordo com Gruppi (2006), a palavra manutenção foi originada do termo em latim “*Manus Tenere*” que significa “Manter o que se tem”.

Todavia, a gestão da manutenção vai além disso. Seu foco não se restringe apenas em manter o desempenho dos ativos, mas também em implementar melhorias que direcionem o aumento da produtividade (VIANA, 2022). Deste modo, a manutenção é classificada em dois segmentos: o de implantação de melhorias, que visa elevar a produtividade dos equipamentos, reduzir custos, potencializar a qualidade; e o de reparo, que tem como intuito corrigir falhas, realizar lubrificações nos maquinários, substituir peças, dentre outras atividades corriqueiras (XENOS, 2014).

A manutenção industrial tem passado por grandes mudanças ao decorrer das últimas décadas (PINTO e XAVIER, 2012). Ainda segundo os autores, tais mudanças são oriundas da dinamicidade dos sistemas industriais, do aumento da complexidade dos projetos fabris, das novas técnicas de manutenção que estão sendo incorporadas aos processos e do reconhecimento da manutenção como função estratégica para melhoria dos resultados do negócio e aumento da competitividade das organizações.

Esse processo evolutivo é demarcado por cinco gerações da manutenção, conforme evidenciado no quadro 1 abaixo.

Quadro 1: Avanço da Manutenção ao longo do Tempo

Geração	Descrição	Característica	Visão
Primeira Geração	Período anterior à Segunda Guerra Mundial. As indústrias eram pouco mecanizadas, com equipamentos simples e pouco enfoque na produtividade.	Serviços de limpeza, lubrificação e reparo após a quebra.	Manutenção corretiva e não planejada.
Segunda Geração	Período pós Segunda Guerra Mundial. Crescimento da demanda por produtos manufaturados e diminuição de mão-de-obra industrial. Aumento da mecanização.	Custo de manutenção elevado; Aumento dos sistemas de planejamento e controle da manutenção.	Busca por maior desempenho dos equipamentos; Inserção da ideia de que falhas poderiam ser evitadas; Criação da manutenção preventiva.
Terceira Geração	Período de 1980 a 1990. Aumento da preocupação generalizada por partes das indústrias (principalmente as adaptas do <i>Just-in-time</i>) em relação as paradas de equipamentos, visando diminuir os custos e a queda na qualidade dos produtos.	Aumento da mecanização e da automação; Crescimento de sistemas com menos falhas, ascensão a preocupação ambiental e de segurança; Desenvolvimentos de <i>softwares</i> focados na manutenção.	Crescimento da manutenção preditiva; melhor custo benefício frente a gerações anteriores; prevenção do meio ambiente; Falta de integração entre os setores dificultava a obtenção de melhores resultados.
Quarta Geração	Compreende os anos de 2000 a 2005. Nessa geração surgem novos projetos para viabilizar os aspectos de confiabilidade que não tinha conseguido se consolidar nas gerações passadas.	Minimização de falhas; Menor intervenção na planta fabril, intensificação da manutenção preditiva e monitoramento das condições dos equipamentos.	Enfoque no desempenho dos equipamentos; Consolidação da engenharia de manutenção na organização; Adoção de sistemas que propiciam a interação entre setores de uma organização.
Quinta Geração	Inicia no ano de 2006 e se estende até os dias atuais. Caracterizada pelo enfoque nos resultados da empresa, com o esforço de todas as áreas coordenadas pela sistemática da Gestão de Ativos.	Gerenciamento criterioso dos ativos. Aumento da manutenção preditiva e monitoramento das condições dos equipamentos, tanto <i>on-line</i> quanto <i>off-line</i> .	Planejamento do ciclo de vida dos equipamentos desde o início dos projetos para reduzir falhas prematuras.

Fonte: Adaptado de Pinto e Xavier (2012) e Moraes (2004)

Até o momento foi conceituada a Gestão da Manutenção. Ademais, foi apresentado a evolução da percepção do conceito de manutenção, substituído seu sinônimo de “algo que deveria ser evitado” para “um item imperativo na competitividade do negócio”. Ante o exposto, faz-se necessário conhecer com maior propriedade os tipos de manutenção que surgiram frente a essa evolução.

2.2 Tipos de Manutenção

Nesta seção serão expostas as categorias referentes aos tipos de manutenção, evidenciando seus conceitos e permitindo correlacioná-los com a evolução desse segmento nas corporações.

2.2.1 Manutenção Corretiva

Manutenção que é feita para sanar uma falha no equipamento ou para corrigir o desempenho do ativo que está aquém do esperado (VIANA, 2022). Nem sempre a manutenção corretiva tem caráter emergencial, depende se ela foi planejada ou não, conforme disposto a seguir.

2.2.2 Manutenção Corretiva Não Planejada

Feita de modo casual. A correção da falha ocorre de maneira contingencial, não havendo tempo para realizar uma programação prévia do serviço. Como resultado dessa ação, tem-se altos custos, visto que promove uma parada inesperada do equipamento, podendo influenciar na produtividade e na qualidade dos produtos finais. Uma empresa que pratica maioritariamente esse tipo de manutenção não está adequada às exigências competitivas do mercado atual (PINTO e XAVIER, 2012).

2.2.3 Manutenção Corretiva Planejada

Feita de modo programado, corrige-se o desempenho do ativo que fica abaixo do esperado ou elimina a falha só após uma decisão gerencial. Caracterizada por uma melhor

organização, custo mais baixo quando se comparada com a não planejada, traz condições mais seguras a equipe de trabalho e maior qualidade ao serviço. Ainda que a decisão gerencial seja de reparar o equipamento após a quebra, não impede que se faça um planejamento prévio para quando de fato a falha vir acontecer. Pode-se garantir a existência de peças sobressalentes, equipamentos, ferramentas, mão de obra para execução da tarefa, por exemplo (PINTO e XAVIER, 2012).

2.2.4 Manutenção Preventiva

Esse tipo de manutenção é caracterizada por realizar um plano de execução baseado em intervalos de tempos bem definidos. A atuação ocorre para se reduzir/evitar quedas de desempenho ou a falhas no ativo. Diferentemente da Corretiva, a Preventiva busca se antecipar as falhas. Não obstante, a decisão assertiva para sua execução deve-se embasar em premissas pautadas em simplicidade, custos, produtividade e segurança. Uma vez que, através dessa ação pode-se adicionar defeitos antes inexistentes, decorrentes de falhas operacionais, falhas de sobressalentes e contaminações no sistema (ARAÚJO e SANTOS, 2008).

2.2.5 Manutenção Preditiva

Segundo Gurski (2002), a manutenção preditiva também é pautada na prevenção, todavia, diferentemente da preventiva, sua ação é feita com base nas condições atuais dos ativos. Vista como uma quebra de paradigma na Manutenção, ela requer um elevado conhecimento técnico, já que a prevenção de falhas dar-se-á pelo monitoramento de parâmetros como vibração, temperatura, sonoridade, coloração, dentre outros apresentados pelos equipamentos.

Esse tipo de manutenção permite uma maior disponibilidade dos ativos ao passo que minimiza sua intervenção, tendo em vista que para a análise dos parâmetros acima descritos, não é necessário que os equipamentos estejam desligados para a ação ser concluída. Deste modo, quando é observada alguma irregularidade, faz-se na verdade, uma manutenção corretiva planejada (PINTO e XAVIER, 2012).

2.2.6 *Manutenção Detectiva*

Manutenção detectiva é uma técnica que se refere a busca por detecção de falhas ocultas nos sistemas de proteção. Tal identificação é um item crucial para assegurar a confiabilidade dos equipamentos. Para auxiliar na execução dessa atividade, muitas vezes torna-se fundamental a utilização de computadores digitais em instrumentação e a integração de colaboradores da área de manutenção com treinamento e conhecimento técnico para tal, com pessoal de operação (ARAÚJO e SANTOS, 2008).

2.2.7 *Manutenção Prescritiva*

A manutenção prescritiva surgiu em consonância com a indústria 4.0. Ela utiliza uma combinação de técnicas e ferramentas, como regras de negócios, algoritmos, aprendizado de máquina, inteligência artificial e procedimentos de modelagem computacional que vão além da simples previsão de falhas, mas realiza também diagnósticos e recomendações de estratégias para a manutenção (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2023).

As subseções 2.2 e a 2.3 demonstram a alternância quanto ao objetivo da manutenção. Nas primeiras fases de sua história observa-se que seu enfoque era, exclusivamente, para restaurar as condições originais de determinado equipamento ou sistema. A manutenção corretiva não planejada era, majoritariamente, o tipo de manutenção empregada.

Com o passar do tempo, houve o uso crescente da manutenção planejada, preventiva, detectiva e, agora, a prescritiva, culminando em uma nova percepção dessa atividade. Notou-se que a manutenção era capaz de garantir a disponibilidade de operação dos equipamentos de modo a atender o processo produtivo a um custo satisfatório, com segurança, confiabilidade e conservação do meio ambiente.

Ao passo em que a manutenção foi evoluindo, criou-se a necessidade do uso de métricas e ferramentas que pudessem acompanhar auxiliar nessa atividade industrial. Dentre esse conjunto tem-se o indicador *Overall Equipment Effectiveness* e as ferramentas de gestão, conforme será explanado na seção a seguir.

2.3 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

O *Overall Equipment Effectiveness* é um indicador gerencial capaz de fornecer um acompanhamento do desempenho dos ativos físicos de uma fábrica, que leva em consideração critérios como disponibilidade, desempenho e qualidade (TSAROUHAS, 2020). Essa ferramenta permite, dessa maneira, sinalizar áreas onde devem ser desenvolvidas melhorias para elevar o seu desempenho produtivo (JONSSON E LESSHMMAR, 1999).

Seu surgimento está alicerçado na evolução da manutenção, principalmente após a expansão das práticas de Manutenção Produtiva Total (TPM) nas indústrias japonesas. Não obstante, atualmente sua utilização não se limita apenas as corporações que adotam essa filosofia (PRASETYO e VEROYA, 2020)

Por ser um indicador de métrica gerencial, Busso (2012) afirma que seu uso tem intensificado em empresas que necessitam assegurar uma alta taxa de disponibilidade de seus ativos. Portanto, a indústria alimentícia, enquadra-se nesta classificação.

Quanto a aplicação do OEE, uma das dúvidas que comumente surge é a região que se deve priorizar no momento da sua implantação. Segundo Hansen (2006), a tática é focar, no primeiro momento, em setores tidos como gargalos do processo (aqueles que apresentam baixo desempenho e limitam o fluxo produtivo) e nas áreas que são altamente dispendiosas para a corporação. A justificativa para o uso desse método, é que, caso o OEE seja aplicado satisfatoriamente e as melhorias implementadas forem significativas, os resultados serão bem mais visíveis para a corporação, motivando-a a expandir para os demais setores.

O cálculo do OEE permite vislumbrar o desempenho tridimensional do equipamento, uma vez que é levado em consideração: 1- O tempo útil de funcionamento do equipamento, 2- A eficiência do equipamento em funcionamento e 3- A qualidade do produto final que fora transformado naquele equipamento (NAKAJIMA, 1993).

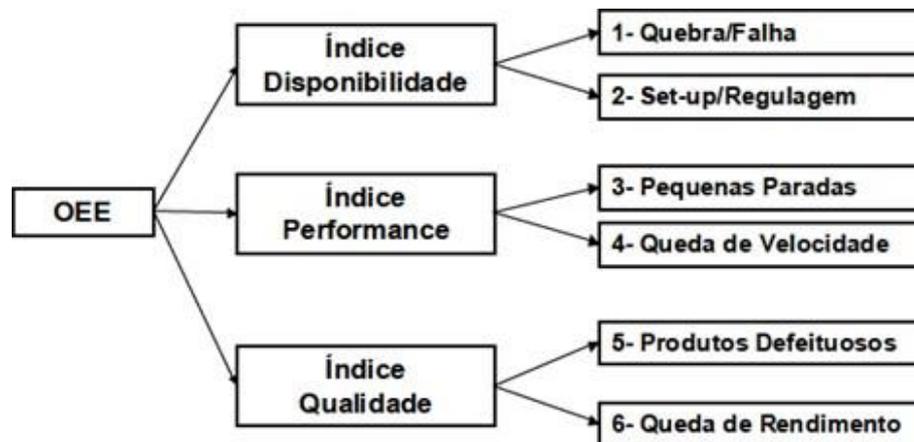
Cada um desses três parâmetros é obtido por meio das perdas descritas pela Manutenção Produtiva Total, do inglês TPM *Total Productive Maintenance* (TPM). Ressalta-se que a identificação dessas perdas se torna o ponto crucial para retomar o desempenho ideal dos ativos, garantindo o aumento da eficiência global dos equipamentos (NAKAJIMA, 1993).

As perdas descritas pela TPM podem ser classificadas em:

- a) Perdas por quebra: que acarretam na interrupção do funcionamento do ativo, resultando na indisponibilidade do equipamento;
- b) Perdas por setup e regulagens: referente ao tempo gasto entre a fabricação do último item do produto para se produzir o primeiro item de outrem, de modo que este não venha apresentar defeitos conforme o padrão de qualidade da empresa;
- c) Perdas por pequenas paradas: oriunda de interrupções temporárias;
- d) Perdas por queda de velocidade: ocorre quando a velocidade de operação do equipamento está abaixo do ideal;
- e) Perda por refugo ou retrabalhos: referente ao tempo gasto com produtos fora da especificação da qualidade;
- f) E, por fim, Perda por queda de rendimento: acontece quando o maquinário demora um tempo maior que o estipulado para começar a operar.

Na Figura 1, tem-se uma estratificação das perdas correlacionando-as com os parâmetros que compõem o OEE. Compreender essa relação é um facilitador para classificação dos dados de paradas dos equipamentos e permite um valor mais fidedigno do OEE.

Figura 1- Correlação entre as falhas e os índices OEE



Fonte: Chiaradia (2004)

2.3.1 Cálculo do OEE

Como definido anteriormente, o OEE é originado do produto entre três índices, conforme evidenciado na equação:

$$OEE (\%) = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \times 100 \quad (1)$$

De acordo com Chiaradia (2004), cada um desses índices deve ser calculado separadamente para então se obter o valor do OEE. A disponibilidade é dada pela eq.2 e retrata quanto tempo o equipamento estava em plena operação dado o tempo total disponível para operar.

$$Disponibilidade (\%) = \frac{\text{Tempo de Carga} - \text{Tempo de Paradas Não Programada}}{\text{Tempo de carga}} \times 100 \quad (2)$$

Deste modo, o tempo de carga pode ser compreendido como a diferença entre o tempo teórico disponível e as paradas programadas. Salienta-se que, são consideradas parada programadas, as manutenções preventivas ou programadas, horário de almoço, treinamentos, reuniões, entre outros (SANTOS e SANTOS, 2007).

A desempenho, dada pela seguinte eq.3, avalia o ritmo de produção do equipamento, ou seja, ela mostra o quão bem o ativo produziu, no período que deveria produzir. Isso é feito ao se comparar a quantidade teórica de produção com a quantidade real, independente se os produtos estão conformes com os padrões estabelecidos ou não.

$$Desempenho (\%) = \frac{\text{Quantidade de produto fabricado}}{\text{Quantidade de produto que deveria ser feito}} \times 100 \quad (3)$$

Por fim, o último indicador é obtido pela eq. 4 e representa a quantidade de bens produzida em perfeito estado, diante a quantidade total de bens produzidos.

$$Qualidade (\%) = \frac{\text{Produção Total} - \text{Refugos e Retrabalho}}{\text{Produção Total}} \times 100 \quad (4)$$

2.3.2 OEE Classe Mundial

As empresas que possuem os melhores valores de OEE são tidas como referência e, por conta disso, criou-se parâmetros baseadas nelas, conhecidos como OEE Classe Mundial. Segundo Nakajima (1993), um valor de OEE que deve ser almejado como meta ideal para as corporações é de no mínimo 85%. Além disso, o autor também define metas individuais de cada índice, assim ficou definido que o valor da Disponibilidade deve ser maior ou igual a 90%, o índice de Desempenho deve ser superior ou igual a 95% e o valor da Qualidade deve ser maior ou igual a 99%.

Ressalta-se que não é suficiente apenas ter um OEE de 85% para ser considerado de classe mundial, precisa-se que os índices de Disponibilidade, Desempenho e Qualidade também atinjam ou superem os valores de tido como referência.

Existe um conjunto de técnicas na literatura conhecidas como ferramentas de gestão ou da qualidade que podem auxiliar na identificação de problemas que distanciam as organizações a encontrarem tais resultados.

2.4 Ferramentas da qualidade

As ferramentas da qualidade são técnicas e métodos utilizados para identificar, analisar e solucionar problemas em processos e produtos, com o objetivo de melhorar a qualidade e eficiência deles. Essas ferramentas são utilizadas em diversos setores, desde a indústria até o setor de serviços, para garantir a satisfação dos clientes e a competitividade das empresas (PALADINI, 2012).

Essas ferramentas incluem uma variedade de técnicas, como análise de dados, gráficos, diagramas, metodologias de melhoria contínua, entre outras. Cada ferramenta é utilizada para uma finalidade específica, como identificar causas de problemas, analisar dados, medir a eficiência de processos e produtos, priorizar ações e implementar melhorias (POSSARLE, 2017).

Existe um conjunto de ferramentas da qualidade, sendo que as 7 ferramentas básicas (PALADINI, 2012) são apresentadas a seguir:

1. Diagrama de Ishikawa (espinha de peixe ou diagrama de causa e efeito): utilizado para identificar as possíveis causas de um problema e suas relações.
2. Histograma: gráfico que mostra a distribuição dos dados em relação a uma variável específica, permitindo identificar padrões e variações.
3. Gráfico de controle: utilizado para monitorar um processo ao longo do tempo, permitindo identificar possíveis variações e desvios.
4. Diagrama de Pareto: ferramenta para priorização de problemas, identificando os mais relevantes para serem resolvidos.
5. Folha de Verificação: utilizada para coletar e organizar dados de um processo, facilitando a análise posterior.
6. Diagrama de dispersão: utilizado para analisar a relação entre duas variáveis e identificar possíveis correlações.

7. Fluxograma: utilizado para visualizar e analisar o fluxo de um processo, permitindo identificar possíveis gargalos, redundâncias e oportunidades de melhoria.

Existem outras ferramentas gerencias como o PDCA, FMEA, 5 porquês, entre outras (POSSARLE, 2017). No entanto, será dado um enfoque maior ao Diagrama de Pareto e os 5 porquês pois foram as ferramentas utilizadas no estudo.

2.4.1 Diagrama de Pareto

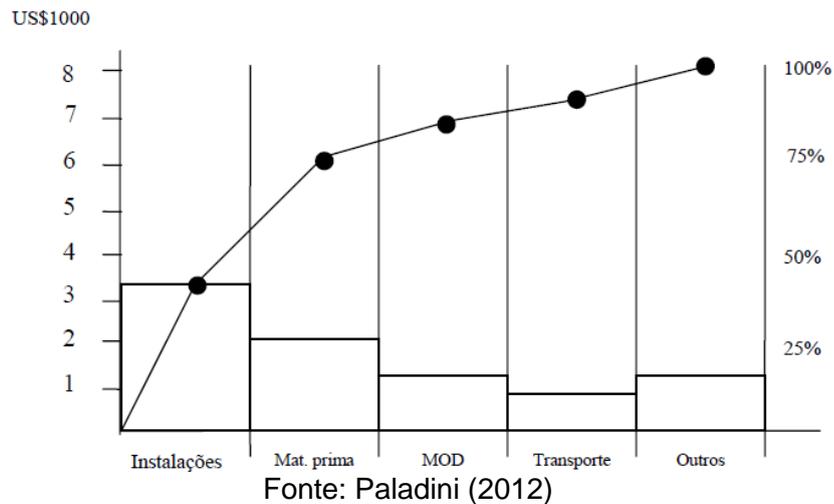
Slack, Chambers e Johnston (2023) afirmam que em qualquer processo produtivo cujo objetivo é ser melhorado, torna-se fundamental a priorização do que é mais urgente. Isso pode ser feito classificando os itens de informação nos tipos ou causas do problema, levando em consideração seu impacto no problema como um todo. O Diagrama de Pareto enquadra-se nesse perfil.

Segundo Possarle (2017), o diagrama de Pareto é uma técnica de análise de causas que está conceitualmente baseada nos princípios desenvolvidos pelo economista Vilfredo Pareto. De acordo com as inferências do economista, apenas uma minoria da população mundial, aproximadamente 20%, detém maior parte da renda global, cerca de 80%. Essa relação ficou conhecida como a lei 80/20.

De maneira semelhante, Juran constatou que essa distribuição também se aplicava à área da Qualidade, na qual os principais efeitos são derivados de um pequeno número de causas. Assim, criou-se um diagrama que representa as frequências de ocorrência em ordem decrescente, mostrando quantos resultados foram gerados, por cada tipo de falha (POSSARLE, 2017).

Na Figura 2, na linha horizontal estão dispostos cada elemento de estudo que podem ser categorias, classes ou grupos de elementos. Esses elementos estarão correlacionados a uma escala de valor, representada pela linha vertical, que pode ser apresentada em níveis percentuais, unidades monetárias, frequência de ocorrências, entre outras. Ademais, tem-se uma curva resultante da acumulação dos números obtidos em cada grupo em um delimitado intervalo, evidenciando os elementos mais críticos para serem solucionados.

Figura 2- Ilustração de um diagrama de Pareto

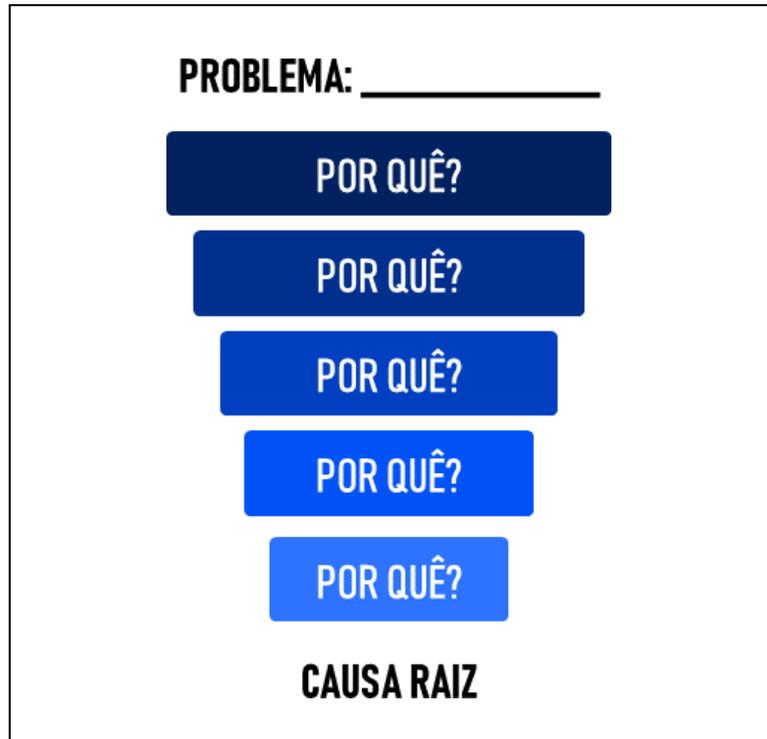


É fundamental, após a correção dos elementos críticos, continuar a utilizar essa ferramenta, dando enfoque aos outros elementos. Desta forma, o Diagrama de Pareto tornar-se um instrumento para o início da implantação da melhoria contínua nos processos (POSSARLE, 2017).

2.4.2 Cinco Porquês

A ferramenta dos Cinco Porquês foi desenvolvida por Sakichi Toyoda, criador do sistema Toyota de produção, durante a década 70. Ela é um método simples e sua premissa está em entender e identificar a causa raiz de algum problema e facilitar a sua resolução. Isso ocorre a partir do questionamento do motivo das causas que acarretou no problema por pelo menos 5 vezes (Corrêa e Corrêa, 2012). A Figura 3 evidencia como essa ferramenta pode ser aplicada.

Figura 3- Exemplificando os 5 porquês



Fonte: Ferramentas da Qualidade (2023)

3 METODOLOGIA

Haja vista a proposta de mensurar a eficiência produtiva dos equipamentos do setor de prensagem de liquor em uma indústria processadora de amêndoas de cacau e, a partir de então, identificar possíveis melhorias processuais, constata-se que a natureza dessa pesquisa é aplicada. Segundo Gerhardt e Silveira (2012), esse tipo de pesquisa almeja a geração do conhecimento por meio da aplicação prática, pautada na solução de um problema específico e real.

No que se refere aos objetivos, a pesquisa possui caráter exploratório. Segundo Gil (2022), esse tipo de estudo tem por objetivo promover uma maior familiaridade com o problema visando torná-lo explícito ou a construir hipóteses.

Já quanto a abordagem, a pesquisa é definida como quali-quantitativa. Para Fonseca (2002) e Roesch (2010) esse tipo de método une o conceito de pesquisa qualitativa, que tem o intuito de fazer uma avaliação formal por meio do aprofundamento e compreensão dos comportamentos dos itens analisados, com a pesquisa quantitativa, que visa mensurar e identificar relações entre variáveis por meio de estudos estatísticos.

Em paralelo a isso, o método empregado é caracterizado como um estudo de caso. De acordo com Gil (2022 p.54) essa técnica “visa conhecer em profundidade como e o porquê de uma determinada situação que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico”. Desta forma, o estudo de caso permite com que o pesquisador conheça profundamente o objeto a ser estudado.

3.1 Estudo de caso

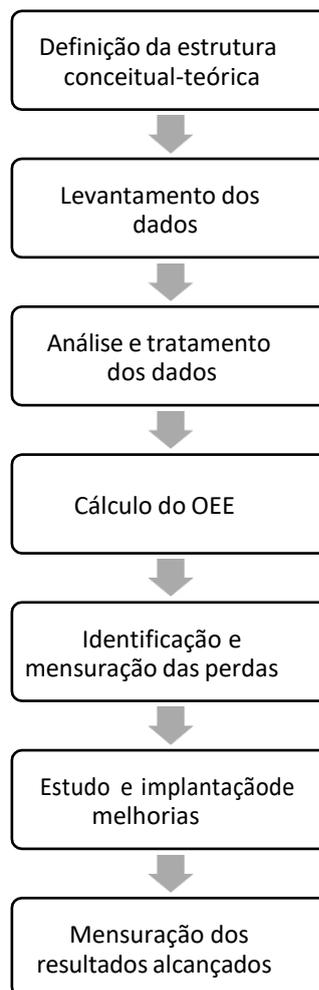
O estudo foi realizado em uma indústria localizada no Distrito Industrial de Ilhéus, região sul baiana. A unidade corporativa conta com 213 operários, divididos em 3 turnos de trabalho. Com uma capacidade nominal de moagem de 50 mil toneladas por ano, ela configura-se como a terceira maior moageira de cacau do país, correspondendo a 18% de toda a moagem do Brasil. Após o beneficiamento da matéria-prima, obtém-se como produto final, o liquor, a manteiga, o pó e a torta de cacau. Esses produtos atendem tanto o mercado interno quanto o externo, abrangendo alguns

países da América do Sul e da Europa (MERCADO DO CACAU, 2016).

O setor selecionado para a aplicação deste estudo foi o de Prensagem de liquor. Sua fundamentação baseia-se no critério estabelecido por Hansen (2006) que orienta tratar primeiro os gargalos e os setores mais dispendioso da produção. Tal escolha ocorreu a partir da opinião dos gestores da corporação em análise.

Para uma maior compreensão fora construído um fluxograma, exposto na Figura 4, que sinaliza as etapas seguidas para o alcance do objetivo do estudo.

Figura 4- Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: O autor (2023)

A primeira etapa consistiu em definir a estrutura conceitual-teórica por meio de um levantamento bibliográfico, que segundo Lakatos e Marconi (2010) representa um compilado geral sobre referências teóricas já estudadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos. Foram utilizadas para esse levantamento livros, teses,

dissertações, manuais, artigos e documentos digitais.

O levantamento de dados para o cálculo do OEE deu-se a partir da construção de um banco de dados com as paradas de equipamentos. Para tal, tomou-se dados durante o período de 06 meses, indo de junho a novembro de 2021. Para isso foi necessário retirar manualmente essas informações das fichas operacionais do setor, tendo em vista que esse processo ainda não é automatizado na empresa.

A partir das equações 1, 2, 3 e 4 foi possível encontrar os valores dos índices e do indicador OEE para o período acima informado. A próxima etapa consistiu em elencar e quantificar as perdas. Para isso fez-se o uso do Diagrama de Pareto e após foi aplicado os Cinco Porquês. Posteriormente, analisando os valores obtidos e através de entrevistas semiestruturadas com operadores e gestores, além de visitas *in loco*, foi possível identificar e implantar melhorias processuais.

Por fim, alimentou-se o banco de dados com as paradas durante um período de 06 meses, compreendendo os meses de junho a novembro de 2022, calculou-se um novo OEE e mensurou-se os resultados alcançados.

4 RESULTADOS

A utilização do OEE como indicador operacional de processos iniciou-se em junho de 2021, no setor de prensagem de liquor da empresa em estudo. Até então, esse indicador era utilizado de modo sistêmico, o que dificultava o gerenciamento de falhas operacionais. O emprego dessa ferramenta visou mensurar o desempenho do setor e, por meio do Diagrama de Pareto, identificar as principais causas que viessem trazer resultados indesejáveis. A partir dessa análise são gerados planos de ações para potencializar o desempenho dos equipamentos.

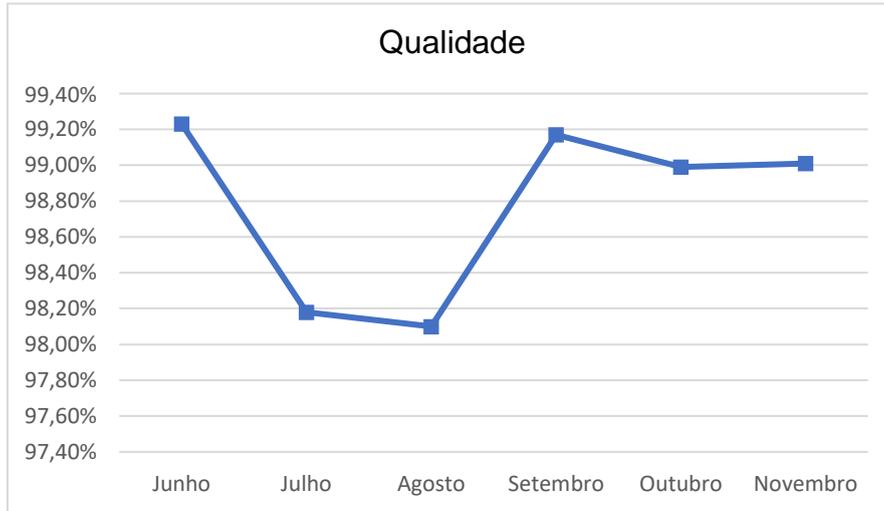
4.1 Cenário encontrado

Para o cálculo de qualidade no referido setor, levou-se em consideração a quantidade de produtos não conformes, essas informações foram concedidas pelo setor de qualidade da empresa. Um produto não conforme é aquele que não atendeu as especificações estabelecidas pela empresa, em consonância com agentes fiscalizadores e seus clientes. No caso dos produtos obtidos nessa etapa produtiva, tem-se a torta e a manteiga de cacau.

As não conformidades encontradas nestes produtos são referentes à aspectos biológicos (contaminação por bactérias, vírus, coliformes, fungos, dentre outros) e aspectos físico-químicos (como sedimentação, finura e gordura na torta). Quanto ao primeiro aspecto, as contaminações ocorrem por deficiência nas boas práticas de fabricação (BPF), que é um conjunto de procedimentos adotados pela organização para garantir a qualidade sanitária e a conformidade dos alimentos. Já no segundo, o principal motivo está na regulagem dos equipamentos.

De acordo com a Figura 5, observa-se que os valores alcançados nesse período para o índice de qualidade variam entre 98,09% e 99,26%, sendo que o padrão de referência para esse quesito é de 99%. Deste modo, constata-se um desempenho positivo, mas é evidente a oportunidade para melhorar esse resultado.

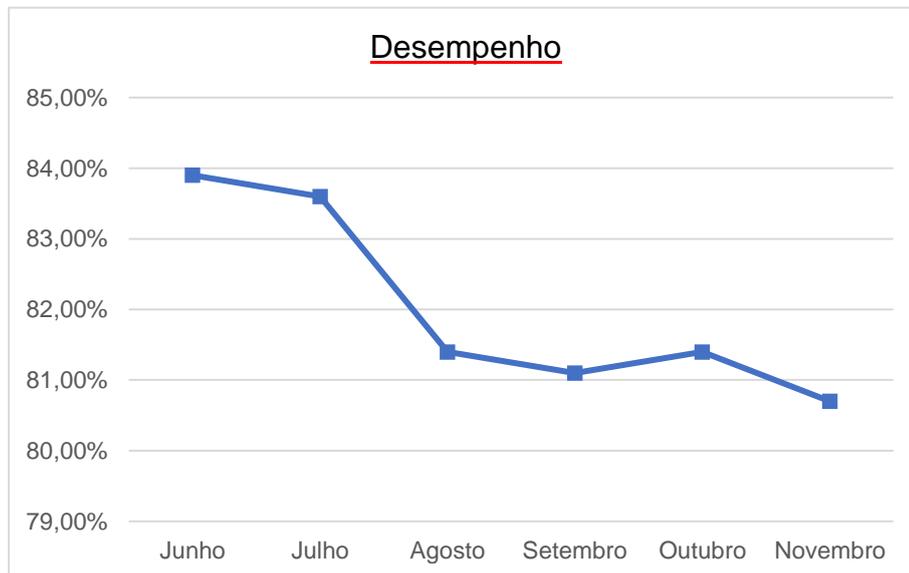
Figura 5- Gráfico do índice de Qualidade do ano de 2021



Fonte: O autor (2023)

Quanto à desempenho, os resultados foram obtidos a partir da meta mensal de produção (valores estes já definidos pelos gestores da empresa) e os dados mensais de produção efetiva. A Figura 6, ilustra esse cenário.

Figura 6- Gráfico do índice de Desempenho do ano de 2021

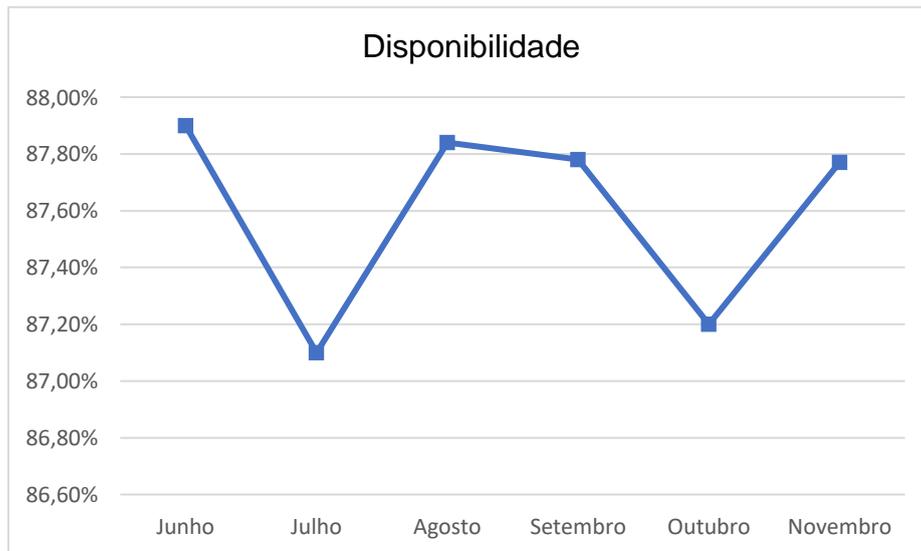


Fonte: O autor (2023)

O comportamento do gráfico evidencia um decréscimo nos quatros últimos meses. Para além disso, nota-se que a média desse índice ficou em aproximadamente 82%, enquanto que o valor referência é de 95%.

Já para o índice de disponibilidade fora calculado, mês a mês, o tempo total em que os equipamentos deveriam e ficaram operantes, levando em consideração a duração total das paradas programadas, como manutenção preventiva, treinamentos, refeições e feriados em que não houve expediente. A Figura 7, mostra o resultado obtido no período estudado.

Figura 7- Gráfico do índice de Disponibilidade do ano de 2021

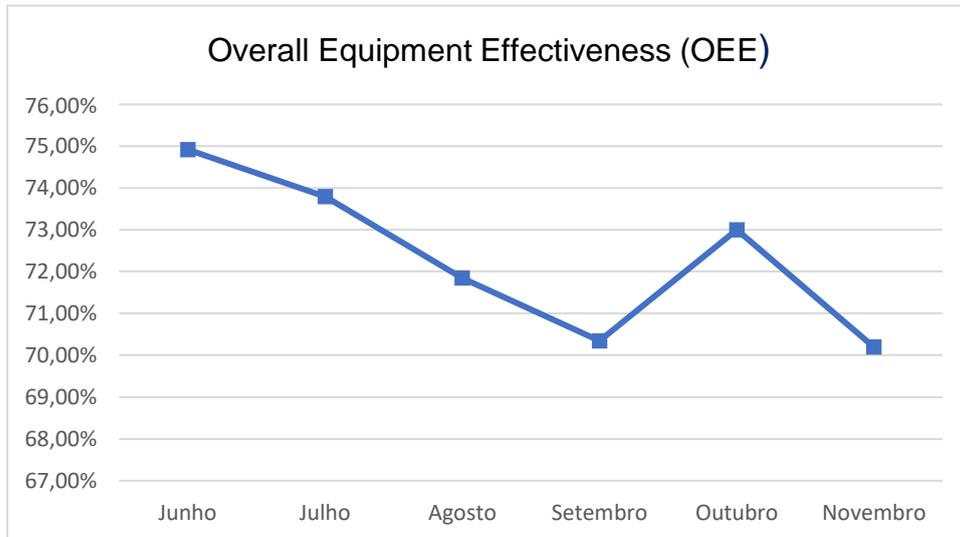


Fonte: O autor (2023)

Analisando o gráfico é nítido o distanciamento entre o valor referência e os resultados obtidos na empresa. Ressalta-se que a média de disponibilidade do setor foi de aproximadamente 87,7%, enquanto que o valor de classe mundial é de 90%. Fazendo um comparativo, observa-se que a desempenho e a disponibilidade foram os índices que apresentaram os piores desempenhos durante o período analisado. Assim, eles são os principais responsáveis por impactar negativamente no valor do OEE, comprometendo a eficiência produtiva do setor. Por conseguinte, esses dois fatores merecem maior atenção quanto a busca por melhorias processuais.

Calculados os três componentes, foi possível encontrar o indicador de eficiência global no período analisado, conforme explicado na Figura 8. Diante a análise dos gráficos que representam o índice de Qualidade, Desempenho e Disponibilidade, e o do indicador OEE fora observado que nenhum deles conseguiu alcançar os seus valores de referência.

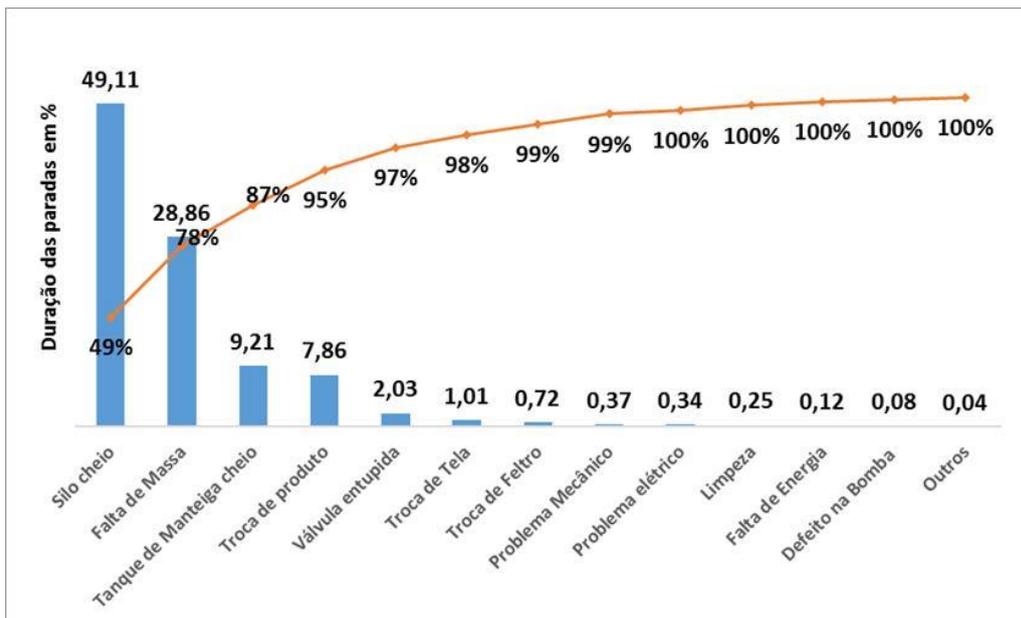
Figura 8- Gráfico do Indicador OEE do ano de 2021



Fonte: O autor (2023)

Visando encontrar os motivos que levaram a esse cenário, foi construído um diagrama de Pareto, exposto na Figura 9, com as principais causas de paradas dos equipamentos no setor, durante o período de 06 meses. O intervalo de tempo escolhido tem como intuito evitar o surgimento de eventos esporádicos, mostrando as ocorrências que possuem maior regularidade.

Figura 9- Diagrama de Pareto referente as Paradas do ano de 2021



Fonte: O autor (2023)

A partir do gráfico acima, constata-se que o principal motivo que afeta o desempenho das prensas hidráulicas é o silo de torta de cacau cheio. Este corresponde por 49,11% do tempo total de parada do setor, seguido por falta de massa (liquor) com 28,86%. Juntos, esses dois fatores correspondem por quase 80% do tempo total de parada e, por conseguinte, serão o foco de resolução do presente trabalho. Esse critério de análise está em consonância com o princípio de Pareto, o qual afirma que para muitos eventos, aproximadamente 80% dos efeitos advêm de 20% das causas, sendo essas causas as primeiras a serem solucionadas.

4.1.1 Aplicação dos 5 Porquês no problema de silo cheio

Com o intuito de se identificar a causa raiz do problema levantado, foi realizada a aplicação da ferramenta dos 5 porquês no problema do silo de torta de cacau ficar cheio e parar a produção.

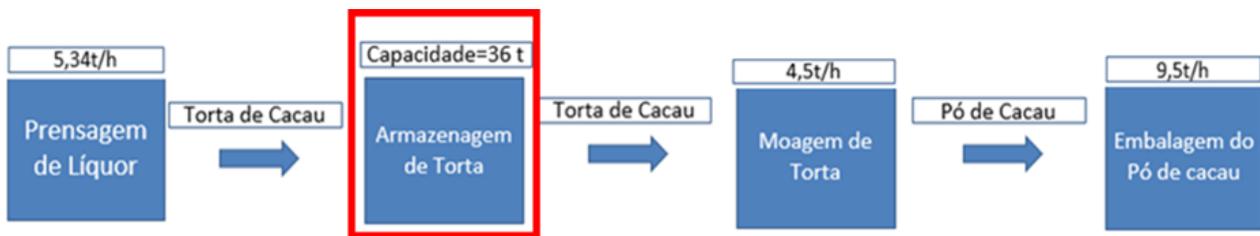
Figura 10- Aplicação dos 5 Porquês no problema de silo cheio

Aplicação dos 5 porquês	
1. Por que a prensa parou?	1. Porque o silo que recebe a torta de cacau estava cheio.
2. Por que o silo estava cheio?	2. Porque as ensacadeiras de torta de cacau não conseguiram acompanhar o fluxo de produção.
3. Por que as ensacadeiras de torta de cacau não conseguiram acompanhar o fluxo de produção?	3. Porque a taxa de entrada de torta de cacau no silo é superior a taxa de consumo das ensacadeiras.
4. Por que a taxa de entrada de torta de cacau no silo é superior a taxa de consumo das ensacadeiras?	4. Porque a produção não está balanceada.
5. Por que a produção não está balanceada?	5. Porque acreditava-se que o problema principal era da manutenção e não se tinha realizado um estudo da produção.

Fonte: O autor (2023)

Conforme evidenciado nos 5 porquês, o principal motivo de parada é decorrente de uma falta de balanceamento da produção e não dos problemas mecânicos dos equipamentos, como presumido pelo gestor do setor da produção. Visando conhecer mais a fundo o problema foi elaborado um fluxograma contendo as principais etapas posteriores a prensagem de liquor e que tem impacto direto no problema do silo de torta cheio, bem como foi feito o cálculo de capacidade, taxa de entrada e de consumo do produto. Ressalta-se que o cálculo foi considerando pleno funcionamento de todos os equipamentos. A Figura 11 ilustra a situação encontrada.

Figura 11- Fluxograma com as etapas posteriores ao setor de Prensagem de Líquor



Fonte: O autor (2023)

Nota-se que o valor de 5,34 t/h é a produtividade do setor de prensagem do líquor e representa a taxa de entrada de torta no silo de armazenagem. Assim como, o valor de 4,5 t/h representa a sua taxa de saída teórica, que se refere a produtividade dos moinhos que transformam a torta em pó de cacau. Por fim, 9,5t/h refere-se capacidade do setor de embalagem do pó de cacau.

Analisando os valores encontrados, observa-se que a taxa de entrada de torta no setor de armazenagem de torta é superior em 0,84t/h à sua taxa de saída e, que por conta disso, os silos estariam cheios em menos de 43 horas de produção ininterrupta, obrigando a parada das prensas para que não haja mais entrada de produto, até que se baixasse o nível de torta nos mesmos.

4.1.2 Aplicação dos 5 Porquês no problema de tanque vazio

Com o objetivo de se identificar a causa raiz do segundo principal motivo de parada, foi realizada a aplicação da ferramenta dos 5 porquês, conforme exposto na Figura 12.

Figura 12- Aplicação dos 5 Porquês no problema de falta de líquor

Aplicação dos 5 porquês
1. Por que a prensa parou?
1. Porque faltou líquor para a prensagem.
2. Por que faltou líquor para a prensagem?
2. Porque a moagem de nibs não conseguiu acompanhar o fluxo de produção.
3. Por que a moagem de nibs não conseguiu acompanhar o fluxo de produção?
3. Porque a taxa de consumo de líquor é superior a taxa de produção nos moinhos.
4. Por que a taxa de consumo de líquor é superior a taxa de produção nos moinhos?
4. Porque a produção não está balanceada.
5. Por que a produção não está balanceada?
5. Por que acreditava-se que o problema principal era da manutenção e não se tinha realizado um estudo da produção.

Fonte: O autor (2023)

Conforme evidenciado nos 5 porquês, assim como no primeiro, o principal motivo de parada é decorrente de uma falta de balanceamento da produção e não dos problemas mecânicos dos equipamentos. O fluxograma mostrado na Figura 13 ajuda no entendimento desse problema.

Figura 13- Fluxograma com as etapas anteriores ao setor de Prensagem de Liquor



Fonte: O autor (2023)

Nota-se que o valor 9 t/h representa a taxa de consumo pelo processo de moagem de nibs. Nesta etapa há a transformação de uma matéria-prima sólida (nibs) para um fluido (liquor). Este último, segue no processo produtivo indo para a etapa de esterilização que ocorre em tanques fechados, em elevadas temperaturas e sistemas a vácuo. A capacidade de produção dessa etapa é de 18t/h. Por fim, o valor de 9,69 t/h representa a taxa de consumo do liquor já esterilizado pelas prensas hidráulicas.

Analisando os valores encontrados, observa-se que a taxa de consumo de liquor pelas prensas é superior em 0,69t/h à a taxa de produção da moagem de nibs, e que, por conta disso, é esperado que em algum momento da produção falte massa para os demais setores, acarretando em paradas no setor estudado.

4.2 Estudo de Melhorias e implantações

Tendo em vista que o principal gargalo identificado na representação da figura 11 foi o fluxo de saída dos silos, uma vez que os moinhos de tortas não estavam conseguindo acompanhar a demanda de produção do setor de prensagem, foram apresentadas duas propostas para resolução do problema em questão.

É nítido uma falta de balanceamento nesta linha produtiva, e visando sanar este problema foi proposto a aquisição de um novo moinho de torta cuja capacidade é de 4t/h, o que aumentaria a capacidade produtiva do setor para 8,5 t/h, desfazendo o gargalo ali presente. Foi realizado uma pesquisa de preço com alguns fornecedores para

chegar a essa escolha e a mesma foi debatida com a equipe de projetos da fábrica. Optou-se pela escolha de moinho com uma capacidade superior a necessária atualmente, pois a empresa tem perspectivas de ampliar também o setor de prensagem de liquor, devido a um crescimento de demanda.

Quanto ao custo de aquisição do sistema de moagem e transporte de torta completo, estima-se o gasto de aproximadamente R\$ 3 milhões e um *payback* de aproximadamente quatro anos. A empresa não permitiu a divulgação de maiores detalhes sobre o projeto.

A segunda proposta sugerida para resolução do problema, foi a implantação de duas ensacadeiras de torta de cacau. O intuito dessa alternativa é aumentar o fluxo de saída de torta do silo sem que haja a necessidade de passar pelo sistema de moagem. Deste modo, manter-se-á a produção de pó de cacau, embalando e comercializando a torta de cacau excedente, que faria com que o setor de prensagem parasse até que fosse moída mais torta. Cada ensacadeira tem a capacidade produtiva de até 4t/h, e o custo para implantação das mesmas gira em torno de R\$190mil.

Diante dos valores das propostas supracitadas, o planejamento orçamentário para investimentos da empresa no ano vigente e tendo em vista o prazo para execução do projeto, a empresa optou apenas pela implantação da segunda proposta. Todavia, ela já sinalizou interesse em executar a primeira proposta no próximo ano comercial.

No que se refere ao problema por falta de massa, foi identificado que o principal gargalo atual é a moagem de nibs. Assim, foi feito um estudo para aumentar sua capacidade produtiva com a proposta de se instalar outro moinho com desempenho de 4t/h. Deste modo, conseguiria balancear essa linha de produção. Quanto aos investimentos, estima-se um custo de implantação em aproximadamente R\$1,4 milhões, com *payback* em dois anos e meio. Pelos mesmos motivos descrito anteriormente, os gestores estudam a possibilidade de implantação dessa proposta nos próximos anos.

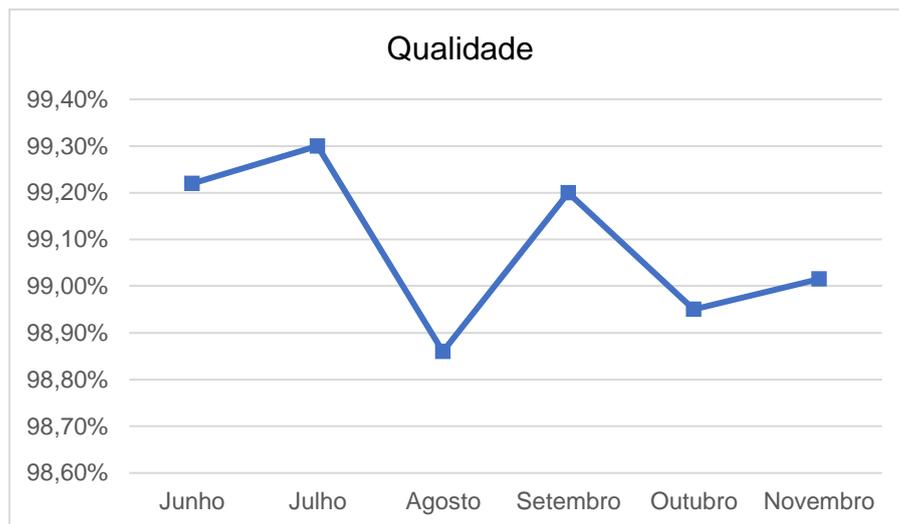
Ressalta-se que os valores referentes à *payback* foram calculados com base no retorno proveniente do aumento da produção e Taxa Mínima de Atratividade (TMA) definida pelo time de projetos que é de 12% ao ano.

4.3 Cenário após o diagnóstico

As duas ensacadeiras de torta foram implantadas no ano de 2022 no início do mês de abril. Visando diminuir a interferência na avaliação por eventos esporádicos relacionados a instalação e adequação do novo sistema e, para que o período de análise levasse em consideração os mesmos meses do ano de 2021, a coleta dos dados foi realizada a partir do mês de junho de 2022 até novembro do mesmo ano. Os dados foram coletados e tratados da mesma forma que a do ano anterior e o resultado de cada índice do OEE é evidenciado abaixo.

A Figura 14 demonstra o desempenho do índice de Qualidade do período analisado após a implantação de melhoria processual.

Figura 14- Gráfico do índice de Qualidade do ano de 2022



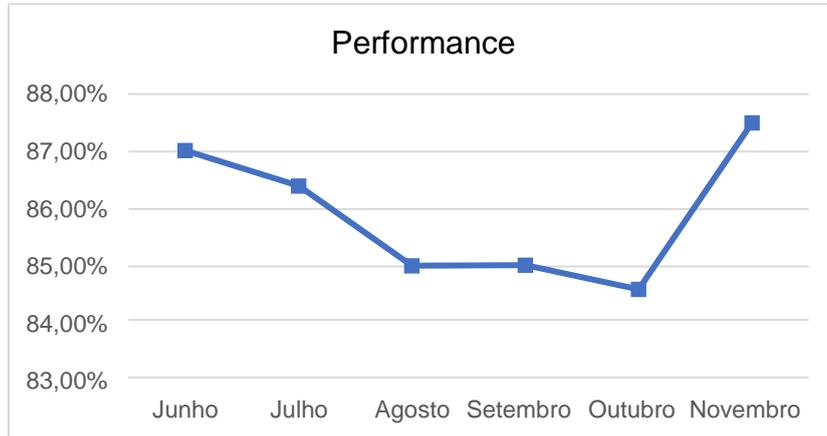
Fonte: O autor (2023)

Conforme o gráfico, os valores de qualidade variam entre uma faixa de 98,87% a 99,40%, que é uma boa faixa para esse parâmetro. Ademais, esses dados evidenciam um baixo volume de reprocesso, sinalizando que a operação está em conformidade com os procedimentos padrões da corporação. É importante frisar que esses valores estão abaixo da classe mundial, valor este fixado em 99%. Todavia é nítido que a empresa se mostra engajada no alcance desse ideal.

Já no quesito desempenho, é observado uma faixa entre 84,67% a 86,51% no setor estudado, como explicitado na Figura 15. Os valores encontrados expõem uma

realidade um pouco mais distante da classe mundial, que é de 95%. Porém acredita-se que o resultado é satisfatório, tendo em vista que grande parte desses equipamentos apresentam um tempo de operação de mais de quatro décadas.

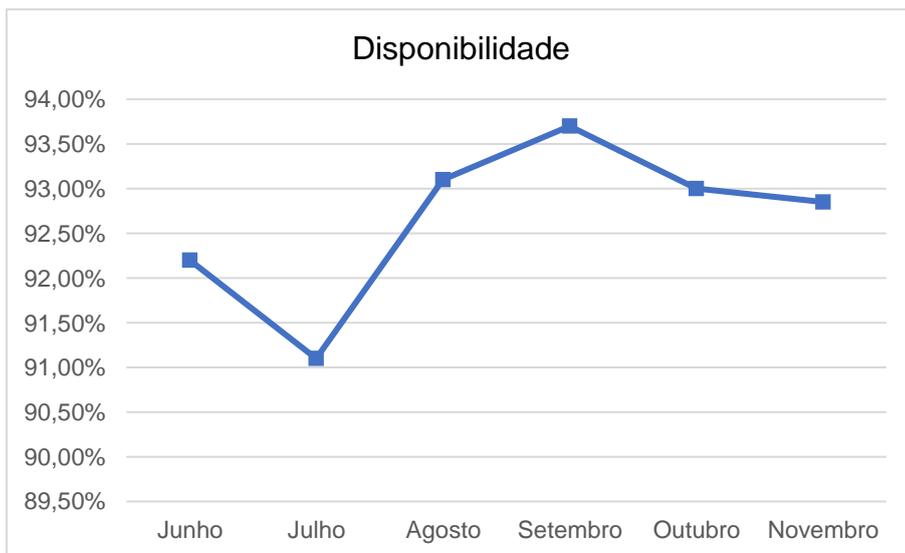
Figura 15- Gráfico do índice de Desempenho do ano de 2022



Fonte: O autor (2023)

Após a melhoria implantada, o quesito disponibilidade foi o que apresentou o melhor resultado. Com valores entre 92,14 a 93,89%, esse foi o único parâmetro que conseguiu superar as expectativas da classe mundial, o valor atual é de 90%, como exposto na Figura 16.

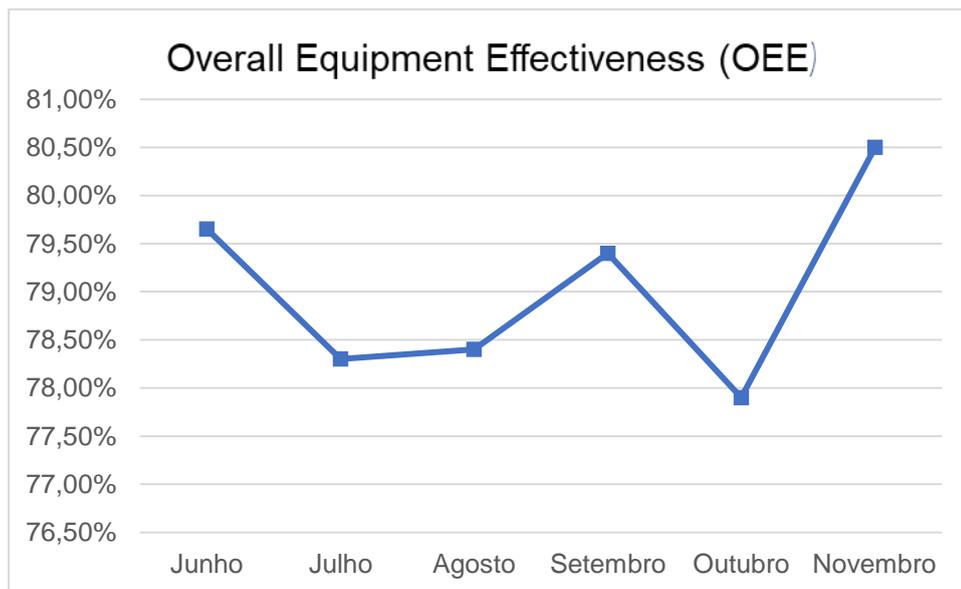
Figura 16- Gráfico do índice de Disponibilidade do ano de 2022



Fonte: O autor (2023)

Por fim, fora calculado o valor do OEE para cada mês de análise. Observa-se na Figura 17 um aumento no seu valor depois de melhorado os índices de disponibilidade e de desempenho. No mês de novembro de 2022, pela primeira vez em um ano de análise, o indicador alcançou um valor superior a 80%. O valor de referência mundial é de 85%, evidenciando que o setor caminha para o alcance desse ideal.

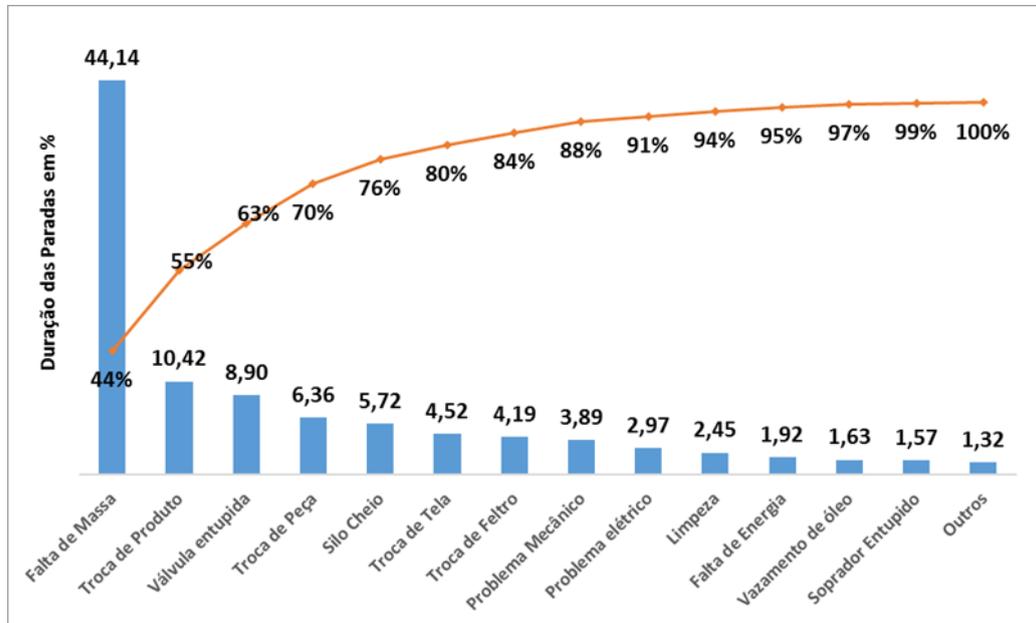
Figura 17- Gráfico do indicador OEE do ano de 2022



Fonte: O autor (2023)

Para o mesmo período fora construído outro diagrama de Pareto com o intuito de elucidar as principais causas de paradas dos equipamentos no setor, conforme mostrado na Figura 18 abaixo. Nota-se que o problema com os silos cheios não é mais a principal causa de parada dos equipamentos. Se outrora ele contribuía com 49,11% do total de toda a indisponibilidade do setor, após a implantação da melhoria ele passou a ser responsável por 5,72%.

Figura 18- Diagrama de Pareto referente as Paradas do ano de 2022



Fonte: O autor (2023)

Ressalta-se que o problema, embora se encontre em uma proporção bem menor, ainda é existente. Tal fato é justificado pela demanda final dos produtos. Os clientes têm maior preferência por consumir o pó do que a torta de cacau. Assim, a corporação opta em não produzir além do demandando e do seu estoque de segurança.

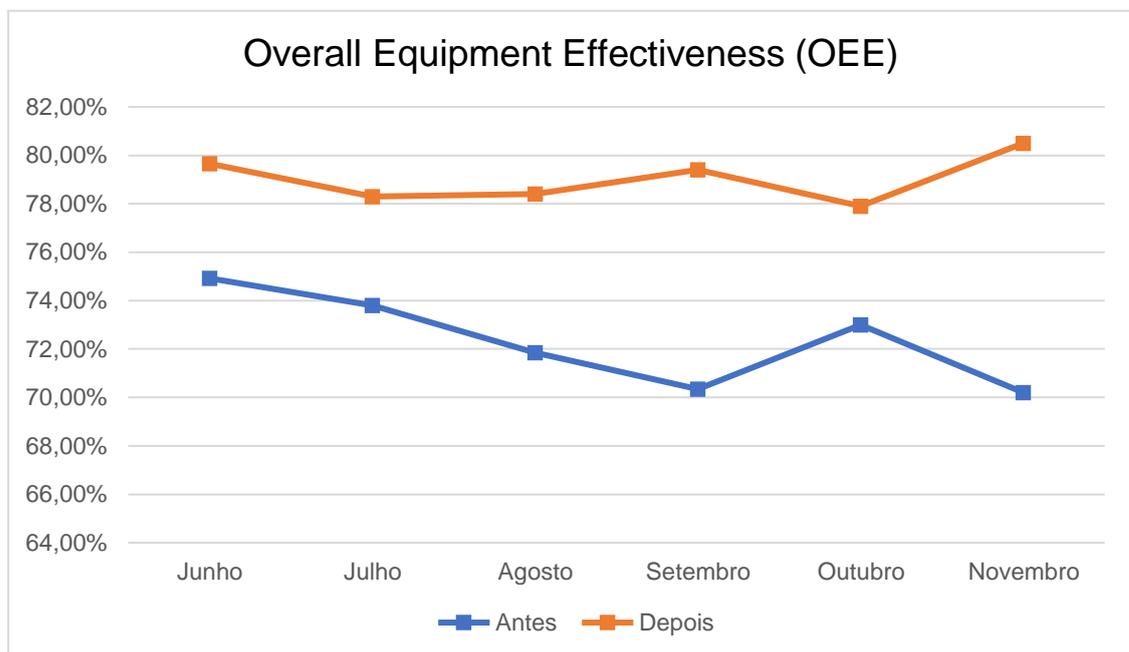
Analisando o gráfico, como já era de se esperar, o principal motivo agora de parada é a falta de massa. Porém acredita-se que esse problema seja sanado com a implantação da Proposta 3 que foi sugerida.

4.4 Comparação entre os períodos analisados

Essa subseção tem como objetivo evidenciar os ganhos que foram obtidos com a implantação da melhoria sugerida. Na Figura 19, tem-se a compilação dos resultados do indicador OEE antes da implantação da melhoria, referente ao período de análise de junho a novembro de 2021 e o período após a implantação, que se refere ao mesmo intervalo de tempo do ano de 2022.

Constata-se que em todos os meses houve um ganho de eficiência global quando se comparado com o mesmo período do ano passado, sendo o mês de novembro o que apresentou maior expressividade, chegando a ter uma melhora de 10 pontos percentuais nesse indicador. A média de ganho para todo o período é de 8,10%. Dos três índices que compõem o OEE, o que mais teve participação positiva nesse resultado foi o índice da disponibilidade, seguido por desempenho e qualidade, conforme serão mostrados a seguir.

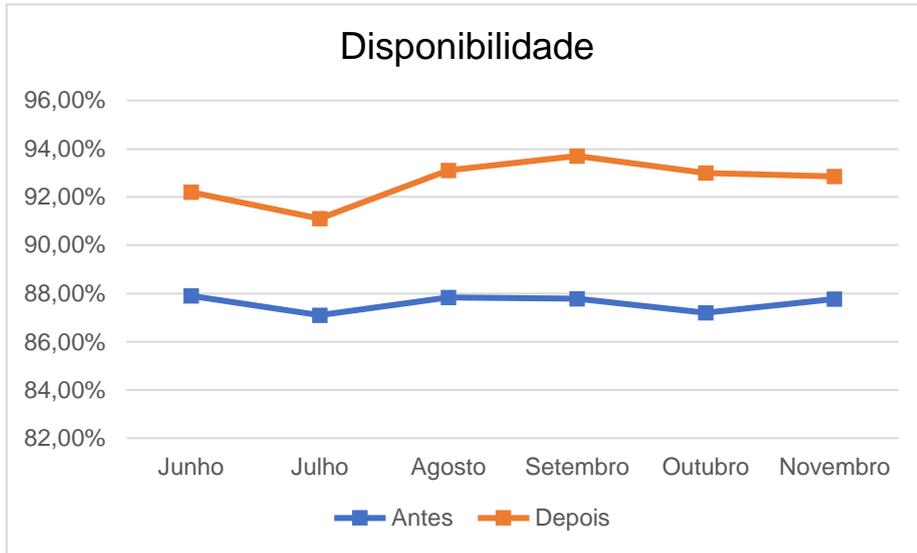
Figura 19- Comparação entre os OEE's dos dois períodos analisados



Fonte: O autor (2023)

O índice de disponibilidade, como pode ser ratificado na Figura 20, teve um ganho de mais de 6 pontos percentuais, quando se comparado ao período passado. Ressalta-se que a média ficou em torno 5,48%, valores esses satisfatórios diante da melhoria implantada.

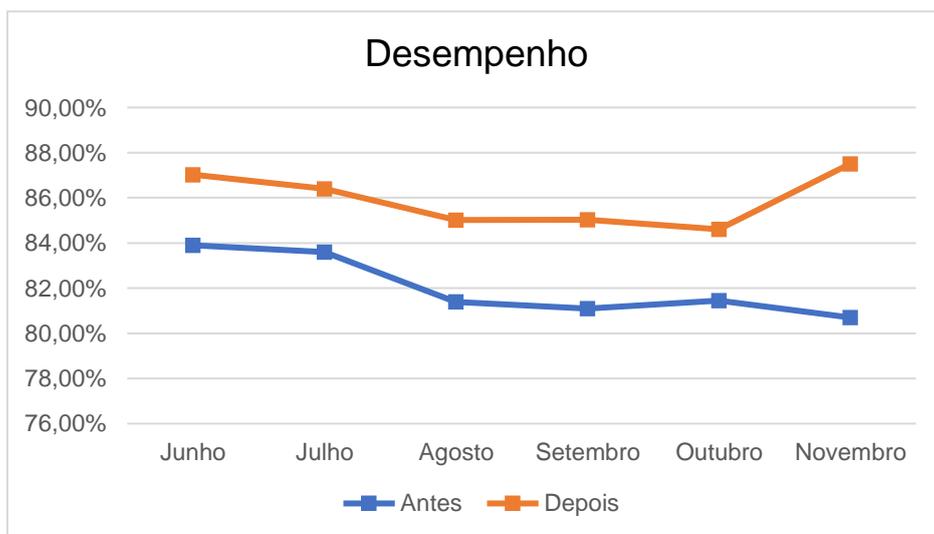
Figura 20- Comparação entre os índices de Disponibilidade dos dois períodos analisados



Fonte: O autor (2023)

No quesito desempenho, de acordo com a Figura 21, o maior ganho após a implantação das ensacadeiras de torta foi de 5,70%, com média em 3,67%. Isso ocorreu sobretudo devido à redução dos tempos de ciclos, levando a ter ganhos na produtividade.

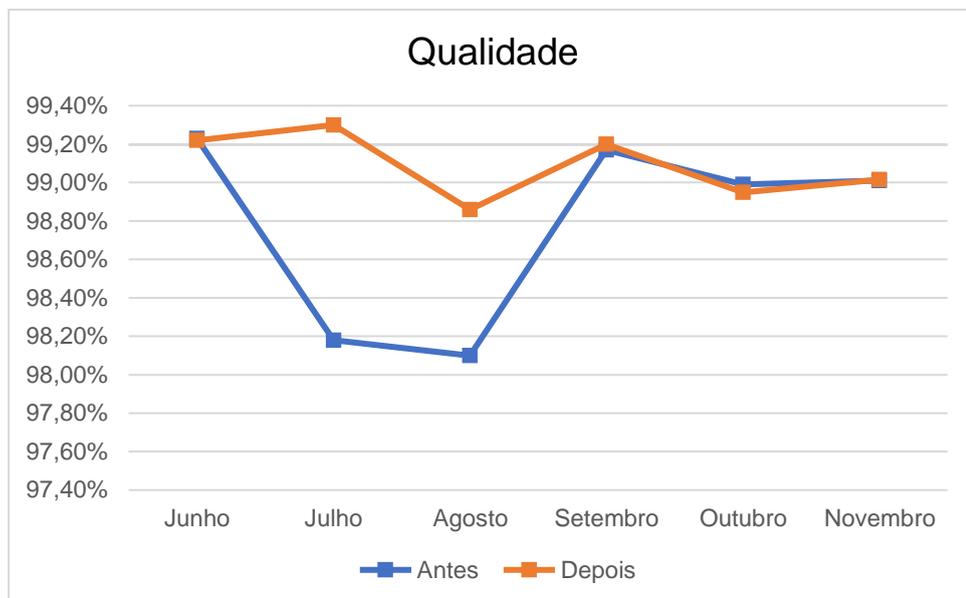
Figura 21- Comparação entre os índices de Desempenho dos dois períodos analisados



Fonte: O autor (2023)

Por fim, quanto ao índice qualidade pode-se observar um comportamento positivo, conforme ratificado na Figura 22. Acredita que tal feito seja em virtude de três fatores. O primeiro é que com o aumento da disponibilidade dos equipamentos houve a menor interferência na linha de produção e assim, menores chances de uma possível contaminação cruzada. Outro fato observado é o aumento no número de treinamentos durante o período analisado, envolvendo todos os funcionários da empresa e os terceirizados. Esses treinamentos tinham como foco as Boas Práticas de Fabricação e outros programas de qualidade. Foram 3 treinamentos realizados, contra apenas 1 no período anterior.

Figura 22- Comparação entre os índices de Desempenho dos dois períodos analisados



Fonte: O autor (2023)

O último fator de influência foi a redução nos intervalos de tempo para se fazer análises físico-químicas. Estas determinam a quantidade de gordura presente na torta de cacau, sendo desejada uma faixa entre 10 e 12%. Quando esse valor é o superior ou inferior a isso, deve-se aumentar ou diminuir o tempo de prensagem da máquina e a torta deve ser segregada para reprocesso. Com o aumento no número de análises, pode-se atuar no processo produtivo antes de se produzir uma quantidade elevada de produtos.

6 CONCLUSÃO

O presente estudo fez o uso do *Overall Equipment Effectiveness*, do Diagrama de Pareto e dos 5 Porquês como ferramentas gerenciais de ativos e de suporte para promoção da melhoria contínua nos processos. Ele teve como intuito avaliar a eficiência produtiva dos equipamentos do setor de prensagem de liquor em uma indústria processadora de amêndoas de cacau e, a partir de então, identificar possíveis melhorias processuais que maximizassem seu desempenho. Para além disso, descreveu-se e analisou-se os índices que compõem o cálculo do OEE e por meio do Diagrama de Pareto foi possível elencar os principais motivos que levavam a parada dos equipamentos do setor e encontrar alguns gargalos no processo produtivo.

A partir da aplicação das ferramentas supracitadas, identificou-se que as principais causas por indisponibilidade dos equipamentos advinham da falta de balanceamento na linha de produção, que correspondiam por 78% do total de tempo de paradas dos maquinários. Este desbalanceamento, por um lado acarretava em saturação na etapa seguinte a prensagem (silos cheios), levando os equipamentos do setor a ficarem inoperantes e, por outro lado, também havia o descompasso entre etapas que antecederiam o processo de prensagem, como o caso da falta de massa para as prensas hidráulicas.

Identificados esses problemas e levando em consideração as demandas futuras da empresa, foi apresentada algumas propostas de melhorias à linha produtiva. Todavia, no que tange ao quesito balanceamento de processos, apenas um plano de ação foi executado devido a restrições orçamentárias e tempo para retorno de resultados para a pesquisa. Embora seu caráter paliativo, a melhoria implantada conseguiu alcançar resultados promissores, como o aumento médio do índice de disponibilidade em 5,48% e fazendo com que esse fator alcançasse pela primeira vez, no período analisado, o valor de referência mundial.

Ademais, também houve o aumento médio de 3,67% no índice de desempenho e de 0,36% o aumento do índice de qualidade. Acredita-se que esse último tenha sido fruto do aumento de treinamentos sobre programas de qualidade com todos os funcionários da empresa e pelo aumento do número de análises de gordura na torta de cacau, tendo em vista que era uma das principais causas de reprocesso. Com isso conseguiu reajustar os parâmetros de prensagem antes de finalizar a produção.

Por fim, nota-se que o *Overall Equipment Effectiveness* em consonância com Diagrama de Pareto e os 5 porquês, são ferramentas gerenciais capazes de nortear a busca por melhorias de forma contínua, seja essa aplicada à equipamentos ou ao processo produtivo como um todo, independendo da implantação da metodologia TPM nas organizações.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS- **A situação da manutenção no Brasil**. Rio de Janeiro, RJ, 2016. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/sidebar/documento-nacional>>. Acesso em 11 nov. de 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade em manutenção**, Rio de Janeiro, 1994.
- ARAÚJO, I. M.; SANTOS, C. K. S. **Manutenção elétrica industrial**. Disponível em: <<http://www.dee.ufrn.br/~joao/apostila/cap03.htm>>. Acesso em: 22 out. 2022.
- BUSSO, C. M. **Aplicação do indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE) e suas derivações como indicadores de desempenho global da utilização da capacidade de produção**. 2012. 133f. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Universidade de São Paulo, 2012.
- CHIARADIA, A. J. P. **Utilização do Indicador de eficiência global de equipamentos na gestão e melhoria contínua dos equipamentos: um estudo de caso na indústria automobilística**. Dissertação (Mestrado Profissional) – Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: Manufatura e serviços, uma abordagem estratégica**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Ceará: Universidade Estadual do Ceará, 2002.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (organizadoras). **Métodos de Pesquisa**. 1ª Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2022.
- GRUPPI, G.F. **Estrutura de Manutenção na indústria automobilística: Uma análise comparativa dos modelos especialista e generalista**. 2006. 137p. Dissertação (Mestrado Profissional). Universidade Federal Fluminense, Centro Tecnológico. Niterói, 2006.
- HANSEN, R. C. **Eficiência global dos equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros**. Tradução Altair Flamarion Klippel. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- JONSSON, P. & LESSHAMMAR, M. Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – The role of OEE. **International Journal of operation & Production management**; Vol. 19 Nº 1, 1999.

LAKATOS, E. MARIA; MARCONI, M. DE ANDRADE. **Fundamentos de metodologia científica: Técnicas de pesquisa. 7 ed. – São Paulo: Atlas, 2010.**

MERCADO DO CACAU. **Olam abre centro de inovação de cacau na Bahia.**
Disponível em: <<http://mercadodocacau.com/artigo/olam-abre-centro-de-inovacao-de-cacau-na-bahia>>. Acesso em: 25 de novembro de 2022.
metodologia científica: Técnicas de pesquisa. 7 ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

NAKAJIMA, S. **TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance**, Productivity Press. Portland: OR, 1993.

PALADINI, E.P. **Gestão da qualidade: teoria e prática.** 3 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. N. **Manutenção: função estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark. Ed. 2012.

POSSARLE, E.P. **Ferramentas da qualidade.** 1 ed. Editora Senai-SP, 2017.

PRASETYO, Y. T.; VEROYA, F. C. An Application of Overall Equipment Effectiveness (OEE) for Minimizing the Bottleneck Process in Semiconductor Industry. **IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)**, Bangkok, Thailand, 2020.

ROESCH, S. M. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração: guia para estágios, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e estudos de caso.** 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2005.

SANTOS, A. C. O.; SANTOS, M. J. Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura – um estudo de caso. In: ENEGEP, 27, 2007, Foz do Iguaçu. **Anais.....** [Foz do Iguaçu]: ABREPO, [2007]. p. 1-10. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR570426_0265.pdf> Acesso em: 30 ago. 2016.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 8 ed. São Paulo: Atlas, 2023.

SLACK, Nigel. **Administração da Produção.** Edição compacta. São Paulo: Atlas, 2006.

TSAROUHAS, P.H. Overall equipment effectiveness (OEE) evaluation for an automated ice cream production line: A case study, **International Journal of Productivity and Desempenho Management**, Vol. 69 N° 5, 2020.

VIANA, H. R. **PCM - planejamento e controle da manutenção.** 2ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark, fevereiro de 2022.

XENOS, H. G. P. **Gerenciando a manutenção produtiva: o caminho para eliminar**

falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Nova Lima: Editora Falconi, 2014.