



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ISABELA ALVES DE OLIVEIRA

**METODOLOGIA KAIZEN NA MELHORIA DE PROCESSO: ESTUDO DE
CASO EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE CERVEJA**

FORTALEZA

2018

ISABELA ALVES DE OLIVEIRA

METODOLOGIA KAIZEN NA MELHORIA DE PROCESSO: ESTUDO DE
CASO EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE CERVEJA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica

Orientador: Prof. Dr. Luiz Soares Jr

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- O47m Oliveira, Isabela Alves de.
Metodologia kaizen na melhoria de processo: Estudo de caso em uma linha de produção de cerveja / Isabela Alves de Oliveira. – 2018.
54 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Mecânica, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Luiz Soares Jr.
1. Kaizen. 2. Linha de Envasamento. 3. Melhoria de Eficiência. I. Título.

CDD 620.1

ISABELA ALVES DE OLIVEIRA

METODOLOGIA KAIZEN NA MELHORIA DE PROCESSO: ESTUDO DE
CASO EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE CERVEJA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica

Aprovada em ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luiz Soares Jr (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Elicivaldo Lima
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Roberto de Araújo Bezerra
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luiz Soares Jr, pela paciência e orientação.

Aos meus pais, Mário e Raimunda, e ao meu irmão, Thiago, pelo apoio incondicional.

Aos meus amigos dos grupos El Pug e Barcelona, pelas conversas construtivas, risadas e apoio em momentos difíceis.

Aos meus amigos e colegas de curso do Ciganos, pelas discussões e estudos coletivos que foram fundamentais para a minha aprovação em diversas disciplinas. Pela companhia, saídas, conversas e risadas que tornaram esses anos menos difíceis.

“Dê-me uma alavanca e um ponto de apoio, e eu moverei o mundo.”

Arquimedes

RESUMO

Com uma produção anual aproximada de 14 bilhões de litros, o Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja no mundo. O estado do Ceará abriga três das grandes fábricas de cerveja no Brasil. Dentre os setores que constituem uma indústria cervejeira, a linha de envasamento requer um elevado nível de automatização e confiabilidade, mas por vezes surgem problemas que afetam a performance dessas linhas. Na região metropolitana da capital cearense, uma cervejaria possui uma linha de envasamento de garrafas de vidro retornáveis cujo indicador de performance operacional estava em torno de 40%, enquanto há linhas similares em outras fábricas que operam com quase 70%. Esse indicador é calculado dividindo o tempo em que a linha produziu pelo tempo em que havia pessoas trabalhando nela, produzindo ou não. Após análise da situação, optou-se por focar em melhorar a performance do trecho mais crítico da linha. Esse trecho transporta garrafas vazias da saída da lavadora até a entrada da enchedora. Nele o principal problema era o tombamento dessas garrafas, que causavam travamentos no transportador e, conseqüentemente, paradas frequentes na produção, além de sobrecarregar os operadores. Utilizando uma abordagem de solução de problemas desenvolvida na própria empresa, cuja forma de trabalhar tem bases fortes no método de melhoria contínua japonês conhecido como TPM, optou-se por buscar minimizar esse problema através de uma metodologia chamada de *kaizen*. Essa metodologia é comumente utilizada na indústria como uma forma de melhorar a performance dos mais variados processos. Após uma sequência de passos pré-definidos, que incluíam, entre outros, restaurar as condições de base do trecho estudado e eliminar a causa raiz do problema através de uma análise detalhada, obteve-se uma melhoria de 6,9% no indicador de performance operacional da linha e redução de 78% no tempo de parada devido a tombamentos de garrafas nesse trecho. Com a redução de paradas, que faziam com que o operador tivesse que intervir para retomar a produção, também se alcançou uma redução na sobrecarga operacional naquela estação de trabalho.

Palavras-chave: Kaizen. Linha de envasamento. Melhoria de eficiência.

ABSTRACT

With an annual production of more than 14 billion of liters, Brazil is the third biggest beer producer in the world. The state of Ceará is the home of 3 of over 800 breweries located in the country. One of those breweries owns a packaging line which operational efficiency was below the expected. A small group of people was designated to improve the efficiency in the most critical part of the production line. This stretch transports empty bottles from the exit of the bottle washer until the entrance of the bottle filler. The main problem in this stretch were fallen bottles, which caused crashes and, consequently, frequent interruptions in the production that also caused work overload in the operators. Using a problem solving approach developed in the company, which is based in the continuous improvement methods of the Japanese TPM, it was chosen to minimize this problem through a methodology called *kaizen*. This methodology is commonly used in industry to improve results and productivity. After a sequence of pre-defined steps, which included restore of basic conditions and the elimination of the root cause of the problem through a detailed analysis, an improvement of 1,9% in the efficiency and a reduction of 78% of the downtime of the line due to fallen bottles in this stretch were obtained. As a consequence of the downtime reduction, that needed operator's intervention to reestablish the production, a reduction of the work overload was also achieved.

Keywords: Kaizen. Packaging line. Efficiency improvement.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM	Autonomous Maintenance
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CervBrasil	Associação Brasileira da Indústria da Cerveja
CNI	Confederação Nacional da Indústria
DCS	Daily Control System
DF	Drucklos Forcierung
ETENE	Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
JIPM	Japan Institute of Plant Maintenance
LT	Leadership Team
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MTBA	Mean Time Between Assists
OPI	Operational Performance Indicator
PM	Planned Maintenance
POD	People and Organisational Development
PQ	Progressive Quality
RCFA	Root Cause Failure Analysis
SA	Safety
SAP	Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung
TPM	Total Productive Maintenance
TPM	Total Productive Management
TQM	Total Quality Management
UPS	Unified Problem Solving
5G	Gemba, Gembutsu, Gemjitsu, Genri, Gensoku
5S	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke
6M	Mão-de-obra, Método, Máquina, Meio ambiente, Medição, Matéria prima

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 A produção de cerveja	13
1.2 Problemática.....	15
2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 TPM – Total Productive Management.....	17
2.2 Aplicações da metodologia kaizen	19
2.3 Abordagem de solução de problemas unificada – UPS.....	22
3 METODOLOGIA	26
3.1 Metodologia aplicada	26
3.2 Contexto.....	27
3.2.1. Descrição do trecho	29
3.2.2. Classificação das perdas.....	33
3.3 Identificação do problema	35
3.4 Escolha do tipo de processo.....	37
4 IMPLEMENTAÇÃO.....	38
4.1 Descrição do problema.....	38
4.2 Entendimento e Restauração das condições de base	38
4.3 Análise de Falha	40
4.4 Contramedidas e Acompanhamento	42
4.5 Padronização.....	44

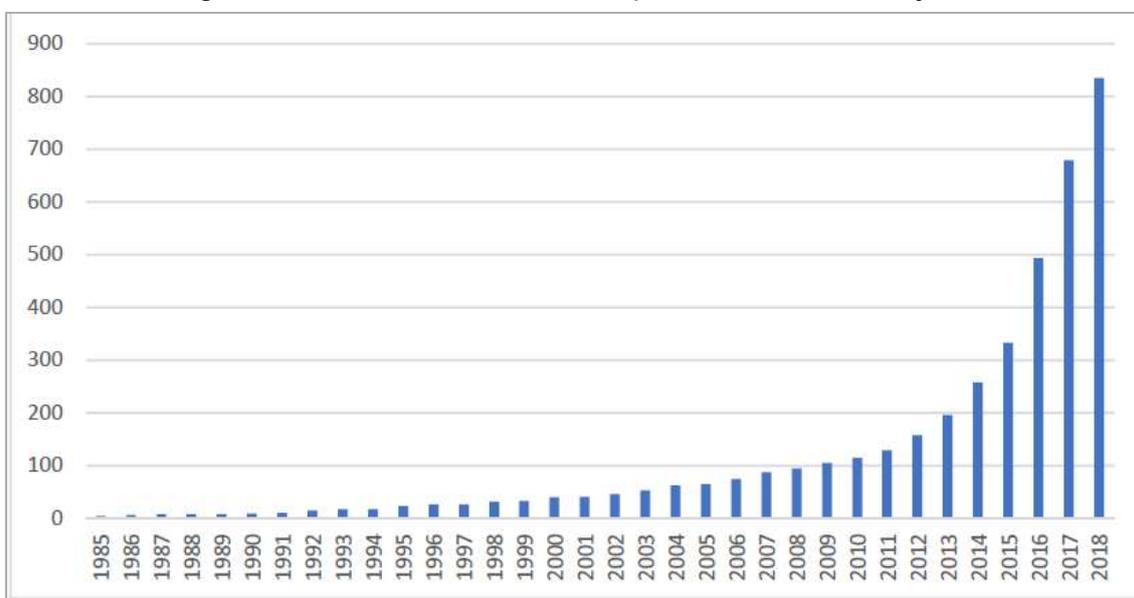
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1 Eficiência e Tempo de parada	46
5.2 MTBA	48
6 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS.....	51
ANEXO A – LAYOUT DO TRECHO EM FOCO	54

1 INTRODUÇÃO

Com o surgimento da indústria no século XVIII, a humanidade deixou para trás o período dos artesãos e iniciou a era da produção em larga escala. Cerca de 200 anos se passaram e as grandes fábricas e indústrias encontram-se por todo o planeta, com empresas concorrentes possuindo, por vezes, os mesmos equipamentos e processos, fazendo com que o foco dos empresários esteja em aumentar a produtividade e diminuir os custos de produção, sem abrir mão da qualidade do produto final, para assim, baratear os seus produtos e conquistar um público consumidor cada vez maior.

No cenário industrial brasileiro, o setor cervejeiro se destaca pelo crescimento exponencial nos últimos anos, como apresentado na Figura 1. Com uma produção anual de aproximadamente 14 bilhões de litros de cerveja (IBGE, 2018), mais de 830 unidades produtoras registradas e quase 17 mil produtos (MAPA, 2018), o país ocupa a terceira colocação no ranking de maiores produtores de cerveja do mundo, atrás apenas de China e Estados Unidos.

Figura 1 – Número de unidades produtoras de cerveja no Brasil



Fonte: MAPA (2018)

No contexto regional, o Nordeste é responsável por cerca de 23% da produção anual de cervejas no país (ETENE, 2016). O estado do Ceará possui 3 das 17 fábricas localizadas na região, segundo a Associação Brasileira da

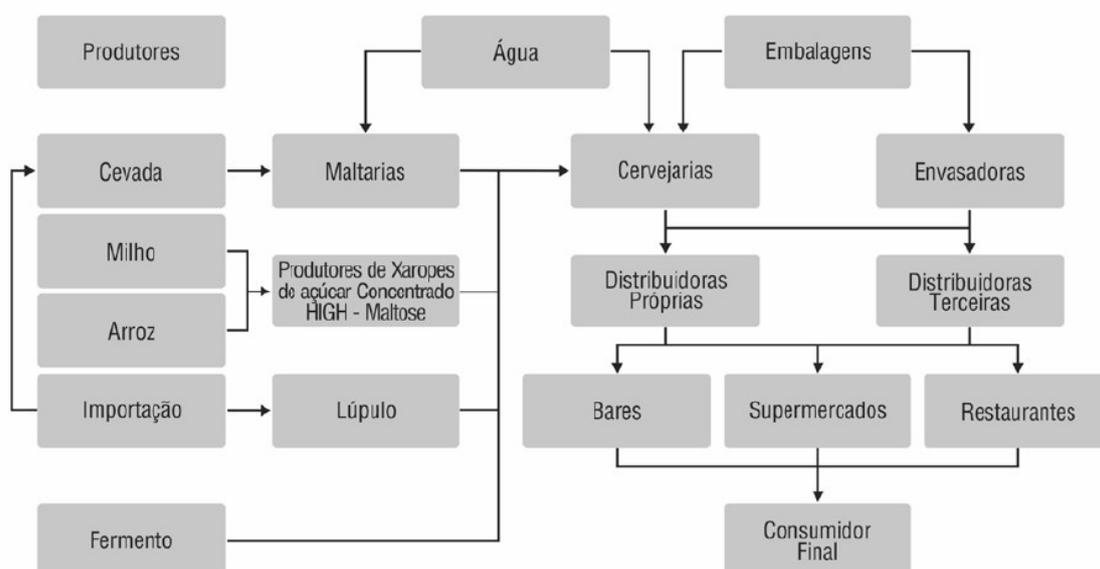
Indústria da Cerveja (CervBrasil), sendo esse segmento responsável por 3,5% do PIB Industrial do estado em 2015 (CNI, 2018).

Em função da sua importância no setor industrial nacional e regional, apresenta-se a seguir uma breve descrição da cadeia produtiva da cerveja.

1.1 A produção de cerveja

Para melhor entendimento da grandiosidade e complexidade do processo produtivo cervejeiro, um fluxograma da produção é apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Cadeia produtiva da cerveja



Fonte: ETENE (2018)

Essa cadeia tem como elemento central a fabricação, precedida pelo fornecimento de insumos e seguida pela distribuição do produto acabado. De acordo com o Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste:

“Referido segmento movimenta um conjunto de atividades desde a pesquisa, o cultivo agrícola, o processamento e a comercialização de insumos e matérias-primas até a entrega do produto ao consumidor nos estabelecimentos comerciais.” ETENE (2016)

Como elo central do processo, as cervejarias são responsáveis por produzir, envasar e, por vezes, transportar os produtos finais, mas a operação de uma planta produtora é composta também por outros setores:

- *Utilidades e Tratamento de efluentes* – área responsável pelo fornecimento de água, energia elétrica, vapor, CO_2 , ar comprimido e amônia (para resfriamento) às demais áreas da planta. Além de tratar os resíduos industriais e enviá-los para a natureza.
- *Fabricação, Fermentação e Filtração* – área conhecida como processo que abrange desde o recebimento da matéria-prima (malte, lúpulo...), até a filtração da cerveja, passando pelo cozimento, fermentação e maturação do produto.
- *Envasamento* – área em que ocorre o enchimento dos vasilhames com cerveja, o empacotamento/encaixotamento e a paletização dos pacotes ou caixas para serem transportados.
- *Controle de Qualidade* – área de laboratório onde são realizadas análises da cerveja produzida, bem como de todos os materiais utilizados na produção e no produto acabado: água, malte, filme para os pacotes, latas, tampas, rótulos, etc.
- *Manutenção* – setor responsável pelas manutenções preventivas, corretivas e preditivas dos equipamentos presentes na planta, além das áreas externas aos setores produtivos (condicionadores de ar, iluminação, pintura, etc.)
- *Centro de Distribuição e Expedição* – setor responsável pelo recebimento e descarregamento de todos os materiais utilizados na planta, assim como pelo carregamento e expedição do produto acabado.

Sendo uma operação industrial complexa e que envolve a integração de diferentes áreas de *expertise*, é de se imaginar que problemas ocorram. Qual seria então a melhor solução para os eventuais inconvenientes em uma unidade produtiva?

Ao pesquisar “*kaizen AND industry improvement*” no Portal de Periódicos CAPES, mais de 4000 artigos aparecem listados, comprovando que essa é uma

temática que desperta muitos estudos teóricos e aplicados de melhoria na indústria em geral, não apenas na cervejeira.

1.2 Problemática

Na cervejaria objeto desse estudo, localizada na região metropolitana da capital cearense operam duas linhas de envasamento, uma de garrafas de vidro retornáveis e outra de latas. Ao longo do ano de 2017 e começo de 2018 a linha de retornáveis apresentava o indicador de performance operacional (OPI), abaixo da esperada, aproximadamente 40%, enquanto linhas similares em outras plantas do mesmo grupo apresentavam indicador superior a 70%.

Em uma análise de dois meses dos dados da linha, constatou-se um tempo de parada de 41 horas, sendo 25,7 horas em um trecho específico: saída da lavadora de garrafas até entrada da enchedora.

Cada hora de parada desta linha de produção provoca em média uma perda de R\$592,95, levando em consideração o consumo de vapor, água, energia elétrica e a mão-de-obra.

Se o indicador de performance operacional das linhas de envasamento não atingir um nível adequado, acima de 50%, além da possível falta de produto no mercado, os demais setores da cervejaria também são impactados. A área de fabricação acaba não conseguindo utilizar a cerveja produzida, que envelhece no tanque e pode chegar a ser descartada. Alguns indicadores da fábrica, como consumo de água e de energia elétrica, que são calculados com base na quantidade de cerveja produzida e envasada (quanto mais litros de cerveja, melhor o indicador), também são afetados.

Considerando os impactos financeiros e a sobrecarga que os problemas nessa estação de trabalho causam aos operadores, o que poderia ser feito para melhorar o indicador de performance e, conseqüentemente, reduzir a sobrecarga operacional dessa linha?

O presente trabalho tem por objetivo geral a análise e aplicação da metodologia *kaizen*, em complemento aos métodos da própria empresa para solução de problemas.

Como objetivos específicos se destacam:

- identificação do problema no setor de envasamento e as causas;
- proposição de ações de melhoria de eficiência no processo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Esta seção consiste em três partes. A primeira revisa a literatura sobre os conceitos do TPM. A segunda explora casos em que a metodologia Kaizen foi implementada. A terceira parte apresenta a abordagem de solução de problemas empregada neste trabalho.

2.1 TPM – Total Productive Management

A sigla TPM vem do inglês e pode ter mais de um significado. O adotado neste trabalho é *Total Productive Management* (Gestão da Produtividade Total).

O TPM surgiu no Japão na década de 1950, e foi evoluindo como sistema ao longo dos anos. Seu objetivo é eliminar totalmente as perdas, buscando uma “cultura do zero”: zero acidentes, zero defeitos, zero quebras, etc. Pode-se dizer que desses zeros o mais importante é a quebra zero, uma vez que acidentes geralmente ocorrem durante as providências tomadas para sanar quebras. Já os defeitos de qualidade ocorrem, na sua maioria, quando há alteração nas condições operacionais estabelecidas ou transtornos nos serviços (JIPM, 2000).

Esse conceito pode ser entendido como uma junção da forma de trabalhar da Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance*), com a Gestão da Qualidade Total (*Total Quality Management*).

A Manutenção Produtiva Total busca a melhoria das funções de manutenção em uma organização, envolvendo toda a mão de obra e reduzindo o investimento em manutenção, à medida que aumenta a produtividade (AL-HASSAN; CHAN; METCALFE, 2000).

A Gestão da Qualidade Total é definida como uma filosofia de gestão integrada que busca a melhoria contínua da qualidade dos produtos dentro de uma organização (SCHOTEN *et al.*, 2016).

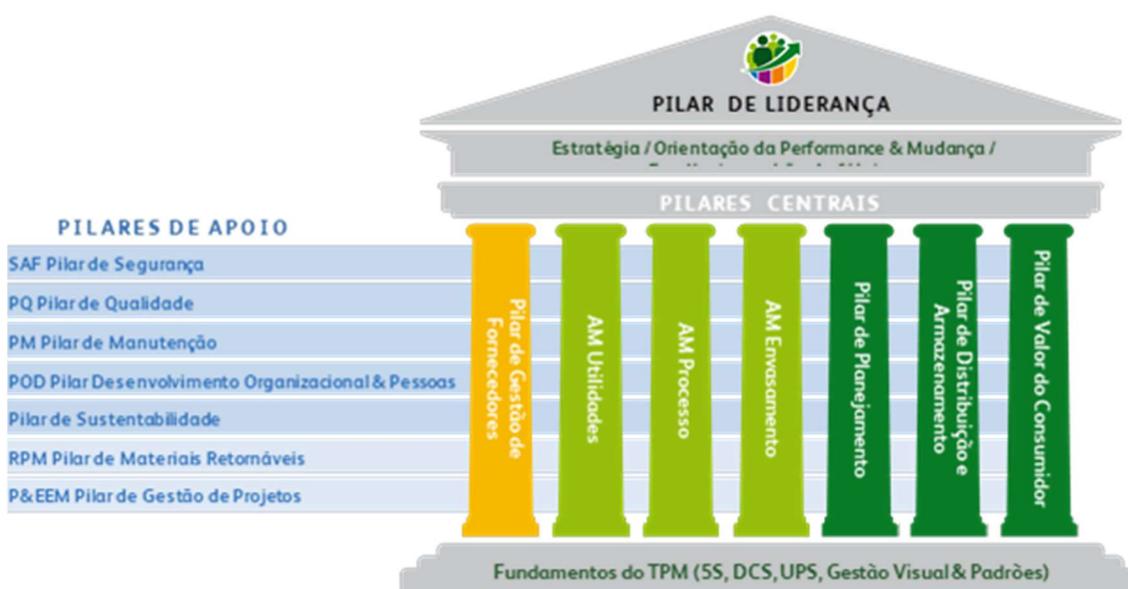
Sendo assim, o TPM visa aumentar a produtividade e assegurar a qualidade dos produtos. É utilizado como complemento aos demais sistemas de gestão da qualidade (VRELLAS; TSIOTRAS, 2014), e busca aumentar a

eficiência dos processos e dos equipamentos através da participação ativa de todos os funcionários.

A implementação e funcionamento do TPM se apoia tradicionalmente em 8 pilares, grupos multidisciplinares com funcionários de todos os níveis da empresa, que se reúnem periodicamente para discutir análises de causa raiz de problemas e para identificar oportunidades de melhoria nos processos. Esses pilares são: Manutenção Autônoma, Manutenção Planejada, Melhoria Específica, Educação e Treinamento, Segurança, Higiene e Meio ambiente, Manutenção da Qualidade, Controle Inicial e TPM Office (JIPM, 2000).

A cervejaria estudada trabalhou por cerca de 5 anos com os pilares citados anteriormente, mas, a partir de 2018, começou a migrar para a nova estrutura apresentada na Figura 3.

Figura 3: Pilares implementados na empresa estudada



Fonte: Adaptado de TPM Next (2018)

Essa mudança nos pilares ocorreu para dar mais foco às atividades do chão de fábrica e para garantir que o TPM seja utilizado como uma forma de se alcançar as metas e resultados, não como o resultado em si.

Tem-se agora na fábrica pilares centrais, de Manutenção Autônoma, nas áreas produtivas e o restante dos pilares funcionando como apoio para o desenvolvimento dos pilares de AM, Manutenção Autônoma.

Na cervejaria em questão, trabalha-se atualmente com 7 pilares:

- AM Envasamento e AM Processo – Manutenção autônoma nas áreas produtivas;
- POD – Desenvolvimento organizacional e de pessoas;
- PM – Manutenção planejada;
- SA – Segurança e meio ambiente;
- PQ – Qualidade progressiva;
- LT – Time de liderança.

Na base dos pilares encontram-se os fundamentos do TPM, como: 5S (do japonês - Utilização, Organização, Limpeza, Higiene, Disciplina), metodologia que busca desenvolver a disciplina e a organização do ambiente de trabalho; DCS (*Daily Control System*), reunião diária realizada por cada setor para definir contramedidas para os problemas que ocorreram no dia anterior e UPS (*Unified Problem Solving*), abordagem de resolução de problemas unificada, a ser apresentada em detalhes na seção 2.3.

2.2 Aplicações da metodologia kaizen

A palavra *kaizen* vem do japonês e significa “melhoria contínua”. O termo vem da junção da palavra “Kai” que significa “Mudar” e “Zen” que significa “Melhor”. Assim, esta filosofia visa a prática da melhoria contínua diariamente, através do envolvimento de todos os colaboradores em todas as áreas da organização (Dinis, 2016).

Segundo Dinis (2016), o objetivo do kaizen é encontrar as causas dos problemas e resolvê-las, questionando tudo e não se atendo a paradigmas.

Em seu trabalho, Kapuria, Rahman e Haldar (2017), definem o *kaizen* como uma análise científica básica em que os elementos do sistema são analisados para entender seu funcionamento. Eles também afirmam que o *kaizen* beneficia a empresa ao eliminar custos ocultos. Além disso, ele possibilita que mudanças maiores sejam feitas em áreas particulares com uma perda mínima do tempo de produção.

As atividades buscam alcançar a eficiência máxima do sistema produtivo identificando quais são as maiores perdas, analisando todos os fatores associados e fenômenos envolvidos e estabelecendo ações para a eliminação dessas perdas.

Stefanic, Tosanovic e Martinceic (2009) aplicaram a metodologia *kaizen* em uma cervejaria croata a fim de reduzir o tempo de troca de produto na enchedora. Demorava-se cerca de duas horas para modificar os componentes da máquina e prepará-la para receber um tipo diferente de produto, o que era o ponto fraco da linha de produção.

A primeira ação tomada foi enumerar e cronometrar os passos para a troca de produto, em seguida foram listados possíveis problemas e suas soluções, algumas dessas soluções foram aplicadas e tornou-se a cronometrar a atividade. Alguns passos foram excluídos e o tempo reduzido pela metade, mais uma vez foram levantados pontos de melhoria e, ao final do trabalho, o tempo de execução foi reduzido de 137 para 45 minutos.

Prashar (2014) também utilizou a abordagem *kaizen* para melhorar o desempenho de uma linha de montagem de sistemas de direção de carros de passeio e utilitários indianos. Em seu trabalho ela realizou a coleta de dados e descrição do estado atual da linha, em seguida definiu qual era o estado desejado, fez uma “análise de falha” para encontrar a causa raiz do mau desempenho e executou pequenas melhorias nos gargalos da produção.

Nesse processo obteve-se uma redução no espaço de estocagem e na distância percorrida pelos componentes de montagem, além de redução de 32% da taxa de defeitos.

Também foi através da implementação do *kaizen* que em Bangladesh, Kapuria, Rahman e Haldar (2017), melhoraram em 15% a eficiência de uma linha de produção de uma fábrica de vestuário. Também foi alcançada uma redução nos defeitos nas peças e melhoria do clima organizacional.

Trazendo para o cenário brasileiro, Radharamanan, Godoy e Watanabe utilizaram em 1996 a metodologia *kaizen* para alavancar a produtividade e qualidade de um fabricante de móveis projetados.

Em seu trabalho, eles comparam a aplicação da metodologia kaizen com a reengenharia e chegam à conclusão que o kaizen não necessita de grandes investimentos e que, mesmo assim, os resultados podem melhorar significativamente.

É oportuno citar também que em 2017, na cervejaria em que foi desenvolvido este trabalho, um Time *Kaizen* melhorou a eficiência e as condições de trabalho nas máquinas responsáveis pela rotulagem das garrafas da linha de retornáveis.

Da análise foi constatado que o principal problema era que as máquinas não operavam na função automática. Quando havia acúmulo de garrafas na saída ou falta de garrafas na entrada, o operador parava os equipamentos e aguardava a situação normalizar para acioná-los novamente. Isso ocorria porque quando estão na função automática, as rotuladoras continuam a funcionar por 30 segundos, mesmo vazias, e isso causava defeitos de rotulagem devido ao acúmulo de cola nos rótulos quando as garrafas voltavam a entrar nas máquinas.

Esse inconveniente causava grande estresse ao operador, uma vez que ele deveria estar sempre atento caso houvesse falta ou acúmulo de garrafas para desligar as máquinas. Isso atrapalhava suas atividades de rotina, como inspeções, limpeza e registro de dados de produção.

No decorrer do trabalho, em 2017, identificou-se algumas causas do problema, entre essas, a falta de padrão de posicionamento do regulador de cola dos rótulos e sensores danificados nos transportadores, que por vezes paravam os transportes de entrada das máquinas mesmo quando não havia acúmulo de garrafas.

Ao final da execução do trabalho, as máquinas voltaram a funcionar em automático, diminuindo de forma significativa a carga de atividades do operador e melhorando o resultado da linha, visto que a grande dependência de ação humana para o funcionamento dos equipamentos abria margem para erros operacionais.

2.3 Abordagem de solução de problemas unificada – UPS

A capacidade de resolver problemas é um dos elementos fundamentais do TPM e para se chegar a uma organização de classe mundial é necessário focar na aplicação efetiva e eficiente da solução de problemas.

A solução de problemas deve funcionar de tal forma que engaje todos os membros da organização a eliminar as perdas de forma autônoma. Embora seja fácil fazer essa afirmação, alcançar isso na prática pode ser bem desafiador.

O Handbook UPS (2015), faz uma analogia entre a aplicação da solução de problemas e a solução de um cubo mágico. No início pode ser difícil e lento, o que pode gerar desmotivação se o problema não for resolvido e fazer com que a pessoa trabalhando no caso perca o interesse e desista. Mas, assim como funciona com um cubo mágico, a saída é entender a técnicas para resolver o problema e praticar de forma incansável. Eventualmente, pelo aprendizado e prática, um alto nível de rigor e velocidade de solução de problemas se torna um estilo de trabalho

Nesse contexto, a UPS (do inglês, *Unified Problem Solving*), surge como uma estrutura criada para ajudar indivíduos, times e liderança a alcançar esse objetivo.

A UPS tem por meta desenvolver a solução de problemas como uma competência básica e é implementada para fornecer uma abordagem e linguagem únicas, dando ênfase aos princípios e à lógica da solução de problemas, unificando os métodos e ferramentas em um único processo lógico (Handbook, 2015).

Os 5 passos da UPS são apresentados na Figura 4.

Figura 4: Etapas da abordagem de solução de problemas unificada



Fonte: Adaptado de Handbook UPS (2015)

Algumas características de uma abordagem de resolução de problemas pobre são: não utilizar os fatos, não identificar o problema de forma clara, pular para conclusões, não entender como o equipamento funciona, não chegar à causa raiz do problema e não apresentar uma solução sustentável. Com a aplicação adequada da UPS, todos esses pontos podem ser evitados.

Em uma cadeia de fornecimento de produtos, as falhas se manifestam de duas formas: perdas esporádicas ou crônicas. Para eliminar as perdas, antes de tudo é necessário entender esses dois tipos (Handbook, 2015).

- Perdas esporádicas (uma causa): são indicadas por desvios grandes, repentinos e pouco frequentes, geralmente são resultado de uma única causa. Como essa causa costuma ser relativamente clara, são mais fáceis de identificar e combater usando ferramentas simples.
- Perdas crônicas (múltiplas causas): esse tipo de perda raramente tem uma única causa e tende a ser consequência de relações complexas de causa e efeito. Podem ser categorizadas em dois tipos: o problema é causado por uma falha, dentre um número de falhas, que varia de uma ocorrência a outra, ou o problema é criado por uma combinação de um número de falhas que também varia de uma ocorrência a outra.

A Figura 5 ilustra essas definições.

Figura 5: Dificuldade de identificar a causa dos problemas



Fonte: Adaptado de Handbook UPS (2015)

Há alguns princípios que são comuns a todas as abordagens de solução de problemas: os 5G's. Eles também vêm do Japão e são um conjunto de regras para assegurar que não se pule para conclusões inapropriadas sobre o problema. As ferramentas da UPS são simplesmente uma forma estruturada de se aplicar os 5G's. Resumidamente, esses princípios são:

Tabela 1: Os 5G's da solução de problemas

Gemba	Local – ir ao equipamento	O local de trabalho, onde tudo acontece.	Definição do problema
Gembutsu	Fatos – checar fatos e números	O que realmente aconteceu, o que se observa, sem nenhuma ideia pré-concebida.	
Genjitsu	Coisas – examinar os objetos	O equipamento, material, produto, método ou processo envolvidos.	
Genri	Princípios – entender a teoria da máquina/método/processo	Os princípios de como a máquina, método ou processo deve funcionar em condições ótimas	Entendimento do sistema
Gensoku	Padrões e parâmetros – buscar os padrões	As condições que devem existir para o atingimento da condição ótima	

Fonte: Adaptado de Handbook UPS (2015)

A UPS possui várias ferramentas para se tratar um problema, cada uma com seus próprios passos a serem seguidos, baseados nos 5 passos da UPS. O diagrama a seguir mostra as diferentes ferramentas que podem ser utilizadas em cada um dos passos. À medida que o problema se torna mais complexo, mais aprofundada se torna a análise e mais sofisticada será a ferramenta aplicada.

Time de melhoria	<ul style="list-style-type: none"> • Pareto/estratificação com múltiplas falhas • 5W&1H • Matriz QA 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise física do mecanismo • Princípio operacional • Matriz QX 	<ul style="list-style-type: none"> • 5 Porquês – W²BLA • DOE 	<ul style="list-style-type: none"> • Inovação • CEP 	<ul style="list-style-type: none"> • Design fail-safe/robusto • Boa prática 	Crônico	
Kaizen	<ul style="list-style-type: none"> • Pareto para selecionar uma falha • 5W&2H 	<ul style="list-style-type: none"> • Princípio de funcionamento • Check dos parâmetros 	<ul style="list-style-type: none"> • 5 Porquês – verificação das hipóteses 	<ul style="list-style-type: none"> • Remodelação 	<ul style="list-style-type: none"> • Padrões de Operação/Padrões de Manutenção 		
RCFA	<ul style="list-style-type: none"> • Detecção de problema no chão de fábrica (DCS) • Descrição da falha 	<ul style="list-style-type: none"> • Visita ao chão de fábrica • Observação, limpeza, inspeção... • Restauração 	<ul style="list-style-type: none"> • 5 Porquês – simples • Ishikawa/4M 	<ul style="list-style-type: none"> • Ações preventivas • Limite definido e acompanhado no DCS 	<ul style="list-style-type: none"> • Padrões de manutenção/CILT • Gestão visual – poka yoke • Treinamento 		Esporádico
Etiqueta	<ul style="list-style-type: none"> • Detecção de anomalia 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeção visual 	<ul style="list-style-type: none"> • Experiência e lógica 	<ul style="list-style-type: none"> • Restauração • Relatório no Sistema de etiquetas de anomalia 	<ul style="list-style-type: none"> • Alteração de padrão/instrução 		

Figura 6: Ferramentas da UPS

Fonte: Adaptado de Handbook UPS (2015)

3 METODOLOGIA

Esta seção inicia-se com a descrição da metodologia de pesquisa adotada neste trabalho. Explicita também o ambiente no qual o trabalho foi desenvolvido, explicando os princípios de funcionamento da linha de envasamento estudada, detalhando o trecho em foco e como se deu a identificação do problema a ser atacado.

3.1 Metodologia aplicada

Gil (2010) afirma que é natural classificar pesquisas, uma vez que elas tratam dos mais variados temas e buscam os mais variados objetivos. Outro ponto natural das pesquisas é que elas são diferentes umas das outras e por isso podem ser classificadas de diferentes maneiras.

Em seu trabalho, Gil (2010) classifica 13 delineamentos de pesquisa levando em consideração seu ambiente, a abordagem teórica e as técnicas de coleta e análise de dados.

Um desses delineamentos é o Estudo de Caso, que é aplicado no âmbito das ciências com diferentes propósitos: explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos, descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação, explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de experimentos, entre outros.

Um estudo de caso tem etapas mais flexíveis e por vezes o resultado de uma etapa implica em alterações na seguinte (Gil, 2010). São elas: formulação do problema, definição e seleção do(s) caso(s), coleta de dados, análise e interpretação dos dados e redação do relatório.

Devido ao fato deste trabalho consistir em um estudo aprofundado de um objeto específico e explorar uma situação da vida real buscando entender as causas de determinado fenômeno, o delineamento de pesquisa do estudo de caso apresenta a metodologia mais apropriada para a investigação. É também,

sob o ponto de vista dos objetivos, um estudo exploratório, uma vez que tem o propósito de dar maior familiaridade com o problema e com vista a construir soluções.

A coleta dos dados, tanto para a verificação de qual ponto apresenta maior impacto negativo na produção, bem como a quantificação desse impacto (ver seção 3.3), quanto para verificar a melhora na eficiência após a tomada das ações, é feita por um sistema chamado SAP ERP.

SAP é um *software* voltado para gestão empresarial e integra todos os departamentos de uma empresa, desde os dados de produção, até a venda e compra de itens. Foi desenvolvido por uma empresa alemã e a sigla significa "*Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung*". Em português, "Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados".

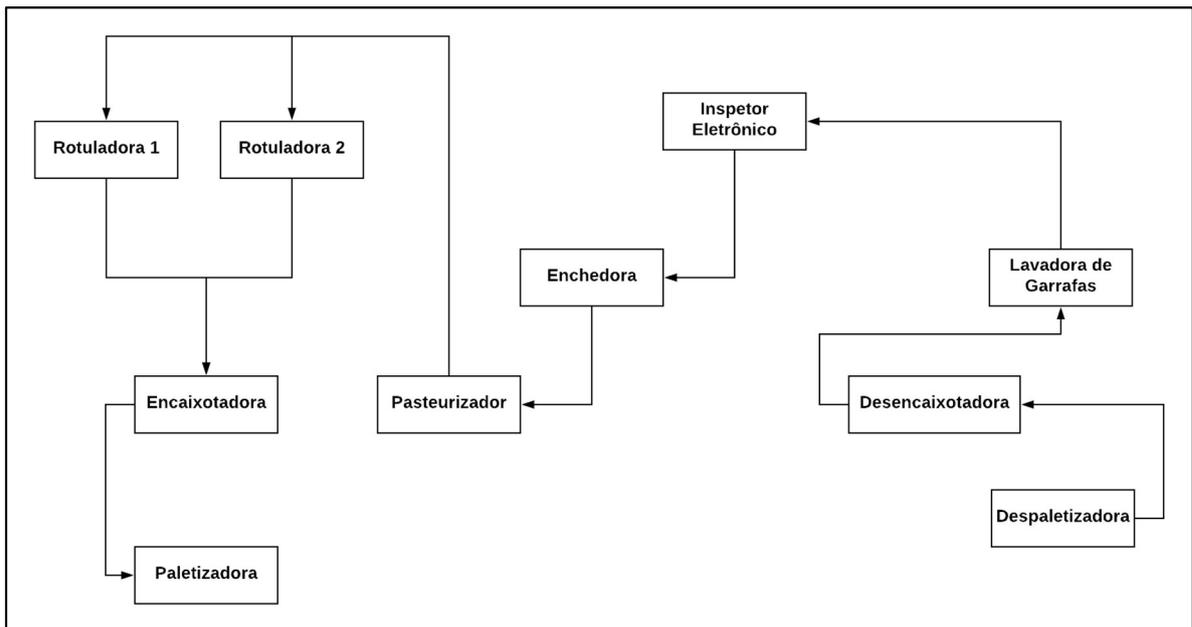
Os comandos desse sistema são chamados de transações e utilizados desde o acompanhamento da produção até o faturamento de produtos.

A transação utilizada para coleta dos dados das linhas de envasamento, setor onde, entre março e outubro deste ano, foi elaborado este estudo, é a *zheipack*. Os operadores das enchedoras alimentam o sistema com o tempo e a descrição da causa de cada parada dessas máquinas e a transação *zheipack* fornece as informações de desempenho da linha, como porcentagem de indisponibilidade por causas externas e eficiência. Com esses dados é possível identificar quais as causas que mais ocorrem e as que mais causam tempo de parada.

3.2 Contexto

O setor de envasamento é aquele que contém o sistema responsável por preparar o produto final para o transporte, estocagem, venda e consumo.

Figura 7: Fluxograma com os principais elementos da linha de envasamento em estudo



Fonte: Próprio autor

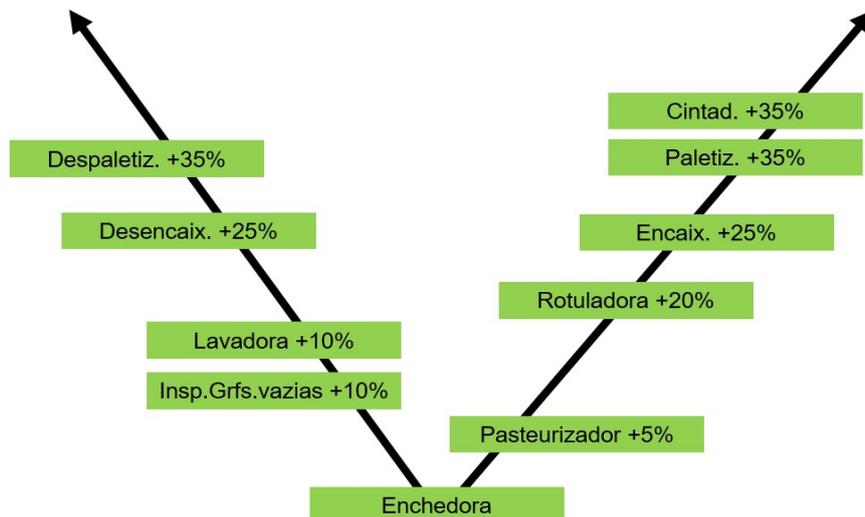
De acordo com a fabricante de equipamentos e sistemas de envasamento alemã, KHS GmbH, os critérios para o projeto do layout de uma linha de envasamento de garrafas de vidro são:

- Dimensionamento dos equipamentos (gráfico-V);
- Dimensionamento dos tempos de acúmulo dos transportadores;
- Otimização do fluxo de materiais (produtos e insumos);
- Acessibilidade de operação, limpeza e manutenção;
- Separação das áreas úmida e seca (vasilhames vazios e vasilhames cheios);
- Distribuição dos transportadores de forma compatível com a automação;
- Redução do nível de ruído;
- Máxima produtividade.

O gráfico-V é um diagrama que descreve a velocidade com a qual cada equipamento deve operar para garantir que a produção ocorra de forma contínua. Nele tem-se o conceito de máquina crítica, que é o equipamento segundo o qual é medida a produção da linha (Figura 8). Em linhas de

envasamento, a máquina crítica costuma ser a enchedora. O tempo em que a enchedora permanece funcionando é o tempo de produção da linha, qualquer parada dela significa perda de produção e, conseqüentemente, de eficiência.

Figura 8: Gráfico-V com representação da velocidade dos equipamentos tomando como base a velocidade da máquina crítica



Fonte: Próprio autor

No gráfico-V da Figura 8, verifica-se que os equipamentos localizados antes da máquina crítica no ciclo produtivo devem ter velocidades maiores que a desta máquina, bem como os chamados “pulmões”, transportadores destinados ao acúmulo de garrafas. Isso se dá para que, ao ocorrer a parada de algum equipamento anterior à enchedora, esta não pare imediatamente e, em vez disso, utilize o “pulmão” de garrafas para continuar a produzir, dando aos técnicos da operação alguns minutos para resolver o problema.

Os equipamentos e transportadores posteriores à máquina crítica também funcionam em velocidades mais elevadas e possuem “pulmões” por motivo similar. Nesse caso, os pulmões servem para acumular as garrafas cheias que saem da enchedora, evitando, assim, que ela pare caso algum equipamento posterior venha a parar. A velocidade mais alta dá maior vazão e elimina esse acúmulo rapidamente.

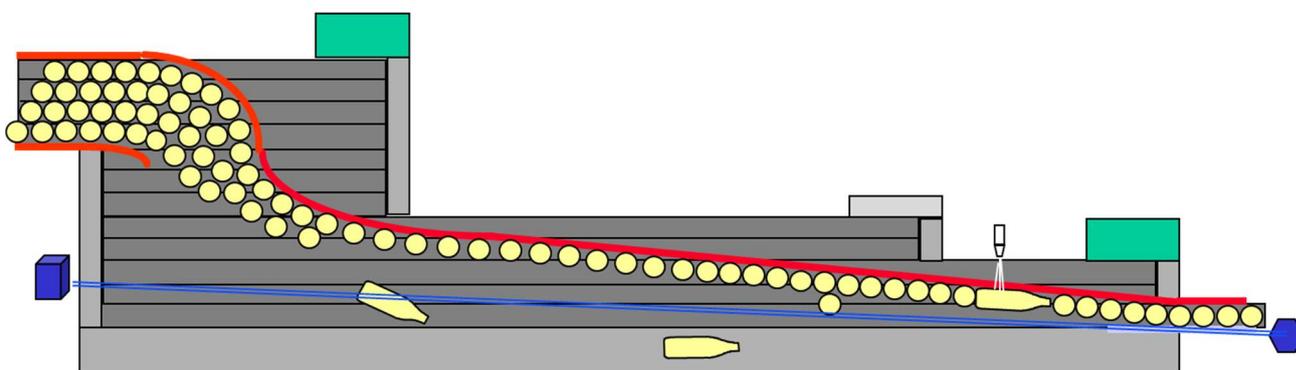
3.2.1. Descrição do trecho

O trecho estudado é composto em sua maioria por transportadores de esteiras metálicas, com guias laterais de plástico rígido. Nele tem-se duas mesas

de acúmulo (pulmões), duas mesas alinhadoras (DF), trechos de transporte unifilar e um inspetor eletrônico.

As mesas alinhadoras são as *Mesas de aceleração sem pressão*, chamadas de Mesas DF, cujo esquema é apresentado na figura 9. Como o próprio nome indica, têm a função de alinhar os vasilhames, para que estes sigam um trajeto unifilar, seja para a passagem pelo inspetor eletrônico, seja para a entrada das garrafas na enchedora. As mesas cumprem esse papel utilizando diferentes velocidades nas suas esteiras, que fazem com que os recipientes afunilem até que sigam em fila única.

Figura 9: Esquema de funcionamento de uma Mesa DF



Fonte: KHS (2003)

O inspetor eletrônico utilizado nessa linha é o Controlador de garrafas vazias HEUFT *InLine*. Este aparelho faz o controle à distância da existência de danos, impurezas e líquidos residuais em recipientes vazios, são feitas inspeções para detecção de erros no fundo, na embocadura e na parede lateral dos recipientes. O controlador comanda a expulsão automática de recipientes contendo impurezas ou com erro (HEUFT, 2010).

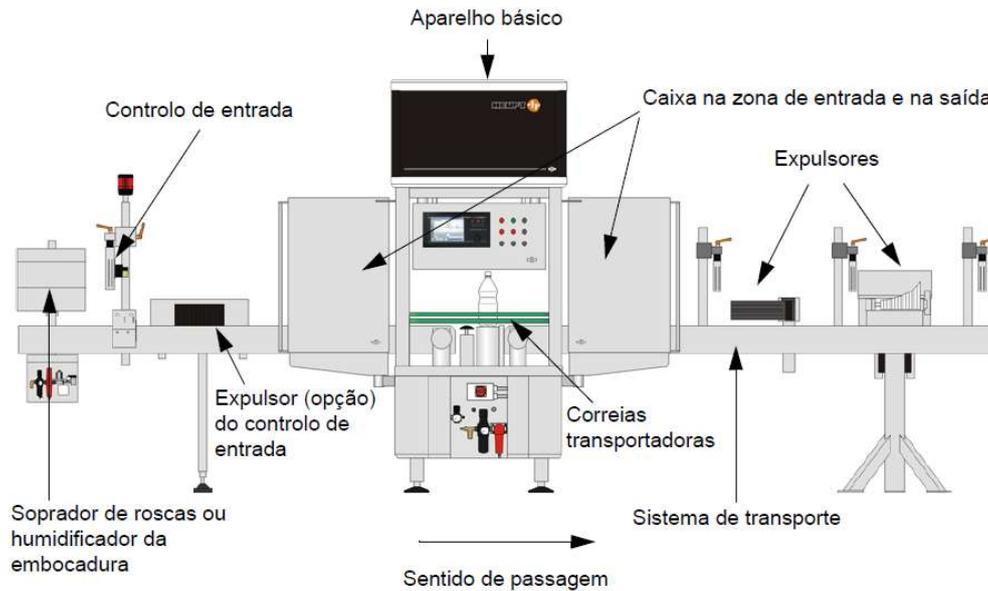


Figura 10: HEUFT InLine e seus componentes essenciais

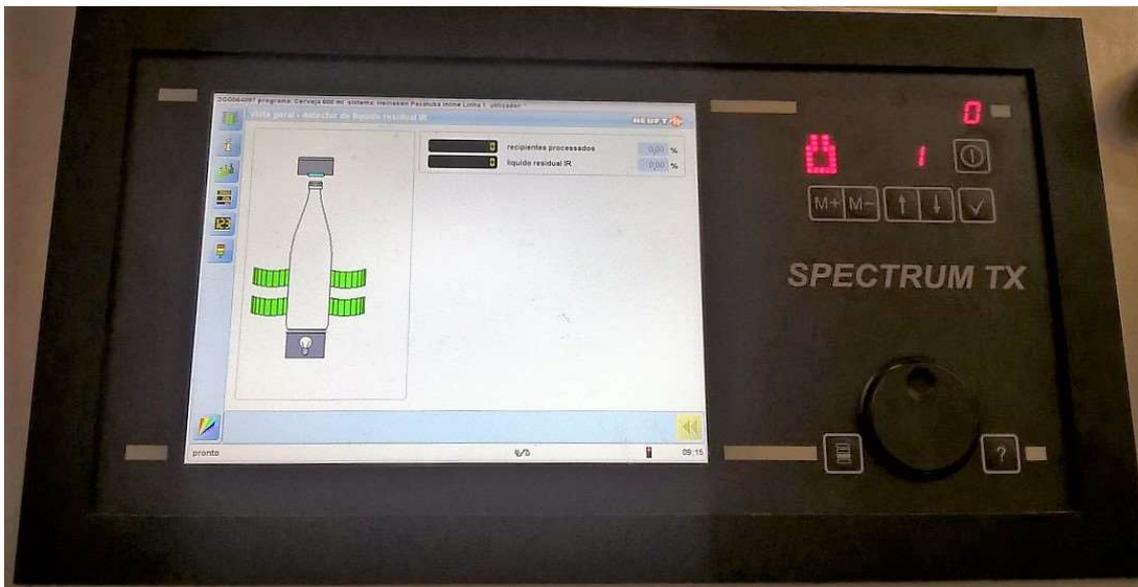
Fonte: HEUFT (2010)

Os recipientes são transportados por esteiras nas zonas de entrada e a saída (ver figura 10). Na zona central, o transporte é feito por correias transportadoras, que permitem também a rotação do recipiente.

O controle de entrada impede a inserção de recipientes que possam danificar o equipamento (ex. recipientes muito altos, deitados, com diâmetro excessivo). Sempre que for detectado um recipiente nessas condições, este é expulso pelo rejeitor de controle de entrada.

Depois de entrar no controlador, os recipientes de produção são transportados ao longo de diversas fases de inspeção. Os sistemas de processamento de imagens no aparelho básico disparam flashes para iluminar os recipientes, captam imagens dos recipientes que vão passando através de câmaras com módulos ópticos e analisam essas imagens.

Figura 11: Tela no inspetor onde são apresentados os erros encontrados nas garrafas e a porcentagem de rejeição



Fonte: Próprio autor

Segundo o manual de operação do inspetor eletrônico, para cada recipiente de produção é emitido um resultado da avaliação por parte do sistema de processamento de imagens. Os resultados da avaliação de cada recipiente são reunidos numa folha de dados eletrônica, como apresentado na figura 11. Os recipientes registrados na folha de dados como apresentando erros são removidos do fluxo de produção com ajuda de um rejeitor.

Figura 12: Rejeitor de saída Delta-K



Fonte: HEUFT (2010)

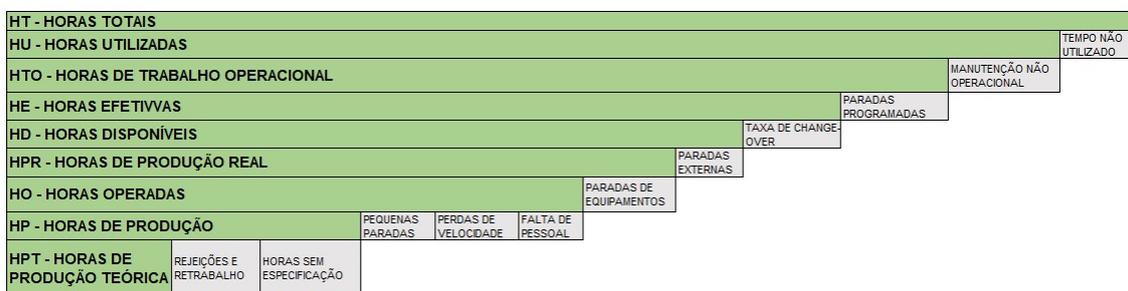
Em sua saída há três caminhos: ir para a enchedora, ir novamente para a lavadora ou ir para o descarte. De forma geral, se a garrafa apresentar alguma sujeira, irá retornar à lavadora para passar mais uma vez pelo processo de lavagem, se estiver trincada ou quebrada irá para o descarte e se estiver em condições adequadas, segue para a enchedora. A movimentação das garrafas para cada um desses caminhos é feita pelo rejeitor Delta-K mostrado na figura 12. Suas hastes de comprimento crescente se movimentam de forma sequencial e movem o recipiente para o trecho designado.

3.2.2. Classificação das perdas

As perdas que reduzem a performance operacional de uma linha de envasamento podem ser planejadas, como paradas para troca do tipo de produto envasado, para limpeza e manutenção, ou não planejadas, onde entram as paradas por problemas operacionais, mecânicos, elétricos, de automação, qualidade ou logística.

Na cervejaria em questão, a eficiência é medida dividindo-se a quantidade de horas de produção teórica, pela quantidade de horas de produção real. Sendo assim, para o cálculo da eficiência da linha, não são contabilizadas as paradas externas, paradas para troca de produto, início e encerramento de produção (*change-over*), paradas programadas e paradas para manutenção não operacional (ver Figura 13).

Figura 13: Classificação de horas na linha de produção



Fonte: Próprio autor

$$Eficiência\ de\ linha = \frac{HPT}{HPR} \quad (1)$$

Há também um indicador chamado OPI (*Operational Performance Indicator*, ou Indicador de Performance Operacional), que leva em consideração também as perdas causadas por paradas planejadas. Ele é calculado da seguinte forma:

$$OPI = \frac{HPT}{HU} \quad (2)$$

No presente trabalho, o foco está nas perdas causadas por tombamentos, travamentos e atolamentos (*crash*) de garrafas, definidas como:

- Perdas de velocidade: quando se tem a máquina crítica operando a uma velocidade abaixo da nominal;
- Pequenas paradas: quando a máquina crítica para por menos de 5 minutos;
- Quebras: quando a máquina crítica para por períodos acima de 5 minutos.

Além das perdas relacionadas aos equipamentos, também foi citado anteriormente que há sobrecarga de atividades no nível operacional. O indicador utilizado para medir essa sobrecarga é chamado de MTBA, do inglês *Mean Time Between Assist*, ou Tempo Médio Entre Assistências.

Esse indicador é medido semanalmente pelos próprios operadores. Durante duas horas eles anotam no caderno de produção todas as atividades não rotineiras, chamadas de assistências, que eles têm que executar. Por exemplo, levantar uma garrafa tombada, resetar um sensor em falha, etc. Os registros são coletados pelos estagiários do setor e inseridos em uma planilha de Excel que calcula o MTBA de cada máquina através da seguinte fórmula:

$$MTBA = \frac{120\ minutos}{n^{\circ}\ de\ assistências} \quad (3)$$

Com essa informação é possível saber se determinado equipamento está apresentando muitas falhas e sobrecarregando os operadores. Quanto maior o MTBA, menos assistências estão sendo efetuadas pela operação,

que tem então mais tempo para realizar atividades de maior valor agregado, como sugestões de melhoria e análises de falha.

3.3 Identificação do problema

Nessa etapa é feita a coleta dos dados no SAP referentes a um período de 2 meses da linha de garrafas. Através da geração e análise do gráfico da figura 14, identifica-se que o trecho que apresenta a maior ineficiência na linha é o de saída da Lavadora até a entrada da Enchedora.

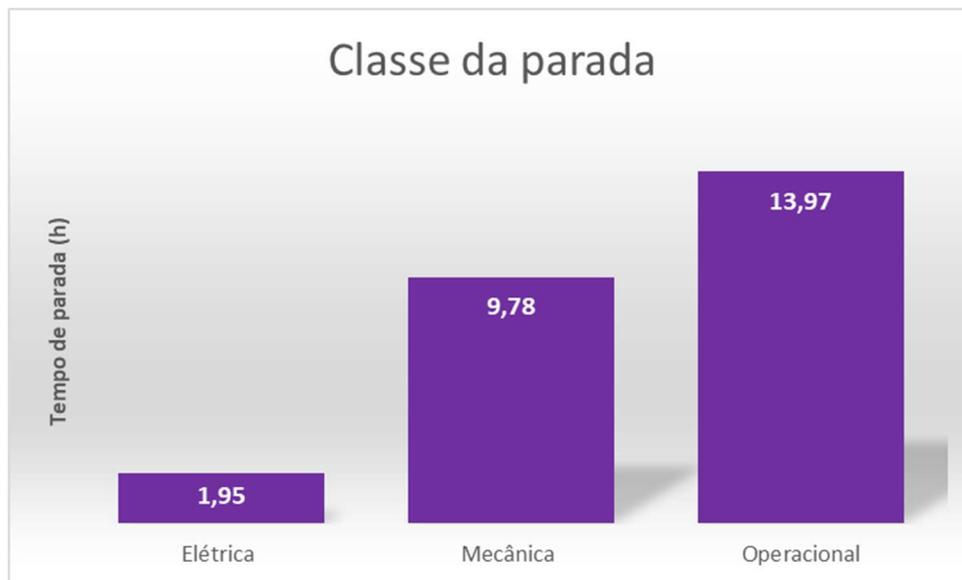
Prosseguindo agora para a análise das perdas nesse trecho, é possível notar que as paradas ocorrem mais frequentemente por motivos operacionais (figura 15). A figura 16, por sua vez, apresenta o desdobramento das perdas apontadas como operacionais e nesse ponto chega-se à conclusão de que os travamentos, tombamentos e *crashes* de garrafas são os principais problemas.

Figura 14: Tempo, em horas, de paradas ou perdas de velocidade na linha por trecho



Fonte: Próprio autor

Figura 15: Definição das classes das paradas no trecho em questão



Fonte: Próprio autor

Figura 16: Tipos de problemas apontados como "Operacional"



Fonte: Próprio autor

Com base nos dados coletados e relatos do time operacional, os travamentos e atolamentos são muitas vezes causados pelo tombamento de garrafas. Sendo assim, o foco deste trabalho é na redução dos tombamentos.

Com essa quantidade de horas de parada, é de se imaginar que o MTBA da estação não está em nível satisfatório. De fato, a média de MTBA

de 3 meses é de 3,24, ou seja, 37 assistências a cada 2 horas, enquanto a meta é de 8,57 ou 14 assistências.

3.4 Escolha do tipo de processo

Conforme dito anteriormente, o trecho estudado vem sendo um gargalo da linha de produção há mais de um ano. Várias pequenas ações foram tomadas e até uma *RCFA* foi realizada, mas o problema de tombamentos persistiu causando transtornos aos operadores daquela estação de trabalho todos os dias.

Portanto, trata-se de um problema crônico e, conforme identificado em campo, é causado por diferentes falhas, que se alternam a cada ocorrência. Assim, seguindo a metodologia da UPS, optou-se por utilizar o *Kaizen* no trecho.

4 IMPLEMENTAÇÃO

Nesta seção são descritas em detalhe as etapas de aplicação do *kaizen*, mostradas na seção 2.3.

4.1 Descrição do problema

Neste ponto define-se o tema do trabalho como “Redução do tombamento de garrafas no trecho de saída da Lavadora até entrada da Enchedora”. É necessário que o tema seja específico e que o foco seja em eliminar uma única falha.

Para assegurar as pessoas certas envolvidas, deve-se ter todos os que interagem com a máquina representados, assim, os integrantes escolhidos são um mecânico, um eletrotécnico e o operador de cada turno desse trecho.

A classificação e desdobramento das perdas foram apresentados na seção anterior. Os objetivos do time são definidos como: aumentar em 2% a eficiência geral da linha e aumentar o MTBA para 8,57.

4.2 Entendimento e Restauração das condições de base

Uma vez descrito o problema, é necessário que o time aprofunde seus conhecimentos no entendimento do sistema. O mais importante nessa etapa é limitar os novos conhecimentos necessários para resolver o problema, sendo assim, o foco dos esforços é nas mesas alinhadoras e na saída do inspetor eletrônico, locais onde há transferência de garrafas entre esteiras e, por conta disso, onde ocorre a maior parte dos tombamentos.

Como parte da investigação, são identificados os pontos que estão fora das especificações de funcionamento. Na Tabela 2 tem-se as ações tomadas para voltar o sistema às suas condições básicas.

Tabela 2: Não conformidades relacionadas às condições básicas de funcionamento e ações corretivas tomadas

Local	Não conformidade	Ação tomada pelo time
Saída do inspetor HEUFT	Modelo de esteira transportadora não adequado para o tipo de transporte	Substituição da esteira por outra adequada ao tipo de transporte
Saída do inspetor HEUFT	Perfis desgastados	Substituição dos perfis
Mesa DF1	Rolamento danificado por falta de lubrificação	Substituição do rolamento
Mesa DF1	Engrenagens folgadas	Reaperto das engrenagens
Saída do inspetor HEUFT	Ausência de divisórias das esteiras	Reposição das divisórias faltantes

Fonte: Próprio autor

Figura 17: Divisórias das esteiras de saída do inspetor recolocadas



Fonte: Próprio autor

Das não conformidades apresentadas acima, a que mais influencia no tombamento de garrafas é a esteira transportadora inadequada. A esteira de saída do trecho é do tipo utilizada nos transportes chamados de glidelineer, um tipo específico de transportador de alinhamento inclinado utilizado na

entrada das rotuladoras, também conhecidos como alinhadores de deslizamento. A inclinação do transporte tem por objetivo tanto o alinhamento dos vasilhames, quanto a remoção de garrafas tombadas. Na lateral desse tipo de transporte são utilizados limitadores de plástico rígido a uma altura suficiente que permite que garrafas tombadas deslizem para fora do trecho e caiam nas bandejas coletoras presentes na lateral do transporte.

A diferença fundamental desse tipo de esteira de deslizamento para as que operam sem inclinação é que estas são porosas enquanto aquelas são polidas. A esteira interna ao inspetor eletrônico é do tipo porosa, logo, quando a garrafa sai do inspetor e passa para a esteira polida, ela perde estabilidade e tomba com mais facilidade.

4.3 Análise de Falha

Baseado na descrição do problema e na identificação da falha a ser tratada, uma análise de 5 porquês é aplicada para determinar a causa raiz do problema.

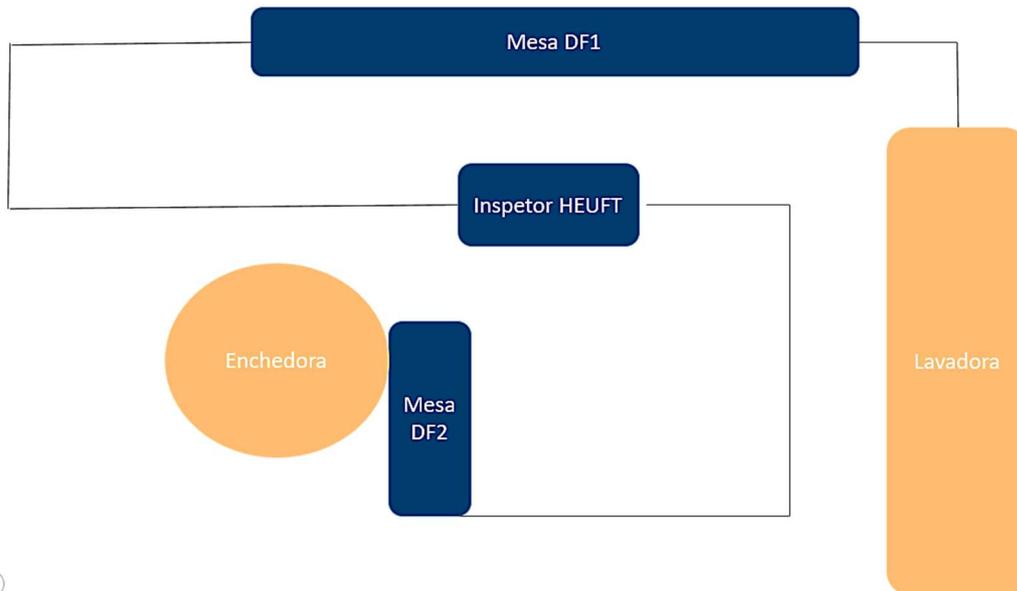
Durante o processo de aplicação do método dos 5 porquês, um levantamento de todas as possíveis causas do problema é feito pelo grupo. Para cada uma dessas possíveis causas é desdobrada uma análise de até 5 porquês para identificar a causa raiz.

Com base na experiência dos operadores da área e nos dados coletados, os pontos críticos do trecho:

- Saída do inspetor HEUFT
- Mesa DF1
- Mesa DF2

O layout detalhado do trecho estudado encontra-se em anexo.

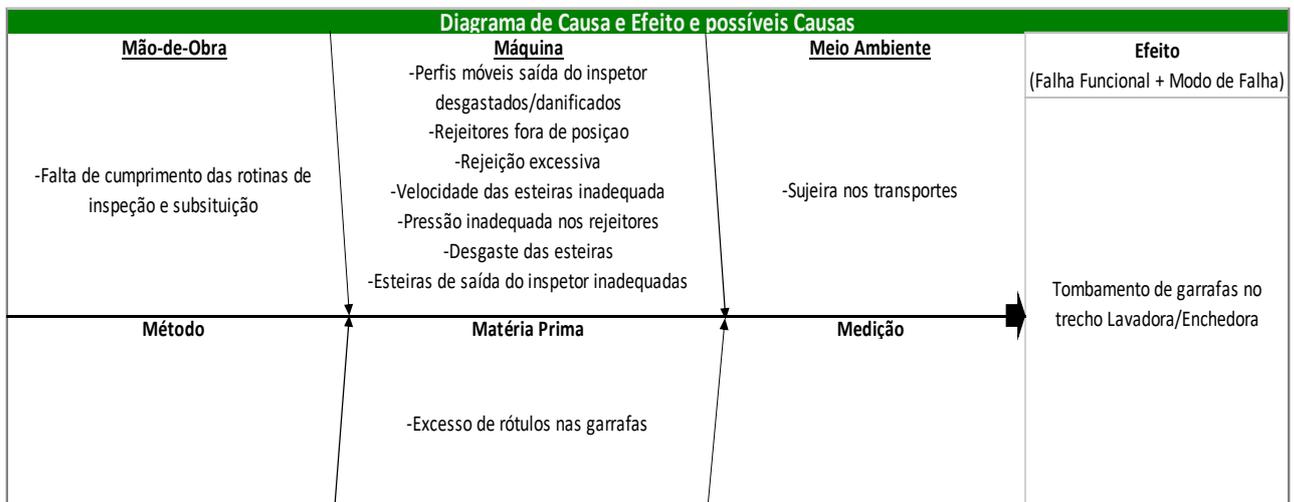
Figura 18: *Layout* simplificado do trecho



Fonte: Próprio autor

Usa-se a ferramenta conhecida como espinha de peixe, ou *Ishikawa*, para levantar as possíveis causas, bem como relaciona-las com os 6M (mão de obra, máquina, meio ambiente, método, matéria prima e medição).

Figura 19: Levantamento de possíveis causas e sua relação com os 6M



Fonte: Próprio autor

Em seguida é feita uma análise de 5 porquês das possíveis causas levantadas. Essa análise é apresentada a seguir.

Figura 20: Análise de 5 porquês

Análise de 5 Porquês das possíveis causas identificadas e priorizadas (E - Evidência: Escrever "S" se o problema foi evidenciado ou "N" se o problema não foi evidenciado)												
Nº	Possíveis Causas	1º Por quê	E	2º Por quê	E	3º Por quê	E	4º Por quê	E	5º Por quê	E	6M
1	Falta de cumprimento das rotinas de inspeção e substituição	Priorização inadequada	N									
2	Perfis móveis de saída do inspetor desgastados/danificados	Tempo de uso	N									
		Materiais presos às garrafas	S	Lavagem ineficaz	S	Baixa concentração de produto de limpeza no tanque 3 da lavadora	S					Método
		Atolamentos frequentes de garrafas	S									Máquina
3	Rejeitores fora de posição	Vibração dos transportes	N									
4	Rejeição excessiva	Falsa rejeição	S	Sensor sujo/fora de foco	S	Rótulos nas garrafas	S	Rótulos mofados	S			Meio Ambiente
5	Velocidade inadequada do transporte	Parâmetros alterados	N									
		Velocidade mais alta do que o transporte suporta nas condições atuais	S									Máquina
6	Pressão inadequada dos rejeitores	Sujeira nos cilindros	N									
7	Desgaste das esteiras	Cacos de vidro embaixo do transporte	S	Garrafas quebradas na lavadora	S	Garrafas fragilizadas após várias lavagens	N					
						Garrafas entrando na lavadora com tampa	N					
8	Esteira de saída do inspetor inadequada	Falta de esteira adequada na montagem	S									Método
9	Sujeira nos transportes	Sujeira nas garrafas	S	Lavagem ineficaz	S	Baixa concentração de produto de limpeza no tanque 3 da lavadora	S					Método
10	Excesso de rótulos nas garrafas	↑										

Fonte: Próprio autor

Com base na evidência ou não das possíveis causas levantadas, algumas contramedidas são definidas. Essas contramedidas são descritas na próxima seção.

4.4 Contramedidas e Acompanhamento

Uma vez identificadas as causas raiz, as contramedidas devem ser implementadas e sua eficácia comprovada pelo time.

Além das contramedidas da análise de falha, uma melhoria foi proposta para a saída do inspetor eletrônico que visa reduzir o impacto dos

tombamentos de garrafas na performance da linha. A melhoria consiste em fixar uma das extremidades de um fragmento de 1,2 m de perfil lateral de plástico rígido usado na lateral dos transportes, na lateral do transporte de saída do inspetor e deixar a outra extremidade livre. Assim, quando porventura uma garrafa tombar, ela será alinhada por esse perfil e não travará no transportador nem causará atolamento de garrafas.

Figura 21: Ações definidas para as causas evidenciadas

Plano de Ações		
Nº	Ações	
Numerar de acordo com Possíveis Causas	2	Restabelecer adição de produto químico no tanque 3 da lavadora
	5	Fazer by-pass em um dos sensores de acúmulo que aumentam a velocidade dos transportes quando há poucas garrafas (limitando a velocidade a 40.000 garrafas/hora)
	8	Trocar esteira por modelo adequado
	#	Criar série de instruções curtas descrevendo as consequências de pequenas alterações nos padrões das máquinas

Fonte: Próprio autor

Figura 22: Melhoria para evitar o travamento de garrafas tombadas



Fonte: Próprio autor

Após a conclusão de todas as ações, o desempenho da linha foi acompanhado por mais 2 meses. Os resultados desse acompanhamento e do MTBA são apresentados nas seções 5.1 e 5.2.

4.5 Padronização

Após comprovar a eficácia das ações tomadas, o próximo passo é garantir que essa melhora no resultado permaneça. Isso deve ser feito através da criação/alteração de parâmetros operacionais e gestão visual, entre outros.

A desativação do sensor (figura 21), não altera a forma de trabalhar das pessoas naquela estação, apenas evita que os transportadores funcionem a velocidades muito elevadas. Portanto, neste trabalho, nenhum procedimento operacional precisou ser modificado, o que houve foi a necessidade de restauração de condições básicas e a implementação de algumas melhorias simples que não requerem alterações nos parâmetros dos equipamentos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o estudo realizado, um ponto que foge do escopo do time, mas tem muita influência no tombamento de garrafas na linha de produção, foi o excesso de rótulos presentes nas garrafas após a passagem pela lavadora.

Os rótulos ocasionam o tombamento de garrafas no transporte de três formas:

- Aumentam o atrito entre uma garrafa e outra e entre as garrafas e os perfis;
- Desequilibram as garrafas se estiverem posicionados no fundo destas;
- Caem no espelho do inspetor eletrônico HEUFT, causando falsas rejeições seguidas, uma vez que o inspetor identifica erroneamente que há algum problema nas garrafas.

Foi constatado que a falha na remoção dos rótulos não era causada por problemas na Lavadora, e sim pela grande quantidade deles e pela forma de armazenamento das garrafas tanto no mercado, como na fábrica. As garrafas são armazenadas em caixas, geralmente descobertas, portanto se estiverem a céu aberto estarão suscetíveis às ações do clima, que favorecem a formação de mofo nos rótulos e dificultam sua remoção.

Buscou-se alguma solução para esse problema em outras cervejarias da companhia, mas todas as que têm linhas de envasamento de garrafas retornáveis enfrentam esse problema devido aos fatores citados no parágrafo anterior. Uma solução para este ponto teria, portanto, que trabalhar na logística e estrutura das fábricas, o que envolve planejamento e investimento da área corporativa.

Uma sugestão para trabalhos futuros é o desenvolvimento de um estudo para reduzir a quantidade de rótulos mofados nos vasilhames de cerveja, através de um trabalho integrado das áreas de armazenamento e distribuição.

5.1 Eficiência e Tempo de parada

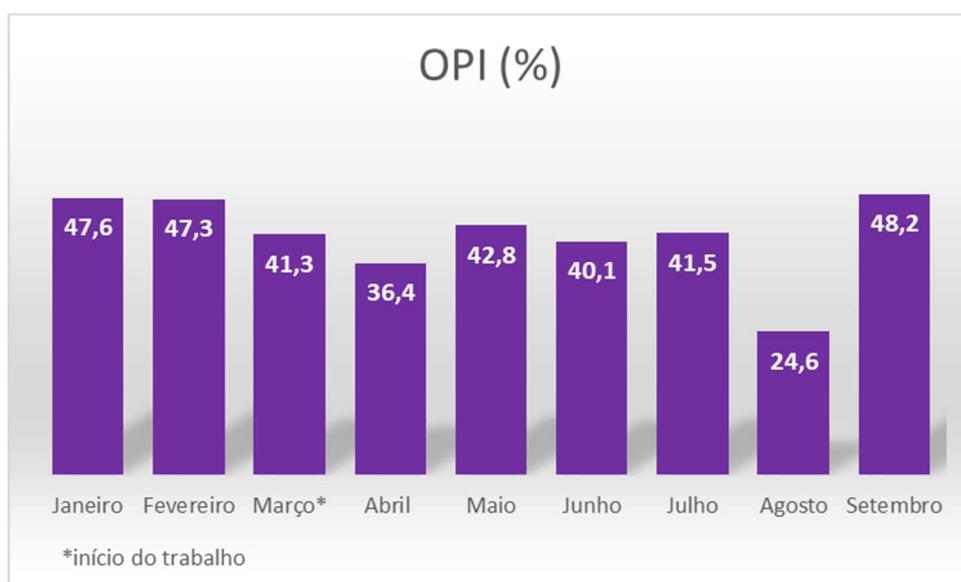
Apesar de não ter sido possível diminuir a quantidade de rótulos presente nas garrafas, alcançou-se uma melhoria de 1,9% na eficiência da linha e de 6,9% no OPI, ao se comparar os dados atuais com os do início da investigação, em março.

Figura 23: Eficiência mensal de 2018



Fonte: Próprio autor

Figura 24: OPI mensal de 2018

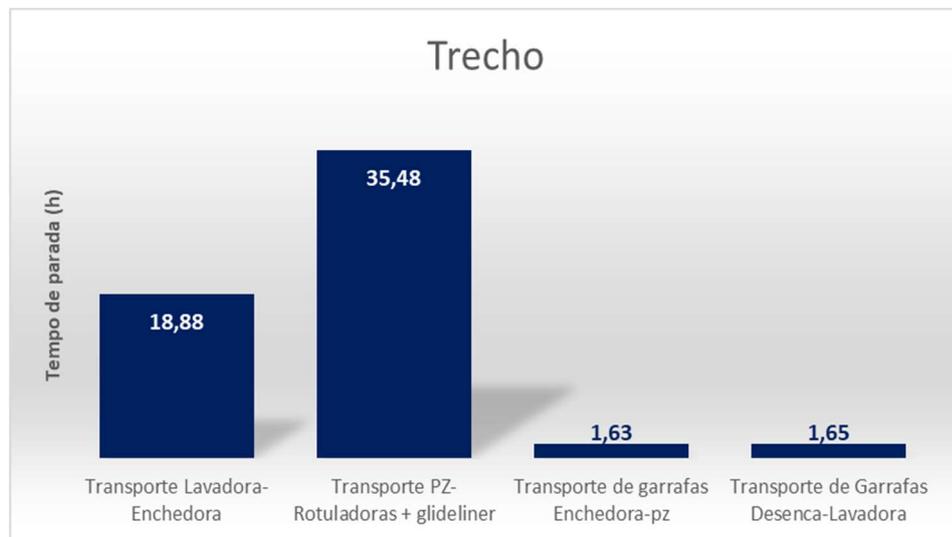


Fonte: Próprio autor

Nos gráficos anteriores vale destacar que os resultados do mês de setembro, tanto para eficiência quanto para OPI, foram os melhores do ano.

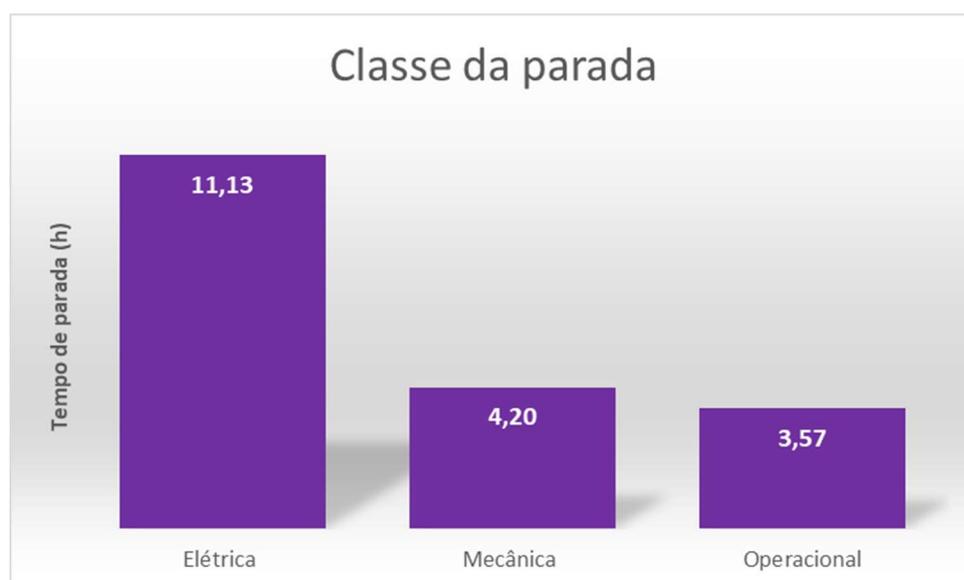
Abaixo são apresentados os dados referentes ao tempo de parada da linha devido a tombamentos, travamentos e atolamentos de garrafas no trecho estudado.

Figura 25: Tempo, em horas, de paradas ou perdas de velocidade na linha por trecho



Fonte: Próprio autor

Figura 26: Definição das classes das paradas no trecho em questão



Fonte: Próprio autor

Figura 27: Tipos de problemas apontados como “Operacional”



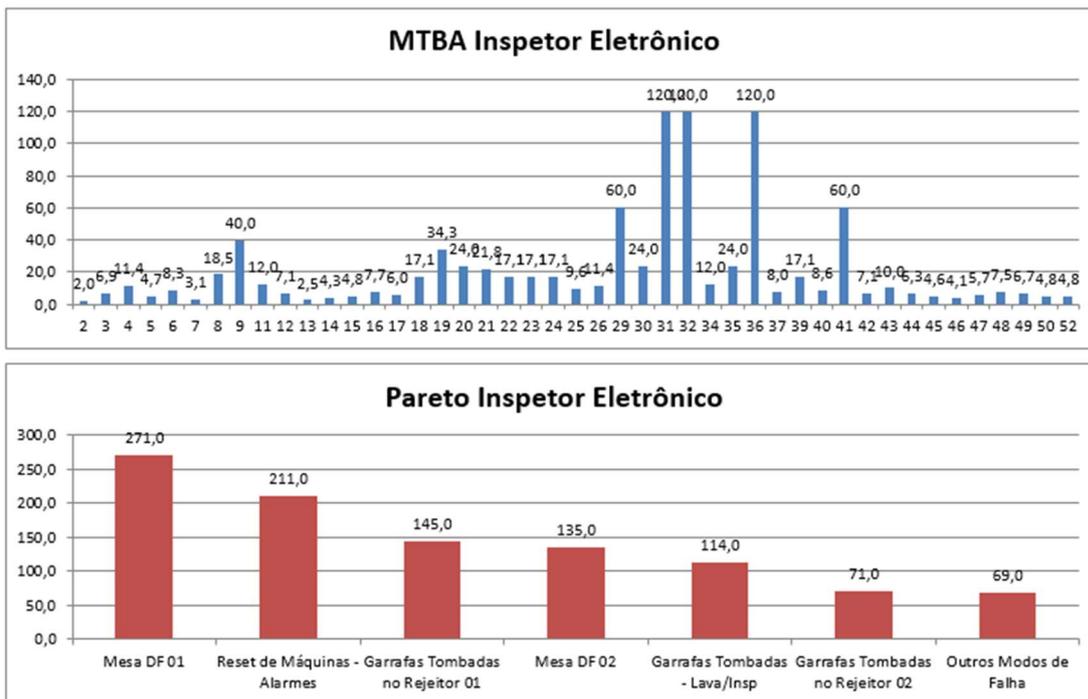
Fonte: Próprio autor

Comparando os resultados acima com aqueles apresentados na seção 3.3, nota-se uma redução de 86% nas horas de parada da linha devido aos 3 motivos apresentados.

5.2 MTBA

Com relação ao MTBA, é visível a evolução desse indicador no trecho em estudo, conforme mostrado nas figuras a seguir.

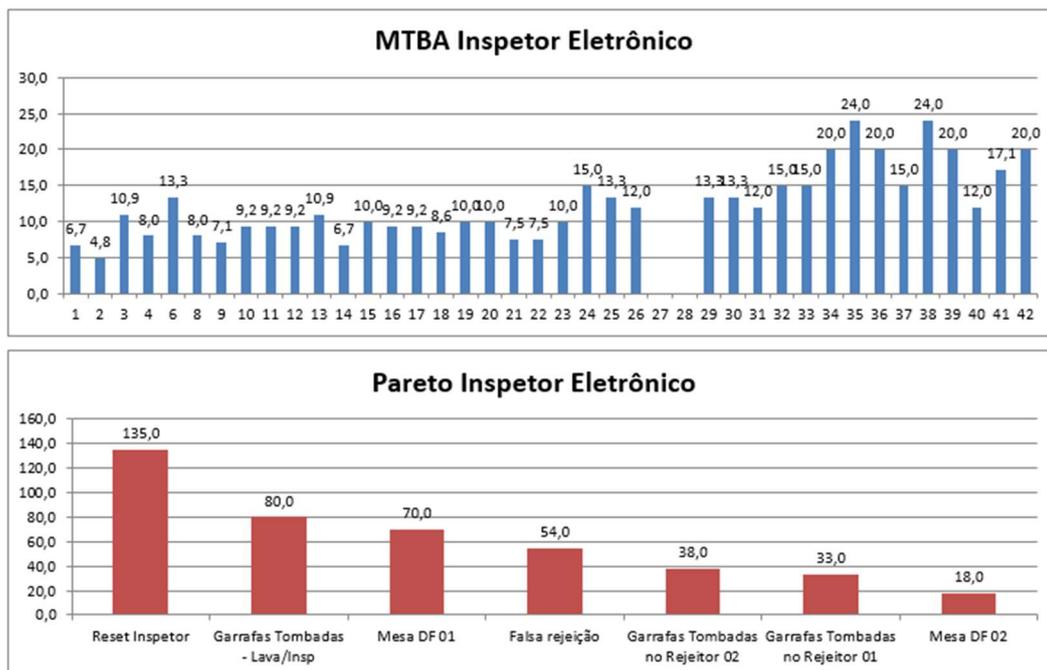
Figura 27: MTBA 2017



Fonte: Próprio autor

Em todo o ano de 2017, os problemas relacionados a garrafas tombadas somaram mais de 700 assistências. Com relação a 2018, conforme mostrado na figura 27, faltando 10 semanas para acabar o ano, o número de assistências relacionadas a esse problema é inferior a 250.

Figura 28: MTBA 2018



Fonte: Próprio autor

6 CONCLUSÃO

Após a análise e aplicação da metodologia kaizen, a principal causa da baixa performance operacional da linha, tombamento de garrafas no trecho de saída da lavadora até entrada da enchedora, foi identificada e tratada, obtendo-se uma melhoria no indicador de performance operacional, OPI, e redução da sobrecarga da estação de trabalho, evidenciada pela diminuição de assistências não planejadas nessa estação e consequente aumento do MTBA.

REFERÊNCIAS

AL-HASSAN, K.; CHAN, J. F.; METCALFE, A. V. **The role of total productive maintenance in business excellence.** *Total Quality Management*, v. 11, n. 4/5/6, p. 596-601, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CERVEJA – CERVBASIL. **Participação do Nordeste na produção nacional de cerveja cresce 1,2% nos últimos 5 anos.** Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/participacao-do-nordeste-na-producao-nacional-de-cerveja-cresce-12-nos-ultimos-cinco-anos/>. Acesso em 6 out. 2018.

CONSELHO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **Portal da Indústria – Ceará – Perfil da Indústria nos Estados.** Disponível em: <<http://perfildaindustria.portaldaindustria.com.br/estado/ce>>. Acesso em: 6 out. 2018.

DINIS, Cláudia Sofia Araújo. **A metodologia 5S e Kaizen Diário.** 2016. Monografia (Mestrado em Engenharia Alimentar) – Escola Superior Agrária, Politécnico de Coimbra, Coimbra, 2016.

ESCRITÓRIO TÉCNICO DE ESTUDOS ECONÔMICOS DO NORDESTE - ETENE. **Indústria de Bebidas Alcolólicas.** Ano 3, nº 32, maio 2018. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/documents/80223/3365127/bebidas_32-2018.pdf/931a1480-8f34-e4e3-b252-59e862670ae8>. Acesso em: 6 out. 2018.

ESCRITÓRIO TÉCNICO DE ESTUDOS ECONÔMICOS DO NORDESTE – ETENE. **Bebidas alcólicas: Cerveja.** Ano 1, nº 2, outubro 2016. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/documents/80223/1138347/2_cerveja.pdf/6f5fc80c-fc23-2da8-5b7b-97e3302c6554>. Acesso em: 6 out. 2018.

FUGATE, D. L. **Investigation and Improvement of the Conveyor System at a Bottle Packaging Operation.** *Electronic Theses and Dissertations*. 2000. Paper 904. Disponível em: <<http://dc.etsu.edu/etd/904>>. Acesso em 24 de fevereiro de 2018.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HANDBOOK Unified Problem Solving (UPS): improving problem solving competency. Amsterdã, 2015.

HEUFT SYSTEMTECHNIK GMBH. **Manual do Operador: Controlador de garrafas vazias HEUFT InLine.** 2010. Versão 11.00.003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE.
Pesquisa industrial anual – PIA Produto. Disponível em:
<<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6705#resultado>>. Acesso em: 05 out. 2018.

JIPM - Japan Institute of Plant Maintenance. *Introdução ao TPM.* 2000. 15 slides.

KAPURIA, T. K; RAHMAN, M.; HALDAR, S. **Root Cause Analysis and Productivity Improvement of An Apparel Industry in Bangladesh Through Kaizen Implementation.** *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*, v. 4, n. 4, p. 227-239, 2017.

KHS BmpH. *Filosofia de projeto para linhas de envasamento.* 2003. 12 slides.

KHS BmpH. *Filosofia de automação nas linhas de engarrafamento.* 2003. 26 slides.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA.
MAPA Informa: as cervejarias continuam a crescer. Disponível em:
<<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/pasta-publicacoes-DIPOV/as-cervejas-continuam-a-crescer-pdf.pdf/view>>. Acesso em: 5 out. 2018.

OHUNAKIN, O. S., & LERAMO, R. O. **Total Productive Maintenance Implementation in a Beverage Industry: A Case Study.** *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 128-133, 2012.

PRASHAR, A. **Redesigning an assembly through Lean-Kaizen: an Indian case.** *The TQM Journal*, v. 26, n. 5, p. 475-498, 2014.

RADHARAMANAN, R.; GODOY, L. P.; WATANABE, K. I. **Quality and productivity improvement in a custom-made furniture industry using kaizen.** *Computers ind. Engng*, v. 31, n. 1/2, p. 471-474, 1996.

SCHOTEN, S. *et al.* **The EFQM Model as a framework for total quality management in healthcare: Results of a longitudinal quantitative study.** *International Journal of Operations & Production Management*, v.36, n. 8, p. 901-922, 2016.

STEFANIC, N.; TOSANOVIC, N.; MARTINCEVIC-MIKIC, S. **Improvement of production by using kaizen.** *Annals of DAAAM for 2009 & Proceedings of the 20th International DAAAM Symposium*, v. 20, n. 1, p. 1365-1366, 2009.

TELES, J. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance.** 2015.
Disponível em: <<https://engeteles.com.br/introducao-ao-tpm-total-productive-maintenance/>>. Acesso em: 06 de maio de 2018
TPM NEXT: Leadership Team Route. Amsterdã, 2018.

VRELLAS, C. G.; TSIOTRAS, G. D. **Operational Excellence in the Greek Brewing Industry**. *Wiley Online Library*, p. 31-38, Janeiro/Fevereiro 2014.

ANEXO A – LAYOUT DO TRECHO EM FOCO

