

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

GUSTAVO LAMOUNIER CHAVES DE CARVALHO

**UTILIZAÇÃO DO CICLO PDCA PARA OTIMIZAÇÃO DA  
EFICIÊNCIA DE UMA LAVADORA DE GARRAFAS DE VIDRO  
NA INDÚSTRIA DE BEBIDAS**

VIÇOSA  
2018

GUSTAVO LAMOUNIER CHAVES DE CARVALHO

**UTILIZAÇÃO DO CICLO PDCA PARA OTIMIZAÇÃO DA  
EFICIÊNCIA DE UMA LAVADORA DE GARRAFAS DE VIDRO  
NA INDÚSTRIA DE BEBIDAS**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 490 – Monografia e Seminário e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Mauro de Oliveira Prates.

VIÇOSA  
2018

**GUSTAVO LAMOUNIER CHAVES DE CARVALHO**

**UTILIZAÇÃO DO CICLO PDCA PARA OTIMIZAÇÃO DA  
EFICIÊNCIA DE UMA LAVADORA DE GARRAFAS DE VIDRO  
NA INDÚSTRIA DE BEBIDAS**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 490 – Monografia e Seminário e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 03 de Dezembro de 2018.

**COMISSÃO EXAMINADORA**



---

**Prof. Dr. Mauro de Oliveira Prates - Orientador**  
Universidade Federal de Viçosa



---

**Prof. Dr. José Carlos da Costa Campos - Membro**  
Universidade Federal de Viçosa



---

**Bsc. Ítalo Nogueira Soares - Membro**  
Universidade Federal de Viçosa

*“Diante da vastidão do tempo e da imensidão do universo, é um imenso prazer para mim dividir um planeta e uma época com você.”*

*(Carl Sagan)*

*Dedico esta obra à minha família e amigos que sempre estiveram ao meu lado e me apoiaram, principalmente nos momentos mais difíceis.*

## *Agradecimentos*

Primeiramente agradeço aos meus saudosos pais que prezaram acima de tudo meu desenvolvimento educacional e à minha formação profissional. Agradeço à minha irmã por se fazer tão presente nos momentos mais desafiadores. Agradeço aos meus familiares, tios, tias, avós e primos, que acompanharam todos os passos dessa trajetória.

Agradeço não só aos amigos de infância pelos ensinamentos e bons momentos mas as amizades que desenvolvi ao longo da graduação. Amigos do curso e das repúblicas que passei. Aos amigos de Belo Horizonte, Viçosa e Sete Lagoas: sem vocês esse caminho seria incompleto. Um muito obrigado especial ao meu amor e melhor amiga que fez da minha graduação um momento memorável e que levarei para sempre.

É impossível não reconhecer o papel da Universidade Federal de Viçosa e seus funcionários, sempre oferecendo novas oportunidades, prezando pelo conhecimento e aprendizado. Agradeço também aos mestres e doutores responsáveis por transformar jovens alunos em profissionais tão estimados pelo mercado de trabalho. Em especial, agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Mauro de Oliveira Prates pelos ensinamentos e pela compreensão.

## *Resumo*

O presente trabalho mostra a implementação de um projeto que visa o aumento de eficiência e diminuição dos tempos de paradas em uma linha de envasamento de uma indústria de bebidas. Esta iniciativa surgiu de uma demanda levantada no ano anterior onde havia problemas de produtividade e através do método de gestão PDCA, foi atacado o equipamento que causava maior impacto negativo na entrega de produtos ao mercado: a lavadora de garrafas de vidro. Seguindo as etapas adotadas, foram implementadas práticas de limpeza profunda, inspeção e troca mandatória de itens de desgaste, visando o aumento da confiabilidade do equipamento e conseqüentemente da linha como um todo. O resultado pôde ser observado através de um ganho de quase 3% de eficiência, atingindo a meta pré-estabelecida. Além disso, foi possível notar a mudança na cultura de limpeza e manutenção, agora visando manter os equipamentos em bom estado de conservação para evitar falhas. Os aprendizados obtidos foram padronizados e servirão como fonte de treinamentos para os anos futuros. As lacunas levantadas também servirão de insumo para a implantação de um novo ciclo PDCA, visto que essa ferramenta de gestão trabalha de maneira iterativa.

**Palavras-chave:** PDCA, lavadora de garrafas de vidro, eficiência, limpeza profunda e troca mandatória.

## *Sumário*

<b>1</b>	<b><i>Introdução</i></b> .....	11
<b>1.1</b>	<b><i>Ciclo PDCA</i></b> .....	12
1.1.1	<i>As etapas do ciclo</i> .....	13
1.1.2	<i>Subdivisões e ferramentas do PDCA</i> .....	14
<b>1.2</b>	<b><i>A lavadora de garrafas de vidro (LGV)</i></b> .....	14
1.2.1	<i>A máquina</i> .....	15
1.2.2	<i>Processo de lavagem</i> .....	17
1.2.3	<i>Precauções ao operar a LGV</i> .....	20
<b>1.3</b>	<b><i>Manutenção do equipamento</i></b> .....	22
1.3.1	<i>Métodos de manutenção</i> .....	22
<b>1.4</b>	<b><i>Objetivos</i></b> .....	23
1.4.1	<i>Objetivo geral</i> .....	23
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	23
<b>2</b>	<b><i>Materiais e Métodos</i></b> .....	24
<b>2.1</b>	<b><i>Identificação do problema</i></b> .....	24
2.1.1	<i>Limpeza profunda e inspeção</i> .....	27
2.1.2	<i>Troca mandatória de componentes</i> .....	28
<b>2.2</b>	<b><i>Plano de ação</i></b> .....	29
2.2.1	<i>Dia da limpeza profunda e inspeção – Dia D</i> .....	29
2.2.2	<i>Revisão dos planos de manutenção</i> .....	33
2.2.3	<i>Criação dos planos de manutenção</i> .....	38
<b>2.3</b>	<b><i>Verificação da efetividade dos planos e atividades de limpeza</i></b> .....	41
<b>3</b>	<b><i>Resultados e Discussões</i></b> .....	41
<b>3.1</b>	<b><i>Eficiência da LGV</i></b> .....	42
<b>3.2</b>	<b><i>Tempos de paradas</i></b> .....	43
<b>3.3</b>	<b><i>Padronização e lacunas</i></b> .....	45
<b>4</b>	<b><i>Conclusões</i></b> .....	48
	<b><i>Bibliografia</i></b> .....	49



## *Lista de Figuras*

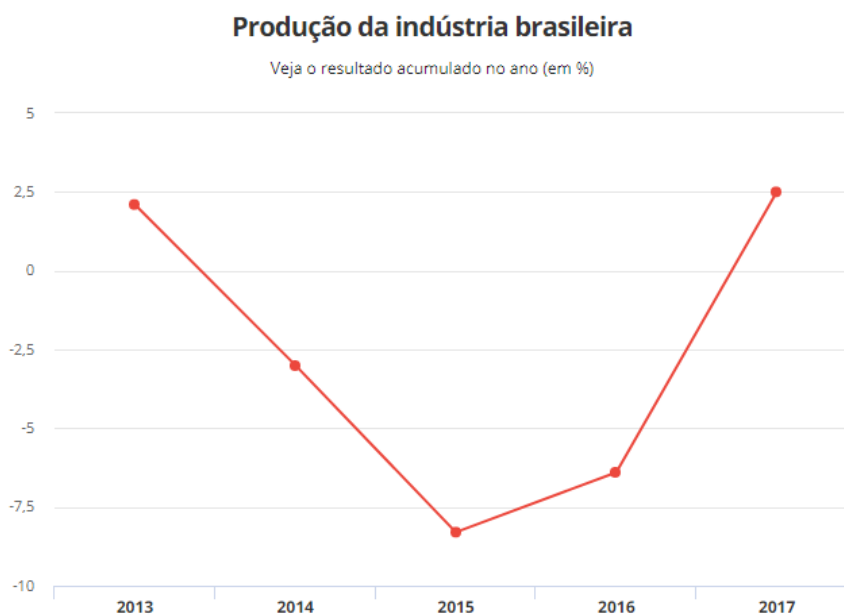
Figura 1 - Avanço percentual da produção industrial brasileira entre 2013 e 2017 (Cury & Silveira, 2018).....	11
Figura 2 - Ciclo PDCA.....	13
Figura 3 - Lavadora de garrafas de pequeno porte com capacidade de 12 vasilhames (Anon., 2018). .....	16
Figura 4 - Lavadora industrial de garrafas (Direct Industry, 2018). .....	17
Figura 5 - Mesa de entrada de garrafas da LGV (Direct Industry, 2018).....	18
Figura 6 - Vista lateral de uma LGV industrial (LIESS, 2017). .....	19
Figura 7 – Mesa de saída das garrafas higienizadas na LGV (Direct Industry, 2018). .....	20
Figura 8 - Equipamentos de proteção individual necessários para operar uma LGV. ....	21
Figura 9 - Chuveiro de emergência e lava olhos (Haws Avlis, 2018).....	22
Figura 10 – Análise dos tempos de produção. ....	25
Figura 11 - Diagrama de Pareto do percentual de ineficiência da linha em 2017. ....	26
Figura 12 - Diagrama de Pareto dos tempos de paradas dos equipamentos em 2017. ....	27
Figura 13 - Braço de acionamento da bandeirola. Antes e depois do Dia D.....	30
Figura 14 - Motoredutor da esteira na mesa de saída. Antes e depois do Dia D. ....	30
Figura 15 - Roda de tração da esteira da mesa de entrada. Antes e depois do Dia D. ....	31
Figura 16 - Braço de acionamento do eixo das unhas na mesa de entrada. Antes e depois do Dia D. ....	31
Figura 17 - Estrutura da malha do extrator de rótulos. Antes e depois do Dia D. ....	32
Figura 18 - Estrutura da malha do extrator de rótulos. Antes e depois do Dia D. ....	32
Figura 19 - Mancal do eixo da malha de extração de rótulos. Antes e depois do Dia D.....	33
Figura 20 - Gráfico de rendimento da LGV e tendência.....	42
Figura 21 - Tempo de parada da LGV.....	43
Figura 22 - Tempo de parada da LGV por setores.....	44
Figura 23 - Revitalização da pintura dos redutores na mesa de entrada. ....	45
Figura 24 - Lateral da LGV depois da pintura e instalação de refletores .....	46
Figura 25 - Lateral da LGV antes da pintura e iluminação. ....	46

## *Lista de Tabelas*

Tabela 1 - Relação de máquinas de uma linha de envasamento de cerveja retornável.....	24
Tabela 2 - Exemplo de planos existentes da LGV.....	34
Tabela 3 - Descrição das atividades de limpeza antes da revisão.....	34
Tabela 4 - Descrição das atividades de limpeza depois da revisão.....	35
Tabela 5 - Novos planos de manutenção criados. ....	39
Tabela 6 - Ferramenta 5 porquês.....	40
Tabela 7 - Síntese do ciclo PDCA. ....	47

## 1 *Introdução*

No ano de 2017 a produção industrial brasileira apresentou alta de 2,5% após 3 anos de queda como mostra a Figura 1. Esse foi o melhor resultado desde 2010 quando, de acordo com o Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística (IBGE), a produção industrial havia avançado 10,2% (Cury & Silveira, 2018).



**Figura 1 - Avanço percentual da produção industrial brasileira entre 2013 e 2017 (Cury & Silveira, 2018).**

É sabido que, na indústria o foco está sempre relacionado ao aumento da eficiência, à produtividade e aos lucros. Sendo assim, a busca por novos métodos que elevem estes elementos são constantes, principalmente quando se enfrenta problemas no rendimento dos equipamentos que fazem parte de uma linha de produção, já que estes são diretamente responsáveis pela entrega de produtos ao mercado (Falconi, 2013).

Muitas vezes, alguns desses métodos são utilizados sem criticidade para sanar necessidades momentâneas. Tal fato pode acarretar em perturbações futuras maiores como ocultar a causa raiz do problema e o mesmo não ter o devido tratamento. Entretanto, existem diversas ferramentas de gestão já consolidadas e de efetividade comprovada que, se bem aplicadas, podem gerar resultados positivos (Falconi, 2009).

A ferramenta aqui apresentada se trata de um instrumento amplamente difundido e que pode ser utilizada tanto para casos simples quanto complexos. A ferramenta de gestão em questão é o Ciclo de Shewhart, Ciclo de Deming ou mais

comumente conhecida como Ciclo PDCA (*plan, do, check, act*). Essa metodologia tem o objetivo de tornar a gestão de projetos mais assertiva, baseando-se no método de iteração, ou seja, na repetição, servindo de base para a melhoria contínua (Werkema, 2012).

Essa metodologia de gestão se aplica em inúmeros ambientes, inclusive na indústria. Equipamentos em uma linha de produção podem apresentar problemas técnicos e não apresentar a eficiência esperada. Analisando uma linha de envasamento na indústria de bebidas, a eficiência de cada máquina relaciona a velocidade nominal de funcionamento do equipamento e o tempo que o mesmo está executando as atividades. Se a máquina funciona abaixo da velocidade estipulada e por um período de tempo menor que o que o estabelecido, seu rendimento está comprometido (Calôba & Klaes, 2016).

A função das ferramentas de gestão é justamente atacar os pontos que podem atrapalhar o andamento de um projeto, visando soluções e melhoramento de processos. No que se refere à linha de produção de bebidas, especificamente retornáveis, a máquina responsável por lavar garrafas de vidro, conhecida também como lavadora de garrafas, geralmente apresenta alto grau de criticidade devido a sua complexidade (Oliveira Campos, 2015).

A partir da ferramenta de gestão citada, o conceito de manutenção autônoma vem como uma saída para sanar problemas de rendimento dos equipamentos de produção e tem como principal objetivo mudar a mentalidade do indivíduo que opera aquele determinado equipamento em relação à conservação do equipamento, introduzindo a noção de trocas obrigatórias de peças e limpeza profunda como principais princípios de manutenção (ALMEIDA, 2000).

### **1.1 Ciclo PDCA**

O Ciclo PDCA é um método de gestão do produtos e projetos baseado na repetição que visa a melhoria constante de processos como ilustrado na Figura 2. Pode ser aplicado em empresas do setor público, privado, organizações sem fins lucrativos ou até mesmo na gestão da vida pessoal, tamanha a sua versatilidade.

A origem dessa metodologia se deu através do método científico desenvolvido por grandes filósofos como René Descartes (1596-1650) e Francis Bacon (1561-1626). O método se popularizou depois da Segunda Guerra Mundial por intermédio do

professor, consultor e estatístico americano William Deming (1900-1993). Deming ficou mundialmente conhecido nos anos 50 após implantar esta sistemática para restaurar a economia japonesa devastada pela guerra (Calôba & Klaes, 2016).



Figura 2 - Ciclo PDCA.

### ***1.1.1 As etapas do ciclo***

O PDCA consiste em quatro etapas: *Plan* – *Do* – *Check* – *Act* (planejar, executar, verificar, atuar). Estas, podem ser divididas em subgrupos para facilitar o tratamento do problema. A primeira é o **planejamento** e consiste na etapa mais importante do ciclo pois os próximos estágios dependem diretamente deste. Esta preparação inicial consiste em definir o real problema a ser solucionado e o objetivo final desse processo, estabelecendo assim métodos e metas para atingi-lo (Falconi, 2013).

Após a concepção do plano de ação, inicia-se a segunda etapa: a **execução**. Neste ponto, talvez seja necessário que os responsáveis por executar o planejamento passem por treinamentos específicos. A coleta de dados e informações que serão usadas posteriormente na execução propriamente dita também se dá neste momento.

A **verificação** é a terceira etapa e deve ser feita em paralelo à execução do planejamento, analisando todos os seus passos. É necessário avaliar os resultados dos indicadores instaurados validando a eficácia das etapas anteriores. Nesse ponto também são levantados quais foram os erros cometidos ao longo do processo para que eles não sejam repetidos quando um novo ciclo for iniciado, caso seja necessário (Falconi, 2009).

O quarto passo do ciclo é **atuar**, que nesse contexto significa padronizar os resultados positivos obtidos ao longo da resolução do problema em questão. Este passo é extremamente necessário pois, além de criar uma base de informações e medidas que ajudarão em futuros problemas similares ao ali tratado, também envolve os resultados negativos, criando assim a necessidade de reavaliar as etapas predecessoras. É neste ponto que o ciclo se fecha, dando origem à um novo ciclo cujo o objetivo é sanar as lacunas levantadas. Assim, um novo planejamento é criado e este leva em consideração as dificuldades encontradas anteriormente para que possam ser solucionadas.

### ***1.1.2 Subdivisões e ferramentas do PDCA***

Para melhor implementação desse método de gestão é possível aprofundar em cada passo do ciclo. No planejamento, é preciso identificar com clareza e observar o problema, para posteriormente analisar o processo como um todo. Ferramentas comparativas são fundamentais. Comparar os resultados entre os meses ou anos, diagrama de Pareto, histograma, fluxograma e 5 porquês são alguns exemplos de ferramentas que auxiliam na criação do plano de ação (Werkema, 2012).

Para facilitar a gestão do tempo durante a execução pode-se utilizar a Matriz Impacto x Esforço. Ela ajuda a priorizar as atividades que serão executadas posteriormente. A verificação dos resultados devem ser realizadas graficamente, de modo que ali sejam traçados os resultados obtidos e esperados. *Softwares* que geram planilhas e gráficos são amplamente utilizados por serem muito úteis nessa etapa.

No quarto passo do ciclo, deve-se padronizar os aprendizados. A criação de padrões operacionais e treinamentos pode-se fazer necessária. Transmitir os ensinamentos obtidos é uma forma de garantir a sustentabilidade do projeto. Geralmente a padronização é criada para tarefas repetitivas e só é realizada depois que o processo foi otimizado. Porém, deve haver flexibilidade para alterações futuras (Werkema, 2012).

## ***1.2 A lavadora de garrafas de vidro (LGV)***

O consumo de bebida envasada em garrafas de vidro é extremamente comum e algumas destas embalagens são popularmente conhecidas como “retornáveis”, pois devem voltar para o local onde foram produzidas para que possam ser reutilizadas. Isso faz com que o custo do produto final seja menor se comparado à outras formas de

envase, como latas ou PET, sendo então uma opção economicamente mais viável para o consumidor.

Uma vez que o produto foi consumido, o ativo de giro, nesse caso os vasilhames de vidro, devem retornar para as linhas de envase. Para que o produto volte para o mercado atendendo todos os padrões de qualidade exigidos pela ANVISA, o processo de envasamento segue diversos padrões operacionais com a realização de testes que garantem que produto esteja próprio para consumo ao final da produção (Oliveira Campos, 2015).

Uma das etapas mais importantes desse processo é a lavagem da garrafa, pois em seu interior pode haver todo o tipo de sujeira vinda do mercado, como pontas de cigarro, plástico, ovos e larvas de insetos, guardanapos, mofo, entre outros.

### ***1.2.1 A máquina***

Existem dezenas de modelos e fabricantes distintos de lavadoras de garrafas. Como pode ser visto na Figura 3, há modelos menores, que suportam apenas algumas garrafas, ali colocadas manualmente. Estes geralmente são direcionados para produções artesanais, visto que a produção de cerveja se tornou um *hobbie* bastante popular. Porém, para uma produção em larga escala, é inconcebível a ideia de que processos manuais sejam o essenciais na lavagem. Dessa forma, os equipamentos responsáveis pela lavagem dos recipientes são bem mais robustos.



**Figura 3 - Lavadora de garrafas de pequeno porte com capacidade de 12 vasilhames (Anon., 2018).**

Para atender a demanda do mercado, esse tipo de máquina deve ser capaz de lavar milhares de garrafas por hora, e para tal, a máquina conta com uma série de motoredutores, motobombas, válvulas manuais e automáticas, tanques de produtos químicos e de água, filtros, esguichos de lavagem, eixos, engrenagens, mancais, sistema de lubrificação, esteiras, medidores de temperatura e pressão, dentre outros itens essenciais para o funcionamento correto do equipamento.

Máquinas de grande porte que são responsáveis pela assepsia de centenas de milhares de garrafas diariamente como a mostrada na Figura 4, contam com sistemas de controle e automação integrados à toda linha de produção, pois as máquinas são intimamente dependentes umas das outras. Sendo assim, um sistema supervisor mostra um esquema da máquina onde é possível visualizar e controlar o funcionamento de servomotores, encoders, válvulas automáticas e redutores, bem como um painel de controle onde é possível ligar, desligar, reiniciar, movimentá-la manualmente ou até pará-la em caso de emergência. Desse modo, o ser humano é um recurso imprescindível para a operação deste equipamento.





Figura 4 - Lavadora industrial de garrafas (Direct Industry, 2018).

### ***1.2.2 Processo de lavagem***

O processo de lavagem de garrafas em indústrias de grande porte, é bastante complexo pois envolve um grande número de variáveis que convergem em um produto final de alta qualidade: uma garrafa totalmente livre de sujidades. Para que isso ocorra é preciso controlar o tempo e as temperaturas envolvidas na lavagem, além da concentração dos produtos químicos utilizados no processo, para que ao mesmo tempo, não haja desperdício de recursos e a embalagem retornável esteja devidamente esterilizada para receber o líquido à ser envasado (Vieira Afonso, 2008).

Para máquinas semelhantes à descrita acima, o processo de lavagem se dá através de banhos de imersão e esguichamento interno e externo dos vasilhames. O procedimento se inicia com a chegada das garrafas até a LGV. Previamente, os vasilhames vazios vindos do mercado foram retirados de seus respectivos engradados, onde estavam armazenados e foram depositados em uma esteira que os leva até a entrada da máquina (Oliveira Campos, 2015).

Enfileiradas lado à lado, as garrafas são gentilmente inseridas em células plástica semelhante à um copo de fundo “vazado”. Essa colocação se dá através de sistema de

eixo e guias que estão sincronizados com o movimento das células plásticas que também podem ser chamadas de ninhos, que podem ser vistos na Figura 5. Estes estão fixados em um componente de metal preso à duas grandes correias que se deslocam em movimento senoidal e passam por tanques de solução básica e de água.



Figura 5 - Mesa de entrada de garrafas da LGV (Direct Industry, 2018).

A higienização das garrafas se inicia em uma lavagem inicial ou pré-lavagem, onde são retiradas as primeiras sujidades vindas do mercado. Neste ponto, as garrafas passam por um processo de esguichamento interno e externo de solução cáustica. A ação mecânica dos esguichos ajuda na remoção dos rótulos e dos resíduos no interior das garrafas.

Com o movimento senoidal das correias descrito anteriormente, as peças de metal com as células plásticas ali presas e os vasilhames nelas contidos, são totalmente imersas em um banho cáustico de alta temperatura por um período de tempo pré-determinado, como ilustrado na Figura 6, onde as cores vermelha, laranja e verde representam a solução em alta, média e baixa concentração, respectivamente. Já a cor azul representa a água limpa vinda da rede de distribuição.

A solução é composta por água, aditivos e soda cáustica: uma base forte altamente corrosiva que é um excelente detergente e desinfetante. O tempo de imersão visa garantir a retirada de toda sujidade e a temperatura elevada acelera as reações, reduz o consumo de soda e melhora a assepsia, por isso essas variáveis são de extrema

importância. As concentrações das soluções, tempos e temperaturas de lavagem são diferentes para garrafas de água, refrigerante e cerveja (Vieira Afonso, 2008).

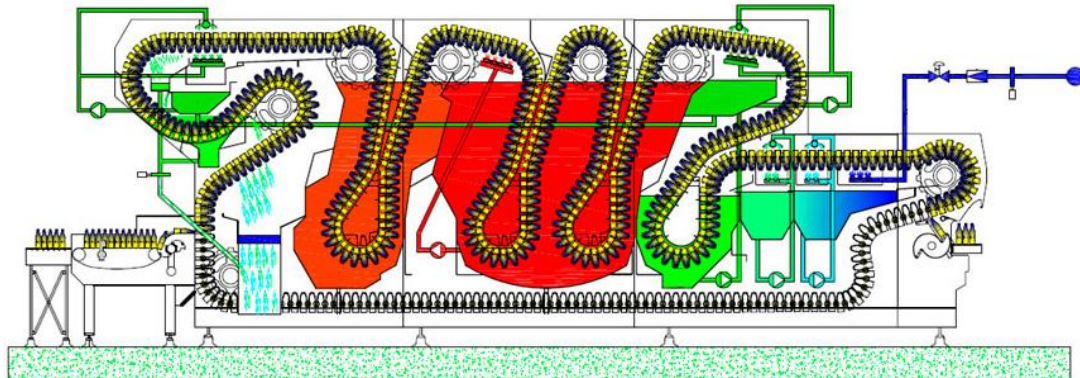


Figura 6 - Vista lateral de uma LTV industrial (LIESS, 2017).

O enxágue é a última etapa do processo de lavagem. As correias continuam se movimentando e imergindo as garrafas em tanques, agora de água. Mais uma vez os esguichos atuam, mas somente com água limpa, que retira qualquer resíduo de soda das paredes internas e externas das garrafas. Ao final da lavagem as garrafas já higienizadas caem dos ninhos por ação da gravidade e são amortecidas por uma chapa metálica chamada bandeirola que se move e deposita os vasilhames em guias que às levam até as esteiras, dando sequência ao processo de envase, ilustrado na Figura 7. Desse modo os vasilhames estão completamente higienizados e livres de quaisquer resíduos físicos, químicos e microbiológicos.



Figura 7 – Mesa de saída das garrafas higienizadas na LGV (Direct Industry, 2018).

Após a lavagem, as garrafas seguem para o inspetor de garrafas vazias, que através de sensores de presença e câmeras, analisa a limpeza e existência de resíduos físicos e químicos dentro dos vasilhames. Se nesta análise não constar nenhum resquício de impurezas as garrafas podem seguir para serem enchidas. Caso contrário, a máquina responsável pela inspeção expulsa as garrafas sujas e estas retornam para a entrada da LGV através de um transporte distinto e o processo se repete (Oliveira Campos, 2015).

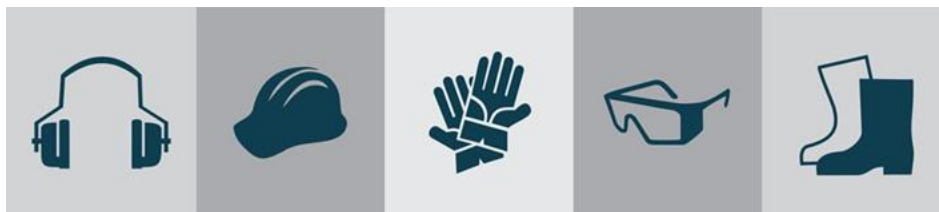
### ***1.2.3 Precauções ao operar a LGV***

Máquinas de grande porte como a lavadora industrial de garrafas exigem conhecimentos específicos para serem operadas havendo assim, a necessidade de capacitar os funcionários responsáveis pelo seu manuseio. É preciso salientar nestes treinamentos os riscos à saúde que estão ali presentes pois o funcionário responsável pela máquina pode sofrer cortes, queimaduras, lesões e até mesmo intoxicação por produtos químicos se os devidos cuidados não forem tomados.

Para realizar qualquer tipo de atividade operacional nesta máquina, a utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) é obrigatória de acordo com a Norma Regulamentadora (NR-6), mas ainda assim, não evita os incidentes. Mesmo com capacete de proteção, luvas anti-corte, calçados com bico PVC, óculos de proteção ilustrados na Figura 8, ainda existem riscos de acidentes.



É importante também frisar o uso de protetores auriculares para evitar danos auditivos à longo prazo proveniente do alto ruído gerado pelo equipamento. Mesmo utilizando todos os EPI's é necessário um alto nível de atenção e concentração na execução das rotinas operacionais mais básicas da máquina. Isso pode evitar desde um pequeno corte na mão quanto a graves queimaduras na pele (Brasil, 2018).



**Figura 8 - Equipamentos de proteção individual necessários para operar uma LGV.**

Os principais riscos que envolvem o trabalhador estão nas tarefas do seu cotidiano. É comum que as garrafas de vidro se quebrem no processo e os cacos podem gerar cortes. Atividades de limpeza também oferecem riscos. Os tanques e filtros de soda cáustica devem ser completamente drenados para um reservatório específico para que estes possam ser abertos e devidamente limpos. Caso contrário, pode haver vazamento de solução que, em contato com a pele, geram feridas.

A LGV também possui diversos motores, mancais e eixos e não é incomum que haja partes móveis expostas. Mesmo com a máquina desligada as atividades de manutenção também oferecem riscos. A troca de peças pesadas é uma atividade corriqueira e necessita talhas e macacos de elevação. Caso a atividade não seja executada da maneira correta, as peças podem ficar mal presas e caírem causando lacerações e prensamentos.

Para prevenir os acidentes, cardans e partes móveis devem estar protegidos. Focélulas de segurança que param partes móveis expostas caso o feixe de luz seja interrompido são essenciais para a segurança, assim como corrimão e guarda corpo nas escadas e passarelas que circundam à máquina. Caso ocorra algum corte ou prensamento é necessário que haja pessoas preparadas para executar os primeiros socorros no próprio local de trabalho. Importante mencionar também o chuveiro de emergência e lava olhos mostrado na Figura 9. Esse equipamento de proteção coletiva deve ser instalado em local estratégico e de fácil acesso e é fundamental para lavar a pele e os olhos em caso de contato com a soda caustica.



Figura 9 - Chuveiro de emergência e lava olhos (Haws Avlis, 2018).

### ***1.3 Manutenção do equipamento***

A manutenção em qualquer tipo de maquinário deve ser realizada por alguém capacitado a fazê-la. Na indústria geralmente há técnicos especialistas em mecânica, elétrica e automação treinados para realizar as atividades de manutenção (XENOS, 1998). Em uma linha de envasamento de bebidas isso é ainda mais crítico, pois como dito anteriormente, a produtividade, ou seja, o volume entregue ao final da produção está diretamente ligado a eficiência dos equipamentos ali instalados. O rendimento da máquina, por sua vez, é inversamente proporcional ao tempo em que a mesma permanece parada.

#### ***1.3.1 Métodos de manutenção***

Manutenções que tem como objetivo restabelecer o funcionamento das máquinas são conhecidas como corretivas, pois a máquina já está avariada, impactando diretamente no processo produtivo. Pode ser aplicada também quando o equipamento apresenta rendimento menor que o esperado, implicando assim em anomalias ali presentes (KARDEC & NASCIF, 2001).

Existem também dois tipos de manutenção que visam atacar o problema antes mesmo que ele aconteça. A manutenção preditiva tem como objetivo encontrar

equipamentos que alertam que haverá falhas em breve, seja por desgaste natural ou forçado de peças. O conceito de desgaste natural está atrelado à vida útil de certo componente. Já o conceito de desgaste forçado implica em ações realizadas erroneamente que aceleram o desgaste do componente (ALMEIDA, 2000).

Esta manutenção é realizada através de rondas periódicas previamente planejadas, onde o técnico responsável inspeciona itens que podem apresentar problemas. Um excelente exemplo é a inspeção de motoredutores. Estes podem apresentar anomalias como ruídos e vibrações excessivas, altas temperaturas, fuga de corrente, altas tensões, falhas no isolamento, falta de óleo lubrificante ou até mesmo problemas com sua viscosidade (OTANI & MACHADO, 2008).

A manutenção preventiva tem certa semelhança com a preditiva no que se refere a rondas de inspeção, mas sua aplicabilidade está principalmente relacionada com falhas de alto custo e que geram fortes impactos negativos no processo de produção (KARDEC & NASCIF, 2001). A manutenção autônoma (principal saída gerada pelo planejamento do ciclo PDCA aqui aplicado), visa delegar grande parte das rotinas de manutenção preventiva e preditiva da máquina ao operador que, diariamente executa rotinas básicas naquele equipamento e certamente o conhece muito bem.

## ***1.4 Objetivos***

Os objetivos apresentados a seguir se dividem em objetivo geral e específico.

### ***1.4.1 Objetivo geral***

O objetivo principal deste trabalho é utilizar da ferramenta de gestão PDCA para obter aprimoramento nos resultados de eficiência de uma linha de envasamento em uma indústria de bebidas.

### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- a) Utilizar da ferramenta de gestão para traçar um plano de ação direcionado a um equipamento específico que apresenta rendimento abaixo do esperado;
- b) Entender o funcionamento de um plano de manutenção e como ele impacta no rendimento da máquina;

- c) Compreender como a criação, revisão e exclusão desses planos afetam a produtividade;
- d) Elucidar o conceito de limpeza profunda e quais são os efeitos do bom estado de conservação do equipamento.

## 2 *Materiais e Métodos*

O trabalho aqui apresentado é resultado do acompanhamento e execução de um projeto que visa aumentar a eficiência em uma linha de envasamento de bebidas, especificamente cerveja. Os materiais e métodos aqui apresentados são saídas da ferramenta de gestão PDCA, que se viu necessária pois haviam graves problemas de eficiência nas máquinas.

### 2.1 *Identificação do problema*

Em uma linha de envase de cerveja retornável, estão presentes as máquinas descritas na Tabela 1, onde também é mostrada a função de cada máquina.

**Tabela 1 - Relação de máquinas de uma linha de envasamento de cerveja retornável.**

<b>Máquina</b>	<b>Função</b>
Despaletizadora	Retira os engradados de vasilhames vazios dos <i>pallets</i> vindos do mercado.
Desencaixotadora	Retira os vasilhames vazios de seus engradados.
Lavadora de garrafas	Faz a assepsia das garrafas para que possam ser utilizadas novamente no envase de cerveja.
Inspetor de garrafas	Inspeciona as garrafas vindas da LGV e garante que apenas garrafas estéreis possam prosseguir.
Enchedora/arrolhador	Enche as garrafas com cerveja e às fecha.
Pasteurizador	Pasteuriza as garrafas com banho de água quente e às resfria posteriormente.
Rotuladora	Aplica os rótulos novos nas garrafas.
Encaixotadora	Insera as garrafas já rotuladas nos engradados.
Paletizadora	Insera os engradados em <i>pallets</i> para que estes possam ir para o mercado como produto acabado.

As máquinas da linha são interligadas por esteiras e são intimamente dependentes, ou seja, o rendimento da linha está diretamente relacionada com a eficiência das máquinas, que por sua vez é refletida no tempo de produção da linha. O



cálculo de eficiência de uma linha ou de um equipamento específico é realizado através da seguinte equação:

$$EF = \frac{TPF}{TEP} \times 100\% \quad (1)$$

Onde, TPF representa as Tempo de Produção Final e TEP as Tempo de Eficiência da Produção. Estas duas variáveis relacionam os tempos em que a linha esteve disponível para produção e o tempo em que a mesma não produziu enquanto deveria estar em pleno funcionamento.

Primeiramente analisa-se o Tempo Total (TT) onde é possível produzir. Em um mês de 31 dias por exemplo, e considerando as 24 horas do dia, o TT equivale à 744 horas. Porém nenhuma linha de produção opera por todo esse período, pois há paradas já estipuladas no mês para atividades de limpeza e manutenção. Além disso, pode não haver a necessidade de produzir ou até mesmo a falta previamente conhecida de algum insumo. Tem-se então o Tempo Disponível (TD) para produção.

Caso haja alguma parada que não seja diretamente relacionada a linha de produção, como a falta de bebida para envase enquanto a linha está disponível, esse valor é descontado do TD, gerando assim o TEP (Tempo de Eficiência da Produção). Porém, se a parada for diretamente relacionada à produção, como falhas elétricas, mecânicas e operacionais, esse tempo é descontado de TEP, gerando TPF (Tempo de Produção Final). A Figura 10 elucida a descrição acima.

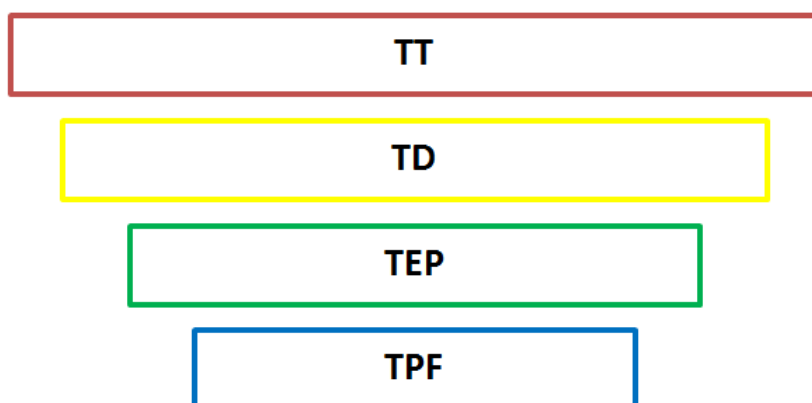


Figura 10 – Análise dos tempos de produção.

A velocidade nominal da linha é estabelecida através da enchedora que, dentre todas as máquinas, possui a menor velocidade de produção. Desse modo, se houver alguma falha com tempo de parada significativo (este varia de equipamento para equipamento), a enchedora também parará, seja por falta de garrafas vazias na sua entrada ou acúmulo de garrafas cheias na sua saída. Se a linha estiver abaixo da velocidade nominal, também há impactos no TPF.

A primeira etapa do PDCA, o **planejamento**, visa primeiramente identificar qual é e onde está o problema. Analisando dados internos obtidos através dos supervisórios dos equipamentos que estão integrados à um *software* específico para coleta de dados, foi possível notar que a produção esperada no ano de 2017 não foi plenamente atendida e este impacto em produtividade da linha está diretamente relacionado à eficiência da mesma, que por sua vez reflete o rendimento das máquinas.

Através do diagrama de Pareto apresentado na Figura 11, nota-se que a menor eficiência está presente na lavadora de garrafas de vidro. Analisando o Pareto da Figura 12, pode-se observar que a LGV também é a máquina mais crítica no que se refere à tempo de parada dos equipamentos.

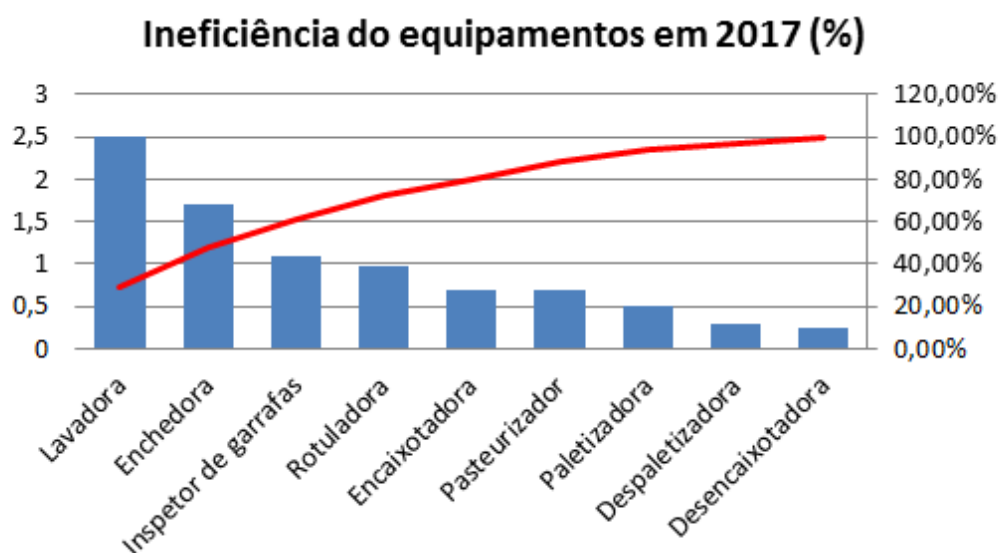


Figura 11 - Diagrama de Pareto do percentual de ineficiência da linha em 2017.

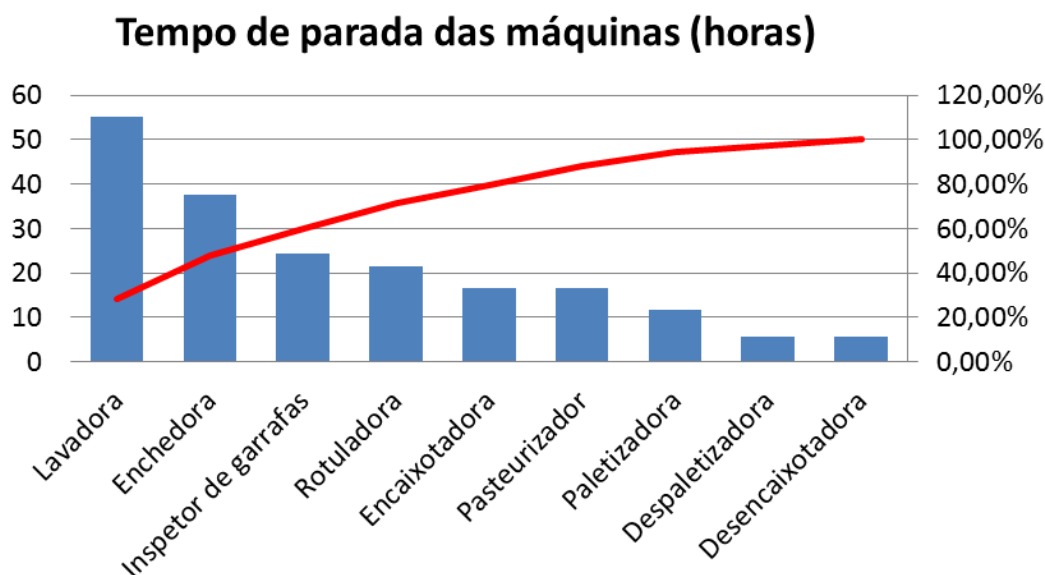


Figura 12 - Diagrama de Pareto dos tempos de paradas dos equipamentos em 2017.

Por ser uma máquina de grande porte, a LGV foi setorizada em três partes de acordo com os tempos das paradas: mesa de entrada, mesa de saída e extratores de rótulos. Cada segmento é analisado separadamente e priorizado de acordo com seus impactos negativos em rendimento.

Visando sanar este problema, buscou-se boas práticas em outras unidades fabris onde este problema existia e foi corrigido. A saída dessas boas práticas relacionava à manutenção técnica do equipamento e ao seu estado de conservação, ou seja, à sua limpeza.

### ***2.1.1 Limpeza profunda e inspeção***

Foi instaurado então o conceito de limpeza profunda e inspeção atrelado a manutenção autônoma. O objetivo é que o operador detecte anomalias no equipamento através da limpeza aprofundada e do reaperto das peças que é necessário em função das vibrações. Isso se deu pois a higienização realizada anteriormente não era efetiva e avarias que poderiam gerar falhas futuras passavam despercebidas.

Limpando a máquina com mais critério, espera-se que esta se mantenha em um estado de conservação melhor, impactando positivamente no seu rendimento. Além disso, reduz-se a frequência da manutenção preditiva realizada pelos técnicos, já que parte deste trabalho é agora realizada pelos próprios operadores do equipamento que conhecem melhor que ninguém, sua própria máquina. Com isso os técnicos tem mais

tempo para realizar outras rotinas de manutenção, colaborando também com o desempenho da linha.

O objetivo aqui é atacar o desgaste forçado de componentes, isto é, o desgaste proveniente da má execução das rotinas operacionais, visto que as rotinas corretas são padronizadas assim como os parâmetros de temperatura das soluções dentro dos tanques e concentração de químicos. Obviamente os operadores são treinados até que estejam capacitados para realizar tais rotinas.

### ***2.1.2 Troca mandatária de componentes***

Em paralelo ao conceito de limpeza profunda e inspeção, existe o entendimento que é necessário trocar peças críticas do equipamento com certa frequência, independentemente do seu estado de conservação. A inspeção preventiva é essencial para detectar problemas eminentes, mas a troca mandatária evita a falha de componentes críticos que causam grandes paradas.

A troca obrigatória de peças pode ser melhor visualizada em manutenção de aviões, onde não pode haver falhas de modo algum. De fato há impactos nos custos pois há compra e troca de novas peças periodicamente, independentemente do seu estado de conservação. Um rolamento, por exemplo, pode aparentar bom funcionamento aos 3 anos de uso, mas se a vida útil desse equipamento for de 2 anos, este já deveria ter sido trocado pois poderia ter apresentado um problema anteriormente e por sorte não ocorreu. Isso aumenta a confiabilidade do equipamento e da linha como um todo.

Estas atividades de troca visam sanar o problema gerado pelo desgaste natural das peças visto que a linha de produção funciona geralmente 24 horas por dia, por pelo menos 6 dias na semana, já que o sétimo dia é destinado a manutenção dos equipamentos. O desgaste dos componentes se dá geralmente devido às altas temperaturas, contato dos componentes com produtos químicos corrosivos, mas principalmente por atrito. Em esteiras, rodas dentadas e guias de deslize, isso é bastante expressivo visto que, literalmente milhões de garrafas passam por ali em um período curto de uma semana por exemplo.

## 2.2 *Plano de ação*

Visto que o problema está na eficiência da LGV da linha e, a frente utilizada para solucionar esta adversidade é implementar práticas de manutenção que relacionam a limpeza eficiente da máquina e a troca de peças críticas, define-se o **plano de ação** que será executado em sequência.

Todas as atividades de manutenção realizadas nesta indústria em questão, seja no setor de envasamento ou de produção do líquido, vêm através de ordens de serviços (OS). Estas são geradas por planos de manutenção através de um *software* e são encaminhadas para os executantes. Existem inúmeros tipos distintos de planos de manutenção e cada um gera ordens iguais periodicamente. Logo, os dados mais importantes para a criação de um plano são: tipo de plano, periodicidade da atividade, tempo gasto para execução da OS, custo (se houver), procedimento descritivo da atividade e *checklist* para acompanhamento.

As atividades de limpeza também são provenientes de OS e os planos que as geram, também possuem os parâmetros citados (com exceção do custo pois não há troca de peças). Porém, sabendo que as atividades já realizadas não atendem os novos objetivos, estes itens devem ser revisados, adequando assim o procedimento descritivo à nova realidade instaurada e conseqüentemente o *checklist* de acompanhamento. Com a revisão destes dois itens, é possível que alguns pontos da máquina sejam incluídos para limpeza, alterando também o tempo de execução da atividade e a periodicidade que as OS são geradas pelos planos.

### 2.2.1 *Dia da limpeza profunda e inspeção – Dia D*

Todo tipo de revisão deve ser realizada com cautela e com parâmetros bem definidos. Para a limpeza não é diferente. O conceito de “Dia D” tem dois grandes objetivos: detectar pontos de sujidades na máquina não contidos no *checklist* para que possam ser implementados e analisar anomalias na máquina que impactam não só em rendimento do equipamento, mas que geram sujidade constantemente. Assim é possível sanar essas anomalias evitando que a sujidade se propague, melhorando o estado de conservação do equipamento.

O Dia D é um evento. A sua execução ocorre esporadicamente e conta com o auxílio dos operadores da máquina, técnicos mecânicos e eletricitas e até mesmo do líder do time, em uma equipe de aproximadamente 7 pessoas. A limpeza é executada

por todos e é feita detalhadamente. O resultado pode ser visto nas Figura 163 a 19 a seguir. São utilizadas esponjas, panos, vassouras e um sabão industrial específico para atingir o nível de criticidade exigido neste evento.

Como a LGV foi setorizada em três segmentos, foram realizados “Dias D’s” na mesa de entrada de garrafas, a mesa de saída e no setor de extração de rótulos. Este último é bastante crítico pois o sistema de esteiras (malhas) que pegam os rótulos soltos dentro do tanque de solução estão em contato com sujidade todo o tempo.



Figura 13 - Braço de acionamento da bandeira. Antes e depois do Dia D.



Figura 14 - Motoredutor da esteira na mesa de saída. Antes e depois do Dia D.





Figura 15 - Roda de tração da esteira da mesa de entrada. Antes e depois do Dia D.



Figura 16 - Braço de acionamento do eixo das unhas na mesa de entrada. Antes e depois do Dia D.



Figura 17 - Estrutura da malha do extrator de rótulos. Antes e depois do Dia D.



Figura 18 - Estrutura da malha do extrator de rótulos. Antes e depois do Dia D.



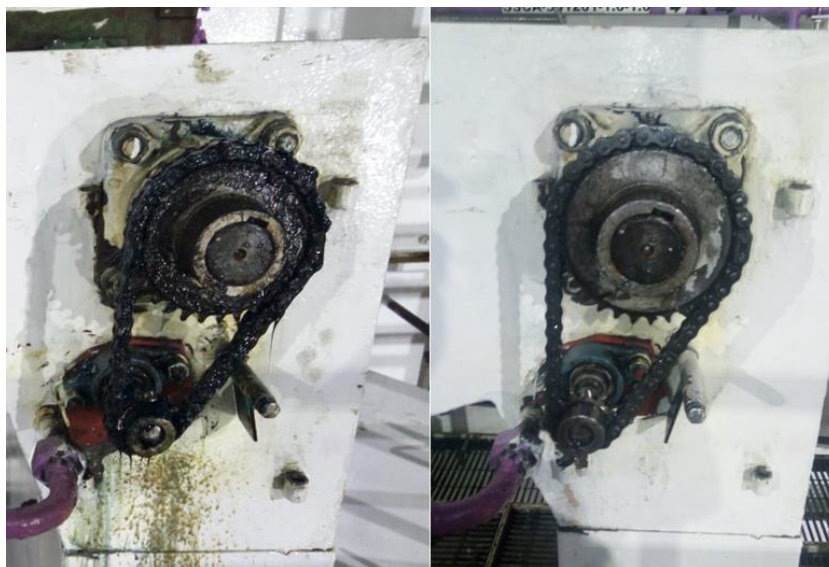


Figura 19 - Mancal do eixo da malha de extração de rótulos. Antes e depois do Dia D.

É importante frisar que, por ser um grande acontecimento, o Dia D deve ser muito bem **planejado**, ou seja, deve-se levar em consideração a disponibilidade de materiais de limpeza e de recursos humanos para executar a atividade pois os responsáveis têm outras demandas à serem realizadas. Também é imprescindível que este evento ocorra quando a linha estiver desprogramada para produção, seja para manutenção semanal ou por falta de insumos, como por exemplo a falta de vasilhames, o que é absolutamente normal.

### ***2.2.2 Revisão dos planos de manutenção***

Depois da execução do Dia D, das lacunas levantadas no *checklist* e procedimento descritivo, das anomalias detectadas e relatadas no sistema para serem posteriormente tratadas, chega o momento de revisar os planos de manutenção e adequá-los ao projeto. Assim, o *software* que gerencia os planos, irá gerar ordens de serviço mais efetivas.

A LGV possui diversos planos de manutenção que visam cercá-la de todas as formas para atacar possíveis problemas. Na Tabela 2 estão alguns dos planos em questão:

Tabela 2 - Exemplo de planos existentes da LGV.

Nome	Tipo	Local	Atividade	Responsável
Plano A1	Manutenção preventiva	LGV	Manutenção preventiva de servomotores	Téc. Automação
Plano B2	Inspeção preventiva	LGV	Realizar backup em PLC	Téc. Automação
Plano C3	Inspeção preventiva	LGV	Inspeção de pressostato	Téc. instrumentação
Plano D4	Inspeção preventiva	LGV	Inspeção de alinhamento e desgaste	Téc. Mecânico
Plano E5	Calibração de equipamento.	LGV	Calibrar condutivímetro	Téc. instrumentação
Plano F6	Inspeção preventiva	LGV	Inspeção preventiva de motores	Téc. Eletricista
Plano G7	Troca mandatária	LGV	Troca de lubrificante dos redutores	Operador

A LGV possui muitos outros planos além dos mostrados na Tabela 2. Alguns desses planos foram revisados e através da análise do histórico de troca e do conhecimento técnico das pessoas que trabalham diariamente no equipamento, alguns destes planos deixaram de ser apenas de inspeção e passaram a ser de troca mandatária, como por exemplo o Plano D4 citado anteriormente. As guias das esteiras, antes contempladas por este plano, agora são mandatoriamente trocadas periodicamente.

Porém o foco principal do projeto é a revisão dos planos de limpeza e a criação de planos de troca mandatária. A Tabela 3 exemplifica algumas atividades antes da revisão do checklist, enquanto a Tabela 4 mostra as alterações realizadas nas descrições das atividades, entre outras mudanças.

Tabela 3 - Descrição das atividades de limpeza antes da revisão.

Local	Frequência	Método	Condição	Tempo
Esguichos de pré-lavagem	Diário	Desobstruir com auxílio de arame. Jatear com água e verificar se há vazamentos.	Parada	30
Tanque de pré-lavagem	Diário	Jatear com água. Verificar se há vazamentos.	Parada	30
Tanque de enxágue final	Diário	Jatear com água. Verificar se há vazamentos.	Parada	30
Filtros do	Diário	Jatear com água.	Rodando	10

extrator 1, 2 e 3				
Filtro do sistema de pré-enxágue	Diário	Jatear com água.	Rodando	10
Tanques 1 ao 5	Semanal	Jatear com água. Verificar se há vazamentos na estrutura.	Parada	120
Esguicho fixos	Semanal	Desobstruir com auxílio de arame. Jatear com água e verificar se há vazamentos.	Parada	30
Esguicho rotativo	Semanal	Desobstruir com auxílio de arame. Jatear com água e verificar se há vazamentos.	Parada	30
Quadro de comando	Semanal	Limpar com pano úmido	Parada	5
Mesa de entrada	Quinzenal	Jatear com água e sabão. Verificar as esteiras e guias de deslize.	Parada	30
Mesa de saída	Quinzenal	Jatear com água e sabão. Verificar as esteiras e guias de deslize.	Parada	30
Malha de rótulos 1, 2 e 3	Quinzenal	Movimentar as malhas e jatear com água e sabão. Verificar estado da malha.	Parada	120
Guias de descida de garrafas	Quinzenal	Jatear com água e sabão.	Parada	30

**Tabela 4 - Descrição das atividades de limpeza depois da revisão.**

Local	Frequência	Método	Condição	Tempo
Esguichos de pré-lavagem	Diário	Desobstruir com auxílio de arame. Retirar as tampas e jatear com água. Verificar se há vazamentos, tricas e o alimento com a garrafa. Se necessário, reapertar com chave combinada 13 mm e chave allen 5 mm.	Parada	30
Tanque de pré-lavagem	Diário	Jatear com água. Verificar se há vazamentos na estrutura dos tanques e nas escotilhas (borrachas, tirantes e cadeados. Limpar a	Parada	30

		escotilha e as bandejas com pano e bucha.		
Tanque de enxágue final	Diário	Jatear com água. Verificar se há vazamentos na estrutura dos tanques e nas escotilhas (borrachas, tirantes e cadeados. Limpar a escotilha e as bandejas com pano e bucha.	Parada	30
Filtros do extrator 1, 2 e 3	Diário	Limpar sua estrutura externa com bucha e pano. Jatear o interior do filtro com água, retirando toda a sujeira. Verificar conservação das borrachas de vedação e dos tirantes. Se necessário, reapertar os tirantes manualmente de maneira intercalada.	Rodando	20
Filtro do sistema de pré-enxágue	Diário	Limpar sua estrutura externa com bucha e pano. Jatear o interior do filtro com água, retirando toda a sujeira. Verificar conservação das borrachas de vedação e dos tirantes. Se necessário, reapertar os tirantes manualmente de maneira intercalada.	Rodando	20
Tanques 1 ao 5	Semanal	Jatear com água. Verificar se há vazamentos na estrutura dos tanques e nas escotilhas (borrachas, tirantes e cadeados. Limpar a escotilha e as bandejas com pano e bucha.	Parada	120
Esguicho fixos	Semanal	Desobstruir com auxílio de arame. Retirar as tampas e jatear com água. Verificar se há vazamentos, tricas e o alimento com a garrafa. Se necessário, reapertar com chave combinada 13 mm e chave allen 5 mm.	Parada	30
Esguicho rotativo	Semanal	Desobstruir com auxílio de arame. Retirar as tampas e jatear com água. Verificar se há vazamentos, tricas e	Parada	30

		o alimento com a garrafa. Se necessário, reapertar com chave combinada 13 mm e chave allen 5 mm.		
Quadro de comando	Semanal	Limpar com pano úmido inspecionando botões, botoeiras, chaves seccionadoras e conectores	Parada	10
Mesa de entrada	Quinzenal	Jatear com água e sabão a parte superior e inferior da mesa. Inspeccionar guias de deslize, unhas, perfis, rodas de tração e retorno e esteiras.	Parada	40
Mesa de saída	Quinzenal	Jatear com água e sabão a parte superior e inferior da mesa. Inspeccionar guias de deslize, unhas, perfis, rodas de tração e retorno e esteiras.	Parada	40
Malha de rótulos 1, 2 e 3	Quinzenal	Retirar o excesso de rótulos das malhas, movimentá-las e jatear com água e sabão. Limpar os mancais dos redutores com pano para retirar o excesso de graxa. Identificar rasgos na malha e desgaste excessivo nas guias de deslize.	Parada	180
Guias de descida de garrafas	Quinzenal	Jatear com água e sabão tanto a parte interna quanto externa das guias (embaixo da máquina). Verificar se há avarias ou desgaste excessivo.	Parada	30
Motobombas do sistema de esguicho de soda	Mensal	Limpar com pano úmido a carcaça do mesmo e a estrutura onde ele está localizado. Verificar sua fixação na estrutura e se necessário, reapertar com chave combinada 19 mm. Verificar também se há avarias nos cabos e conectores.	Rodando	15
Motobombas da turbina 1, 2 e 3	Mensal	Limpar com pano úmido a carcaça do mesmo e a estrutura onde ele está localizado. Verificar sua fixação na estrutura e se necessário,	Rodando	15

		reapertar com chave combinada 19 mm. Verificar também se há avarias nos cabos e conectores.		
Motobombas do sistema de pré-lavagem	Mensal	Limpar com pano úmido a carcaça do mesmo e a estrutura onde ele está localizado. Verificar sua fixação na estrutura e se necessário, reapertar com chave combinada 19 mm. Verificar também se há avarias nos cabos e conectores.	Rodando	15
Motobombas de limpeza do sistema das malhas	Mensal	Limpar com pano úmido a carcaça do mesmo e a estrutura onde ele está localizado. Verificar sua fixação na estrutura e se necessário, reapertar com chave combinada 19 mm. Verificar também se há avarias nos cabos e conectores.	Rodando	15

Nota-se que a principal mudança se refere a descrição das atividades, sendo elas agora mais detalhadas. As atividades de reaperto, que antes eram geradas por um plano específico para isso, agora estão contempladas na limpeza profunda. Logo, não havendo mais a necessidade de um plano de reaperto, este foi excluído.

É possível observar também que algumas atividades foram inseridas. Isso se deu pois notou-se que a limpeza de determinado ponto, poderia favorecer o rendimento da máquina, já que agora seria possível detectar ruídos e vibrações anormais nas motobombas incluídas no *checklist*. Além disso alguns “tempos de execução” foram aumentados, já que a atividade exige mais rigor para ser realizada.

A revisão de planos é extremamente importante pois são repensadas as estratégias de manutenção. Revisando os tipos de atividade, o direcionamento é mais preciso, menos tempo é perdido e a máquina apresenta *performance* melhor. A exclusão de planos visa não só deixar a lista de planos mais enxuta mas principalmente evitar a duplicidade de atividade, diminuindo o desperdício de tempo na execução. Finalmente, a criação de novos planos visa abranger os pontos que os outros planos não cobrem.

### 2.2.3 Criação dos planos de manutenção

A elaboração dos planos demanda análise de desgaste, peças necessárias e periodicidade de execução. A primeira vista, pode-se dizer que determinado item de desgaste precisa ser trocado com certa frequência pois este se deteriora naturalmente. Na maioria dos casos isso faz sentido e o item é trocado na frequência estipulada pelo fabricante. Porém a análise deve ser profunda, e algumas perguntas devem ser feitas, principalmente para planos de troca mandatória, pois há impacto nos custos.

- Esta peça realmente precisa ser trocada obrigatoriamente nessa frequência?
- O item pode ser apenas inspecionado e a troca ser feita somente se for necessário?
- A periodicidade da troca pode ser maior que a estipulada pelo fabricante?
- Qual será o custo destas peças?
- Os impactos positivos são economicamente viáveis?
- Os impactos negativos que a falta desse plano está causando são significativas?

Sendo assim, os seguintes planos mostrados na Tabela 5 foram criados.

**Tabela 5 - Novos planos de manutenção criados.**

Nome	Tipo	Local	Atividade	Periodicidade	Responsável
Plano H8	Troca mandatória	LGV	Troca da malha principal do extrator de rótulos	4 anos	Téc. Mecânico
Plano I9	Troca mandatória	LGV	Troca dos selos das bombas de soda	6 meses	Téc. Mecânico
Plano J10	Inspeção preventiva	LGV	Inspeção das borrachas de vedação dos tanques de soda	6 meses	Operador
Plano K11	Troca mandatória	LGV	Troca das rodas de tração e retorno	2 anos	Operador
Plano L12	Troca mandatória	LGV	Troca das unhas na mesa de entrada	1 ano	Operador
Plano M13	Troca mandatória	LGV	Troca das guias de deslize na mesa de entrada	2 anos	Operador
Plano N14	Troca mandatória	LGV	Troca das guias de deslize na mesa de saída	2 anos	Operador
Plano O15	Troca mandatória	LGV	Troca das esteiras na mesa de entrada	2 anos	Operador
Plano P16	Troca mandatória	LGV	Troca das esteiras na mesa de saída	2 anos	Operador

Plano R17	Troca mandatória	LGV	Troca das ponteiras na mesa de saída	1 ano	Operador
Plano S18	Troca mandatória	LGV	Troca das bandeiras na mesa de saída	2 anos	Operador

Alguns destes planos foram analisados mais de uma vez para chegar o mais próximo possível de um ponto ótimo e ainda assim, podem ser reanalisados para implementação de melhorias. O plano J10 listado acima à priori foi concebido como um plano de troca obrigatória. Depois da análise aprofundada dos técnicos, foi estipulado que estes itens deveriam ser trocados apenas se estivessem em mal estado de conservação quando inspecionados anualmente. Essa periodicidade saiu do histórico de troca registrada no sistema da fábrica, que constava apenas 23 borrachas trocadas em 5 anos.

A LGV tem 25 escotilhas de vedação dos tanques. Logo não faz sentido que a troca dessas 25 vedações sejam feitas anualmente. Apesar das borrachas permanecerem em contato com solução cáustica quente, presente no interior da LGV, a inspeção é suficiente para detectar rompimentos e desgastes.

A maioria dos planos listados acima, são de troca mandatória de itens de desgaste. As unhas da mesa de entrada, que são usadas para empurrar as garrafas para dentro das células plásticas, as guias de deslize, as esteiras, rodas de tração e retorno das esteiras, as ponteiras e bandeiras, que recebem a garrafa já limpa que sai da célula plástica na saída da LGV são alguns dos itens que se deterioram pelo atrito das centenas de milhares de garrafas que passam por eles. Algumas dessas peças como unhas e ponteiras, são feitas de plástico duro e resistente. Já as bandeiras e esteiras são feitas de aço inox e ainda assim apresentam desgastes.

Além do desgaste natural já esperado, pode haver desgaste forçado deste itens. Notou-se que as ponteiras estavam se deteriorando em um período menor que o esperado. A ferramenta “5 porquês” ajuda a encontrar a causa fundamental através de perguntas interdependentes. Sua aplicação pode ser vista na Tabela 6.

**Tabela 6 - Ferramenta 5 porquês.**

<b>Problema</b>	Desgaste prematuro das ponteiras na saída da LGV
<b>1º porquê</b>	Cacos de vidro estão acelerando o desgaste das peças
<b>2º porquê</b>	Estouro de garrafas dentro da máquina



<b>3º porquê</b>	Parâmetros de temperatura dos tanques fora do padrão operacional		
<b>4º porquê</b>	Operadores sem conhecimento completo do padrão operacional		
<b>5º porquê</b>	Operadores com pouco tempo de experiência		
<b>Ação</b>	Remanejar operadores entre os turnos para	Supervisor José da Silva	15 de Agosto de 2018
<b>Responsável</b>	homogeneizar o conhecimento e retreiná-los no		
<b>Prazo</b>	procedimento de ajuste de temperatura do equipamento.		

As ações devem ter um dono para executá-la e uma data de conclusão. Depois de realizada, deve-se realizar um acompanhamento da ação tomada para garantir que o problema foi realmente solucionado. Em caso de insucesso, uma nova análise deve ser realizada e conseqüentemente um novo “5 porquês”.

A análise bem feita leva em consideração ferramentas de gestão, observação do histórico de trocas e conhecimento técnico de quem trabalha diariamente com o equipamento. Isso evita que o trabalho precise ser refeito futuramente e gastos desnecessários visto que, agora, a periodicidade da troca pode ser maior.

### ***2.3 Verificação da efetividade dos planos e atividades de limpeza***

Depois de implementados, os planos devem ter sua aplicabilidade verificada, dando seqüência a **terceira etapa do ciclo PDCA**. É importante frisar que a revisão e criação de planos de manutenção é um processo longo. Dessa forma, alguns planos revisados já estavam aptos a serem aplicados enquanto alguns ainda estavam em elaboração.

Nota-se que em certos momentos, tanto a execução do planejamento quanto a sua verificação andam em paralelo. Tal fato se dá tanto pelo longo fluxo de criação e revisão dos planos quanto pela dificuldade de estabelecer um ponto ótimo. Isso faz com que seja necessário analisar o plano diversas vezes até que este possa fazer parte do sistema interno da companhia e gerar as ordens de serviço adequadas que serão posteriormente executadas pelos técnicos e operadores responsáveis.

Acompanhar os resultados mensalmente e principalmente instaurar os aprendizados obtidos na forma de padrões técnicos fazem parte das duas últimas etapas do ciclo PDCA. O estágio de verificação e de padronização se encontram na sessão a seguir.

## **3 Resultados e Discussões**

O primeiro dos três resultados significativos deste trabalho se dá através da observação do ganho em eficiência na LGV. O segundo, pela diminuição dos tempos de paradas na máquina, melhorando assim, o desempenho da linha como um todo. Finalmente, o terceiro resultado expressivo se dá pelo fechamento do ciclo PDCA através da padronização dos bons resultados obtidos juntamente com as lacunas levantadas no projeto.

### 3.1 Eficiência da LGV

O projeto aqui descrito foi concebido ao final de 2017 e implementado no início de 2018, mais precisamente no mês de março. Os dados foram obtidos por coleta automática através dos supervisórios da linha de envasamento de cerveja.

Através dos dados obtidos, foi possível obter o gráfico mostrado na Figura 20.

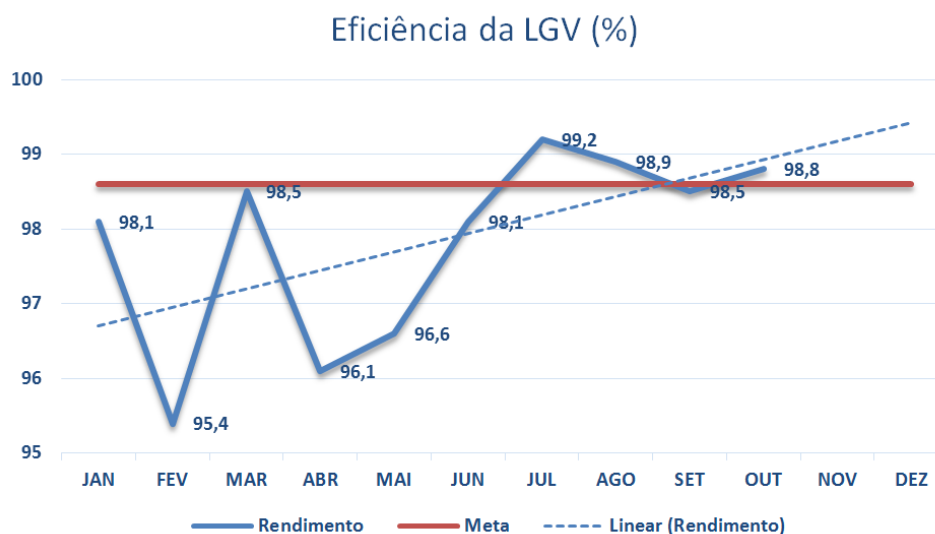


Figura 20 - Gráfico de rendimento da LGV e tendência.

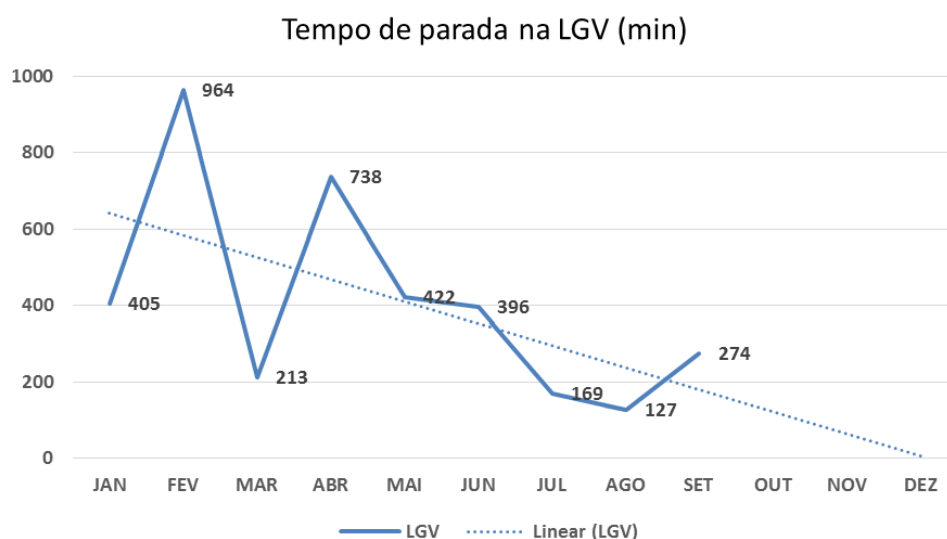
É possível notar que a eficiência da LGV iniciou o ano de 2018 abaixo da meta de 98,6% e apresentou brusca queda em fevereiro devido à problemas mecânicos no equipamento. No início de março foi então implementado o projeto aqui descrito e os resultados começaram a aparecer ao longo daquele mês. Porém, o modo como o projeto foi implementado não era totalmente sustentável pois demandava um longo tempo de execução da operação que não estava disponível. O resultado no mês de abril é fruto dos erros cometido no início dessa implementação.

Visto que o projeto estava ao ponto de fracassar, este foi revisado mais de uma vez de modo que se tornasse sustentável. Os *checklist* de limpeza profunda e inspeção foram novamente reavaliados com o intuito de otimizá-los. Já alguns planos de troca mandatória foram transformados em planos de inspeção preventiva. Foi estipulado também que o tempo direcionado para a execução dessas atividades deveria ser maior, iniciando uma mudança cultural na mentalidade dos operadores quanto à manutenção do bom estado de conservação da máquina. Assim, estes tinham mais tempo para executar as atividades de limpeza e manutenção ao longo do mês.

A partir de então, obteve-se resultado crescente no rendimento do equipamento, atingindo a meta e mantendo-se acima da mesma. Isso é evidenciado pela linha de tendência mostrada na Figura 20. Os resultados de novembro e dezembro de 2018 ainda não foram obtidos.

### 3.2 *Tempos de paradas*

Como dito anteriormente, os tempos de paradas de todos os equipamentos influenciam diretamente no número de garrafas produzidas em um certo período de tempo, que por sua vez, impacta no rendimento da linha como um todo. No acompanhamento mostrado na Figura 21 é possível ver os tempos de paradas na LGV propriamente dita. Já na Figura 22 o acompanhamento pode ser visto por setores.



**Figura 21 - Tempo de parada da LGV.**

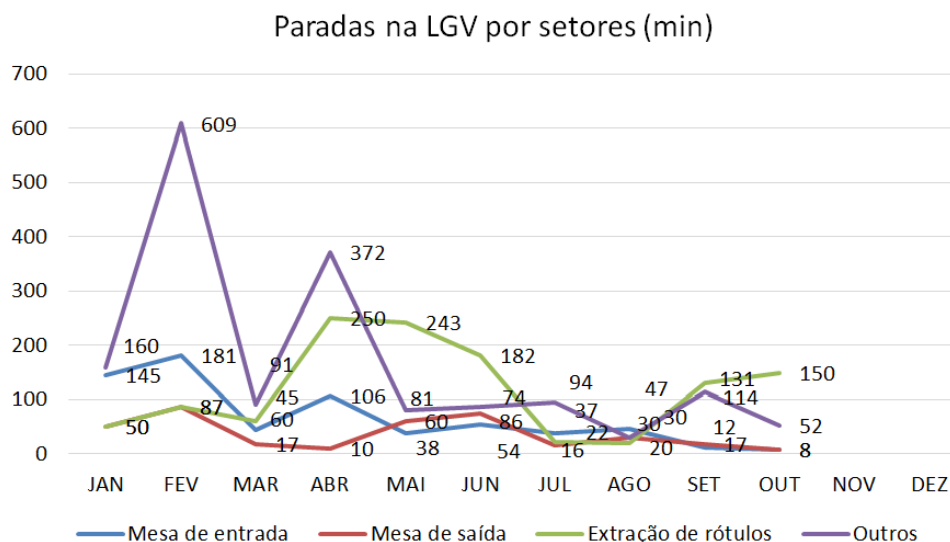


Figura 22 - Tempo de parada da LGV por setores.

Na mesa de entrada, onde foi o foco inicial do projeto, é possível notar que houve uma redução significativa nos tempos de parada ao longo do ano. Na mesa de saída também houve redução com leve alta nos meses de Maio e Junho. Já no setor de extração de rótulos da LGV, onde a priorização foi tardia, é possível observar aumento nos tempos de parada entre Abril e Junho. A partir desse ponto, finalizados os setores de entrada e saída, o foco foi direcionado para este ponto. Os “Dias D’s” foram executados detectando anomalias que seriam posteriormente tratadas.

Observando os meses de Setembro e Outubro, nota-se um aumento no tempo de parada. Isso se deve ao excesso de rótulos retirados que permanecem imersos nos tanques e acabam aderindo as garrafas. Isso acaba causando expulsão no inspetor de garrafas, que as retorna para a relavagem. Os rótulos permanecem ali pois a malha responsável por captar estes resíduos está danificada, apresentando diversos rasgos. Como essa malha tem alto custo, a sua compra foi priorizada para o ano de 2019, já que o orçamento de 2018 já está fechado. Os rasgos nas malhas foram causados por um desgaste nas guias de apoio da mesma. Este foi observado durante a limpeza profunda e inspeção. Além disso, houve falhas operacionais na execução dos *checklists* revisados que serão abordados na próxima sessão.

Analisando a curva referente as outras paradas na Figura 22 é possível notar uma queda significativa ao longo dos meses de 2018. Porém há dois grandes picos em Fevereiro e Abril. Estes picos foram causados por constantes desarmes elétricos no CCM da linha, falhas no supervisório que controla a máquina, vazamentos de solução

mas principalmente pelo rompimento da corrente que realiza o movimento senoidal entre os tanque da LGV. Sanados os problemas pontuais, o comportamento da curva é descendente pois a limpeza profunda nos setores citados da máquina afeta indiretamente o comportamento da máquina como um todo.

### 3.3 *Padronização e lacunas*

Finalizando o ciclo PDCA, a etapa **atuar** está relacionada com a padronização dos aprendizados obtidos e listar as lacunas levantadas ao longo do processo para que, na execução da próxima iteração do ciclo, estas sejam sanadas.

A padronização se deu através das próprias etapas do processo através da revisão dos procedimentos de execução das atividades e dos *checklists* oriundos dos planos de manutenção. Estes planos agora fazem parte do sistema interno da indústria e periodicamente são geradas ordens de serviço direcionada aos operadores da LGV e aos técnicos mecânicos e eletricitas responsáveis pelas atividades de limpeza e manutenção. Estes são os principais beneficiados pela padronização dos conhecimentos adquiridos ao longo do projeto, visto que o objetivo é o aumento da eficiência do equipamento e conseqüentemente facilitar as rotinas dos envolvidos.

Outro ponto positivo está relacionado ao estado de conservação da lavadora de garrafas. Além da máquina se manter limpa por mais tempo, a pintura da estrutura externa foi revitalizada, como mostra a Figura 23. Isso só foi possível graças ao tratamento de anomalias. Diversos vazamentos de solução caustica próximo às malhas dos extratores de rótulos foram sanadas. Estas danificavam a pintura da estrutura externa da LGV.



Figura 23 - Revitalização da pintura dos redutores na mesa de entrada.

Além disso, foi instalado um sistema de iluminação para facilitar o trabalho dos operadores da máquina, como mostrado na Figura 24 pois havia locais de difícil acesso com iluminação deficiente, como pode ser visto na Figura 25. Os organizadores de cabeamento colocados nos redutores também facilita a limpeza do equipamento.



Figura 24 - Lateral da LGV depois da pintura e instalação de refletores



Figura 25 - Lateral da LGV antes da pintura e iluminação.

Porém algumas lacunas foram observadas ao longo da execução do projeto. Nas análises de eficiência e tempos de paradas realizada acima, houve problemas pontuais nos meses de Fevereiro e Abril. Problemas como desarmes de armários elétricos, travamento de redutores e parâmetros inadequados na execução das rotinas operacionais, contribuíram negativamente para o aumento da eficiência ao longo do ano de 2018. Estas adversidades poderiam ser observadas ao longo do planejamento e não foram, mostrando lacunas no planejamento estratégico.

A segunda grande lacuna encontrada foi durante a execução das atividades de limpeza e inspeção profunda. Os supervisores são os responsáveis por garantir que os operadores das máquinas executem suas atividades nos seus respectivos turnos. Eles verificam se o responsável pela execução da atividade está seguindo o procedimento de execução e preenchendo o *checklist* como descrito no padrão da atividade, no qual o

operador foi previamente treinado. Nem sempre os requisitos estavam sendo cumpridos e isso também afeta o rendimento do equipamento, pois o bom estado de conservação da LGV não é mantido, anomalias não são encontradas e conseqüentemente, não são tratadas.

Neste momento o ciclo PDCA se fecha. Os aprendizados obtidos foram padronizados no sistema interno da fábrica e passados como treinamento, para todos os membros da linha de envasamento. Já as lacunas levantadas servem de insumo para um novo PDCA, visto que a cada novo ciclo, a ferramenta se torna mais complexa, assim como os novos problemas.

A Tabela 7 mostra a síntese dos principais pontos apresentados em cada uma das etapas do ciclo PDCA neste trabalho.

**Tabela 7 - Síntese do ciclo PDCA.**

<b>Etapa</b>	<b>Pontos levantados</b>
Plan	Identificação do problema de eficiência na LGV através de ferramentas de gestão. Planejamento estratégico: implantação do conceito de manutenção autônoma, Dia D, revisão de planos de manutenção e atividades de rotina operacional.
Do	Treinamento da operação e liderança quanto a implantação do projeto. Dia D. Levantamento dos pontos de limpeza. Detecção de anomalias. Execução da revisão dos planos, incluindo materiais de troca e valores das peças.
Check	Análise de resultados de eficiência e tempos de paradas da máquina. Verificação da execução das atividades de limpeza anteriormente revisadas. Análise de indicadores relacionados às rotinas operacionais que impactam diretamente em eficiência.
Act	Padronização dos planos de manutenção criados. Melhoria estrutural do equipamento em pintura e iluminação Lacunas em execução do Dia D e atividades de limpeza.

#### **4 Conclusões**

A realização do projeto apresentado neste trabalho possibilitou um aumento significativo na eficiência de uma linha de produção em uma indústria de bebidas, e especificamente do seu equipamento mais crítico: a lavadora de garrafas de vidro. Através do método PDCA, foi possível identificar as lacunas de rendimento, traçar um plano de ação eficaz, executá-lo com o auxílio de um time de pessoas qualificadas, verificar a execução e conseqüentemente os resultados obtidos através do mesmo e finalmente padronizar os aprendizados adquiridos.

Foi traçado o plano de ação, mesclando atividades de limpeza profunda e troca de itens de desgaste no equipamento, evitando falhas que provocam a parada da linha, interrompendo sua produção.

No que se refere às atividades de limpeza, os procedimentos de execução das tarefas foram revisados de modo que ficassem mais detalhados citando materiais de limpeza e ferramentas necessárias, instruções para reaperto e pontos de inspeção para identificar anomalias. Além disso, mais itens foram incluídos visando cobrir todo equipamento e aumentar a sua confiabilidade.

Quanto à criação dos planos de manutenção, estes são majoritariamente de troca mandatória de itens de desgaste. Estas peças deterioram-se naturalmente, sendo necessário efetuar sua substituição periodicamente independentemente do seu estado de conservação. Apesar da troca de algumas peças ao longo da execução do projeto, a grande maioria ainda não foi realizada pois foram programadas para os próximos anos. Ou seja, o resultado dessa implementação se dá à longo prazo.

O projeto se mostrou bastante efetivo, atingindo os objetivos pré-estabelecidos em sua concepção: aumento em eficiência com atingimento de meta, diminuição dos tempos de parada do equipamento e principalmente a mudança de mentalidade dos operadores das máquinas, que agora enxergam a importância de manter o equipamento sempre em bom estado de conservação.

O conhecimento adquirido ao longo do projeto foi padronizado dentro do sistema de gestão interno da fábrica e será replicado em forma de treinamento nos próximos anos. Algumas lacunas também foram levantadas, como falha da execução de algumas atividades de limpeza e em sua verificação. Estes problemas serão levados em consideração na execução de um novo ciclo PDCA.



## ***Bibliografia***

ALMEIDA, M. T., 2000. *Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade*. [Online]  
Available at: <http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>  
[Acesso em 02 09 2018].

Anon., 2018. *Rincer Lavador De Garrafas De Cerveja*. [Online]  
Available at: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-915960310-rincer-lavador-de-garrafas-de-cerveja- JM>  
[Acesso em 18 09 2018].

Brasil, 2018. *Ministério do trabalho*. [Online]  
Available at: <http://trabalho.gov.br/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>  
[Acesso em 20 09 2018].

Calôba, G. & Klaes, M., 2016. *Gerenciamento de Projetos com PDCA*. s.l.:Alta Books.

Cury, A. & Silveira, D., 2018. *Produção da indústria fecha 2017 com alta de 2,5%, após 3 anos de queda*. [Online]  
Available at: <https://g1.globo.com/economia/noticia/producao-da-industria-fecha-2017-com-alta-de-25-diz-ibge.ghtml>  
[Acesso em 28 08 2018].

Direct Industry, 2018. *LAVADORA DE ÁGUA / AUTOMÁTICA / PARA APLICAÇÕES HIGIÊNICAS / PARA GARRAFAS*. [Online]  
Available at: <http://www.directindustry.com/pt/prod/khs-gmbh/product-21322-865003.html>  
[Acesso em 18 09 2018].

Falconi, V., 2009. *O verdadeiro poder*. Nova Lima: INDG.

Falconi, V., 2013. *Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia*. s.l.:INDG.

Haws Avlis, 2018. *CL-001M*. [Online]  
Available at: <http://hawsavlis.com.br/produto/chuveiro-lava-olhos-e-maos-emergencia-ferro-galvanizado-cl001m/>  
[Acesso em 18 09 2018].

KARDEC, A. & NASCIF, J., 2001. *Manutenção: função estratégica*. Rio de Janeiro: Qualitymark.

LISS, 2017. *Equipment for Bottling Lines*. [Online]  
Available at: <http://www.liess.ind.br/en/equipment-for-bottling-lines/>  
[Acesso em 18 09 2018].

Oliveira Campos, R. A., 2015. *Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia e Segurança Alimentar*. Lisboa: s.n.

OTANI, M. & MACHADO, W. V., 2008. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial.. *Revista Gestão Industrial*.

Vieira Afonso, R., 2008. *Mestrado Integrado em Engenharia Química*. Porto: s.n.

Werkema, C., 2012. *Métodos PDCA e DMAIC e Suas Ferramentas Analíticas*. Ed 1 ed. s.l.:Elsevier.

XENOS, H. G., 1998. *Gerenciando a Manutenção Produtiva*.. Rio de Janeiro: INDG.