

**OLÍMPIO BARBOSA DOS SANTOS JÚNIOR**

**AUTOMAÇÃO DO PONTO DE FINAL DE  
PRODUÇÃO DE UMA ENCHEDORA  
INDUSTRIAL**

**UBERLÂNDIA  
2019**

**OLÍMPIO BARBOSA DOS SANTOS JÚNIOR**

**AUTOMAÇÃO DO PONTO DE FINAL DE  
PRODUÇÃO DE UMA ENCHEDORA  
INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso da Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Uberlândia - UFU - Câmpus Santa Mônica, como requisito para a obtenção do título de Graduação em Engenharia de Controle e Automação

Universidade Federal de Uberlândia – UFU Faculdade de Engenharia Elétrica

Orientador: Prof. Dr. Renato Santos Carrijo

**UBERLÂNDIA  
2019**

Barbosa, Olímpio

Automação do ponto de final de Produção de uma Enchedora Industrial / **Olímpio Barbosa dos Santos Júnior**. - **UBERLÂNDIA, 2019**- 39 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Renato Santos Carrijo

Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Uberlândia - UFU  
Faculdade de Engenharia Elétrica . **2019**.  
Inclui bibliografia.

1. Projeto 2. Gestão 3. Resultados I. Orientador. Renato Santos Carrijo  
II. Universidade Federal de Uberlândia. III. Faculdade de Engenharia Elétrica. IV.  
Engenharia de Controle e Automação.

# Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, Olímpio Barbosa dos Santos e Lênis Fernandes dos Santos, as minhas irmãs, Talita Fernandes dos Santos e Gláucia Fernandes dos Santos e a todos os meus amigos.

# Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, meu Senhor, por ter me dado a oportunidade de trilhar este caminho e me dar força e capacidade de concluir mais uma importante etapa em minha vida, suprimindo todas as minhas necessidades.

Gostaria de agradecer também aos meus pais, Olímpio Barbosa dos Santos e Lênis Fernandes dos Santos, por todo carinho e dedicação em toda minha vida. Cada obstáculo vencido foram graças aos esforços e apoio que sempre tive e que me fizeram chegar até aqui.

Também deixo meus agradecimentos às minhas irmãs, Gláucia Fernandes dos Santos e Talita Fernandes dos Santos, por me darem todo auxílio e por sempre poder contar com suas orações.

Agradeço também aos meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos, orientando e orando para que eu pudesse vencer esse grande desafio. Além disso, agradeço ao Prof. Dr. Renato Santos Carrijo pela tutoria deste projeto. Ainda agradeço à Universidade Federal de Uberlândia, à Faculdade de Engenharia Elétrica, e em especial a todo corpo discente do curso de Engenharia de Controle e Automação, por fornecerem um ensino público de qualidade.

*“Porque dele, e por ele, e para  
ele são todas as coisas; glória, pois, a ele  
eternamente. Amém!”,  
(Romanos 11.36)*

# Resumo

Com o advento da era da automação industrial presente em vários países e na grande maioria das indústrias de processos produtivos, espalhadas pelo mundo, observa-se a necessidade de profissionais que estejam preparados para as várias adversidades presentes no dia-a-dia de uma profissão de engenharia. Contudo, os profissionais especializados em Controle e Automação são submetidos à inúmeras inovações, decorrentes das mais variadas soluções de problemas ocorridos nos processos produtivos automatizados, e que forçam o profissional a pensar em novos caminhos para otimizar a produção e auxiliar as companhias na redução de custos.

Este trabalho tem o intuito de mostrar a importância da engenharia e de gestão de projetos dentro do ambiente industrial. A partir de um estudo e uma análise bem feita do problema, é possível encontrar soluções simples para grandes problemas e que geram resultados significativos para o sistema de produção.

Para tal demonstração foi utilizado um procedimento feito na indústria para solucionar um problema de perda no processo produtivo da cerveja. Este procedimento teve como proposta a automação do ponto de final de produção e obteve resultados expressivos que chegam a mais de 1000 hectolitros de ganho em um único mês. Para se chegar a este resultado, a abordagem utilizou uma adaptação no procedimento de fim de produção e a troca de leitura de sensores fotoelétricos.

**Palavras-chave:** Automação Industrial, Enchedora, Gestão de Processos, Linha de Produção.

# Abstract

With the advent of the industrial automation era present in many countries and in the vast majority of production process industries around the world, there is a need for professionals who are prepared for the various adversities presents in the everyday life of an engineering profession. However, the automation and control specialized professionals, are subjected to innumerable innovations, arising from the most varied problems solutions involved in automated production processes, and those force the professional to think of new ways to optimize the production and assist companies in reducing costs.

This work aims to show the importance of engineering and project management within the industrial environment. From a study and a well done analysis of the problem, it is possible to find simple solutions to major problems that generate significant results for the production system.

For such demo, a procedure made in industry was been used to solve a loss of extract in the beer production process problem. This procedure had as proposal, the automation of the production end point where, got expressive results that reach more than 1000 hectoliters of gain in a single month. And all this done with a adaptation to the end of production procedure and a photoelectric sensors read exchange.

**Key words:** Industrial Automation, Filling, Process Management, Production Line.



# Lista de ilustrações

Figura 1 – Fluxo de linha de montagem.....	16
Figura 2 – Envase de latas.....	17
Figura 3 – Estrutura CLP.....	18
Figura 4 – Despaletizadora.....	17
Figura 5 – Design da enchedora.....	19
Figura 6 – Funcionamento da enchedora.....	20
Figura 7 – Fluxograma do processo de fabricação de cerveja.....	20
Figura 8 – Exemplo de funcionamento do sensor fotocélula.....	21
Figura 9 – Sensor fotocélula reflexivo.....	22
Figura 10 – Fluxo de Latas.....	23
Figura 11 – Exemplo VGRAPH.....	24
Figura 12 – Operação da Recravadora.....	24
Figura 13 – Enchedora tipo monobloco anti-horário.....	26
Figura 14 – Fluxo de fases de enchimento.....	27
Figura 15 – Ciclo PDCA.....	31
Figura 16 – Diagrama de Pareto.....	31
Figura 17 – Layout da Enchedora.....	33
Figura 18 – Diâmetro das Latas 269 e 350 mL.....	34
Figura 19 – Lógica de Fim de produção.....	35
Figura 20 – Tela de Fim de Produção.....	35
Figura 21 – Série Temporal 2018.....	36
Figura 22 – Histograma 2018.....	36
Figura 23 – Diagrama de causa e efeito.....	36
Figura 24 – Série Temporal 2019.....	37

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Tipos de luzes dos sensores .....	23
Tabela 2 – Arquitetura do Protocolo TCP/IP .....	32

# Lista de abreviaturas e siglas

CLP	<i>Controlador Lógico Programável</i>
CPU	<i>Unidade Central de Controle</i>
DBL	Diferença Bruto Líquido
FBD	<i>Function Block Diagram</i>
FS-C	Filler – Seamer Cans
hL	<i>hectoLitros - Unidade de medida de volume</i>
IHM	<i>Interface Homem-Máquina</i>
IP	Internet Protocol
IPE	Índice de Perda de Extrato
PC	Pressão da cúpula
PDCA	Plan, Do, Check, Action
PL	Pressão da lata
PM	Pressão da mola
SKU	Stock-Keeping Unit (Unidade de Armazenamento)
TCP	Transmission Control Protocol
TRP	Transporte

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1	Justificativa .....	15
1.2	Objetivo .....	16
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>17</b>
2.1	Linha de Montagem .....	17
2.2	Linha de Produção de bebidas.....	18
2.3	Equipamentos .....	19
2.3.0	Controlador Lógico Programável.....	19
2.3.1	Despaletizadora.....	19
2.3.2	Enchedora.....	19
2.4	Funcionamento da Enchedora.....	20
2.5	Fluxograma do processo de fabricação de cerveja.....	21
2.6	Final de produção da Enchedora.....	22
2.7	Sensor Fococélula.....	22
2.8	Cálculo da quantidade de latas.....	23
2.9	Visão macro do processo .....	24
2.10	V-GRAPH.....	25
2.11	A Recravadora .....	25
2.12	Características da Enchedora .....	26
2.12.1	Abastecimento .....	26
2.12.2	Mororização da Enchedora de latas .....	26
2.13	Princípio de Enchimento.....	27
2.13.1	Fases de Enchimento .....	27
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>29</b>
3.1	Identificação do Problema .....	29
3.2	Plano de Ações .....	29
3.3	Viabilidade de Execução .....	29
3.4	Implementação da Técnica de Controle .....	30

<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....</b>	<b>31</b>
4.1	Análise do Problema.....	31
4.1.1	Observação do Pareto .....	31
4.2	Execução do Fim de Produção .....	32
4.2.1	Protocolo de Comunicação TCP/IP .....	32
4.3	Características do Processo.....	32
4.3.1	Execução do Plano de Ação .....	33
4.3.2	Primeiros Testes.....	34
4.4	Viabilidade de Execução .....	34
4.5	Código Implementado .....	34
4.5.1	Tela de Fim de Produção .....	35
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>36</b>
5.1	Análise de IPE .....	36
5.2	Verificação dos Resultados.....	37
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>

---

# 1 Introdução

A automação industrial cada vez mais, se torna indispensável para as empresas que buscam o aumento da produtividade sem comprometer a qualidade e custo de seus produtos. Com a crescente demanda do mercado e a variedade de escolha do consumidor, as companhias precisam se modernizar cada vez mais para conseguir acompanhar esse crescimento. O avanço da automação dos últimos anos fez com que empresas de todos os setores se equipassem com inúmeros sistemas de controle que garantem um processo produtivo mais otimizado e mais seguro para seus funcionários.

Segundo SILVEIRA, Leonardo; e LIMA, Weldson Q (2003, p. 02). Em “Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial”, uma boa definição para automação é: um conjunto de técnicas destinadas a tornar automáticas a realização de tarefas, substituindo o gasto de bio-energia humana, com esforço muscular e mental, por elementos eletromecânicos computáveis. Este conceito se estende por vários setores, não só em meio às indústrias, mas também à vários tipos de tarefas, como, por exemplo, a máquina de lavar roupa para a lavadeira, a xerox para o escrivão, ou os mecanismos presentes nos carros de quase todas as montadoras.

Estima-se que o advento da Automação industrial se deu com a criação inglesa da máquina a vapor, nas décadas da Revolução Industrial. No início do século XX, embora os conceitos sobre a Automação já estivessem se estabelecido nas indústrias, ainda eram bastante obsoletos. Esse cenário começou a mudar quando em 1909, Henry Ford, da general motors, teve uma brilhante ideia que chamou de “linha de montagem”, conhecido nos dias de hoje como linha de produção. Com a implantação da ideia de Henry, novos conceitos começaram a traçar os processos produtivos que conhecemos hoje, são alguns: produção em massa, pontos de montagem, estoques intermediários, etc.

Dessa forma, pode-se desfrutar hoje de mecanismos controlados e sincronizados que garantem a produção em larga escala, sem perder a qualidade e segurança dos produtos. Fábricas cada vez mais equipadas com controladores, sensores e atuadores que comprovam a eficácia da Automação industrial e da importância do profissional de Engenharia de Controle e Automação nos diversos setores industriais, e nas inúmeras soluções de problemas que tem o intuito de facilitar a realização de vários tipos de tarefas.

---

## 1.1 Justificativa

A automação tem a capacidade de aprimorar e melhorar os mecanismos dos processos produtivos através da utilização de elementos eletromecânicos computáveis e que, de forma sincronizada e controlada, são capazes de otimizar a produção em larga escala sem comprometer a qualidade, custo e segurança dos seus envolvidos. Como prova disso, temos vários exemplos que se destacaram e ao decorrer dos anos contribuíram para endossar a confiabilidade e segurança dos processos automatizados na indústria.

A elaboração deste projeto tem o intuito de demonstrar como, através de um exemplo prático aplicado em uma indústria de bebidas, foi possível desenvolver um projeto de automação que otimizou de forma significativa a forma de se realizar o final de produção de uma enchedora industrial. Este exemplo teve como foco principal tornar o ponto de final de produção da enchedora automatizado, de forma que facilite a realização da atividade, diminuindo assim as perdas durante o processo produtivo.

O projeto teve o propósito de identificar um método de otimizar a forma como se realiza o fim da produção em uma enchedora de bebidas. O projeto foi desenvolvido utilizando-se a ferramenta do ciclo PDCA (Plan, do, check, action). Esta ferramenta é um método de gestão que visa ao controle e melhoria constante dos processos produtivos. Sua aplicação gerou as informações necessárias para se chegar na escolha de realizar este projeto e assim encontrar a solução para o problema.

## 1.2 Objetivo

A proposta deste projeto de automação do ponto de final de produção de uma enchedora industrial, tem como objetivo geral, descrever todo o desenvolvimento que levou à elaboração dessa modificação feita em uma indústria de bebidas. Para exemplificar, será utilizado uma enchedora Modulfill Bloc FS-C da fabricante KRONES, dessa forma, será possível entender o funcionamento do equipamento e como foi possível desenvolver e aplicar os conceitos de automação de forma que se obtesse bons resultados.

Através da implementação deste projeto, deseja-se alcançar o menor percentual de perda possível durante o processo produtivo e garantir que ao realizar o final de produção, todo o líquido contido na tubulação seja envasado. A proposta estabelecida através da investigação utilizando-se o ciclo PDCA, enfatiza a prioridade em se levantar os meios necessários para que o problema seja sanado sabendo-se que este impacto é o mais relevante.

O princípio desta proposta é descrever, passo a passo, uma melhoria feita na indústria através de um projeto de estágio. O projeto realizado conta com uma enchedora de bebidas controlada por CLPs e com código em linguagem FBD. A modificação ocorreu na leitura entre dois sensores fotocélulas e incluído dois botões na IHM da enchedora. Ao se realizar o procedimento de final de produção, a cerveja contida na tubulação não era compreendida. O objetivo do projeto foi tornar possível o envase da cerveja contida na tubulação. Por tanto, pode-se definir os objetivos específicos do trabalho nos tópicos a seguir:

- Automatizar o procedimento de final de produção da enchedora;
- Verificar a possibilidade de modificação no código da enchedora feito pela fabricante;
- Checar se tal modificação não compromete a utilização dos componentes em outras atividades;
- Certificar-se de que a implementação traz o resultado esperado através da realização do novo procedimento;
- Desenvolver uma interface de simples operação em que todos os operadores consigam entender e realizar o procedimento;
- Apresentar os resultados e verificar se houve a diminuição das perdas.



## 2 Fundamentação Teórica

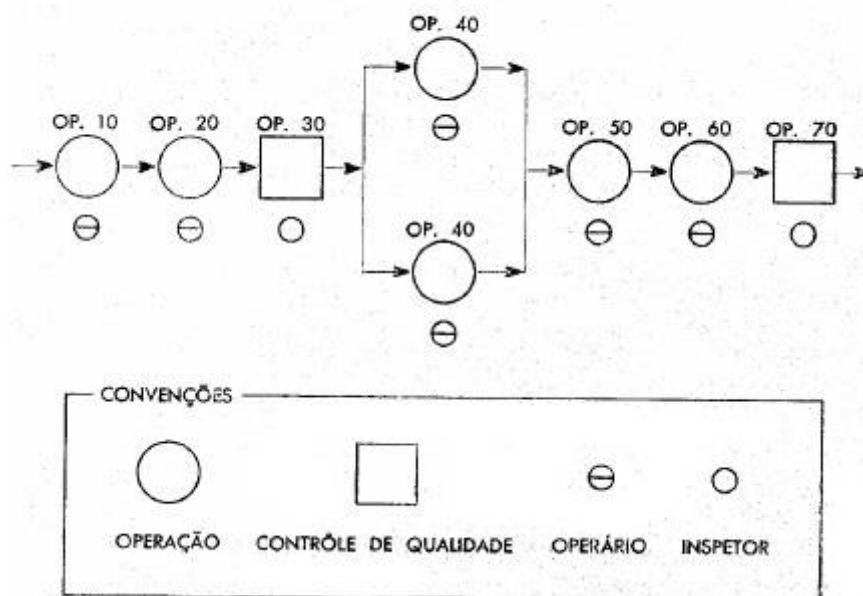
O objetivo desse capítulo é apresentar e fundamentar alguns conceitos que serão usados no desenvolvimento do projeto proposto e que são necessários para compreender a ideia central deste trabalho. Para isso, é necessário estabelecer uma visão macro do processo de envase de bebidas em uma linha de produção.

### 2.1 Linha de Montagem

Nos dias de hoje, o conceito de linha de montagem em indústria é entendido como algo simples e comum. Mas quando foi criado por Henry Ford no início do século passado, se mostrou um método revolucionário que permitiu aumentar significativamente a produção industrial. Um dos principais motivos que levaram à criação da linha de montagem foi a necessidade de se realizar a produção em massa.

A produção em massa se destacou pelo impressionante período de tempo que um produto levava para ser fabricado. Tudo isso graças a um simples pensamento de que os funcionários parados diante de uma esteira realizando apenas uma tarefa poderiam produzir muito mais. Com isso, Henry Ford desenvolveu um método consistente, em que cada tarefa deveria ser feita em um tempo determinado, de maneira a otimizar os processos.

Figura 1 – Fluxo de linha de montagem



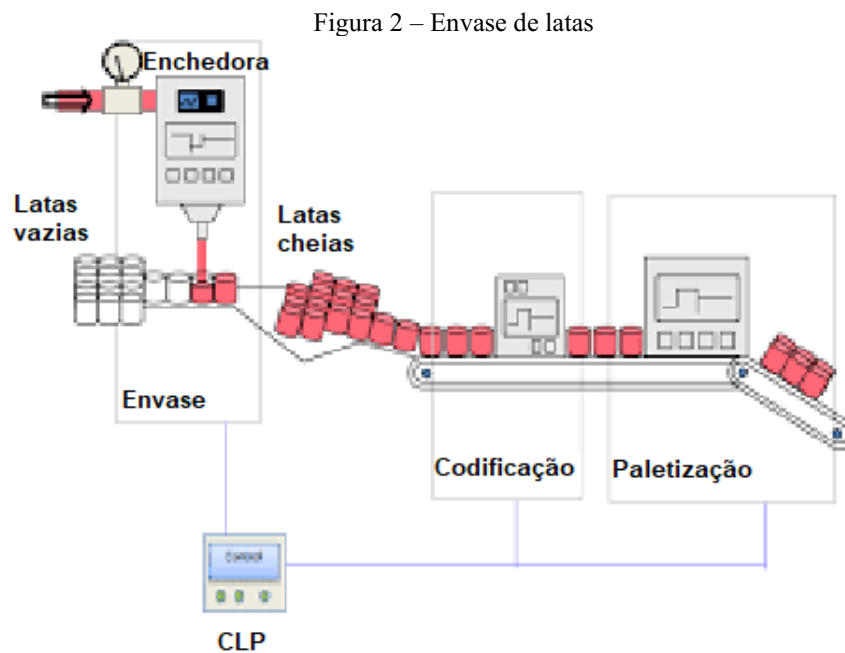
Fonte: Adaptado de (Rev. Adm. Emp, 1964)

Atualmente, a maioria das empresas no mundo utilizam linhas de montagem e usam tecnologia como auxiliar dos operários. É comum encontrar entre os operários robôs, pistões, atuadores e computadores que executam algumas tarefas. A tecnologia junto à automação industrial proporcionou as indústrias, a possibilidade de ter maior controle e precisão dos processos produtivos.

## 2.2 Linha de Produção de bebidas

Uma linha de produção 100% automatizada em uma indústria de bebidas, conta com inúmeros equipamentos de última geração, capazes de realizar uma produção em massa e de forma sincronizada, trabalhar interligando os processos sem a necessidade de intervenção do operador diretamente no produto. Essas linhas são conhecidas como linhas de produção de alta performance.

Cada empresa tem uma forma de montar sua linha de produção, de forma que os equipamentos sejam interligados entre si para sequenciar a produção. As linhas de produção de bebidas contam, na sua maioria, com equipamentos responsáveis por garantir que os insumos necessários para a produção sejam introduzidos na linha em pontos específicos, de forma que o fluxo da linha seja mantido e os equipamentos responsáveis pelo envase sejam abastecidos.



Fonte: Adaptado de (Respostatecnica, 2002)

A performance da linha de produção depende do sincronismo acurado de todos os equipamentos, pistões, atuadores, sensores, transportes, etc. Isso é assegurado pelos CLPs (Controladores Lógicos Programáveis), espalhados por toda a fábrica. Eles são responsáveis por comandar e monitorar os equipamentos e processos. Um CLP é um computador especializado, baseado em um microprocessador que desempenha funções de controle através de softwares desenvolvidos pelo usuário.

## 2.3 Equipamentos

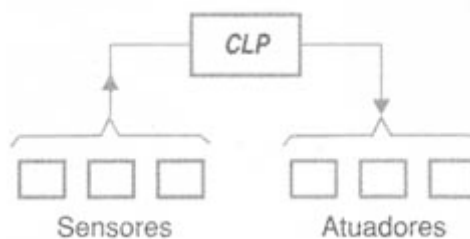
Em uma linha de envase de bebidas, são utilizados vários equipamentos, mas se destacam os mais importantes e que são essenciais para “rodar” uma linha de envase. Mais precisamente, será descrito o fluxo de uma linha de envase de latas em indústrias de bebidas. Alguns equipamentos de envase chegam a produzir 170.000 latas por hora e funcionam por horas sem necessidade de intervenção em seu funcionamento. Abaixo, serão descritos alguns dos equipamentos que compõem o fluxo da linha de produção que será utilizada como exemplo. Estes equipamentos dispõem de vários mecanismos automáticos e automatizados que não serão abordados, pois não são o foco do trabalho proposto.

### 2.3.0 Controlador Lógico Programável

O CLP representa o “cérebro” que realiza os comandos lógicos através das informações obtidas como entrada por meio de sinais analógicos ou digitais, e trata essas informações para realizar inúmeras tarefas (atuadores), que garantem que os comandos sejam obedecidos. Existem CLPs de diversos modelos e de diferentes fabricantes, mas o funcionamento de todos eles são similares.

Os sinais analógicos ou digitais recebidos pelo CLPs são enviados a uma CPU (Unidade Central de Controle). Na CPU de um CLP tanto um microprocessador como um microcontrolador. A diferença está no modo como os sinais são processados. Os microcontroladores já possuem uma região de memória interna com uma interface de comunicação. Os CLPs com microprocessadores são empregados nas aplicações mais complexas.

Figura 3 – Estrutura CLP

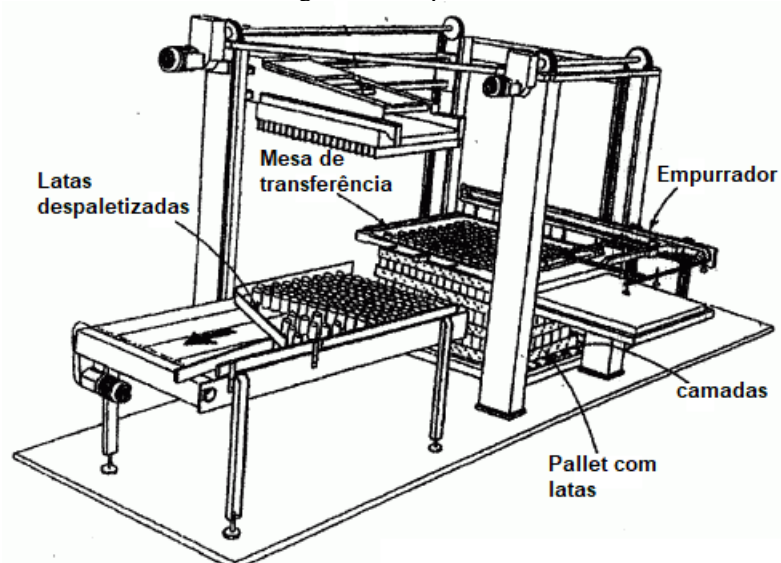


Fonte: Adaptado de (Instituto NCB, 2009)

### 2.3.1 Despaletizadora

O início da linha de envase utilizada como exemplo é composta por uma despaletizadora, este equipamento tem a função de despaletizar, ou seja, retirar as camadas de latas vazias contidas no pallet (estrado de madeira utilizado para movimentação de cargas), e inseri-las em um transporte que as levará para a enchedora. Este equipamento é responsável por abastecer a enchedora com insumos (latas vazias), de forma que a linha mantenha a produção.

Figura 4 - Despaletizadora



Fonte: Adaptado de (Patentados.com, 2004)

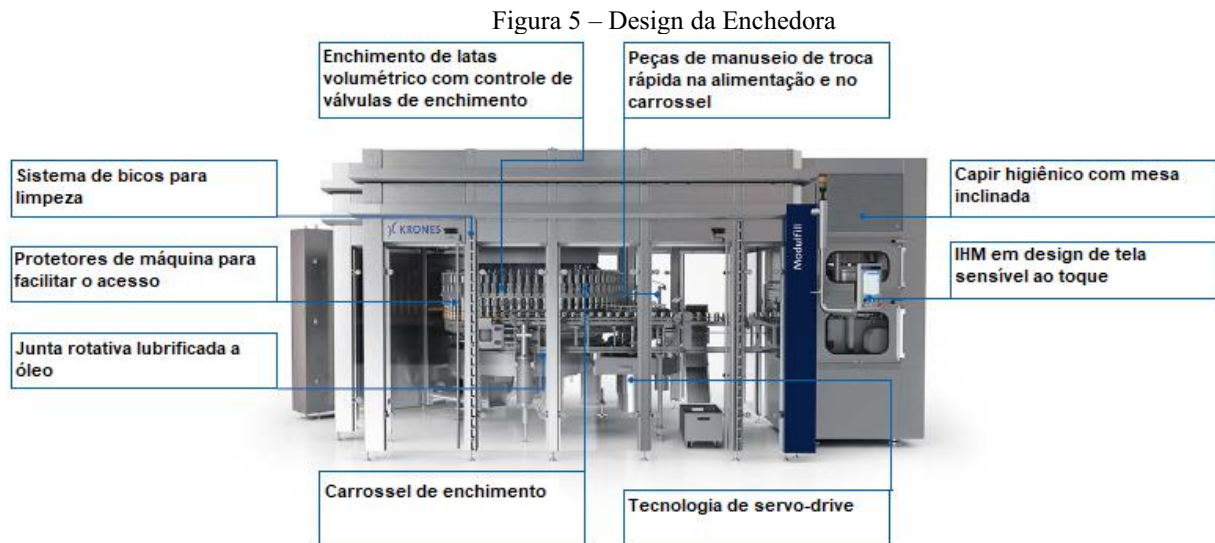
Este processo é realizado através de um conjunto de sensores, motores, mecanismos mecânicos, pneumáticos, controlados por controladores lógicos programáveis.

### 2.3.2 Enchedora

A enchedora é o equipamento mais importante e complexo em uma linha de envase de bebidas. Ela contém inúmeros dispositivos mecânicos, automáticos e automatizados, e conta com várias válvulas de enchimento e eletroválvulas de acionamento, assim como vários medidores de nível para garantir que todas as latas sejam cheias com a mesma quantidade de líquido.

A enchedora utilizada como exemplo será a Modulfill Block FS-C, da fabricante KRONES. A KRONES é uma marca Alemã e fabrica máquinas e linhas completas para as áreas de tecnologia de processo, envase e embalagem. A enchedora de lata Modulfill FS-C é marcada por sua válvula de enchimento que, graças ao seu medidor de vazão indutivo, garante o mais alto nível de precisão de enchimento, com uma capacidade de produção de 135.000 latas por hora.

A válvula de enchimento volumétrica com medidor de vazão indutivo garante uma alta precisão durante o enchimento. Baixos valores de oxigênio combinados com um consumo de CO<sub>2</sub> menor, garantem que a qualidade do produto é alta enquanto o consumo de energia permanece baixo.



Fonte: Adaptado de (krones, 2019)

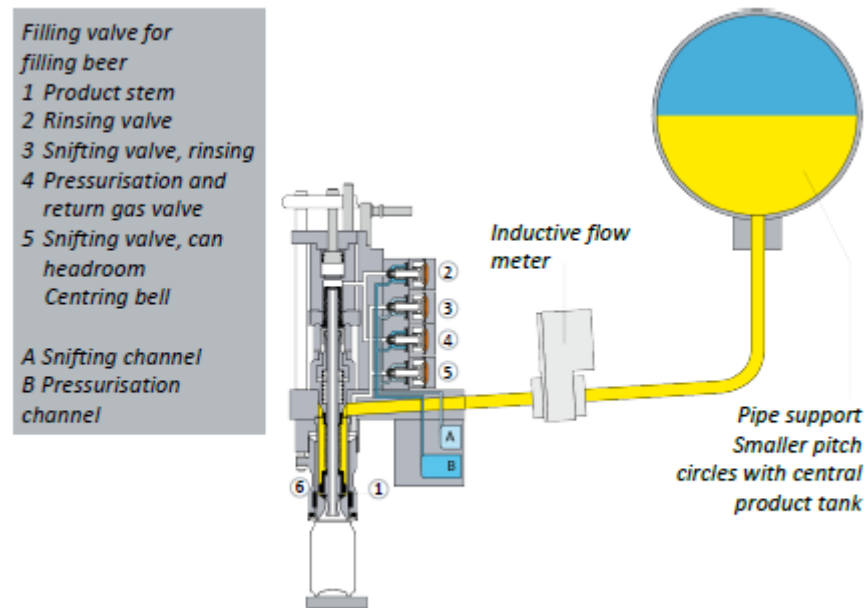
A Enchedora tem a função mais importante em uma linha de envase, é nela que o líquido é depositado no recipiente e após isso o recipiente é lacrado. Se os componentes da enchedora não estiverem bem calibrados, muitos problemas podem ocorrer, como, por exemplo, sobreechimento, subenchimento, lata mal recravada, etc. Em alguns equipamentos, o envase acontece em milissegundos, por isso este equipamento é de extrema complexidade e necessita de um sincronismo preciso para que nada saia fora do controle.

### 2.4 Funcionamento da Enchedora

A lata é depositada na entrada da enchedora e posicionada sob a válvula de enchimento. A tulipa da válvula é pneumaticamente abaixada na boca da lata para pressionar. Graças a uma câmara de pressão diferencial, as latas também são centradas e pressionadas na válvula com extremo cuidado.

O processo de enchimento começa imediatamente após o enxágue. Um medidor de vazão indutivo verifica a quantidade do líquido afluente. A válvula fecha quando o volume de enchimento especificado for atingido.

Figura 6 – Funcionameto da Enchedora



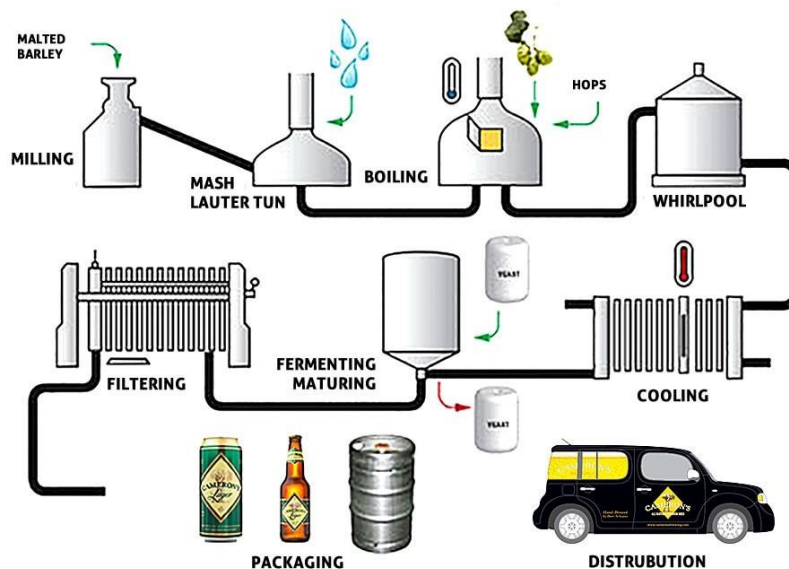
Fonte: Adaptado de (krones, 2019)

A enchedora conta com 4 eletroválvulas que garante a varredura, retorno de CO<sub>2</sub>, escape e enchimento da lata. A cerveja é armazenada em uma cúpula circular rotativa com formato de uma superfície de revolução toroidal e que garante que a cerveja esteja em temperatura e pressão adequada para a produção. O alcance de saída se estende de 18.000 a 135.000 latas por hora e possui de 28 a 182 válvulas de enchimento integradas.

## 2.5 Fluxograma do processo de fabricação de cerveja

Antes de iniciar o processo de envase, a cerveja tem um longo processo de fabricação com inúmeras etapas. Cada uma dessas etapas é de extrema importância para que a qualidade da cerveja seja garantida e a produção possa ocorrer sem problemas de concentração e sabor. Somente após todos os passos e testes de qualidade forem garantidos a cerveja poderá ser enviada para a área de envase.

Figura 7 – Fluxograma do processo de fabricação de cerveja



Fonte: Adaptado de (Alibaba.com, 2019)

No momento em que a cerveja está pronta para ser envasada, ela é transportada para a enchedora através da tubulação, e nesse momento inicia o procedimento de início de produção da enchedora de latas. O entendimento desse conceito é de grande importância para compreender a melhoria realizada e que fundamentou a realização deste projeto.

Ao finalizar a produção da cerveja, ela é enviada para área onde será envasada, e assim se inicia a nova etapa da produção. Quando o produto é enviado, existe uma certa quantidade que preenche a tubulação e é necessária para que ele chegue até a enchedora, esse volume depende das proporções da tubulação assim como de sua extensão. Em certos casos, essa quantidade pode ser significativa e para que não haja perda dessa cerveja, deve haver um procedimento que garanta que ela seja completamente envasada.

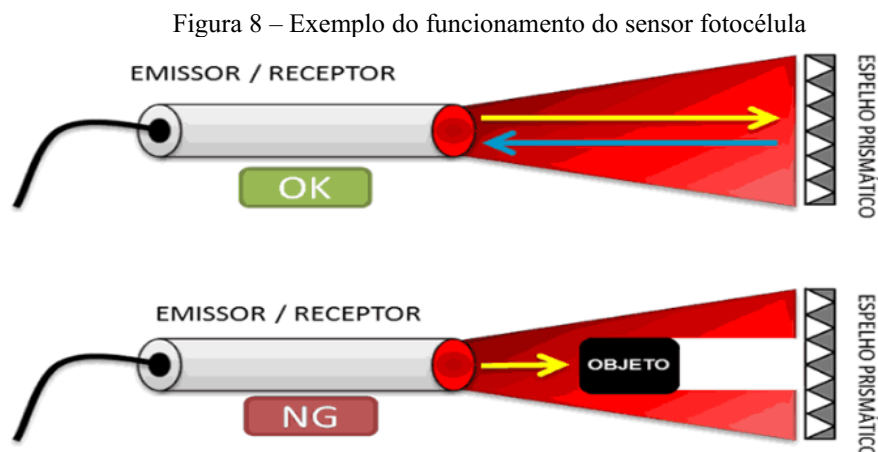
## 2.6 Final de Produção da Enchedora

Em uma linha de produção de bebidas, faz-se necessário algumas intervenções durante a produção para se realizar a limpeza dos equipamentos. Isso garante a qualidade do produto acabado, mantém os equipamentos limpos e garante a manutenibilidade do equipamento. Em alguns casos, a linha de produção passa por uma configuração para que seja possível realizar a produção de outros tipos de bebidas com maior volume de líquido e conseqüentemente latas de tamanhos maiores.

Em ambos os casos, há uma pausa na produção, e nesse momento é necessário executar o procedimento de final de produção da Enchedora. No momento em que se inicia esse procedimento, a enchedora utiliza um sensor fotocélula que sinaliza a presença de latas vazias no transporte entre Despaletizadora e Enchedora, quando esse sensor está atuado, a lógica na enchedora entende que não há a presença de latas em um determinado ponto do transporte e indica que estão acabando os recipientes. Assim, começa o procedimento de final de produção que faz o enchimento das últimas latas vazias no transporte.

## 2.7 Sensor fotocélula Reflexivo

Este tipo de Sensor, possui a necessidade do uso de um espelho prismático, tal característica permite maiores distâncias de detecção, independentemente da cor do alvo. A luz emitida para o espelho prismático é polarizada e refletida retornando para o sensor. No momento em que um objeto intercepta esta luz, inibe a reflexão do espelho prismático. A polarização realizada pelo espelho prismático garante que o receptor do sensor detecte apenas a luz emitida, ignorando luzes não polarizadas. A figura abaixo representa o funcionamento de um sensor retro reflexivo de luz vermelha.



Fonte: Adaptado de (Citisytems, 2017)



Cada tipo de luz é indicada para uma determinada aplicação, por exemplo, a luz VERMELHA é indicada para detecção de objetos opacos de médio e grande porte, como caixas de papelão e embalagens não metalizadas. Já a luz LASER é utilizada para detecções mais precisas envolvendo objetos de pequeno porte, devido ao feixe de emissão da luz ser estreito e focalizado. Por último, a luz INFRAVERMELHA é utilizada quando há a necessidade de se detectar objetos transparentes, como vidro, garrafas plásticas entre outros objetos.

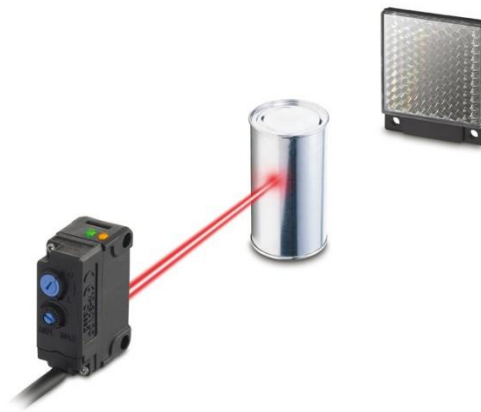
Tabela 1 – Tipos de luzes dos sensores

TIPO DE LUZ	DETECÇÃO	VISÍVEL A OLHO HUMANO
Led vermelho	Objetos médios/grnades	Sim
Laser	Objetos pequenos	Sim
Infravermelha	Objetos transparentes	Não

Fonte: Adaptado de (Citisytems, 2017)

O sensor fotocélula é instalado em vários pontos do transporte entre enchedora e despaletizadora para indicar a presença de latas vazias ao longo da esteira. No momento em que o transporte está cheio, todos os sensores estão com a luz obstruída pela presença de latas, assim que a última lata da esteira passa pelo sensor, a luz é emitida para o espelho prismático e assim o sensor é acionado.

Figura 9 – Sensor fotocélula reflexivo



Fonte: Adaptado de (Portalnaukowy.com, 2007)

Isso garante que o operador da enchedora sempre tenha o controle da produção através da disponibilidade de insumos necessários para produzir. Os sensores instalados mais próximos da enchedora são responsáveis por sinalizar a ausência de latas e parar o equipamento quando as latas no transporte estão acabando. Já os sensores mais próximos da despaletizadora, são responsáveis por indicar que o transporte está acumulado, e assim, parar o equipamento até que o caminho esteja desobstruído para que novas latas sejam introduzidas no transporte.

## 2.8 Cálculo da quantidade de latas

O procedimento de final de produção é realizado através do cálculo da quantidade de líquido restante no tanque de pressão pela quantidade de latas necessárias para envasar todo o líquido. Por exemplo, se o tanque possui 300 hL, e as latas têm nível de 350 ml, o cálculo é feito da seguinte forma:

$$\frac{300 \text{ hL}}{0,00350 \text{ hL}} = 85.714,285 \text{ latas} \quad (1)$$

Onde: 300 hL é a quantidade de cerveja contida no tanque  
0,00350 hL é a capacidade de cerveja da lata em hL

Ou seja, para envasar os últimos 300 hL de cerveja, são necessárias aproximadamente 85.715 latas. Considerando-se que um pallet de latas vazias possui 10.000 latas, temos que:

$$\frac{85.715}{10.000} = 8,5714 \text{ paletes} \quad (2)$$

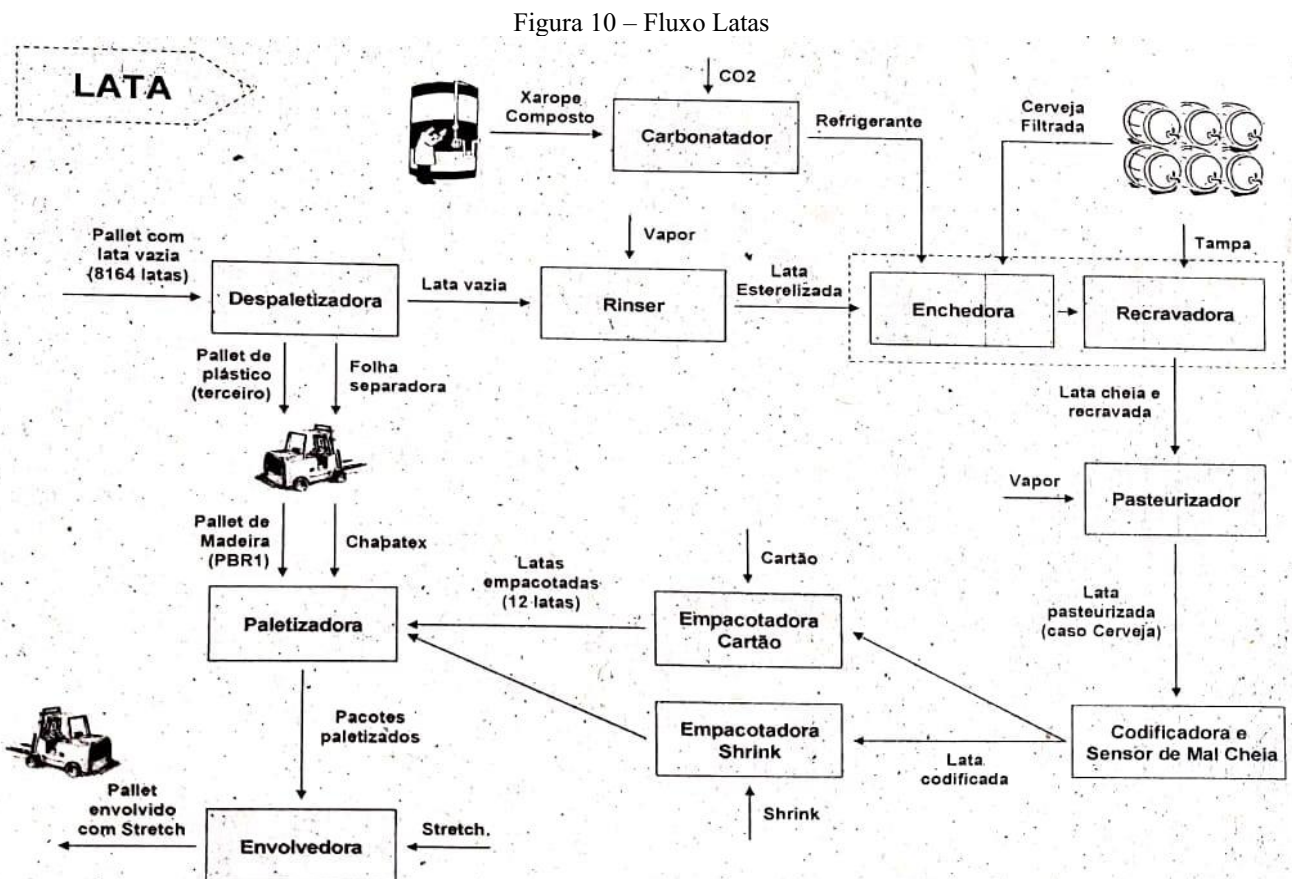
Onde: 85.715 é a quantidade arredondada de latas para envasar 300 hL  
10.000 é a quantidade de latas contidas em 1 palete

Portanto, para envasar os últimos 300 hL, são necessárias aproximadamente 85.715 latas, ou seja, 9 pallets de latas vazias precisam ser inseridos na despaletrizadora. Após essa quantidade de latas serem colocadas no transporte, o sensor fotocélula mais próximo da enchedora será acionado quando a última lata passar por ele, indicando que as latas estão acabando.

Nesse momento, a IHM da enchedora mostrará uma mensagem dizendo que as latas no transporte estão acabando e então, o equipamento irá parar por falta de recipiente. É nesse momento que se inicia o procedimento de final de produção, pois quando o equipamento pára por falta de recipiente, o operador reinicia o funcionamento da enchedora e então as últimas latas restantes no transporte entre o último sensor e a enchedora serão envasadas.

Este é um procedimento simples, e que na teoria deveria funcionar perfeitamente, mas existem alguns pontos importantes que devem ser levados em consideração, como, por exemplo o fato de não ser considerada a quantidade de líquido presente na tubulação, e também o fato de não poder sobrar latas no transporte, pois essas latas não poderiam ser reutilizadas.

## 2.9 Visão macro do processo



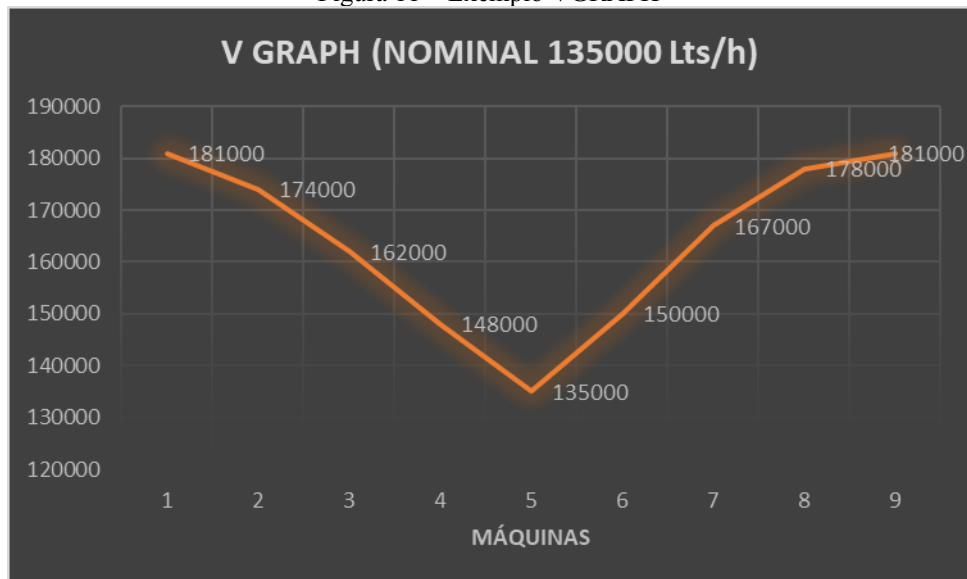


## 2.10 V GRAPH

O V-Graph é um gráfico que mostra a distribuição dos equipamentos em uma linha de produção através da velocidade de cada um dos equipamentos. Esta forma de análise do fluxo da linha de produção tem o objetivo principal de manter o balanceamento da linha. Ou seja, manter o equipamento crítico funcionando o tempo todo em sua velocidade nominal, para que isso ocorra, precisamos que cada equipamento da linha atenda sua velocidade nominal e tenha uma alta eficiência própria.

O equipamento crítico exemplificado nesta linha de produção é a Enchedora, e esta está posicionada no vértice do “V”. Todo tempo de parada da máquina crítica impacta na eficiência da linha, por isso esse equipamento é de suma importância para a produção.

Figura 11 – Exemplo VGRAPH



Fonte: Simulação ECH Modulfill Block FS-C

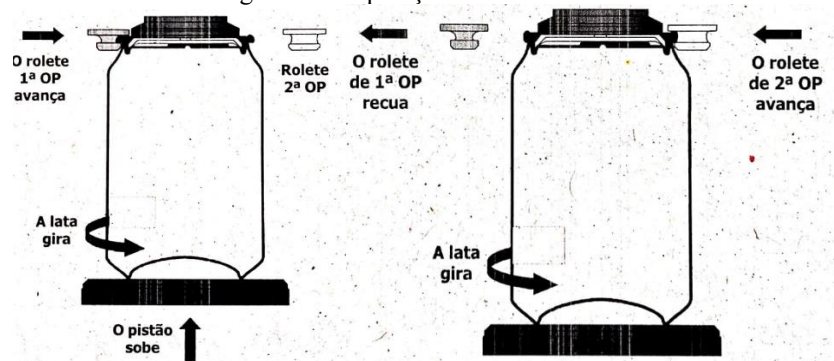
## 2.11 A Recravadora

A recravadora consiste em fixar uma tampa em uma lata através da interseção da reborda da tampa com o flange da lata, a selagem é efetuada pela compressão dos dois componentes metálicos. O processo de recravação exemplificado neste trabalho é chamado de dupla recravação pelo fato de existirem duas operações de recravação durante todo o processo.

**Primeira Operação:** Responsável por formar o gancho do corpo, que ocorre também pelo fato da pressão que o prato base da recravadora exerce na lata contra a tampa.

**Segunda Operação:** Garante a espessura final da recravação, devendo ter sempre as variações dentro do padrão de recravação assegurando os problemas de vazamento.

Figura 12 – Operações da recravadora



Adaptado de (Universidade Supply, 2019)

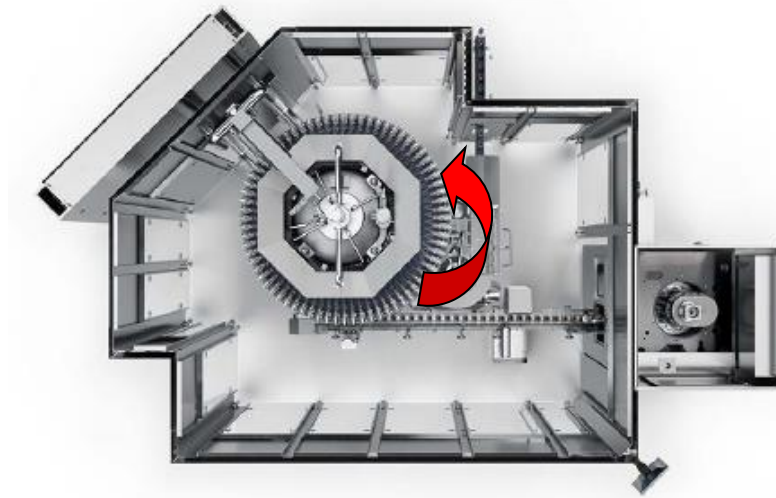
## 2.12 Características da Enchedora

### 2.12.1 Abastecimento

As enchedoras do tipo monobloco exemplificado neste trabalho são disponíveis em duas configurações:

- Monoblocos horários (com entrada de latas do lado esquerdo e com rotação no sentido horário do carrossel): máquina esquerda.
- Monoblocos anti-horários (com entrada de latas do lado direito e com rotação no sentido anti-horário do carrossel): máquina direita.

Figura 13 – Enchedora tipo monobloco anti-horário



Fonte: Adaptado de (krones, 2019)

A enchedora Modulfill Block FS-C utilizada como exemplo é do tipo anti-horário (direita).

### 2.12.2 Motorização da Enchedora de latas

A motorização da máquina é fornecida por um motor elétrico controlado por um inversor de frequência com o qual se consegue a regulação da velocidade da produção. Este motor fornece o movimento para:

- A recravadora
- O carrossel das válvulas de enchimento
- A estrela do transporte das latas e rosca sem fim.

O motor elétrico através de transmissão por correias aciona um redutor (primário) colocado debaixo da recravadora. Este movimentará um eixo acoplado ao redutor secundário que faz girar o carrossel onde se encontra as válvulas de enchimento. Mediante um trem de engrenagens, também são feitas rodar todas as peças para movimentação das latas no transporte de entrada, rosca sem fim e estrela de entrada.

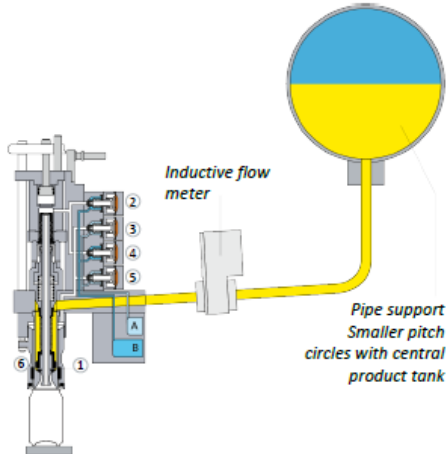
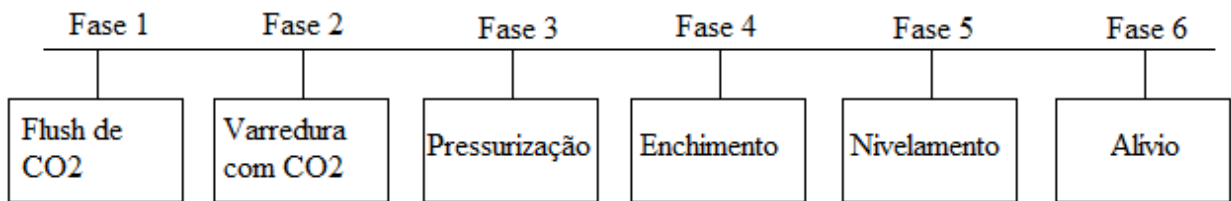
## 2.13 Princípio de Enchimento

A enchedora em questão, dispõe de uma cúpula circular com formato de uma superfície de revolução toroidal e com capacidade de 7 hL. Nesta cúpula estão instalados os bicos de enchimento onde são depositadas as latas vazias para enchimento. Na cúpula existe uma pressão de gás positiva que mantém fechadas as válvulas de gás e líquido contra a ação de uma mola evitando assim o escape do mesmo.

O enchimento ocorre por equilíbrio de pressão, onde a lata é submetida à mesma pressão da cúpula logo após o início de enchimento. Após a abertura da válvula de gás pelo pistão de ar prévio e borboleta, a mola da válvula de líquido antes pressionada pela ação do gás dentro da cúpula, agora abre a mesma iniciando o enchimento por gravidade.

### 2.13.1 Fases de Enchimento

Figura 14 – Fluxo de fases de enchimento



#### Fase 1: Flush de CO2

Após as latas entrarem na estrela de entrada e chegarem no ponto de tangência entre a mesma e a cúpula, o pistão de flush abre a válvula e gás, fazendo com que o CO2 entre na lata e arraste grande parte do O2 para fora da lata.

#### Fase 2: Varredura com CO2

Após a vedação da boca da lata pela tulipa, os pinos de varredura e alívio são acionados simultaneamente. Até 50% da mesma o CO2 flui para o retorno do canal de varredura e para atmosfera pelo alívio. Este processo visa a retirada de O2 das latas para redução da reação do oxigênio com a cerveja.

#### Fase 3: Pressurização

Depois que a válvula deixa o comando de lavagem de CO2, o gás continua a fluir para dentro da lata até que a pressão interna da cúpula se equalize com a pressão interna da lata. Isto é chamado de pressurização da lata. Para acontecer adequadamente não pode existir vazamentos.

#### Fase 4: Enchimento

No momento em que as pressões estão quase equalizadas, a mola da válvula de líquido que estava comprimida abre a respectiva válvula e o enchimento ocorre por gravidade. Isto devido à diferença de altura entre a cúpula e as latas. Enquanto o líquido entra na lata escoando pelas paredes da mesma, o gás que estava em seu interior retorna para a parte superior da cúpula pelo orifício central dos tubos de ar.

PC = Pressão da cúpula

PL = Pressão da lata

PM = Pressão da mola

Momento de abertura:  $PC < PM + PL$

#### Fase 5: Nivelamento

O enchimento pára automaticamente quando o nível dentro da lata alcança o furo do tubo de ar, pois bloqueia-se o retorno de gás para o recipiente. Deste modo a altura de enchimento nas latas é controlada pelo comprimento dos tubos de ar pelo efeito sifão/tensão superficial formado pelo disco separador.

#### Fase 6: Alívio

Imediatamente após serem fechadas, as válvulas são acionadas pela régua de alívio através do respectivo pino, fazendo com que a pressão interna da lata seja equalizada lentamente com a pressão atmosférica. A régua deve acionar os pinos de alívio até a liberação da boca da lata pelas tulipas em 3 mm.

## 3 Metodologia

Neste capítulo, serão descritas as etapas para a realização do projeto proposto através dos tópicos; identificação do problema, onde será descrito a ferramenta utilizada para se chegar ao problema, plano de ações, onde contém os passos para implementar o método, viabilidade de execução, onde se descreve a análise feita para verificar a viabilidade do projeto, e por último, a implantação da técnica de controle, onde foi possível executar o plano de ação.

### 3.1 Identificação do Problema

Para realização do trabalho proposto, fez-se necessário primeiramente identificar o problema, e após isso, uma forma de minimizar os impactos que o procedimento de final de produção trazia em relação às perdas. Para isso, será necessário analisar as informações cedidas pela aplicação da ferramenta de análise PDCA. A identificação do problema está no primeiro passo do ciclo PDCA e é feita através de série temporal, análise de correlação e diagrama de dispersão.

A análise e identificação do problema contou com a utilização da série temporal do ano anterior, que será apresentada no tópico 5.1, e da série temporal do ano atual. Esta ferramenta demonstra como está o cenário atual em relação ao que o indicador já vinha mostrando no ano anterior.

O segundo passo do ciclo é a observação do problema, nesse passo as informações são levantadas e é mostrado os impactos através de histogramas, diagrama de Pareto e diagrama de causa e efeito (Ishikawa). Após essas informações serem levantadas, foi necessário criar um plano de ações para tratar as falhas encontradas na identificação do problema e depois, testar para verificar se as saídas foram bem sucedidas.

### 3.2 Plano de ações

Após identificar o problema, foi montado um plano de ações que direcionou a execução da ideia de automatizar o ponto de final de produção da enchedora, para que ao realizar o procedimento, toda cerveja restante na tubulação fosse envasada sem que houvesse perdas consideráveis e nem latas restantes no transporte.

Esse plano de ações teve como ponto de partida, a identificação do ponto exato no transporte entre despaleteadora e enchedora, em que a quantidade de latas vazias do ponto até a enchedora, é suficiente para envasar toda a cerveja da tubulação. Assim, ao obter a localização desse ponto, tornou-se possível realizar todo o projeto de automação do ponto de final de produção da enchedora.

O plano de ações segue com os passos de verificar a viabilidade de se modificar o código da enchedora, de forma que não interferisse em seu funcionamento e garantisse que o procedimento fosse feito de forma mais eficiente. Para isso, foi necessário verificar a possibilidade de usar um sensor fotocélula já instalado no ponto encontrado, assim como verificar no código da enchedora, e os comandos de leitura enviados por esse sensor.

### 3.3 Viabilidade de execução

As enchedoras da KRONES são controladas por CLPs e utilizam linguagem FBD (Function Block Diagram) com idioma em alemão. A complexidade do funcionamento do equipamento precisa ser levada em consideração para que o projeto possa ser realizado. Para que nenhum conjunto de instruções presentes no código fosse comprometido e inviabilizasse a execução do projeto, foi necessária uma análise de cada entrada e saída dos blocos de funções que realizam a lógica da enchedora.

Outro fato importante, é que os equipamentos KRONES possuem IHM's próprias instaladas em cada equipamento e sem acesso a introduzir novas telas e comandos. Por isso, foi necessário garantir uma outra IHM para que fosse possível gerar os comandos de controle da enchedora. Assim sendo, foi utilizado uma IHM da fabricante Siemens, de forma que o sensor utilizado no transporte de latas fosse controlado por comandos inseridos nesta IHM.

### 3.4 Implementação da técnica de controle

Após concluídas as etapas descritas acima, é preciso criar um comando no código da enchedora para que o sensor instalado no ponto de final de produção comunicasse com a enchedora indicando um novo ponto de parada para que a enchedora envasasse mais latas, e contemplasse não só a cerveja presente no tanque de pressão, mas também todo o líquido presente na tubulação.

Para isso, foi necessário criar uma simples rotina de código em FBD, que fizesse a mudança de leitura do sensor já utilizado pela enchedora para indicar falta de recipiente, para o outro sensor instalado no ponto exato que contempla não só a cerveja presente no tanque de pressão (cúpula), como toda a cerveja contida na tubulação.

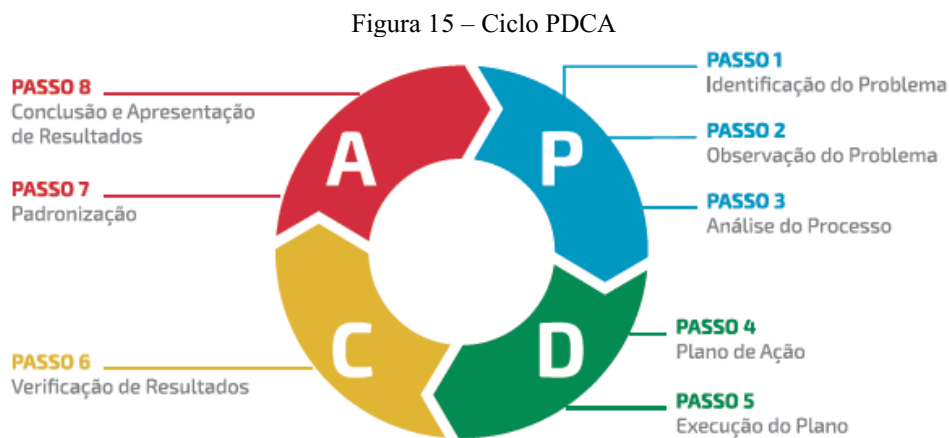
Essa mudança na leitura do sensor do transporte não poderia ser fixa, pois como foi dito anteriormente, tanto a enchedora quanto a despaletizadora, utilizam os sensores para ligar, desligar ou modular a velocidade do equipamento quando o transporte está vazio ou acumulado. Por isso, se a mudança fosse fixa, a enchedora iria parar indicando falta mesmo com o transporte cheio e a despaletizadora iria manter a velocidade de despaletização.

## 4 Desenvolvimento do Projeto

Neste capítulo, estão descritos como as etapas citadas no capítulo anterior foram realizadas. Para isso foram utilizadas ferramentas de análise e os conceitos de automação descritos anteriormente com o objetivo de desenvolver e executar os tópicos descritos na proposta deste projeto.

### 4.1 Análise do Problema

A identificação do problema tornou-se possível com a utilização do primeiro tópico do ciclo PDCA, em que através dos passos “Identificação do Problema”, “Observação do Problema” e “Análise do Processo”, foi observado que o principal impacto das perdas de cerveja era por dreno. Com isso, iniciou-se a busca para identificar a melhor forma possível de se realizar o procedimento de final de produção da enchedora, sem que houvesse perdas consideráveis.

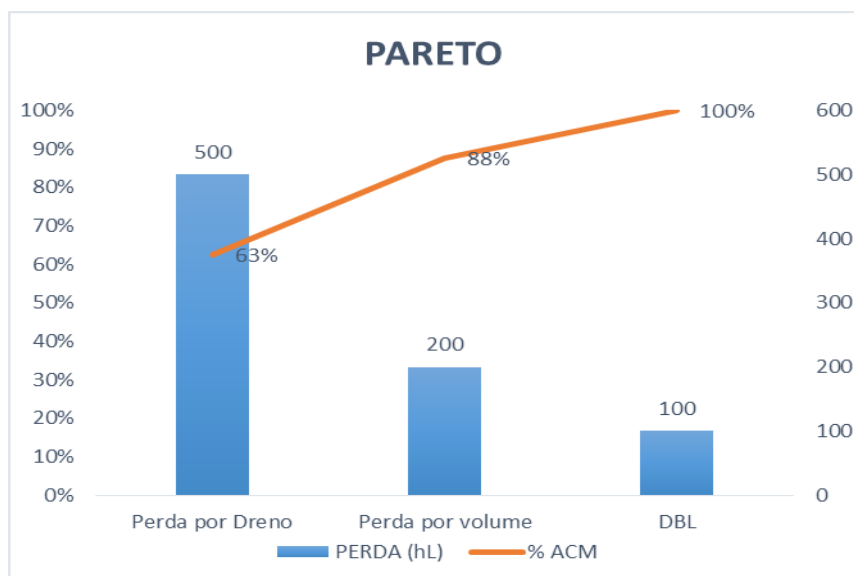


Fonte: Adaptado de (Allaboutlearn.com, 2016)

#### 4.1.1 Observação do Pareto

Com a análise do gráfico de pareto, foi evidenciado o principal impacto responsável pela maior perda durante a produção através do percentual acumulado (%ACM). Com isso, foi possível traçar um plano de ação para sanar o problema em questão.

Figura 16 – Diagrama de Pareto



## 4.2 Execução do fim de Produção

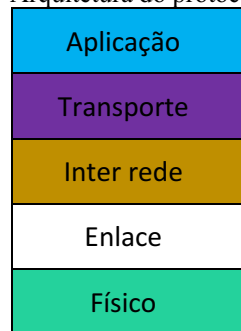
O final de produção da enchedora é realizado quando a última lata do TRP aéreo passa pelo sensor fotocélula mais próximo da enchedora. Quando isso acontece, a enchedora pára por falta de recipiente e então é possível selecionar o modo “fim de produção”, onde as latas restantes são envasadas. Esse procedimento é realizado através da comunicação TCP/IP descrito a seguir.

### 4.2.1 Protocolo de comunicação TPC/IP

Os protocolos TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) podem ser utilizados sobre qualquer estrutura de rede, seja ela simples como uma ligação ponto-a-ponto ou uma rede de pacotes complexa.

### Arquitetura TCP/IP

Tabela 2 – Arquitetura do protocolo TCP/IP



Fonte: Adaptado de (Protocolo TCP/IP 3ed, 2009)

O Protocolo TCP/IP é na verdade um conjunto de protocolos de comunicação. Esse modelo foi desenvolvido em 1969 pelo Departamento de defesa dos Estados Unidos e tinha como função permitir a troca de uma grande quantidade de informações entre um número imenso de sistemas computacionais envolvendo empresas, universidades e órgãos do governo, sem perder velocidade e confiabilidade.

É através deste protocolo que é possível realizar a comunicação entre os CLPs e computadores. A camada de transporte TCP é responsável por pegar o dado enviado pela camada de aplicação, este dado é dividido em pacotes para que seja enviado à camada inferior, a da internet.

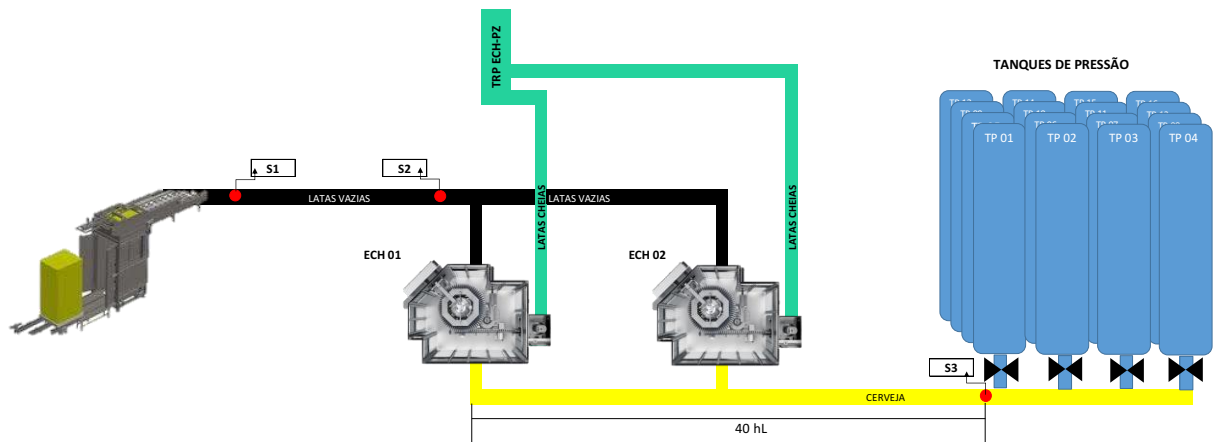
Já na camada de rede, o IP pega os pacotes recebidos pela camada de transporte e adiciona uma informação de endereço virtual. Exemplo: inclui informações do computador que está enviando os dados e as informações do computador que vai receber esses dados.

## 4.3 Características do Processo

Ao realizar o final de produção da enchedora, o transporte de latas era esvaziado até atingir o sensor fotocélula S2, onde esse sensor indicava que as latas estavam acabando através de uma mensagem na IHM da enchedora. Quando isso ocorre, a enchedora pára por falta e então o operador seleciona a função de final de produção onde a enchedora puxa o restante das latas que estão entre o sensor S2 e a enchedora.



Figura 17 – Layout da Enchedora



No entanto, como as latas entre o sensor S2 e as enchedoras, não são suficientes para envasar os 40 hL da tubulação, foi necessário identificar a exata quantidade de latas que são necessárias para envasar toda essa cerveja.

Para isso, calculamos a quantidade de latas necessárias para envasar 40 hL da tubulação (4000 L). Primeiramente foi feito o cálculo para as latas de 269 mL, onde  $269 \text{ mL} = 0,00269 \text{ hL}$ .

Então:

$$\frac{40 \text{ hL}}{0,00269 \text{ hL}} = 14.869,889 \text{ Latas} \quad (3)$$

Onde: 40 hL é a quantidade de líquido contida na tubulação  
 0,00269 hL é a capacidade de líquido da lata em hL  
 14.869,889 é a quantidade de latas de 269 mL para envasar 40 hL

#### 4.3.1 Execução do Plano de ação

O próximo passo foi colocar essas 14.000 latas no TRP aéreo, para isso, foi calculado quantas camadas de latas vazias eram preciso despaletizar. Por fim, foi verificado no TRP aéreo que essas latas ocupavam o transporte da enchedora até o sensor S1.

Após identificar esse ponto, foi estabelecido que este é o ponto exato em que a quantidade de latas vazias é suficiente para envasar toda a cerveja da tubulação. Portanto, o novo ponto de final de produção é indicado na figura como S1.

Também foi necessário calcular a quantidade de latas de 350 mL necessárias para envasar os mesmos 40 hL. Este cálculo foi feito da mesma forma para 269 mL, e foi identificado que para realizar o procedimento de final de produção com 350 são necessárias menos latas, ou seja, dois pontos de final de produção diferente para os dois SKU's.

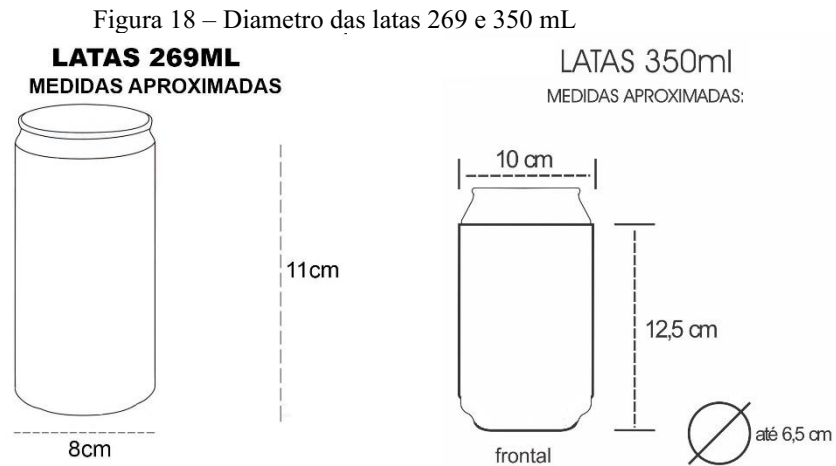
$$\frac{40 \text{ hL}}{0,00350} = 11.428,571 \text{ Latas} \quad (4)$$

Onde: 40 hL é a quantidade de líquido contida na tubulação  
 0,00350 é a capacidade líquido da lata em hL  
 11.428,571 é a quantidade de latas de 350 mL para envasar 40 hL

### 4.3.2 Primeiros testes

Em teoria, o ponto de final de produção para 350 mL estaria um pouco mais próximo da enchedora em relação ao sensor S1 por ser necessário menos latas para envasar a cerveja da tubulação. Porém na prática, as latas de 350 mL ocuparam um espaço no TRP aéreo maior do que as de 269 mL.

Isso ocorreu graças ao diâmetro da lata de 350 mL ser maior do que as de 269. Estas ocupam um trecho menor por terem um diâmetro menor.



Fonte: Adaptado de (canpack.com)

Através dessa observação, tornou-se possível a realização do procedimento de final de produção tanto de 269 mL como de 350 mL através do mesmo ponto, sem que houvesse a necessidade de dois pontos com dois sensores fotocélulas diferentes.

## 4.4 Viabilidade de execução

A implementação do projeto dependia da disponibilidade dos sensores realizarem uma comutação no momento do final de produção da enchedora, a leitura do sensor de falta de recipientes (S2) não poderia ser mudado de forma permanente para o sensor S1, pois em toda parada da despaletizadora por algum defeito, assim que as últimas latas passassem pelo sensor S2 a lógica da enchedora entenderia que as latas estariam acabando e então, pararia o ciclo da máquina, mesmo com o TRP aéreo estando cheio de latas.

Por isso, foi feita uma lógica simples (em linguagem FBD) no código da enchedora para “setar” a leitura do sensor S1 durante o final de produção, e após o procedimento voltar a leitura para o sensor S2.

Com isso, foi possível realizar o final de produção de forma precisa e a cerveja contida na tubulação também pôde ser envasada. Os primeiros testes realizados foram satisfatórios, gerando perda de apenas 0,67% no dia de realização do fim de produção da enchedora para uma meta de 1%. Este procedimento anteriormente realizado sem compreender a cerveja da tubulação gerava perda de ~2,5% para mesma meta de 1%.

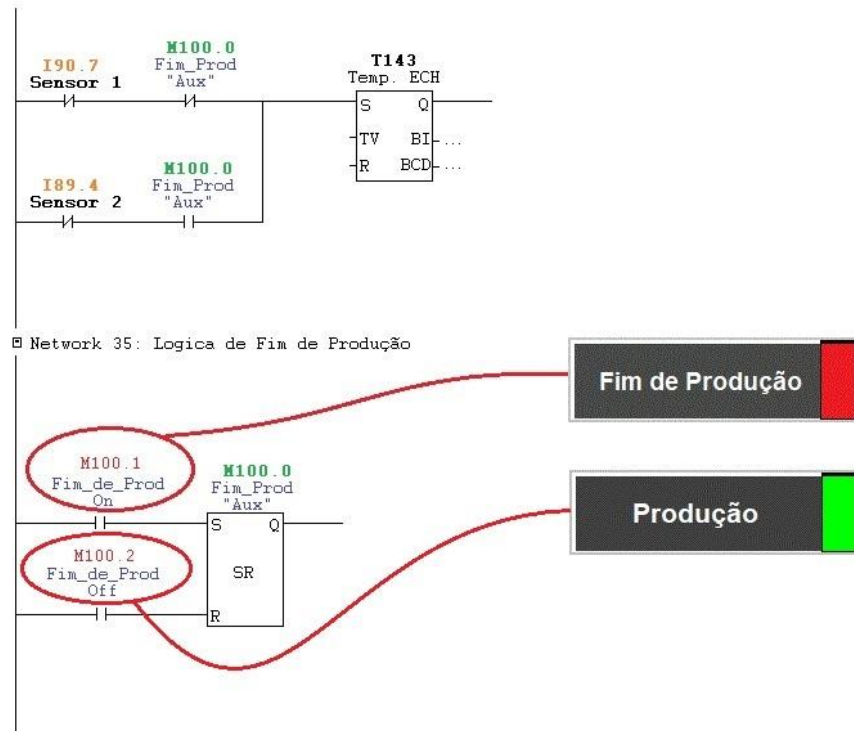
## 4.5 Código implementado

O código implementado na lógica da enchedora tem como objetivo realizar a mudança da leitura dos sensores S1 e S2, em que S1 representa o acionamento do “fim de produção”. Para isso, o bit M100.1 recebe o sinal 1 (on) no momento em que o botão “Fim de produção” é acionado na IHM da enchedora. Quando isso ocorre, o bloco M100.0 é “setado”, fazendo com que o bit I90.7 (Sensor 1) estabeleça comunicação com o bloco da enchedora T143. Nesse momento, a enchedora inicia a leitura através do sensor S1 posicionado no ponto de final de

produção.

Após finalizar o procedimento de final de produção e concluído o envase de toda cerveja da tubulação, o modo “Produção” deve ser reestabelecido. Isso faz com que a leitura do sensor 1 volte para o sensor 2, utilizado pela enchedora para identificar que os recipientes estão acabando. Para isso, o bit M100.2 recebe o sinal 0 (off) no momento em que o botão “Produção” é selecionado na IHM da enchedora. Quando isso ocorre, o bloco M100.0 é “resetado”, fazendo com que o bit I89.4 (sensor 2) estabeleça comunicação com o bloco T143 da enchedora. Isso faz com que a leitura do sensor volte para o seu estado normal de produção, ou seja, sensor S2.

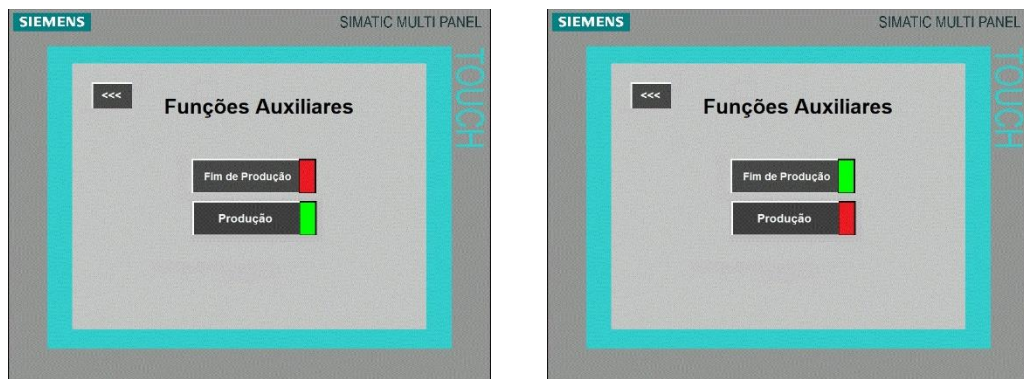
Figura 19 – Logica de fim de produção



#### 4.5.1 Telas de Fim de Produção

A tela foi adicionada junto à IHM utilizada na enchedora. O botão “>>>>” é selecionado e em sequência uma nova tela é aberta com os botões “Fim de produção” e “Produção”. Então é possível ao operador, selecionar a função desejada. Ao realizar o procedimento de final de produção é necessário deixar em modo de fim de produção e após a realização do procedimento, a função de produção deve ser reestabelecida.

Figura 20 – Tela de Fim de Produção



## 5 Resultados e Discussões

Neste capítulo, estão descritos os resultados do novo procedimento implementado e aplicado no processo e as discussões propostas. No tópico análise de IPE são citados os passos utilizados para levantamento dos dados seguindo o ciclo PDCA. No tópico verificação dos resultados é mostrado os efeitos que o novo procedimento causou na perda de extrato da linha.

### 5.1 Análise de IPE

Através da análise do problema descrita no tópico 3, foi possível identificar o principal impacto causador das perdas durante o processo de produção de cerveja. Para demonstrar o Índice de Perda de Extrato (IPE) foram utilizados os gráficos de série temporal do ano anterior, histograma, diagrama de causa e efeito (Ishikawa) e diagrama de Pareto (subtópico 4.1.1).

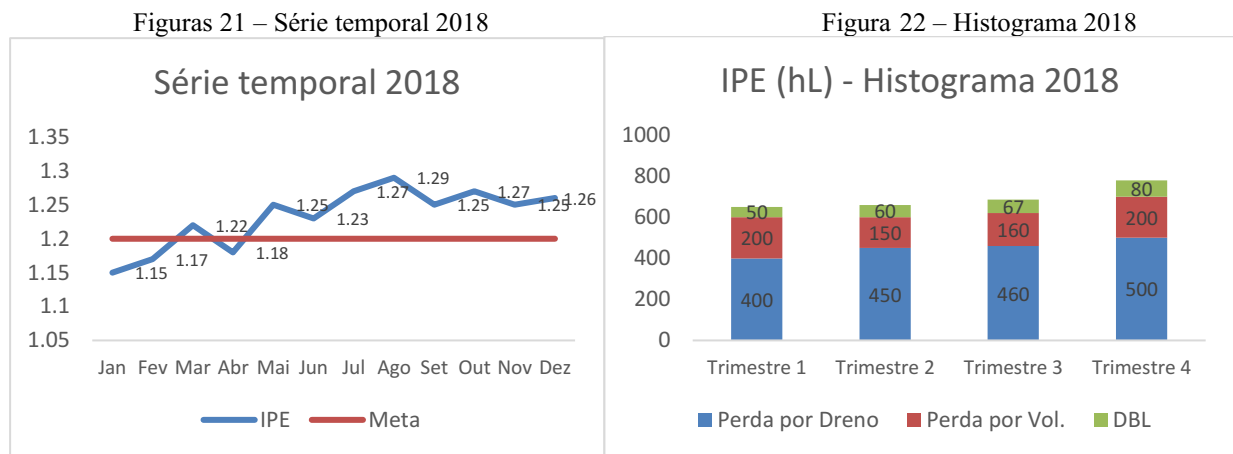
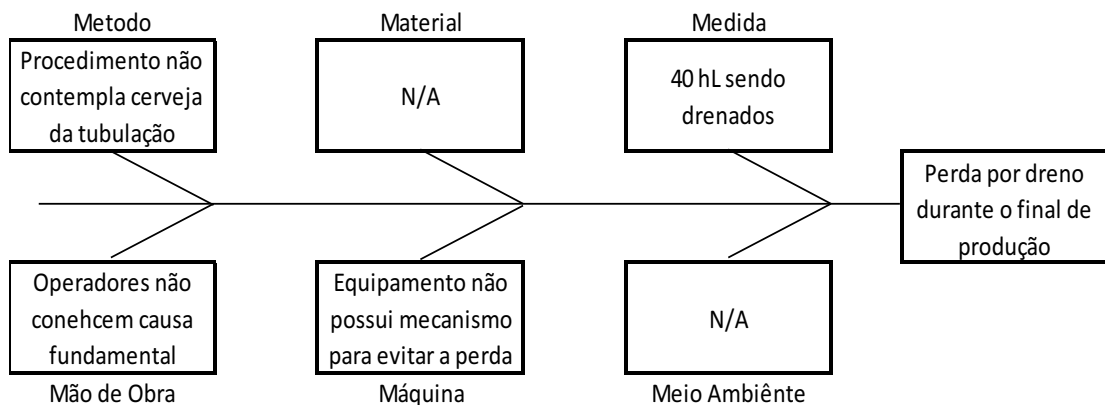


Figura 23 – Diagrama de causa e efeito



As ferramentas do ciclo PDCA mostradas acima, assim como o Diagrama de Pareto mostrado no subtópico 4.1.1 foram utilizadas para identificar e comprovar o principal impacto de perdas durante a produção e que deveria ser solucionado primeiro como forma de diminuir as perdas de extrato durante a produção.

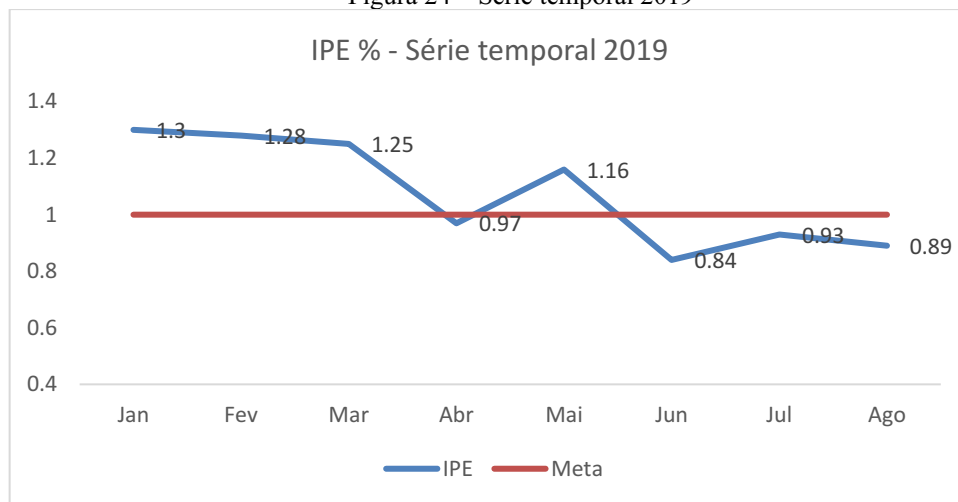
Ao analisar a série temporal (figura 18), foi possível perceber que as perdas aumentaram ao decorrer dos meses de 2018, causando índices de perda de extrato consideráveis e que com o aumento da produção poderiam impactar ainda mais o custo da produção. Também foi possível verificar através do histograma (figura 19), que o impacto da perda por dreno no final de produção é maior que a perda por volume de enchimento e por DBL (Diferença Bruto Líquido), tornando ainda mais importante a criação de um plano de ações para bloqueio da causa fundamental do problema.

Identificado o problema, tornou-se necessário realizar uma divisão das possíveis causas do problema. Isso foi feito utilizando-se o diagrama de causa e efeito, onde pôde-se verificar através dos 6 Ms (Método, Material, Medida, Mão de obra, Máquina e Meio ambiente), que o problema da perda por dreno durante o final de produção estava relacionado com a máquina, mão de obra, medida e o método utilizado.

## 5.2 Verificação dos Resultados

Após realização do plano de ações descrito no tópico 3.2 e subtópico 4.3.1, foi feito um novo levantamento de dados de IPE para análise dos impactos e verificação dos resultados. A análise mostrou que o novo procedimento não só otimizou o final de produção da enchedora diminuindo as perdas como também fez com que a meta que havia diminuído de 1,2% para 1% fosse alcançada.

Figura 24 – Série temporal 2019



A figura 21 mostra uma simulação da série temporal de 2019 até o mês de agosto, onde é possível notar que no mês de abril a meta foi batida pela primeira vez. Neste mês foram iniciados os testes do novo procedimento de final de produção da enchedora, tornando possível o envase dos 40 hL de cerveja contidos na tubulação em cada setup realizado no equipamento.

Em sequência, foi verificado que no mês de maio a meta não foi batida. A causa deste problema foi investigado através de ferramentas de análise da empresa e comprovado que a causa fundamental foi devido a um problema pontual de quebra de uma válvula da enchedora, que fez com que vários hectolitros de cerveja fossem drenados durante a produção do mês de maio. Após sanar o problema, foi possível “bater” a meta nos meses subsequentes, gerando um ganho considerável no custo e na quantidade de cerveja envasadas durante o mês.

## 6 Conclusão e Trabalhos Futuros

Com a elaboração do trabalho proposto foi possível encontrar um meio alternativo para diminuir as perdas durante o processo produtivo sem que fosse necessário um investimento inicial. Através da análise feita com o auxílio do ciclo PDCA, foi possível identificar de forma conclusiva os GAPs existentes, assim como os impactos que cada tipo de perda causava no sistema. Os impactos foram levantados e o diagrama de Pareto foi utilizado para comprovar em qual perda seria necessário uma maior intervenção, e então, foi observado a necessidade de desenvolver o projeto de otimização do procedimento de final de produção.

Após identificar o problema foi montado um plano de ação em que teve como objetivo a otimização do procedimento de final de produção para diminuir as perdas. Este plano de ação contou com os passos de verificação da possibilidade de modificação do código original da enchedora e a verificação dos impactos que essa modificação poderia trazer ao equipamento. A averiguação desses pontos mostrou que além de ser possível modificar o código da enchedora, também não causaria impactos na operação do equipamento.

A estrutura do projeto foi montada através do plano de ações e contou com alguns imprevistos. Entre eles, a necessidade de se utilizar um sensor já instalado no transporte de latas e que era utilizado no processo. Porém, com a prévia verificação da disponibilidade de se utilizar o sensor fotocélula, foi possível utilizá-lo de forma satisfatória sem interferir no funcionamento dos demais processos.

Outro imprevisto encontrado no decorrer do projeto foi a diferença entre os tamanhos das latas de diferentes tipos de cervejas. Ao encontrar o ponto de final de produção das latas de 269 mL, tornou-se necessário fazer o mesmo para as latas de 350 mL. Porém ao realizar a análise, foi possível perceber que as latas de 350 mL ocupavam mais espaço no transporte de latas do que as de 269 mL devido o diâmetro das latas serem maior. Com isso, foi possível utilizar o mesmo ponto de final de produção para os dois tamanhos de latas.

Ao certificar-se de que a implementação do projeto traria ganhos para o processo, foi preciso criar uma interface na IHM da enchedora para que o operador realizasse o novo procedimento de mudança de sensores. Esta interface foi criada com apenas dois botões, e o novo procedimento já testado e certificado foi padronizado de forma que em todo final de produção ele deve ser realizado. Todos os operadores da enchedora e envolvidos foram treinados no novo procedimento e estão aptos para a realização do procedimento.

Os resultados atingidos foram satisfatórios e garantiram uma diminuição considerável das perdas, fazendo com que os custos da produção fossem reduzidos e o processo fosse otimizado. As oportunidades existentes de trabalhos futuros para diminuir ainda mais as perdas do processo foram levantadas e contam com a otimização do nível de enchimento das latas, este é o segundo impacto descrito no diagrama de Pareto.

Por fim, a solução do problema realizado com a execução deste projeto foi importante não só para diminuir as perdas em uma grande empresa de bebidas, mas também para demonstrar como as ferramentas e conceitos de automação também servem para otimizar processos de forma simples, e sem necessidade de um grande investimento inicial.

## 7 Referências

C. BRAGA, Newton. Como funcionam os CLPs. Instituto NCB, Março, 2013. Disponível em: <http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/7920-como-funcionam-os-clps-mec143>. Acesso em: 15 de Outubro de 2019.

DE ALMEIDA, Liliane; ELTZ, Joacir Luciano; UNTERLEIDER, Carlos Eduardo Appollo. ANÁLISE DA VARIABILIDADE NO ENCHIMENTO DE LATAS DE CERVEJA. INOVAE-Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation (ISSN 2357-7797), v. 2, n. 2, p. 119-130, 2014.

FOROUZAN, Behrouz A.; FEGAN, Sophia Chung. Protocolo TCP/IP-3. AMGH Editora, 2009.

FRANCHI, Claiton Moro; DE CAMARGO, Valter Luís Arlindo. Controladores lógicos programáveis: sistemas discretos. Saraiva Educação SA, 2008.

GERHARDT, Melissa Petry; FOGLIATTO, Flávio Sanson; CORTIMIGLIA, Marcelo Nogueira. Metodologia para o balanceamento de linhas de montagem multi-modelo em ambientes de customização em massa. Gestão e produção. São Carlos, SP. Vol. 14, n. 2 (maio-ago. 2007), p. 267-279, 2007.

JUNIOR, Amaro AD; VIEIRA, Antonia G.; FERREIRA, Taciano P. Processo de Produção de Cerveja. Revista Processos Químicos, v. 3, n. 6, p. 61-71, 2009.

JUNIOR, A. Nicoletti et al. Simulação de eventos discretos para análise da disponibilidade fabril em uma linha de envase de bebidas. Rev. Ciência Tecnol, v. 19, n. 37, p. 19-29, 2016.

MARQUES, Marcus. Linha de Montagem: Conheça sua história de desenvolvimento. Pequenas e Médias Empresas, 23, novembro de 2017. Disponível em: <http://marcusmarques.com.br/pequenas-e-medias-empresas/linha-de-montagem-conheca-sua-historia-e-desenvolvimento/>. Acesso em: 23 de Outubro de 2019.

Modulfill Bloc FS-C can filler-seamer block. KRONES. Disponível em: <https://www.krones.com/en/products/innovations/can-filler-seamer-bloc-for-beer-softdrinks-water.php>. Acesso em: 25 de setembro de 2019.

PACHECO, Ana Paula Reusing et al. O ciclo PDCA na gestão do conhecimento: uma abordagem sistêmica. Universidade Federal de Santa Catarina—Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento [Internet], 2012.

ROCHA, Alexandre Magno Monteiro; DE ARAÚJO DANTAS, Alysson Geisel Medeiros. AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.

SOUSA, Jânio Plácido de A.; PMP, MBA. Ciclo PDCA. Um instrumento para a melhoria contínua. Apresentação em Slides, 2006.

SILVEIRA, Leonardo; e LIMA, Weldson Q (2003, p. 02). Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial, maio de 2003. Disponível em [https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1\\_13.pdf](https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_13.pdf). Acesso em: 15 de Outubro de 2019.

THOMAZINI, Daniel. Sensores industriais: fundamentos e aplicações. Saraiva Educação SA, 2018.