

Marco Craveiro Javarys

**Produção de bebidas: sistema automatizado para
controle tributário**

PROJETO DE GRADUAÇÃO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

MECÂNICA

Programa de Graduação em
Engenharia Mecânica

Rio de Janeiro, dezembro de 2016

Marco Craveiro Javarys

Produção de bebidas: sistema automatizado para controle tributário

PROJETO DE GRADUAÇÃO

Projeto apresentado como requisito para obtenção de
grau de Bacharel pelo Programa de
Graduação em Engenharia Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica da PUC-Rio.

Orientador: Pedro Paulo Almeida Silva

Co-orientadora: Iris Trindade Chacon

Rio de Janeiro, dezembro de 2016

Resumo

Este projeto visa descrever, comparar e testar os métodos automatizados de controle de produção de bebidas para efeitos de tributação, impostos pela Receita Federal do Brasil (RFB). Estabelecimentos industriais envasadores de bebidas são obrigados por lei a instalar equipamentos que monitoram sua produção, evitando fraudes tributárias ou concorrências desleais, para isto, foram desenvolvidas até o momento dois sistemas de controle utilizados em larga escala pela RFB: i) Sistema de Medição de Vazão (SMV) e ii) Sistema de Controle de Produção de Bebidas (Sicobe), este último foi desenvolvido em substituição ao primeiro. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia dos dois sistemas em relação ao propósito para os quais foram desenvolvidos, bem como, apresentar suas vantagens e desvantagens, comparar suas evoluções, quando possível, propor melhorias.

Palavras-chave: Sistema de Medição de Vazão, Sistema de Controle de Produção de Bebidas, Sicobe, SMV, calibração, vazão, condutividade elétrica, medidor de vazão eletromagnético.

Abstract

This project aims to describe, compare and test the automated methods of controlling production of beverages for the purposes of taxation, imposed by the Receita Federal do Brasil (RFB). Industrial establishments for beverage companies are required by law to install equipment that monitors their production, avoiding tax fraud or unfair competition. To this end, two RFB control systems have been developed to date: i) Sistema de Medidores de Vazão (SMV) and ii) Sistema de Controle de Produção de Bebidas (Sicobe), the latter was developed in place of the other one. The objective of this work was to evaluate the effectiveness of the two systems in relation to the purpose for which they were developed, as well as to present their advantages and disadvantages, to compare their evolutions, when possible, to propose improvements.

Keywords: Sistema de Medição de Vazão, Sistema de Controle de Produção de Bebidas, SMV, Sicobe, calibration, flow, electrical conductivity, electromagnetic flow meter.

Sumário

Sumário.....	III
1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização e objetivos do projeto	1
1.2. Motivação.....	3
1.3. Organização do trabalho.....	4
2. Sistema de Medição de Vazão (SMV)	5
2.1. Introdução.....	5
2.2. Descrição das funções e requisitos do Sistema de Medição de Vazão (SMV)	6
2.3. Medidores de vazão eletromagnéticos	9
2.4. Medidores de condutividade elétrica (condutivímetro).....	11
2.5. Experimento do Medidor de Vazão.....	12
2.6. Experimento do Medidor de Condutividade Elétrica.....	16
2.7. Conclusão do Sistema de Medição de Vazão (SMV)	19
3. Sistema de Controle de Produção de Bebidas (Sicobe)	21
3.1. Introdução.....	21
3.2. Funções do Sicobe.....	22
3.3. Conclusão do Sistema de Controle de Produção de Bebidas (Sicobe).....	28
4. Conclusões.....	29
Referências	30

Lista de Figuras

FIGURA 1.1: SISTEMA DE MEDIÇÃO DE VAZÃO (SMV)	2
FIGURA 1.2: MÓDULO CODIFICADOR DO SISTEMA DE CONTROLE DE BEBIDAS (SICOBÉ).....	3
FIGURA 2.1: EXEMPLOS DE MEDIDORES DE VAZÃO ELETROMAGNÉTICOS	7
FIGURA 2.2: CONDUTIVÍMETRO METTLER TOLEDO.....	8
FIGURA 2.3: SENSOR DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA METTLER TOLEDO INPro 7250 ST	9
FIGURA 2.4: PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO ELETROMAGNÉTICO	11
FIGURA 2.5: BANCADA DO EXPERIMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO ELETROMAGNÉTICO	13
FIGURA 2.6: RESULTADOS DO EXPERIMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO	14
FIGURA 2.7: MEDIDOR DE VAZÃO ELETROMAGNÉTICO INSTALADO NA BANCADA	14
FIGURA 2.8: MEDIDOR DE VAZÃO ELETROMAGNÉTICO EXISTENTE NA BANCADA.....	15
FIGURA 2.9: FOTO DO PADRÃO DE ESCOAMENTO DO TIPO BOLHA.....	16
FIGURA 2.10: CONDUTIVÍMETRO.....	17
FIGURA 2.11: TERMÔMETRO DIGITAL E EXPERIMENTO COM REFRIGERANTE DO TIPO COLA.	18
FIGURA 2.12: CALIBRAÇÃO DO SENSOR DE TEMPERATURA DO CONDUTIVÍMETRO E EXPERIMENTO COM CERVEJA.	18
FIGURA 2.13: RESULTADOS DO EXPERIMENTO DO CONDUTIVÍMETRO.....	19
FIGURA 3.1: ESQUEMA BÁSICO PARA INSTALAÇÃO DO SICOBÉ EM LINHAS DE PRODUÇÃO DE BEBIDAS EM LATA.	22
FIGURA 3.2: SENSORES DE CONTAGEM LED E LASER RESPECTIVAMENTE	23
FIGURA 3.3: ABRIGO DOS SENSORES DE CONTAGEM	24
FIGURA 3.4: CÂMERA DE RECONHECIMENTO DE MARCA COMERCIAL	25
FIGURA 3.5: EQUIPAMENTO CODIFICADOR E TAMPA COM CÓDIGO IMPRESSO	26
FIGURA 3.6: ENCODER E IMPRESSORA DO CÓDIGO	27

1. Introdução

1.1. Contextualização e objetivos do projeto

Como qualquer produto industrializado, bebidas envasadas também têm tributações exigidas pelos órgãos governamentais competentes. Desta forma, surgiu a necessidade de controlar o volume de produção da indústria de envase de bebidas de forma automática, uma vez que, antes da implantação do primeiro sistema de controle, o valor pago pelas empresas fazia referência apenas ao que elas mesmas declaravam como produzido, dando margens para fraudes ou sonegação fiscal.

A partir desta necessidade, a Receita Federal do Brasil (RFB) regulamentou, de forma gradativa, dependendo do volume envasado em L/ano, que fabricantes de bebidas adequassem-se ao Sistema de Medição de Vazão (SMV) conforme o Artigo 1º do Ato Declaratório Executivo Cofis nº 20, de 01 de outubro de 2003.

Art. 1º Os estabelecimentos industriais envasadores das bebidas classificadas na posição 2203 da Tabela de Incidência de Produtos Industrializados (Tipi), aprovada pelo Decreto nº 4.542, de 26 de dezembro de 2002, sujeitos ao regime de tributação de que trata a Lei nº 7.798, de 10 de julho de 1989, estão obrigados à instalação de Sistema de Medição de Vazão (SMV) de acordo com as disposições contidas neste Ato Declaratório Executivo (ADE).

Assim surgia o primeiro sistema de controle de produção regulamentado, e que mais tarde, por conta das dificuldades operacionais e alto custo, foi substituído pelo Sistema de Controle de Produção de Bebidas (Sicobe) de acordo com a Instrução Normativa RFB nº869, de 12 de agosto de 2008, desta forma seria possível efetuar a tributação de forma mais assertiva.

Art. 1º Os estabelecimentos industriais envasadores das bebidas classificadas nos códigos 22.01, 22.02, exceto os Ex 01 e Ex 02 do código 22.02.90.00, e 22.03 da Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados (Tipi), aprovada pelo Decreto nº 6.006, de 28 de

dezembro de 2006, estão obrigados à instalação do Sistema de Controle de Produção de Bebidas (Sicobe), de acordo com o disposto nesta Instrução Normativa.

O objetivo principal deste projeto é apresentar as características, qualidades, peculiaridades e desvantagens de cada um dos dois sistemas supracitados, e por fim compará-los a fim de saber se, do ponto de vista da engenharia, se esse avanço de fato contribuiu para a eficiência do sistema tributário. As figuras 1.1 e 1.2 a seguir apresentam o sistema substituído e o atual.



Figura 1.1: Sistema de Medição de Vazão (SMV)



Figura 1.2: Módulo codificador do Sistema de Controle de Bebidas (Sicobe)

1.2. Motivação

De um modo geral, os dois sistemas que foram regulamentados pela Receita Federal do Brasil (RFB) ao longo destes anos operavam sem grandes complicadores, no entanto, é preciso dar garantias à indústria e a sociedade de modo que estes sistemas de tributação atendiam a todos os requisitos pelos quais foram propostos. Sendo assim, é preciso ter equipamentos calibrados e com confiabilidade metrológica garantindo eficiência e eficácia em suas verificações metrológicas, além disso, é muito importante conhecer um pouco sobre a operação desta indústria envasadora de bebidas, pois os sistemas devem estar de acordo com alguns padrões utilizados por esses fabricantes.

Este projeto visa descrever, e quando possível, testar e verificar, se os parâmetros desses equipamentos estão com seus erros máximos admissíveis (EMA) em conformidade às

normas e/ou aos regulamentos estabelecidos, e diante desses resultados, analisar criticamente a eficácia do sistema. Algumas peculiaridades de cada método geram dificuldades distintas, principalmente do ponto de vista metrológico e de caracterização, além de muitas vezes penalizar a própria operação fabril gerando altos custos e transtornos para os fabricantes envasadores de bebidas.

1.3. Organização do trabalho

O presente projeto é composto por 4-quatro capítulos, sendo o primeiro composto pela introdução e elucidação do problema proposto, bem como os objetivos dos sistemas de medição instalados em indústrias envasadoras de bebidas.

O segundo capítulo detalha o SMV, apresentando seu funcionamento, sua estrutura e prossegue questionando seus métodos baseados em testes executados e discutidos. O mesmo acontece no terceiro capítulo, no qual o Sicobe é apresentado.

Já o quarto capítulo, apresenta a conclusão, descrevendo uma comparação entre ambos os sistemas de controle de bebidas envasadas (tributação).

2. Sistema de Medição de Vazão (SMV)

2.1. Introdução

O Sistema de Medição de Vazão (SMV) foi o primeiro passo da Receita Federal do Brasil (RFB) para maior controle tributário sobre a indústria de envase de bebidas, de modo automatizado, desta forma, foi estabelecido pelo artigo IV do Ato Declaratório Executivo Cofis que todos os fabricantes que envasam refrigerantes e cervejas, ficam obrigados a aderir ao sistema em todas as linhas de produção. O SMV é composto por equipamentos medidores de vazão, de condutividade elétrica, de temperatura, bem como indicadores para controle, registro, gravação e transmissão remota dos valores verificados à Secretaria da Receita Federal (SRF) que devem ser capazes de operar sem intervenção humana, desta forma por questões de segurança os equipamentos que compõem o SMV ficam lacrados sem acesso a pessoas não autorizadas.

Anteriormente à instalação deste sistema pioneiro na fiscalização de produção de bebidas, os fabricantes eram responsáveis por informar a RFB, sem que o órgão pudesse ter uma contra prova, o quanto fora envasado em suas linhas de produção. Sem poder confirmar se estas informações eram verdadeiras, as fraudes poderiam ser constantes por parte dessa indústria, desta forma o SMV foi criado com a função de inibir informações incoerentes referentes ao volume envasado e gerar documentos de contra provas para que a Receita Federal conseguisse coibir fraudes. A partir de sua instalação foi possível observar um aumento considerável na arrecadação de impostos. Segundo uma reportagem do jornal O Globo de 05/02/2006: “ [...] Segundo o coordenador de fiscalização da Receita Federal do Brasil, Marcelo Fisch, os medidores de vazão são máquinas que monitoram a produção de bebidas e transmitem os dados para a Receita em tempo real, já mostraram eficiência ao reduzir a sonegação no setor de cervejas. Esses equipamentos foram instalados nas fábricas

após julho de 2004. Depois disso, uma única fabricante pagou 43% a mais em tributos. Somente em Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), principal tributo incidente sobre o setor de bebidas, a arrecadação dessa mesma empresa subiu 23%.”. O sistema foi primeiramente imposto às cervejarias, já que este é o produto que gera a maior parte da receita da indústria envasadora de bebidas, logo após o sucesso na implantação com aumento da arrecadação, a RFB obrigou também a instalação nas linhas de produção de refrigerantes.

Todos os equipamentos e processos envolvidos no SMV devem sofrer verificação de conformidade a qual inclui etapas como a pré-qualificação dos sistemas e calibração dos instrumentos de medição. Na primeira etapa são verificados requisitos de funcionalidade, interface, físicos, segurança, documentação apropriada, etc. Em seguida é solicitada a calibração dos instrumentos utilizados no processo, a qual deve ser feita pelo próprio Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) ou por laboratórios acreditados pelo mesmo.

2.2. Descrição das funções e requisitos do Sistema de Medição de Vazão (SMV)

Cada equipamento que compõe o SMV possui funções específicas que contribuem para que o sistema funcione de maneira completa e eficaz, monitorando constantemente a produção de determinada indústria envasadora independentemente das condições aplicadas na linha de produção.

A “função medição de vazão” utiliza um medidor de vazão; entende-se neste caso como, equipamento que mede a taxa do volume, ou seja, a vazão volumétrica instantânea do líquido em cada enchedora (máquina que enche os vasilhames vazios). Estes medidores de vazão podem ter erros de medição aceitáveis segundo os critérios da RFB, portanto, na ausência de bolhas na tubulação, o erro máximo admissível (EMA) do medidor é de +/- 1,5%

em relação à vazão real, se a velocidade do fluido for $> 0,3 \text{ m/s}$ e sua condutividade elétrica for $\geq 5 \text{ }\mu\text{S/cm}$. Se a velocidade for $< 0,3 \text{ m/s}$ e $> 0,1 \text{ m/s}$ o *range* de erro aumenta para $\pm 3,5\%$ mantendo-se a mesma condição para condutividade elétrica. Para o erro de repetitividade máximo deve-se considerar $0,1\%$ para os líquidos sob estas condições supracitadas. Devido às condições adversas de operação das linhas de envase, existem também requisitos físicos que devem ser considerados sobre o medidor de vazão aplicado, o mesmo deve ser capaz de operar com temperaturas entre -5°C e 140°C e pressão máxima $\geq 1000 \text{ kPa}$ (10 bar), pois cada bebida pode ser fabricada em condição diferente das demais, como por exemplo o refrigerante, que contém gás carbônico (por isso é envasado a baixa temperatura) e o chás que são produzidos em alta temperatura. Todos os medidores que podiam ser utilizados nesta função do SMV deveriam ser pré-qualificados pelo Inmetro, e, além de obedecer aos requisitos supracitados, também deveriam ter fluxo reverso nulo (apenas a passagem de líquido em um sentido deve ser considerada), não possuir partes mecânicas móveis (exigência da indústria envasadora, por questões de contaminação microbológica), deveria dispor de visor com informações instantâneas e ter grau de proteção $\geq \text{IP } 65$, garantindo a integridade do mesmo sob as condições de operação das linhas de produção. A figura 2.1 a seguir apresenta exemplos de medidores de vazão eletromagnéticos.



Figura 2.1: Exemplos de medidores de vazão eletromagnéticos

A função “medição de condutividade” realiza medições constantes de condutividade elétrica e temperatura do líquido que alimenta uma enchedora sem que haja interferência na produção. A condutividade elétrica de um líquido é função de sua temperatura, e por intermédio dessa informação é possível “diferenciar” quais líquidos envasados em determinada linha. Outra necessidade importante é saber se a tubulação está de fato produzindo alguma bebida ou se está em *Clean in Place* (CIP), processo onde se usa um ácido ou uma solução detergente para a limpeza da tubulação, em geral, a condutividade elétrica referente a cervejas e refrigerantes são \leq de 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a solução CIP possui condutividade \geq 3.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os fabricantes eram obrigados a informar a RFB as condutividades elétricas das suas bebidas, cruzando estes dados, com os verificados, pode-se concluir qual bebida está sendo envasada. De forma semelhante à função “medição de vazão”, a RFB também limitou erros máximos de medição para condutividade elétrica, onde este deve ser de $\pm 2,0\%$ e $\pm 25 \mu\text{S}/\text{cm}$ em relação ao real, na temperatura o erro máximo admitido é de $\pm 1,5^\circ\text{C}$. No que diz respeito aos requisitos físicos, a função deve ser capaz de operar entre -5°C e 100°C com pressões $\geq 1000 \text{ kPa}$ (10 bar), também sendo capaz de suportar até 140°C por períodos de no mínimo uma hora.



Figura 2.2: Condutivímetro Mettler Toledo



Figura 2.3: Sensor de condutividade elétrica Mettler Toledo InPro 7250 ST

As funções de registro e transmissão de dados devem ser capazes de armazenar e enviar os dados à RFB sem que haja nenhum tipo de interrupção, podendo registrar instantes de tempo (data e horário) absorvendo as mais rápidas variações ocorridas na alimentação de cada enchedora correspondente, não ocorrendo defasagens entre as informações e o processo produtivo. Maiores detalhes sobre essas funções não fazem parte do escopo do projeto, pois envolvem questões de *software, internet e firewalls*.

2.3. Medidores de vazão eletromagnéticos

Considerando os requisitos estabelecidos, o setor industrial optou pela utilização de medidores de vazão do tipo eletromagnéticos. Estes medidores são amplamente utilizados na indústria, pois, em geral, não possuem manutenção, podem medir fluidos em qualquer tipo de escoamento (laminar ou turbulento), possuem baixa incerteza, e utilizam métodos de medição não invasivos, ou seja, não obstruem a tubulação, o que poderia levar a perda de carga e acúmulo de dejetos na tubulação, sendo assim podem medir a vazão de qualquer fluido independentemente de sua densidade, desde que este seja minimamente condutor elétrico com

condutividade $> 5 \mu\text{S/cm}$. Além de todas as vantagens explicitadas esse tipo de medidor pode possuir sensor com padrão sanitário, requisito básico dos padrões das indústrias de bebida e alimentícia.

O princípio da operação de um medidor magnético é baseado na lei de indução eletromagnética de Faraday, que diz que, sendo um líquido minimamente condutor, o seu movimento por intermédio de um campo magnético induz força eletromotriz (FEM) perpendicular ao campo e proporcional à velocidade do escoamento. Na montagem do medidor são utilizadas bobinas perpendiculares à direção do fluido que são responsáveis por induzir a propagação de campo magnético uniforme no interior da tubulação. Portanto, de acordo com a figura 2.4, considerando um fluido condutor escoando com velocidade média V [m/s], num tubo de seção circular e diâmetro D [m] onde existe a presença de um campo magnético B [Tesla], a força eletromotriz E [Volts] será induzida de forma perpendicular ao campo e ao escoamento, é possível descrever a formulação abaixo e calcular a FEM, de modo que:

- Taxa de fluxo magnético no tubo $\longrightarrow E = D \cdot V \cdot B$ [V]
- Vazão de líquido no tubo $\longrightarrow Q = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot V$ [m^3/s]
- Força eletromotriz $\longrightarrow E = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{B}{D} \cdot Q$ [V]

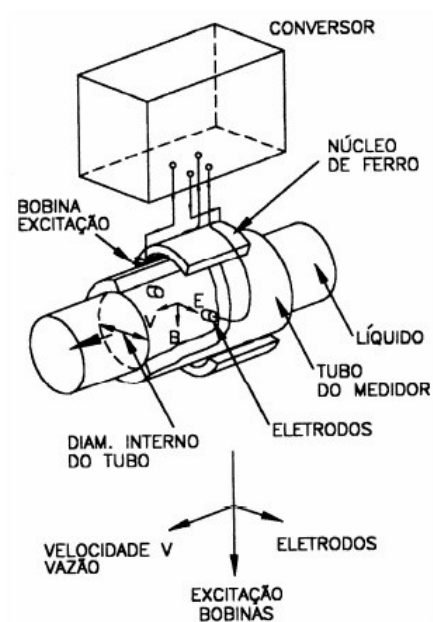


Figura 2.4: Princípio de funcionamento do medidor de vazão eletromagnético

2.4. Medidores de condutividade elétrica (condutivímetro)

Os condutivímetros são equipamentos compostos basicamente de um sensor de condutividade elétrica e um transmissor responsável por converter e mostrar os dados medidos. O sensor mede a capacidade de conduzir corrente elétrica que um determinado fluido ou solução possui, desta forma basicamente, quanto maior a concentração de íons presentes maior é a sua condutividade, no entanto esta pode ser alterada dependendo da temperatura, concentração, valência, etc, portanto é necessário utilizar um fator de correção de temperatura nos aparelhos, já que os sensores poderão fazer medições em diferentes faixas das quais foram calibrados. Embora existam mais de um tipo de sensor de condutividade, o comumente utilizado no SMV é o indutivo, que consistia em duas bobinas (toróides) de alta precisão vedadas hermeticamente em uma matriz polimérica, capaz de suportar a acidez dos fluidos em questão.

O princípio básico de funcionamento desses sensores consistia em aplicar corrente alternada na solução aquosa por intermédio da primeira bobina fluindo através do líquido, a

segunda bobina mede a amplitude desta corrente, gerada pelo campo magnético, a qual é diretamente proporcional à condutividade. Esse princípio de medição, no entanto, é suscetível a perturbações no campo, e qualquer sinal ou ruído pode interferir nos resultados levando a leituras incorretas.

Vale ressaltar que a unidade de medida padrão utilizada é Siemens/metro (S/m), no entanto, dependendo das soluções de trabalho, é mais prático trabalhar em Siemens/centímetro (S/cm) ou até microSiemens/centímetro ($\mu\text{S/cm}$).

2.5. Experimento do Medidor de Vazão

Com o funcionamento do sistema devidamente esclarecido, foram realizados alguns testes nos laboratórios da Divisão de Dinâmica de Fluidos do Inmetro (Dinam/Inmetro) para comprovar a eficácia dessas medições aplicadas no dia a dia de uma indústria envasadora de bebidas, ou seja, considerando trocas de bebidas, limpeza das tubulações, praticidade do sistema, interrupções de linha, descartes de embalagens, etc.

O primeiro teste foi realizado numa bancada com tubulação horizontal em circuito fechado, onde foi adaptada a instalação de mais um medidor de vazão na tubulação existente para executar o experimento conforme planejado. O sistema original é basicamente composto de:

- uma bomba hidráulica centrífuga com rotação controlada por um inversor de frequência;
- um reservatório de água de 500 L;
- tubulação em PVC e acrílico de com $\varnothing_{\text{interno}}$ 25mm;
- sistema de ar comprimido composto por compressor de ar e válvula ($\varnothing_{\text{central}}$ 25 mm) com quatro vias para injeção (quatro válvulas esfera de 6,35 mm ($\frac{1}{4}''$));

- quatro medidores de vazão de ar do tipo térmico mássico (um para cada via de injeção, calibrados na faixa de 0,0 L/min até 15,0 L/min);
- dois medidores de vazão do tipo eletromagnéticos (calibrado na faixa de 0,0 L/min até 20,0 L/min);
- cinco manômetros (calibrados na faixa de 0,0 kgf/cm² até 4,0 kgf/cm²);



Figura 2.5: Bancada do experimento do medidor de vazão eletromagnético

Especificando a frequência no inversor da bomba d'água atingiu-se a vazão de aproximadamente 19,6 L/min, com a intenção de comparar a indicação de cada um dos dois medidores de vazão inicialmente escoando apenas água pela tubulação, e após isso, com pequena injeção de ar (0,4 L/min) situação de formação de bolhas, o que pode ocorrer na tubulação das linhas de envase. A temperatura da água e do ambiente, pressões de entrada de ar também foram monitoradas durante o experimento. Considerando:

- UR (umidade relativa do ar);
- P.S ar (pressão de saída do ar);

- Q.ar (vazão de entrada de ar na tubulação);
- Q.L.K (vazão de líquido do medidor que não recebe injeção de ar na tubulação);
- Q.L.I (vazão de líquido do medidor que recebe a injeção de ar na tubulação);
- Temperaturas (água e ambiente);
- Padrão de escoamento (formado após a injeção de ar);

No Quadro a seguir, está elencado o resultado obtido:

Temperatura ambiente (°C)	UR (%)	P.S. ar (Kgf/cm ²)	Q. ar (L/min)	Q.L. K (L/min)	Q.L. I (L/min)	Temperatura da água (°C)	Padrão de escoamento
23,7	65	0,00	0,00	19,45	19,66	25,13	bolha
23,7	65	0,50	0,40	19,58	20,50	25,13	bolha
23,7	65	0,50	0,40	19,50	20,43	25,13	bolha
23,7	65	0,50	0,40	19,52	20,40	25,13	bolha
23,8	65	0,50	0,40	19,51	20,42	25,13	bolha
23,8	65	0,50	0,40	19,47	20,34	25,13	bolha

Figura 2.6: Resultados do experimento do medidor de vazão



Figura 2.7: Medidor de vazão eletromagnético instalado na bancada



Figura 2.8: Medidor de vazão eletromagnético existente na bancada

Com a execução do experimento foi possível notar que, sem a injeção de ar, os medidores apresentavam indicações bem próximas, respeitando as incertezas de medição declaradas nos respectivos certificados de calibração. A partir de então, realizou-se a injeção de ar após o medidor existente na bancada, de modo que apenas o segundo medidor de vazão passou a operar em regime de escoamento bifásico (contendo ar e água) e com padrão do tipo *bolha* (segundo a caracterização da bancada e observado na seção de tubulação em acrílico). O medidor de vazão que recebia as bolhas de ar, apresentava uma vazão cerca de 1 L/min superior ao outro. Segundo o princípio de funcionamento deste tipo de medidor de vazão (eletromagnético) citado anteriormente, é possível observar que, ao injetar ar na tubulação aumenta-se a velocidade do escoamento já que o ar ocupa parte do volume da tubulação, portanto, mesmo mantendo-se a frequência de operação da bomba hidráulica, aumentou-se a

velocidade do fluido e consequentemente a vazão, como pode-se observar na figura 2.4, ou seja, é possível afirmar que, nestas situações que podem ocorrer em uma linha de produção, a medição é induzida a erros, sendo assim, não seria adequado confiar em tais resultados.

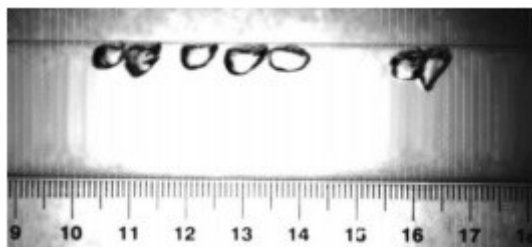


Figura 2.9: Foto do padrão de escoamento do tipo bolha.

2.6. Experimento do Medidor de Condutividade Elétrica

Seguindo os princípios de medição do sistema SMV pôde-se notar que o condutivímetro também possui altíssima relevância no processo. Por intermédio da medição de condutividade elétrica e temperatura do fluido, a intenção era distinguir qual bebida seria envasada, pois cada tipo de bebida possui uma faixa de condutividade elétrica em função de sua temperatura. Desta forma, também foi possível notar quando a linha de produção estava em *clean in place* (CIP), ou seja, limpeza e desinfecção das tubulações do processo. Assim, embora o medidor de vazão acusasse a existência de um fluxo, a elevada condutividade justificaria que naquele momento nenhuma bebida estaria sendo de fato produzida.

A grande questão envolvendo a função “medição de condutividade” ocorre em torno do caráter tributário. Algumas bebidas, por exemplo, podem levar adição de suco de fruta, fazendo com que entrem em outra faixa tributária pelo fato de estarem utilizando insumos orgânicos naturais, e consequentemente movimentando também a agricultura do país. Podemos observar outro fator importante, na fabricação de bebidas em lata, uma mesma linha de produção pode produzir tanto refrigerante quanto cerveja. É possível existir outras faixas de tributação atreladas a outros fatores, contudo, seria muito o sistema efetuar a distinção

correta dos líquidos no momento do envase. Para testar essa condição foram utilizados os seguintes equipamentos:

- um medidor de condutividade elétrica;
- um sensor de condutividade elétrica;
- dois béqueres sendo de 1000ml e 2000ml;
- termômetro digital;
- um suporte para o sensor de condutividade elétrica;
- dois litros de refrigerante do tipo cola;
- dois litros de refrigerante do tipo cola com adição de 2,5% de suco de limão;
- dois litros de cerveja;

No início do experimento foi utilizado um béquer com água, no qual foi medida a temperatura utilizando o termômetro digital. Logo após, foi inserido o sensor de condutividade neste mesmo béquer e assim calibrou-se a temperatura do condutivímetro. Desta mesma maneira inseriu-se o sensor no béquer com as bebidas respeitando o espaço de 2,5 cm da borda do béquer como indicado no manual do instrumento. As figuras 2.9, 2.10 e 2.11 a seguir ilustram o experimento:



Figura 2.10: Condutivímetro



Figura 2.11: Termômetro digital e experimento com refrigerante do tipo cola.

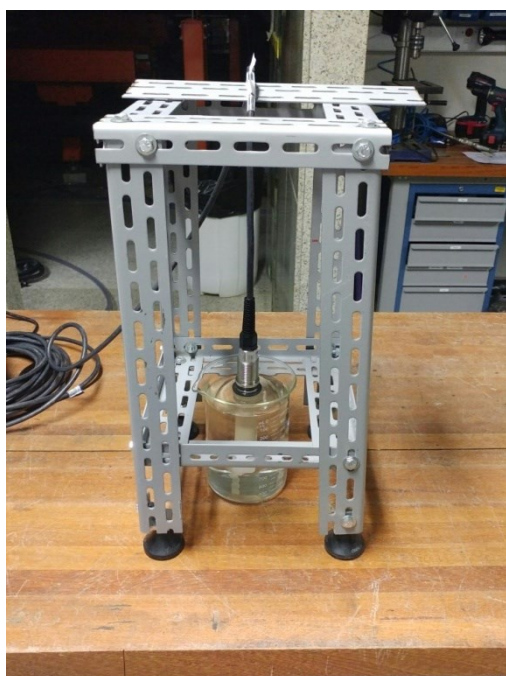


Figura 2.12: Calibração do sensor de temperatura do condutivímetro e experimento com cerveja.

Os resultados obtidos encontram-se no Quadro 2 a seguir:

Temperatura ambiente (°C)	Refrigerante sabor cola + limão (μS/cm)	Temperatura da bebida (°C)	Refrigerante sabor cola (μS/cm)	Temperatura da bebida (°C)	Cerveja (μS/cm)	Temperatura da bebida (°C)
23,7	432	7,2	794	8,1	771	6,9
23,7	440	7,9	806	8,7	789	7,4
23,7	449	8,4	820	9,2	801	7,9
23,7	450	8,8	835	9,8	835	8,4
23,8	459	9,4	841	10,4	849	8,9
23,8	465	9,7	844	10,9	852	9,1
23,8	473	10,2	851	11,5	876	9,6
23,8	488	12,5	863	12,8	889	10,1
23,9	501	13,2	896	13,9	922	11,4
23,9	642	21,0	1052	21,2	1202	21,2

Figura 2.13: Resultados do experimento do condutivímetro

Como se pôde observar o refrigerante sabor cola e a cerveja em temperaturas próximas às utilizadas nas linhas de envase (de 4°C até 10 °C), apresentam condutividade elétrica semelhante, impossibilitando a diferenciação do líquido e consequentemente abrindo caminho para fraudes.

2.7. Conclusão do Sistema de Medição de Vazão (SMV)

Após a realização dos experimentos pôde-se constatar que o SMV embora funcione relativamente bem, apresenta falhas, como medições de vazão incorretas em determinadas situações e distinção dos líquidos duvidosa, gerando desconfiança.

O sistema também era bem limitado para questões de inserção de novos produtos, o condutivímetro acabava por gerar um “gargalo”, pois como visto no experimento ele pode não conseguir diferenciar alguns líquidos de maneira correta. Manter o pleno funcionamento do SMV também não era tarefa simples, devido a grande complexidade do sistema e a

necessidade de calibração e manutenção dos instrumentos era frequente, gerando paradas de linha, assim trazendo transtornos para as equipes de operação das linhas e prejuízos para as indústrias de envase de bebidas.

Outro problema do sistema que merece destaque é a vazão que era obtida à medida que a bebida alimentava a enchedora, no entanto, nem todo esse volume era comercializado. Na própria linha de produção existem inspetores de nível que descartam garrafas não completamente cheias ou com problemas na colocação de tampas, ou seja, o volume delas era contabilizado como tributo sem que pudessem de fato ir para mercado.

3. Sistema de Controle de Produção de Bebidas (Sicobe)

3.1. Introdução

O Sistema de Controle de Produção de Bebidas (SICOBEBE), foi regulamentado e implantado por intermédio da Instrução Normativa RFB nº 869/2008, a obrigatoriedade da instalação pela indústria foi estabelecida pela lei nº 11.827/2008 com o objetivo de substituir o então defasado modelo SMV e todas as suas deficiências abordadas neste projeto.

Art. 1º Os estabelecimentos industriais envasadores das bebidas classificadas nos códigos 22.01, 22.02, exceto os Ex 01 e Ex 02 do código 22.02.90.00, e 22.03 da Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados (Tupi), aprovada pelo Decreto nº 6.006, de 28 de dezembro de 2006, estão obrigados à instalação do Sistema de Controle de Produção de Bebidas (Sicobe), de acordo com o disposto nesta Instrução Normativa.

Desta forma, novamente, as indústrias envasadoras de bebidas (cervejas, refrigerantes, etc), devem contar com um novo processo de fiscalização, desta vez sob supervisão da Casa da Moeda do Brasil (CMB), a qual é responsável pela instalação e manutenção do mesmo. O novo sistema possui um conceito diferente e mais simples que o anterior, com novas funções e métodos, consistindo em contagem numérica da produção, identificação do produto envasado (refrigerante, água, suco, mate, etc), volume, embalagem, marca comercial, impressão e validação de códigos nos vasilhames, podendo assim realizar a rastreabilidade na produção, os equipamentos também deveriam ser capazes de registrar, gravar e transmitir, de forma sigilosa, todos os dados monitorados. Assim, a RFB conseguiria monitorar em tempo real toda a produção de bebida no país, onde cada linha, de cada fabricante, deveria possuir um sistema independente.

A sistemática adotada inicia com a CMB elaborando um documento no qual estão descritas todas as condições de instalação do Sicobe, bem como todas as utilidades e

equipamentos que a própria indústria envasadora deve fornecer como: ar comprimido isento de óleo na vazão e pressão especificada, cabeamento elétrico, eletro calhas e eletro dutos, rede local de *internet* exclusiva e conexões até a sala do Sicobe, modem/roteadores, etc. A infraestrutura para sala do servidor também é de responsabilidade dos envasadores, equipes de técnicos do Sicobe ficam em três turnos 24 h/dia nas fábricas para reparar danos que ocorram no sistema e manter as impressões da codificadora. A figura 3.1 apresenta o esquema básico para instalação do Sicobe em linhas de produção de bebidas em lata.

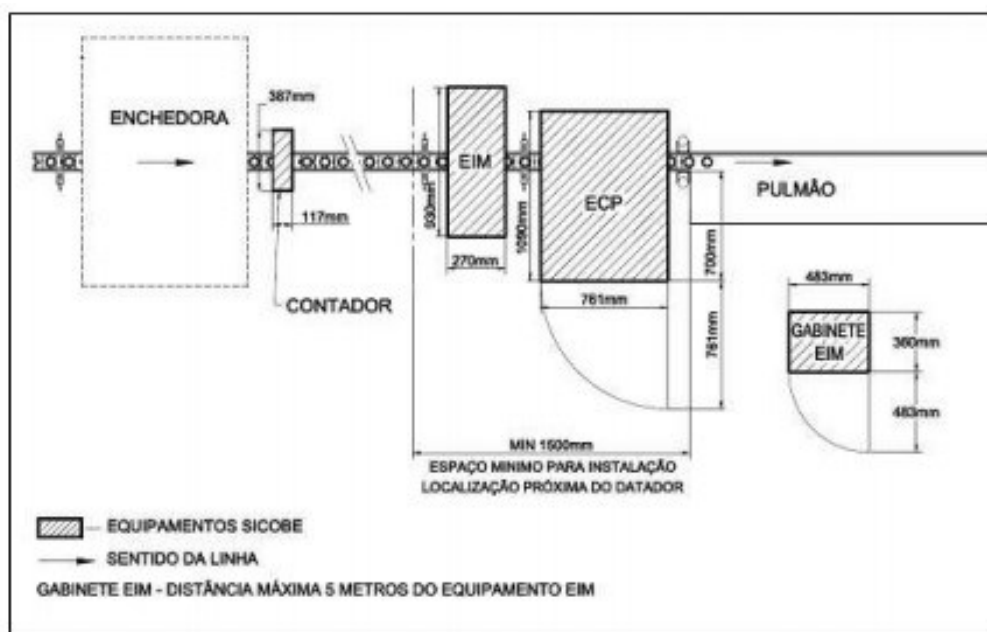


Figura 3.1: Esquema básico para instalação do Sicobe em linhas de produção de bebidas em lata.

3.2. Funções do Sicobe

As funções do Sicobe têm como objetivo garantir o pleno funcionamento do sistema, onde todas as etapas são cruciais para garantir a mais correta tributação possível, assim como acontecia no SMV, respeitando-se, claro, as limitações de cada sistema.. A primeira função chamada de “Controle Numérico da Produção” deveria contar com dois sensores de tipo *laser*

ou *led*, um logo após a enchedora e outro no momento da identificação comercial do produto, executando contagem numérica da produção independentemente do sistema do fabricante e sendo capaz de operar em qualquer velocidade de linha. A escolha dos sensores fica a critério dos técnicos da CMB, uma vez que, dependendo do material e do formato da embalagem do produto, o sensor *led* é melhor do que o *laser* e vice versa. As figuras 3.2 e 3.3 a seguir apresentam os dois tipos de sensores e a cabine que os abriga próximo a saída da enchedora:



Figura 3.2: Sensores de contagem led e laser respectivamente

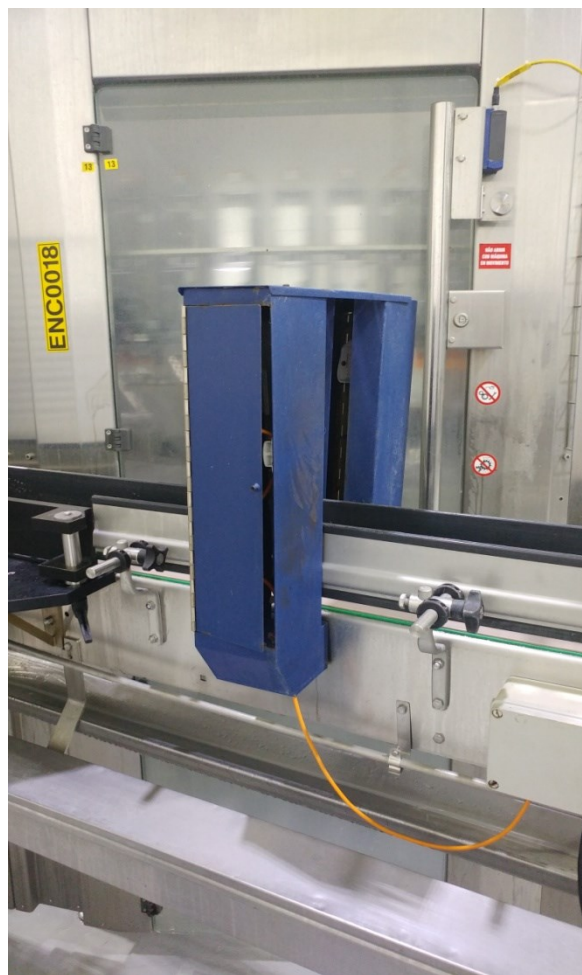


Figura 3.3: Abrigo dos sensores de contagem

A segunda função chama-se “Reconhecimento de Marca Comercial e Tipo de Embalagem”, nesta, está o grande diferencial em relação ao sistema anterior SMV. O Sicobe conta com um reconhecimento por imagem da embalagem e da marca comercial do produto que esta sendo envasado, fica localizado após o primeiro contador, então uma câmera registra a imagem dos vasilhames que estão passando no transportador, dessa forma o *software* pode verificar qual bebida (tipo e sabor), e qual volume o fabricante está produzindo. Esta função deve ser capaz de efetuar o ajuste automático se houver troca de embalagem ou marca comercial na linha, desde que estas já estejam cadastradas no sistema, independentemente de intervenção humana. Se o fabricante adicionar uma nova marca ou embalagem no seu portfólio, deve comunicar aos técnicos do Sicobe para que incluam sua imagem no *software*. Este sistema de reconhecimento também deve ser adequado a qualquer ambiente produtivo,

sendo assim, os equipamentos devem estar preparados para suportar alta umidade, pois ficam localizados, muitas vezes, dentro da sala de envase. A figura 3.4 a seguir detalha a produção de uma linha com a câmera de reconhecimento de marca comercial em funcionamento:



Figura 3.4: Câmera de reconhecimento de marca comercial.

A terceira função “Autenticação e Validação”, onde todos os produtos devem ser devidamente identificados, ou seja, em cada unidade é impresso um pequeno código, em determinada região (varia dependendo do tipo de embalagem), que contém informações específicas tais como: volume, tipo de embalagem, data de produção, identificação do fabricante, linha de envase e marca comercial. A tecnologia prevista nesta codificação é de

uso exclusivo do Sicobe, não podendo ser alterada ou reutilizada, certificações digitais e criptografia de dados devem garantir sua segurança. A tinta utilizada para impressão dos códigos possui características físico-químicas que resistam às condições adversas às quais os produtos são submetidos. Visando garantir uma boa qualidade na impressão dos mesmos, o ar comprimido é disparado na superfície que o código será aplicado, imediatamente antes de a tinta ser aplicada na embalagem, com isso evita-se que a água possa danificar o código. A impressora é acionada após um contador *led* verificar a passagem do produto na esteira onde um *encoder* é responsável por monitorar a sua velocidade para garantir que todos os produtos sejam devidamente codificados. Todos os dados obtidos da linha devem ser gravados, armazenados e transmitidos via *internet* de forma segura, além de contar com sistema de redundância para gravação, ou seja, possuir cópias. Não faz parte do escopo deste projeto a abordagem de segurança de dados.



Figura 3.5: Equipamento codificador e tampa com código impresso

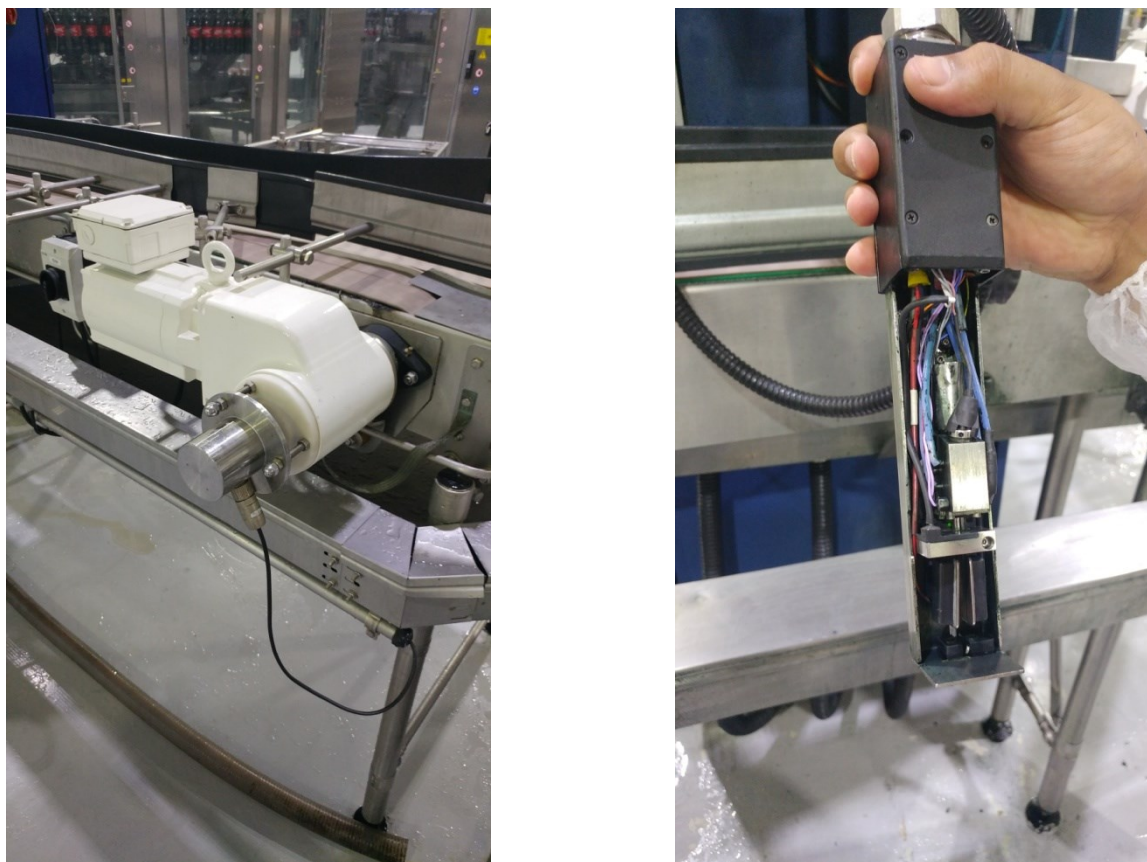


Figura 3.6: Encoder e impressora do código

A função “Sicobe Gerencial” consiste em um sítio seguro de *internet*, acessado por meio de certificação digital, onde a Casa da Moeda do Brasil (CMB), a Receita Federal do Brasil (RFB) e os fabricantes, podem ter acesso a informações gerenciais da produção monitorada pelo Sicobe de acordo com o perfil do solicitante. Além destas, se por algum motivo, for perdida a capacidade de controle da produção, a função também deve fornecer relatórios de indisponibilidade, isto pode ocorrer por alguma manutenção nos equipamentos que compõem o sistema. O rastreamento da produção também poderá ser feito por auditores fiscais da RFB, que, dispostos de leitores móveis fornecidos pela CMB, podem ter acesso direto a todas as informações do produto disponíveis no selo impresso para efeitos de auditoria.

3.3. Conclusão do Sistema de Controle de Produção de Bebidas (Sicobe)

O Sicobe é um sistema relativamente simples, no entanto apresenta falhas pontuais, segundo os próprios técnicos da CMB alguns problemas são frequentes, mas no geral são pontuais e de fácil correção, no entanto o custo do sistema como um todo ainda é alto.

Devido à alta umidade nas salas de envase muitas vezes o espelho refletor do contador fica embaçado e pode não efetuar a contagem corretamente, gerando a necessidade de um técnico entrar na linha de produção para efetuar a limpeza do mesmo. A vibração das esteiras também acarreta problemas nos contadores e na impressora, no primeiro caso pode ocorrer o desalinhamento dos sensores, no segundo a codificação pode não sair de forma adequada deixando o código borrado e ilegível.

Outro problema combatido pelas indústrias é que a CMB não utiliza aço inox em todos os equipamentos, mesmo dentro da sala de envase, ambiente agressivo aos metais que podem ter corrosão, tornando-se um ponto de possível contaminação da produção.

4. Conclusões

Novas tecnologias poderiam ser inseridas nesses dois sistemas apresentados a fim de corrigir as falhas apresentadas, no entanto isso geraria um custo ainda maior, o que não seria interessante para a indústria. No caso, dos medidores de vazão eletromagnéticos do SMV, poderiam ser substituídos por medidores ultrassônicos por tempo de trânsito, com um princípio de medição diferente. Esses, são capazes de medir corretamente a vazão do fluido mesmo que este esteja misturado a algum gás, dessa forma seria possível eliminar seu problema apresentado.

No caso do Sicobe, o sistema foi projetado visando uma simplificação, o que seria a tendência natural a ser adotada, pois mesmo com os avanços tecnológicos esse ainda possui grandes dificuldades em obter medições 100% precisas. Como neste caso trata-se de impostos devidos, entende-se que o correto seria fazer a tributação mais exata possível já que qualquer cobrança a mais lesaria a indústria, e a menos, o Estado. Mesmo assim o sistema ainda tem alto custo embora tenha uma eficiência muito melhor do que o anterior.

É possível propor outras soluções que caberiam grandes estudos a respeito para avaliar sua viabilidade, uma proposta seria utilizar os equipamentos de reconhecimento por imagem e codificador do Sicobe nas paletizadoras das linhas de produção, reconhecendo a passagem dos engradados (pacotes de garrafas/latas) ou caixas (caso das embalagens de vidro) formados. Acredita-se que essa sistemática eliminaria qualquer outro equipamento dentro das salas de envase e diminuiria custos e riscos de contaminação.

Referências

1. INMETRO. NIE-DIMEL-076 - Procedimento para Avaliação Metrológica de Sistema de Medidores de Vazão. Rio de Janeiro, maio de 2010.
2. INCONTROL. Manual de operação e instalação serie VMS PRO. Disponível em <http://www.incontrol.ind.br/produtos.php?id=26>. São Paulo, rev A novembro de 2010.
3. IPT. Medição no ramo de bebidas. Disponível em http://www.ipt.br/noticia/1007%C2%ADmedicao_no_ramo_de_bebidas.htm. São Paulo, novembro de 2015.
4. SRF. Ato Declaratório Executivo Cofis nº 7. Brasília, 29 de março de 2005.
5. SRF. Ato Declaratório Executivo Cofis nº 20. Brasília, 01 de Outubro de 2003.
6. SRF. Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados (TIPI) - Lei nº 10.865. Brasília, 30 de Abril de 2004.
7. SRF. **Instrução Normativa RFB nº 869/2008** Disponível em <http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?idAto=15827&visao=anotado>. Brasília, 2008.
8. JORNAL O GLOBO. Economia. Disponível em <http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/398274/noticia.htm?sequence=1>. Rio de Janeiro, fevereiro de 2006.