

N. CLASS. M 670.1
CUTTER C 217a
ANO/EDIÇÃO 2015

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
HELDER SILVA CÂNDIDO

AUTOMAÇÃO NO REBENEFICIAMENTO DE CAFÉ: empregabilidade no processo

Varginha

2015

HELDER SILVA CANDIDO

AUTOMAÇÃO DO REBENEFICIAMENTO DE CAFÉ: empregabilidade no processo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação da Profa. Esp. Adilene Soares Tirelli.

Varginha

2015

HELDER SILVA CANDIDO

AUTOMAÇÃO NO REBENEFICIAMENTO DE CAFÉ: empregabilidade no processo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação da Profa. Esp. Adilene Soares Tirelli.

Aprovado em / /

Profa. Adilene Soares Tirelli

Prof. Sidnei Pereira

Profa. Giosany Borim Gonçalves

OBS.:

Dedico esse trabalho a minha família que sempre me apoiou em todas as minhas escolhas e a todos que de alguma forma me ajudaram nessa formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos colegas de trabalho que ajudaram contribuindo com informações e aos professores que auxiliaram nesse trabalho.

Grupo Educacional UNIS

“Se o conhecimento pode criar problemas, não é através da ignorância que podemos solucioná-los.”

Isaac Asimov

RESUMO

Este trabalho apresenta a necessidade da utilização de um sistema de automação para melhoria do processo de beneficiamento e rebeneficiamento de café, apresentando como o processo é estabelecido, descrevendo os equipamentos que são utilizados e sua função dentro da indústria e quais os locais onde pode ser feita a instrumentação no sistema facilitando e aprimorando o desempenho da planta da empresa. Identificando quais pontos antes eram utilizados manualmente e passaram a ser utilizados sistemas de medição, gerando um aumento a produtividade. Descrevendo quais os pontos positivos e negativos da instrumentação utilizada. Análise no mercado quais são as ferramentas utilizadas para que essa automação na indústria do café possa ser efetuada com total segurança. Será mostrado um exemplo de intertravamento para utilização dos silos e como funcionará a atuação das válvulas e motores. No final veremos quais os pontos que podem incrementados dentro da malha de automação, e futuras pesquisas a serem efetuadas.

Palavras-chave: Café. Automação. Beneficiamento. Instrumentação.

ABSTRACT

This article presents the need for the use of an automation system to improve the beneficiation and rebeneficiation coffee process, showing how the process is established, describing the equipment used and its function within the industry and which places could be made the instrumentation system in facilitating and enhancing the company's plant performance. Identifying which points were once used manually and started measuring systems to be used, generating increased productivity. Describing what the positive and negative aspects of instrumentation. Analyze the market which are the tools used for this automation in the coffee industry can be done safely. Will be shown an example of interlock for use of silos and operate as the performance of the valves and motors. At the end we will see the points which are incremented within the automation loop, and further research to be carried out.

Keywords: *Coffee. Automation. Beneficiation. Instrumentation.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Grão de Café Arábica e Robusta	12
Figura 2 - Prova de Xícaras	14
Figura 3 - Balança Rodoviária.....	16
Figura 4 - Descarga a granel.....	17
Figura 5 - Silos Fundo Plano	17
Figura 6 - Silos Fundo Cônico.....	18
Figura 7 - Catador de Pedras	18
Figura 8 - Classificador por Peneiras	19
Figura 9 - Mesa Vibratória	20
Figura 10 - Seleccionadora Optica	20
Figura 11- Disposição de Instalação do sensor ultrassônico	23
Figura 12 - Medidor eletromecânico semicontínuo ou cíclico móvel.....	27
Figura 13 - Chave de nível do tipo pá rotativa	28
Figura 14 - Silo com pesagem utilizando célula de carga	30
Figura 15 - Dispositivo chave vibratória	32
Figura 16 - Transportador rosca sem fim	33
Figura 17 - Elevador de canecas.....	34
Figura 18 - Correia Transportadora	35
Figura 19 - Transportador Pneumático.....	36
Figura 20 - Transportador Redler	37
Figura 21 - Sistema Granduto.....	38
Figura 22 - Controle Manual	38
Figura 23 - Moto Redutor.....	39
Figura 24 - Fundo Extrator Vibrante	39
Figura 25 - Fundo Rotativo	40
Figura 26 - Válvula dosadora rotativa	40
Figura 27 - Válvula Borboleta.....	41
Figura 28 - Registro Gaveta	41
Figura 29 - Válvula de desvio.....	42
Figura 30 - Estrutura básica de um PLC.....	44
Figura 31 - Ciclo de processamento dos CLPs.....	45
Figura 32 - Fluxograma de Funcionamento do Processo de Rebenefício de Café.....	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 TIPOS DE CAFÉ	12
2.1 Tipos De Café: Arábica e Robusta	12
2.2 Classificação Por Tipo e Bebida	13
2.2.1 Peneira	13
2.2.2 Cor	14
3 BLENDS	15
4 PROCESSO DE REBENEFICIAMENTO	16
4.1 Pesagem	16
4.2 Descarregamento	16
4.3 Silos	17
4.4 Catador de Pedras	18
4.5 Classificador de fluxo ascendente	19
4.6 Mesa Vibratório ou Densimétrica	19
4.7 Seleccionadora Optica.....	20
5 SENSORES DE NÍVEL	21
5.1 Ultrassônico.....	22
5.1.1 Princípios Físicos.....	22
5.1.2 Chaves de nível do tipo ultrassônico	24
5.2 Dispositivos do tipo capacitivo	24
5.2.1 Princípio de funcionamento.....	25
5.2.2 Recomendações de uso.....	25
5.3 Dispositivos do tipo eletromecânico	26
5.3.1 Medidores semicontínuos ou cíclicos.....	26
5.4 Chaves de nível do tipo pás rotativas.....	28
5.4.1 Características gerais	28
5.5 Dispositivos do tipo pesagem	29
5.5.1 Conceitos básicos	29
5.5.2 Características de instalação.....	30
5.5.3 Erros	31
5.6 Dispositivos do Tipo Vibratório	32
6 TRANSPORTADORES	33
6.1 Transportador helicoidal ou Rosca Sem Fim	33
6.2 Elevador de Caçambas.....	34
6.3 Fita Transportadora.....	34
6.4 Transportadores Pneumáticos	35
6.5 Transportador de corrente Redler.....	36
6.6 Granduto	37
7 VÁLVULAS	38
7.1 Gaveta Cremalheira Manual.....	38
7.2 Válvula cremalheira acionamento por moto redutor.....	38
7.3 Fundo Extrator Vibrante.....	39
7.4 Fundo Extrator Rotativo	39

7.5 Eclusas	40
7.6 Registro Borboleta.....	41
7.7 Registro Tipo Gaveta	41
7.8 Válvula Pneumática de Desvio	42
8 TEORIA DE CONTROLE.....	42
8.1 Controle manual típico.....	43
8.2 Controle por realimentação (feedback).....	43
8.3 Controle por antecipação (feedforward).....	43
9 CLP – CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL	44
10 MÉTODO.....	45
10.1 Análise de um Processo de Rebenefício	45
10.2 Logica Funcionamento e Intertravamento Entre Válvulas E Sensores	48
11 VANTAGENS E DESVANTAGENS	49
CONCLUSÃO.....	50
REFERENCIAS	51
APENDICE A – Interface de funcionamento	53
APENDICE B – Lógica de funcionamento do intertravamento	54

1 INTRODUÇÃO

Os processos industriais são variados, englobam diversos tipos de produtos e exigem controle preciso dos produtos gerados. Em todos esses processos é indispensável se controlar e manter constantes as principais variáveis, tais como pressão, nível, vazão, temperatura, pH, condutividade, velocidade, umidade etc. Os instrumentos de medição e controle permitem manter e controlar essas variáveis em condições mais adequadas/precisas do que se elas fossem controladas manualmente por um operador. (BEGA, 2006)

A indústria do café por muitos anos ficou ultrapassada, tendo processos completamente manuais, estabelecendo controle apenas pelo operador, foi visto a necessidade desse processo ser mais exato, e mais controlado, evitando muitas vezes a perda de produto e seu retrabalho que possui altos custos para serem feitos.

Apesar da importância da cafeicultura para o desenvolvimento socioeconômico do país, o beneficiamento de sementes de café é ainda pouco utilizado quando comparado com outras grandes culturas. Normalmente as sementes de café são extraídas de frutos maduros (cereja) pelo processo conhecido como via úmida, que, quando bem realizado, impede que haja grande quantidade de impurezas no lote de sementes. Contudo, existem alguns materiais indesejáveis, constituídos por resíduos do epicarpo (casca), resíduos do endocarpo (pergaminho), frutos não despolidos, sementes sem pergaminho, sementes quebradas, sementes miúdas e sementes defeituosas ou anormais (mocas e conchas), que precisam ser separados do lote para que ocorra melhoria da sua qualidade. (GIOMO, 2002)

A ideia que se baseia a automação é monitorar, controlar as variáveis e grandezas físicas envolvidas no processo através de sensores, transdutores com tecnologia atual e plena, para que com isso consiga oferecer competitividade, lembrando que todos esses controles são autômatos sem influência do ser humano (mão de obra), garantindo um controle total de todo produto que entra e sai do processo de rebenefício de café.

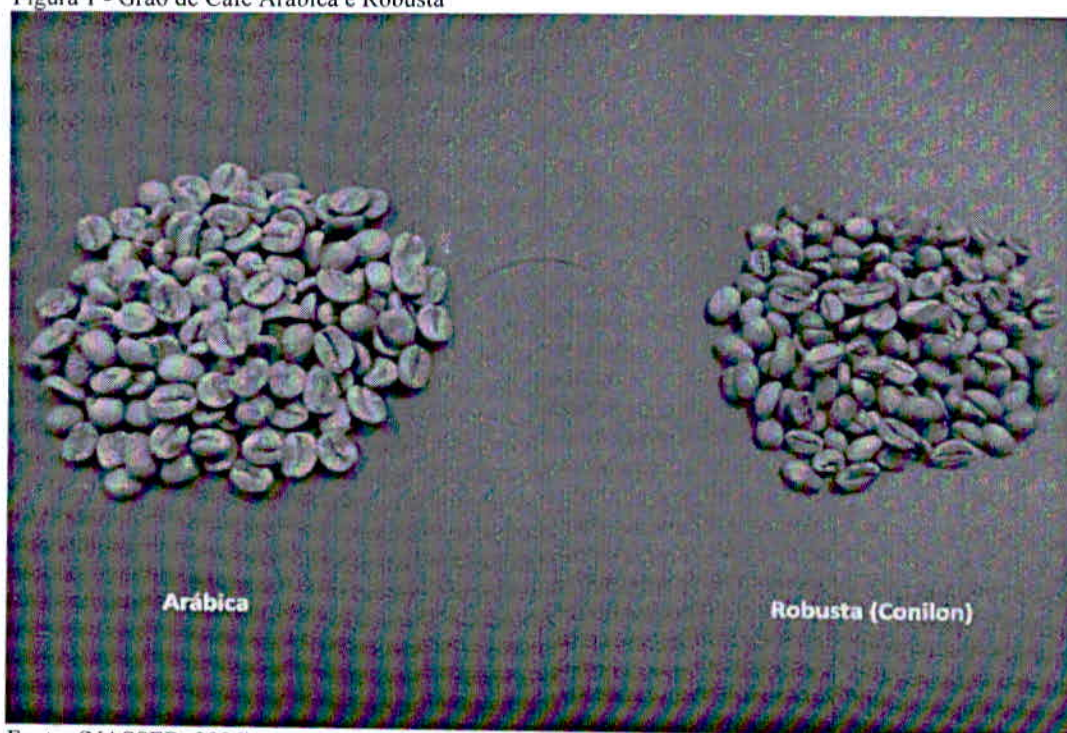
Será abordada neste trabalho as aplicações de sistemas de controle de níveis, aberturas e fechamentos de válvulas, controle de transportadores e lógica do processo de rebenefício de café, visando um trabalho mais rápido e econômico, em vista financeiro e no ponto de segurança, não tendo a atuação de muitas pessoas em meio aos equipamentos.

2 TIPOS DE CAFÉ

2.1 Tipos De Café: Arábica e Robusta

Planta exótica que pertence à família das Rubiáceas, do gênero *Coffea*, que engloba diversas espécies (cerca de 60), das quais apenas duas são cultivadas e comercializadas: a *Coffea Arabica* e *Coffea Canephora*, conhecido como Robusta (no Brasil, Conilon).

Figura 1 - Grão de Café Arábica e Robusta



Fonte: (NASSER, 2006)

Coffea Arabica – Classificada apenas em 1753. Espécie rica em aroma, muito perfumada, doce e ligeiramente ácida.

Originária da Etiópia, a planta é bastante delicada e necessita de tratamentos intensos. Os grãos antes de torrados são de forma ovoide alongada, de cor verde azulada e apresentam um sulco pouco pronunciado e sinuoso. O habitat ideal de cultivo situa-se entre 600 e 2000 metros de altitude: quanto maior a altitude, mais chances de obtenção de excelentes qualidades organolépticas dos grãos.

Os maiores cultivadores desta espécie são os países da América do Sul e Central também como alguns países da África e Ásia. Este grão possui numerosas variedades, como Bourbon, Catimorra, Mundo Novo, Caturra, Catuai, entre muitos outros.

Hoje, o 'Arábica' representa três quartos da produção mundial de café. A taxa de cafeína deste tipo de grão é de cerca de 1,4%.

Coffea Canephora (Robusta) – Descoberta e classificada no fim de 1800, esta planta é muito difundida na África, Ásia, Indonésia e Brasil. Fornece cerca de um quarto da produção mundial.

Ela cresce em altitudes compreendidas entre o nível do mar e 600 metros, resiste bem em condições climáticas quente e úmidas. Tem um crescimento rápido, melhor rendimento e é mais resistente aos parasitas. Floresce várias vezes por ano e, por isso, sua produção por planta é ligeiramente superior à do Arábica.

Os grãos antes de torrados tem uma forma arredondada, irregular, são de cor amarelo esverdeada e contêm em média cerca de 2,5% de cafeína. A bebida que se obtém depois da torra do 'Robusta' é caracterizada por corpo e gosto achocolatado com sabor persistente. (NASSER, 2006)

2.2 Classificação Por Tipo e Bebida

Segundo a Brazil Specialty Coffee Association (2015), no Brasil, a qualidade do café é avaliada, principalmente, em função de duas classificações: por tipo e por bebida. Os principais critérios da avaliação por tipo são o aspecto e a quantidade de defeitos presentes em uma amostra de 300 gramas de café beneficiado.

No Brasil, a classificação por tipo admite sete valores decrescentes, de 2 a 8, segundo a Tabela Oficial Brasileira de Classificação. Cada tipo corresponde a um maior ou menor número de defeitos, como grãos imperfeitos ou impurezas, contidos na amostra.

Para a composição da tabela, tomou-se como padrão o grão preto, considerado o pior dos defeitos. Os demais, como os ardidos, as conchas, os brocados e os paus, são considerados secundários.

2.2.1 Peneira

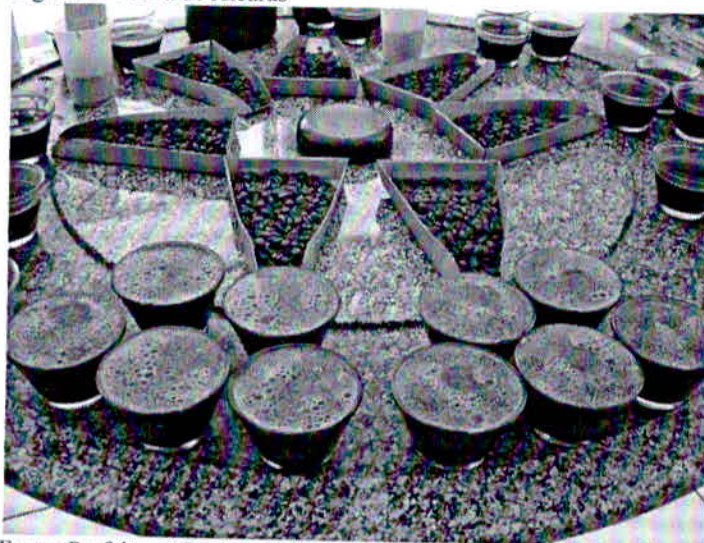
A classificação oficial do café por peneira discrimina os grãos beneficiados pelas suas dimensões. Eles são separados e quantificados por peneiras de formas circulares e alongadas, designadas por números, divididos por 64. Cada número indica o tamanho dos furos, expressos em frações de polegadas. As peneiras de grãos chatos vão de 12 a 20 e as dos grãos mocas (arredondados) vão de 8 a 13.

2.2.2 Cor

A cor dos grãos de café influencia, de forma quase decisiva, a avaliação do seu aspecto. As principais tonalidades de cores apresentadas do café arábica são: verde azulada, verde-cana, verde, esverdeada, amarelada, amarela, marrom, chumbada, esbranquiçada e discrepante.

O marrom, normalmente, é atribuído ao grão do café conillon e a cor discrepante é consequência de ligas de lotes de café de safras e cores diferentes. Apenas o café arábica possui classificação quanto à cor, aspecto, peneira, tipo e bebida.

Figura 2 - Prova de Xícaras



Fonte: Prefeitura Municipal de Cachoeiro do Itapemirim

A determinação da qualidade da bebida, conhecida como análise sensorial, é realizada segundo o sabor e o aroma que o café apresenta na prova de xícara. Essa classificação é quase tão antiga quanto a história do café no Brasil. Surgiu no início do século XX e foi adotada pela Bolsa Oficial de Café e Mercadorias de Santos, a partir de 1917.

Apesar de ser considerado o critério mais importante na avaliação da qualidade do café, a análise sensorial tem considerado a bebida dura como valorização máxima. A tendência dificulta, no entanto, os trabalhos de pesquisas e avaliações, que procuram encontrar, cientificamente, por meio da análise química, maior precisão na definição dos diferentes padrões de qualidade.

Basicamente, a análise sensorial é realizada por provadores treinados para diferenciar os cafés, segundo seus sentidos. Em ordem decrescente, e de acordo com a tabela oficial de classificação pela bebida, o café é classificado como “estritamente mole”, “mole”, “apenas mole”, “dura”, “riado”, “rio” e “rio zona”.

Tabela I - Tipos de Café

Café Arábica	Descrição
Estritamente Mole	Bebida de sabor suavíssimo.
Mole	Bebida de sabor suave, acentuado e adocicado.
Apenas Mole	Bebida de sabor suave, porém com leve adstringência.
Dura	Bebida de sabor adstringente, gosto áspero.
Riada	Bebida de leve sabor de iodofórmico ou ácido fênico.
Rio	Bebida de sabor forte e desagradável, lembrando iodofórmico ou ácido fênico.
Rio Zona	Bebida de sabor e odor intolerável ao paladar e ao olfato.

Fonte: (ABIC, 2009)

3 BLENDS

Para Patrícia Nasser (2014), criar blends é uma das tarefas dos degustadores e classificadores de café. Com a experiência e sentidos apurados, são escolhidos e conjugados diversos tipos de café, a fim de criar opções de gostos bem definidos.

A magia e harmonia dos diferentes produtos é dada pelo blend de vários tipos de café, diferentes na qualidade (arábica ou robusta), no tipo de beneficiamento (lavado, natural ou semi lavado) e, por fim, pela região de proveniência. Todos estes elementos integram e combinam qualidades e características particulares, dando vida a produtos equilibrados e específicos no gosto, no aroma e no corpo do café.

O componente arábica produz bebida doce e aromática. Porém, os blends compostos por arábica e robusta são mais encorpados e dão origem a um café de gosto forte e definido, com aroma achocolatado.

Lembrando que os frutos que originam os grãos estão sujeitos a variações organolépticas ligadas à variação sazonal (em quantidade e qualidade) ou às condições climáticas.

4 PROCESSO DE REBENEFICIAMENTO

4.1 Pesagem

O café chega a indústria por meio de caminhões contendo o produto, estes caminhões são pesados, obtendo assim o primeiro dado que é o peso, tal dado é extremamente importante, pois é através dele que são medidas as quantidades a serem utilizadas para a confecção de blends, essa informação tem que ser a mais exata possível, para que não haja posteriormente qualquer disparidade no estoque armazenado. O caminhão passa por uma balança rodoviária, cujos dados automaticamente vão para o sistema, sabendo exatamente para qual lugar fora mandado. Logo após a pesagem e descarga, o caminhão é pesado novamente para saber exatamente o peso líquido recebido.

Figura 3 - Balança Rodoviária



Fonte: o Autor

4.2 Descarregamento

O café assim que pesado é encaminhado para receptores denominados moegas, a descarga pode ser feita de acordo como o café foi enviado para a empresa, seja ela, através de bags, sacarias ou ate mesmo a granel. É importante ressaltar que é preciso através de uma pré-amostragem já saber qual o tipo de café que está sendo recebido, para que se possa destinar corretamente ao silo com produtos semelhantes sem que ocorra uma mistura indevida. A recepção a granel está sendo amplamente mais utilizada, devido à redução de custos que ela gera. Se o café vem em bags ele é descarregado através de pontes rolantes, e o café é jogado

na moega, e se o café vem a granel ele é descarregado em tombadores, em ambos os casos é necessário um operador para preparar o caminhão e seguir o procedimento correto de descarga.

Figura 4 - Descarga a granel



Fonte: (Assessoria de Imprensa – Prefeitura Municipal Três Pontas, 2014).

4.3 Silos

O café precisa ser armazenado para que posteriormente seja efetuada a quantificação para a formação de blends. Estes silos podem ser de fundo plano para a maior armazenagem dos grãos, sendo utilizados previamente para captação do produto primário sem nenhum tipo de beneficiamento, ou em silos menores que serão colocados os tipos variados de café, onde posteriormente serão feitas as ligas de café.

Figura 5 - Silos Fundo Plano



Fonte: (Kepler Weber, 2015).

Figura 6 - Silos Fundo Cônico

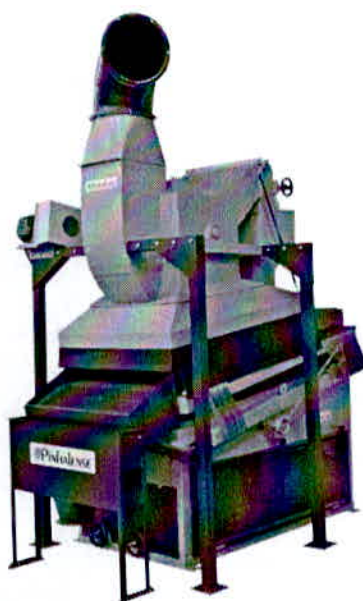


Fonte: (Kepler Weber, 2015).

4.4 Catador de Pedras

O primeiro passo dentro do sistema de beneficiamento é a eliminação de qualquer outro objeto no produto, que não seja café. O Catador de Pedras remove pedras, torrões e outros materiais estranhos do café, cereais e produtos semelhantes. É indispensável não só para melhorar a qualidade do produto final como também para proteger as demais máquinas do conjunto contra danos causados por materiais duros. O café chega por via superior e todo o produto aprovado é enviado para outros silos para passarem por outro processo.

Figura 7 - Catador de Pedras

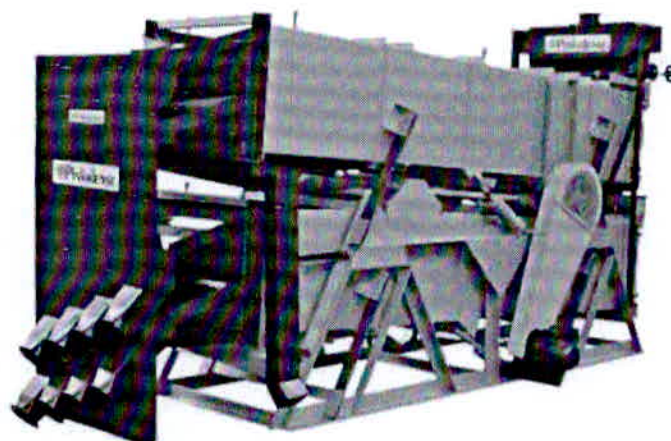


Fonte: (Pinhalense, 2015)

4.5 Classificador de fluxo ascendente

É nesse ponto onde o café será separado por peneiras, ou seja, pelo tamanho do grão. A separação ocorre entre o tamanho de peneira 13 a 19 que são os diâmetros que cada nível possui, sendo assim os grãos maiores ficam na peneira de cima, enquanto os menores vão passando até chegarem a última peneira, onde estarão os menores grãos.

Figura 8 - Classificador por Peneiras

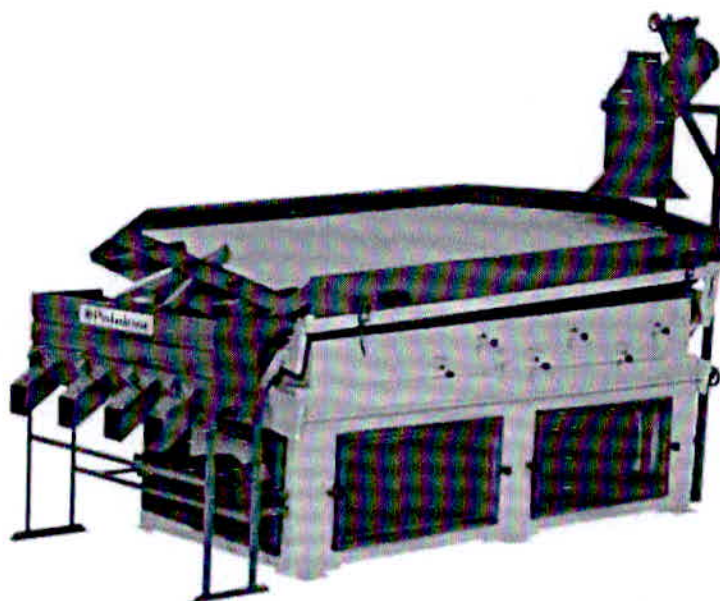


Fonte: Pinhalense

4.6 Mesa Vibratório ou Densimétrica

Nessa etapa o grão é separado por peso específico, a mesa efetua uma vibração e ventilação que faz com que os grãos mais pesados passem para a parte com maior inclinação na mesa. Permite a eliminação de grãos mal formados, chochos e defeituosos, e impurezas remanescentes das etapas anteriores, aprimorando o produto.

Figura 9 - Mesa Vibratória

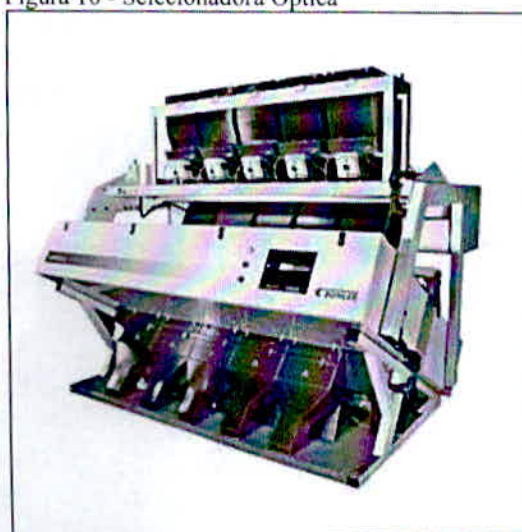


Fonte: (Pinhalense, 2015)

4.7 Seleccionadora Optica

Esse classificador de alta qualidade oferece a mais alta precisão e rendimento, como nenhum outro no mercado. A máquina é utilizada no processamento de alimentos, para separar o produto de entrada em duas correntes de saída de acordo com a cor e outras características ópticas. (BUHLER, 2015)

Figura 10 - Seleccionadora Optica



Fonte: (Buhler do Brasil, 2015).

5 SENSORES DE NÍVEL

O café deverá ser primeiramente armazenado em silos, e durante o processo antes de algumas etapas, será também acondicionado em tulhas, onde há a necessidade de saber a quantidade em que se encontram esses compartimentos para que não haja transbordo do café ocasionando um acúmulo dentro dos transportadores. Para saber o nível desses silos utilizamos sensores que precisaram a quantidade dentro deles, fazendo com válvulas anteriores a este silo se fechem quando uma quantidade pré-determinada seja alcançada.

Para Bega (2006), a definição de nível é definida como a determinação da posição de uma interface entre dois meios. Existe uma grande quantidade de sistemas de medição de nível, cada um com suas limitações e vantagens. A seleção de medição a ser utilizado devera considera as características específicas da aplicação, o tipo de produto cujo nível se quer medir, a precisão desejada, custos e demais restrições existentes.

Em função da evolução tecnológica, do aumento dos custos das matérias primas e materiais intermediários e de novas exigências de precisão nas medições realizadas, nos últimos anos foram desenvolvidos diversos tipos de instrumentos de medição de nível, com precisão chegando a $\pm 0,5$ mm.

Veremos abaixo os instrumentos de medição que podem ser utilizado em sólidos, mais precisamente o café, são eles:

- Ultrassônico
- Capacitivo
- Eletromecânico
- Pás rotativas
- Pesagem

Há também as chaves de nível que são dispositivos utilizados para atuar em determinados pontos fixos de nível. Estes pontos fixos são valores de nível em equipamentos que, uma vez alcançados, exigem o desencadeamento de alguma ação necessária a boa operação ou a segurança do sistema ao qual pertence o equipamento. Assim sendo, uma chave de nível pode ligar uma bomba, acionar um alarme ou desencadear uma sequência de operações automáticas quando o nível atinge um ponto fixo, cujo valor é informado a chave através de ajustes a ela inteligíveis.

As chaves de nível fornecem como saída somente um dentre dois estados: energizado/desenergizado para chaves elétricas. O detector, que está montado no equipamento cujo nível esta sendo monitorado, se encarrega de informar ao circuito de saída a presença ou ausência de nível em determinada posição e esse circuito se encarrega de mudar o estado de saída da chave, em função dessa informação.

5.1 Ultrassônico

Segundo Bega (2006), os dispositivos do tipo ultrassônicos podem ser utilizados para a detecção contínua de nível, ou podem atuar como sensores de nível predeterminado (chave de nível).

Os dispositivos do tipo ultrassônico destinado à detecção contínua de nível caracterizam-se, principalmente, pelo tipo de instalação, ou seja, os transdutores podem ser instalados no topo do equipamento sem contato com o produto, ou instalados totalmente submersos no produto, enquanto os dispositivos destinados à detecção de níveis predeterminados se caracterizam pelo numero de transdutores envolvidos no sistema, ou seja, um ou dois (sensor tipo amortecido e transmissor liga-desliga, respectivamente).

5.1.1 Princípios Físicos

Segundo Silva (2011), o método ultrassônico para medida de níveis ou deslocamentos utiliza um circuito eletrônico que fornece um trem de pulsos para excitar um transdutor piezo elétrico o qual gera um frente de onda de pressão acústica que se propaga no ar até atingir um anteparo plano ou a parte superior do fluido. Parte da energia acústica retorna para o transdutor em forma de um eco após um certo intervalo de tempo. Medindo-se este intervalo de tempo e conhecendo a velocidade do som no ar pode-se calcular a distância entre o transdutor e o anteparo, conforme a fórmula abaixo:

$$d = \frac{C_0 \cdot \tau}{2}$$

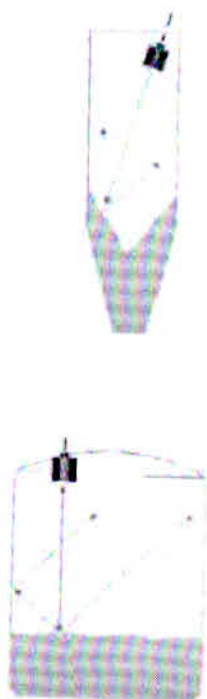
Sendo C_0 = velocidade do som no ar (m/s), $\tau = (tr1 - tr2)$, $tr1$: início da transmissão (s) e $tr2$: recepção do eco (s). A velocidade do som no ar é uma função da temperatura T (o

C), pressão barométrica, umidade relativa e viscosidade do ar. Destas variações as mais significativas são as devidas à temperatura que podem ser expressas conforme abaixo:

$$Co = 331,31 \cdot \sqrt{\frac{T}{273,16}}$$

Os transdutores possuem um ângulo total de abertura de modo a assegurar uma medição confiável em silos de pequeno diâmetro cujas paredes apresentam irregularidades. Como em qualquer aplicação, para se obter um bom resultado deve ser realizada uma análise criteriosa no local da instalação com relação não somente à localização do sensor no processo, mas também com relação a outros fatores impactantes, que irão minimizar os problemas potenciais da aplicação, tais como: tanques com estruturas internas, sensor localizado próximo ao ponto de descarga do produto no tanque, presença de alguns tipos específicos de agitadores, distância mínima exigida pelo sensor em relação ao processo, tanques com formato cônico ou abaulado, etc. Em todos os casos, o sensor ultrassônico deve ser posicionado verticalmente no topo do tanque, conforme exemplo a seguir.

Figura 11- Disposição de Instalação do sensor ultrassônico



Fonte: (SILVA, 2011)

5.1.2 Chaves de nível do tipo ultrassônico

As ondas refletidas pelo objeto são captadas pelo sensor, fornecendo assim um sinal que pode ser processado trazendo informações sobre o objeto no qual ocorreu reflexão. O sensor também pode funcionar como emissor e receptor em lugares separados, onde será detectada a presença de peças que bloqueiam as ondas ultrassônicas, emitidas do emissor para o receptor. (Wendling, 2010)

5.2 Dispositivos do tipo capacitivo

Para Bega (2006), o capacitor é um componente elétrico, composto de dois condutores, denominados placas, separados por um material isolante (dielétrico). Este componente, muito utilizado em circuitos elétricos, tem como principal característica a propriedade de armazenar cargas elétricas, e conseqüentemente, se opor a variações na voltagem do circuito onde está instalado. A unidade que caracteriza um capacitor é capacitância, expressa em farad (F). Um capacitor de um farad armazena um Coulomb de carga ao ser submetido a uma diferença de potencial de um volt. Quando submetido a uma tensão alternada (AC), o capacitor é percorrido por uma corrente diretamente proporcional ao valor da sua capacitância.

O valor da capacitância (C) é função da área das placas (A), da distancia entre as placas (D) e da constante dielétrica (K) do isolante entre as placas do capacitor, ou seja:

$$C = K \cdot A/D$$

Para capacitores cilíndricos, que é o tipo mais usualmente utilizado na medição de nível, o valor da capacitância é dada por:

$$C = 0,614 \cdot ((K \cdot X) / (\log_{10} D/d))$$

C = capacitância em picofarad (10^{-12} farad);

K = constante dielétrica

X = comprimento do capacitor (mm)

D,d = diâmetros (mm)

Tabela 2 - Constante Dielétrica dos Materiais

Substância	Constante dielétrica K	Rigidez dielétrica KV/mm	Substância	Constante dielétrica K	Rigidez dielétrica KV/mm
Ar (1atm)	1,00059	3	Parafina	2,1-2,5	10
Água (20°C)	80,4	-	Plexiglass ^a	3,4	40
Água (25°C)	78,5	-	Silício	12	-
Etanol	25	-	Germânio	16	-
Baquelite	4,9	24	Poliestireno	2,55	24
Mica	5,4	10-100	Porcelana	7	5,7
Neopreno	6,9	12	Vidro (pirex)	4,7	14
Óleo de transformador	4,5	12	Cerâmica	130	-
Papel	3,7	16	Titanato de estrôncio	310	8

Fonte: (UNIOSTE, 2015)

5.2.1 Princípio de funcionamento

Dispositivos do tipo capacitivo consistem, basicamente, de uma sonda cilíndrica, inserida verticalmente no vaso em que se deseja medir o nível. A sonda pode ser isolada ou não e serve como uma das placas do capacitor, enquanto as paredes do vaso formam a outra placa e o fluido comporta-se como dielétrico. O valor da capacitância é medido através de um circuito em ponte AC, excitado por um oscilador de alta frequência (0,5 a 1,5 MHz). As condições de pressão e temperatura do vaso irão determinar o tipo de isolador a ser utilizado na sonda, enquanto as condições do fluido (corrosivo ou não) irão determinar o tipo de revestimento a ser utilizado na sonda (geralmente teflon ou cerâmica). (BEGA, 2006)

5.2.2 Recomendações de uso

Bega (2006) diz que para tanques com grandes diâmetros ou produtos com baixa constante dielétrica, é preferível que a sonda seja formada por um condutor central e uma blindagem concêntrica, agindo como a outra placa do capacitor. Isto aumentará a sensibilidade da sonda, além de possibilitar a linearização da medição, aumenta a precisão. Essa configuração também é utilizada quando a parede do vaso é não-condutora.

A utilização de dispositivos do tipo capacitivo apresenta os seguintes inconvenientes:

- A constante dielétrica (K) do material muda quando sua temperatura muda. Um valor típico do coeficiente de temperatura é $-0,1\%/^{\circ}\text{C}$. Portanto, se há previsão de variação de temperatura do material, deve-se dotar o sistema de medição de nível tipo capacitivo com um compensador automático de temperatura;
- A composição química e física do material ou alteração de sua estrutura pode afetar a constante dielétrica (K). Este efeito é mais pronunciado nas aplicações com sólidos, onde a granulometria das partículas e o seu volume específico (m^3/kg) afetam a constante dielétrica;
- Em aplicações com produtos condutores pastosos, caso o produto cujo nível se quer medir formar uma camada condutora sobre o isolamento da sonda, esta camada funcionará como eletrodo-terra do dispositivo de medição, impedindo o seu adequado funcionamento, já que o dispositivo de medição sempre acusará presença de material, ou seja, reservatório cheio;
- Usualmente são necessárias calibrações empíricas dos dispositivos do tipo capacitivo.

A utilização de dispositivos capacitivos apresenta as seguintes vantagens:

- Não contem partes moveis;
- Podem ser fabricados com formatos simples e robustos;
- Podem ser fabricados para aplicações com produtos corrosivos;
- Geralmente são fáceis de limpar;
- Mediante projeto específico, podem trabalhar em locais de alta pressão e temperatura.

5.3 Dispositivos do tipo eletromecânico

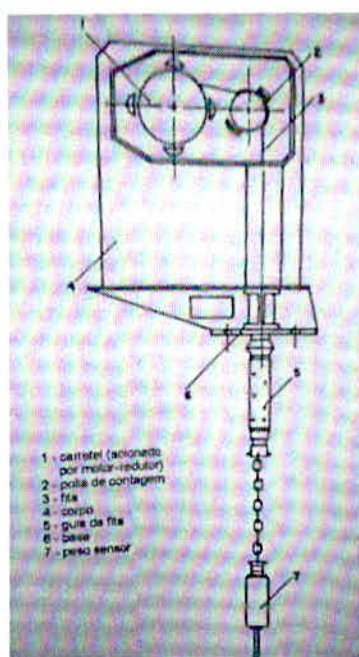
Segundo Bega (2006), pode ser classificado como medidores semicontínuos ou cíclicos e medidores contínuos. Apenas os cíclicos serão estudados nesse trabalho pois, os medidores contínuos não se aplicam a materiais sólidos

5.3.1 Medidores semicontínuos ou cíclicos

Os medidores semicontínuos ou cíclicos utilizam um cabo ou fita de medição, tendo na ponta um peso sensor, que é introduzido no equipamento cujo nível se quer medir, desde seu topo até a superfície do produto cujo nível esta sendo medido. O cabo ou fita é desenrolado de um tambor ou carretel, acionado por um motor-reductor, com o apoio do peso

sensor na superfície do material; ocorre o relaxamento da tensão no cabo ou fita de medição, o que provoca por meio de um mecanismo adequado a reversão do moto-reductor, que passará a recolher o cabo ou fita de medição, preparando o dispositivo para iniciar novo ciclo.

Figura 12 - Medidor eletromecânico semicontínuo ou cíclico móvel



Fonte: (BEGA, 2006, p. 378)

Durante a descida do peso sensor, haverá a geração de uma sequência de pulsos, proporcional ao comprimento da fita ou cabo de medição introduzido no equipamento. Estes pulsos serão registrados em um contador eletromecânico, ou então processados e transformados em sinal analógico de saída proporcional ao nível medido.

O sinal de saída, digital ou analógico, é mantido constante entre os ciclos de medição, podendo ser utilizado durante cada operação de medição.

Os medidores de nível do tipo eletromecânico podem ser aplicados nas medições do nível de sólidos ou líquidos, em reservatórios ou silos, especialmente os de alturas maiores, que exijam faixas de medição de até 75m.

Os medidores de nível do tipo eletromecânico, por força de seu princípio de funcionamento, sempre devem ser instalados no topo do recipiente ou silo. O caminho a ser percorrido pelo sensor ou deslocador deverá estar fora do jato de alimentação do silo. Normalmente, em silos de armazenagem de sólidos, faz-se um intertravamento entre a operação de medição e a operação de carregamento do silo, de forma a se evitar soterramento

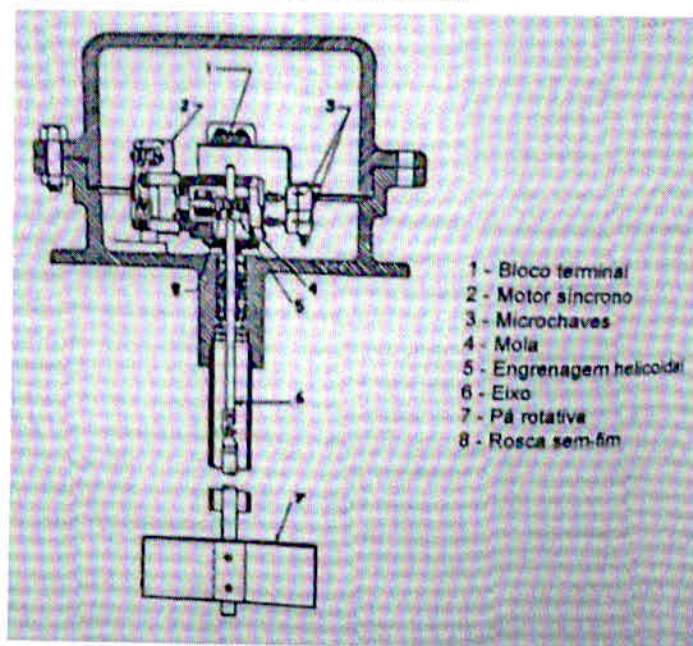
do peso sensor ou deslocador, o que poderia dificultar/impedir o seu recolhimento. (BEGA, 2006)

5.4 Chaves de nível do tipo pás rotativas

Para Bega (2006), as chaves de nível do tipo pás rotativas são aplicadas, basicamente, para monitoração e controle de nível em silos ou equipamentos contendo produtos granulados.

Estas chaves são constituídas, basicamente, por um eixo vertical, dotado de palhetas, que são acionadas por um motor síncrono e giram continuamente em baixa rotação. Quando o movimento é submetido à resistência do material no silo, indicando, assim, a presença de material junto às pás, a caixa do motor tenderá a girar em sentido contrario, e esta reação produzirá uma força que acionará duas “micro chaves”. A primeira atua como dispositivo de alarme e a segunda desenergiza o motor síncrono.

Figura 13 - Chave de nível do tipo pá rotativa



Fonte: (BEGA, 2006, p. 386)

Quando o nível do produto decrescer, deixando as pás livres de qualquer resistência, uma mola fará com que o conjunto e as “micro chaves” retornem à posição original, repetindo-se, então um novo ciclo.

5.4.1 Características gerais

As chaves de nível podem ser utilizadas em quase todos os tipos de grânulos, são de baixo custo e aplicáveis em produtos com temperaturas de até 500°C. apresentam uma sensibilidade melhor que três centímetros, dependendo principalmente da granulometria do produto.

São montadas usualmente no topo do silo, estendendo-se o eixo, ou parte inserida, até o ponto onde se deseja monitorar o nível. Para a detecção de nível baixo, utiliza-se uma placa de deflexão soldada junto às pás, de forma a protegê-las de impactos com as partículas do produto, quando na operação de carga, e da força de arraste, quando na operação de descarga. (BEGA, 2006)

5.5 Dispositivos do tipo pesagem

Segundo Bega (2006), o nível de um produto sólido, em um tanque ou silo, pode ser obtido através da pesagem total do tanque ou silo, subtraindo-se a pesagem total o peso do silo quando completamente vazio.

Os transmissores contínuos de nível do tipo pesagem fornecem continuamente o peso do silo, desde zero (silo vazio) até o fim da escala (silo cheio).

Em plantas modernas e automatizadas, envolvendo o manuseio de sólidos com sistemas de controle que requeiram um serie de sinais para o controle de transportadores e/ou alimentadores, e onde a gerencia de produção solicita constante a leitura do conteúdo dos silos de estocagem ou inventario, é essencial a utilização de transmissores contínuos de nível do tipo pesagem. Em aplicações envolvendo inventario de produtos estocados na forma de volume ou, principalmente, de peso, os dispositivos do tipo pesagem também são bastante uteis.

5.5.1 Conceitos básicos

Os dispositivos do tipo pesagem são construídos tendo como elemento de medição as células de carga. Células de carga são estruturas especiais de medição, construídas à base de dispositivos do tipo *strain-gages* e projetadas de forma a produzirem um sinal elétrico proporcional à carga depositada sobre elas. As células de carga geralmente são montadas embaixo de suporte ou estrutura de suporte, de um tanque ou silo. O peso do equipamento

depositado sobre a célula produz mudanças nas características dos *strain-gages*, que constituem a estrutura da célula de carga.

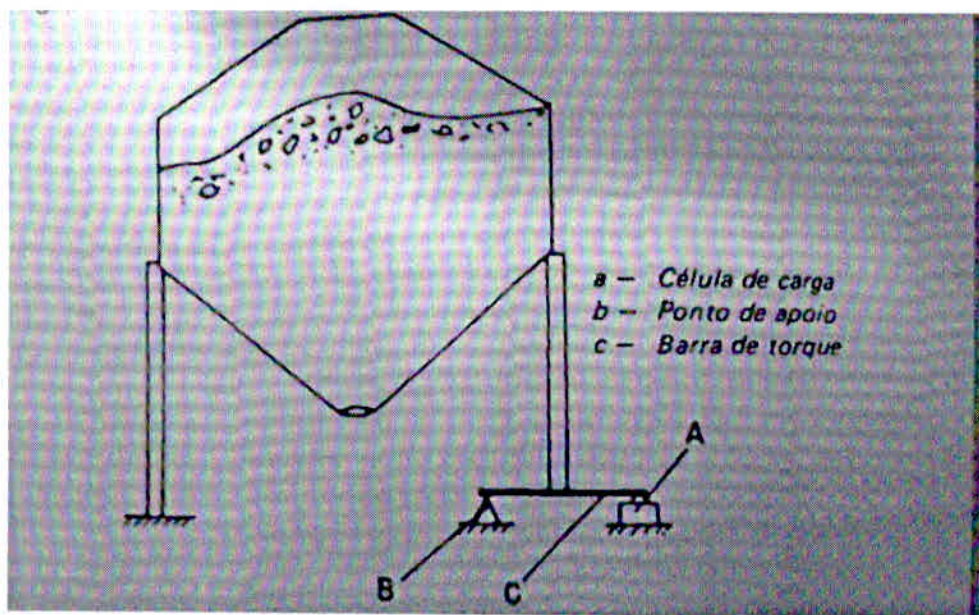
As células de carga são desenhadas para aceitar somente forças verticais que representem o peso a elas aplicado, uma vez que as forças horizontais constituem o principal motivo de erros de medição em dispositivos do tipo pesagem.

As células de carga utilizadas em sistemas do tipo pesagem são protegidas por blindagem de aço inoxidável, sendo fornecidas completamente encapsuladas para a proteção adequada contra pó, umidade e produtos corrosivos, viabilizando sua instalação nas mais severas condições ambientais. Alguns fabricantes fornecem células de carga com proteções especiais contra variações de temperatura. (BEGA, 2006)

5.5.2 Características de instalação

O número de células de carga a ser utilizado em uma pesagem dependerá diretamente da precisão necessária à medida. Este número poderá variar de uma a doze células, dispostas, quando em número maior que duas, obrigatoriamente em forma geométrica regular (triângulo equilátero, quadrado, pentágono, hexágono..., dodecágono), interligadas em série e ligadas a uma unidade eletrônica (integrador/transmissor).

Figura 14 - Silo com pesagem utilizando célula de carga



Fonte: (BEGA, 2006, p. 385)

5.5.3 Erros

A maioria dos processadores industriais contínuos utiliza dispositivos do tipo pesagem quando das operações de transporte, bateladas, mistura, embalagem ou simplesmente para contabilizar as taras de produção de materiais sólidos.

Existe uma série de causas que geram erros na determinação do nível quando se utiliza dispositivos do tipo pesagem. Analisaremos as principais causas.

1. Variações na seção reta do silo ou tanque, a qual causa erros na avaliação do volume. Estas variações podem ser causadas por:
 - Tolerância fora do normal na fabricação do silo;
 - Deflexão do silo devido à dilatação térmica, ocasionado pelas condições ambientais.[]
2. Variações na densidade do produto, ocasionando erro na avaliação do volume. Esse erro ocasionará quando:
 - Variação da umidade do produto;
 - Variação da temperatura e/ou pressão de operação, no caso de tanques contendo líquidos;
 - Grande espaço de tempo entre as operações de carga e descarga (provocando compactação do conteúdo dos silos).
3. A distribuição inconsistente do produto no interior do silo pode gerar erros na medição do nível. Dependendo do número de células de carga a ser utilizadas, e se o silo tiver somente uma “boca de descarga”, ou se o silo tiver base chata com várias “bocas de descarga”, o erro variará.
4. A maioria dos silos de estocagem tem transportadores apoiados em seu topo. Nestes casos há influência na pesagem quando do processo de carga e quando o transportador estiver desenergizado e, ao mesmo tempo, carregado.
5. O “*stress térmico*” induzido na estrutura de sustentação dos silos e tanques, provocando deformações na estrutura de sustentação, gerando tensões sobre a célula de carga e, por consequência, erros de medição.

6. Os efeitos da dinâmica de carga e descarga de produtos granulados em silos de estocagem não são significativos o bastante para serem considerados como fontes de erros de medição.

7. O efeito dos ventos em grandes silos ou tanques de estocagem, apoiados em estruturas de sustentação poderá ser bastante significativo em algumas aplicações de dispositivos do tipo pesagem, utilizados para medição de nível.

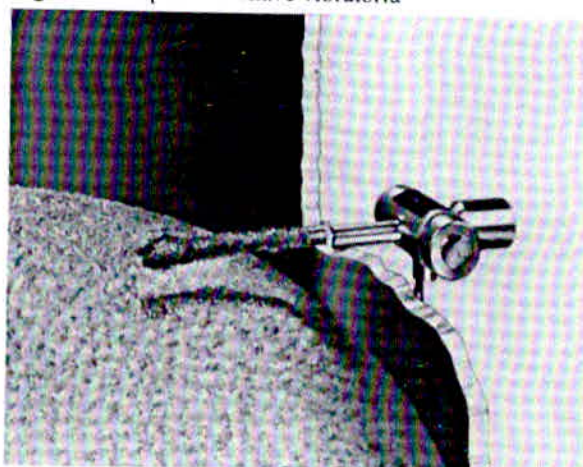
Recomenda-se que as células de carga sejam instaladas, protegidas da luz do sol e com a utilização do maior numero de células de carga possível, como forma de garantir boa precisão ao sistema de pesagem.

É imperativo o controle da densidade do produto ou das variáveis que possam alterá-las.

5.6 Dispositivos do Tipo Vibratório

Segundo Coelho (2008), o principio de operação da chave de nível do tipo lamina vibratória baseia-se no amortecimento da vibração de uma haste singela ou de duas hastes em forma de diapasão. Este amortecimento mecânico se faz por absorção de energia de vibração pela resistência de um sólido granular.

Figura 15 Dispositivo chave vibratória



Fonte: (Coelho, 2008)

6 TRANSPORTADORES

O sistema de movimentação ou manuseio de grãos tem grande importância em uma unidade armazenadora. Pesquisas mostram que os danos mecânicos causados aos produtos, tanto em intensidade quanto no ponto onde o grão recebe o impacto, ocorrem devido ao uso inadequado dos equipamentos ou de equipamentos inapropriados para a movimentação do produto. Verificou-se que a alta velocidade de movimentação, associada ao baixo teor de umidade do produto constitui a principal causa de danos mecânicos em sementes. É importante conhecer cada equipamento, garantindo a menor possibilidade de misturar o produto manuseado. (SILVA, 2008)

Ao entrar na moega o café tem que ser armazenado em silo, mas para que o café chegue ao silo é preciso ser transportado, esse transporte pode ser feito horizontalmente e/ou verticalmente, existem diversos tipos de modelos de transportadores entre os mais utilizados estão:

6.1 Transportador helicoidal ou Rosca Sem Fim

Consiste de um helicóide com movimento rotativo e de um condutor estacionário. O transporte é realizado quando o material, colocado em uma abertura de recebimento do condutor fixo, é deslocado ao longo do helicóide por seu movimento de rotação. É normalmente montado na posição horizontal, podendo operar com qualquer inclinação (SILVA, 2008).

Figura 16 - Transportador rosca sem fim

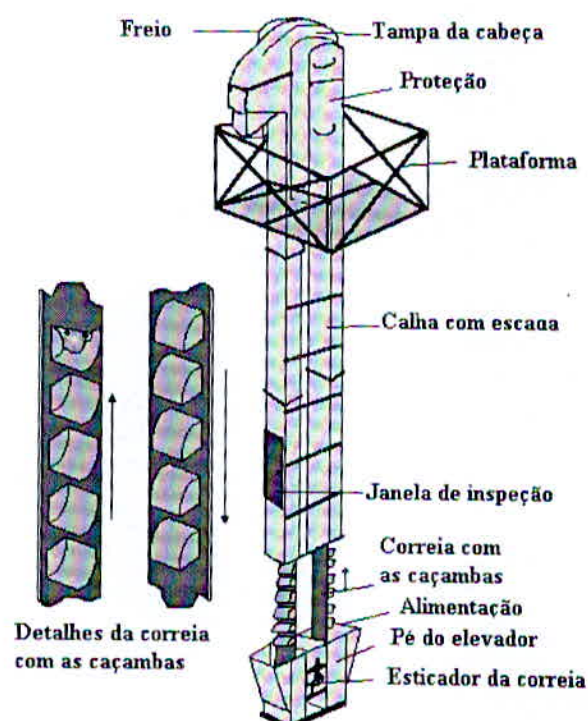


Fonte: mfrural, acesso 28/05/2015

6.2 Elevador de Caçambas

Trabalha na posição vertical ou com pequena inclinação, a alimentação é efetuada na parte de baixo, próximo ao pé do elevador, e é descarregado na parte superior, onde é direcionado através de tubulações para o próximo local no processo, seja ele alguma máquina ou para armazenagem em silos.

Figura 17 - Elevador de canecas

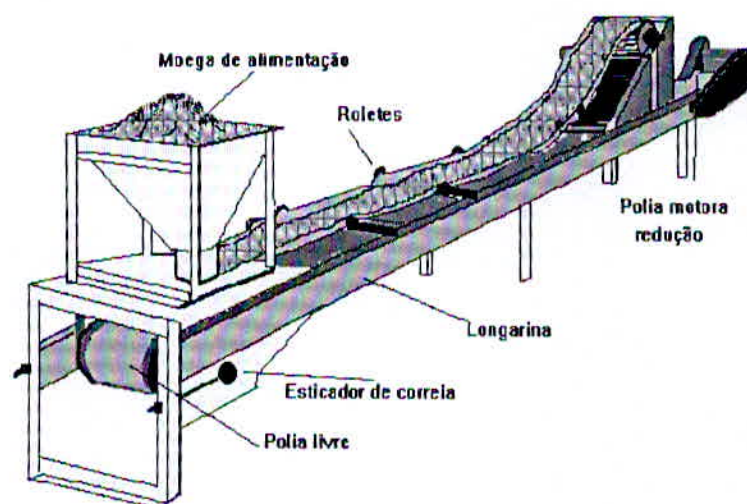


Fonte: (SILVA 2008)

6.3 Fita Transportadora

A correia é composta de uma polia motora, uma polia-guia com esticador, roletes ou plataforma de deslizamento, chassis ou estrutura de suporte. Possui instalação simples, pode operar em altas velocidades e transportar a longas distancias, mas possui limite de inclinação de 15°.

Figura 18 - Correia Transportadora



Fonte: (SILVA 2008)

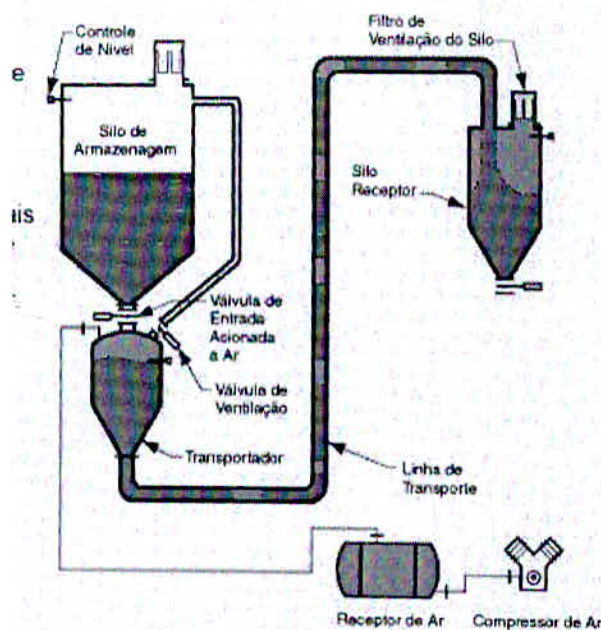
6.4 Transportadores Pneumáticos

São equipamentos utilizados para transportar diferentes tipos de materiais em dutos fechados, por meio de fluxos de ar em alta velocidade e pressão.

Como vantagens, os transportadores pneumáticos apresentam baixo custo inicial, simplicidade mecânica, percurso de transporte único ou ramificado, facilidade na variação da trajetória e sistema auto limpante.

Elevada potencia e danos ao material transportado são as principais desvantagens a serem consideradas na adoção de sistemas pneumáticos (DYNAMICAIR, 2014).

Figura 19 - Transportador Pneumático



Fonte: <http://www.dynamicair.com/br/> acesso em 23/03/2015

6.5 Transportador de corrente Redler

Os transportadores de arraste ou redlers são equipamentos aplicados para serviços de transporte leves e pesados, sendo que seus componentes normalmente são projetados e fabricados para alta resistência ao desgaste e abrasão.

O equipamento consiste basicamente de uma calha aberta ou fechada por onde o produto é transportado (arrastado) por meio de uma ou mais correntes propulsora(s) dotada(s) de taliscas arrastadoras. Geralmente trabalha com a corrente de arraste imersa no produto transportado, carregando altas camadas de produto.

Conforme aplicação os transportadores podem ser equipados com corrente com UHMW, fundos e laterais revestidos de chapa antidesgaste e ou fabricados em aço inoxidável.

Figura 20 - Transportador Redler



Fonte: <http://www.kepler.com.br> acesso em 23/03/2015

6.6 Granduto

Há também o granduto que é uma variação do redler onde há meios de fazer um sistema fechado, fazendo o transporte tanto na vertical quanto na horizontal, desse modo há um menor número de válvulas no sistema, onde haveria o transpasse de um transportador para outro.

O GranDuto em Circuito Fechado ou Duplo é um sistema de transporte de grãos por arrasto, no interior de tubos, através de pastilhas e corrente. Essas pastilhas, com espaçamento regular, são desenhadas para conduzir os grãos uniforme e suavemente pelo circuito, desde a carga até a descarga, reduzindo sensivelmente o dano causado a eles, quando comparado aos sistemas tradicionais de transporte e circulação.

Esse sistema movimenta grãos em grande quantidade, necessitando de menos manutenção e consumindo menos energia que os equipamentos tradicionais.

Os grãos são movidos dentro de tubos, por arrasto, na mesma velocidade das pastilhas e da corrente, sem revolvimento e agitação. Na secção (o espaço entre cada pastilha), os grãos não ficam turbilhonando. O GranDuto pode ser utilizado em quase todas as aplicações destinadas aos elevadores, redlers, roscas e correias transportadoras. É um sistema que pode ser adaptado e expandido de acordo com a necessidade do produtor. Também é possível sua utilização em silos metálicos e armazéns graneleiros já existentes.

Figura 21 - Sistema Granduto



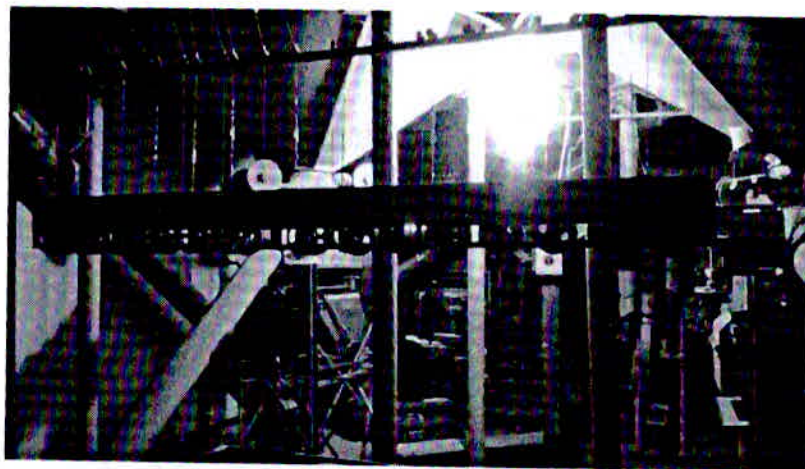
Fonte: (Granfinale, 2015)

7 VÁLVULAS

7.1 Gaveta Cremalheira Manual

Com o auxílio de cabos de aço o próprio operador abre e fecha as válvulas.

Figura 22 - Controle Manual

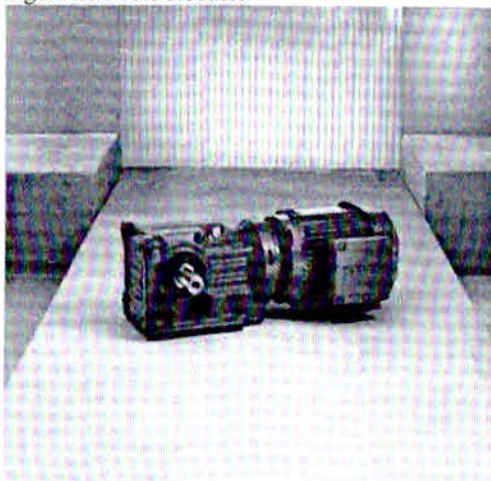


Fonte: o autor

7.2 Válvula cremalheira acionamento por moto redutor

Redutor de Velocidade são máquinas empregadas para se obterem grandes reduções de transmissões, sem necessidade de recorrer a engrenagens de grandes diâmetros ou motoras de poucos dentes. Os redutores podem ser constituídos de engrenagens paralelas, cônicas e com cora e rosca sem-fim. É utilizado para acionamentos onde é necessária uma precisão na abertura, e onde necessita que se empregue uma força maior para fechamento ou abertura.

Figura 23 Moto Redutor

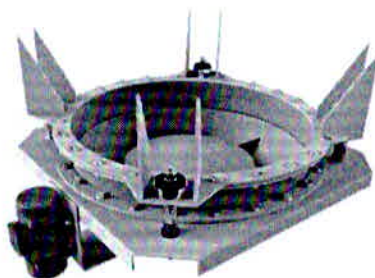


Fonte: (SEW, 2015)

7.3 Fundo Extrator Vibrante

O Fundo Extrator Vibrante auxilia o escoamento de produtos que tem tendência a compactar, evitando a compactação e entupimento de produtos em silos (INDUMAX, 2015).

Figura 24 - Fundo Extrator Vibrante



Fonte: <http://grupoindumax.com.br/homepage/produtos/acessorios/> acesso em 12/05/2015

7.4 Fundo Extrator Rotativo

O Fundo Extrator rotativo auxilia o escoamento de produtos que tem tendência a compactar ou baixo escoamento, evitando a compactação e entupimento de produtos em silos (INDUMAX, 2015).

Figura 25 - Fundo Rotativo

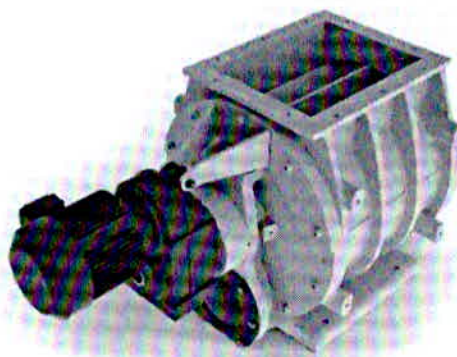


Fonte: <http://grupoindumax.com.br/homepage/produtos/acessorios/> acesso em 12/05/2015

7.5 Eclusas

Equipamento composto por rotor central e conjunto de palhetas distribuídos por todo o seu diâmetro. O rotor é fixado pelas extremidades através de eixo central e rolamentos alojados em mancais fixos nas duas extremidades horizontais da carcaça. A disposição das palhetas proporciona a vedação e alimentação de um sistema através de movimento rotativo realizado por motorização e velocidade adequada para cada tipo de produto ou com auxílio de inversor de frequência para sistemas automatizados. O deslocamento e alimentação do produto se dão de cima para baixo (INDUMAX, 2015).

Figura 26 - Válvula dosadora rotativa

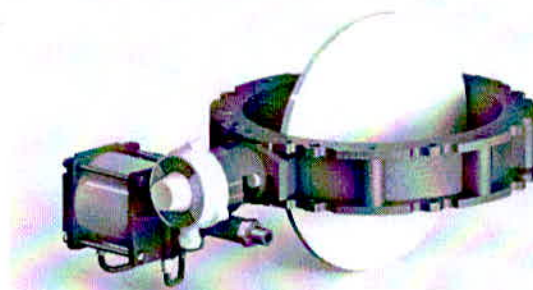


Fonte: <http://grupoindumax.com.br/homepage/produtos/acessorios/> acesso em 12/05/2015

7.6 Registro Borboleta

O registro borboleta é uma válvula que pode ser usada para regular ou interromper a vazão de produtos. O mecanismo de fechamento pode ser pneumático ou manual, de acordo com a necessidade de atuação (INDUMAX, 2015).

Figura 27 - Válvula Borboleta



Fonte: <http://grupoindumax.com.br/homepage/produtos/acessorios/acesso> em 12/05/2015

7.7 Registro Tipo Gaveta

Registro tipo gaveta eletro pneumático com vedações. Acionamento através de cilindro pneumático comandado por válvula de controle de fluxo eletro pneumática, com válvula de regulação de fluxo.

Figura 28 - Registro Gaveta



Fonte: <http://grupoindumax.com.br/homepage/produtos/acessorios/acesso> em 12/05/2015

7.8 Válvula Pneumática de Desvio

Utilizado em situações onde há mais de um caminho a ser utilizado.

Figura 29 - Válvula de desvio



Fonte: <http://grupointumax.com.br/homepage/produtos/acessorios/> acesso em 12/05/2015

8 TEORIA DE CONTROLE

Bega (2006), diz que controlar um processo industrial significa, basicamente, manter os valores das variáveis do processo dentro de uma faixa aceitável para sua operação conveniente; mais ainda, buscar dentro de cada faixa, o valor ótimo para cada variável denominado valor desejado, ou set-point.

O controle de processos destina-se basicamente a:

Manter os processos em seus pontos operacionais mais eficientes e econômicos;

Prevenir condições instáveis no processo que podem pôr em risco pessoas e/ou equipamentos;

Exibir dados sobre o processo aos operadores da planta, para que se possa conservar o ritmo seguro e eficiente.

Para a realização de um controle eficiente, utilizam-se os conceitos básicos, associados à técnica de controle por realimentação (feedback), que se constitui no recurso mais utilizado em controle de processos, complementado por técnicas avançadas, como controle por antecipação (feedforward), controle de cascata, controle de razão, controle seletivo e controle em faixa dividida.

Três termos são fundamentais, os quais estão ligados a qualquer processo:

Variável controlada – é a condição que se deseja manter em determinado nível, ou seja, a variável envolvida no processo tal como nível, vazão, pressão, temperatura etc.;

Valor desejado (set point) – é o valor de referencia para cada variável, que se deseja manter;

Variável manipulada – é normalmente a vazão de um fluido cuja alteração influencia a variável controlada. Em controle simples, em geral, para cada variável controlada existe uma variável manipulada. Em malhas complexas, entretanto, pode-se ter mais variáveis controladas do que manipuladas.

8.1 Controle manual típico

É a ação de um operador diretamente no equipamento.

8.2 Controle por realimentação (feedback)

Sensores são instalados para medir as variáveis controladas. Estes valores são transmitidos ao hardware de controle, que efetua a comparação automática com os valores desejados e calcula, com base no erro, os valores dos sinais que devem ser enviados para ajustarem as variáveis manipuladas, e, conseqüentemente, a ação dos elementos finais de controle (normalmente válvulas de controle com atuadores pneumáticos).

O ponto forte do controle por realimentação é que não se necessita conhecer antecipadamente os distúrbios que afetam o processo, e também não se estabelecem as relações entre os distúrbios e seus efeitos sobre o processo. (BEGA, 2006).

8.3 Controle por antecipação (feedforward)

Enquanto o controle por realimentação responde ao efeito de um distúrbio, o controle por antecipação responde diretamente aos distúrbios, proporcionando um controle, como o próprio nome sugere, antecipado.

Os transmissores medem os valores dos distúrbios e o controlador calcula o sinal de correção em função das cargas e do valor desejado. Assim, alterações nas condições de entrada do processo causam alteração no sinal de controle antes que haja mudança na variável controlada.

Em geral, esta técnica é mais complexa e mais cara do que a anterior. Requer maior conhecimento sobre o processo, sendo reservada para aplicações mais críticas. Além disso, caso haja qualquer desvio de variável controlada em relação ao valor desejado, o sistema não proporciona correção.

Na prática o controle por antecipação raramente é utilizado sozinho, e sim, em conjunto com o controle por realimentação. (BEGA, 2006).

9 CLP – CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Podemos apresentar a estrutura de um CLP dividida em três partes: entrada, processamento.

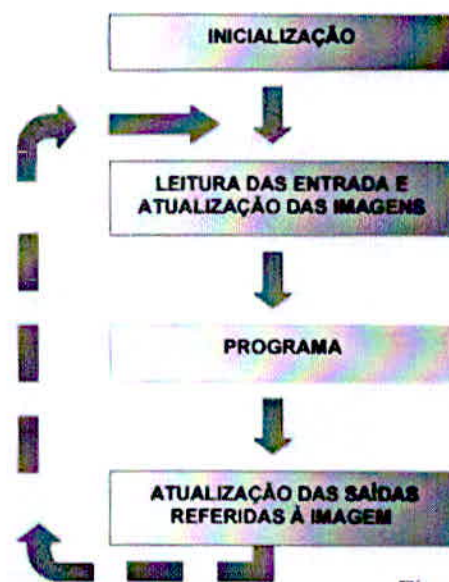
Figura 30 - Estrutura básica de um PLC



Fonte: (SEVERO, 2011)

Segundo Severo (2011), Os sinais de entrada e saída dos CLPs podem ser digitais ou analógicos. Existem diversos tipos de módulos de entrada e saída que se adequam as necessidades do sistema a ser controlado. Os módulos de entrada e saídas são compostos de grupos de bits, associados em conjunto de 8 bits (1 byte) ou conjunto de 16 bits, de acordo com o tipo da CPU. As entradas analógicas são módulos conversores A/D, que convertem um sinal de entrada em um valor digital, normalmente de 12 bits (4096 combinações). As saídas analógicas são módulos conversores D/A, ou seja, um valor binário é transformado em um sinal analógico. Os sinais dos sensores são aplicados às entradas do controlador e a cada ciclo (varredura) todos esses sinais são lidos e transferidos para a unidade de memória interna denominada memória imagem de entrada. Estes sinais são associados entre si e aos sinais internos. Ao término do ciclo de varredura, os resultados são transferidos à memória imagem de saída e então aplicados aos terminais de saída.

Figura 31 - Ciclo de processamento dos CLPs



Fonte: (SEVERO, 2011)

10 MÉTODO

10.1 Análise de um Processo de Rebenefício

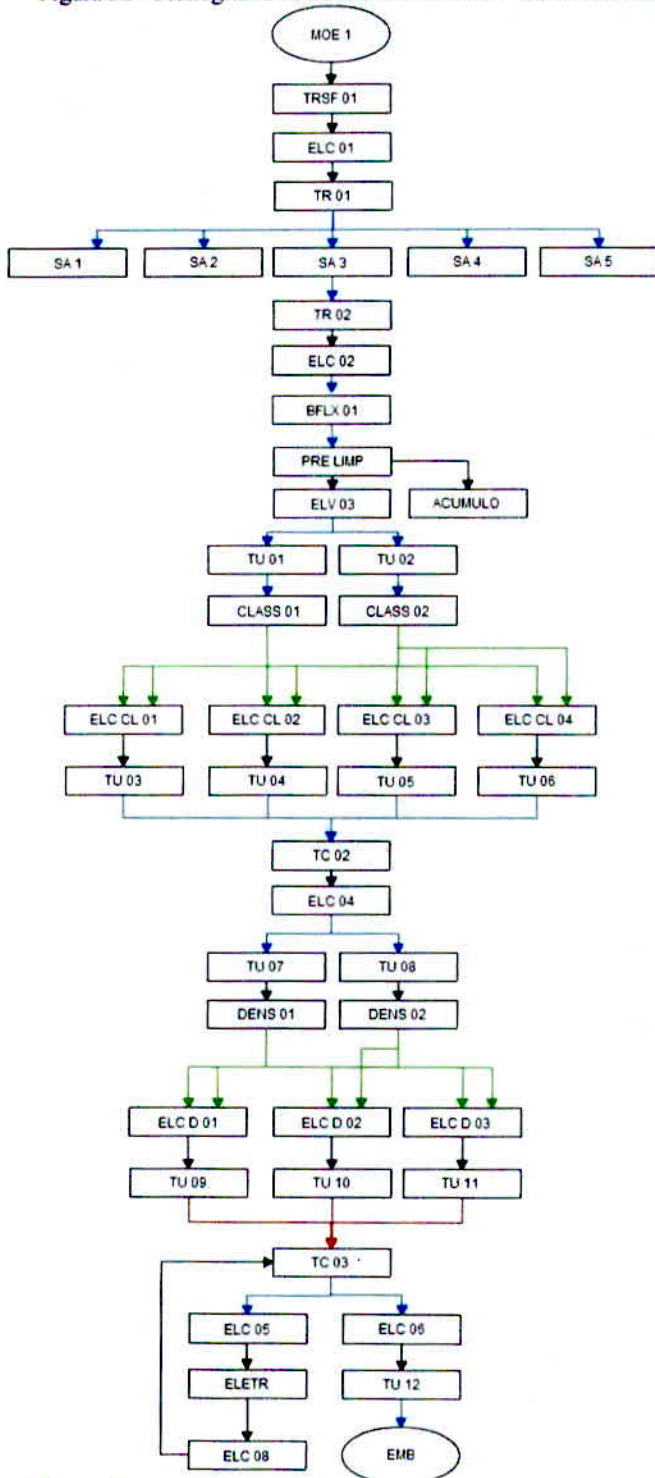
Abordaremos nesse estudo, a utilização de todos os equipamentos acima citados, do recebimento na moega, o armazenamento em silos, passando pela pré-limpeza, catador de pedras, classificador por peneiras, mesas densimétricas, selecionadoras óticas e por fim o armazenamento em bags, o transporte escolhido no sentido vertical será por elevadores e verticalmente utilizado correias transportadoras, rosca sem fim e redlers, devidamente representados no fluxograma e interface abordados posteriormente.

Deve-se levar em conta que este é um processo dentre vários no sistema de rebenefício de café, foi escolhido esse por abordar o maior número de possibilidade e abranger a maior quantidade de equipamentos, tal processo pode ser modificado utilizando vários caminhos no sistema, isso vai da escolha do cliente, em qual serviço o café dele deverá ser entregue.

Para o controle dos níveis será adotado sensores capacitivos, cujo custo benefício são melhores conforme anexo 01 de valores ao fim deste trabalho.

Abaixo vemos um fluxograma de um processo de rebenefício de café, onde adotaremos os componentes nele descrito para estudo de caso.

Figura 32 - Fluxograma de Funcionamento do Processo de Rebeneficio de Café



LEGENDA									
MOE	Moega								
TRSF	Transportador Rosca Sem Fim								
ELC	Elevador de Caneca								
TR	Transportador Redler								
SA	Silo de Armazenagem								
TC	Transportador por Correia								
PRE LIMP	Pré Limpeza								
TU	Tulha								
CLASS	Classificadora de Fluxo Ascendente								
ELC CL	Elevador de Caneca da Classificadora								
DENS	Mesa Densimétrica								
ELC D	Elevador de Caneca da Densimétrica								
ELET	Selecionadora Optica								
EMB	Embegadora								
BFLX	Balança de Fluxo								
<table border="1"> <tr> <td>→</td> <td>Sem Acionamento (Fluxo Direto)</td> </tr> <tr> <td>→</td> <td>Acionamento Pneumático</td> </tr> <tr> <td>→</td> <td>Acionamento Cremalheira</td> </tr> <tr> <td>→</td> <td>Junção de Tubos</td> </tr> </table>		→	Sem Acionamento (Fluxo Direto)	→	Acionamento Pneumático	→	Acionamento Cremalheira	→	Junção de Tubos
→	Sem Acionamento (Fluxo Direto)								
→	Acionamento Pneumático								
→	Acionamento Cremalheira								
→	Junção de Tubos								

Fonte: O autor

No começo desse processo o café já pré-selecionado, através do setor de classificação devido a uma amostra previamente analisada, é despejado em uma moega (MOE), onde através de um transportador rosca sem fim (TRSF 01), é levado até um elevador (ELC 01), que despeja o café sobre uma linha de transportadores redler (TR 01), que estão localizados sobre os silos de fundo plano (SA), é aberto uma válvula pneumática sobre o silo onde serão armazenados os grãos de café de determinado tipo. Neste silo serão distribuídos sensores capacitivos em todo seu comprimento, afim de que se caso não seja retirado o café de dentro e atinja uma altura de preenchimento não ocorra sobre carga nos transportadores acima dele, podendo ocorrer possíveis danos ao sistema. Já selecionado o tipo de café, determina-se a quantidade de café em quilos que será processada, então café sai do silo e através de transportadores redler (TR 02) é levado para um elevador de canecas (ELC 02), deste elevador o café passa por uma balança de fluxo (BFLX) onde o café será mensurado, até chegar a medida previamente proposta, a mensuração desse café ocorre-se aos poucos havendo um intertravamento entre a entrada da balança e a saída dos silos. Sabendo a quantidade certa de café a ser processada, ele vai para um equipamento denominado pré-limpeza (PRE LIMP), onde ocorre a separação de componentes que não sejam café, como pedras, linhas, papelões, plásticos, entre outros objetos que interferem na qualidade e no funcionamento dos equipamentos nos próximos passos do processo.

Saindo da pré limpeza o café cai em um elevador de canecas (ELC 03), o café chega as Tulhas (TU 01 e TU 02), que tem seus níveis controlados por sensores, dependendo da capacidade que se encontra os silos, o produto é desviado através de uma válvula batedora para outro silo que esteja vazio. Estes silos guardam o café para que possa passar pela classificadora de fluxo ascendente (CLASS), que faz a classificação do café por peneiras deste o café moça, considerado um café miúdo, que são de 9 a 13 e cafés chatos que são maiores classificados de 14 a 19. Cada empresa tem um modelo a ser aplicado de como é a separação dos cafés, neste fluxograma é proposto a separação em quatro tipos diferentes, cada tipo é direcionado a elevadores de canecas específicos (ELC CL 01, 02, 03 e 04), que colocarão o café em silos específicos (TU 03, 04, 05 e 06), visando as etapas posteriores do processo. Pode ser destinados mais tulhas, para diferenciar ainda mais o café, e especificar os tipos, destinando cada silo, a um tipo de tamanho de café.

Depois de separados os grãos por tamanho, eles são destinados a uma correia transportadora (TC 02), que leva até um elevador de canecas (ELC 04), desse elevador o café é depositado em tulhas (TU 07 e 08), monitorados por sensores, no caso de uma atingir o nível máximo, e então direcionado o fluxo por meio de válvulas batedoras a outro depósito ao

lado. Essas tulhas estão localizadas logo acima das mesas densimétricas (DENS 01 e 02), que fazem a separação por densidade do café e ocorre a ventilação do café retirando um quantidade de pó que se encontra no produto, o controle de vibração dessas mesas são feitos através de inversores de frequência que alteram a rotação do motor, fazendo com que a mesa vibre mais ou menos, de acordo com a necessidade vista do operadores que por meio de amostras nessa etapa, verificam a qualidade e funcionalidade do equipamento.

Saindo da mesa densimétrica, o café por meio de elevadores de caneca (ELC D 01, 02 e 03), são depositados novamente em tulhas (TU 09, 10 e 11).

Nesse fim de processo o café que passa pela correia transportadora (TC 03), tem dois caminhos, ou ele vai para um elevador de canecas (ELC 05) e passa pela selecionadora ótica (ELETR), que é o equipamento mais sensível do processo, pois separará os grãos pela cor apresentada, é o processo mais minucioso, saindo da selecionadora ótica o café então em outro elevador de canecas (ELC 08), retorna ao TC 03, ou ele já vai direto para um elevador de canecas (ELC 08) e depositado em tulha (TU 12), para que seja acondicionado em bags para transporte ou armazenamento, a ser entregue ao cliente.

10.2 Logica Funcionamento e Intertravamento Entre Válvulas E Sensores

A confiabilidade nesse processo é enorme, deve-se atentar para a não mistura entre cafés de diferentes tipos, caso ocorra é necessário o retrabalho que impacta nos custos, no tempo, na confiança do produto, na desmotivação dos colaboradores, tudo de percorrer exatamente seu percurso, por isso é adotado a lógica de intertravamento, por exemplo, se uma tulha no meio do processo alcance seu nível máximo, imediatamente a válvula anterior onde o café está vindo se fecha, evitando que ocorram travamento e danos nos transportadores ou que haja mistura entre cafés de diferentes tipos. No caso na saída das tulhas com o café classificado em tamanho, pode ser usado que se uma válvula já esteja acionada, outras válvulas dos silos ao lado, não possam abrir suas saídas, até que essa válvula se feche.

Pode ser necessário à abertura de múltiplas válvulas durante o processo, então para cada acréscimo de válvulas no sistema, o percentual de abertura diminui, para que não ocorra sobrecarga nos transportadores.

Nos apêndices A e B podemos ver uma interface e a lógica entre aberturas de válvulas no intervalo entre dois silos, tendo entre eles, a válvulas, um equipamento de mesa densimétrica e transportadores, a lógica foi feita através do software Zelio Soft 2 da Schneider e o desenho de silos através do software CorelDRAW.

11 VANTAGENS E DESVANTAGENS

As vantagens de usar o sistema automatizado são:

- Redução no tempo de processo;
- Maior confiabilidade no produto final;
- Maior produtividade;
- Agilidade na identificação de falhas no processo;
- Controle dos parâmetros englobados no sistema;
- Apresentação de um padrão;
- Maior segurança para os operadores.

As desvantagens são as seguintes:

- Alto valor para implementação;
- Necessidade de mão de obra especializada para operação.

CONCLUSÃO

São inúmeras variações e componentes dentro do processo de rebenefício, portanto é nítida a necessidade de ter um controle sobre todos os pontos dentro dele, afim de que não ocorra imprevistos que possam causar prejuízos a operação.

Para acompanhar o ritmo das inovações e ter um processo produtivo mais efetivo, reduzindo a mão de obra e otimizando os resultados, foi visto necessário que a automação dentro do processo de rebenefício de café é de suma importância, já que há a necessidade de controle total em todas as etapas. Seja para atender ao pedido de um cliente ou para manter um padrão entre os produtos finais apresentando uniformidade dos serviços. É uma melhoria que necessita de um capital grande para implementação, porém o controle a rapidez e a melhora do produto final em pouco tempo compensará os gastos para instalação.

Nesse trabalho foi abordada apenas uma pequena parcela da lógica de programação de todo sistema, como futura pesquisa, adentrar mais a fundo em todas as variáveis e constantes que podem ser colocadas dentro da malha de programação. Obtendo assim um programa mais complexo, porém que aumenta ainda mais a confiabilidade e agilidade do processo.

Essa lógica de controle pode ser utilizada não somente no rebenefício de café, mas em outros grãos, atendendo as especificações e equipamentos que são utilizados para cada processo. É visto ter sempre uma lógica de antecipação, prevendo sempre o que vai acontecer, para que não ocorram transtornos que possam prejudicar a produção da indústria.

Para futuras pesquisas, será proposto o estudo de sistemas de exaustão, para diminuir a quantidade de pó que é gerado durante o rebeneficiamento dos grãos, visando sempre retirar a quantidade certa de pó, uma vez que retirando uma quantidade muito grande pó, interfere na quantidade final do produto, tornando inviável toda essa redução, o estudo será feito visando a retirada correta desse pó.

Será também abordada uma maior utilização de sensores como para controle de níveis dentro de transportadores e para controle de umidade, todos afim de que se torne o mais fechado possível o processo.

REFERENCIAS

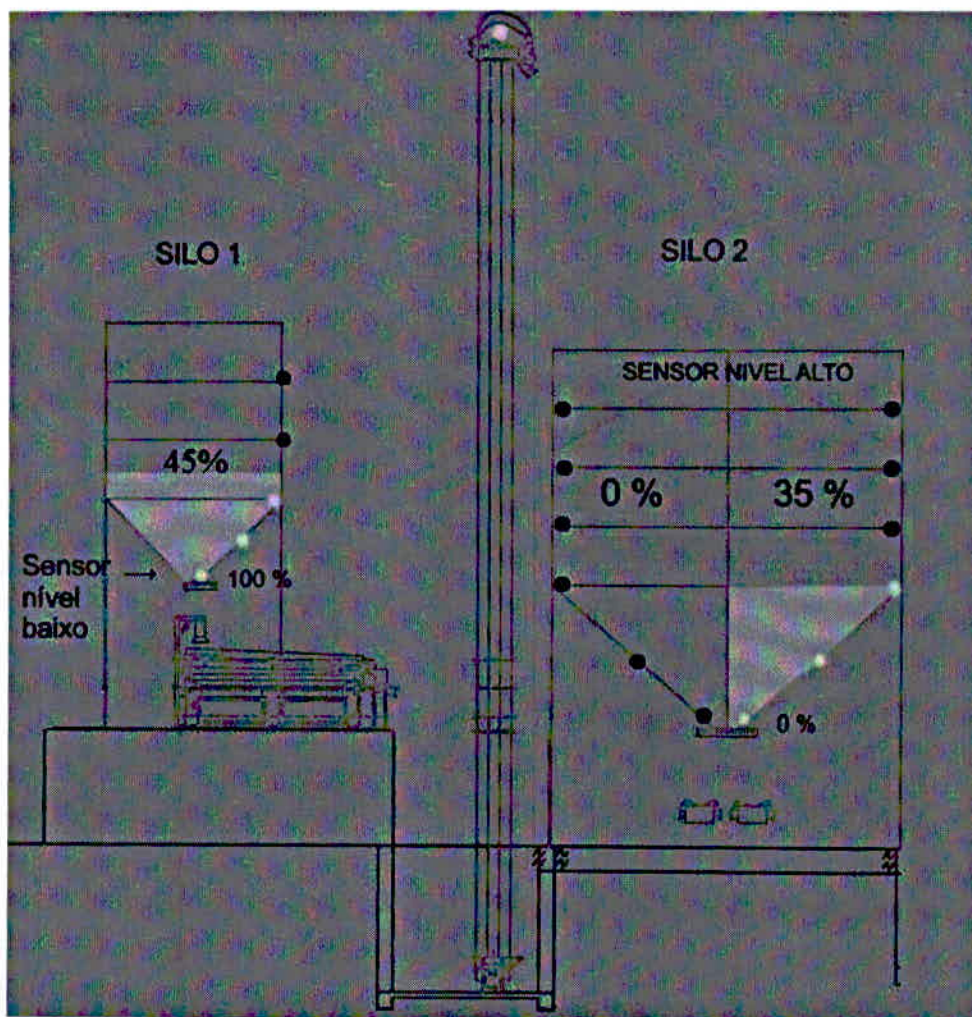
- BEGA, E.A; DELMÉE, G.J; COHN, P.A; BULGARELLI, R; KOCH, R; FINKEL, V.S. Instrumentação Industrial. 2ª edição, Rio de Janeiro, EDITORA INTERCIÊNCIA, 2006.
- COELHO, M. S., TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DE NÍVEL, UNESP, 2008
- GIOMO G.S., RAZERA L.F., GALLO P.B. BENEFICIAMENTO DE SEMENTES DE CAFÉ (Coffea arábica L.) EM MÁQUINA DE AR E PENEIRAS E MESA GRAVITACIONAL, II Simpósio de Pesquisa do Café do Brasil, 2002, Consórcio Pesquisa Café
- BRAZIL SPECIALITY COFFEE ASSOCIATION. Disponível em: <http://bsca.com.br/classificacao-tipo-bebida.php#> acesso 12/03/2015
- Grupo INDUMAX. Disponível em: <http://grupointumax.com.br/homepage/produtos/acessorios/> acesso em 02/07/2015
- DYNAMIC AIR. Disponível em: <http://www.dynamicair.com/br/> acesso em 23/03/2015
- GRANFINALE. Disponível em: <http://www.granfinale.com.br/granduto/granduto-novo.html> acesso em 23/03/2015
- KEPLER WEBER. Disponível em: <http://www.kepler.com.br> acesso em 23/03/2015
- PINHALENSE. Disponível em: <http://www.pinhalense.com.br/> acesso em 23/03/2015
- TOLEDO. Disponível em: <http://www.toledobrasil.com.br/balanca/pesagem-a-granel/tolflux> acesso em 24/03/2015
- NASSER, Patrícia, <http://www.mexidodeideias.com.br/index.php/mundo-do-cafe/tipos-de-cafe-arabica-e-robusta/> acesso 12/03/2015.
- NASSER, Patrícia, <http://www.mexidodeideias.com.br/index.php/mundo-do-cafe/blends/> acesso em 12/03/2015.
- REIS, P. R., CUNHA, R. L., CARVALHO, G.R. CAFÉ ARÁBICA do pós-colheita ao consumo, Volume 2, Lavras, EPAMIG, 2011.
- SANTIAGO, Darlene, <http://revistadinheirorural.terra.com.br/secao/agronegocios/nova-logistica-do-cafezal> acesso em 12/03/2015, Guaxupé, 2013
- SEVERO, B.; Curso De Controladores Lógicos Programáveis. Programa Prodenge, UNIVERSIDADE DO RIO DE JANEIRO, 2011.
- SILVA, Juarez de Sousa, SECAGEM E ARMAZENAGEM DE PRODUTOS AGRICOLAS, Viçosa, EDITORA APRENDA FACIL, 2008
- SILVA, T. R., MADRUGA, C. L. M., GUEDE, J. R. A., MEDIDOR DE NIVEL ULTRASSONICO, XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2011

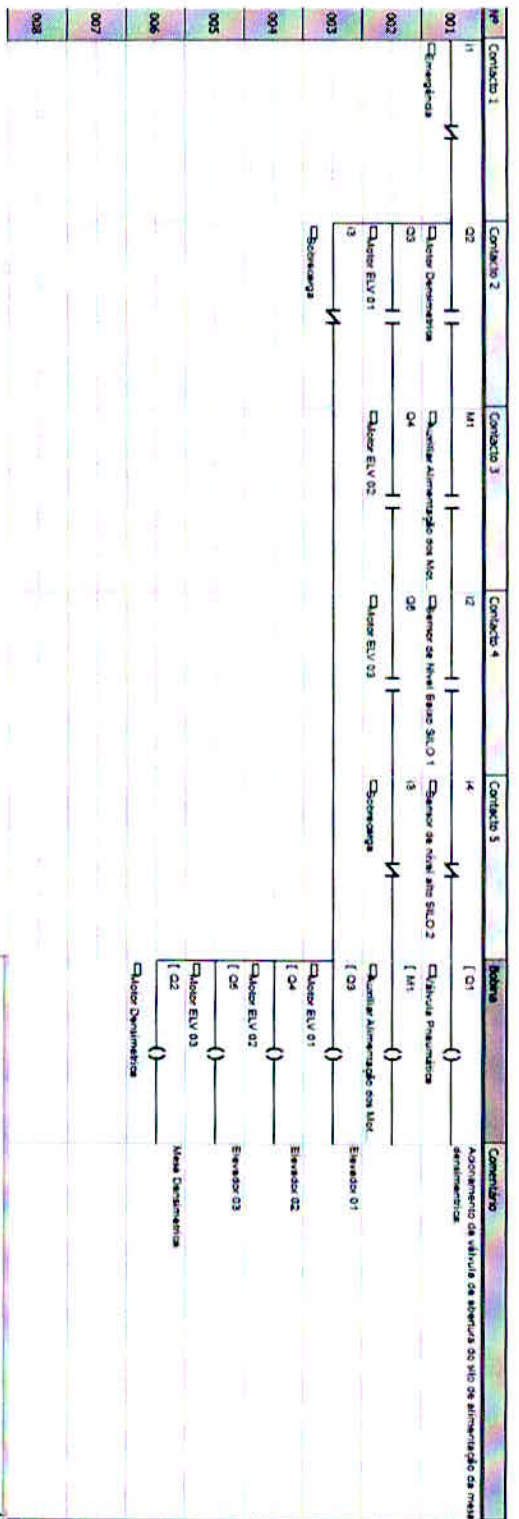
UNIOESTE, MATERIAIS DIELETRICOS, Capítulo 18,
<http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downmateriais/materiaiscap18.pdf> Foz do Iguaçu, 2015

VAUGHAN, C.E.; GREGG, B.R.; DELOUCHE, J. Beneficiamento e manuseio de sementes. Brasília: AGIPLAN, 1976. 195p.

WENDLING, M., SENSORES, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2010

APENDICE A – Interface de funcionamento





LEGENDA	
I1	EMERGENCIA
I2	Sensor Nivel Baixo no Silo 1
I3	Alerta de Sobrecarga no Sistema
I4	Sensor Nivel Alto no Silo 2
Q1	Válvula Pneumática
Q2	Motor Densimétrica
Q3	Auxiliar dos Motores do Elevadores
Q4	Motor Elevador 01
Q5	Motor Elevador 02
Q3	Motor Elevador 03