

APLICAÇÃO DE UMA BOMBA PERISTÁLTICA EM ESCALA REDUZIDA EM ENVASE DE PRECISÃO

APPLICATION OF A REDUCED SCALE PERISTALTIC PUMP FOR APPLICATION IN PRECISION PACKAGING SYSTEMS

GUSTAVO VILELA MARTINS¹
THIAGO EURIPEDES DE SOUZA COSTA²
GILBERTO FELIPE FERNANDES³
ANTONIO CARLOS LEMOS JÚNIOR⁴

FACTHUS

FACULDADE DE TALENTOS HUMANOS.
UBERABA (MG)

¹ e-mail: gus-vilela@hotmail.com

² e-mail: thiagocosta4141@hotmail.com

³ e-mail: gffernandes@facthus.edu.br

⁴ e-mail: acjunior@facthus.edu.br

AUTOR CORRESPONDENTE

CORRESPONDING AUTHOR

GILBERTO FELIPE FERNANDES

FACTHUS - Faculdade de Talentos Humanos

Rua Manoel Gonçalves de Rezende, 230 - Bairro Vila São
Cristóvão - Uberaba/MG

e-mail: gffernandes@facthus.edu.br

RESUMO:

A bomba peristáltica é uma alternativa de custo mais acessível comparada com outros modelos de bombas de alta precisão. O desenvolvimento de um novo produto para implementação em máquinas de envase precisos tornou-se necessário quando a utilização de célula de carga em todas as linhas de produtos e equipamentos ficou fora do orçamento. Sendo assim, a eficiência do novo modelo de bomba peristáltica em escala reduzida em comparação com outro mais robusto já utilizado anteriormente foi satisfatória em precisão de envase e custo. O manuseio da bomba é simples e o produto não tem contato com as partes mecânicas do protótipo e assim tornou-se insólita a contaminação do produto bombeado por resíduos externos.

PALAVRAS-CHAVES:

Bomba Peristáltica, Envase, Precisão, Dosagem

ABSTRACT:

The peristaltic pump is a more affordable alternative compared to other high precision pump models. The development of a new product for implementation in precise packaging machines became necessary when the use of load cell in all product and equipment lines was out of budget. Therefore, the efficiency of the new small-scale peristaltic pump model compared to a more robust one previously used was satisfactory in container accuracy and cost. The handling of the pump is simple and the product has no contact with the mechanical parts of the prototype and thus it became unusual the contamination of the product pumped by external residues.

KEYWORDS:

Peristaltic Pump, Container, Precision, Dosage.

INTRODUÇÃO

No início das civilizações, quando os seres humanos deixavam de ser nômades e passavam a residir em apenas um local, definindo a nova era da raça humana como sedentários, as tribos e conglomerados passaram a determinar territórios e desenvolver práticas de subsistência como a caça e o cultivo da terra. Sendo necessário assim a irrigação das lavouras e o desenvolvimento de sistemas de bombeamento de água tornou-se essencial.

No Egito a água era transferida através de seres humanos escravizados em dispositivos conhecidos como *shaduf*, a qual possuía vários estágios e pouca vazão e seu princípio de funcionamento era baseado em uma alavanca. Posteriormente os equipamentos de bombeamento foram evoluindo com o objetivo de otimizar o fluxo de água para toda a extensão da lavoura ou mesmo para conseguir retirar água de poços profundos. Uma curiosidade é que algumas destas antigas invenções são utilizadas praticamente da mesma forma com que foram criadas á séculos antes de cristo, exemplo do parafuso de Arquimedes segundo o Portal São Francisco (2017).

Atualmente existem vários tipos de bombas que podem ser escolhidas por projetistas de acordo com a função que exercerá ou o processo em que será implementada, de forma que atenda às distâncias impostas com precisão, vazão e pressão suficientes para cada circunstância.

A competitividade pode ser definida pela velocidade com a qual a organização responde as mudanças ocorridas no mercado. O Brasil, apesar das crises econômicas continua a crescer no setor industrial, uma vez que tem conseguido responder de maneira positiva as mudanças impostas pelo mercado. É fato que quando a oferta é maior do que a procura, o consumidor fica com liberdade para escolher o fornecedor que melhor lhe satisfaz. Devido a isso, as empresas se veem obrigadas a investir em qualidade, afinal, ganha a batalha da concorrência aquela que oferecer o melhor, seja produto ou serviço. Segundo Faria (2011), eliminar os desperdícios, satisfazer o cliente, envolver e motivar as pessoas e maximizar a eficiência de maquinários são alguns dos objetivos os quais as empresas buscam a fim de vencerem essa batalha, fidelizando os clientes e garantindo sua participação e fatia no mercado.

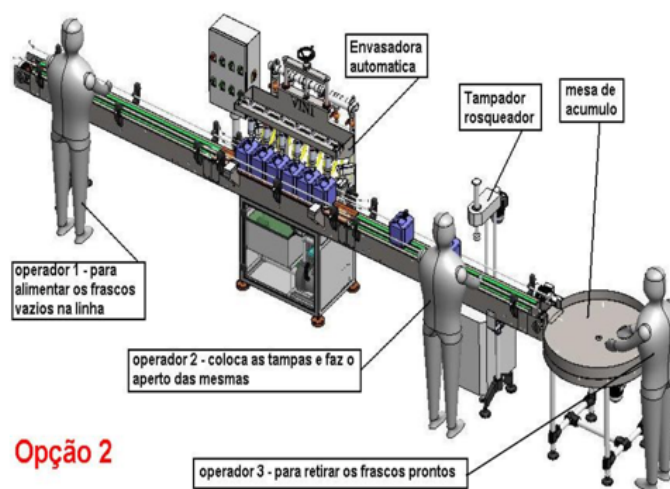
Para que as empresas se tornem mais competitivas, é necessário que as funções básicas representadas pelos diversos departamentos de sua estrutura apresentem resultados ótimos na busca de status de excelência.

Nos sistemas de envase lineares, rotativos, portáteis, para sólidos ou líquidos, é indispensável um equilíbrio em suas dosagens. Quando se diz produção em série, a primeira coisa em que se pensa é igualdade

na produção conjugada a uma velocidade elevada.

Para obter uma constante com uma variância extremamente pequena é necessário pensar em toda rede de produção descrita na Figura 1, embalagem, rótulos ou tampas. Qualquer item que esteja faltando no processo, inserido de forma tardia ou ineficiente, inquestionavelmente afetará a produção. Para isso, sensores de nível ou de presença são colocados em cada entrada e saída para garantir o fluxo contínuo no processo. Não só a falta de abastecimento de siste-

Figura 1: Sistema Semiautomático de envase linear



Fonte: Julioenvase (2014)

mas afeta a produção, mas uma inconstância ou uma injeção desequilibrada dos bicos pode também tornar a produção ineficiente. Se por algum motivo houver uma variação no peso ou na dosagem do frasco, de acordo com o sistema de pesagem por células de carga, este torna-se descartável quando se trata de produto farmacêutico por exemplo.

Com a introdução de uma bomba precisa, como as peristálticas, devido a sua simplicidade e dimensões reduzidas, fabricada com materiais comuns como aço inox e alumínio, o valor dos equipamentos e o tempo de corte por jato de água e usinagem são seriamente reduzidos.

Outro fator importante na concepção desse modelo de bomba é o seu princípio de funcionamento, onde o fluido que está contido em uma mangueira flexível, instalada em contato com o rolamento do rotor da bomba, é succionado através da geração de vácuo após o movimento peristáltico, o qual comprime a mangueira contra a carcaça da bomba, expelindo o produto na outra extremidade da mangueira e definido o sentido de bombeamento.

Assim, este artigo tem a finalidade de apresentar um modelo simplificado em escala reduzida de uma bomba peristáltica de fácil aplicação

Quadro 1: Descritivo dos componentes

Numeração	Detalhamento
1	Espigão de entrada de produto
2	Espigão de saída de produto
3	Suporte do motor em Aço INOX 304 #5mm
4	Rotor central com acoplamento direto no eixo do motor
5	Trava da mola articulado produzido em alumínio
6	Corpo da bomba cortado no jate de água e produzido em alumínio
7	Encosto da mola produzido em poliacetal
8	Manípulo regulador de pressão
9	Base da bomba em INOX 304 #5mm
10	Motor Bonfiglioli 0,1CV 1750RPM
11	Chapa suporte dos dutos de entrada e saída de produto
12	Espaçador que permite articulação
13	Eixo dos rolamentos agulha
14	Espaçadores que permitem articulação

Fonte: Autores

em paralelo com um baixo custo de manutenção e produção, assim como uma alternativa para um modelo robusto e maior já utilizado anteriormente. Levando em conta o tipo de procedimento necessário, em que fique isento o contato do produto com outros materiais sem compatibilidade química, este protótipo torna-se essencial na aplicação.

MATERIAIS E MÉTODOS

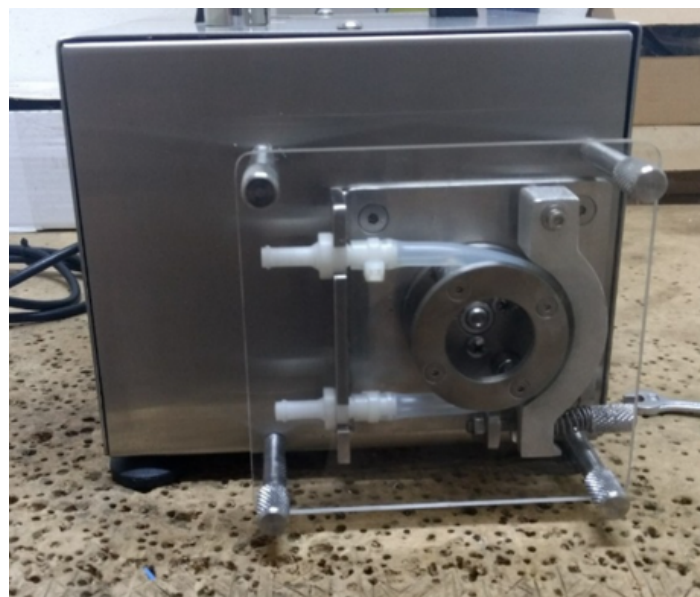
A principal função do modelo de bomba por movimentos peristálticos é a isenção do contato do produto com os componentes internos, sendo necessária sua aplicação em determinados processos em que a contaminação do produto pode levar a perda do lote produzido. Um modelo em escala reduzida foi testado para a substituição de uma bomba mais robusta e com dimensões maiores.

O coração da nova bomba consiste numa mangueira de silicone presente na Figura 2, que se encontra alojada no interior do corpo da bomba e em contato direto com o rotor. As duas extremidades da mangueira estão ligadas aos tubos de sucção e de descarga através de dutos construído em poliacetal (1) e (2) descrito no Quadro 1. O movimento peristáltico ou peristaltismo é dividido basicamente em três fases – a primeira é o fato de a mangueira de sucção estar submersa no produto ou líquido a ser bombeado, a segunda fase - a partir da compressão realizada pelo rotor contra a mangueira gerando vácuo no sistema, succiona o produto para o interior da bomba e na terceira fase – expele pela mangueira de saída da bomba.

Segundo Prestini e Espíndola Neto (2007), definindo o modelo de

bombeamento por deslocamento positivo significa que máquinas conferem trabalho mecânico ao fluido, o qual é transformado em energia cinética deslocando de um ponto ao outro obedecendo as condições do processo. Energia de pressão e cinética significa ganho de velocidade e pressão no escoamento, princípio básico de qualquer sistema de bombeamento mecânico. Na fase 1, os rolamentos

Figura 2: Protótipo Bomba Peristáltica com carcaça.



Fonte: Autores

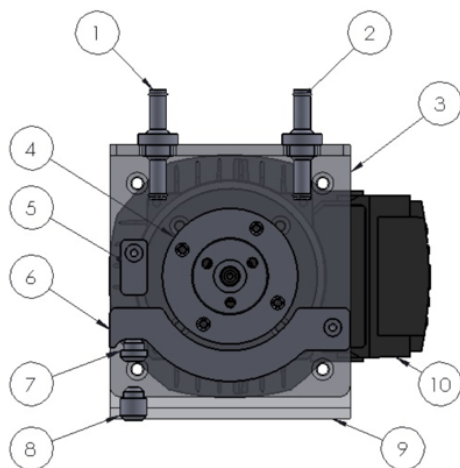
comprimem a mangueira da bomba através do movimento rotativo do rotor (4) que força o fluido no interior da mangueira contra o corpo da bomba (6), Figura 3. Quando comprimido, a seção anterior é descomprimida gerando vácuo e dando início à fase 2.

Na fase 2, o produto é transportado através da mangueira pelo movimento peristáltico, que comprime empurrando o líquido, demonstrado na Figura 2. A compressão e consequentemente a pressão na mangueira pode ser regulada pelo manípulo em inox (8), o qual comprime a mola contra o apoio construído em poliacetal (7) empurrando o corpo da bomba (6) produzido em alumínio e cortado no jato de água, contra a mangueira e os rolamentos agulha. Rolamentos escolhidos pela sua simples construção e fácil aplicação, tomando cuidado apenas com a tolerância de 0,2mm e 0.05mm, no comprimento e no diâmetro do eixo respectivamente, para acoplamento dos mesmos.

Na fase 3, o rotor que gira constantemente succionando o líquido e comprimindo-o contra seus rolamentos e expelindo na outra extremidade, em cada giro completo, um ciclo é concluído com volume constante. Pois cada ciclo é exatamente igual ao anterior. A sucção feita pelo espigão de entrada, gerada pelo vácuo criado no momento do arrasto da mangueira contra o corpo da bomba é expelido

pelo espigão de saída com mesma quantidade contida inicialmente na entrada. Ciclo também chamado pelas concepções de bombas por “deslocamento positivo”. Na vista isométrica Figura 4, pode-se ter a

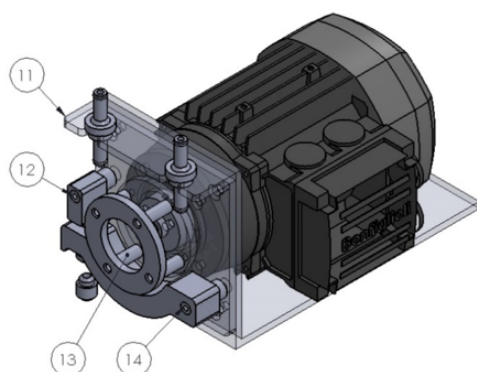
Figura 3: Vista frontal da bomba peristáltica



Fonte: Autores

concepção exata de como ficou o protótipo após a usinagem e os cortes realizados no jato de água. Os espaçadores (12) e (14) funcionam como eixos que permitem articulação e absorvem toda a vibração do movimento do rotor contra a mangueira. O motor utilizado foi um

Figura 4: Vista Isométrica da bomba peristáltica



Fonte: Autores

Bonfiglioli BN56B4 de 0,1CV e 1650RPM em 60Hz. Sem redução e com acoplamento direto no eixo pelo rotor feito em alumínio, preso em uma base de inox 304 de espessura 5mm.

A proteção contra eventuais acidentes pode ser vista na Figura 2, onde foi colocado uma lâmina de acrílico de espessura 5mm como barreira entre o operador e o equipamento. Sua remoção é necessária apenas para a substituição da mangueira devido aos desgastes.

Um componente importante e crucial pode ser a escolha da man-

gueira, cada classe de produto tem uma mangueira específica a ser utilizada. Conforme o Quadro 2 pode-se escolher o tipo e material de acordo com a aplicação. Optou-se pela mangueira de silicone (platino curado) com diâmetro interno e externo de 6mm e 10mm respectivamente, resistente a fungos e bactérias, com excelente biocompatibilidade e dentro das normas estabelecidas para o projeto. Escolha baseada na formulação de medicamentos onde existe contato direto com fungos ou bactérias e não deve existir reação química entre o meio de cultura e os componentes estruturais dos equipamentos.

De acordo com as classes das mangueiras citadas no Quadro 2, o significado de USP Classe V extraíveis (*United States Pharmacopeia*) - Farmacopeia dos Estados Unidos - indica que o material utilizado foi testado de acordo com as normas Norte Americanas que admitem que este possa ser utilizada em equipamentos e produtos farmacêuticos, com compatibilidade positiva e nenhuma reação química. Farmacopeia Europeia (FE) indica também a aceitação e aprovação nos testes no mercado europeu e consta dentro dos padrões de qualidade de medicamentos requeridos pela União.

Todas as mangueiras possuem padrão ISO e com certificação internacional de seus compósitos, sendo assim, os equipamentos que as utilizarem estarão isentos de qualquer problema de compatibilidade biológica. Outro fator que indica as bombas peristálticas para o processo 100% estéril é a inexistência do contato entre o produto e o corpo interno da bomba. Tornando os procedimentos mais seguros, confiáveis e com uma garantia de que não haverá contaminação com qualquer resíduo lubrificante ou de desgaste natural dos componentes do maquinário. O material em que é feita a mangueira da bomba

Quadro 2: Tipos de mangueiras possíveis para o projeto.

Modelo	Compatibilidade	Classificações
Silicone (Platino Curado)	Biocompatibilidade Inodora Não tóxica Resistente a Fungos	- USP Classe V extraíveis - Farmacopeia Europeia (FE)
Silicone (peróxido Curado)	Biocompatibilidade Inodora Resistente a Fungos Baixas Temperaturas	- USP Classe V extraíveis - FDA 21 CFR 177.2600 - Farmacopeia Europeia (FE)
C-Flex	Baixo Custo Biocompatibilidade Bioquímica	- USP Classe V extraíveis - Farmacopeia Europeia (FE)
Neoprene	Resistente a ozônio e calor Longa duração Resistente a ácido e alcalinos	- Listada NSF (Padrão 51)
Viton	Excelente resistência química Corrosivos, solventes e óleos em altas temperaturas	- FDA 21 CFR 177.2600; - Em conformidade com ADCF.

Fonte: MasterFlex (2012)

deve ser quimicamente resistente ao produto a ser bombeado. Dependendo das exigências específicas da aplicação, sua seleção deve ser feita de maneira que resista ao bombeamento constante sem deterioração. O revestimento interno determina o tipo de mangueira e cada tipo está presente no Quadro 2, com suas compatibilidades e classificações exigidas.

O inversor de frequência variável é um tipo de controlador que tem a função de acionar um motor elétrico e ao mesmo tempo variar a frequência e a tensão que é fornecida ao motor com o objetivo de controlar a sua velocidade e potência consumida. Quando falamos de motores elétricos de indução ou corrente alternada, a frequência (medida em Hertz) está diretamente relacionada às rotações por minuto (RPM) de um motor. Em outras palavras, quanto maior a frequência, maior a velocidade de rotação do motor.

Uma característica importante do inversor é que à medida que os requisitos de velocidade do motor em uma determinada aplicação mudam, o inversor de frequência pode simplesmente subir ou descer a velocidade do motor a fim de atender as novas exigências de operação, o que não seria possível utilizando apenas um redutor mecânico.

O primeiro estágio de um inversor de frequência é o conversor. Um conversor trifásico é composto de seis diodos representados à esquerda na Figura 5, que por analogia a um sistema hidráulico, são semelhantes às válvulas de retenção utilizadas em encanamentos. Assim, eles permitem que a corrente flua em apenas uma direção, que é exatamente a direção mostrada pela seta no símbolo de diodo.

Os sistemas de motor elétrico são responsáveis por mais de 65% do consumo de energia na indústria atual e a otimização de sistemas de controle de motores através da instalação ou atualização para inversores de frequência pode reduzir o consumo de energia em sua instalação em até 70%, segundo a WEG (2016). Além disso, a utilização de inversores melhora a qualidade do produto e reduz os custos de produção, por exemplo na configuração da rampa de partida e de parada os motores, onde o consumo de energia devido à alta corrente elétrica necessária é significativamente maior sem o inversor. Dispositivo capaz de promover uma partida suave sem o superaquecimento da estação e instalação local.

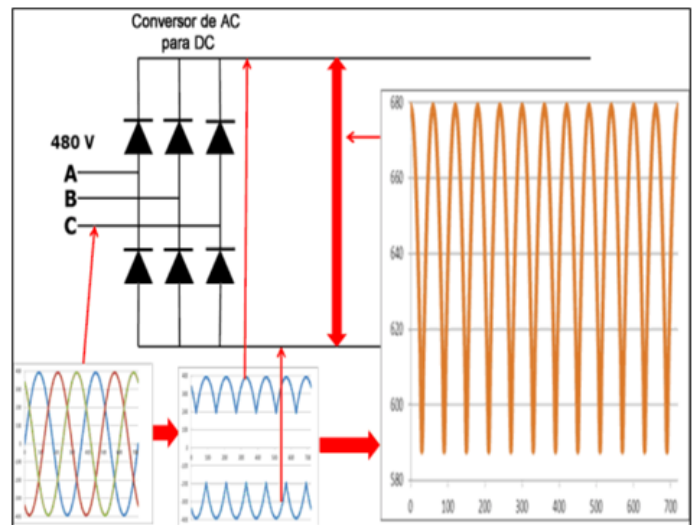
Não seria possível os testes de precisão sem a utilização deste equipamento, pois o controle de velocidade efetivo e de forma simplificada é realizado através da parametrização de uma chave inversora. Modelo utilizado é um Schneider ATV31 demonstrado na Figura 6, com potência para motores de até 1CV.

Assim a escolha da velocidade de bombeamento e consequentemente a vazão desejada, é realizada através da regulagem da frequência da corrente alternada direcionada ao motor da bomba.

Motor que trabalha dentro da faixa nominal em 60Hz pode trabalhar em 50% dependendo da demanda de produto.

Outro fator determinante para a escolha deste componente é no momento de colocar o rotor em movimento, especificando uma rampa de aceleração e desaceleração adequada para cada tipo de operação, reduzindo de forma significativa os desgastes no motor elétrico e no consumo de energia.

Figura 5: Conversor de 6 Pulsos que compõe um inversor de frequência.



Fonte: WEG (2016)

Figura 6: Inversor Schneider ATV31 utilizado no projeto.



Fonte: Schneider (2017)

Controlador lógico programável, também chamado CLP ou simplesmente controlador programável demonstrado na Figura 7, é um dispositivo de computador que controla equipamentos industriais. A quantidade de equipamentos que os CLPs podem controlar são tão

variados quanto suas instalações industriais. Sistemas de transportador, linhas de máquinas de processamento de alimentos, máquinas CNC, entre outras. Em um sistema de controle industrial tradicional, todos os dispositivos de controle são enviados eletrônica e diretamente de um para outro de acordo com a necessidade.

No caso descrito para controle de uma bomba com princípio peristáltico, os comandos enviados são para determinar o tempo de rotação do motor.

Figura 7: Controlador Lógico Programável (CPL)



Fonte: Tuk Tecnológico UK (2017)

Todo o CLP tem uma CPU e um sistema de entrada e saída, usam um programa para controlar instruções e dirigir equipamentos pelo sistema de controle para que façam o que se deseja através da programação realizada, com intensidade e tempo adequados. Segundo Maitelli (2012), as funções práticas dos controladores:

- Obtenção dos dados dos vários módulos de entrada;
- Execução das instruções do programa
- Atualização das saídas, transferindo os dados ao equipamento controlável através dos módulos de saída

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Testes práticos foram exigidos para informar os resultados de precisão com repetitividade. Primeiramente foram separados 18 frascos, Figura 9, com um determinado peso inicial e enumerados, em seguida realizados 4 envase consecutivos em cada um dos 18 frascos com resultados de suas pesagens em uma balança de precisão 0,1 gramas descritos no Quadro 3.

De acordo com os testes, verificando a precisão na dosagem de frascos com 10ml, os resultados obtidos descrevem um bom envase, quase contínuo considerando a variação no peso inicial de um frasco

para o outro. A variância encontrada foi de 0,2g para mais ou para menos, ou seja, 1,6% na pesagem final. Sendo que a exigência para esse tipo de envase manual varia de 2 a 3% em alguns casos em que existe um sistema seletor de embalagem automático instalado na linha, conhecido como Check Weight (checagem de peso). Sistema que avalia e seleciona qual recipiente está dentro das tolerâncias exigidas pelo fabricante. Para os testes, o funcionamento segue o esquema na

Quadro 3: Teste de precisão em dosagens (10ml).

Nº Frasco	Peso Frasco (Vazio)	P1	P2	P3	P4
01	2.0g	12.5g	12.5g	12.4g	12.3g
02	2.2g	12.4g	12.6g	12.4g	13.1g
03	2.1g	12.6g	12.3g	12.8g	12.3g
04	2.2g	12.9g	11.3g	12.8g	13.0g
05	2.1g	12.5g	11.1g	12.7g	12.5g
06	2.0g	12.8g	12.5g	12.8g	12.8g
07	2.2g	12.8g	12.6g	12.9g	12.9g
08	2.0g	12.8g	12.5g	12.6g	12.4g
09	2.0g	12.8g	13.0g	12.5g	12.7g
10	2.2g	12.8g	12.7g	12.7g	12.8g
11	2.3g	12.9g	13.2g	12.8g	13.0g
12	2.2g	12.3g	12.5g	12.8g	12.8g
13	2.1g	12.8g	13.1g	12.3g	12.8g
14	2.1g	12.4g	12.2g	12.6g	12.8g
15	1.8g	12.2g	12.1g	12.7g	12.7g
16	2.1g	12.5g	12.7g	12.6g	12.5g
17	2.2g	12.6g	12.7g	12.6g	12.5g
18	1.9g	12.4g	12.3g	12.5g	12.3g

Fonte: Arquivo pessoal – Teste prático de pesagem 2017

Figura 8 que mostra a automação instalada para o procedimento que se inicia com acionamento por pedal, dando início ao contador parametrizado no controlador e assim, partindo o motor da bomba com o inversor limitando suas rotações através da frequência e finalizando o procedimento ao término do contador.

O controle propriamente dito foi feito através de um CLP (controlador lógico programável) e um inversor de frequência para determinar a velocidade do motor da bomba, a qual recebia um valor gerado pelo controlador que determinava o tempo de rotação do rotor. Tempo que seria ajustado de acordo com o volume do frasco desejado no momento.

Testes de vazão foram feitos para determinar o tempo de envase com o inversor indicando 60Hz e 30Hz, onde o preenchimento de um recipiente com volume máximo de um litro. O tempo de dosagem foi de 62 segundos e 16 segundos respectivamente, ou seja, em torno de 1 litro por minuto.

Avaliando o protótipo e percebendo que operando na frequência máxima obteve-se um valor aceitável e que posteriormente com a frequência reduzida em 50% obteve-se exatamente a metade do vo-

Figura 8: Diagrama de instalação e controle.



Fonte: Autores

lume dosado anteriormente em 60Hz, pode-se explicar pelo fato de que a mangueira, em cada ciclo de compressão expulsa exatamente a mesma quantidade de líquido. Motivo pelo qual as bombas peristálticas foram a melhor escolha para sistemas de precisão. Sendo assim, o volume interno da mangueira presente em cada ciclo é encontrado através da equação 1, em que V representa o volume expresso em cm^3 ; R o raio da mangueira em cm; e $\varnothing_{\text{rotor}}$ o diâmetro do rotor da bomba em cm.

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot (\varnothing_{\text{rotor}} \cdot \pi) \quad (1)$$

Conhecendo o diâmetro da tubulação e o seu comprimento em torno do rotor da bomba, conseguimos assim determinar o volume de produto presente em cada ciclo através da fórmula demonstrada anteriormente.

A mangueira utilizada, presente no Quadro 2, com diâmetro interno de 6mm, bombeia a cada ciclo 5mL de produto, sendo que cada ciclo replica exatamente o mesmo volume, para envasar os frascos com 10mL o controlador CLP foi parametrizado com o tempo correspondente a dois ciclos, valor determinado empiricamente através de testes e pesagem manual até que fossem determinados em quantos segundos o envase seria realizado.

Com o inversor o controle se torna possível para determinar a velocidade de trabalho da bomba, reduzindo o consumo de energia e os picos na rede elétrica com a suavização nas rampas de partida e desaceleração da bomba peristáltica. Em conjunto com todos os dispositivos, os testes são realizados para obter uma leitura prática de todas as medições e posteriormente a calibração do tempo necessário para envasar os recipientes desejados com precisão.

Analisando o custo correspondente de um protótipo de mini-bomba peristáltica em relação a uma já presente no mercado do modelo Watson-Marlow 521CC apresentado na Figura 10, e levando em consideração o preço fixo estabelecido pelo fornecedor que gira em torno de 15mil reais, a economia chega a ultrapassar 50% considerando todos os processos envolvidos, dentre eles: mão de obra de usinagem com tempo máximo de 3 dias úteis, corte no jato de água, matéria prima e o motor já citado anteriormente.

Reduzindo custos para a empresa, mantendo a qualidade nos equipamentos de envase finais e cumprindo o objetivo de ter uma linha automatizada com precisão no momento de dosagem é o objetivo do desenvolvimento de projetos industriais.

O comparativo entre as duas bombas fica por parte dos acabamentos e das dimensões externas, em que o motor da bomba Watson é maior e o corpo da bomba também, logo o torque na ponta do eixo é superior. Porém a aplicação não necessita de tanto esforço, e os modelos menores também não possuem um valor comercialmente viável. O objetivo das bombas peristálticas para baixos volumes não deixa de ser a precisão e a durabilidade do conjunto.

Figura 9: Teste prático de envase manual



Fonte: Autores

De certa forma, a redução do corpo do motor e dos gastos com fornecedores são vantagens a serem colocadas em pauta, sendo que, o dimensionamento da bomba em uma escala menor não interferiu nos resultados ao decorrer dos processos de testes internos.

Figura 10: Bomba peristáltica substituída



Fonte: Autores

CONCLUSÃO

Levando em consideração todos os aspectos produtivos, de precisão e um fator diferenciado em relação à contaminação do produto bombeado, a escolha para determinado tipo de processo que exija uma dosagem quase que perfeita, não se descarta a utilização da bomba peristáltica.

Primeiramente o procedimento de construção é simplificado, com peças que já chegam prontas do corte, a usinagem é rápida e com poucos componentes, consequentemente atingem diretamente o custo de produção e o lucro sobre o equipamento de envase final.

Com os testes realizados e um retorno favorável, a substituição de um modelo mais caro por um mais rentável, mesmo que demande um tempo relativamente curto de produção, os resultados obtidos são satisfatórios.

REFERÊNCIAS

Cartilha WEG. **Uso eficiente da energia elétrica**. São Paulo. 2016. Disponível em: <https://materiais.motores.weg.net/cartilha>

FARIA, W. Resende de. **Qualidade no atendimento**. São Paulo. 2011. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/qualidade-no-atendimento-cliente-colaborador/54426/>

Julioenvase Industria e Comércio de Maquinas Ltda. **Projeto de sistemas automáticos de envase**. Joinville, 2014. Disponível em: <http://envasadorasvini.blogspot.com.br/p/projetos.html>

MAITELLI, A. L. **Supervisão e controle operacional de sistemas**. DCA-UFRN, Natal, 2012. Disponível em: <https://www.dca.ufrn.br/~maitelli/FTP/super/2-CLP.ppt>

MasterFlex, **Mangueiras para bombas peristálticas**, Presidente Prudente, 2012. Disponível em: <http://www.splabor.com.br/blog/mangueiras-para-bombas-peristalticas/mangueiras-para-bomba-peristaltica-saiba-como-e-facil-escolher-a-correta-para-o-seu-modelo-masterflex/>

PRESTINI, A. R. D. L.; ESPÍNDOLA NETO, J. V. H. **Bombas de deslocamento positivo**. UNERJ, Jaguará do Sul, 2007. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/sasr2013/bombas-deslocamento-positivo>

Portal São Francisco. **Parafuso de Arquimedes**. Mogi Guaçu. 2017. Disponível em: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/curiosidades/parafuso-de-arquimedes>

Schneider, **Inversor de Frequência ATV31**. Brasil, 2017. Disponível em: <https://www.se.com/br/pt/faqs/FA279256/>

Tuk Tecnológico UK, **Controladores CLP**. Farnborough, 2017. Disponível em: <http://www.t-uk.co.uk/>

Watson-Marlow Bredel E-Manuals. **Manual de instruções bomba peristáltica**. Brasil, 2017. Disponível em: <http://www.watson-marlow.com/Documents/knowledge-hub/Manuals/gb%20-%20UK/m-521-cc-gb-03.pdf>