



SISTEMA SEMI-AUTOMÁTICO DE ENVASAMENTO – ESTUDO DE CASO

Jackson José Souto de Moraes

– Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – CT – UFPB – Campus I – CEP: 58095-900
– João Pessoa PB, Fax: 216. 7186, e-mail: jackson@cefet-al.br

Clivaldo Silva de Araújo

– Departamento de Tecnologia Mecânica – CT – UFPB – Campus I – CEP: 58095-900 – João Pessoa PB, Fax: 216. 7186, e-mail: clivaldo@ct.ufpb.br

Simplicio Arnaud da Silva

– Departamento de Tecnologia Mecânica – CT – UFPB – Campus I – CEP: 58095-900 – João Pessoa PB, Fax: 216. 7186, e-mail: arnaud@dtm.ct.ufpb.br

***Resumo.** O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema semi-automático para envasamento de líquidos. O sistema é constituído de dois pontos de enchimento, onde a variável que controla a quantidade de líquido na embalagem é o nível de produto envasado. Como o sistema utiliza dois pontos de enchimento, duas válvulas eletromagnéticas são utilizadas. O comando de abertura e fechamento dessas válvulas é feito por um circuito eletrônico que atua em função de um sinal emitido por um sensor de nível. O movimento ascendente e descendente da mesa, para levar os recipientes à posição adequada para o envasamento é realizado através de um cilindro pneumático acionado por uma válvula solenóide. Este sistema foi desenvolvido visando atender às empresas de pequeno porte.*

***Palavras-Chave:** Automação, envasamento, eletro-pneumático.*

1. INTRODUÇÃO

O primeiro trabalho significativo em controle automático foi o de James Watt (apud D’Azzo - Houpis, 1978), que construiu, no séc. XVIII, um controlador centrífugo para o controle de velocidade de uma máquina a vapor. Outros trabalhos importantes nos primeiros estágios da teoria do controle se devem a Minorsky, Harzen e Nyquist, dentre outros (apud Ogata, 1998).

Minorsky trabalhou em controladores automáticos para pilotar navios e mostrou como poderia determinar sua estabilidade a partir da representação do sistema através de equações diferenciais. Em 1932, Nyquist desenvolveu um procedimento relativamente simples para determinar a estabilidade do sistema a malha fechada com base na resposta estacionária de sistemas a malha aberta com excitações senoidais. Em 1934, Harzen (apud Ogata 1998), que introduziu o termo “servomecanismos” para designar sistemas de controle de posição, discutiu o projeto de servomecanismos a relé capaz de seguir uma excitação variável no tempo.

A partir de 1960, com a disponibilidade dos computadores digitais tornou-se possível a análise no domínio do tempo de sistemas complexos, dotados de múltiplas entradas e múltiplas saídas, bem como, possibilitaram o desenvolvimento do grande número de equações em suas definições, desenvolvendo desta forma a moderna teoria de controle, baseada em técnicas de análises. Foram investigados o controle ótimo, assim como o controle adaptativo e o controle com aprendizado. A

partir 1980, o desenvolvimento da moderna teoria de controle, têm se concentrado no controle robusto e tópicos associados (Ogata, 1998).

Com a revolução industrial e com a necessidade de maiores níveis de produção, o processo produtivo foi sendo aperfeiçoado. Inicialmente os sistemas manuais foram substituídos por sistemas mecânicos, que apesar de grandes e robustos, foram de grande importância para a evolução industrial. A utilização de técnicas de análise e projeto de sistemas pneumáticos (Andersen, 1997) tornou possível dimensionar estes sistemas para executar tarefas com eficiência.

Posteriormente, sistemas elétricos foram usados para estas aplicações. Os primeiros passos para o desenvolvimento de sistemas automáticos foram dados, até chegar-se a eletrônica (Bollmann, 1997).

Normalmente na etapa final de um processo produtivo, um número muito elevado de mão-de-obra é necessário, principalmente, nas pequenas e micro empresas, o que representa um custo operacional muito alto levando-se em conta a quantidade produzida em relação a mão-de-obra empregada.

Nas empresas que produzem líquidos, o envasamento é a etapa final do processo produtivo e, de acordo com sua capacidade de produção encontra-se desde o envasamento manual, altamente improdutivo, até as máquinas rotativas, de altíssimos níveis de produtividade. Em um trabalho desenvolvido por Oliveira (2000), foi utilizado um circuito eletrônico para comandar um sistema eletro-pneumático no envasamento de cola. Neste trabalho, foi usada uma balança a base de extensômetros para enviar o sinal de controle (peso do produto) da quantidade líquido envasado.

Nas pequenas indústrias, os sistemas utilizados para envasamento normalmente são manuais, pois, as máquinas de envasamento existentes no mercado são de alto custo de aquisição e direcionadas para altas produções, sendo portanto, incompatíveis com os níveis de produção das pequenas empresas.

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema semi-automático para envasamento, com baixo custo, tanto de implantação quanto operacional, de fácil operação e manutenção, para fazer frente a esta carência nas pequenas e micro empresas, que trabalham engarrafando líquidos manualmente.

2. SISTEMA DE ENVASAMENTO

O sistema mostrado na Fig. (1) é constituído de um módulo de envasamento, um sistema pneumático e um sistema de comando e controle.

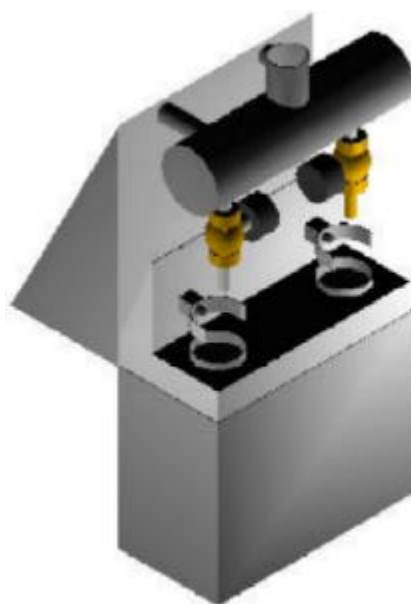


Figura 1. Módulo de envasamento.

O módulo de envasamento divide-se em uma estrutura fixa e uma mesa móvel. Na estrutura fixa estão o distribuidor e as válvulas solenóides, que são responsáveis pelo controle do fluxo do produto, bem como, o sistema pneumático e o sistema de comando e controle. A mesa móvel é montado sobre a haste do cilindro pneumático e em dois guias cilíndricos, que também estão presos na estrutura e tem a finalidade de levar, em um movimento retilíneo ascendente, às embalagens até seus pontos de enchimento retornando a posição inicial, após ter completado o envasamento.

Para a utilização das embalagens com capacidades variadas utiliza-se adaptadores de altura, Fig. (2), que podem ser substituídos por tamanhos adequados às embalagens. Estes adaptadores são montados sobre a mesa móvel, para compensar a diferença de altura entre o tubo de enchimento e a base da mesa, onde são colocadas as embalagens.

Como o cilindro pneumático tem um curso de 100mm, o distribuidor foi fixado a uma altura que o permitisse trabalhar com embalagens de 2 litros. A medida que houver necessidade de envasar em embalagens menores, os adaptadores serão substituídos.

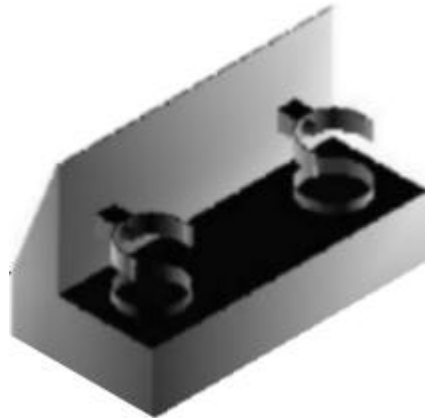


Figura 2. Adaptador de altura

O sistema pneumático, Fig. (3) é responsável pela elevação e retorno da mesa móvel. Ele é constituído por uma válvula direcional, 5/2 vias, de 3/8", acionada por duplo solenóide, duas válvulas controladoras de fluxo unidirecionais e um cilindro pneumático de dupla ação, com 10mm de diâmetro e 100mm de curso. O conjunto válvula direcional/cilindro pneumático é responsável pela movimentação da mesa móvel e as válvulas controladoras de fluxo, pela velocidade.

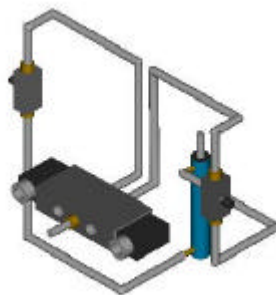


Figura 3. Sistema pneumático

2.1. Princípio de Funcionamento do Sistema

No início do ciclo de funcionamento, o módulo de envasamento deve encontrar-se em sua posição inicial e calibrado para receber as embalagens com tamanhos conforme a programação.

O operador coloca as duas embalagens manualmente no ponto de envasamento e em seguida aciona o botão para iniciar o processo. A mesa sobe fazendo com que as válvulas solenóides abram para o início do envasamento.

Por motivo de segurança, a movimentação da mesa móvel dando início a operação, só é possível se as duas embalagens estiverem posicionadas em seus devidos locais, para que não ocorra algum acidente com o operador ou um derramamento de produto caso o botão que inicia o ciclo operacional seja acionado indevidamente.

Para garantir esta segurança foram instalados dois botões em cada garra que prende as embalagens na mesa móvel. Estes botões são acionados por estas no momento em que são fixadas na mesa móvel. Como os botões estão ligados eletricamente em série, na alimentação do circuito eletrônico que comanda e controla o funcionamento do sistema, só haverá tensão neste circuito, após seus acionamentos.

Completada a quantidade de produto dentro de cada embalagem, Fig. (4), a válvula solenóide é fechada. Isto poderá acontecer simultaneamente em ambas as válvulas ou em instantes diferentes. Na continuidade do ciclo de envasamento, a mesa móvel volta a sua posição inicial, quando são permutadas as embalagens cheias por embalagens vazias, para dar início a um novo ciclo de envasamento ou finalizar a quantidade programada.



Figura 4. Vista frontal do módulo com as embalagens cheias

2.2. Sistema Eletrônico Pneumático

O sistema utiliza um circuito eletrônico, cuja função é comandar a abertura e fechamento das válvulas solenóides V_1 e V_2 , bem como, o retorno da mesa móvel. Ele foi desenvolvido utilizando circuitos integrados CI555 (Boylestad e Nashelsky, 1984) para gerar os pulsos de gatilhamento dos triacs, como mostra a Fig. (5).

No final do curso de subida da mesa móvel, o microinterruptor S_4 é acionado energizando o circuito com exceção do CI555 (3). A razão da não energização deste CI, quando o circuito de comando é ligado é justificada pelo fato da existência de ruídos gerados na fonte de alimentação, quando da oscilação dos CI555 (1 e 2) na fase de envasamento das embalagens. A consequência desses ruídos faziam o CI555 (3) oscilar prematuramente acionando o sistema hidráulico responsável pelo retorno da mesa.

Os CIs 555, (1 e 2) geram trens de pulsos em suas saídas, que através dos transformadores dos pulso (1 e 2), gatilham os triacs correspondentes fazendo-os conduzir a corrente elétrica para o acionamento das válvulas V_1 e V_2 dando início ao envasamento.

Quando o produto envasado atinge o eletrodo de nível, o relé (1 ou 2) é comutado aterrando o pino 5 (tensão de controle), do respectivo CI555. Com isso, a tensão de gatilho do triac é anulada e

este bloqueia cortando em seguida a alimentação das válvulas e interrompendo o envasamento. Isto poderá acontecer concomitantemente nas duas válvulas. A utilização desses relés deve-se ao fato de que o produto que toca o eletrodo de nível não tem resistência elétrica bastante baixa para levar o pino (5) dos CIs (1 e 2) para a massa.

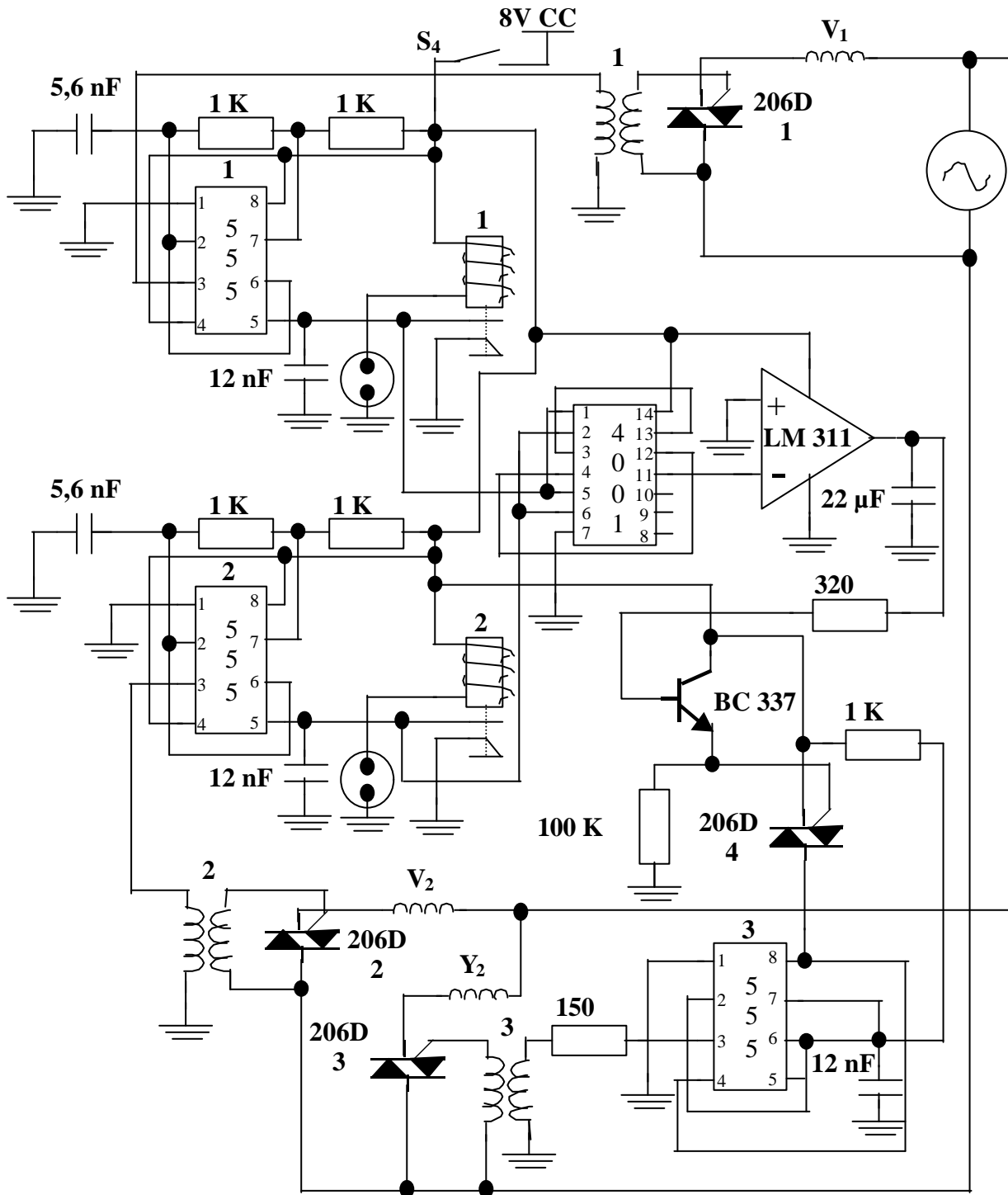


Figura 5. Circuito eletrônico de comando e controle do sistema de envasamento.

O retorno da mesa móvel só ocorre quando as válvulas V_1 e V_2 são fechadas. Nesta condição, as entradas do CI 4001 recebem sinais baixos vindos dos pinos (5) dos CIs 555 (1 e 2). Para esta situação a tensão de saída do CI 4001, que estava no nível alto, passa para o nível baixo. Esta tensão de nível baixo é injetada na entrada inversora do amplificador operacional (circuito comparador) LM 311. Nesta condição, a tensão de saída é de nível alto para acionar o transistor e

gatilhar o triac (4), que é usado no circuito de alimentação do CI 555 (3), responsável pelo retorno do cilindro pneumático, através do acionamento da válvula direcional.

Com o retorno do cilindro pneumático a mesa volta a sua posição inicial liberando o fim de curso S_4 e desenergizando todo o circuito eletrônico.

3. RESULTADOS

A análise dos resultados da quantidade de líquido nas embalagens foi realizada através do peso, apesar da variável controlada ter sido o nível do líquido na embalagem, ou seja, para cada seção de envasamento as embalagens eram pesadas. Para isto utilizou-se uma balança eletrônica Marca Toledo, modelo 2090 XIII, para carga máxima de 25kg com resolução de 1g.

3.1. Coletas de dados

No início dos testes surgiram dois problemas devido ao resíduo de produto que ficava nas paredes internas dos tubos de enchimento após o fechamento das válvulas solenóides. No primeiro, a cada início de ciclo de envasamento, depois da abertura das válvulas, o produto que era liberado empurrava o ar para fora do tubo, que soprava o resíduo de detergente provocando o surgimento de bolhas na saída dos tubos. Tocando no eletrodo as bolhas fechavam o circuito, que em seguida interrompia o processo prematuramente ocasionando variações nas medições. No segundo, quando as válvulas fechavam ao término do envasamento, o detergente que ficava no tubo escorria na mesa móvel, após a retirada das embalagens.

A solução encontrada foi a instalação de uma válvula de contenção, Fig. (6), na extremidade dos tubos de enchimento. Esta válvula fica fechada por ação de uma mola quando as válvulas solenóides responsáveis pelo envasamento estiverem fechadas mantendo o tubo cheio de produto, evitando a entrada de ar e abre em função do peso da coluna de detergente, quando as mesmas forem abertas.

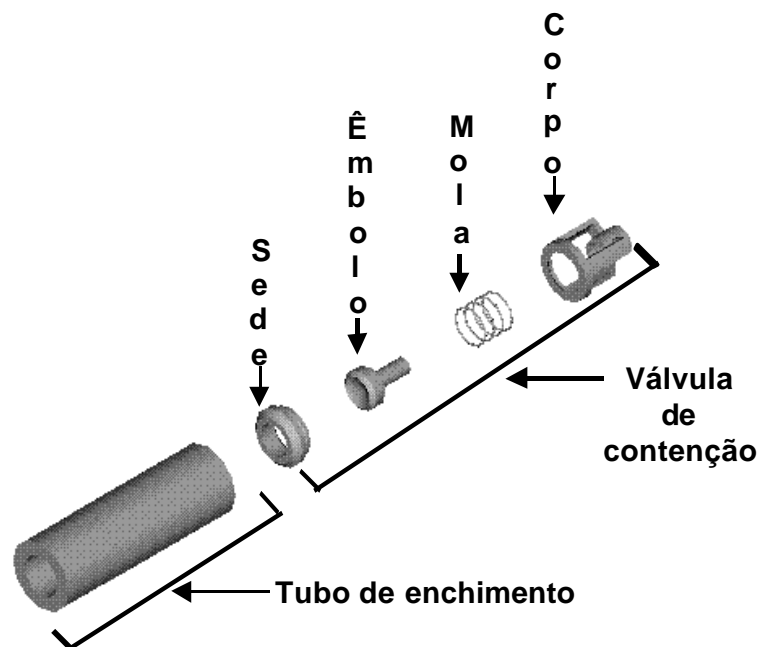


Figura 6. Tubo de enchimento com válvula de contenção

Ao se iniciar os ensaios constatou-se que as variações das embalagens entre as etapas de envasamento eram muito pequenas. Com isto entendeu-se que para uma amostragem representativa não seria necessário efetuar um grande número de medições tendo em vista a boa repetitividade dos resultados. Neste caso, achou-se que 18 ensaios seriam bastantes para serem analisados.

A Tabela (1) mostra os valores obtidos nas 18 medições realizadas. As diferenças entre os valores obtidos entre os dois pontos de medição foi devido a diferença de altura entre os eletrodos de nível que podem ser mudadas em função do tamanho da embalagem.

Tabela 1. Dados coletados nos ensaios de envasamento

Teste	1	2	3	4	5	6	7	8
Ponto 1 em kg	0,253	0,254	0,255	0,254	0,253	0,251	0,252	0,254
Ponto 2 em kg	0,337	0,337	0,333	0,334	0,335	0,335	0,338	0,335
Teste	11	12	13	14	15	16	17	18
Ponto 1 em kg	0,252	0,253	0,253	0,252	0,253	0,252	0,252	0,252
Ponto 2 em kg	0,334	0,335	0,335	0,335	0,334	0,333	0,335	0,333

3.2. Análise dos Resultados

Os resultados obtidos nos ensaios realizados podem ser verificados através da Tab. (2) e da Fig. (7).

Tabela 2. Valores estatísticos

Ponto de Enchimento	Média Amostral	Variância Amostra	Desvio Padrão
1	0,267 kg	0,00000258 kg	0,0016 kg
2	0,296 kg	0,00000342 kg	0,0018 kg

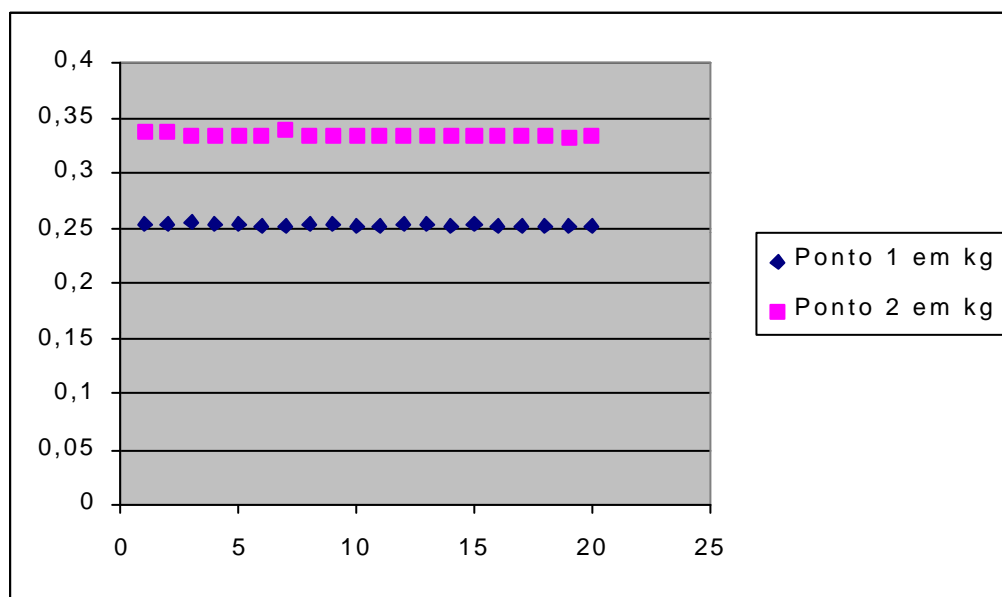


Figura 7. Gráfico de dispersão dos resultados

Analisando os resultados obtidos, constatou-se que o sistema de envasamento mostrou-se eficiente para este tipo de aplicação, visto que os valores obtidos apresentaram boa repetitividade como pode-se constatar através da Tab. (2) e da Fig. (7).

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho mostrou-se a necessidade de suprir uma carência existente em pequenas empresas, mais precisamente no setor de envasamento de líquidos e apresentou-se uma solução de baixo custo, com a utilização de tecnologia disponível no mercado, facilmente aplicável dentro de suas características.

A utilização do circuito eletrônico possibilitou a redução dos custos do sistema em relação aos elétricos, que utilizam relés e contactores, o que encarece os custos, tanto de manutenção como de aquisição, além de reduzir o consumo de energia.

5. REFERÊNCIAS

- Andersen, B. W., 1997, "The Analysis and Design of Pneumatic System", John Wiley & SONS, INC.
- Bollmann, A., 1997 "Fundamentos da Automação Industrial Pneutrônica", Ed. ABHP, São Paulo.
- Boylestad, R. e Nashelsky L., 1984, "Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos", Prentice Hall do Brasil, Rio de Janeiro.
- D'Ázzo, J. J., e Houpis, H. H., 1978, "Análise e Projeto de Sistemas de Controles Lineares", Ed. Guanabara Dois, Rio de Janeiro.
- Ogata, K., 1998, "Engenharia de Controle Moderno", Prentice Hall do Brasil LTDA - Rio de Janeiro.
- Oliveira, J. A. S., 2000, "Desenvolvimento de um Sistema Eletromecânico para Controle de Envasamento em uma Indústria de Cola". Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

SEMIAUTOMATIC BARRELLING SYSTEM - STUDY OF CASE

Jackson José Souto. de Moraes

– Pós-Graduation Course in Mechanical Engineering – CT – UFPB–Campus I–CEP: 58095-900 – João Pessoa PB, Fax: 216.7186, e-mail: jackson@cefet-al.br

Clivaldo Silva de Araújo

– Department of Mechanical Technology – CT – UFPB – Campus I – CEP: 58095-900 – João Pessoa PB, Fax: 216. 7186, e-mail: clivaldo@ct.ufpb.br

Simplicio Arnaud da Silva

– Department of Mechanical Technology – CT – UFPB – Campus I – CEP: 58095-900 – João Pessoa PB, Fax: 216. 7186, e-mail: arnaud@dtm.ct.ufpb.br

***Abstract.** The present paper has as objective to develop a semiautomatic system for barreling of liquids. The system is constituted of two barreling points, where the variable that controls the amount of liquid in the recipient is the level of liquid bottled. As the system uses two bottling points, two eletromagnetics valves, are used. The opening and closing command of those valves is made by an electronic circuit that acts in function of a signal emitted by a level sensor. The ascending and*

descending movement of the table, to take the recipients to the position adapted for the barrelling is made through of a pneumatic cylinder operated by solenoid valves. This system was developed with the obejective to serve small companies.

Keywords: *Automation, Barreling, electro-pneumatic.*