

## PROJETO DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO DE MANIPULAÇÃO DE AMPOLAS DE VACINAS TERMOSENSÍVEIS

**Sigfleid Gudín Novak<sup>1</sup>, Fernando Guarnieri<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>UNIVAP/FEAU, signovak@gmail.com

<sup>2</sup>UNIVAP-IP&D/Laboratório de física e astronomia, guarnieri@univap.com.br.

**Resumo** - Os processos convencionais de armazenamento de vacinas termosensíveis em caixas térmicas ou pequenas geladeiras apresentam o inconveniente de produzir variações na temperatura a cada vez que a caixa for aberta. Esta variação pode ser danosa para fármacos termosensíveis. Neste trabalho é apresentada a idealização de uma câmara refrigeradora automática, cuja função é armazenar e manipular ampolas de vacinas de dose única, minimizando os efeitos de variação térmica que comprovadamente comprometem o desempenho do fármaco. A concepção desse projeto só se provou plausível e viável devido ao crescente uso do “Sistema de dose unitária de distribuição de medicamentos - SDMDU”, aonde uma ampola de medicamento possui uma e somente uma dose recomendada para o paciente.

**Palavras-chave:** Vacinas, Termosensibilidade, Automação.

**Área do Conhecimento:** III - Engenharias

### Introdução

Uma das tarefas enfrentadas por profissionais da área de saúde é a apropriada conservação e manipulação de ampolas contendo vacinas destinadas à utilização tanto humana quanto veterinária (ARANDA – 2006). Em geral esses medicamentos são foto/termosensíveis, significando que sua eficácia é comprometida quando submetidos a variações da faixa de temperatura de armazenamento (de 2°C a 8°C), ou ao excesso de luminosidade (NELSON – 2003). Se por um lado existe a perda pelo descarte de material deteriorado, por outro existe o risco de se administrar um medicamento ineficaz no paciente (PICKERING – 2006).

Geralmente, nos postos de saúde, esses remédios são armazenados em pequenas geladeiras caseiras comuns (tipo *frigobar*), ou ainda em caixas de isopor. Quando se abre a porta do compartimento, uma onda de calor invade a geladeira, acarretando em uma variação de temperatura nas ampolas estocadas. Como a necessidade de acesso às vacinas gera várias aberturas da câmara em questão, as ampolas remanescentes estarão sujeitas aos inúmeros picos de temperatura, o que pode comprometer a atuação das vacinas que futuramente serão ministradas aos pacientes.

Neste cenário, surge a necessidade de desenvolver uma sistemática mais eficiente que diminua a influência de tais variações sob o componente médico (FAUST – 2007). A proposta de trabalho é o projeto de um refrigerador automatizado que não necessite ser aberto para que haja acesso à vacina, mas sim entregue as ampolas ao agente de saúde sem que haja o

efeito colateral de uma apreciável alteração na temperatura interna da câmara. A interface do usuário com o equipamento será feita através de um *display* externo. Para assegurar a confiabilidade do processo proposto, haverá uma antecâmara isolada do compartimento central, que terá contato com a câmara que efetivamente irá disponibilizar a ampola ao agente de saúde por um pequeno orifício, cujas dimensões são da mesma ordem das dimensões das ampolas.

### Metodologia

As ferramentas eletrônicas utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho foram os *softwares* de desenho AUTOCAD 2007 e o simulador de circuitos Proteus 6.2.

Para que o objetivo final do projeto seja alcançado, as etapas propostas são: o carregamento das ampolas no refrigerador fechado através de um dispositivo removível, à parte da câmara, provido de mola; o acionamento de um botão que iniciará o processo elétrico microcontrolado responsável pela ação dos motores de passo que efetivamente irão mover as ampolas para fora da câmara refrigerada, para uma antecâmara; e finalmente a retirada manual das amostras requisitadas por uma gaveta com acesso à antecâmara.

### Resultados

Basicamente, o projeto é fundamentado em uma câmara principal composta por cinco sub-câmaras secundárias; um painel de comando provido de display na parte frontal do refrigerador.

A Figura 1 mostra uma imagem conceitual do equipamento proposto.

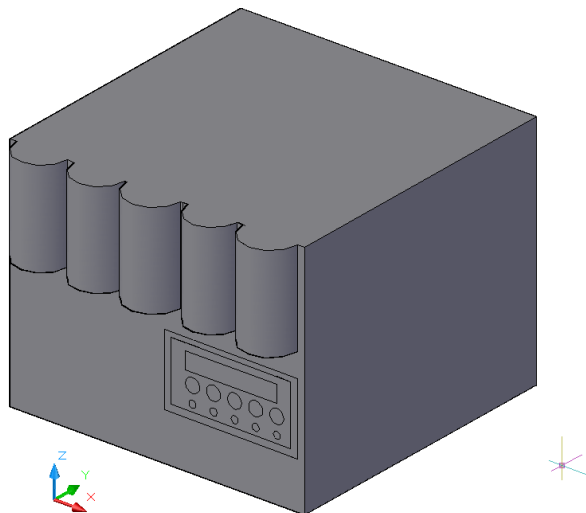


Figura 1 – Imagem conceitual

O compartimento inferior, termicamente isolado do compartimento superior, abrigará a parte operacional do sistema: cinco motores de passo e a placa com os circuitos elétricos, além do sistema de refrigeração que não é alvo deste trabalho. Na parte traseira, haverá cinco acessos a cada uma das respectivas sub-câmaras.

O funcionamento do dispositivo concebido é extremamente simples, razão pela qual se deve sua robustez. Inicialmente, todas as ampolas devem ser colocadas em fileiras, em um mecanismo provido de mola. Esse carregador, dispositivo à parte do refrigerador; é responsável por, uma vez dentro de cada uma das sub-câmaras, conduzir cada uma das ampolas à fenda no cilindro. Haverá um carregador para cada uma das sub-câmaras. A Figura 2 possui detalhes sobre a sua estrutura.

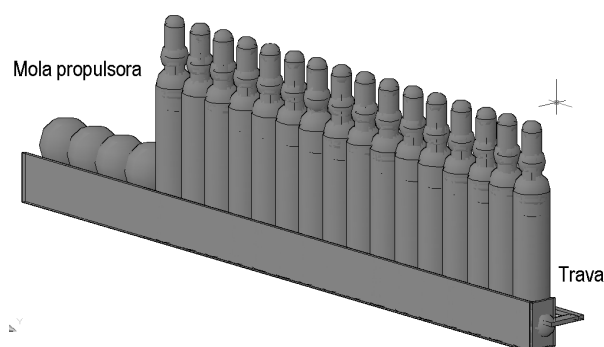


Figura 2 – Sistema carregador de cada tipo de vacina

O carregador será dotado não somente da mola propulsora, mas também de uma trava frontal. O objetivo dessa trava frontal será impedir

que as ampolas sofram o impulso da mola antes de o carregador estar dentro da sub-câmara, fazendo com que sejam arremessadas. Quando o operador colocar o aparelho dentro do refrigerador, manualmente (através de uma chave) ele irá liberar essa trava e permitir o fluxo de ampolas. Uma vez que a fenda transportadora do cilindro esteja vazia, imediatamente após a colocação do carregador a primeira ampola da fila será empurrada pela mola para dentro dessa fenda. A Figura 3 elucida a estrutura interna da câmara, vista de cima.

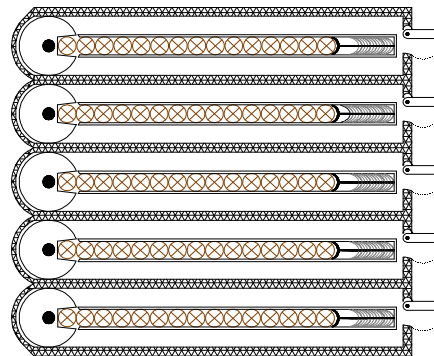


Figura 3 – Vista interna superior.

Agora quando houver comando do operado requisitando alguma amostra, basta acionar o botão respectivo à sua sub-câmara e será iniciado o processo de coleta da amostra.

O processo de liberação da vacina ocorre através de uma rotação completa do cilindro com a vacina, movimentado por meio de um motor de passo. Quando estiver a 180° de rotação a vacina irá sair da fenda devido um pequeno orifício na base do disco no qual está apoiado o cilindro. Esse orifício estará ligado fisicamente à antecâmara de sua sub-câmara. Uma vez na sub-câmara, a ampola está dentro do alcance do agente operador. Finalmente quando estiverem completos os 360°, a próxima ampola entrará na fenda transportadora e o ciclo estará completo.

A refrigeração do sistema será feita simplesmente por serpentinas de cobre, que sobem do motor refrigerador na base do equipamento e circulam o teto de cada uma das sub-câmaras.

Para que haja um controle efetivo dos processos propostos, serão utilizados microcontroladores da família PIC. As tarefas envolvidas nos procedimentos propostos que serão de natureza elétrica são: interpretar os sinais dados pelo operador através dos botões de comando, transmitir esses dados aos motores de passo dos cilindros, manter o controle da contagem e informar o número de ampolas restantes em cada uma das sub-câmaras, disponibilizar esses dados em um *display* e

monitorar a temperatura interna de cada uma das sub-câmaras.

Uma vez que o contador do número de ampolas - cujos dados serão atrelados aos botões de pedido de amostras - chegar à zero, o número de vacinas recarregadas na respectiva sub-câmara será inserido no contador através de pulsos dados pelo operador em um outro conjunto de botões. Este processo torna mais maleável a estrutura do sistema, permitindo recargas não necessariamente completas.

O monitoramento da temperatura de cada uma das sub-câmaras será realizado através de sensores de temperatura de precisão. Será utilizado o sensor LM35, da *National Semiconductors*®. Esse sensor analógico apresenta uma tensão de saída linear de acordo com a temperatura em que se encontra. O LM35 gera um sinal de 10mV para cada grau Celsius de temperatura, o que torna sua utilização bastante conveniente.

A precisão do sensor em questão também é uma das características que torna interessante sua implementação, pois pode perceber variações da ordem de 0.5°C (BRUSSAMARELO), uma faixa cuja ordem de grandeza atende as necessidades impostas, levando em consideração as condições para implementação. A Figura 4 ilustra a pinagem do LM35.

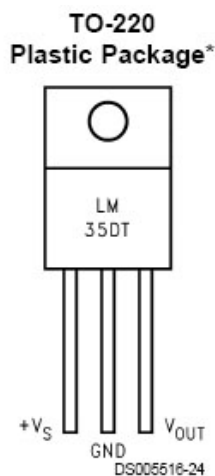


Figura 4 – LM35. Fonte: National Semiconductors

Uma das tarefas, será a contagem de ampolas em cada uma das filas das sub-câmaras. Para isso, será utilizado um microcontrolador PIC16F877. A contagem será feita de forma regressiva, uma vez que o padrão de carregamento será de quinze ampolas. Sempre que o operador requisitar uma das amostras, o sinal que será enviado ao PIC controlador dos motores, também será enviado ao PIC contador, que realizará a operação. Quando o procedimento for terminado, será disponibilizado em um display

o total de ampolas restantes em cada uma das fileiras. A Figura 5 mostra um diagrama de blocos da operação do circuito.

Dentre as escolhas de atuadores disponíveis comercialmente, os motores de passo são os dispositivos que mais se adequaram às necessidades das tarefas impostas. Seu principal atrativo aos olhos do processo proposto, é a precisão da rotação. Motores DC, embora sejam muito mais baratos e simples de operar, não oferecem tamanha confiabilidade ao final de sua rotação quanto os motores de passo.

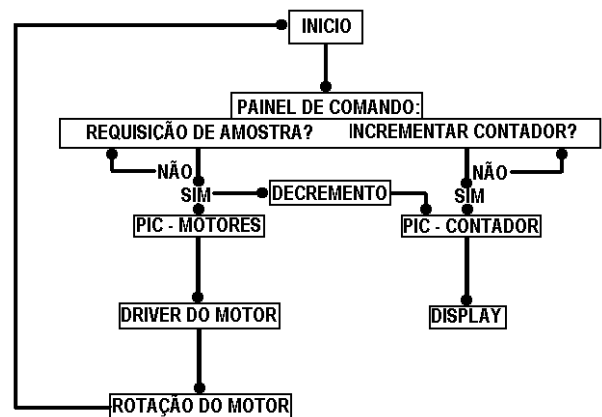


Figura 5 – Diagrama de blocos do circuito controlador dos motores e do contador.

### Conclusão

Devido ao desenvolvimento puramente teórico deste trabalho não se pode prever como os sistemas responderão quando a parte mecânica e elétrica estiverem construídas, mas graças a simplicidade dos processos envolvidos e à utilização de conceitos amplamente explorados, espera-se que em uma possível implementação, não ocorram problemas de natureza funcional.

Os processo que podem ser previstos antes da construção, como a programação que age dentro dos microcontroladores pode ser simulada no *software* mas até o momento da confecção deste artigo ainda não havia sido estruturada.

### Referências

- ARANDA, C. M. S. S. Rede de frio para conservação de vacinas em unidades públicas do município de São Paulo: Conhecimento e prática. 30 mar. 2006.
- BELL, K. N. Risk factors for improper vaccines storage and handling in private provider offices. 22 abr. de 2001.

- BRUSAMARELLO, VALNER. Sensor de temperatura LM35, Universidade de Caxias do Sul. Disponível em:  
<http://hermes.ucs.br/ccet/demc/vjbrusam/inst/temp51.pdf> Acesso em 15 jun. 2008.
- FAUST, MARK G. Wireless vaccine temperature monitoring: New technology to notify responsible personal via e-mail or SMS text message. 7 mar. de 2007.
- JONES, DOUGLAS W. Control of Stepping Motors, 1998.
- National Semiconductors. LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors. Disponível em:  
<http://www.national.com/ds/LM/LM35.pdf> Acesso em 15 jun. 2008.
- NELSON, CARIB M. Hepatitis B vaccine freezing in the Indonesian cold chain: Evidences and solutions. 16 jun. 2003.
- PICKERING, LARRY K. Too hot, Too cold: Issues with vaccine storage. 4 out. 2006.