

# **AVALIAÇÃO DE UM MÓDULO DE INTERFACE PARA SISTEMA DE APLICAÇÃO LOCALIZADA DE INSUMOS LÍQUIDOS A TAXAS VARIÁVEIS**

**EDISON RUSSO<sup>1</sup>, NELSON LUIS CAPPELLI<sup>2</sup>, CLAUDIO KIYOSHI UMEZU<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Engº Elétrico, Mestre em Engenharia Agrícola, Laboratório de Instrumentação e Controle, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas - SP, (0xx19) 3788.1055, e-mail: *erusso@uol.com.br*.

<sup>2</sup> Engº Agrícola, Prof. Doutor, Laboratório de Instrumentação e Controle, FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP.

<sup>3</sup> Engº Elétrico, Pesquisador Doutor, Laboratório de Instrumentação e Controle, FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP.

**Escrito para apresentação no**

**XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**

**31 de julho a 4 de agosto de 2006 – João Pessoa – PB**

**RESUMO:** A agricultura moderna busca novas tecnologias para a aplicação de insumos. Neste sentido, tem sido necessário o desenvolvimento de máquinas mais adequadas, com capacidade de operação e precisão elevadas, só possíveis com a introdução da automação e da eletrônica embarcada. O objetivo deste trabalho foi avaliar o Módulo de Interface (MDI) desenvolvido para ser utilizado no sistema de formulação e aplicação localizada de nutrientes líquidos a taxas variáveis, proposto pelo Laboratório de Instrumentação e Controle – LIC/FEAGRI/UNICAMP. A função do MDI é receber as informações provenientes do módulo de controle do sistema, efetuar as leituras dos sensores de campo, processar os dados e comandar os periféricos envolvidos na aplicação. Para garantir a precisão da aplicação foram utilizadas válvulas proporcionais, desenvolvidas pelo LIC, acionada por servomotores comandados por sinais modulados por largura de pulso (PWM). Devido às limitações de velocidade de processamento dos micro-controladores e do custo do equipamento, desenvolveu-se hardware e software visando a otimização das funções executadas pelo MDI de modo a possibilitar a utilização de apenas um micro-controlador. Os resultados das avaliações demonstraram que o MDI apresentou desempenho até mesmo superior aos requeridos pelo sistema de aplicação localizada.

**PALAVRAS-CHAVE:** adubo líquido, agricultura de precisão, aplicação localizada.

## **EVALUATION OF AN INTERFACE MODULE FOR SYSTEMS OF LOCATED APPLICATION OF LIQUID PRODUCTS AT VARIABLES RATES**

**ABSTRACT:** Modern agriculture searches for new technologies for the application of nutrients with greater precision. In order to achieve that, it has been necessary to develop more adequate machines, with higher operation capacity and precision. Now a days, the development of such machines tends towards automation and the introduction of embed electronic systems. The aim of this work was the evaluation of an Interface Module (MDI) developed to be used in a system for application of liquid products, proposed by the Control and Instrumentation Laboratory (LIC) from the Faculty of Agricultural Engineering at Unicamp. The function of the MDI is to receive the information proceeding from the Control Module, carry out the readings of the field sensors, process all this data and command the peripherals involved in the application. In order to assure the precision of the application, proportional valves, which have been developed by the LIC, activated by servo-motors and controlled by modulated signals through pulse width (PWM), have been used. Due to the limitations of the speeding process of micro-controllers and the cost of equipment, hardware and software have been developed, aiming to optimize the functions performed by the MDI to enable the

operation with only one micro-controller. The results of the valuation have shown that the MDI has surpassed the performance required by the application system of liquid nutrients.

**KEYWORDS:** liquid nutrients, precision agriculture, located application

**INTRODUÇÃO:** A agricultura moderna busca novas tecnologias para a aplicação de insumos. Desta maneira, tem sido necessário o desenvolvimento de máquinas mais adequadas, com capacidade de operação e precisão elevadas, só possíveis com a introdução da automação e da eletrônica embarcada. Uma das principais causas da variabilidade espacial da produtividade em uma lavoura está diretamente relacionada com a disponibilidade localizada de nutrientes no solo. Tradicionalmente emprega-se o adubo sólido, no entanto, Malavolta (1994) demonstra que se podem obter produtividades mais elevadas com a adoção da adubação fluída. O uso deste tipo de fertilizante possibilita um maior controle de sua aplicação, em termos de localização e quantidade aplicada. Outros aspectos, como a redução de problemas de segregação e a maior uniformidade das soluções líquidas, bem como a facilidade de implementação de sistemas mais precisos para a aplicação de fluídos, em relação aos sólidos, são um forte argumento para sua adoção. Neste sentido, o grupo de pesquisa do LIC/FEAGRI/UNICAMP (Laboratório de Instrumentação e Controle da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas), tem atuado no desenvolvimento de um controlador para formulação, dosagem e aplicação localizada de fertilizantes líquidos a taxas variáveis. O equipamento proposto pode ser caracterizado por dois módulos funcionais: Módulo de Controle (MC) e o Módulo de Interface (MDI). O controlador de aplicação tem capacidade para operar com até três concentrados distintos, de modo a suprir as necessidades localizadas dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), possibilitando a alteração da formulação e da dosagem em tempo real, em função da posição geo-referenciada. Já o MDI tem a função de interfacear o MC com os diferentes sensores e atuadores do sistema. O objetivo deste trabalho foi avaliar o MDI do sistema proposto.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O sistema de aplicação de fertilizantes líquidos proposto pode operar com até três concentrados distintos que, combinados na quantidade e proporção corretas, obedecendo a um mapa de aplicação previamente elaborado, bem como a velocidade do veículo motriz, suprem às necessidades localizadas do solo. Cada um dos concentrado é dosado por meio de circuitos hidráulicos independentes, gerenciados pelo MC e acionados pelo MDI. Os três concentrados serão combinados de modo a suprir as necessidades localizadas de NPK. A Figura 1 mostra o diagrama de blocos do sistema de aplicação. O MDI tem a função de receber as informações do MC, verificar as condições de aplicabilidade e controlar as válvulas proporcionais de aplicação. Este sistema é capaz de trabalhar com até três nutrientes distintos e com até dez linhas de aplicação. Sendo que o único fator limitante para a expansão do número de linhas é a capacidade da fonte de alimentação interna, podendo ser acoplada uma fonte externa quando for necessário um maior número de linhas. A Figura 2 apresenta o diagrama de blocos do MDI enquanto a Figura 3 mostra sua placa principal já montada.

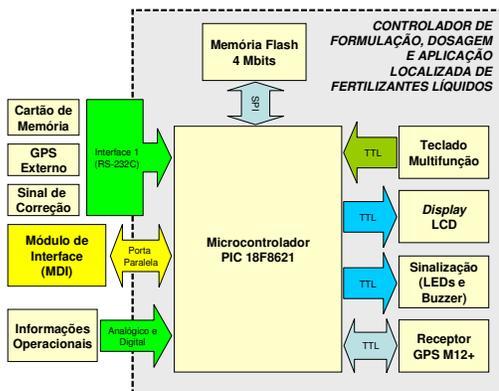


Figura 1. Diagrama de blocos do sistema de aplicação em desenvolvimento pelo LIC LIC/FEAGRI/UNICAMP.

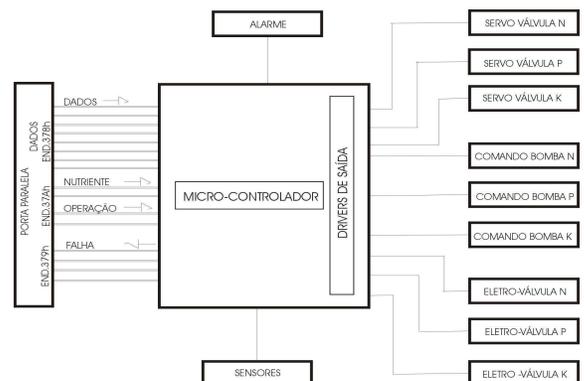


Figura 2. Diagrama de blocos do Módulo de Interface.

O princípio básico de controle das válvulas proporcionais utilizadas por Johann (2004) consiste em enviar um sinal modulado em largura de pulso (PWM) para o servo motor de controle de abertura da válvula proporcional. Este sinal PWM possui as seguintes características: Quando um sinal com amplitude de 5 volts , período de 13ms e ciclo de trabalho em que o nível alto varie de um a dois milésimos de segundo e o nível baixo seja o complemento para treze milésimos de segundo, a abertura da válvula proporcional varia de 0 a 100% (Figura 4). Segundo Johann (2004) garantindo-se a uniformidade do sinal de excitação da válvula proporcional e, mantendo-se a pressão constante, a vazão varia de forma aproximadamente linear.



Figura 3. Placa principal do Módulo de Interface.

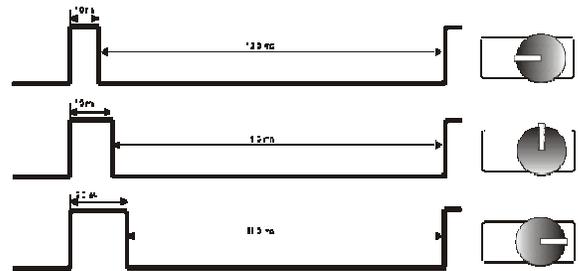


Figura 4. Sinal de controle do servo-motor.

Para a avaliação do desempenho do MDI foram desenvolvidos uma bancada de testes (Figura 5) e um software em linguagem Delphi que, por meio de uma tela gráfica, possibilitou o envio e a recepção dos parâmetros de teste.

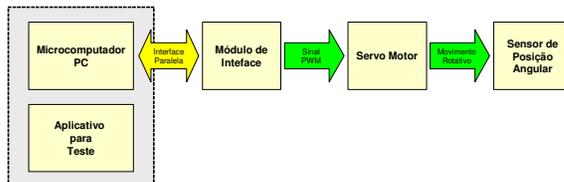


Figura 5. Diagrama de blocos da bancada de testes.

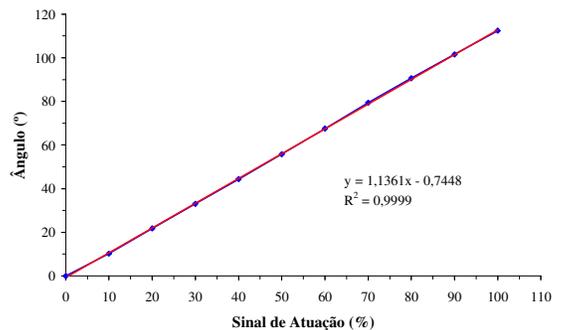


Figura 6. Comportamento estático do ângulo do servo-motor em função do sinal de atuação.

Inicialmente realizou-se a calibração estática do equipamento. Para a medição do ângulo de giro do servo-motor, acoplou-se ao seu eixo um potenciômetro de precisão utilizado como sensor de posição angular. Por meio do aplicativo de testes aplicaram-se três repetições de 10 níveis distintos para o sinal de atuação de 0 a 100%, com incrementos e decrementos de 10% e mediu-se a correspondente posição angular do eixo do servo-motor. Para se identificar o comportamento dinâmico do servo-motor foram aplicados sinais de teste do tipo degrau, de diferentes amplitudes, registrando-se o comportamento da posição do eixo do servo-motor em função do tempo. Para a coleta e armazenamento dos dados, utilizou-se o cartão de aquisição, modelo DAQCard 1200 e desenvolveu-se um aplicativo para visualização e registro dos sinais em ambiente LabVIEW.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** O resultado obtido pelo teste estático está apresentado na Figura 6. Nota-se que a relação entre o sinal de atuação e o ângulo do eixo do servo-motor pode ser considerada linear e pode, ainda, ser representada pela equação mostrada naquela figura. Na Figura 7 pode-se observar o comportamento dinâmico da posição angular do servo-motor em função de um sinal de atuação do tipo degrau, com amplitude variando de 0 a 100% e posteriormente retornando ao nível

inicial0. Visualiza-se ainda o instante em que foi alterado o sinal de atuação, identificado pelo sinal de sincronismo. Nota-se que há um atraso no posicionamento do eixo para um sinal variando de 0 a 100%. Nota-se, ainda, que não há oscilações no eixo do servo-motor ou mesmo, erro em regime. Isto se deve ao fato de o servo-motor possuir um sistema de controle eletrônico interno.

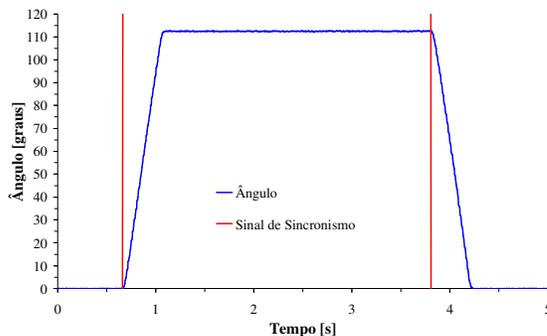


Figura 7. Comportamento dinâmico do ângulo do servo-motor em função do sinal de atuação tipo degrau.

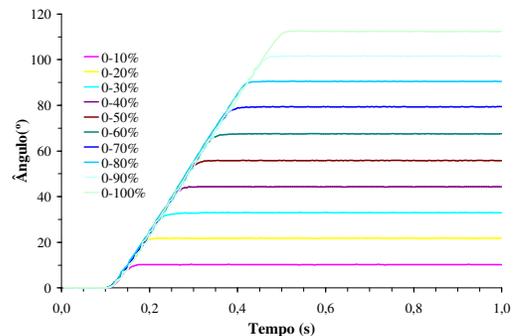


Figura 8. Posição angular do servo-motor para os sinais de atuação de 10 a 100%, com incrementos de 10%.

Na Figura 8 podem-se observar os resultados dos testes para identificação do comportamento dinâmico, onde são exibidos, simultaneamente, os resultados das posições angulares do servo-motor para os sinais de atuação de 10 a 100%, com incrementos de 10%. Nota-se que o servo-motor tem uma velocidade angular praticamente constante na mudança de uma posição angular para outra, fato que pode ser identificado pelo comportamento linear da posição angular em função do tempo. Nota-se também que a velocidade angular independe da amplitude da variação do incremento do sinal de atuação. A partir dos resultados experimentais obteve-se a velocidade angular média no sentido horário de  $300,0^\circ/\text{s}$  e para o sentido anti-horário a velocidade angular média foi de  $304,4^\circ/\text{s}$ . A máxima excursão angular obtida para o servo-motor foi de  $112,9^\circ$ , para um sinal de atuação de 100%. A partir das velocidades angulares pôde-se calcular o tempo necessário para se realizar uma excursão máxima, obtendo-se  $0,38\text{s}$  para o giro completo no sentido horário e  $0,37\text{s}$  para o giro completo no sentido anti-horário.

**CONCLUSÃO:** Os resultados das avaliações realizadas demonstraram que o MDI em conjunto com o servo-motor apresentou desempenhos estático e dinâmico adequados para o sistema de aplicação localizada de insumos líquidos. Os testes também demonstraram que o comportamento dos circuitos geradores de sinais de acionamento dos servos-motores é estável e possibilita um controle preciso do ângulo de sua abertura.

**AGRADECIMENTOS:** À FAPESP pelo apoio financeiro e ao Laboratório de Instrumentação e Controle – FEAGRI/UNICAMP pela cessão de sua infra-estrutura para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JOHANN, A. L.; RUSSO, E.; CAPPELLI, N. L.; UMEZU, C. K.. Desenvolvimento e avaliação de uma servo-válvula de baixo custo para a aplicação de insumos líquidos. In CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro. **Anais eletrônicos...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola – SBEA, 2004. 1 CD-ROM.

MALAVOLTA, E. Situação da Adubação Fluída no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUÍDOS, 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 1994, p. 31-54.