

ANÁLISE DE INSTRUMENTAÇÃO PARA UM PULVERIZADOR A TAXA VARIADA

Palavras-Chave: Taxa variada, Instrumentação, pulverização.

Autores(as):

Raphael Augusto Couto Boava, UNICAMP - FEAGRI

Livre Docente. Dr. Angel Pontin Garcia (orientador), UNICAMP - FEAGRI

Ivan Camilo Arbelaez Ruiz (co-orientador), UNICAMP - FEAGRI

INTRODUÇÃO:

No sistema de produção agrícola a aplicação de agroquímicos é de grande importância para o controle de pragas e doenças, esta permite diminuir as perdas da produção e melhorar o rendimento. Desafortunadamente a maior parte dos produtores implementam metodologias tradicionais de pulverização de defensivos agrícolas, onde a aplicação não é controlada, podendo ocasionar uma sobredosagem destes produtos durante a operação (MICHAEL *et al.*, 2020), o que reflete em problemas de saúde nos consumidores, contaminações ambientais e perdas do insumo (WARNEKE *et al.*, 2021), levando a um maior custo no cultivo. Em culturas perenes de porte vertical, a grande variabilidade nos dosséis implica no desperdício de insumos (CHERALET *et al.*, 2021), pois o volume de produto a ser aplicado é calculado a partir da área cultivada (PERGHER e PETRIS, 2008), além de que este é distribuído uniformemente na lavoura, até nos espaços vazios entre plantas, e sem levar em conta as variações no tamanho dos alvos. Como solução para este problema foram desenvolvidas metodologias de pulverização que ajustam o volume de produto a ser aplicado com base nas características morfológicas do dossel a frente do equipamento, ajustando o volume de produto aplicado proporcionalmente ao tamanho do alvo e distinguindo os espaços vazios entre plantas. O presente trabalho tem como objetivo descrever a montagem do sistema hidráulico e revisar a instrumentação envolvida, o que permitiu obter dados experimentais que facilitaram o desenvolvimento de um modelo dinâmico do sistema, onde, a partir do mesmo, foi possível criar e avaliar distintas estratégias de controle da taxa de aplicação.

METODOLOGIA:

O desenvolvimento da seguinte pesquisa foi realizado no Laboratório de Instrumentação e Controle (LIC), localizado na Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da UNICAMP, com coordenadas geográficas de 22°49'7"S e 47°3'36"O. O aparato experimental foi construído em uma caixa de solo de 12 m de comprimento, este

foi formado por placas de plástico distribuídas de forma aleatória, visando simular o volume foliar do dossel. (Figura 1-3).



Figura 1-3 – Chassi do pulverizador e placas de plástico para simular o volume foliar da aplicação – fonte: De autoria própria.

Para a montagem do sistema hidráulico foi utilizado o diagrama demonstrado pela Figura 4. Este contava com uma bomba (SFDP2-014-100-22), um fluxômetro (YF-S401, SEA), uma válvula (8388001, GEOLINE) para controlar a passagem da água para os bicos de pulverização (JSF 11001 Laranja, JACTO) ou o retorno ao reservatório. O controle da montagem foi feito a partir de uma placa controladora (MyRIO-1900, National Instruments).

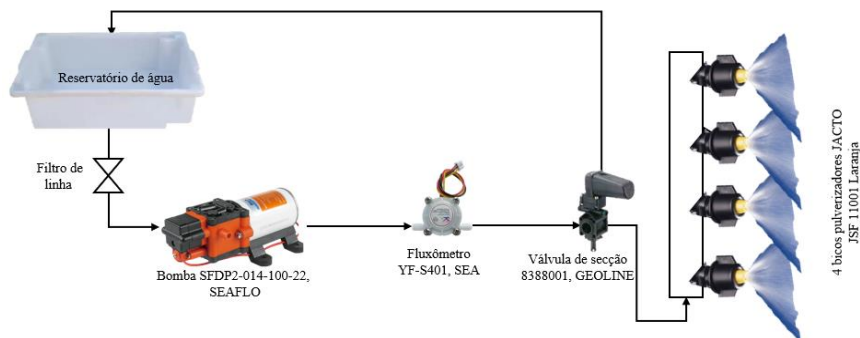


Figura 4 – Diagrama da montagem do sistema hidráulico e sensor ultrassônico instalado no pulverizador – fonte: De autoria própria.

A fim de definir corretamente a vazão nos bicos do sistema, foram realizadas as medições para obtenção das curvas da bomba e do fluxômetro. Para a curva da bomba foi utilizada uma fonte de alimentação (PS-1001, ICEL), onde variou-se a tensão de entrada no equipamento de dois em dois volts medindo a resposta da vazão fornecida pela bomba. A tensão avaliada foi variada entre os valores de 8 a 24 volts (faixa de operação do equipamento), sendo que, em cada voltagem, foram feitas cinco medidas da massa de água expelida pela bomba durante um período de cinco segundos para se obter a vazão. Para obter a massa de água expelida no intervalo de tempo determinado foi utilizada uma balança de precisão (ARC120, OHAUS CORPORATION).

Para a curva do fluxômetro foi alterada a tensão de alimentação da bomba oito vezes, a partir de variações no ciclo de trabalho do sinal PWM que ajustava a velocidade de operação do motor da bomba. Para isto se trabalhou com um driver baseado no circuito integrado LN298, já a programação da placa controladora foi feita no software LabVIEW, versão 2017 myRIO (National Instruments), onde, para cada

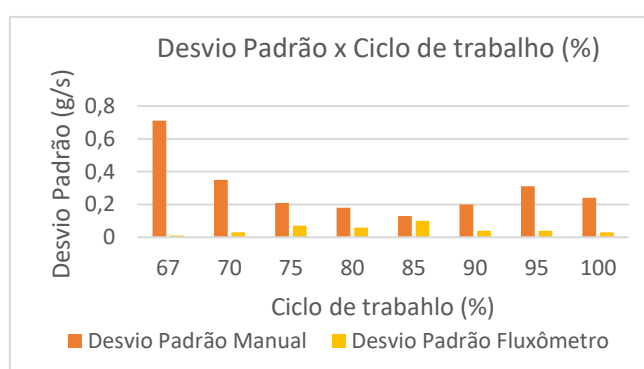
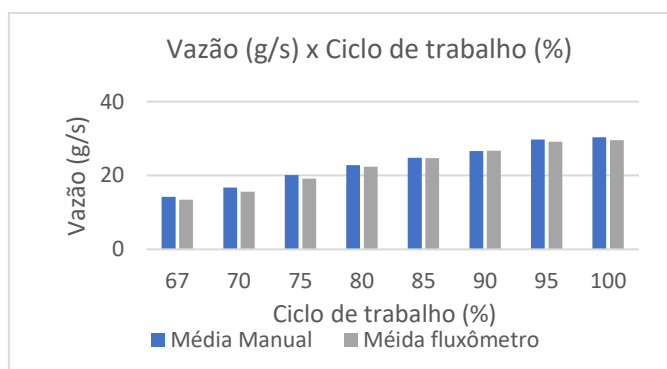
ciclo de trabalho avaliado, se fez a pesagem da massa de água expelida pelos bicos em um intervalo de tempo de 8 segundos, realizando cinco repetições dessa metodologia, isto permitiu comparar as estimativas de vazão e volume obtidas com o fluxômetro e os valores medidos de forma manual. Foi realizado o terceiro teste, onde foram feitas 9 mudanças aleatórias no ciclo de trabalho a intervalos de 10 segundos e armazenando as estimativas de vazão a uma frequência de amostragem de, aproximadamente 125 Hz o que implica em uma amostra a cada 0,008 segundos. Foram gerados 3 sets de dados, sendo 2 utilizados para gerar o modelo, já o terceiro foi usado como validação, isto se fez no System Identification Toolbox do software MATLAB (MathWorks), onde se achou a função de transferência que permitisse ter a maior porcentagem de ajuste para os dados de validação, posteriormente esta função foi levada para o simulink onde se criou o modelo do sistema, este permitiu desenvolver e avaliar distintas estratégias de controle.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A comparação entre os dados gerados pelo fluxômetro e enviados para a placa controladora com os dados da medição feita manualmente, demonstra uma baixa discrepância dos valores da média das medições, como podemos ver no gráfico 2, tendo a máxima variação igual a 6,70% e a variação média igual a 2,98% (Tabela 1). Observando o desvio padrão das medidas (digitais e manuais) observa-se a grande precisão dos dados do fluxômetro pelo baixo desvio apresentado, o que no manual acaba sendo maior por conta das maiores incertezas presentes na medição (gráfico 3), como a secagem correta do recipiente, perda de massa pela deriva das gotas e pelas gotas retidas na tampa do recipiente.

Variação do ciclo de trabalho (%)	Medição manual		Dados fluxômetro		VF (%)
	Média	DP	Média	DP	
67	14,22	0,71	13,48	0,01	5,21
70	16,70	0,35	15,58	0,03	6,70
75	20,13	0,21	19,19	0,07	4,65
80	22,80	0,18	22,35	0,06	1,95
85	24,83	0,13	24,71	0,10	0,47
90	26,64	0,20	26,71	0,04	0,28
95	29,75	0,31	29,17	0,04	1,94
100	30,38	0,24	29,57	0,03	2,66

Tabela 1 - Valores de vazão comparados entre os dados gerados manualmente com os dados gerados pelo fluxômetro.



Gráficos 2-3: Comparação entre os valores das medidas manuais de vazão com os dados gerados pelo fluxômetro.

Com os dados obtidos foi possível realizar uma análise da variação dos valores de vazão em função da alteração do ciclo de trabalho, a qual se aproxima muito de um valor linear, como representado pelo gráfico 4, e apresenta baixa dispersão dos valores ($R^2 = 0,971$), facilitando a compreensão do comportamento da vazão com a variação deste parâmetro, o que auxilia na projeção da quantidade de agroquímico a ser utilizado, gerando assim um cálculo mais preciso voltado para a economia do processo de pulverização.

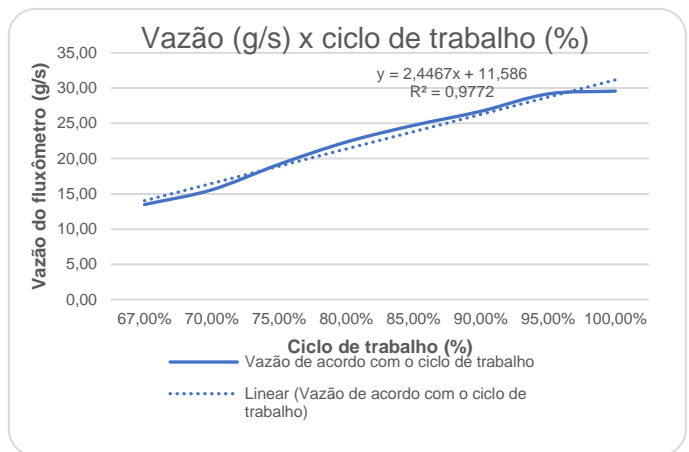


Gráfico 4 - Curva de vazão do sistema a partir dos dados do fluxômetro com a variação do ciclo de trabalho.

Para a análise do comportamento dinâmico da vazão com a alteração do ciclo de trabalho foram gerados os gráficos 5 e 6 a partir do experimento realizado, onde temos o ciclo de trabalho como a entrada do sistema e a vazão como a resposta gerada a partir desta entrada, sendo possível

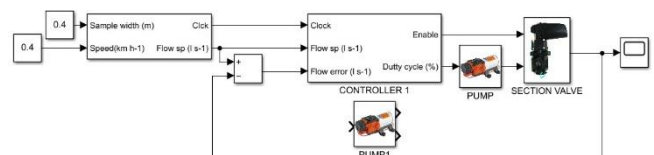
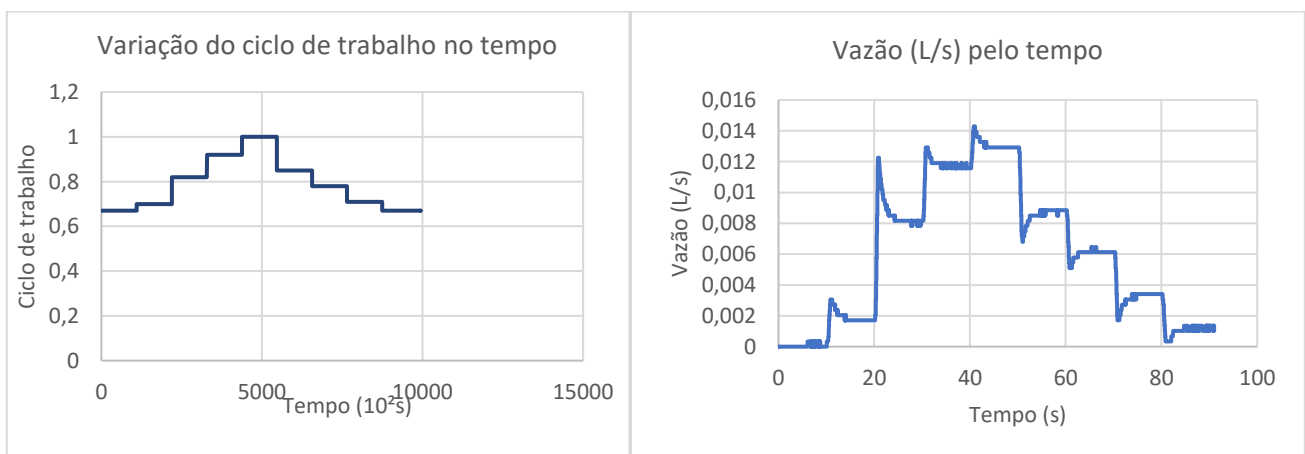
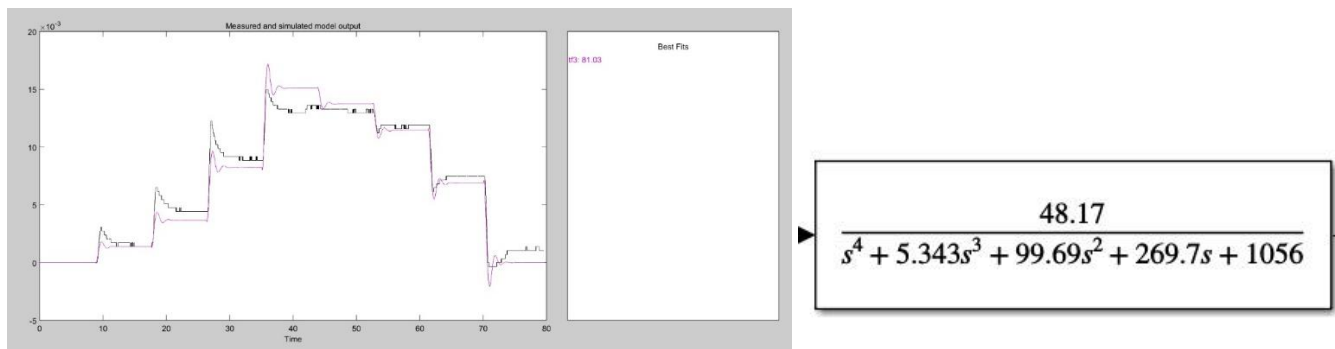


Figura 6 – Diagrama da simulação do sistema hidráulico feito no Simulink. – fonte: De autoria própria.

observar a existência de picos da vazão durante esta alteração. A fim de descrever este comportamento de forma precisa foi feita uma função de transferência com 4 polos utilizando o MATLAB (gráfico 7). Com a função definida foi possível realizar uma simulação do sistema utilizando o Simulink, aplicativo presente dentro do MATLAB para simulação de sistemas, como demonstrado pela figura 6, sendo possível simular a aplicação do agroquímico respeitando a necessidade de vazão no dossel.



Gráficos 5-6: Gráficos demonstrando a variação do ciclo de trabalho e da vazão durante o período de 90 segundos do experimento.



Figuras 7-8: Gráfico demonstrando em roxo o comportamento gráfico da função de transferência em relação a curva base da resposta de vazão (em preto) e a função de transferência calculada a partir da resposta da vazão, respectivamente.

CONCLUSÕES:

A partir dos experimentos realizados foi possível aferir e calibrar os equipamentos de forma precisa, utilizando os dados obtidos com as medições como comprovação dos valores gerados pelos instrumentos. Portanto, tem como resultados dessa pesquisa a alta confiabilidade no fluxômetro utilizado, sendo os valores da vazão fornecidos para a placa muito próximos dos valores reais obtidos no experimento, e a escolha pelo encoder digital, por apresentar menor ruído dos dados, evitando problemas na obtenção da velocidade, medida fundamental para a modelagem do sistema. Além disso foi possível gerar um modelo fiel com os resultados obtidos pelo experimento, algo que facilita na compreensão do comportamento da vazão durante a aplicação do agroquímico, gerando um menor desperdício e produções mais sustentáveis para seus consumidores, além da economia na aplicação.

BIBLIOGRAFIA

- MICHAEL, C.; GIL, E.; GALLART, M.; STAVRINIDES, M. C. Influence of spray technology and application rate on leaf deposit and ground losses in mountain viticulture. **Agriculture**, v.10, n.12, p.1-18, 2020.
- WARNEKE, B. W.; ZHU, H.; PSCHEIDT, J. W.; NACKLEY, L. L. Canopy spray application technology in specialty crops: a slowly evolving landscape. **Pest Management Science**, v.77, n.5, p.2157-2164, 2021.
- CHERAIET, A.; NAUD, O.; CARRA, M.; CODIS, S.; LEBEAU, F.; TAYLOR, J. Predicting the site-specific distribution of agrochemical spray deposition in vineyards at multiple phenological stages using 2D LiDAR-based primary canopy attributes. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.189, p.1-10, 2021.
- PERGHER, G.; PETRIS, R. Pesticide dose adjustment in vineyard spraying and potential for dose reduction. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal**, v.X, p.1-9, 2008.