

CONTROLE DE PONTO DE OPERAÇÃO DE CONJUNTO MOTOBOMBA A PARTIR DE MICROCONTROLADORES

ANGELO TIAGO AZEVEDO¹, MARINALDO FERREIRA PINTO², MARCUS
VINÍCIUS MORAIS DA OLIVEIRA²

¹ Eng^o Agrícola e Ambiental, Mestrando Engenharia de Sistemas Agrícolas (Engenharia de Água e Solo), ESALQ – USP/ Piracicaba - SP, (19) 3447-6021, azevedo_angelo@usp.br

² Eng^o Agrícola, Professor Adjunto, Departamento de Engenharia, IT – UFRRJ, Seropédica – RJ.

³ Eng^o Agrícola e Ambiental, Professor Adjunto, Departamento de Engenharia, IT – UFRRJ, Seropédica – RJ.

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: Atualmente sistemas de irrigação são implantados em diversas glebas dentro de uma mesma área agricultável, porém a heterogeneidade do ambiente exige dos sistemas de irrigação diferentes pontos de operação. Visando este controle se construiu um equipamento capaz de variar a potência média de alimentação de conjuntos motobombas, regulando assim seu ponto de operação, tendo como princípio de funcionamento a variação do ângulo de disparo de um TRIAC (*Triode for Alternating Current*). O equipamento desenvolvido tem como centro de processamento um Arduino Nano, programado para realizar cortes de até 90% da senoidal de alimentação, recebendo comandos remotos de um *smartphone* ou um computador através do protocolo *bluetooth*, anteriormente habilitados. Para avaliação do desempenho do equipamento, realizou-se ensaios de um conjunto motobomba de 1 cv, variando-se a potência hidráulica de 10 a 350 W, obtendo assim um faixa de operação que variou de 5 a 28 mca de altura manométrica e potência ativa variando de 180 a 780 W, para a vazão fixa de 3 m³ h⁻¹. Deste modo os resultados obtidos confirmam a eficácia do equipamento desenvolvido, demonstrando sua capacidade em variar o ponto de operação do conjunto motobomba utilizado.
PALAVRAS-CHAVE: Instrumentação, irrigação, sistema de controle.

CONTROL OF OPERATING POINT OF MOTOBOMBA ASSEMBLY FROM MICROCONTROLLERS

ABSTRACT: Currently irrigation systems are implanted in several areas within the same agricultural area, but the heterogeneity of the environment requires different irrigation systems operating points. Aiming at this control, an equipment capable of varying the average power of motor pump sets was set up, thus regulating its operating point, having as its operating principle the variation of the trip angle of a TRIAC (*Triode for Alternating Current*). The developed equipment has as its processing center an Arduino Nano, programmed to perform cuts of up to 90% of the sinusoidal feed, receiving remote commands from a smartphone or a computer through the bluetooth protocol, previously enabled. In order to evaluate the performance of the equipment, tests were carried out on a 1 hp motor pump assembly, varying the hydraulic power from 10 to 350 W, thus obtaining an operating range ranging from 5 to 28 mca of head and active power ranging from 180 to 780 W, for the fixed flow of 3 m³ h⁻¹. In this way the results obtained confirm the effectiveness of the developed equipment, demonstrating its ability to vary the operating point of the used motor pump assembly.

KEYWORDS: Instrumentation, irrigation, control system.

INTRODUÇÃO: A irrigação é uma atividade consagrada dentro da agricultura, onde, desde os primórdios o homem desviava córregos com intuito de fornecer este recurso a suas lavouras (TESTEZLAF, 2017), possibilitando assim a expansão e fixação da humanidade por todo o globo. Atualmente o Brasil conta com uma área de 8 milhões de ha irrigados, sendo aproximadamente 80% irrigado através de métodos pressurizados, o que representa 46,1% da água captada no país (ANA, 2017). A maior parte destes sistemas, utiliza conjuntos motobombas baseados em motores elétricos, que possibilitam o recalque da água em atendimento as demandas das unidades operacionais que diferem entre si devido a variabilidade do ambiente agrícola e a topografia local. Esta demanda variável de potência requer um controle do ponto de operação do conjunto motobomba (AZEVEDO NETO, 1998), a fim de evitar gastos energéticos ou captação desnecessária de recurso hídrico, cada vez mais escasso. Visando uma alternativa de controle do ponto de operação, construiu-se um equipamento capaz de variar a potência média de alimentação dos conjuntos, através da variação do ângulo de disparo de um TRIAC, o equipamento permite ainda que sejam enviados comandos externos por meio de um de um *smartphone*, previamente conectado por meio de conexão *bluetooth*.

MATERIAL E MÉTODOS: Para o desenvolvimento deste projeto, construiu-se uma placa de circuito impresso (PCI) previamente modelada no *software* KiCad e construída a partir das técnicas básicas para confecção de PCI. Com intuito de otimizar seu controle posteriormente foi adicionado um módulo *bluetooth* HM10 que permite seu controle de forma remota por um *smartphone*. O software embarcado foi desenvolvido dentro da plataforma Arduino IDE, através da linguagem C++, baseado na função “AttachInterrupt” em sua configuração *Rising*. O princípio de funcionamento consiste na identificação do ponto onde a senoidal inverte a magnitude de seu sinal conhecido como *zero cross* (que em nosso caso ocorre 60 vezes por segundo), realizado pelo H11A1, após este fato o processador realiza um intervalo e posteriormente o acionamento do TRIAC, intervalo este relacionado com a redução da potência média de alimentação que fora pré-definido em 7 distintas faixas de funcionamento, que podem ser escolhidas através do envio de um comando pelo *smartphone*.

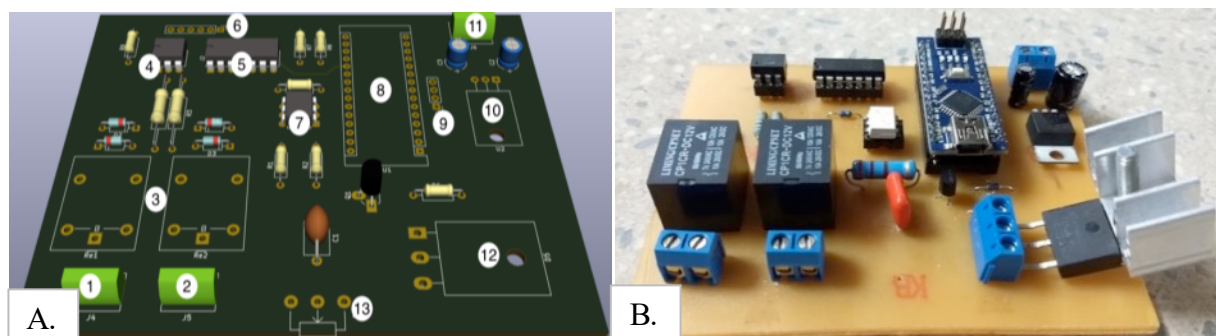


FIGURA 1. A – Circuito eletrônico modelado. B – Placa construída. 1 – Alimentação AC; 2 – Saída AC regulada; 3 – Relé de controle; 4 – H11A1; 5 – CD4093; 6 – Conexão módulo *bluetooth*; 7 – MOC3020; 8 – Arduino Nano; 9 – Conexão display LCD; 10 – Regulador tensão DC; 11 – Alimentação DC; 12 – TRIAC; 13 – Potênciometro.

A fim de avaliar o desempenho do equipamento, foi realizada a análise da senoidal de saída através de um osciloscópio, somente em 5 faixas, com posterior teste de uma motobomba centrífuga de 1 cv em uma bancada para avaliação de curvas características com todas as 7 faixas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Por meio do corte de senoidal foi possível realizar a variação da tensão média de alimentação, como evidenciado no osciloscópio (Figura 1), onde

se observa a interrupção da condução de energia por um certo intervalo, com posterior condução, não afetando a arquitetura da onda ou a amplitude da onda em cortes inferiores a 50%.

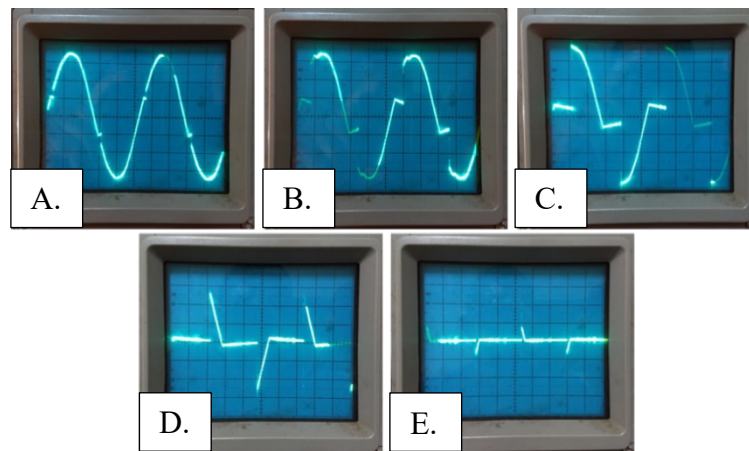


FIGURA 2. Senoidal da tensão controlada, após os cortes realizados pelo controlador de potência: A. 0%; B. 20%; C. 50%; D. 75%; E. 90%, da tensão da rede de alimentação.

Pode-se observar ainda com os cortes, que com a vazão fixa em $3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ obteve-se uma variação de pressão de 5 a 28 mca, como é apresentado na Figura 3-A, onde ainda se observa que o comportamento das curvas com potência regulada se assemelha ao comportamento da curva original.

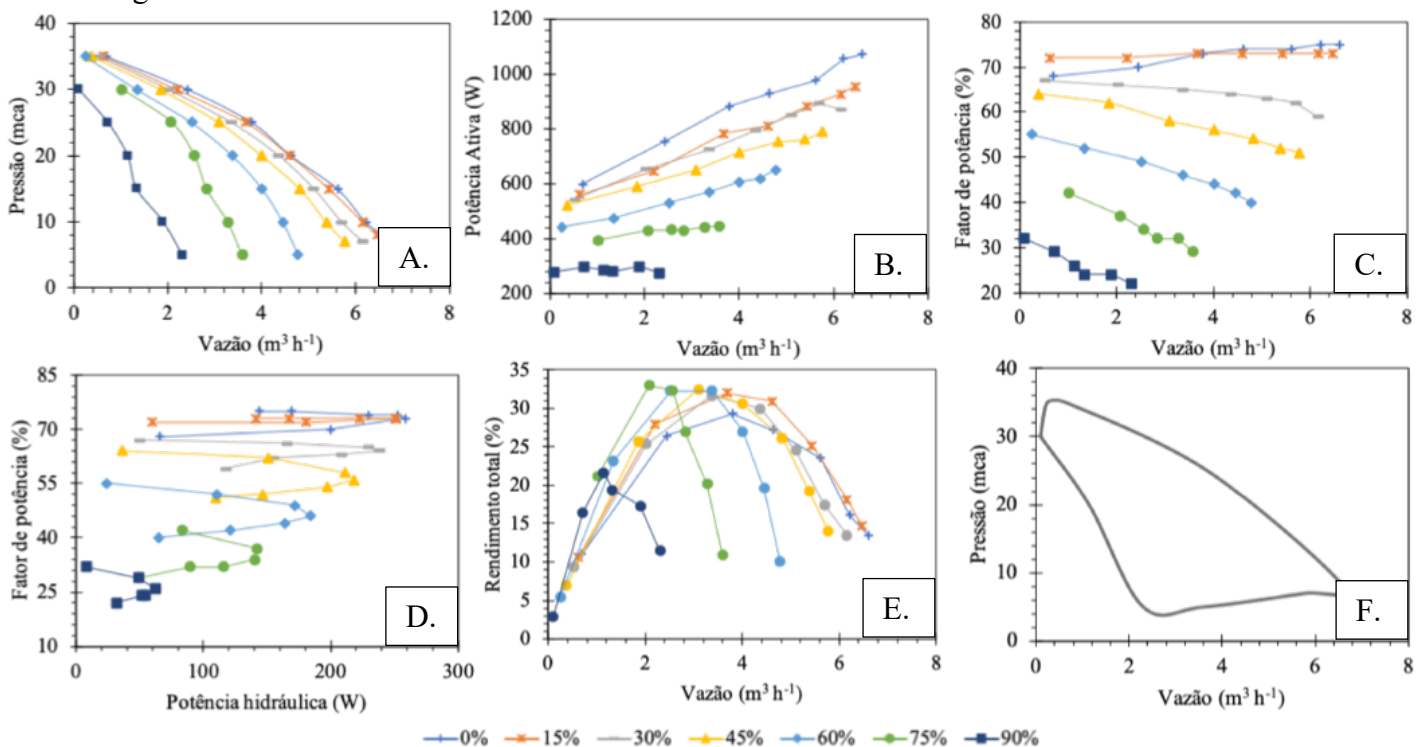


FIGURA 3. A – Curvas características; B – Curvas de potência ativa com vazão; C – Curvas de fator de potência e vazão; D – Curvas de fator de potência e potência hidráulica; E – Curvas de rendimento total e vazão; F – Área de atuação do conjunto. Onde a legenda apresenta a intensidade dos cortes realizados, variando de 0 a 90%.

Na Figura 3-B observou-se a redução da potência ativa em função dos cortes, evidenciando assim uma redução no consumo de energia, entretanto percebe-se também que existe uma tendência de redução do fator de potência com o aumento dos cortes, expondo assim uma baixa eficiência no uso da energia (Figura 3-C).

É apresentado na Figura 3-D uma relação proporcional entre o fator de potência e a potência hidráulica, onde baixas potências hidráulicas apresentam um baixo consumo de energia, porém essa energia não é utilizada de forma eficiente, todavia com cortes inferiores a 75% (Figura 3-F) não se nota relevantes perdas de rendimento do conjunto, obtendo valores muito próximos a curva original e ainda em alguns casos superiores.

Destaca-se ainda, que embora durante os ensaios foram testadas somente 7 faixas de funcionamento, o equipamento criado é capaz de variar o funcionamento com cortes que vão de 0 a 100% da senoidal, ou seja, o conjunto ensaiado agora apresenta não mais uma curva característica, e sim uma área útil de funcionamento (Figura 3-F), onde qualquer combinação de pressão x vazão dentro desta pode ser obtido a partir do controle de potência. Ressalta-se ainda que a utilização deste equipamento permite que outras técnicas sejam utilizadas, como é o caso da rampa de acionamento, que visa fazer o conjunto motobomba romper a inércia de forma lenta evitando um elevado impacto no motor elétrico e ainda um pico de consumo de corrente, que ocorre na partida.

CONCLUSÕES:

A variação da potência média de alimentação foi controlada com êxito pelo equipamento, assim como o ponto de operação do conjunto motobomba, apresentado uma redução no consumo de energia e ainda um aumento de vida útil, devido a redução de utilização do mesmo em condições extremas, comprovando assim a eficiência do controlador em atuar recebendo comandos remotos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS: Constatou-se durante os testes, que em baixas rotações por elevados períodos de tempo, pode haver um superaquecimento do motor devido a redução da velocidade de rotação do seu ventilador responsável pela refrigeração, entretanto como o motor contava com um sistema de segurança com um relé térmico não foram gerados grandes impactos no conjunto, sendo recomendado porém, que haja o cuidado com sistema de segurança do motor e ainda que faça uso do equipamento com cortes inferiores a 80%, evitando assim o transtorno durante o funcionamento.

REFERÊNCIAS:

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas da Irrigação** – Uso da água na agricultura irrigada. Brasília. 2017, p. 23 – 77.
- AZEVEDO NETO, J. M.; FERNANDEZ, M. F.; ARAUJO, R.; ITO, A. E. **Manual de Hidráulica**. 8ª edição. Vol. Único. São Paulo, SP: Edigard Blucher Ltda, 1998. 669 p.
- TESTEZLAF, R. **Irrigação: Métodos, sistemas e aplicações**. Campinas, São Paulo: FEAGRI – UNICAMP, E-book, 2017. 215p.