

PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO PARA SISTEMA DE BOMBEAMENTO PARA IRRIGAÇÃO DE LAVOURAS DE ARROZ

Pedro Portugal Rechsteiner
ELT 554 – Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento de Engenharia Elétrica - Universidade Federal de Viçosa
36570-900 – Viçosa/MG – Brasil
E-mail: pedrorechs@yahoo.com.br

RESUMO – O arroz é um dos alimentos mais importantes para a nutrição humana, apresentando um papel socioeconômico de destaque no estado do Rio Grande do Sul. Entretanto os equipamentos e instalações de irrigação de lavouras ainda se caracterizam por condições precárias, baixo rendimento energético e alta dependência da intervenção humana. Este trabalho apresenta uma proposta de automatização do processo de bombeamento para irrigação de lavouras de arroz, incluindo sistema supervisão desenvolvido no software Elipse SCADA. Tal sistema otimiza o funcionamento da estação de bombeamento, permitindo monitorar as variações de nível do canal, diminuindo a dependência humana e contribuindo para o uso racional dos recursos naturais.

1. INTRODUÇÃO

O arroz é um dos alimentos mais importantes para a nutrição humana, sendo a base alimentar de mais de três bilhões de pessoas. [1]. No Brasil, o estado em posição de maior destaque na produção desse grão é o Rio Grande do Sul, sendo responsável por 70% do total produzido no país. Além da evidente importância econômica para o estado, a cultura do arroz apresenta um forte aspecto social, uma vez que pode ser cultivado tanto em áreas pequenas quanto grandes tornando assim uma alternativa para geração de renda e de empregos para a agricultura familiar e empresarial.

Dentre as diferentes etapas que compõem o processo de cultivo de arroz, o manejo da água é uma das principais, visto que a produtividade depende de fatores como (a) a rapidez com que toda a área de lavoura é irrigada, (b) volume utilizado durante o ciclo produtivo e (c) entrada de água no momento certo [2]. Além disso, a fase de irrigação da lavoura representa ser a mais extensa do processo geral do plantio, com elevado consumo de energia, necessária manutenção permanente de equipamentos e, ainda, emprego de mão-de-obra em maior escala [3]. Combinado a isso, o fato dos equipamentos e instalações de irrigações apresentarem usualmente condições precárias e baixo rendimento, a

etapa teria muito a se beneficiar do desenvolvimento de um sistema de controle e supervisão da irrigação, com enfoque na instrumentação e automação.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como finalidade o desenvolvimento de uma proposta de sistema automatizado para controle de nível de canal de irrigação de lavouras de arroz, em propriedade localizada no Rio Grande do Sul, visando um uso mais eficiente da estação de bombeamento e, conseqüentemente, menores custos operacionais – sem comprometer a produtividade.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. DESCRIÇÃO DO LOCAL E DAS INSTALAÇÕES ATUAIS

Este trabalho foi desenvolvido a partir de informações coletadas em uma propriedade rural localizada em Pelotas (RS), onde o cultivo de arroz ocorre através do sistema de inundação. Tal método caracteriza-se pela divisão da área para cultivo em quadrantes, nos quais são construídas represas de terra (taipas) de modo a manter uma lâmina de água constante, conforme a necessidade do cultivo.

A fonte principal de água para irrigação é um açude localizado no interior da propriedade. A captação da água ocorre através de uma estação de bombeamento (Figura 1) que alimenta um canal principal, interligado a vários canais secundários.



Figura 1 – Estação de bombeamento

A estação de bombeamento consiste em uma bomba centrífuga (vazão de 5580 m³/h) acoplada a um motor elétrico trifásico de 125 CV.

Durante a fase de irrigação da lavoura, o sistema opera 24 horas por dia, exceto na ocorrência de chuvas intensas. O controle do sistema depende de monitoramento periódico por operador, que avalia o funcionamento do conjunto motor/bomba e verifica a altura da lâmina de água do canal. Atualmente tudo é totalmente manual.

3.2. DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E SISTEMA DE COMUNICAÇÃO PROPOSTO

O projeto de automatização consiste no emprego de uma série de equipamentos e dispositivos de funções distintas, mas que ao serem colocados para trabalhar em conjunto permitem a execução de uma tarefa de maior complexidade. Tais equipamentos são listados a seguir:

- **Sensor de nível *Eicos LA12N-40*:** Monitora o nível no ponto de instalação, através do movimento de um flutuador magnético que abre/fecha um contato elétrico. Para cada nível a ser monitorado, é necessário a instalação de um sensor no ponto desejado.
- **Inversor de frequência *WEG CFW09*:** Dispositivo eletrônico capaz de controlar a velocidade de rotação do motor elétrico através da manipulação da frequência elétrica de entrada, a partir de um comando do controlador via canais de 4-20mA.
- **Controlador Lógico Programável *WEG CLW-02 20 HR-D*:** Dispositivo eletrônico-digital que executa funções específicas através de um programa desenvolvido pelo usuário.
- **Bloco de expansão *WEG 8ER-D*:** Dispositivo a ser acoplado ao controlador lógico programável para permitir o uso de saídas digitais.
- **Sistema de Controle Supervisório e Aquisição de Dados:** engloba as instalações e equipamentos

que permitem controlar e supervisionar os processos envolvidos através da medição, controle e comunicação, implementadas em elementos de hardware e software [4]. A atuação conjunta de tais elementos forma a inteligência do processo. Desenvolvido através do *software* Elipse SCADA®.

- **Instalações complementares:** Os sensores necessitam de estrutura de suporte em PVC, bem como de dispositivo “quebra onda” para evitar acionamento involuntário por perturbações indesejadas no nível d’água.

Quanto à estratégia de comunicação, o sistema proposto opera em quatro níveis, sendo que o CLP (Controlador Lógico Programável) atua como o seu elemento central. No primeiro nível encontra-se a comunicação cabeada entre os sensores de nível com o CLP. O segundo nível engloba a comunicação cabeada entre o CLP e o inversor de frequência (e, conseqüentemente, o conjunto motor-bomba). A partir dos sinais dos sensores de nível, o controlador implementa as instruções pré-programadas pelo usuário. No terceiro nível está a comunicação entre o controlador e o sistema supervisório. O quarto nível consiste na comunicação entre o usuário e o sistema de supervisão, por onde o mesmo é capaz de monitorar o processo e interferir no funcionamento do sistema.

3.3. DESCRIÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO

A ideia fundamental por trás do sistema proposto consiste em manipular a velocidade de rotação do motor de acionamento da bomba – e conseqüentemente a vazão da bomba – de acordo com o nível de água no canal. A velocidade de rotação de um motor de indução é proporcional a frequência da rede elétrica na qual o mesmo está instalado. Assim, utilizando um inversor eletrônico é possível alterar a frequência de alimentação do motor e conseqüentemente sua velocidade de rotação. Foram estabelecidos dois valores de frequência de acionamento do motor: f_M , que corresponde ao acionamento pleno (60Hz), e f_R , para acionamento com frequência reduzida (30Hz). A comunicação entre o controlador e o inversor é essencial para o correto funcionamento da operação.

O controle do nível do canal será realizado através da instalação de três sensores de nível em três alturas de controle: baixo (H_{inf}), referência (H_{ref}) e alto (H_{sup}). Para isso, será necessário construir estrutura de suporte em pvc com barreira quebra onda para evitar interferências provocadas por perturbações bruscas na superfície da água e conseqüente acionamento involuntário do sensor. A posição exata dos sensores deverá ser testada na prática levando em consideração as peculiaridades do local.

Dessa forma, caso o canal esteja seco ou com nível baixo, a bomba é acionada com sua capacidade

nominal. Conforme o nível aumenta e estabiliza-se, a vazão pode ser reduzida sem prejudicar o processo, gerando uma economia energética. Em caso de diminuição da demanda de irrigação e/ou ocorrência de chuva intensa, o sistema desliga o conjunto motor-bomba, caso o nível do canal atinja a altura elevada pré-determinada.

Assim, a estratégia de controle (Figura 2a) consiste basicamente nos seguintes itens:

- Se a altura da coluna de água no canal for inferior a H_{inf} , o motor é acionado com frequência máxima (f_M). Supõe-se que esse cenário ocorre no primeiro abastecimento do canal, ou quando decide-se irrigar várias áreas simultaneamente, ao longo de uma vasta extensão.
- Na condição de que o motor está operando com f_M , a frequência sofre redução para f_R quando a altura da coluna de água no canal atingir H_{ref} .
- Na condição de que o motor está operando com f_R , o mesmo é desligado assim que o nível d'água atingir o valor de referência superior (H_{sup}).
- Na condição de que o motor está desligado, o mesmo é ligado novamente – operando com f_R , assim que o nível d'água no canal tornar-se inferior ao valor de referência (H_{ref}).

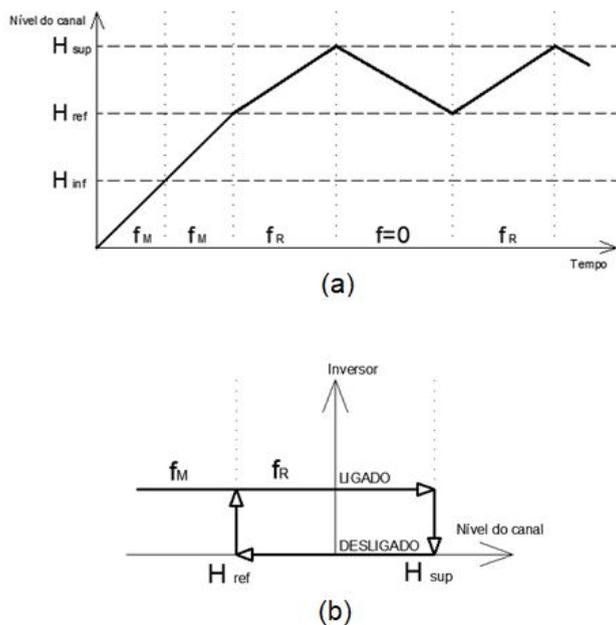


Figura 2 – Estratégia de acionamento do conjunto motor/bomba

Na Figura 2b fica evidente a criação de um laço de histerese para evitar que motor fique ligado e desligando em um curto espaço de tempo.

Através do sistema supervisório, o usuário conseguirá acompanhar o funcionamento do sistema e assumir o controle do processo se necessário. Para isso, será programado dois modos de funcionamento. Quando em modo “Automático”, o estado dos sensores de nível ditarão como o motor operará. Quando em modo

“Manual”, o motor liga a partir de um comando enviado pelo usuário via sistema supervisório. Através do supervisório, o usuário poderá também regular a velocidade de giro do motor conforme o desejado.

3.4. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE SUPERVISÓRIO

O sistema supervisório foi desenvolvido utilizando o *software* Elipse SCADA e contemplou os seguintes estágios:

i. Entendimento do processo: consiste no bombeamento de água de um açude para um canal de irrigação principal, que por sua vez alimenta canais secundários e áreas de lavoura. O requisito básico para o correto funcionamento do processo é que sempre haja água à disposição das áreas a serem irrigadas. A operação da estação de bombeamento ocorre de forma manual a partir do comando do operador. A estação de bombeamento opera somente em dois estados: ligada (vazão nominal) ou desligada.

ii. Variáveis do processo: foram escolhidos os dados essenciais para a representação do processo.

- Nível do Canal (Sensores);
- Conjunto motor/bomba;

iii. Planejamento de banco de dados: o supervisório apresentado é para fins de simulação, empregando *tags* adequadas para essa finalidade. Contudo, caso deseje-se torná-lo operacional, a alteração das *tags* pode ser realizada facilmente, de modo a permitir a comunicação com o CLP.

Assim, para a simulação foram utilizadas *tags* do tipo RAM, ideais para representar o estado dos equipamentos que compõem o processo.

iv. Planejamento de alarmes: foram estabelecidos os tipos de alarme (normal e crítico) e suas condições de acionamento. Os ditos alarmes normais compreendem as situações rotineiras do processo e tem por finalidade manter o operador a par do que está acontecendo. Tais alarmes indicarão o acionamento dos sensores de nível e do conjunto motor/bomba. Já os alarmes críticos demandam uma ação do operador. Haverá somente um alarme crítico, destinado a avisar o operador que o nível do canal está muito baixo e que risco de falta de água no processo. is indicarão o acionamento dos sensores.

v. Planejamento da hierarquia de navegação entre telas: Após a tela inicial de login, onde ocorre o acesso via entrada de nome de usuário e senha, o operador é conduzido à tela principal. Nela estão contidas as informações mais relevantes do processo quando atuando em modo automático. Caso necessário, é possível assumir o controle manual do processo pressionando o botão correspondente, destinando o

usuário para a respectiva tela. Há também um menu que permite a navegação entre telas, além das informações de usuário logado, dia e hora.

vi. Desenho de telas: As telas foram desenvolvidas de maneira a formar uma interface simples e intuitiva, facilitando seu uso e entendimento por usuários com diferentes níveis de escolaridade.

vii. Gráficos de tendência: foi adicionado gráfico de tendência para permitir que o operador monitore o nível do canal de irrigação

viii. Planejamento do sistema de segurança: A tela de login tem por função proteger o sistema contra a intervenção do processo por pessoas não autorizadas. Foram criados dois usuários: operador e supervisor. Enquanto que o operador consegue somente visualizar o estado do processo em modo automático, o supervisor é capaz de assumir total controle.

ix – Padrão Industrial: O uso de computadores e sistemas operacionais não faz parte do cotidiano da empresa. Por isso, buscou-se desenvolver uma interface bastante simples e intuitivo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apesar da construção física do sistema de automação não ter sido implementada, desenvolveu-se o esquema de ligações elétricas do sistema e as telas do sistema de supervisão para simulação.

4.1. ESQUEMA DE LIGAÇÕES ELÉTRICAS

O CLP e seu bloco de expansão serão alimentados com uma tensão de 24Vcc. Em suas entradas digitais serão conectados os três sensores de nível, de modo que ao serem acionados mandem um sinal fechando o respectivo contato do controlador. Duas de suas saídas digitais serão ligadas ao inversor de frequência, permitindo a transmissão dos comandos LIGA e DESLIGA.

O controle de velocidade do conjunto motor/bomba é executado através da ligação entre as saídas analógicas do CLP com o inversor. Para garantir a comunicação do CLP com o inversor, duas entradas digitais do primeiro são conectadas ao inversor.

O inversor eletrônico é alimentado por rede trifásica e está conectado diretamente ao motor. A tecla local/remoto permanecerá habilitada para em caso seja necessário o operador seja capaz de controlar a velocidade do conjunto motor bomba localmente, via IHM quando julgar necessário.

Uma ilustração esquemática das ligações é apresentada na Figura 3 a seguir.

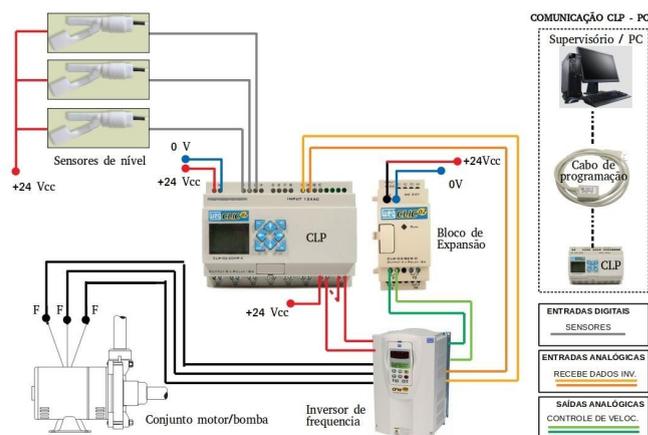


Figura 3 – Esquema de ligações elétricas

4.2. TELAS DO SISTEMA SUPERVISÓRIO

Ao acessar a estação de controle do sistema supervisório, o operador depara-se com a tela de login (Figura 4).



Figura 4 – Tela de Login

Tal tela tem por função evitar o acesso de pessoas não autorizadas ao sistema. Foram criados dois usuários: supervisor e operador. O operador somente consegue visualizar a tela principal do sistema, não sendo capaz de alterar o modo de funcionamento para manual. O supervisor tem total acesso ao sistema.

Uma vez logado, o usuário é direcionado à tela principal (Figura 5), onde as principais funcionalidades do sistema estão listadas. O estado dos sensores pode ser visualizado, bem como as variações de nível do canal ao longo do tempo. Além disso, é possível verificar a frequência elétrica da alimentação do motor e o estado da vazão (zero, reduzida ou máxima).



Figura 5 – Tela Principal

Caso o usuário esteja logado como supervisor, é possível alterar o funcionamento do sistema para o modo manual. Nesse caso, uma tela específica para tal função é aberta (Figura 6), onde o operador é capaz de ligar e desligar o conjunto bomba/motor, bem como alterar sua vazão conforme necessidade.

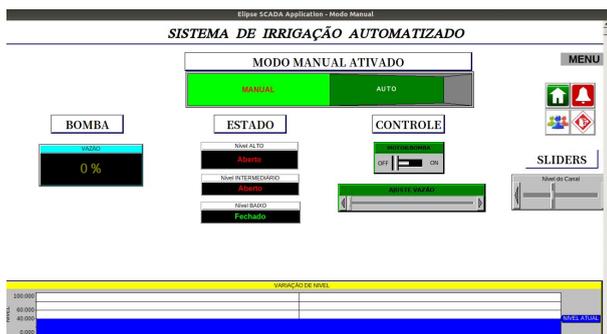


Figura 6 – Tela para modo de funcionamento manual

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentada uma proposta de automação de um sistema de irrigação de lavouras de arroz. O sistema otimiza o funcionamento da estação de bombeamento, permitindo monitorar as variações de nível do canal e diminuindo a dependência humana. Ainda assim, caso necessário, o operador pode assumir total controle do processo. O software Elipse SCADA® foi empregado para o desenvolvimento e simulação do sistema supervisor.

Além de melhorar a sua eficiência, a automação do processo de irrigação permite otimizar o consumo da energia elétrica e água, reduzindo os custos ao produtor e contribuindo com uso consciente dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS

- [1] SOSBAI. Sociedade Sul Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Farroupilha. SOSBAI, 2018.
- [2] MUNDSTOCK, C. M. et. al. **Manual de boas práticas agrícolas: Guia para Sustentabilidade da Lavoura de Arroz Irrigado do Rio Grande do Sul**. Instituto Rio Grandense do Arroz. Porto Alegre, RS. 2011.

[3] CAMPOS, P.; STAHLHOEFER, P.V.; CAMPOS, T. C. L. **Automação para sistemas de irrigação**. Revista Gestão Premium/ Curso de Administração e Ciências Contábeis – FACOS/CNECOsório. 2011.

[4] TAMIETTI, R. P. **Engenharia de Projetos Industriais**. p.260, 2009.

[5] ZEILMANN R. P. **Uma estratégia para controle e supervisão de processos industriais via Internet**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 2002. Dissertação de Mestrado (Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - CPGEE).