

SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DE BOMBAS PARA PERÍMETRO IRRIGADO DO AGRESTE SERGIPANO

**Maria Bárbara Vieira Teixeira (barbara.teixeira18@hotmail.com); Prof^o Msc.
Roberto Felipe Andrade Menezes (rmenezeseng@gmail.com)**

RESUMO

Em sistemas de bombeamento convencionais utilizados para irrigação, o consumo de energia elétrica e o desperdício de água têm sido um problema, devido não só ao alto custo com energia elétrica, mas também à escassez dos recursos naturais. Porém, com a chegada dos processos automatizados e avanços tecnológicos, surgiram soluções para esses problemas. O presente trabalho propõe a automação de uma estação de bombeamento de água utilizada para irrigação, com intuito de eliminar alguns problemas, tais como: excesso ou carência de água no plantio, desperdício de energia elétrica pelo uso exacerbado das bombas e custos elevados com manutenção. O projeto apresentado neste trabalho foi feito para a estação de bombeamento do perímetro irrigado Jacarecica I, localizado no município de Itabaiana, região agreste do estado de Sergipe, onde é feita a distribuição de água para 126 lotes irrigados. Para esse projeto foi usado um controlador lógico programável, inversores de frequência para as bombas, atuadores elétricos para as válvulas, sensores de vazão, de chuva, nível, entre outros. Por fim, com base no sistema de automação proposto, foram obtidos resultados positivos com eficiência de mais 15% na redução dos gastos relativos à energia elétrica.

Palavras-chave: Irrigação. Automação. Bombas hidráulicas. Eficiência energética.

ABSTRACT

In conventional pumping systems used for irrigation, electricity consumption and water waste have been a problem, due not only to the high cost of electricity, but also to the scarcity of natural resources. However, with the arrival of automated processes and technological advances, solutions to these problems have emerged. The present work proposes the automation of a water pumping station used for irrigation, in order to eliminate some problems, such as: excess or lack of water in planting, waste of electric energy due to the exacerbated use of pumps and high maintenance costs. The project presented in this work was made for the pumping station of the Jacarecica I irrigated perimeter, located in the municipality of Itabaiana, in the wild region of the state of Sergipe, where water is distributed to 126 irrigated lots. For this project it used a programmable logic controller, frequency inverters for the pumps, electric actuators for the valves, flow sensors, rain, level, among others. Finally, based on the proposed automation system, positive results were obtained with an efficiency of over 15% in the reduction of expenses related to electric energy.

Keywords: Irrigation. Automation. Hydraulic pumps. Energy efficiency.

1 INTRODUÇÃO

A irrigação é uma técnica agrícola utilizada para suprir as necessidades hídricas das áreas de plantio (MUNIZ, 2021). Sabendo disso, é possível afirmar que o sistema de bombeamento de água é indispensável para essa técnica, porém um dos pontos negativos é o alto consumo de energia elétrica para o acionamento das motobombas.

Em um estudo que foi realizado no setor de irrigação pela Companhia Energética de Minas Gerais, aproximadamente 20% de água e 30% de energia elétrica poderiam ser economizados se a irrigação fosse utilizada de forma racional. Desses 30% de

1 energia elétrica, 10% é devido ao sistemas de bombeamento utilizados de forma
2 inadequada (LIMA, 2019).

3 Com a aplicação de automação nesses sistemas, tais custos e desperdícios
4 podem ser reduzidos significativamente. Além de trazer outros benefícios como
5 monitorar e controlar várias características de parâmetros da rede em tempo real,
6 possibilitando melhorar a qualidade do processo, melhorar a confiabilidade das
7 informações e reduzir os custos de produção (MONTEIRO, 2016).

8 Neste sentido foi feito um levantamento de dados no perímetro irrigado
9 Jacarecica I, que fica localizado no agreste sergipano e leva água para 126 lotes
10 irrigados, com o intuito de implementar futuramente um sistema de automação, que
11 possa diminuir custos de utilização e aumentar a economia de energia elétrica. A
12 captação de água para o perímetro é feita na barragem Jacarecica I, que fica localizada
13 no Rio Jacarecica no município de Itabaiana, e a condução para irrigação é feita
14 através de uma estação de bombeamento composta por quatro conjuntos de
15 motobombas, sendo uma reserva, e a vazão total é de 336,81 l/s.

16 Inicialmente foi observado que o atual sistema de bombeamento de água já está
17 em funcionamento há mais de 30 anos. Dessa forma, a vida útil dos equipamentos
18 existentes é afetada, resultando em manutenções corretivas contínuas, e alto
19 consumo de água e energia. Como resultado, há ineficiências na distribuição de
20 energia elétrica e água, resultando em altos custos operacionais e desperdício de
21 recursos.

22 É nesta conjuntura que este trabalho acadêmico propõe melhorias no sistema
23 de bombeamento de água atual, pois tais atividades permitirão aos irrigantes
24 beneficiados uma redução de custos, já que os gastos com energia elétrica são
25 repassados ao produtor em forma de tarifa de água. E também trará um
26 abastecimento de água eficiente, seguro e flexível a estes irrigantes que atualmente
27 convivem com um sistema de interrupções de longo prazo no fornecimento de água,
28 fato que pode levar a perdas das culturas, forte estresse hídrico e declínio da
29 produtividade, levando a sérias consequências econômicas para os produtores.

30 Sendo assim, esse estudo permite avaliar a implementação de um sistema de
31 automação para redução dos gastos com energia elétrica e desperdício de água. De
32 forma mais específica, neste trabalho são analisados o funcionamento e as
33 características da estação de bombeamento do perímetro irrigado Jacarecica I, e
34 também estudar formas de automação que tragam melhorias na eficiência energética
35 e que consequentemente reduzam a utilização dos recursos hídricos.

36 **2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA**

37 Nesta seção será apresentada uma descrição sobre o que são sistemas irrigados
38 e perímetros irrigados, também uma breve descrição do problema a ser resolvido
39 neste artigo.

40 **2.1 Sistemas de irrigação**

41 O homem vem desviando cursos d'água de rios para a irrigação de suas
42 plantações desde os tempos pré-históricos. O uso dessa técnica possibilitou a sua
43 fixação em regiões áridas e semiáridas (TESTEZLAF, 2017).

44 A utilização da irrigação pode ser vista em quase todos os produtos agrícolas,

1 mas, assim como nas demais atividades do meio rural, ela necessita acompanhar os
2 avanços tecnológicos. Além disso, nas últimas décadas, as tecnologias, como
3 equipamentos eletrônicos e computadores, têm avançado significativamente
4 tornando-os mais acessíveis, precisos e com melhor interface com o usuário
5 (BECKER, 2020). Sendo a irrigação fundamental para o desenvolvimento da cultura
6 de grãos, a implantação de um sistema automatizado na estação de bombeamento
7 de água é fundamental para otimizar e monitorar todas as operações envolvidas.

8 **2.2 Perímetro irrigado**

9 Perímetros irrigados são áreas designadas pelo Estado para implantação de
10 projetos públicos para agricultura irrigada (PONTES et al., 2013). O processo de
11 seleção e distribuição dessas áreas acontece através de editais lançados pelo próprio
12 governo, sendo uma forma de incentivar o desenvolvimento da agricultura.

13 O perímetro irrigado Jacarecica I, é responsável pela irrigação de 126 lotes e
14 tem uma área total de 398 hectares. O sistema de bombeamento que abastece o
15 perímetro dispõe apenas de uma estação (EB-01) que capta água da descarga de
16 fundo da Barragem Jacarecica I e leva diretamente para a rede de irrigação composta
17 por três setores. Os conjuntos motobomba presente na estação, que já estão com
18 muitos anos de operação, necessitam de constante manutenção corretiva. Na Figura
19 1 é possível ver os detalhes do conjunto motobomba presente na estação EB-01 do
20 perímetro irrigado Jacarecica I.

21 Por ser um sistema convencional, toda a operação é feita manualmente, desde
22 o acionamento dos motores até a abertura de válvulas. Sendo assim, não existe
23 parâmetro de controle, já que não existe nenhuma informação de vazão. A única
24 instrumentação disponível é um manômetro instalado no barrilete que não é levado
25 em consideração para o controle operacional da estação. A média mensal de gasto
26 com energia elétrica do ano de 2021 chegou a ser de R\$ 32.526,99.

27 O desperdício de água também vem a ser um dos grandes problemas em toda
28 a operação, pois até mesmo em dias chuvosos, onde não se faz necessário o uso da
29 água para irrigação, a estação de bombeamento continua ligada. Alguns dos
30 problemas encontrados para a implementação da automação são:

- 31 ● Equipamentos obsoletos;
- 32 ● Falta de equipamentos de medição;
- 33 ● A válvula borboleta da sucção é comandada manualmente;
- 34 ● Os conjuntos motobombas não estão preparados para integração com
35 automação e controle de partida automática;
- 36 ● Os Centros de Comando de Motores não são preparados para integração com
37 automação, utilizam partida compensada, apresentam componentes antigos e
38 não há medição de grandezas elétricas;
- 39 ● Ausência de válvulas borboleta no recalque das bombas;
- 40 ● Não há instrumentação operacional e de segurança disponível para interligação
41 com a automação como pressão do barrilete, vazão da adutora, temperatura
42 dos motores, vibração das bombas, nível do poço de sucção, e medidores de
43 energia.

44

1

Figura 1 – Conjunto de motobombas.



2

3

Fonte: Acervo pessoal (2018).

4 **3 SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO**

5 Nesta seção é feito um levantamento bibliográfico apresentando as descrições de
6 alguns componentes necessários para a automação em sistemas de irrigação, a fim
7 de detalhar todos os procedimentos para chegar em um projeto de automação ideal.

8 **3.1 Sistemas de bombeamento de água**

9 Segundo Campos e Alcântara (2018), os sistemas de bombeamento são
10 responsáveis por captar água de lugares superficiais como rios ou barragens, e levar
11 até áreas predeterminadas, mantendo uma pressão ideal. Nesse sentido é possível
12 afirmar que, o dimensionamento correto do sistema de bombeamento faz toda
13 diferença, principalmente em razão da pressão e da vazão corretas para atender a
14 demanda. Ao dimensionar uma estação de bombeamento deve-se levar em
15 consideração que, quanto maior eficiente for o desempenho das bombas, menor será
16 o consumo de energia, onde o ponto de operação do sistema deve coincidir com o
17 ponto de rendimento máximo (SCAPIN, 2019).

18 Outro ponto importante que deve ser levado em consideração quando se trata
19 de sistema de bombeamento de água é como será feito o estudo para instalação do
20 sistema, pois erros nessa fase podem levar a redução de vida útil dos equipamentos
21 e aumento de custos com manutenção e produção (TESTEZLAF, 2017). Para
22 sistemas de bombeamento convencionais o controle de vazão é feito pelas válvulas
23 que são acionadas manualmente, que operam de acordo com as necessidades da
24 demanda, já em sistemas automatizados, esse controle é feito através dos atuadores,
25 que são responsáveis por executar uma tarefa recebida de um controlador
26 (FERREIRA, 2020).

27 **3.2 Automação de sistemas hídricos**

28 A automação em sentido amplo consiste em qualquer sistema que utiliza

1 computadores e softwares para simplificar processos que se pode diminuir a mão de
 2 obra humana, podemos citar alguns benefícios trazidos pela automação, como:
 3 velocidade de produção, redução de custos, melhoria na qualidade dos produtos,
 4 entre outros (MORAES, CASTRUCCI, 2010). Em termos de economia de água, a
 5 automação torna-se um poderoso mecanismo para melhorar a gestão de sistemas
 6 hídricos em qualidade de processo, permitindo o controle preciso da redução das
 7 pressões de operação na rede de distribuição (SILVA, 2019).

8 Nos últimos anos, a implementação da automação em sistemas hídricos tem
 9 crescido consideravelmente, principalmente na área de irrigação, devido a busca por
 10 otimização de recursos na produção, aumento de produtividade e redução de custos,
 11 levando a uma tendência de incorporar novas tecnologias em métodos de irrigação.
 12 Sendo assim, a automação não serve apenas para reduzir custos de mão de obra,
 13 mas principalmente para atender necessidades operacionais, como a irrigação
 14 noturna de grandes áreas (SUZUKI,2015).

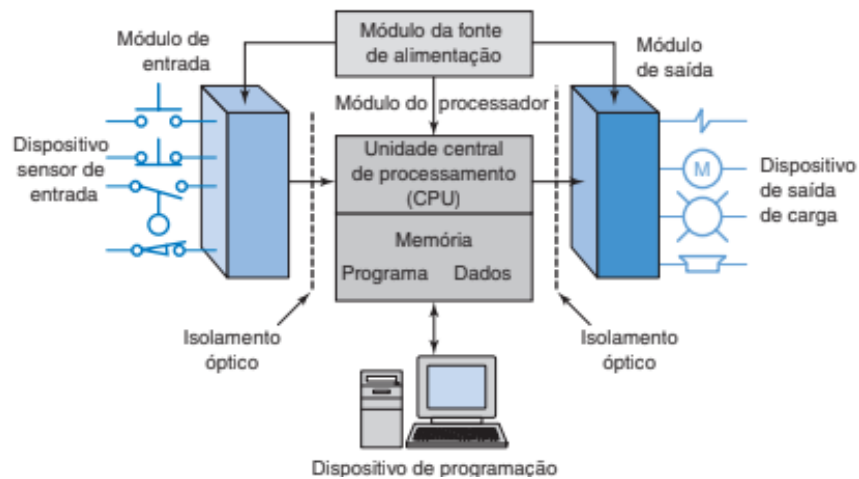
15 Para sistemas de automação mais sofisticados, algumas variáveis podem ser
 16 consideradas, como nível pluviométrico e a umidade do ar e do solo (GONÇALVES,
 17 2016).

18 **3.3 Controlador lógico programável**

19 Inicialmente, o Controlador Lógico Programável (CLP) foi criado para substituir
 20 os relés lógicos, mas devido à sua crescente gama de funções, eles são usados em
 21 muitas aplicações. Por ter uma estrutura baseada nos princípios de um computador,
 22 ele é capaz de executar não apenas tarefas de retransmissão, mas também outras
 23 aplicações, como contagem, somatórios, comparação, temporizadores, e
 24 processamento de sinais analógicos (PETRUZELLA, 2014).

25 O CLP contém uma memória na qual o usuário insere uma lógica que atuará
 26 enviando sinais para as saídas do sistema de acordo com o valor recebido nas
 27 entradas do mesmo (BECKER, 2020). Ele consiste basicamente em dois módulos
 28 principais: Unidade Centro de Processamento (CPU) e terminais de entrada e saída,
 29 podendo ser digitais ou analógicos. Na Figura 2 é possível ver a arquitetura de um
 30 CLP.

31 Figura 2 – Arquitetura de um CLP.



32
 33 Fonte: PETRUZELLA (2014).

1 Quando os sensores instalados na entrada captam as mudanças nas variáveis
2 acompanhadas no processo, o CLP, que já foi programado, atua no sistema, partindo
3 e parando motores e motobombas, ligando e desligando atuadores, etc. (CIRINO,
4 2017). Uma das lógicas de programação mais utilizadas no CLP é denominada
5 LADDER, que consiste por um desenho de duas linhas verticais, e entre essas linhas
6 são adicionados ramais na horizontal, como chaves e bobinas. O CLP age
7 examinando a continuidade de cada linha, fazendo uma varredura nas variáveis de
8 entrada para saber se são verdadeiras ou não (MORAES, CASTRUCCI, 2010). Como
9 visto em Petruzella (2014), é mais fácil criar e modificar uma programação em
10 LADDER do que religar fios em um circuito, já que é o programador que determina as
11 relações entre entradas e saídas do CLP.

12 **3.4 Sensores utilizados para irrigação**

13 Um sensor é capaz de converter grandezas físicas ou químicas em sinais
14 elétricos, sendo assim os sensores permitem medir estímulos do ambiente externo
15 (MORAES, CASTRUCCI, 2010). É possível dividir os sensores em analógicos e
16 digitais, onde os analógicos tem sinal de variação contínuo e podem medir grandezas
17 físicas, como temperatura e pressão, e os digitais apresentam apenas dois valores no
18 seu sinal de saída, ou seja, 0 ou 1, sendo impossível haver um valor intermediário
19 entre eles (BECKER, 2020). Dentre todos os tipos de sensores existentes no mercado,
20 os que mais se destacam para sistemas de bombeamento de água em irrigação, serão
21 vistos a seguir.

22 **3.4.1 Sensor de chuva**

23 A irrigação de uma área durante chuvas fortes pode saturar demais as plantas
24 devido às águas residuais. Os sensores quando detectam uma quantidade
25 predeterminada de chuva, enviam a informação para o controlador que irá interromper
26 o sistema de bombeamento de água. Uma vez terminada a chuva, o sensor envia a
27 informação para o controlador para que possam ser retomadas as atividades
28 (BECKER, 2020).

29 **3.4.2 Sensor de temperatura**

30 Sensor de temperatura é um dispositivo de medição cuja finalidade é detectar a
31 temperatura com base nas propriedades físicas presentes no dispositivo, como
32 resistência elétrica, campos eletromagnéticos ou radiação térmica (HINOKUMA,
33 2019). Em sistemas de bombeamento de água para irrigação, ele é usado nos motores
34 elétricos para monitoramento de temperatura, e também para evitar o
35 sobreaquecimento do mesmo.

36 **3.4.3 Sensor medidor de vazão**

37 Para sistemas de irrigação, os sensores de vazão têm a finalidade de medir o valor
38 da vazão e permitir o controle da água a ser distribuída. Estes sensores podem ser
39 magnéticos, ultrassônicos, eletrônicos ou hidráulicos. Os dados obtidos através deste
40 instrumento podem ser implementados na entrada do CLP, sendo possível controlar
41 motores, calibrar atuadores e válvulas, além de monitorar a quantidade de água que
42 está sendo fornecida (BECKER, 2020).

3.5 Válvulas utilizadas para irrigação

Uma válvula pode ser pensada como um dispositivo que tem a função de estabelecer, controlar e interromper o fluxo de fluidos. São os acessórios mais importantes em uma tubulação, portanto, muito cuidado deve ser tomado na seleção, tamanho e localização (MATHIAS, 2014).

As válvulas variam em tamanho, desde válvulas pequenas até válvulas industriais de grande diâmetro. Elas regulam o fluxo de diferentes formas de fluidos, desde os fluidos mais simples, como o ar até metais líquidos e substâncias radioativas. Elas podem ser acionadas por métodos pneumáticos, elétricos, manuais, e podem responder de maneira previsível ao sinal gerado por sensores de pressão, vazão ou outras variáveis de processo ou podem ser facilmente ligadas e desligadas independentemente da potência do sinal de acionamento (SOUZA, 2019).

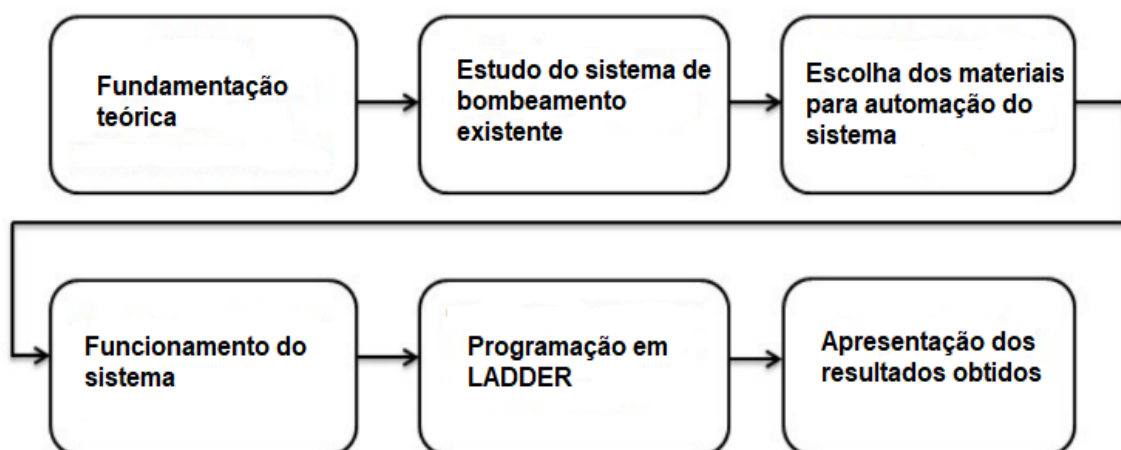
Para sistemas de bombeamento de água em irrigação, existem vários tipos de válvulas, entre elas a mais utilizada é a válvula borboleta, que em sistemas convencionais são acionadas manualmente e em sistemas automatizados são acionadas por atuadores elétricos, com motores rotativos ou atuadores solenóides.

Os atuadores de motor rotativo de uma forma muito simples, são como um motor ligado a uma válvula. Por outro lado, os atuadores solenóides têm um modo de ação muito diferente dos atuadores eletromecânicos, eles giram à medida que o núcleo da bobina é utilizado para acionar a válvula (COSTA, 2014).

4 METODOLOGIA

O estudo feito neste trabalho propõe a implementação de um sistema automatizado na estação de bombeamento do perímetro irrigado Jacarecica I, visando a redução de custos com energia elétrica, manutenção e desperdício de água. A seguir é apresentado na Figura 3 o fluxograma com a finalidade de mostrar as principais etapas para o desenvolvimento do projeto.

Figura 3 – Fluxograma da metodologia utilizada.



Fonte: Autoria própria.

4.1 Características do sistema atual

Todo o sistema é controlado manualmente e conta com quatro conjuntos

1 motobombas, sendo um reserva, com vazão unitária de 110,28 l/s, proporcionando
2 uma vazão de projeto de 330,84 l/s. O motor elétrico é de indução trifásica, da
3 fabricante WEG, potência de 200 cv. Os conjuntos motobomba estão com
4 aproximadamente 30 anos de uso e necessitando constantemente de manutenção
5 corretiva.

6 O sistema adutor é constituído de três adutoras, cada uma responsável pela
7 alimentação de um conjunto de lotes do perímetro. Embora fisicamente haja uma
8 divisão dos setores a partir da estação de bombeamento, não há independência
9 hidráulica dos mesmos já que eles são atendidos pelas mesmas bombas.

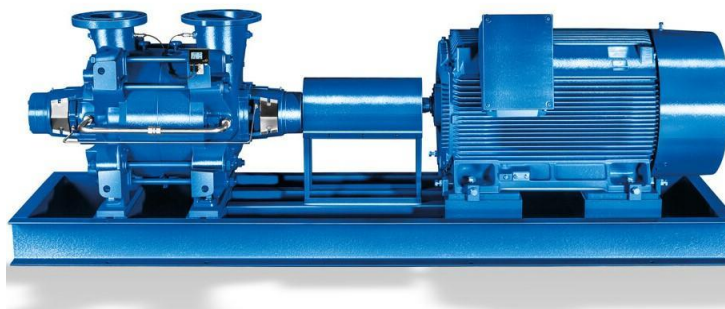
10 4.2 Dispositivos selecionados para automação

11 Diante do que foi visto na seção anterior, optou-se pela substituição dos
12 conjuntos da estação por equipamentos mais modernos, eficientes, e que estejam
13 preparados para implementação da automação e do controle de partida automática.
14 A seguir é descrito todos os componentes que serão utilizados no processo de
15 automação do sistema.

16 4.2.1 Conjunto de motobombas

17 Os quatro conjuntos de motobombas serão substituídos por conjuntos mais
18 modernos e de alta performance. As bombas hidráulicas escolhidas foram da KSB
19 Multitec modelo 150/ 2-12.14 de eixo horizontal em paralelo, e para compor o conjunto,
20 o motor será da WEG, modelo W22 IR3 Premium 200 cv. A vazão máxima do sistema
21 em cada bomba será de 112,26 l/s. Na Figura 4 é possível ver um exemplo do conjunto
22 motobomba.

23 Figura 4 – Conjunto bomba hidráulica e motor.



24
25

Fonte: KSB (2022).

26 4.2.2 Inversor de frequência

27 O inversor escolhido para atender o projeto de automação é o CFW-11 (Figura 5)
28 da WEG, pois é um produto de alto desempenho para motores de indução trifásicos,
29 sendo ideal para o projeto, pois, além de ajudar com a economia de energia, ele possui
30 controle preciso de velocidade e facilidade de operação, e também possui entradas e
31 saídas analógicas e digitais.

32

1

Figura 5 – Inversor de frequência CFW-11.



2

3

Fonte: WEG2 (2022).

4 4.2.3 Válvula borboleta

5 As válvulas borboletas manuais devem ser substituídas por válvulas automatizadas
6 com atuadores elétricos (Figura 6). Para isso será necessário a utilização de dois
7 tipos de atuadores, um para a válvula do poço de sucção, que usará o atuador Belimo
8 - F6125HD, com tempo de abertura total de 30 segundos, e outro para as válvulas dos
9 barriletes das bombas, que usará o atuador ARX24-MFT também da marca Belimo,
10 com tempo de abertura total de 150 segundos, para melhor eficiência nos barriletes
11 das bombas.

12

Figura 6 – Válvula com atuador.



13

14

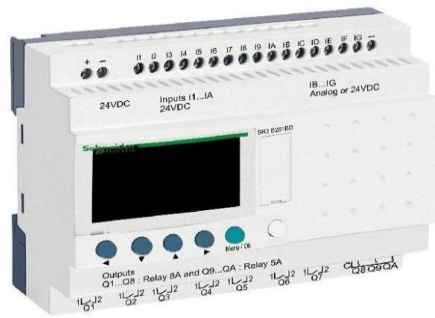
Fonte: Mercado (2022).

15 4.2.4 Controlador lógico programável

16 Para o controle de todo o sistema de automação foi escolhido o CLP Zelio Logic da
17 Schneider modelo SR3B261FU (Figura 07). Ele possui entradas e saídas analógicas,
18 e também serão utilizadas extensões analógicas e digitais para atender toda a
19 programação de automação do sistema.

20

1 Figura 07 – Controlador Programável Zelio Logic.



2
3 Fonte: Schneider (2022).

4 4.2.5 Sensor de chuva

5 O sensor de chuva escolhido foi o RSD da Rain Bird (Figura 8). Este sensor
6 permite a desativação do sistema de bombeamento em dias de chuva e é um
7 dispositivo fácil de instalar, durável e adequado para qualquer tipo de aplicação.

8 Figura 8 – Sensor de chuva.



9
10 Fonte: Rain Bird (2022).

11 4.2.6 Sensor de temperatura do motor

12 Para monitoramento de temperatura no motor da bomba, o sensor escolhido foi o
13 termopar tipo K (Figura 9), que é um sensor simples e robusto, e é utilizado em
14 variados processos de medição. Ele é formado por dois metais distintos que são
15 unidos por suas extremidades, e formam um circuito fechado que permite a criação
16 de uma diferença de potencial elétrico devido a variação de temperatura do local
17 (Efeito Seebeck).

18 Figura 9 – Sensor termopar tipo K.



19
20 Fonte: Usinainfo (2022).

1 4.2.7 Sensor de pressão

2 O sensor transmissor de pressão relativa irá trabalhar em conjunto com o
3 inversor de frequência controlando a velocidade do motor em relação a pressão. O
4 sensor empregado foi o Nipress da marca Nivelco, que pode ser visto na Figura 10.

5 Figura 10 – Sensor Transmissor de Pressão Série Nipress.



6
7

Fonte: Niveltec (2022).

8 4.2.8 Sensor de vibração do motor

9 O sensor de vibração será utilizado para proteger e detectar possíveis falhas nos
10 motores. Optou-se pelo sensor VTV-122 da marca IFM (Figura 11), que possui
11 monitoramento permanente e confiável da vibração total.

12 Figura 11 – Sensor de vibração VTV-122.



13
14

Fonte: IFM (2022).

15 4.2.9 Sensor de vazão

16 Para o monitoramento de vazão, será empregado o sensor eletromagnético de
17 vazão Série FMG48 (Figura 12) da marca Omega. Ele possui fácil instalação e
18 configuração, além de contar com um display local que mostra a vazão instantânea.

19 Figura 12 – Sensor de vazão.



20
21

Fonte: Omega (2022).

1 4.2.10 Sensor de nível ultrassônico

2 Para o controle de nível do tanque de sucção o sensor a ser aplicado será o
 3 ultrassônico da marca Nivelco, modelo EasyTREK SP-500 (Figura 13), que irá
 4 trabalhar em conjunto com o atuador da válvula borboleta do tanque de sucção.

5 Figura 13 – Sensor EasyTREK SP-500.

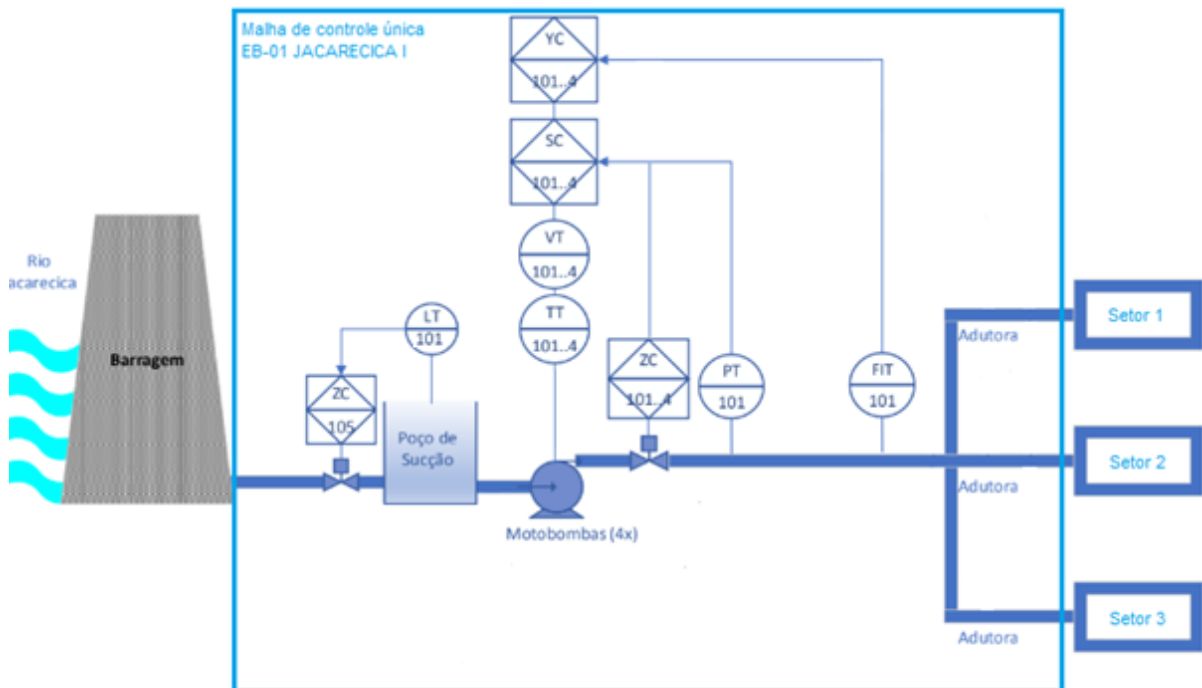


6
7 Fonte: Nivetec (2022).

8 **4.3 Automação do sistema de bombeamento**

9 No diagrama mostrado na Figura 14, são mostrados todos os sensores e pontos
 10 de controle do sistema de automação a ser aplicado na EB-01 de Jacarecica I. O
 11 diagrama está segmentado em uma única malha, e segue as simbologias utilizadas
 12 na instrumentação. No Quadro 1 contém todas as legendas dos símbolos utilizados.
 13 O acionamento do sistema ocorrerá por botoeiras no painel de comando.

14 Figura 14 – Diagrama de instrumentação Jacarecica I.



15
16 Fonte: Autoria própria.

1 Quadro 1 – Significado das simbologias do diagrama.

Variáveis	Significado	Variáveis	Significado
LT	Sensor de nível	PT	Sensor de pressão
FIT	Sensor de vazão	ZC	Atuador da válvula
TT	Sensor de temperatura	SC	Controle de velocidade
VT	Sensor de vibração	YC	Controle liga-desliga

2 Fonte: Autoria própria.

3 4.3.1 Automação da válvula borboleta no tanque de sucção

4 A nova válvula borboleta na entrada do tanque de sucção será comandada com
5 abertura e fechamento da válvula em função do nível de água no poço de sucção, que
6 será medido através do sensor ultrassônico, mantendo o nível em uma cota pré-
7 determinada de forma a afogar as bombas. O poço de sucção das bombas terá seu
8 nível de água controlado em uma cota constante de 140 metros, para melhor
9 rendimento das bombas e evitando que a água transborde para o leito do rio.

10 4.3.2 Automação dos motores e válvulas no barrilete das bombas

11 Após o enchimento do tanque, uma lâmpada irá sinalizar que já pode ser feito o
12 acionamento das 3 motobombas principais que são comandadas por inversores de
13 frequência. A válvula borboleta no barrilete de recalque de cada bomba ao dar partida
14 na bomba, deverá estar totalmente fechada. Uma vez atingida a rotação nominal do
15 motor, a válvula deverá abrir gradativamente até 100% de abertura em no mínimo dois
16 minutos, tempo que leva para o bombeamento de água atingir a vazão máxima.

17 4.3.3 Funcionamento do sensor de chuva

18 O sensor de chuva assim que identificar a precipitação pluviométrica irá desligar
19 todo o processo de bombeamento de água. A quantidade utilizada para o
20 desligamento será programada pelo operador.

21 4.3.4 Controle de velocidade dos motores

22 O inversor de frequência será responsável pelo controle de velocidade das
23 motobombas. Haverá um sensor de pressão relativa que deverá ser instalado no
24 barrilete das bombas para monitoramento e controle da pressão em aproximadamente
25 8 bar, pressão ideal na tubulação. Esse valor será mantido através dos inversores que
26 controlaram as bombas.

27 Para evitar o aumento indesejado de pressão acima da mínima necessária para
28 atender o lote mais desfavorável, o sistema de automação lê o valor dessa pressão e
29 reduz a velocidade de rotação da bomba em função da diminuição de vazão
30 demandada mantendo constante a pressão no barrilete. Com isso, haverá significativa
31 economia de energia de bombeamento, já que não haverá mais aumento indesejado
32 de pressão na rede que seria dissipada na tomada de água do lote.

33 4.3.5 Funcionamento das bombas em razão da vazão

34 A vazão total que atende ao sistema de irrigação dos 126 lotes é de 336,81 l/s,
35 que é gerado pelo funcionamento das 3 bombas. Será instalado em um sensor de
36 vazão onde o operador poderá acompanhar através de um display a vazão total na

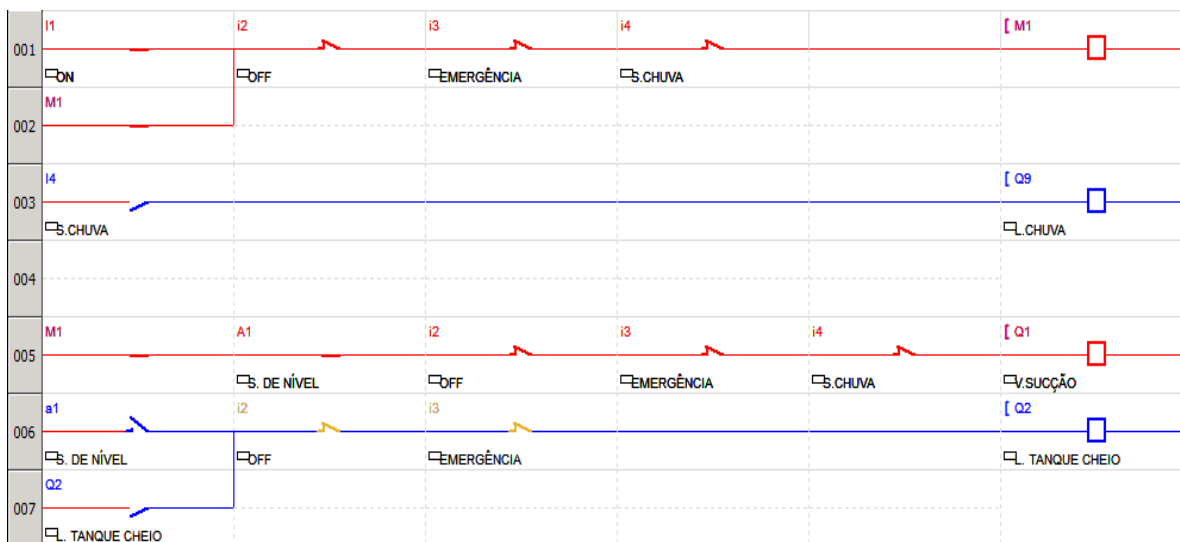
- 1 tubulação e assim podendo desligar as bombas em função das vazões.
- 2 • Vazão de 224,59 l/s até 336,81 l/s : 3 bombas em funcionamento;
- 3 • Vazão de 112,27 l/s até 224,59 l/s: 2 bombas em funcionamento;
- 4 • Vazão de 112,27 l/s: apenas 1 bomba atende o sistema.

5 4.4 Desenvolvimento da programação em LADDER

6 O software utilizado para desenvolvimento da programação em linguagem
 7 LADDER para ser gravada no CLP, foi o Zelio Soft 2, ele é um programa gratuito
 8 disponibilizado pela Schneider. O software permite a simulação de entradas e saídas
 9 digitais e analógicas, temporizadores, contadores, comparadores, verificar o
 10 funcionamento das entradas e saídas em tempo real, e de como estão se
 11 comportando. Inicialmente foi simulado o acionamento do sistema e abertura da
 12 válvula de sucção como mostra a Figura 15.

13 Todo o sistema será acionado por um quadro de comando, que contará com um
 14 botão de emergência para o desarmamento total. O sensor de nível envia um sinal
 15 analógico (4 - 20 mA) para o CLP que irá controlar a abertura e fechamento da válvula.

16 Figura 15 – Programação para enchimento do tanque de sucção.



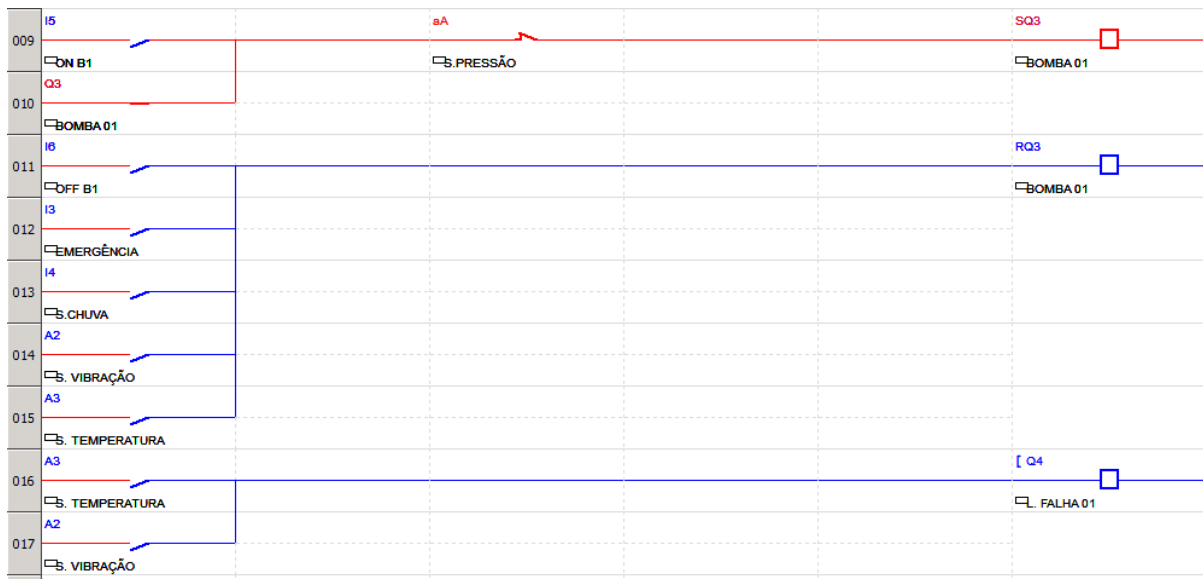
17 Fonte: Autoria própria.

18 Quando o tanque estiver cheio uma lâmpada sinaliza que as bombas podem ser
 19 acionadas. Se o sensor de chuva for acionado, uma lâmpada sinalizadora irá acender
 20 e o sistema de bombeamento será desligado.

21 Já na Figura 16, é apresentado o desenvolvimento da programação para
 22 acionamento das bombas. Cada uma das quatro bombas será acionada por um
 23 quadro de comando, e utilizará a mesma linguagem LADDER da Figura 16. Os
 24 sensores de vibração e temperatura enviarão um sinal analógico para o CLP e caso
 25 alguma falha seja identificada nestes sensores, uma sirene audiovisual, através da
 26 saída Q4 será acionada para conhecimento do operador, e a bomba automaticamente
 27 será desligada, através da bombina reset RQ3. O sensor de pressão, que também
 28 envia um sinal analógico para o CLP, é o responsável por manter a pressão da
 29 tubulação em 8 bar em conjunto com os inversores de frequência.

30

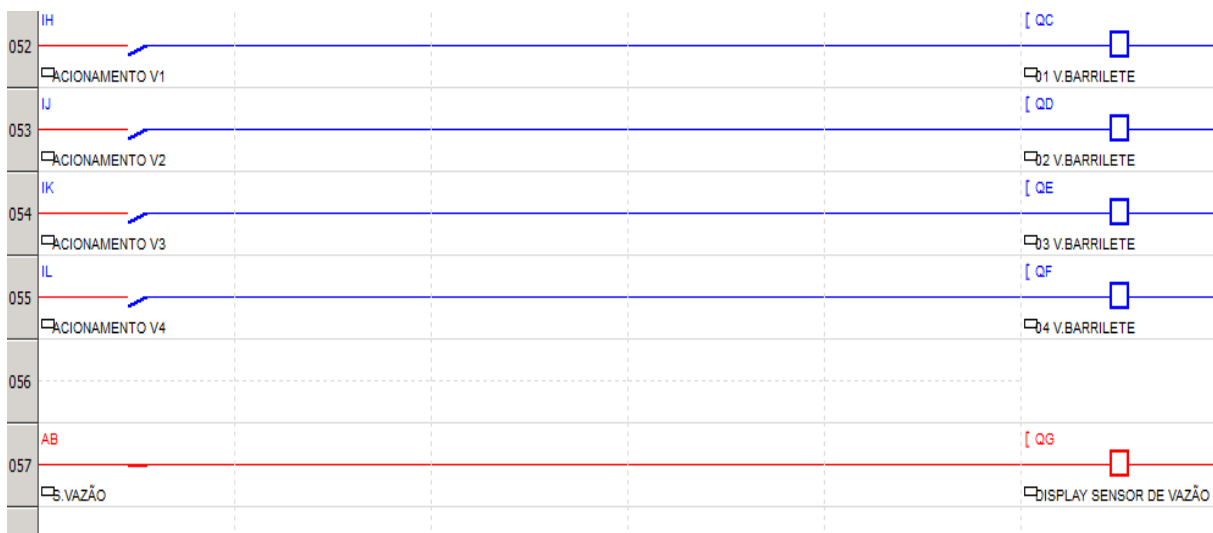
1 Figura 16 – Programação utilizada no acionamento das 4 bombas.



2 Fonte: Autoria própria.

3
4 Para acionamento dos atuadores das válvulas que ficam no barrilete das
5 bombas, os inversores de frequência serão os responsáveis por identificar a
6 velocidade nominal do motor e enviar um sinal para o CLP que aciona o atuador da
7 válvula (Figura 17). Já o sensor de vazão será utilizado para monitoramento e também
8 para que o operador possa desligar as bombas em função da vazão, quando
9 necessário.

10 Figura 17 – Funciona das válvulas do barrilete das bombas.



11 Fonte: Autoria própria.

12 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

13 Nesta fase, são descritos os resultados obtidos durante o processo de
14 desenvolvimento do trabalho, como os cálculos de consumo de energia elétrica dos
15 novos motores instalados, e benefícios dos inversores de frequência.

16 Para calcular o consumo de energia elétrica das bombas que serão utilizadas,

1 foram colhidos alguns dados no datasheet do motor, como rendimento, que é de
 2 96,02%, e potência, que é de 200 cv. Levando em consideração que os 3 motores
 3 operam durante 10 horas diárias, sendo 26 dias por mês, o custo médio da tarifa
 4 neste período é de R\$ 1,63 para cada quilowatt-hora (kWh) em horário de ponta e R\$
 5 0,26 quilowatt-hora (kWh) em horário fora de ponta.

6 A partir desses dados calcula-se a potência solicitada no eixo do motor, sua
 7 potência elétrica consumida e a estimativa do valor gasto com o consumo de energia
 8 elétrica.

9 A potência solicitada no eixo de cada motor leva em consideração o fator de
 10 utilização, e para motores acima de 40 cv o valor é de 0,87, então tem-se:

$$11 \quad P_e = P_n \cdot F_u \quad (1)$$

12 Onde:

13 P_e : Potência no eixo do motor;

14 P_n : Potência nominal;

15 F_u : Fator de utilização.

16 Logo:

$$17 \quad P_e = 200 \cdot 0,87 = 174 \text{ cv (potência no eixo de um motor)}$$

18 Para calcular a potência elétrica consumida pelo motor, sabe-se que cada cv tem
 19 aproximadamente 0,736 kW, e o rendimento do motor no valor de $\eta = 96,02\%$, então
 20 tem-se:

$$21 \quad P = (P_e \cdot 0,736) / \eta \quad (2)$$

$$22 \quad P = (174 \cdot 0,736) / 0,9602 = 133,4 \text{ kW}$$

23 Para as três bombas tem-se que:

$$24 \quad P_3 = 133,4 \text{ kW} \cdot 3 = 400,2 \text{ kW}$$

25 Para o cálculo da energia mensal consumida pelos motores, é possível utilizar a
 26 fórmula:

$$27 \quad C_t = P_3 \cdot t \quad (3)$$

28 Onde:

29 C_t : É o consumo total de energia elétrica;

30 t : É o tempo de uso do motor durante o mês.

31 Considerando que os 3 motores trabalham 10 horas por dia, 26 dias por mês o
 32 consumo estimado é de:

$$33 \quad C_t = 400,2 \cdot 10 \cdot 26 = 104.052 \text{ kWh por mês}$$

34 A média mensal de uso em horário de ponta é de 360 kWh, enquanto o restante
 35 do consumo é em horário fora de ponta, o valor do kWh é de R\$ 1,63 em horário de

1 ponta e R\$ 0,26 em horário fora de ponta. Utilizando esses dados é possível calcular
 2 o valor de gastos com energia elétrica:

3 $V_p = 360 \text{ kWh} \cdot 1,63 = \text{R\$ } 586,80$

4 $V_{fp} = (104.052 - 360) \cdot 0,26 = \text{R\$ } 26.959,92$

5 $V_t = 26.959,92 + 586,80 = \text{R\$ } 27.546,72$

6 Onde:

7 V_p : Valor da energia em horário de ponta;

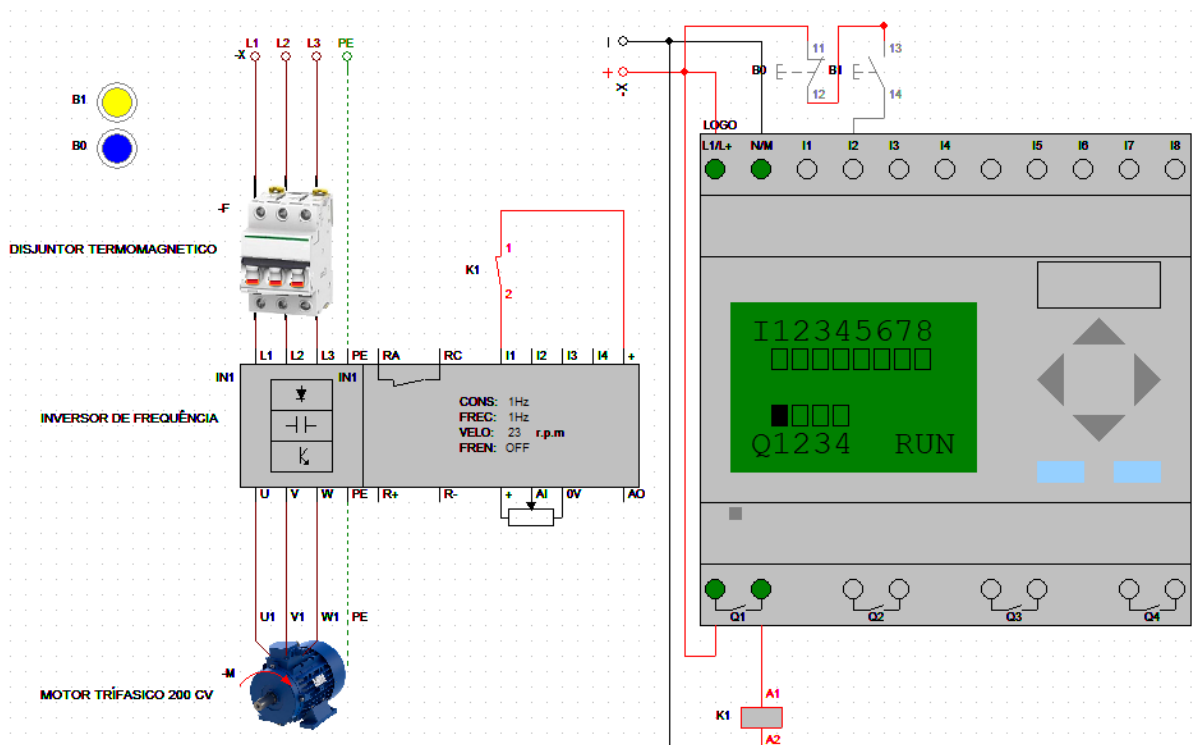
8 V_{fp} : Valor da energia fora de ponta;

9 V_t : Valor total da energia.

10 Comparando com a média mensal do sistema de bombeamento atual que é de
 11 R\$ 32.526,99, a economia com energia elétrica do sistema proposto neste artigo pode
 12 chegar a mais de 15%, somente com a substituição dos motores.

13 Outro ponto positivo do sistema de bombeamento proposto, e que também deve
 14 ser levado em consideração é o uso dos inversores de frequência no acionamento
 15 dos motores, pois eles irão possibilitar o controle de rotação dos motores o que
 16 conseqüentemente ajudará na redução do consumo de energia elétrica. E, além disso,
 17 através da configuração prévia, ele irá manter a velocidade proporcional à pressão
 18 nas tubulações, evitando problemas na distribuição de água aos irrigantes. Na Figura
 19 18 é possível observar o diagrama de força e comando para o funcionamento dos
 20 motores em conjunto do CLP e inversor.

21 Figura 18 – Funcionamento do inversor no CAD SIMU para as 4 bombas.



Fonte: Autoria própria.

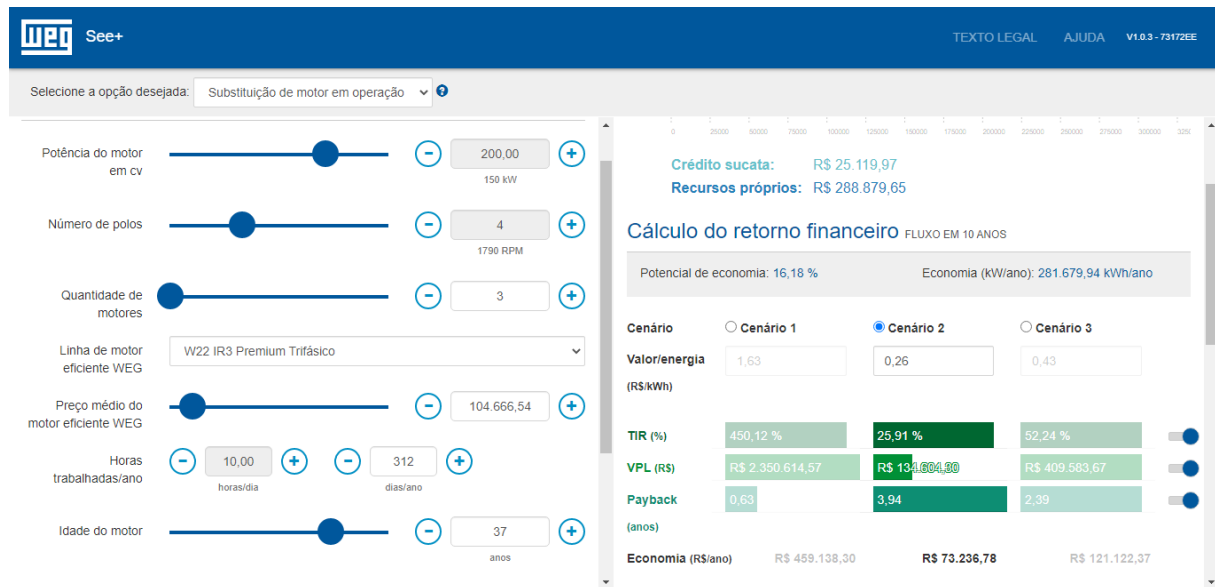
22
 23

Foi utilizado de forma online em WEG3 (2022), um software onde foi possível simular o potencial de economia que o novo sistema de motobomba pode obter (Figura 19). Pela simulação que foi feita, a economia anual em kWh chega a ser de 281.679,94 kWh/ano, e uma economia na energia elétrica de R\$73.236,78. Com esses resultados, é possível afirmar que a substituição dos motores no sistema de bombeamento de água do perímetro de Jacarecica I é satisfatória.

Também foi utilizado de forma online em WEG4 (2022) outro software para os inversores de frequência (Figura 20), onde foi possível calcular tanto a redução do consumo de energia elétrica. A economia anual com a utilização dos inversores em kWh com funcionamento das 3 bombas, pode chegar a 28.698 kWh.

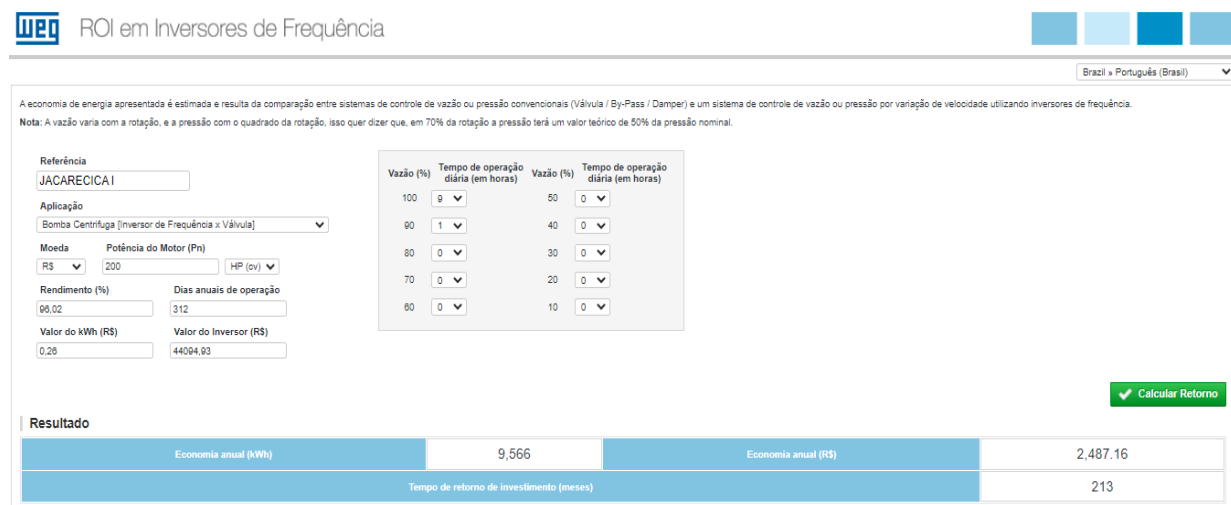
Sendo assim, a economia com a substituição dos conjuntos de motobombas e a implementação dos inversores chega a ser de 310.377,94 kWh. Por fim, é possível afirmar que os resultados obtidos foram positivos.

Figura 19 – Software WEG para motores.



Fonte: WEG3 (2022).

Figura 20 – Software WEG para inversores.



Fonte: WEG4 (2022).

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho propôs a implementação de um sistema de automação para a estação de bombeamento do perímetro irrigado Jacarecica I, buscando a redução de custos com energia elétrica. Para o desenvolvimento deste trabalho, foi utilizado os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de engenharia mecatrônica, como automação, instrumentação, elementos de máquinas, eletrônica, e integração de ferramentas para simulações em softwares, etapas que foram fundamentais para o êxito.

Baseando-se nas informações coletadas do sistema de bombeamento de água atual, foi possível identificar quais eram os principais problemas de funcionamento do sistema, e após a verificação desses dados foram definidos os materiais e os métodos utilizados para aplicação do sistema de automação.

Como todo o sistema foi aplicado teoricamente e em simulação, foi possível analisar os dados obtidos com os cálculos da substituição dos motores e aplicação dos inversores. Pode-se concluir que os resultados obtidos estão de acordo com os objetivos propostos para este trabalho.

Para trabalhos futuros, possíveis melhorias para o sistema proposto neste artigo podem ser aplicadas, como adicionar uma IHM (Interface Homem-Máquina) para visualização de todo o processo de automação, e facilitando possíveis alterações no sistema feita pelo operador na própria IHM.

REFERÊNCIAS

BECKER, Marcelo Signorini. **Implementação de controladores lógicos programáveis na irrigação para agricultura com conexão remota a longa distância**. Disponível em: <<https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/6995>>. Acesso em: 04 mar. 2022.

BORGES, Thiago de Souza. **Sistema para automação e manejo da irrigação de baixo custo**. 2021. Disponível em: <<https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/curso2.htm>>. Acesso em: 04 mar. 2022.

CAMPOS, Mayara Soares; DE ALCANTARA, Licinius Dimitri Sá. **Sistema de bombeamento fotovoltaico para irrigação na agricultura familiar**. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, v. 1, n. 1, p. 205-214, 2018. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/742>>. Acesso em: 04 de abr. de 2022.

CIRINO, ÍTALO CÉSAR VIEIRA. **ESTUDO PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE DAS BOMBAS DO POÇO DE DRENAGEM E ESGOTAMENTO, ATRAVÉS DOS SUPERVISÓRIOS DA SALA DE CONTROLE DA PCH AREIA BRANCA**. 2017. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/123456789/373>>. Acesso em: 10 de abr. de 2022.

COSTA, Hugo Miguel Carvalho da. **Atuador e controle em sistemas de irrigação agrícola**. 2014. Tese de Doutorado. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1822/41892>>. Acesso em: 29 de abr. de 2022.

FERREIRA, Laura Dias et al. **Análise comparativa de metodologias para a determinação da vazão em sistemas de bombeamento de água**. 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/22996>>. Acesso em: 08 mar. 2022.

- 1 FIALHO, Arivelto Bustamante; **Automação hidráulica: projetos, dimensionamento e**
 2 **análise de circuitos**. 6ª. ed. rev. e atual. São Paulo: Érica, 2011.
 3
- 4 GONÇALVES, César Rennó et al. **Unidade de controle e automação para gestão de**
 5 **sistemas de irrigação utilizando energia solar e Redes IEEE 802.11**. 2016.
 6
- 7 HINOKUMA, Lucas Minoru Rinaldo. **Projeto de um sistema para monitoramento de**
 8 **umidade do solo e automação de sistema de irrigação por aspersão**. 2019. Trabalho de
 9 Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em:
 10 <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/24560>>. Acesso em: 10 de abr. de 2022
 11
- 12 IFM, Ifm electronic. **Pesquisa sobre sensor de vibração**. 2022. Disponível em: <
 13 <https://www.ifm.com/br/pt/shared/company/ifm-at-a-glance/sobre-nos>>. Acesso em: 30 de
 14 abr. de 2022
- 15 KSB, Ksb Se & Co. **Pesquisa sobre bombas hidráulicas**. 2022. Disponível em:
 16 <<https://www.ksb.com/pt-br/lc/products/bomba/bomba-multicelular/multitec/M07A>>. Acesso
 17 em: 01 de mai. de 2022.
 18
- 19 LIMA, J. E.; LIMA, W.; SCALIA, R.; FERREIRA, A.; CHRISTOFIDIS, D. **O uso da**
 20 **Irrigação no Brasil**. 2019.
 21
- 22 MATHIAS, Artur Cardozo. **Industriais Segurança Controle Válvulas. Tipos, Seleção e**
 23 **Dimensionamento**. 2ª. ed. rev. e atual. São Paulo: Artliber, 2014.
 24
- 25 MERCATO, Mercado automação. **Pesquisa sobre atuadores elétricos**. 2022. Disponível
 26 em: <<https://www.mercatoautomacao.com.br/>>. Acesso em: 30 de abr. de 2022
 27
- 28 MONTEIRO, Anne Caroline Linhares et al. **APLICAÇÃO DE UM CONTROLADOR PID**
 29 **PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM SISTEMAS DE**
 30 **ABASTECIMENTO DE ÁGUA**. 2016. Disponível em:
 31 <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/X-007.pdf>>. Acesso em: 06 mar. 2022.
 32
- 33 MORAES, Cicero Couto de; CASTRUCCI, Plinio de Lauro. **Engenharia de automação**
 34 **industrial**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Editora Ltc, 2010.
- 35 MUNIZ, Lucas Rocha. **Internet das coisas na agricultura moderna: estudo da**
 36 **integração entre automação e sensoriamento no cultivo de frutos no nordeste**
 37 **brasileiro**. 2021. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/61755>>. Acesso
 38 em: 06 mar. 2022.
 39
- 40 NIVETEC, Nivetec Instrumentação e Controle. **Pesquisa sobre sensor de nível**. 2022
 41 Disponível em: <[https://www.nivetec.com.br/produto/transmissor-de-nivel-ultrassonico-](https://www.nivetec.com.br/produto/transmissor-de-nivel-ultrassonico-easytrek/)
 42 [easytrek/](https://www.nivetec.com.br/produto/transmissor-de-nivel-ultrassonico-easytrek/)>. Acesso em: 30 de abr. de 2022.
 43
- 44 OMEGA, Omega spectris company. **Pesquisa sobre sensor de vazão**. 2022. Disponível
 45 em: <<https://br.omega.com/pptst/FMG480.html>>. Acesso em: 30 de abr. de 2022
 46
- 47 PETRUZELLA, Frank D. **Controladores lógicos programáveis**. AMGH Editora, 2014.
 48
- 49 PONTES, Andrezza Graziella Veríssimo; RIGOTTO, Raquel Maria; SILVA, Jennifer Vale.
 50 **Necessidades de saúde de camponeses em conflito ambiental frente à instalação de**
 51 **Perímetros Irrigados**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 23, p. 1375-1386, 2018. Disponível em:
 52 <<https://www.scielo.br/j/csc/a/KRpMQGVsQNR7KDvRqZJr5pJ/abstract/?lang=pt>>. Acesso
 53 em: 04 mar. 2022.
 54

- 1 RAIN BIRD, Rain Bird Corporation. **Pesquisa sobre sensor de chuva.** 2022. Disponível
2 em: <<https://www.rainbird.com.br/>>. Acesso em: 30 de abr. de 2022
3
- 4 SCAPIN, Bruno Alvarez. **Eficiência energética em sistemas de irrigação pós-**
5 **bombeamento.** 2019. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/212330>>.
6 Acesso em: 08 mar. 2022.
7
- 8 SCHNEIDER, Schneider Electric 's. **Pesquisa sobre CLP.** 2022. Disponível em:
9 <[https://www.se.com/br/pt/product/SR3B261FU/rel%C3%A9-inteligente-modular-com-](https://www.se.com/br/pt/product/SR3B261FU/rel%C3%A9-inteligente-modular-com-display-com-rel%C3%B3gio-16-entradas-10-sa%C3%ADdas-digitais-100-240-vac-sr3b261fu/)
10 [display-com-rel%C3%B3gio-16-entradas-10-sa%C3%ADdas-digitais-100-240-vac-](https://www.se.com/br/pt/product/SR3B261FU/rel%C3%A9-inteligente-modular-com-display-com-rel%C3%B3gio-16-entradas-10-sa%C3%ADdas-digitais-100-240-vac-sr3b261fu/)
11 [sr3b261fu/](https://www.se.com/br/pt/product/SR3B261FU/rel%C3%A9-inteligente-modular-com-display-com-rel%C3%B3gio-16-entradas-10-sa%C3%ADdas-digitais-100-240-vac-sr3b261fu/)
12 >. Acesso em: 25 abr. 2022.
13
- 14 SILVA, João Pablo Santos da. **Modelo de sistema de automação aplicado à operação de**
15 **redes de abastecimento hídrico.** 2019. Dissertação de Mestrado. Brasil. Disponível em:
16 <<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/27502>>. Acesso em: 10 mar. 2022.
17
- 18 SOUZA, Jonas Ribeiro. **Análise de vida útil de válvulas de segurança industriais após**
19 **reparo.** 2019. Disponível em:
20 <http://repositoriosenaiba.fieb.org.br/bitstream/fieb/1161/1/Jonas_ok.pdf>. Acesso em: 24 de
21 abr. de 2022
22
- 23 SUZUKI, Marcelo Akira. **Automação de sistemas de irrigação.** Disponível em:
24 <<https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/curso2.htm>>. Acesso em: 18 abr. 2022.
25
- 26 TESTEZLAF, R. **Irrigação: Métodos, Sistemas e Aplicações.** Faculdade de Engenharia
27 Agrícola Universidade Estadual de Campinas. CAMPINAS, 2017. Disponível em:
28 <[https://www.feagri.unicamp.br/irrigacao/index.php?option=com_attachments&task=downloa](https://www.feagri.unicamp.br/irrigacao/index.php?option=com_attachments&task=download&id=47)
29 [d&id=47.](https://www.feagri.unicamp.br/irrigacao/index.php?option=com_attachments&task=download&id=47)> Acesso em: 13 mar. 2022.
30
- 31 THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro U. B. de. **Sensores Industriais:**
32 **fundamentos e aplicações.** 8ª edição revisada e atualizada. São Paulo: Érica, 2011.
33 224p.
34
- 35 USINAINFO, Usinainfo eletrônica e robótica. **Pesquisa sobre sensor de temperatura.**
36 2022. Disponível em: <[https://www.usinainfo.com.br/sensor-termopar/sensor-termopar-tipo-](https://www.usinainfo.com.br/sensor-termopar/sensor-termopar-tipo-k-sensor-termopar-de-temperatura-843.html)
37 [k-sensor-termopar-de-temperatura-843.html](https://www.usinainfo.com.br/sensor-termopar/sensor-termopar-tipo-k-sensor-termopar-de-temperatura-843.html)>. Acesso em: 30 de abr. de 2022
38
- 39 WEG1, WEG S.A. **Pesquisa sobre datasheet do motor W22 IR3.** 2022. Disponível em:
40 <[https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hb7/h10/WEG-w22-motor-trifasico-50025536-](https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hb7/h10/WEG-w22-motor-trifasico-50025536-brochure-portuguese-web.pdf)
41 [brochure-portuguese-web.pdf](https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hb7/h10/WEG-w22-motor-trifasico-50025536-brochure-portuguese-web.pdf)>. Acesso em: 30 de abr. de 2022.
42
- 43 WEG2, WEG S.A. **Pesquisa sobre inversor de frequência.** 2022. Disponível em:
44 <[https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h75/h73/WEG-CFW11M-modular-drive-](https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h75/h73/WEG-CFW11M-modular-drive-10000069136-manual-do-usuario-pt.pdf)
45 [10000069136-manual-do-usuario-pt.pdf](https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h75/h73/WEG-CFW11M-modular-drive-10000069136-manual-do-usuario-pt.pdf)>. Acesso em: 30 de abr. de 2022.
46
- 47 WEG3, WEG S.A. **Pesquisa sobre software de retorno financeiro SEE+.** Disponível em:
48 <<https://www.weg.net/see+/pages/regua.jsp6>>. Acesso em: 24 de mai. de 2022.
49
- 50 WEG4, WEG S.A. **Pesquisa sobre software de retorno financeiro inversor.** Disponível
51 em: <https://ecatalog.weg.net/tec_cat/retornoinvestautomation.asp?cd_mercado=000B#ctrl>.
52 Acesso em: 24 de mai. de 2022.
53
54
55

APÊNDICE

1

2

Figura 19 – Qr-code para anexo do artigo



3

4

Fonte: Autoria própria