

CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLE PARA OUTORGA DE POÇOS ARTESIANOS

MEJIAS, Renato Victor¹
MALUF, Marcio Nassif²

RESUMO

Este artigo apresenta um sistema de controle que, por meio de parametrização de variáveis de controle, permita a atuação em conformidade com legislações estaduais para outorga de poços artesianos. Considerando as recentes crises hídricas no Brasil em 2015 e agora em 2022, evidencia-se a necessidade de aprimoramento do controle de recursos naturais, onde se possa explorar os reservatórios aquíferos sem comprometer sua capacidade de regeneração e reduzindo a pegada ecológica de seu uso, possibilitando assim um futuro sustentável. Neste trabalho propõem-se a construção de um sistema de automação desenvolvido em linguagem *ladder* utilizando o software *Studio Logix 5000* e CPU virtual *Studio Emulate 5000*, ambos da *Rockwell*, para controle de vazão respeitando-se a capacidade operacional outorgada dos poços, tais como nível crítico, tempo de descanso, vazão nominal, entre outros.

Palavras-chave: outorga; poços artesianos; automação.

1 INTRODUÇÃO

Estima-se que a massa total de água no planeta seja de aproximadamente 265.400 trilhões de toneladas e que deste total, apenas 0,5% sejam de água que possa ser diretamente aproveitada pela humanidade (BRAGA; HESPANHOL; et al., 2005).

¹ Aluno do curso de Bacharelado em Engenharia da Computação da UNINTER.

² Professor orientador, Mestre em Engenharia Elétrica pela UFPR.

Artigo de Trabalho de Conclusão de Curso entregue como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Engenharia da Computação ao Centro Universitário Internacional UNINTER, São Caetano do Sul – SP, 2022.

Os recursos hídricos têm se tornado cada vez mais escassos e é responsabilidade nossa como habitantes deste planeta usarmos com sabedoria. A água, além do consumo próprio, é muito utilizada nas indústrias para diversas finalidades, tais como arrefecimento de equipamentos, limpeza de linhas produtivas, formulação de produtos no setor alimentício etc.

A gestão dos recursos hídricos no Brasil é regulada pela Lei Federal nº 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Um dos pontos que trata a Lei Federal nº 9.433/97 é a outorga de direito de uso, cujos critérios e procedimentos são definidos pelas autoridades gestoras da bacia hidrográfica (BRASIL, 1997).

Segundo Roedel (2017) apud Costa (2009), para que o processo de outorga ocorra conforme especifica a Lei Federal nº 9.433/97, é necessária uma sinergia entre questões técnicas (hidrologia, hidráulica, ecológica, qualidade ambiental, etc), legais (competências, direito e responsabilidade dos usuários, etc) e políticas (mobilização social, acordo entre setores e governos para o desenvolvimento integrado e sustentável da bacia, articulação institucional, etc).

Com os recursos tecnológicos atuais, pode-se construir sistemas de controle automatizados que garantam um funcionamento sustentável dos poços artesianos para que não haja um consumo excessivo dos lençóis freáticos, levando os poços a um ponto sem volta onde novos poços precisem ser explorados.

Neste trabalho, a proposta é desenvolver um sistema automatizado usando de Controlador Lógico Programável (CLP) e um sistema de supervisão para monitoramento do processo. A ideia é um sistema altamente parametrizável onde o administrador do sistema possa definir valores como nível crítico, vazão máxima, tempo de descanso etc.

A inspiração para este trabalho surgiu em virtude da atual situação que o país passa, onde crises hídricas tem se tornado uma constante, desta maneira, enxerga-se a importância de sistemas inteligentes para que no futuro possa-se evitar desperdícios e contribuir para um futuro mais sustentável (PEDROSA, 2018). A proposta deste artigo é ampliar o entendimento dessas questões, bem como construir um sistema que possa ser adaptado a legislações locais e vindouras.

Este trabalho tem o objetivo de desenvolver um sistema de controle para o controle de poços artesianos com base nas parametrizações ingressadas pelo administrador do sistema.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Automação industrial

Segundo Groover (2010), a automação pode ser definida como a tecnologia por meio da qual um processo ou procedimento é alcançado sem assistência humana. Utiliza-se um programa de instruções em conjunto com um sistema que controla e executa tais instruções. A automação de um processo precisa de energia, não apenas para conduzir o processo, mas também para operar o programa e o sistema de controle. A automação está diretamente associada às indústrias de produção.

2.2 Controladores lógicos programáveis (CLP)

Usa-se controladores lógicos programáveis há mais de 50 anos e é um dos dispositivos mais comuns para controlar e automatizar processos na indústria. Os projetos com CLPs adotaram simbologias utilizadas em projetos convencionais, baseados em relés, utilizando de elementos da tecnologia digital, que até este momento era utilizada basicamente na implementação de sistemas computacionais (SOUZA; CUGNASCA, 2007).

Segundo Souza e Cugnasca (2007) a linguagem mais tradicional utilizada na programação de CLPs é a *ladder*, sendo que sua utilização não requer grandes conhecimentos de programação de computadores, sendo passível dos próprios engenheiros ou técnicos em automação implementá-la no desenvolvimento de projetos para controle de manufatura.

Ainda segundo Souza e Cugnasca (2007), um CLP é um computador projetado especificamente para atividades industriais. Os principais componentes de um CLP são:

- Unidade Central de Processamento (UCP ou do inglês CPU)
- Memória
- Entradas e Saídas
- Fonte de alimentação

A Figura 1 detalha a estrutura típica de um CLP.

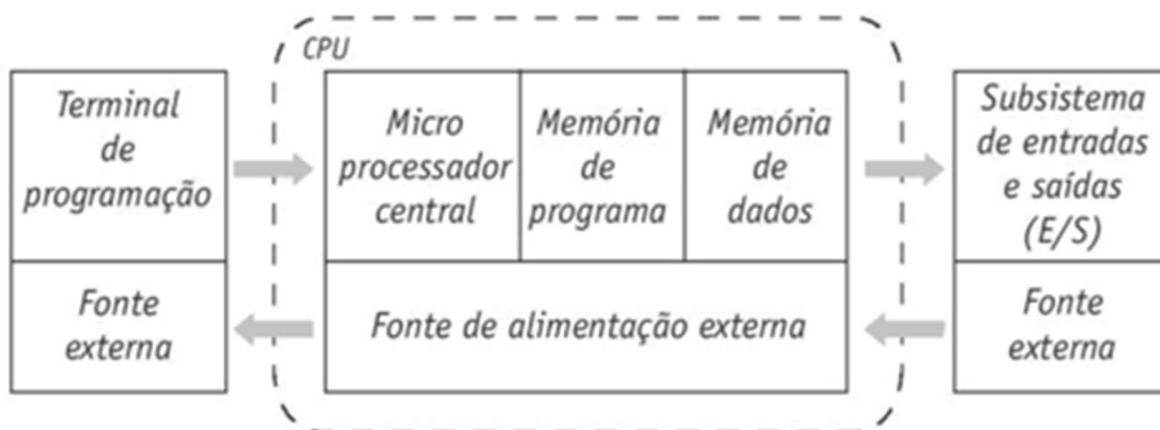


Figura 1: Estrutura de um CLP típico

Fonte: (Souza; Cugnasca, 2007)

2.3 Sistemas supervisórios

Os sistemas SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), em português conhecidos como Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados, servem para monitorar e/ou controlar o processo em tempo real através de *drivers* de comunicação específicos.

Segundo a empresa Eclipse (2019), atualmente, os sistemas de automação industrial valem-se da computação e tecnologias de comunicação para automatizar a monitoração e controle dos processos, coletando dados, as vezes em outras partes do

planeta e por fim apresentando-os para o usuário final através de uma interface gráfica amigável (interface homem máquina).

Os sistemas SCADA utilizam *tags* que são as variáveis numéricas ou alfanuméricas envolvidas na aplicação e com elas pode-se realizar operações computacionais, tais como matemáticas, lógicas, vetores, texto etc., ou representar pontos de entrada/saída dos elementos controlados. Essas variáveis podem ser diversos tipos de grandezas físicas como temperatura, vazão, condutividade, nível etc. (ECLIPSE, 2019).

A Figura 2 detalha os elementos de um sistema supervisório.

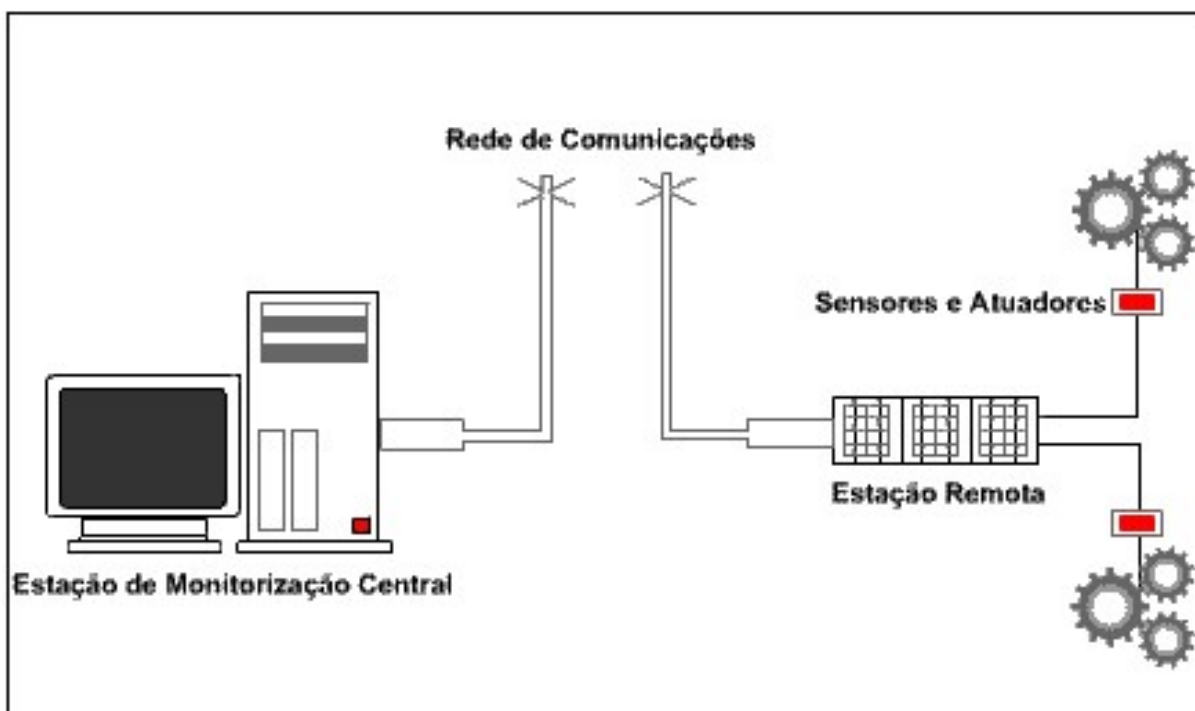


Figura 2: sistema de supervisão e controle

Fonte: (ECLIPSE, 2019)

2.4 Instrumentação

A instrumentação consiste em um sistema de medição que se trata de um conjunto de dispositivos (sensores, circuitos, cabos, visores, equações, programas de

computador etc.) cujo objetivo é fornecer informações sobre o valor da grandeza física que está se medindo (AGUIRRE, 2013).

Pode-se representar um instrumento como sendo um elemento que possui uma entrada que se deseja medir e a saída é a indicação fornecida pelo instrumento, conforme apresentado na Figura 3.

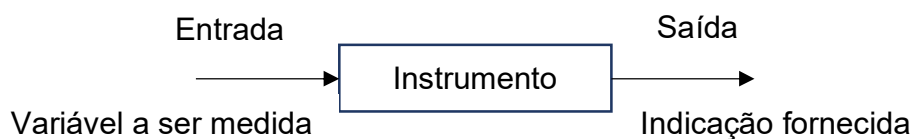


Figura 3: Representação ideal de entrada e saída de um instrumento

Fonte: (AGUIRRE, 2013)

3 METODOLOGIA

3.1 Outorga em poços artesianos

Quando se trata da gestão de recursos hídricos, um importante instrumento regulatório é a outorga do direito do uso da água, que remete a um ato administrativo de autorização, na qual o poder público outorgante faculta ao outorgado previamente ou mediante o direito de uso do recurso hídrico por um determinado prazo, nos termos e condições expressas no respectivo ato, considerando as legislações vigentes (Roedel, 2017 apud CNRH, 2001).

É importante ressaltar que cada estado e/ou país tem suas regras para a outorga de recursos hídricos. Apenas para citar o Estado de São Paulo, existem duas leis, um decreto e uma instrução técnica que determinam as regras de outorga, conforme especificado no Tabela 1.

Tabela 1 – Critérios de outorga – legislação do estado de SP

São Paulo	Lei nº. 6.134/88	Estudos geológicos para avaliação das reservas e do potencial dos recursos hídricos
	Lei nº. 7.663/91	Potencialidade Hídrica do aquífero total e real
	Decreto nº. 41.258/96	Teste de produção escalonado, em três etapas, com duração de uma ou mais horas
	DAEE - Instrução técnica DPO no. 006	Aspectos Qualitativos das Águas Subterrâneas

Fonte: Roedel, 2017.

Não existe uma regra única e abrangente para os critérios técnicos da outorga, pois existem diferentes opiniões e pontos de vista do que se deve considerar como eficiente. Também, a Lei Federal nº 9.433/97, não especifica os aspectos técnicos a serem observados. Segundo Roedel (2017) apud Costa (2009), os critérios técnicos para a outorga de águas subterrâneas são os seguintes:

- Percentual de vazão média dos poços do aquífero
- Percentual da vazão do poço
- Vazão de base da drenagem superficial
- Rebaixamento disponível
- Vazão de segurança
- Análise qualitativa dos dados de ensaios de bombeamento

Para a proposta deste artigo, usa-se os parâmetros supracitados para o sistema proposto.

3.2 Sistema SCADA

O sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) utilizado para este projeto é o *FTView Studio SE V11*, da fabricante *Rockwell Automation*.

Este sistema supervisorio permite a construção de telas com comunicação em tempo real com o controlador através de um *driver* de comunicação, também chamado de OPC que é acrônimo de “*Open Platform Communications*” ou em português “Plataforma Aberta de Comunicação”. Para melhor compatibilidade usaremos o próprio OPC da Rockwell para estabelecer esta comunicação, o *FTLinx Enterprise*.

O sistema supervisorio também permite a gravação de dados para futura visualização e gerar informação para soluções inteligentes como *big data*. Para o propósito deste artigo, usar-se-á a solução embutida na ferramenta, o *LogData*.

3.3 Controlador lógico programável

O CLP (controlador lógico programável) que será utilizado neste trabalho é um emulador de CPU da *Rockwell Automation*, o *Studio Emulate 5000*. O custo para utilizar um controlador real seria muito elevado, portanto decidiu-se usar um simulador que detém as mesmas características.

O *Studio Emulate 5000* se comunica através do OPC *FTLinx Enterprise* e com isso pode-se estabelecer comunicação com o sistema supervisorio desenvolvido para este projeto.

3.4 Componentes

Para os propósitos deste artigo, não serão utilizados componentes físicos, pois além do preço elevado, não se dispõem de um poço para os devidos testes, porém descrever-se-á os itens necessários para a sua construção, bem como opções de

mercado. É digno de nota que as especificações de cada componente variam de acordo com um estudo prévio que se faz necessário.

Conforme mencionado no item 3.1, diversos parâmetros precisam ser levados em consideração e para atender isto, faz-se necessários os seguintes componentes:

- Transmissor de nível para a profundidade do poço
- Transmissor de vazão magnético
- Bomba para bombear a água
- Variador de frequência para controlar a velocidade da bomba

Deve-se levar em consideração as dimensões do poço para a escolha mais apropriada dos componentes necessários. Este artigo apresentará opções de mercado para cada um dos itens supracitados.

3.4.1 Transmissor de nível

Em um trabalho prático pode-se considerar sensores de medição de nível hidrostático de empresas especializadas, tais como:

- Endress Hauser
- Pepperl Fuchs
- Nivetec
- Vika

3.4.2 Transmissor de vazão magnético

A escolha por um transmissor de vazão magnético é por ele ser o mais apropriado para a medição de líquidos, pois ele é insensível a densidade e viscosidade.

Existem diversas marcas no mercado que atendem a necessidade da proposta deste artigo, entre eles pode-se listar:

- Emerson
- Endress Hauser
- Omega
- Yokogawa

3.4.3 Bomba

Para bombear a água dos poços, faz-se necessário o uso de bombas centrífugas. As bombas precisam ser dimensionadas de acordo com a vazão nominal de trabalho, bem como a profundidade do poço. Outros parâmetros podem se fazer necessários, mas dependerá de um estudo prévio do poço.

Pode-se listar as seguintes opções de mercado

- Grundfos
- Schneider
- Weg
- Thebe

3.4.4 Variador de frequência

A bomba precisará manter uma vazão nominal, então para isso, necessita-se o uso de um variador de frequência para controlar a velocidade da bomba. Será necessário um controle PID (Proporcional – Integral – Derivativo).

Opções de mercado são:

- Danfoss

- Allen Bradley
- Siemens
- ABB

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No início do desenvolvimento o primeiro questionamento é se seria melhor um encapsulamento do código do poço ou se seria melhor um código único e replicável para cada poço.

Os CLPs da família 5000 da Rockwell contam com um recurso chamado *Add on Instruction*, que permite encapsular o código. A principal vantagem disso seria um código mais simples e a economia do consumo de memória, porém caso haja necessidade de alguma personalização de algum poço, exigiria uma parada completa da planta para descarregar as modificações, uma vez que as CPUs da Rockwell não permitem alterações em encapsulamentos enquanto não parar a execução.

Criando-se uma rotina para cada poço se mostrou a opção mais viável e segura, pois pode-se fazer alterações durante a execução sem necessidade de parada.

O sistema foi construído planejando-se inicialmente 6 poços, porém o código é altamente replicável para mais, pois a estrutura básica deles é a mesma.

A figura 4 apresenta a visualização da tela de comando.

Para que a outorga esteja dentro dos parâmetros aceitáveis para as legislações federais, estaduais e municipais, a Figura 5 apresenta uma tela de parâmetros para garantir uma outorga sustentável.

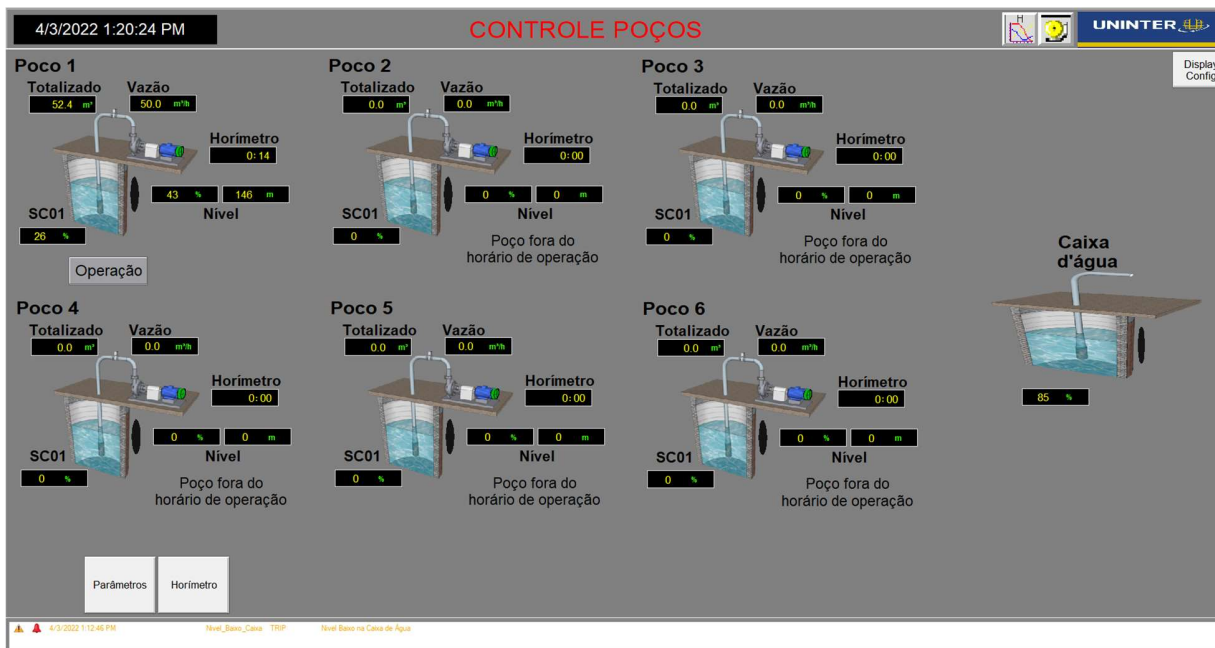


Figura 4: tela de comando

Fonte: o próprio autor

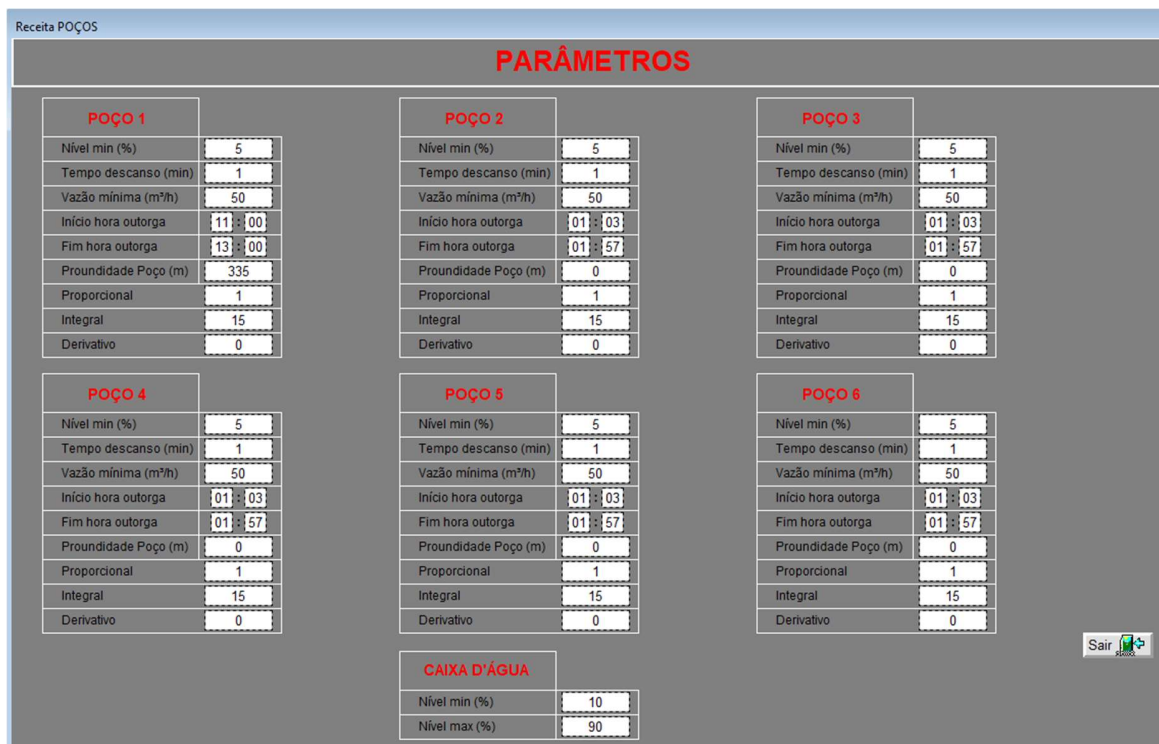


Figura 5: parametrização da outorga

Fonte: o próprio autor

Para uma melhor visualização dos tempos de funcionamento dos poços, construiu-se uma tela com os horímetros, conforme pode ser visto na Figura 6.

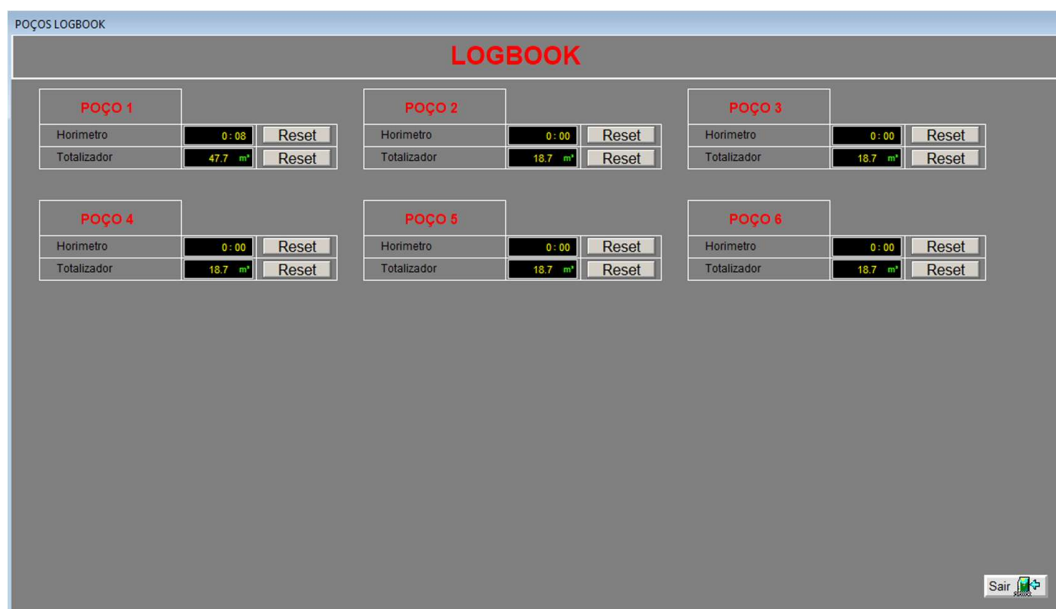


Figura 6: horímetro para controle de tempo de bomba ligada

Fonte: o próprio autor

Foi-se construído um sistema de gráficos de vazão, velocidade de bomba e nível dos poços para referências futuras e elemento em caso de eventual fiscalização.



Figura 7: gráficos dos instrumentos

Fonte: o próprio autor

O código desenvolvido foi concebido em linguagem *ladder* por ser de simples interpretação, o que facilita eventual manutenção por parte do cliente final. Para manter uma organização, para cada poço criou-se um “programa” e para cada programa, três rotinas para realizar os devidos controles, conforme pode ser visto na Figura 8.

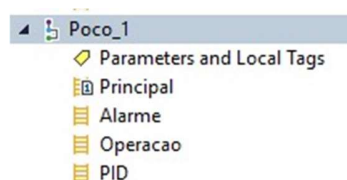


Figura 8: estrutura para cada poço

Fonte: o próprio autor

A rotina “Principal” é responsável por chamar cada rotina. Abaixo será apresentado o código do programa.

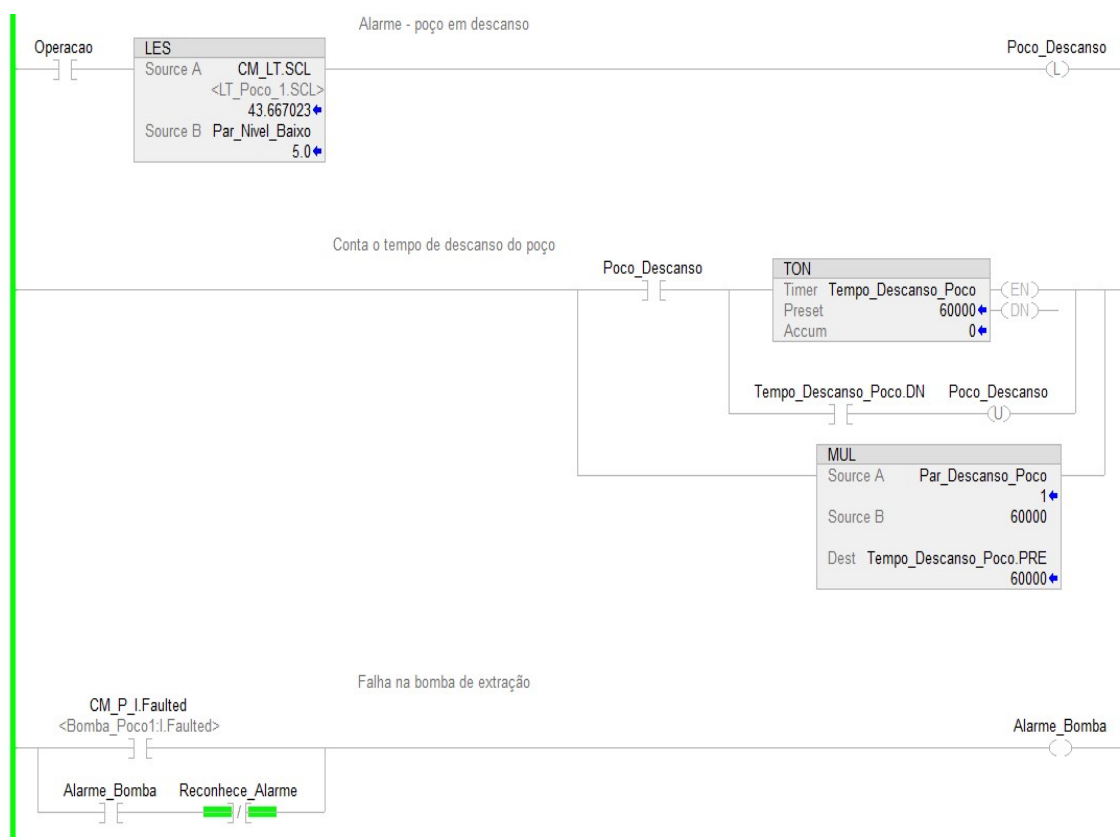


Figura 9: lógica do programa “Alarme”

Fonte: o próprio autor

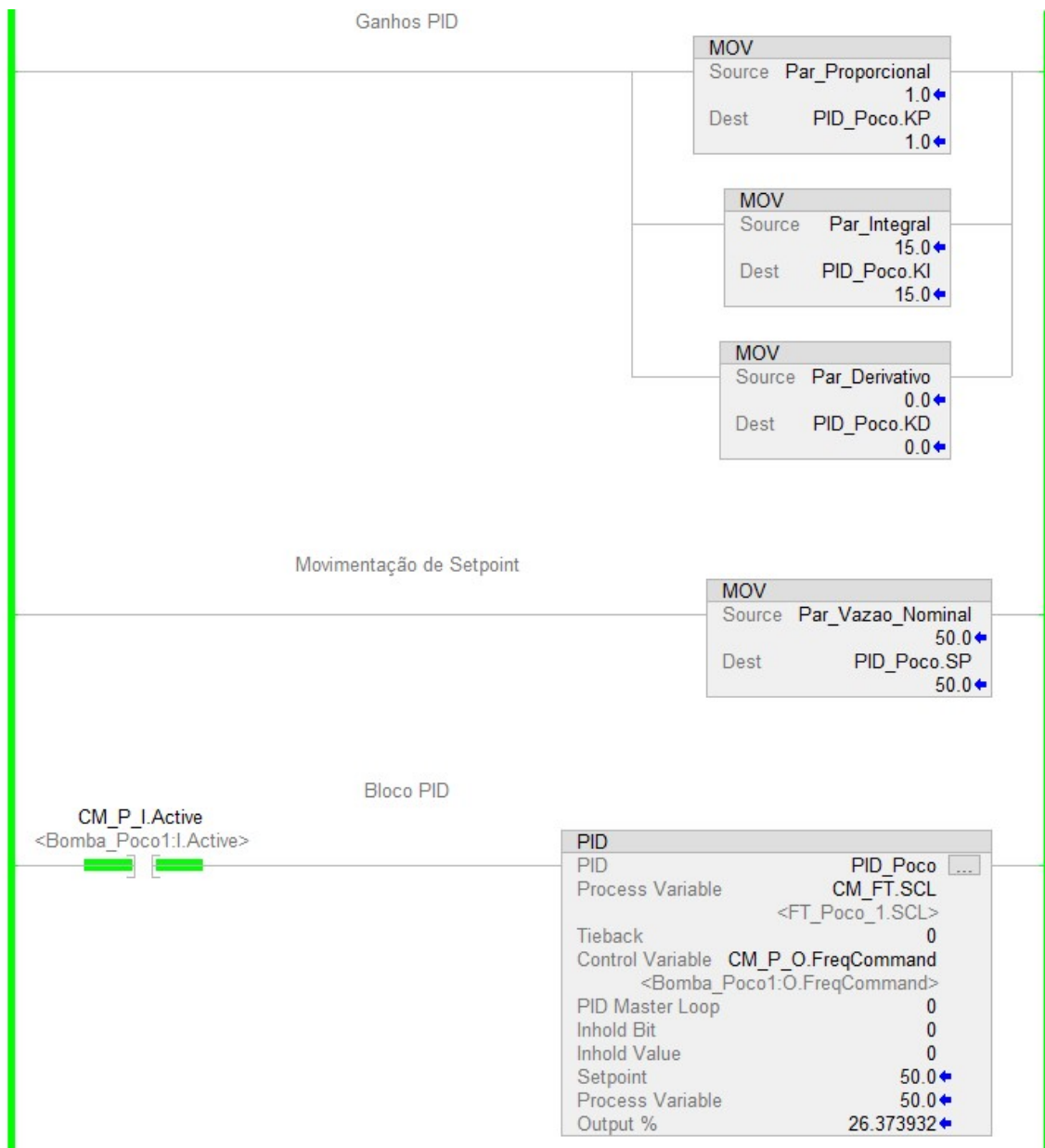


Figura 10: lógica do programa “PID”

Fonte: o próprio autor

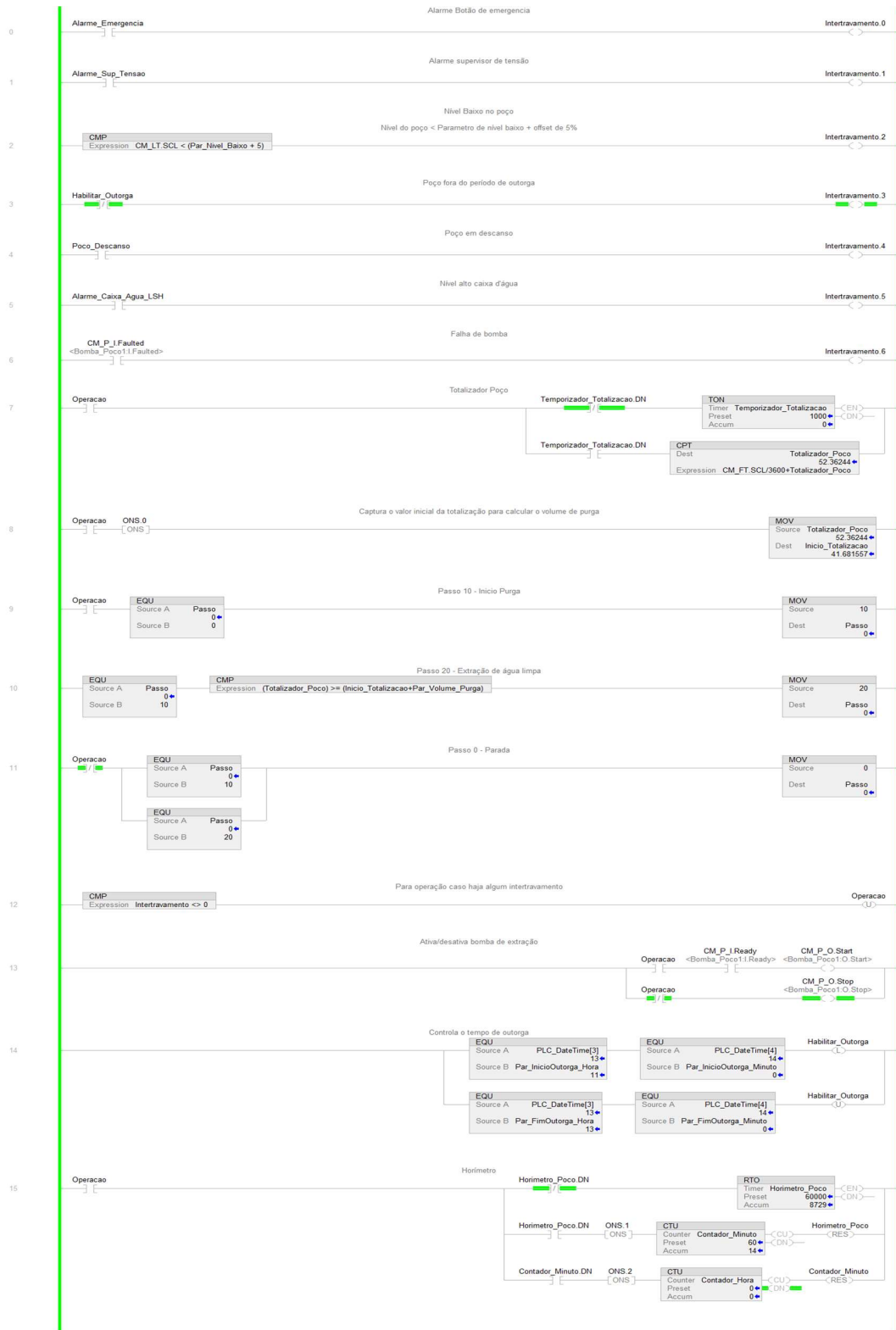


Figura 11: lógica de controle

Fonte: o próprio autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os testes realizados mostram que é possível controlar a outorga dos poços de acordo com parâmetros ótimos que devem ser inseridos no sistema a um nível de administração.

A construção do sistema em linguagem *ladder* permite uma fácil manutenção mesmo por pessoas com poucos conhecimentos em programação, facilitando possíveis personalizações para atender necessidades específicas advindas de algum estudo diferente dos realizados neste artigo.

Apesar de haver um investimento considerável para a automação proposta neste trabalho, os ganhos são consideráveis maiores, principalmente no quesito ambiental, uma vez que os recursos são escassos. Também as indústrias precisam se adequar a possíveis novas legislações que possam surgir, então o quanto antes se adequarem, melhor será.

Para eventuais trabalhos futuros, pode-se considerar o uso de um software com custo menos elevado, viabilizando este nível de automação até mesmo para as pequenas indústrias que tenham dificuldades em comprar e manter um sistema de custo mais elevado, como é o caso deste trabalho. Também pode-se estudar a implementação de um sistema de relatórios e associação de dados (*Big Data*) para relatórios inteligentes (*BI*).

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, L. **Fundamentos de Instrumentação**. 1ª Edição, São Paulo: Editora Pearson Education do Brasil, 2013.

BRAGA, Benedito. Et al. **Introdução a engenharia ambiental**. 2ª Edição, São Paulo: Editora Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL, 1997. **Lei no 9.433 de 08 de janeiro de 1997**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 07 de novembro de 2021.

ECLISE. Eclipse Knowledgebase, 2019. **O que são sistemas supervisórios**. Disponível em < <https://kb.elipse.com.br/o-que-sao-sistemas-supervisorios/>>. Acesso em: 12 de novembro de 2021.

GROOVER, M. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. 3ª Edição, São Paulo: Editora Pearson Education do Brasil, 2010.

PEDROSA, Valmir de Albuquerque. **Conceitos e soluções para a crise hídrica: inovações e construção de pactos**. 2018. 169 f. Tese Acadêmica (Concurso para Professor Titular: Classe E) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

ROEDEL, R. M. **Proposição de critérios técnicos para a outorga de águas subterrâneas. Estudo de casa: Polo industrial de Camaçari**. Tese de mestrado – Universidade Federal da Bahia. Bahia. 2017

SOUZA, L.; CUGNASCA C. **Enciclopédia de automática Volume 1**. 1ª Edição, São Paulo: Editora Blucher, 2007.