

## **XII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA**

Itapetininga, 19, 20 e 21 de maio de 2026

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

*Campus Itapetininga*

### **Controlador Automático de Nível Plug-and-Play: Projeto e Implementação com Portas NAND**

Luiz dos Santos Menino Neto – PIBIC/IFSP<sup>1</sup>

Arthur Zana Côrtes – PIBIC/IFSP<sup>1</sup>

Prof. Dr. João Domingos Augusto dos Santos Pereira - IFSP<sup>2</sup>

Prof. Dr. Denis Cesar Mosconi Pereira - IFSP<sup>3</sup>

#### **Introdução**

O controle de nível de líquidos é uma aplicação relevante da automação, presente em sistemas de abastecimento, reservatórios agrícolas, processos industriais e estações de tratamento, com a função de manter o fluido em limites seguros, assegurando disponibilidade, evitando transbordamentos e prevenindo danos a equipamentos. As soluções tradicionais utilizam Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) e sistemas eletromecânicos com relés que, embora eficientes, apresentam limitações como alto custo, maior complexidade de instalação e consumo energético. Alternativamente, o uso de sensores discretos reduz custos, porém sistemas com um único sensor tendem à instabilidade devido à comutação frequente, enquanto a adoção de dois sensores, para níveis mínimo e máximo, introduz histerese, aumentando a estabilidade e a confiabilidade. Nesse contexto, encontra-se em desenvolvimento um protótipo baseado em portas lógicas NAND, como alternativa de baixo custo, robustez e simplicidade.

#### **Objetivo**

Desenvolver um sistema de controle automático de nível de baixo custo, baseado exclusivamente em portas lógicas NAND, capaz de operar com dois sensores discretos e realizar o acionamento eficiente de uma bomba, garantindo confiabilidade, simplicidade de implementação e independência de programação ou mão de obra especializada.

#### **Metodologia**

O desenvolvimento deste projeto baseia-se na necessidade de soluções de controle de nível de baixo custo, simples e robustas (ABDULWAHHAB, 2023; PRUDENTE, 2011). A metodologia inicia-se com levantamento bibliográfico e análise de soluções existentes — como relés, temporizadores, microcontroladores e sensores convencionais — visando identificar limitações de custo, complexidade e exigência técnica (BAND; ANYASI, 2014; PRUDENTE, 2011; DAS et al., 2017). Diante da lacuna por alternativas mais acessíveis, realiza-se o estudo de portas lógicas NAND, escolhidas por sua universalidade na implementação de funções lógicas (TOCCI; WIDMER; MOSS, 2011; ELECTRONICSHUB,

---

<sup>1</sup>Estudante do curso de Engenharia de Controle e Automação, IFSP – Catanduva/SP. E-mail do primeiro autor: luiz.menino@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>2</sup>Professor Doutor. IFSP – Catanduva/SP. E-mail do autor: joao.pereira@ifsp.edu.br.

<sup>3</sup>Professor Doutor. IFSP – Catanduva/SP. E-mail do autor: denis.mosconi@ifsp.edu.br.

## XII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

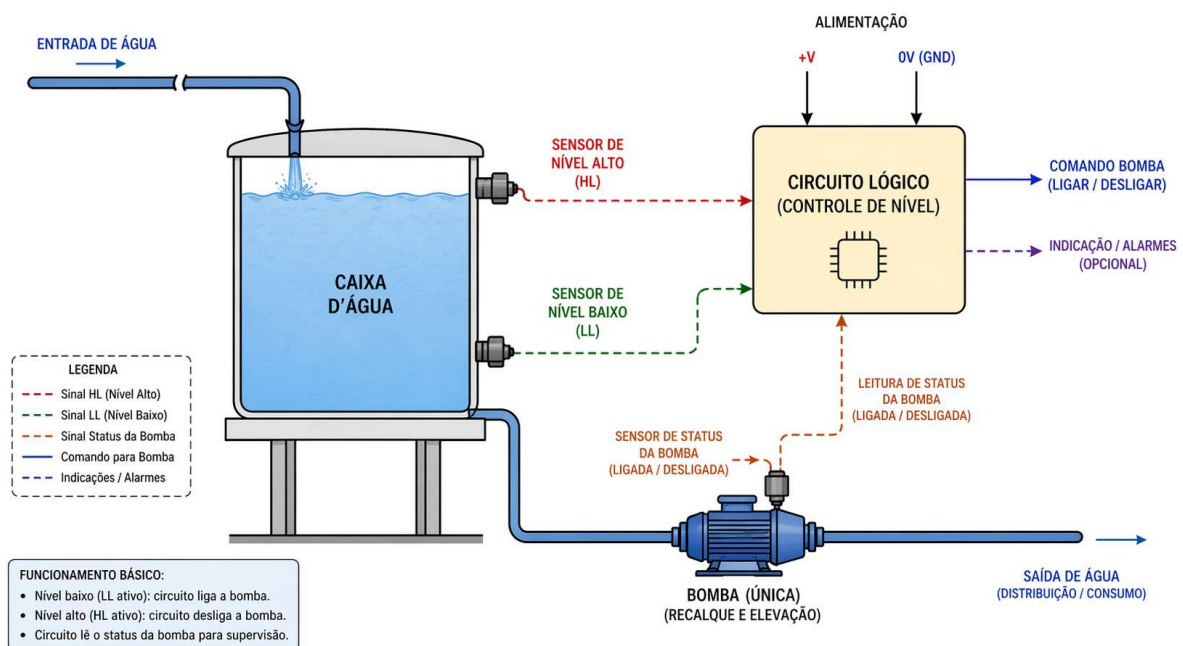
Itapetininga, 19, 20 e 21 de maio de 2026

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Câmpus Itapetininga

2025), evitando o uso de sistemas programáveis ou circuitos complexos (AGIDIKE et al., 2022). O projeto lógico adota controle discreto com dois sensores de nível, introduzindo histerese e aumentando a eficiência do sistema (ISKANDAR et al., 2019). Por fim, definem-se variáveis, elabora-se a tabela-verdade e obtém-se a expressão booleana, simplificada por álgebra booleana e mapas de Karnaugh para redução de custo e complexidade (MANO; CILETTI, 2017). A partir disso, são definidas as variáveis de entrada e saída, seguida da construção da tabela-verdade representativa do comportamento desejado. Com base nessa tabela, deriva-se a expressão booleana do sistema, posteriormente simplificada por meio de álgebra booleana e mapas de Karnaugh, com o objetivo de minimizar o número de portas lógicas e, conseqüentemente, reduzir custo e complexidade do circuito (MANO; CILETTI, 2017).

Figura 1 – Esquemático do controlador de nível.



A Figura 1 apresenta a representação do circuito lógico combinacional do sistema, destacando as variáveis de entrada correspondentes aos sensores de nível alto (HL) e nível baixo (LL), bem como a variável associada ao estado da bomba (P). A partir dessa modelagem, define-se o comportamento lógico necessário para o controle automático do nível, estabelecendo as condições de acionamento e desligamento da bomba.

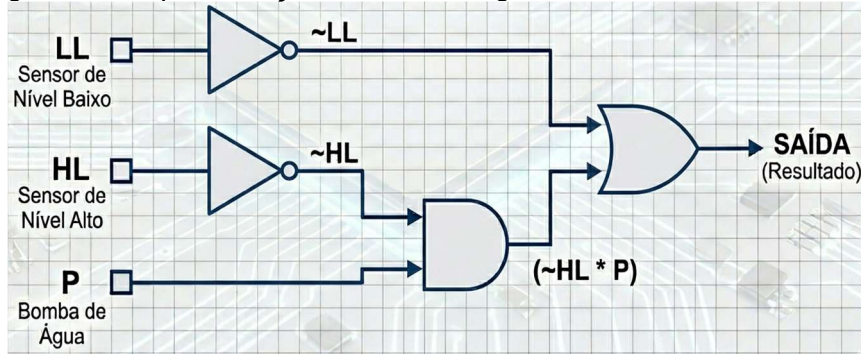
## XII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 19, 20 e 21 de maio de 2026

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Câmpus Itapetininga

Figura 2 – Representação do circuito lógico combinacional do sistema



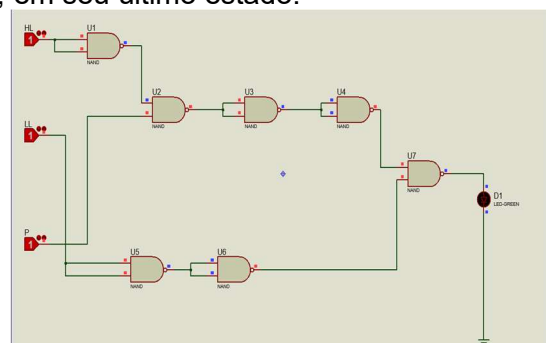
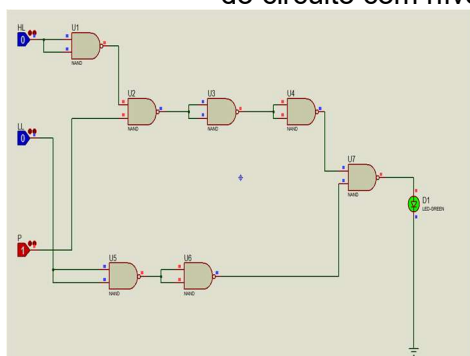
A Figura 2 apresenta a representação do circuito lógico combinacional do sistema, destacando as variáveis de entrada correspondentes aos sensores de nível alto (HL) e nível baixo (LL), bem como a variável associada ao estado da bomba (P). A partir dessa modelagem, define-se o comportamento lógico necessário para o controle automático do nível, estabelecendo as condições de acionamento e desligamento da bomba.

Tabela 1 – Tabela-verdade do sistema

HL	LL	P	S
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	X
1	0	1	X
1	1	0	0
1	1	1	0

Com base nas variáveis apresentadas na Figura 2, procede-se à elaboração da Tabela 1, que descreve todas as combinações possíveis dos estados dos sensores e da bomba, bem como a respectiva resposta do sistema. Essa tabela-verdade constitui a base para a definição do comportamento lógico do controlador. Em seguida, o circuito é submetido a simulações computacionais em ambientes como Proteus, permitindo a análise do desempenho do sistema em diferentes condições operacionais. Essa etapa é essencial para verificar aspectos críticos apontados na literatura, como susceptibilidade a ruídos, atrasos de propagação e falhas nos sensores, fatores que podem comprometer a confiabilidade de sistemas discretos (RAO et al., 2021; GETU; ATTIA, 2016).

Figura 3 – (a) Imagem do circuito no momento de ativação, em seu segundo estado. (b) Imagem do circuito com nível máximo, em seu último estado.



## XII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 19, 20 e 21 de maio de 2026

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Câmpus Itapetininga

(a)

(b)

Figura 4 – Simulação do circuito no software

O circuito apresentado na Figura 2, após a simplificação, é então submetido à simulação computacional, conforme ilustrado na Figura 3. Nessa etapa, são analisadas diferentes condições operacionais, incluindo variações no nível da água, resposta dos sensores e comportamento da bomba. A simulação permite validar a lógica implementada, identificar possíveis falhas e verificar a robustez do sistema antes da construção física.

### Resultados

Até o presente momento, os resultados obtidos a partir das simulações (Figura 3) indicam que a proposta apresenta viabilidade técnica. As simulações preliminares demonstram comportamento consistente da lógica desenvolvida, com funcionamento adequado nas condições previstas e indícios de estabilidade proporcionada pela utilização de dois sensores. Para uma melhor compreensão da simulação, segue a seguir o link de um vídeo com cada estado da tabela: [https://youtu.be/4Ku7g9kIQ\\_0](https://youtu.be/4Ku7g9kIQ_0). Observa-se também potencial para a redução de acionamentos indevidos da bomba, sugerindo eficiência no controle com histerese. As próximas etapas experimentais permitirão a validação prática do sistema, bem como a análise de desempenho frente a ruídos elétricos, variações de alimentação e condições reais de uso.

### Conclusão

O projeto encontra-se em fase de desenvolvimento e apresenta resultados parciais promissores quanto à viabilidade da implementação de um sistema de controle de nível utilizando exclusivamente portas lógicas NAND. A abordagem proposta indica potencial para oferecer uma solução de baixo custo, simples e robusta, capaz de atender a aplicações em contextos com recursos limitados. Espera-se que, com a conclusão das etapas experimentais, seja possível validar plenamente o desempenho do sistema e consolidar sua aplicabilidade prática. Além disso, o trabalho contribui para a formação acadêmica ao integrar conceitos de eletrônica digital, automação e projeto de circuitos, incentivando o desenvolvimento de soluções tecnológicas acessíveis e eficientes.

### Referências

- ABDULWAHHAB, Omar. Using Fuzzy Logic Controller for a Two-Tank Level Control System. *Journal of Engineering*, v. 29, n. 1, p. 13–26, 2023. Disponível em: <https://repository.uobaghdad.edu.iq/>. Acesso em: 12 abr. 2026.
- AGIDIKE, Lawrence Ochonu et al. Design and Construction of an Automatic Water Level Control (AWLC) System. *Taraba Journal of Engineering and Technology (TAJET)*, v. 2, n. 2, p. 1–5, ago. 2022.
- BAND, Erua J.; ANYASI, F. I. Design of an Automatic Water Level Controller Using Mercury Float Switch. *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE)*, v. 9, n. 2, p. 16–21, mar./abr. 2014.
- DAS, Soumya et al. Microcontroller Based Water Level Indicator and Controller. *Asian Journal of Applied Science and Technology (AJAST)*, v. 1, n. 5, p. 181–182, jun. 2017.
- ELECTRONICSHUB. Universal Gates - NAND Gate. Disponível em: <https://www.electronicshub.org/universal-gates/>. Acesso em: 13 abr. 2026.

## **XII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA**

Itapetininga, 19, 20 e 21 de maio de 2026

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

*Campus Itapetininga*

GETU, Beza Negash; ATTIA, Hussain A. Automatic Water Level Sensor and Controller System. American University of Ras Al Khaimah, 2016.

ISKANDAR, Fauzi et al. Design and implementation of water level control for two coupled tank as a simple and low cost apparatus in automatic control engineering education. *Journal of Physics: Conference Series*, v. 1153, 2019. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/>. Acesso em: 18 abr. 2026.

PRUDENTE, F. *Automação industrial PLC: teoria e aplicações - curso básico*. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

RAO, T. Manmadha et al. Automatic Water Level Controller by Using 555IC and Relay. *EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR)*, v. 7, n. 12, p. 264–268, dez. 2021.

TOCCI, Ronald J.; WIDMER, Neal S.; MOSS, Gregory L. *Sistemas digitais: princípios e aplicações*. 11. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.