SISTEMA MICROCONTROLADO PARA MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA

Anselmo Alves Gattermaier1

1Universidade do Vale do Paraíba/Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova - 12244-000 - São José dos Campos-SP, Brasil, [anselmo1.instrumentista@gmail.com](mailto:anselmo1.instrumentista@gmail.com)

## Resumo

Esse projeto tem por objetivo demonstrar habilidades acadêmicas e práticas de aulas de laboratório de eletrônica para a conclusão do curso de Engenharia Elétrica. Esse projeto visa demonstrar essas habilidades e conhecimentos e pretende-se que funcione da seguinte forma: monitoramento contínuo de consumo de água através de um microcontrolador ESP32-WROOM-32 da Espressif em conjunto com instrumentação para telemetria das informações do processo, com auxílio de uma chave de nível para detecção de transbordamento de água, medidor de vazão por efeito *Hall* na tubulação de suprimento de água, sensor de nível do tipo ultrassom no reservatório de água e elemento final de controle, através de uma válvula solenóide, permitindo seccionamento ou a passagem de água conforme os eventos. Esses elementos, devidamente integrados através da tecnologia de *IoT (Internet of Things),* terão a capacidade de informar em tempo real, ao(a) usuário(a)/proprietário(a) da residência, comércio ou prédio público, sobre anormalidades que eventualmente possam ocorrer, e seccionar o fornecimento de água, mitigando assim, os danos materiais na edificação e ônus na conta de água e/ou desperdício de recurso hídrico.

**Palavras-chave**: otimização no uso da água, redução de perdas, preservação do meio ambiente.

**Área do Conhecimento:** Engenharia **subárea:** Engenharia Elétrica

## Introdução

A escassez global de recursos hídricos é uma preocupação significativa, mesmo com o Brasil sendo o maior detentor de água doce do planeta. Essa carência é agravada pela concentração populacional em áreas urbanas e costeiras, levando à falta de água, devido ao tratamento inadequado de esgoto, ineficiência nos serviços públicos de água, e crescimento populacional desenfreado. Para lidar com essa questão, propõe-se um estudo focado no controle do sistema de abastecimento de água, visando evitar o desperdício através da implementação de um sistema microcontrolado, eficaz para monitorar e controlar o consumo. O projeto emprega recursos tecnológicos como microcontroladores, instrumentação avançada e comunicação *Wi-F*i para desenvolver um sistema de controle inteligente, que permita o monitoramento remoto do consumo de água através de *smartphones*.

O objetivo é o gerenciamento eficaz do consumo e detecção de desvios, contribuindo para a conservação dos recursos hídricos e sustentabilidade ambiental.

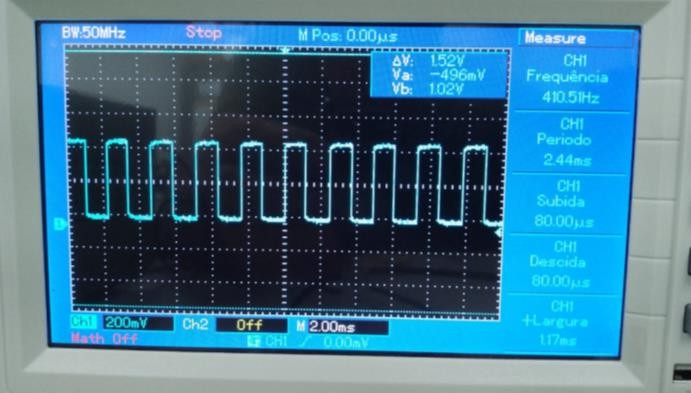
## Metodologia

**Microcontrolador ESP32-WROOM-32** - A princípio, pensou-se em utilizar o microcontrolador ARDUINO UNO, porém, este possui algumas desvantagens como a falta de conectividade *Wi-fi* e *Blooetooth*, apresenta um consumo maior de energia, não possui recursos integrados como conversor analógico-digital, conversor digital-analógico, *GPIOs* (entradas/saídas de propósito geral), podendo simplificar o *design* do circuito e reduzir significativamente a necessidade de placas ou componentes eletrônicos externos. Portanto, escolheu-se o microcontrolador ESP32-WROOM-32 da *Espressif Systems,* por atender melhor os requisitos de um projeto de engenharia.

***FT1* (*Flow Transmitter*, Norma ISA 5.1S)** - Escolheu-se para medição da vazão o sensor YF-S401 por efeito *Hall* devido a este ser compacto, podendo ser demonstrado em uma pequena maquete, pois oferece um custo de 10% de um medidor usado em instalações residenciais que se tornaria muito oneroso para demonstração desse projeto. Foi feito um teste de funcionamento desse medidor através

do uso de um osciloscópio da UNIVAP para visualização e compreensão prática do tipo de sinal gerado durante a passagem de água, que pode ser visto na figura 1.

Figura 1 - Imagem do sinal gerado pelo medidor de vazão



Fonte: o autor no laboratório 5 da ECE da UNIVAP

Esse sinal ocorre com frequência máxima de 400 Hz ou período de 2,5 milisegundos por ciclo, consultando o *data sheet* do fabricante *Sea* a vazão máxima alcançada é de 6 lpm (litros por minuto), o que representa dizer que a cada pulso obtido representa passagem de água que pode ser observada na fórmula (1).

6 𝑙

= 400 𝑝𝑢𝑙𝑠𝑜𝑠 𝑋 60 𝑠𝑒𝑔

=> 6 𝑙

= 24000 𝑝𝑢𝑙𝑠𝑜𝑠

=> 250 𝑋 10−6 𝑙𝑖𝑡𝑟𝑜𝑠 (1);

𝑚𝑖𝑛

𝑠𝑒𝑔

1 𝑚𝑖𝑛

𝑚𝑖𝑛

𝑚𝑖𝑛

𝑝𝑢𝑙𝑠𝑜

***LT1* (*Level Transmitter*, Norma 5.1S)** - Escolheu-se para medição de nível a princípio, o sensor ultrassônico JSN-SR04T à prova d’água, porém, esse demonstrou limitações para uso em reservatórios de protótipo. Ao ser instalado em reservatório de diâmetro de 45 cm, o mesmo apresenta muitos erros e imprecisões na medição. Foi necessária substituição deste por um sensor ultrassônico de modelo a seguir: HY-SRF05 de 5 pinos (*VCC, Trigger, Echo, OUT e GND*), sendo que, para teste, o *OUT* não foi utilizado. Para reservatórios de protótipos, este sensor apresentou resultados satisfatórios, embora demonstrasse pequenos desvios. Os valores podem ser vistos nas tabelas das figuras 2 e 3.

Figura 2 – Tabela de arqueação do reservatório e comissionamento do *LT1*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***LT1*** | **arqueação** | **Méd. Serial Monitor** | **Média Trena** | **Dif.** | **desvio** |
| 0% | 1 litro | 35,70 | 37,10 | 1,40 | 3,77% |
| 10% | 2 litros | 34,10 | 35,40 | 1,30 | 3,67% |
| 20% | 3 litros | 32,90 | 34,60 | 1,70 | 4,91% |
| 30% | 4 litros | 31,90 | 33,10 | 1,20 | 3,63% |
| 40% | 5 litros | 30,10 | 31,70 | 1,60 | 5,05% |
| 50% | 6 litros | 29,10 | 30,40 | 1,30 | 4,28% |
| 60% | 7 litros | 27,80 | 29,10 | 1,30 | 4,47% |
| 70% | 8 litros | 26,40 | 27,80 | 1,40 | 5,04% |
| 80% | 9 litros | 25,00 | 26,40 | 1,40 | 5,30% |
| 90% | 10 litros | 24,20 | 25,20 | 1,00 | 3,97% |
| 100% | 11 litros | 22,80 | 23,90 | 1,10 | 4,60% |

Fonte: o autor

Figura 3 - Comparação de medição eletrônica *versus* medição com uma trena de aço.

Serial Monitor Média Trena

10 11

9

8

7

5 6

4

3

2

1

40.00

35.00

30.00

25.00

20.00

15.00

10.00

5.00

0.00

*Serial Monitor X Trena*

Fonte: o autor

***LSH1* (*Level Switch High*, Norma 5.1S)** - O sensor *reed switch* foi escolhido para chave de nível alto, visando detectar transbordamentos de água em um reservatório. Será aprimorado com um material que flutua com um ímã de neodímio. Este material, devido à sua leveza e mínima interferência no empuxo, permitirá que o atuador flutue na presença de água, garantindo assim seu funcionamento adequado.



WIKA - Level monitoring with flo

<https://www.youtube.com/watch?v=htlo_gUMJQg>

# DESCRIÇÃO E FLUXOGRAMA DE FUNCIONAMENTO DO PROCESSO

**Descrição: QM** e **QD** são registradores de consumo mensal e diário nessa ordem. Ajudam a garantir o monitoramento e visualização para consulta do usuário, da quantidade acumulada de água consumida, registrada pelo sistema. **SPM** é o *set point* mensal, ou seja, a meta máxima de consumo a ser estabelecida, caso o usuário queira controlar o consumo mensal de água. **QM < SPM** é uma estrutura de decisão que analisa se o consumo mensal de água é menor que a meta mensal **SPM**. Se não, surge um alarme avisando o consumidor. Nesse caso, o microntrolador **ESP32-WROOM-32** não irá interferir no elemento final de controle que é a válvula solenóide **SV1**. Isso é fácil entender pois, supondo que o consumo de água ultrapasse o limite estipulado de 5 dias antes de acabar o mês, o consumidor não fique sem abastecimento de água, e o alarme poderá ser reconhecido, mas só será removido na virada do mês, na ocorrência automática com um *reset* no **QM**. **LSH1 = 0** o sinal esperado para indicar que não está ocorrendo transbordamento de água no reservatório é igual a zero na chave de nível alto. Havendo defeito na boia do reservatório essa chave indicará 1, e ao detectar presença de água no sistema de drenagem, informará ao microcontrolador, e então, o **ESP32-WROOM-32** irá fechar a válvula solenóide **SV1** até que o usuário verifique e elimine esse transbordamento causado por defeito na boia. Para que essa ação se torne possível, o microcontrolador **ESP32-WROOM-32** necessita da interface com um módulo relé, pois a corrente elétrica consumida e a indutância produzida pela solenóide causará danos no microcontrolador **ESP32-WROOM-32**. **QD < (SPM/30)** é uma estrutura de decisão que analisa se o consumo diário de água é menor que a meta diária **SPM/30**, se não, aparecerá um alarme para o consumidor, então o microntrolador **ESP32-WROOM-32** irá interferir no processo, fechando a válvula solenóide **SV1** através da ativação do módulo relé, acionando um

alarme que pode ser apenas silenciado (reconhecido) pelo usuário. A válvula solenóide **SV1** só irá abrir novamente, quando houver a virada do dia na ocorrência automática com um *reset* no **QD.** Caso não ocorra nenhum desses infortúnios mencionados anteriormente, a válvula solenóide **SV1** irá abrir, retomando o abastecimento de água. **LT1 < 90%** é uma estrutura de decisão que analisa se o nível de água está menor que 90%. Se sim, ele finalmente dá condição para continuar a verificação de outros itens (instrumentos ou condições) favoráveis para a abertura da válvula solenóide **SV1.** Se não, aparecerá uma mensagem de reservatório cheio impedindo a abertura da **SV1** e reiniciando a verificação dos itens anteriores. **SV1 = 0** essa é uma estrutura de decisão que após verificadas todas as condições anteriores, verifica se o sinal de solenóide **SV1** é igual a zero. Se sim, continua as verificações posteriores, se não, o microcontrolador **ESP32-WROOM-32** irá interferir na solenóide promovendo assim a sua abertura. **FT1** é o transmissor de fluxo que após a abertura da válvula solenóide **SV1** passa a alterar seu valor de 0 lpm (litros por minuto) para no máximo 6 lpm dependendo

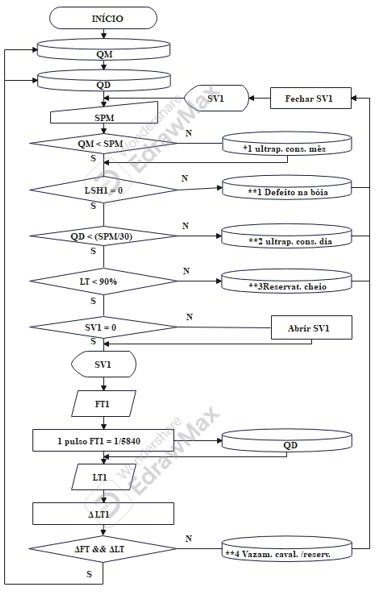
da pressão de fornecimento de água do protótipo. 𝟏 𝐩𝐮𝐥𝐬𝐨 𝐅𝐓𝟏 = 𝟏

𝟓𝟖𝟒𝟎

, significa dizer que a cada pulso

lido no microcontrolador corresponde à passagem de 171 𝑋 10−6 𝑙𝑖𝑡𝑟𝑜𝑠 de água. **LT1** é o transmissor de nível que após a abertura da válvula solenóide **SV1** passa a alterar a distância entre o sensor e o nível de água, entre 35,7 cm (0%) e 22,8 cm (100%) conforme a água vai sendo alimentada através da solenóide e/ou conforme os usuários se utilizem da água do reservatório. **∆LT1** com a abertura da válvula **SV1** e/ou consumo de água, espera-se variação de nível no reservatório. **∆FT1 && ∆LT1** após a abertura da solenóide **SV1** espera-se que haja variação na vazão de entrada e variação de nível de água no reservatório. Se isso ocorrer, significa que os eventos estão dentro do esperado, se não, há suspeita de rompimento da tubulação entre o cavalete (padrão de entrada de água e o reservatório), daí então o microcontrolador **ESP32-WROOM-32** irá interferir na solenóide **SV1** promovendo assim o seu fechamento. Aparecerá uma mensagem de erro na tela do usuário que deverá verificar *in loco* possível rompimento na tubulação, e o sistema não retomará o abastecimento normal enquanto o usuário não der um *reset* nessa falha após verificação das condições da tubulação de água.

Figura 4 - Fluxograma de funcionamento lógico do projeto



Fonte: o autor

# MOTIVAÇÃO PARA ESTE TRABALHO ACADÊMICO

**INTERRUPÇÃO DE ABASTECIMENTO**

[SAAE inicia troca de hidrômetros antigos em bairros da região noroeste](https://saaesalto.sp.gov.br/2024/05/15/saae-inicia-troca-de-hidrometros-antigos-em-bairros-da-regiao-noroeste/) na cidade de Salto interior de São Paulo – Notícia veiculada em 15/05/2024;

<https://saaesalto.sp.gov.br/interrupcao-de-abastecimento/>

# SEM CHUVAS HÁ MAIS DE 20 DIAS, BAURU VIVE CRISE HÍDRICA E INICIA RODÍZIO NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Rodízio começou a partir de 0h dessa quinta-feira, em sistema de 48 horas (24 horas com abastecimento e 48 horas sem). Segundo IPMET, abril é considerado climatologicamente um mês seco e frio, no entanto, em 2024 ele foi atípico – Notícia veiculada em 09/05/2024 [https://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2024/05/09/sem-chuvas-ha-mais-de-20-dias-bauru-vive-](https://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2024/05/09/sem-chuvas-ha-mais-de-20-dias-bauru-vive-crise-hidrica-e-inicia-rodizio-no-abastecimento-de-agua.ghtml) [crise-hidrica-e-inicia-rodizio-no-abastecimento-de-agua.ghtml](https://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2024/05/09/sem-chuvas-ha-mais-de-20-dias-bauru-vive-crise-hidrica-e-inicia-rodizio-no-abastecimento-de-agua.ghtml)

# CRISE DA ÁGUA NO BRASIL

A crise da água no Brasil ocorre em maior grau na região Sudeste e é motivada por fatores naturais e também relacionados com a gestão pública. – Notícia veiculada em 2024 <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/crise-agua-no-brasil.htm>

# FALTA DE ÁGUA POTÁVEL PREOCUPA 81% DOS BRASILEIROS, APONTA ESTUDO

Pesquisa realizada pela *GlobeScan*, em parceria com a *Circle of Blue* e o *WWF*, mostra preocupação com efeitos da crise climática – Notícia veiculada em 15/03/2023

<https://www.wwf.org.br/?85100/Falta-de-agua-potavel-preocupa-81-dos-brasileiros-aponta-estudo>

# O FUNDO DO POÇO DA CRISE HÍDRICA EM SÃO PAULO

O banho demorou demais, a chuva caiu de menos e, quando a população percebeu, já era tarde Relembre como começou (onde vai parar) a crise de água em SP – Notícia veiculada em 17/10/2015 <https://exame.com/brasil/o-fundo-do-poco-da-crise-hidrica-em-sao-paulo/>

# SABESP DIVULGA ESCALA DE RACIONAMENTO DE ÁGUA NO SISTEMA GUARAPIRANGA PARA O MÊS DE JULHO

Jabaquara e Vila Olímpia saem do racionamento e 360 mil pessoas passam a ter abastecimento normal a partir do dia 11 de julho – Notícia veiculada em 07/07/2000 [https://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/ultimas-noticias/sabesp-divulga-escala-de-racionamento-](https://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/ultimas-noticias/sabesp-divulga-escala-de-racionamento-de-agua-no-sistema-guarapiranga-para-o-mes-de-julho-2/) [de-agua-no-sistema-guarapiranga-para-o-mes-de-julho-2/](https://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/ultimas-noticias/sabesp-divulga-escala-de-racionamento-de-agua-no-sistema-guarapiranga-para-o-mes-de-julho-2/)

# BASES DA LITERATURA CIENTÍFICA

O artigo poderá ser acessado através do link na seção **Referências** [4] no site da EOS CONSULTORES, onde fornece uma análise abrangente do sistema convencional de abastecimento de água no Brasil. Ele começa discutindo a escassez de água doce no mundo e a necessidade de tratamento para torná-la segura para o consumo. Em seguida, explora os objetivos do sistema de abastecimento, cobrindo aspectos sanitários, sociais e econômicos. O texto descreve as principais unidades de um sistema de abastecimento de água, desde sua fonte até a entrega ao consumidor, detalhando suas funções e importância. Além disso, o processo de construção e operação do sistema é delineado, abrangendo desde a seleção da fonte de água até o tratamento, distribuição e adesão aos padrões de qualidade. A ênfase é dada à importância do planejamento e conformidade com regulamentações como a portaria 518 do Ministério da Saúde. Em suma o artigo busca oferecer uma compreensão completa do sistema de abastecimento de água no Brasil, destacando sua relevância para a saúde pública e o bem-estar da população.

## Resultados

Obteve-se como resultado do comissionamento dos elementos (microcontrolador e sensores) adquiridos, os dados satisfatórios que se esperavam, com exceção de um medidor de nível que não é adequado para protótipos mas para reservatórios de diâmetros acima de 1,0 m. Isso foi resolvido com

a substituição do elemento sensor por outro modelo que funcionou de acordo com o que se esperava. Foi de fundamental importância a disponibilização dos laboratórios de eletrônica e seus recursos da UNIVAP e a prestatividade de meus orientadores para que esse trabalho acadêmico chegasse a esse ponto.

## Discussão

Após algumas correções textuais, metodologia de escrita e troca de um sensor de nível adequado orientado por meus professores(as) orientadores(as) é que se chegou a esse modelo ora apresentado.

## Conclusão

Esse trabalho acadêmico é a finalização da primeira etapa de TG (Trabalho de Graduação), será continuado no próximo semestre na segunda etapa.

## Referências

1. MÉTODO DE ARQUEAÇÃO DE TANQUES CILÍNDRICOS

Tubulações de água para rede pública de saneamento Norma NIE-DIMEL-021 baseada na Norma Técnica ISO 7507-01 1993 (*Petroleum and Liquid petroleum products – Calibration of Vertical cylindrical tanks – Part 1: Srapping method)* adaptada para tubulações empregadas em obras de saneamento. [https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/metrologia-legal/controle-legal-de-instrumentos-de-medicao/arqueacao-de-](https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/metrologia-legal/controle-legal-de-instrumentos-de-medicao/arqueacao-de-tanque#%3A~%3Atext%3DA%20determina%C3%A7%C3%A3o%20da%20capacidade%20volum%C3%A9trica%2C%C3%A9%20denominada%20arquea%C3%A7%C3%A3o%20de%20tanques) [tanque#:~:text=A%20determina%C3%A7%C3%A3o%20da%20capacidade%20volum%C3%A9trica,%C3%A9%20denominada](https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/metrologia-legal/controle-legal-de-instrumentos-de-medicao/arqueacao-de-tanque#%3A~%3Atext%3DA%20determina%C3%A7%C3%A3o%20da%20capacidade%20volum%C3%A9trica%2C%C3%A9%20denominada%20arquea%C3%A7%C3%A3o%20de%20tanques)

[%20arquea%C3%A7%C3%A3o%20de%20tanques](https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/metrologia-legal/controle-legal-de-instrumentos-de-medicao/arqueacao-de-tanque#%3A~%3Atext%3DA%20determina%C3%A7%C3%A3o%20da%20capacidade%20volum%C3%A9trica%2C%C3%A9%20denominada%20arquea%C3%A7%C3%A3o%20de%20tanques)

1. AMERICAN NATIONAL STANDARD

ANSI/ISA-5.1-2009 - Instrumentation Symbols and Identification

<https://integrated.cc/cse/Instrumentation_Symbols_and_Identification.pdf>

1. Tipler, Paul A. Física para Cientistas e Engenheiros – Volume 1. 6a Edição.

Livro Físico: Acervo UNIVAP

1. Artigo: O que é e como funciona um sistema de abastecimento de água

<https://www.eosconsultores.com.br/sistema-de-abastecimento-de-agua/>

## Agradecimentos

Meus agradecimentos a Deus e minha família em especial meu pai Alexandre Frederico Gattermaier Filho sendo sempre minha inspiração, a todos os professores e colegas de Universidade que de alguma forma interagiram comigo para que esse trabalho acadêmico se tornasse possível.

Meu especial agradecimento aos meus professores que se relacionaram comigo de forma mais incisiva, me acolheram, me orientaram e cederam o uso dos laboratórios de eletrônica:

* + Prof. Alexandre Tardelli;
  + Prof. Dr. Luiz Eduardo Camargo Aranha Schiavo;
  + Prof.ª Dr.ª Patrícia Marcondes;
  + Prof.ª Dr.ª Virgínia Klausner;
  + Prof. Wagner dos Santos Clementino de Jesus.