

Etec EURO ALBINO DE SOUZA
ENSINO MÉDIO COM HABILITAÇÃO PROFISSIONAL DE TÉCNICO
EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

JÚLIA LETÍCIA DA COSTA BATISTA
WESLEY TOBIAS CEZÁRIO
GABRIELI CAMPI DA SILVA

AQUASAFE: SISTEMA DE SEGURANÇA AUTOMATIZADO
CONTRA AFOGAMENTO

Etec Euro Albino de Souza
Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico
em Automação Industrial

Júlia Letícia da Costa Batista
Wesley Tobias Cezario
Gabrieli Campi da Silva

AQUASAFE: SISTEMA DE SEGURANÇA AUTOMATIZADO
CONTRA AFOGAMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Etec Euro Albino de Souza, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, submetida à banca examinadora do curso Ensino Médio com Habilitação Profissional, como requisito para obtenção do diploma de Técnico em automação industrial.

Orientador: Prof. Ms. Diogo Pedriali e Prof. Esp. Fábio Fernando Barbosa.

Ficha elaborada pelo Bibliotecário da Instituição.

B333a Batista, Júlia Letícia da Costa; Cezário, Wesley Tobias; Silva, Gabrieli Campi da.

Aquasafe: Sistema de Segurança Automatizado contra Afogamento– Mogi Guaçu/SP, 2025.

63 p.

Trabalho de Conclusão do Curso de Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico em Automação Industrial da ETEC Auro Albino de Souza, de Mogi Guaçu.

Orientadores: Professor Mestre Diogo Pedriali; Professor Especialista Fabio Fernando Barbosa.

1. Afogamento. 2. Atuador elétrico. 3. ESP 32. Segurança. I. Pedriali, Diogo; Barbosa, Fabio Fernando (orientadores). II. Título

CDD: 725.74

ETEC EURO ALBINO DE SOUZA
ENSINO MÉDIO COM HABILITAÇÃO PROFISSIONAL DE TÉCNICO
EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

JÚLIA LETÍCIA DA COSTA BATISTA
WESLEY TOBIAS CEZARIO
GABRIELI CAMPI DA SILVA

AQUASAFE: SISTEMA DE SEGURANÇA AUTOMATIZADO
CONTRA AFOGAMENTO

Monografia aprovada por banca examinadora em 18 de novembro de 2025.

Banca Examinadora:

Prof. Diogo Pedriali – (Orientador)

Prof. Fábio Fernando Barbosa – (Orientador)

Prof. Luiz Carlos Pompeu

Mogi Guaçu – SP
2025

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho a todos que fizeram parte da nossa trajetória na ETEC.

Aos professores, que compartilharam não apenas conhecimento, mas também inspiração e incentivo.

Aos colegas de turma, que tornaram cada desafio mais leve e cada conquista mais especial.

Aos meus pais e familiares, pelo apoio, paciência e amor incondicional. E a nós mesmos, por ter acreditado e persistido até o fim.

Este TCC representa o esforço, a superação e o aprendizado construídos durante o curso automação industrial na Etec Euro Albino de Souza.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos da ETEC Euro Albino de Souza que colaboraram para a realização deste projeto.

Em primeiro lugar aos meus colegas de TCC que trabalhando juntos conseguimos finalizar o projeto.

Expresso a nossa gratidão ao professor e orientador Diogo Pedriali pela sua dedicação, paciência e confiança depositada em nosso trabalho. O apoio dele foi essencial para a realização e conclusão deste estudo.

Aos meus amigos e colegas de curso, que por três anos compartilharam experiências, dúvidas e aprendizados, que foram essenciais para a troca de ideias e crescimento pessoal e acadêmico.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

“O medo cega os nossos sonhos.”

Charlie Brown Junior, 2009.

RESUMO

O projeto surgiu com intenção de zelar pelo lazer familiar, vista a grande ocorrência de afogamento principalmente da população que está na faixa etária da primeira infância e a terceira idade. Esses acidentes acontecem muitas das vezes no lazer da família, quando os incapacitados não estão sendo supervisionados por responsáveis e a partir dessas evidências foram pesquisar sobre sistemas automatizados de segurança em ambientes de piscinas, seja elas indústrias, privadas ou públicas. Com as pesquisas feitas foi identificado que pessoas com deficiência não são devidamente incluídas nesses ambientes aquáticos, ainda enfrentam a falta de adaptação para o seu lazer ou para algum tipo de tratamento, além de ser uma área pouco explorada, não contendo o devido interesse e incentivo de investimento nos sistemas automatizados para segurança de piscinas. Sendo assim desenvolveu-se o AquaSafe, um protótipo com o objetivo de inovar e garantir a preservação da vida no lazer familiar e a inclusão de pessoas negligenciadas devida algum tipo de deficiência de forma automatizada, confiável e segura. Com a possível integração a tanques industriais, como um sistema de segurança para a prevenção de possíveis quedas, recuperação de objetos importantes, possível manutenção e limpeza destes. Para o funcionamento do protótipo é utilizado um atuador linear, conectado diretamente com a plataforma, suas ligações elétricas estão conectadas na ponte H que tem seu controle a partir do microcontrolador ESP32 em conjunto com a programação de visão computacional constante, onde as informações do monitoramento são passadas diretamente para o ESP32, com isso o protótipo age de forma automática avançando e recuando o atuador dependendo do sinal, se este alerta um possível perigo, avança o atuador ou mantém recuado se não houver sinal de risco, se posterior a uma identificação de acidente estiver seguro, o atuador irá recuar apenas pós determinado tempo de confirmação da programação, além de ter o funcionamento em modo manual. Nesta monografia obtém-se informações e dados sobre afogamentos e acidentes em piscinas, dimensionamento de aplicação as piscinas do mercado atual, valores de manutenção, projetos futuros, inclusão social, descrição de componentes como ESP32, atuador linear, ponte H, entre outros, a descrição da criação do protótipo que pode se tornar uma possível solução aos problemas apresentados, além de ser um documento para base de estudos, incentivando novos projetos na área e referência de novas pesquisas.

Palavras-chave: Piscina; Afogamento; ESP-32; Atuador; Segurança.

ABSTRACT

The project arose from the intention to safeguard family leisure, given the high incidence of drowning, especially among the population in the early childhood and elderly age groups. These accidents often happen during family leisure activities, when disabled individuals are not being supervised by responsible adults. Based on this evidence, research was conducted on automated safety systems in swimming pool environments, whether industrial, private, or public. The research identified that people with disabilities are not adequately included in these aquatic environments, still facing a lack of adaptation for their leisure or for any type of treatment, and that it is an underexplored area, lacking the necessary interest and incentive for investment in automated pool safety systems. Therefore, AquaSafe was developed, a prototype aimed at innovating and guaranteeing the preservation of life during family leisure activities and the inclusion of neglected individuals due to some type of disability in an automated, reliable, and safe way. With potential integration into industrial tanks, as a safety system for preventing falls, recovering important objects, and facilitating maintenance and cleaning. The prototype uses a linear actuator connected directly to the platform. Its electrical connections are linked to the H-bridge, which is controlled by an ESP32 microcontroller in conjunction with constant computer vision programming. Monitoring information is passed directly to the ESP32, allowing the prototype to automatically advance and retract the actuator depending on the signal. If a signal indicates a potential danger, the actuator advances; otherwise, it remains retracted. If there is no risk signal, after identifying an accident, the actuator is deemed safe, and it will only retract after a predetermined confirmation time from the programming. It also has a manual operation mode. This monograph provides information and data on drownings and accidents in swimming pools, application sizing for current market pools, maintenance costs, future projects, social inclusion, description of components such as ESP32, linear actuator, H-bridge, among others, description of the creation of a prototype that could become a possible solution to the problems presented, in addition to being a document for study basis, encouraging new projects in the area and a reference for new research.

Key words: Swimming pool; Drowning; ESP-32; Rescue; Security.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- mapa mental: afogamento	21
Figura 2- gráfico de afogamento	22
Figura 3 - demonstração prática do diagrama elétrico de teste.....	31
Figura 4 – novo circuito com componente ponte h.....	31
Figura 5 - placa esp-32	34
Figura 6 – placa de módulo relé	35
Figura 7 – driver ponte h	36
Figura 8 – fonte externa	37
Figura 9 – atuador linear elétrico.....	38
Figura 10 – demonstração do status seguro identificado pela programação	40
Figura 11 – demonstração do status alerta identificado pela programação	41
Figura 12 – simulação elétrica teste.....	44
Figura 13 – teste completo do circuito em conjunto com a programação	45

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – VALORES ELÉTRICOS DOS COMPONENTES FINAIS	27
TABELA 2– VALORES ELÉTRICOS DOS COMPONENTES UTILIZADOS PARA TESTES	27

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – APRESENTAÇÃO BREVE DO PROJETO.....	28
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	– Associação Brasileira de Normas Técnicas.
AC	– Corrente Alternada.
CLP	– Controlador Lógico Programável.
DC	– Corrente Contínua.
ESP32	– Microcontrolador com conectividade Wi-Fi e Bluetooth integrado.
ETEC	– Escola Técnica do Estado de São Paulo.
GND	– Ground (Ponto de referência de tensão zero em circuitos eletroeletrônicos)
GPIO	– General Purpose Input/Output (Entrada/Saída de Uso Geral).
I2C	– Inter-Integrated Circuit (Barramento de comunicação serial).
IDE	– Integrated Development Environment (Ambiente de Desenvolvimento Integrado).
IEC	– International Electrotechnical Commission (Comissão Eletrotécnica Internacional).
IEEE	– Institute of Electrical and Electronics Engineers.
IoT	– Internet of Things (Internet das Coisas).
IP66	– Grau de proteção contra poeira e jatos fortes de água.
IP68	– Grau de proteção contra poeira e imersão prolongada em água.
LED	– Light Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz).
NBR	– Norma Brasileira.
NOR Flash	– Tipo de memória Flash não volátil.
OMS	– Organização Mundial da Saúde.
PCD	– Pessoa com Deficiência.
PID	– Proporcional, Integral e Derivativo (modelo de controlador).
PROM	– Programmable Read-Only Memory (Memória Somente de Leitura Programável).
PWM	– Pulse Width Modulation (Modulação por Largura de Pulso).
RAM	– Random Access Memory (Memória de Acesso Aleatório).
SPI	– Serial Peripheral Interface (Interface Serial Periférica).
USB	– Universal Serial Bus.
VCC	– Tensão de alimentação positiva.
VIN	– Tensão de entrada em módulos eletrônicos.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	JUSTIFICATIVA.....	16
1.2	OBJETIVOS.....	18
1.3	OBJETIVO GERAL	18
1.3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.3.2	MÉTODOLOGIA	19
1.3.3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
1.3.4	AFOGAMENTOS: CAUSAS E ESTATÍSTICAS	22
1.3.5	TECNOLOGIAS DE SEGURANÇA EM PISCINAS	23
1.4	DETECÇÃO DE EMERGÊNCIA EM AMBIENTES ÁQUATICOS	23
2	DESENVOLVIMENTO.....	25
2.1	ANÁLISE ELÉTRICA	25
2.2	DESCRIÇÃO DO PROTÓTIPO	27
2.3	SISTEMA DE DETECÇÃO DE AFOGAMENTO	29
2.4	INTEGRAÇÃO DE COMPONENTES	29
2.5	DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO.....	32
2.6	COMPONENTES	33
2.6.1	ESP32.....	33
2.6.2	Módulo relé	34
2.6.3	Ponte H.....	35
2.6.4	Fonte de externa.....	36
2.6.5	Atuador linear elétrico	37
2.7	SISTEMA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO	38
2.8	LÓGICA FUNCIONAMENTO	39
2.9	CODIGO E BIBLIOTECAS.....	41
2.10	TESTES E PROTOTIPAGEM.....	43
2.11	ANÁLISE DE VIABILIDADE	45
2.12	CUSTO-BENEFÍCIO	47
2.13	MANUTENÇÃO.....	47
2.14	DIMENSIONAMENTO DO PROJETO	48
2.15	INCLUSÃO SOCIAL.....	50
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51

REFERENCIAS.....	51
APÊNDICE A – Código utilizado no Arduino IDE.....	54

1 INTRODUÇÃO

Em face das grandes temperaturas do mundo atual, se torna mais frequente a busca por ambientes aquáticos, como as piscinas, no entanto essa busca vem acompanhada de dados preocupantes: Ao avaliar estatísticas globais de afogamento percebe-se que em média 236 mil óbitos por ano são registrados, porém esses números podem ser maiores pela incidência desses acidentes. Houve 300 mil registros de afogamentos só em 2021, 24% desses acidentes foram crianças menores de 5 anos e 19% de crianças entre 5 e 14 anos, segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS).

Com a análise dos dados obtidos, visamos verificar a existência de sistemas de prevenção a afogamento em piscinas, projeto propõe o desenvolvimento de um protótipo voltado à prevenção de afogamentos em piscinas, nele seria utilizado automação com o System-on-chip ESP32 (ESP32) e um atuador linear. Mesmo com limitações de materiais, nosso projeto entrega uma solução viável, com potencial de aplicação em ambientes residenciais e industriais, contribuindo para a segurança e redução de acidentes além de destacar o caráter inovador do projeto, por ser uma área pouco explorada.

Inicialmente, o sistema foi pensado para atender duas realidades distintas, mas igualmente importantes: piscinas residenciais, onde muitas vezes crianças pequenas estão em contato direto com a água sem vigilância constante, e tanques industriais, onde o risco de quedas e acidentes pode ser agravado pelo ambiente de trabalho. Em ambos os casos, a presença de um sistema autônomo e inteligente pode ser crucial para evitar tragédias. A ideia é proporcionar mais tranquilidade e segurança, tanto em momentos de lazer quanto em ambientes de operação, por meio de uma tecnologia acessível e eficiente.

Este trabalho apresenta o projeto AquaSafe, um sistema automatizado que tem como foco detectar situações de risco de afogamento e reagir de forma rápida e prática. Utilizando o microcontrolador ESP32, programação e um atuador linear, o sistema é capaz de acionar uma plataforma de proteção de forma autônoma. Além de buscar um impacto positivo na prevenção de acidentes, o projeto também tem como objetivo incentivar o uso da automação como aliada da segurança em ambientes cotidianos.

Esta monografia encontra-se organizada em tópicos. O primeiro tópico introduz o tema da segurança em ambientes aquáticos, apresentando dados, motivações e objetivos que deram origem ao projeto. No segundo, são detalhadas as etapas de desenvolvimento do sistema, os componentes utilizados, o funcionamento da solução proposta e os testes realizados. Por fim, são apresentadas as considerações finais, com reflexões sobre os resultados obtidos, as limitações enfrentadas, sugestões de melhorias futuras e o potencial de aplicação do AquaSafe em diferentes contextos.

1.1 JUSTIFICATIVA

Ao observar as estatísticas globais sobre afogamentos, torna-se evidente que esse tipo de acidente representa um grave problema de saúde pública. Estima-se que, anualmente, mais de 236 mil mortes por afogamento sejam registradas no mundo. Entretanto, esse número pode ser ainda maior, já que muitos casos não são notificados de forma adequada, especialmente em ambientes domésticos ou em áreas sem monitoramento constante. Em 2021, por exemplo, foram contabilizados cerca de 300 mil registros de afogamentos, sendo que 24% das vítimas tinham menos de cinco anos e 19% estavam na faixa etária entre cinco e quatorze anos, segundo dados da Organização Mundial da Saúde.

Esses dados destacam um ponto alarmante: o afogamento é frequentemente ignorado por não se manifestar em grandes quantidades em um único evento, mas de maneira silenciosa, dispersa e, conseqüentemente, pouco percebida. Mesmo assim, é uma das principais causas de mortes acidentais entre crianças e adolescentes, o que demanda uma atenção maior, especialmente em locais de lazer como piscinas, onde os acidentes costumam acontecer diante da própria família, que na maioria das vezes não está preparada para responder de forma adequada.

Um aspecto fundamental é a manutenção do lazer em família, principalmente quando crianças estão envolvidas. As piscinas costumam ser vistas como locais de diversão e socialização, mas podem representar riscos consideráveis se não forem implementados sistemas de segurança adequados. Frequentemente, um momento que começa como uma diversão pode terminar em tragédia, e isso pode ocorrer em segundos, com apenas uma pequena distração. Saber como agir em caso de afogamento é importante, mas prevenir que isso ocorra é ainda mais crucial. Investir em

segurança vai além do conforto; é uma ação que pode evitar a perda de vidas humanas e até mesmo de animais de estimação que possam estar nesses locais.

Nesse contexto, surgiu a ideia de investigar a presença de sistemas de prevenção a afogamentos e entender como essa área tem sido abordada. Ao examinar as soluções disponíveis no mercado, nota-se uma falta considerável de investimentos em tecnologias destinadas à segurança em piscinas. A maioria dos dispositivos atuais é passiva e requer intervenção humana contínua, o que pode levar a erros. É evidente uma falta de desenvolvimento de ferramentas automáticas que diminuam o tempo de resposta e aumentem as possibilidades de prevenir fatalidades.

Esse problema não se limita apenas ao ambiente doméstico, mas também se estende a contextos industriais, onde tanques contendo substâncias líquidas apresentam riscos semelhantes. A queda de objetos e, principalmente, de trabalhadores em tanques profundos ou de difícil acesso pode resultar em danos graves ou até fatais. Contudo, há pouca discussão sobre a automação de sistemas capazes de identificar essas situações e agir de maneira rápida e segura. Nesse cenário, foi elaborada a proposta de criar um protótipo funcional de um sistema automatizado para prevenir afogamentos. A proposta é simples, porém eficiente: uma plataforma submersa, posicionada no fundo da piscina ou tanque, é ativada automaticamente ao identificar padrões de comportamento semelhantes a um afogamento, por meio de monitoramento em tempo real. Essa plataforma pode se elevar até a superfície, trazendo a vítima ou objeto à tona, além de poder ser acionada manualmente, se necessário.

A tecnologia utilizada é de baixo custo e de fácil acesso. Emprega-se o microcontrolador ESP32, comprovadamente eficaz em aplicações de automação tanto residencial quanto industrial, em conjunto com atuadores lineares e sensores de movimento. Esse conjunto cria uma solução com grande possibilidade de uso não só em casas, mas também em academias, clubes, escolas, hotéis, fábricas e outros lugares onde há grande volume de líquidos. Mais do que um projeto técnico, é uma solução para uma demanda urgente e concreta. A importância social do sistema reside em sua habilidade de salvar vidas, proporcionando um novo patamar de segurança onde antes existia apenas uma prevenção passiva. Além disso, o projeto dialoga com os princípios da Indústria 4.0 e da Internet das Coisas, mostrando como a automação pode ir além do conforto e atuar diretamente na preservação da vida.

1.2 OBJETIVOS

Os objetivos foram divididos em duas partes, de forma a esclarecer com maior precisão alguns pontos relevantes relacionados à criação do projeto. Dessa maneira, estabeleceram-se o objetivo geral e os objetivos específicos, sendo o primeiro responsável por apresentar a ideia central do protótipo, enquanto os objetivos específicos abrangem de forma mais detalhada as possibilidades e propostas tanto do protótipo quanto do projeto como um todo.

1.3 OBJETIVO GERAL

O principal objetivo é criar um protótipo capaz de prevenir afogamentos e perda de objetos importantes, elevando o nível de segurança das piscinas tendo a possibilidade de evitar mortes e acidentes, além de incentivar novas tecnologias para o ramo da segurança aquática e conscientizar a sociedade dos perigos existentes nesse ambiente de lazer. Podendo ser aplicado em piscinas públicas que é um dos principais ambientes de acidentes de afogamento, residenciais onde é o principal foco da ideia do protótipo já que é o ambiente com mais casos de afogamentos de crianças e em indústrias prevenindo a perda da vida de funcionários além de objetos e ferramentas importantes.

1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

As ideias do projeto vão muito além da prevenção de afogamentos, já que para ter esse resultado foram feitas diversas pesquisas relacionadas as piscinas e é exatamente esse um dos objetivos específicos que temos; trazer um projeto e um documento que sirva de pesquisa e referencia acadêmica, já que não tem tanto material didático para esse assunto em específico que é justamente a segurança de piscinas automatizadas para a segurança.

Outro objetivo é mostrar que a área de segurança e prevenção de afogamentos nas piscinas de hoje em dia são deixadas de lado e não tendo a devida importância e investimento, e os atuais sistemas de segurança em piscinas não são exatamente focados na prevenção de afogamento e ainda são falhos, podendo aumentar as chances de acidentes dependendo da situação. Mesmo as piscinas sendo um dos principais locais de lazer procurados pela sociedade tanto na questão de piscinas públicas

quanto na questão de piscinas residenciais não se tem um foco para melhorar a segurança, e sim apenas modelos para mudar os padrões de formatos e limpeza.

Além de trazer uma nova proposta de inclusão social para pessoas com deficiência de mobilidade, que por conta da sua dificuldade não se pode aproveitar o ambiente de lazer das piscinas com uma devida segurança e adaptabilidade, com isso foi proposto essa possibilidade de incluir pessoas nesses locais que tem grande procura devido as altas temperaturas. Assim também tendo as chances de novos projetos sociais para diferentes idades, deficiências de mobilidade e situações, pois além de lazer pode ser usado como forma de terapia tendo uma segurança mais garantida, pois todos merecem se divertir e se refrescar mesmo com qualquer tipo de deficiência ou dificuldade.

1.3.2 MÉTODOLOGIA

O método utilizado trata-se de Análise Bibliométrica com Escopos e Web of Science, que tem como foco a análise quantitativa de publicações, citações, palavras-chaves e coautorias. Para buscar referências e conhecimento no desenvolvimento do protótipo são analisados documentos (monografias e artigos científicos), publicações e dados disponíveis na internet com relação a automação industrial e sejam publicados nos últimos 5 anos, isso é, de acordo com a norma ABNT NBR 14724 e as bases de dados para a escolha das monografias e artigos foram:

Periodicos.capes.gov.br;

Core.ac.uk;

IEEE;

Google Academic;

1.3.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A automação de processos associada à Internet das Coisas (IoT) tem se mostrado uma ferramenta eficaz para o desenvolvimento de sistemas inteligentes em diferentes áreas. Segundo Alotaibi (2020, p. 2):

A integração entre IoT e técnicas de *transfer learning* possibilita a construção de sistemas de monitoramento capazes de identificar riscos em tempo real, garantindo notificações imediatas ao responsável.

Esse tipo de abordagem se mostra especialmente relevante no contexto de ambientes aquáticos, onde o tempo de resposta é determinante para evitar acidentes.

No campo da visão computacional, avanços recentes reforçam a capacidade de algoritmos em detectar situações de risco. De acordo com Shatnawi et al. (2024, p. 5):

Os sistemas automatizados de detecção de afogamento ainda enfrentam desafios técnicos, como a variação de luminosidade e a interferência de movimentos não relacionados, mas já apresentam resultados promissores para ambientes públicos.

Essas pesquisas indicam que o uso da visão computacional combinado com a IoT pode melhorar consideravelmente a detecção de emergências em piscinas e tanques, substituindo parcialmente a supervisão humana e diminuindo erros relacionados à observação constante. Outro aspecto importante é a necessidade de superar as limitações dos métodos tradicionais ainda empregados em piscinas públicas, que geralmente contam apenas com a presença de salva-vidas e câmeras convencionais. Apesar de essenciais, essas medidas não dispõem de recursos avançados de detecção, o que destaca a necessidade de mais estudos que integrem a inteligência computacional ao processo de monitoramento.

Além do meio aquático, o conceito de detecção automatizada encontra aplicações em diversas áreas. Estudos recentes descrevem sistemas baseados em IoT para a detecção de gases nocivos em ambientes industriais, acionando alarmes e ventiladores de forma automática quando os níveis críticos são atingidos (SHATNAWI et al., 2024). Outros trabalhos relatam o uso de sensores embarcados em contextos residenciais e urbanos, reforçando a versatilidade dessa tecnologia e seu potencial para diferentes cenários.

Nesse contexto, nota-se que a literatura destaca tanto a importância da tecnologia em situações de risco quanto a demanda por soluções práticas que possam ser implementadas no dia a dia. Em relação a piscinas e ambientes aquáticos, é fundamental integrar a prevenção à resposta imediata, pois emergências podem ocorrer em questão de segundos. Assim, entender as oportunidades oferecidas por estudos anteriores e incorporá-las aos sistemas de monitoramento existentes destaca a impor-

tância de investir em tecnologias que possam detectar e agir rapidamente, aumentando a segurança e diminuindo a vulnerabilidade humana, principalmente em locais de lazer aquáticos, como piscinas.

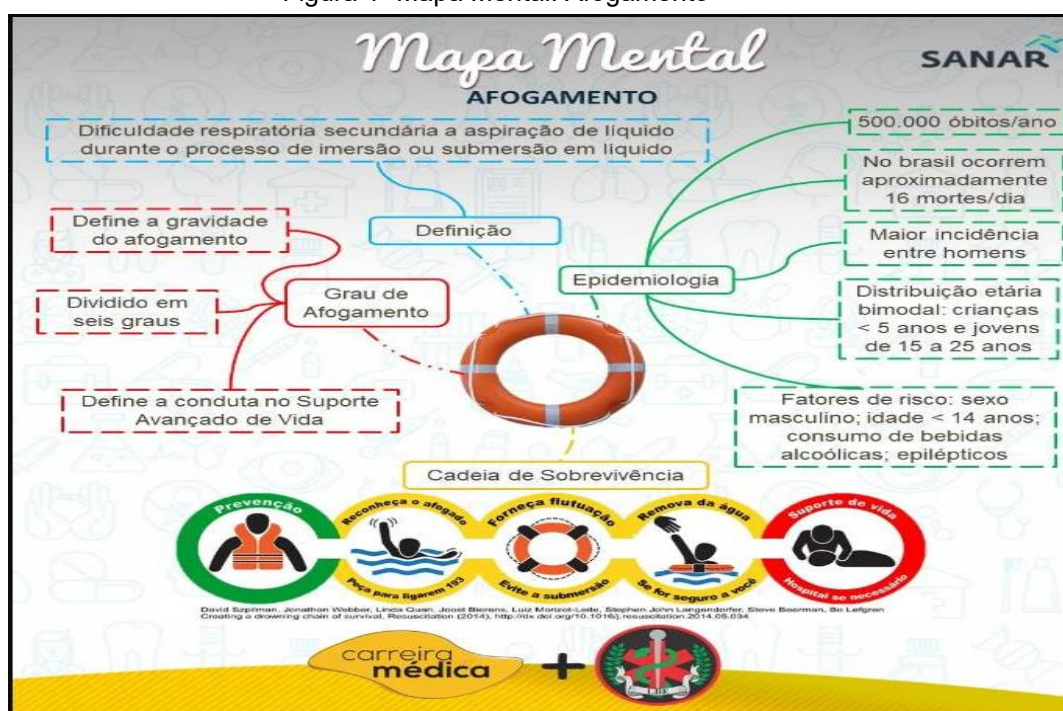
A Organização Mundial da Saúde (OMS) define afogamento como "O processo de alteração da função respiratória resultante de uma submersão/imersão em meio líquido" definido no primeiro Congresso Mundial sobre Afogamento" (OMS, 2014, p. 14).

“O afogamento é considerado como um “Trauma” e contribui com uma parcela significativa na mortalidade Brasileira hoje em dia” (PORCIDES, 2006). “O afogamento está em sua grande maioria relacionado ao lazer familiar e é geralmente testemunhado por ela, frequentemente ocorrendo em seu contexto” (PORCIDES, 2006).

O afogamento, além de ser uma tragédia para os envolvidos, diminui os anos de produtividade e geram elevados custos para tratamento ao sistema de saúde, tanto no suporte básico pré-hospitalar, quanto no avançado intra-hospitalar. Não somente os profissionais devem agir contra o afogamento, mas toda a sociedade deve adotar uma postura proativa, mas, para isso, é necessário e lógico investir em educação e prevenção (ROCHA; SZPILMAN, 2016 apud RAMOS, 2022).

A seguir a Figura 1 que traz dados, definições e dicas em casos de afogamento de outro indivíduo.

Figura 1- Mapa Mental: Afogamento



Fonte: Sanarmed (2020)

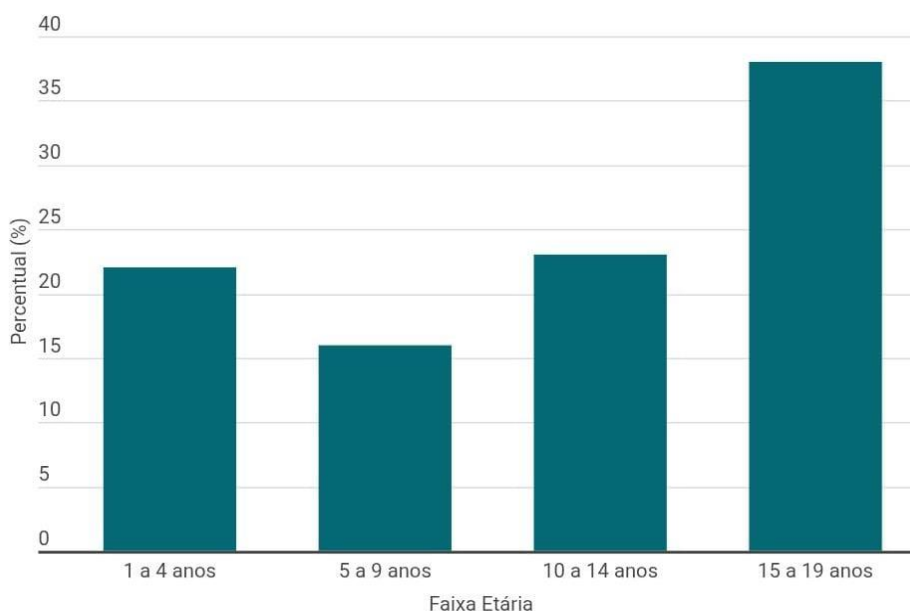
1.3.4 AFOGAMENTOS: CAUSAS E ESTATÍSTICAS

Os afogamentos no Brasil afetam principalmente adolescentes e crianças. A faixa dos 15 a 19 anos representa 38% dos casos, seguida pelas idades de 10 a 14 anos (23%), 1 a 4 anos (22%) e 5 a 9 anos (16%). Até bebês com menos de 1 ano aparecem nos dados, com 2% dos registros. Abaixo a figura 2 demonstra esses dados dos anos de 1996 até 2021 em formato de gráfico.

Figura 2- Gráfico de afogamento

Afogamentos

Gráfico mostrando os afogamentos no Brasil por faixa etária.



Fonte: Autoria própria.

Grande parte desses acidentes acontece por motivos já conhecidos: falta de atenção de adultos, crianças com acesso livre à água, ausência de cercas ou tampas de proteção e, em muitos casos, desconhecimento de natação. Em áreas industriais, o risco está em quedas acidentais em tanques sem segurança adequada.

Esses dados mostram como é importante pensar em formas de prevenção mais eficientes, que não dependam só da vigilância humana, como o sistema que desenvolvemos neste projeto.

1.3.5 TECNOLOGIAS DE SEGURANÇA EM PISCINAS

De acordo com a ANAPP (Associação Nacional das Empresas e Profissionais de Piscinas) o modelo de piscinas residenciais mais vendido no Brasil é o que tem 3x6 metros, equivalente a 25 mil litros de água com uma profundidade que pode variar de 60 a 150 cm. Essas piscinas têm um sistema de prevenção a afogamento muito superficial e falho, são apenas corrimões nas laterais, escadas e sistema de anti sucção, na grande maioria das vezes não são sequer incrementados, não há nada que garanta que uma pessoa não vá se afogar, as boias ou os chamados macarrões de piscinas não são uma proteção garantida, principalmente para as crianças.

Os diferentes modelos de piscinas também podem ser um fator fatal em situações de afogamento, o modelo mais bonito pode não ser tão seguro, sendo assim, é essencial escolher uma opção que irá se adequar ao uso tanto de crianças, adultos e até mesmo animais, com uma boa segurança. Nosso projeto visa melhorar essas falhas, oferecendo mais conforto e proteção na hora da diversão, apesar do aumento nos gastos durante a construção, é um investimento que pode salvar uma vida.

1.4 DETECÇÃO DE EMERGÊNCIA EM AMBIENTES AQUÁTICOS

Foram identificados vários sistemas automatizados projetados para detectar emergências em ambientes aquáticos. Sistemas que utilizam Internet das Coisas, visão computacional e métodos de aprendizado de máquina para reduzir o risco de afogamentos são as que mais se destacam. Em algumas pesquisas percebe-se que os sistemas usam imagens em tempo real para detectar se há pessoas em perigo e dessa forma, enviar alertas instantâneos aos responsáveis, chegando a ser impressionante a rapidez da identificação. Em outros exemplares a análise de vídeo é utilizada para identificar sinais de afogamento, com a possibilidade da ativação automática de alarmes. Esses estudos expõem como a automação e a inteligência artificial podem trabalhar conjunto para melhorar a segurança em piscinas e outros locais com água. Apesar de piscinas públicas por exemplo usarem os métodos de prevenção mais comuns, que ainda dependem principalmente da presença de salva-vidas ou do monitoramento por câmeras convencionais, sem a utilização de tecnologias inteligentes ou autônomo que possam identificar um afogamento em tempo real. Embora sejam fundamentais, essas práticas apresentam limitações, pois exigem a atenção constante do ser humano, o que pode afetar a detecção e torná-la propensa a falhas. Em

diversas situações nem mesmo essas medidas são viáveis, principalmente em tanques industriais ou piscinas de médio porte, que não possuem sistemas de monitoramento voltados à segurança dos usuários.

Também é possível observar iniciativas em outras áreas fora do meio aquático, que possuem uma lógica de funcionamento semelhante ao AquaSafe. Um exemplo são os sistemas de monitoramento residencial que usam ESP32 com sensores de movimento e câmeras para detectar invasões e enviar alerta aos moradores. Também há sistemas automatizados de detecção de gases que os sensores monitoram a qualidade do ar e se necessário, acionam ventiladores ou alarmes para proteger os trabalhadores. Independentemente das particularidades de cada um, todos esses exemplos seguem o mesmo objetivo, captar dados no ambiente processá-los em tempo real e atuar de forma automática diante de um risco identificado.

O protótipo criado neste TCC se assemelha a essas iniciativas ao adotar a mesma lógica operacional, ou seja, a integração entre sensores, processamento embarcado e resposta automatizada. No entanto, possui características diferentes, aos citados anteriormente, pois enquanto a maioria dos projetos de detecção de emergências, aquáticos ou não, se concentra em identificar o risco e notificar o responsável, o AquaSafe se diferencia ao combinar a detecção com uma resposta física imediata, realizada por meio de um atuador linear acionado por um módulo relé. Essa estratégia inovadora não só aumenta a segurança, mas também proporciona uma camada adicional de proteção ativa, que pode agir no momento do perigo sem depender unicamente da intervenção humana. Ao integrar monitoramento inteligente, resposta mecânica direta e acessibilidade tecnológica, o AquaSafe se estabelece como uma solução inovadora e única, oferecendo novas oportunidades para a prevenção de emergências em ambientes aquáticos.

2 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do protótipo se divide de forma a explicar como acontece a junção dos componentes, também explicando o funcionamento do circuito completo e o funcionamento individual de cada componente com suas especificações, trazendo o valor investido para a criação do projeto, o consumo elétrico dos componentes no circuito, explicação da lógica de funcionamento tanto da programação quanto dos componentes em conjunto, traz os softwares usados para programar e quais são os meios de detecção de afogamentos que temos no mercado nos dias de hoje e como o AquaSafe é uma alternativa viável e funcional para ser aplicado nas áreas que tem como objetivo. Contendo os testes em simuladores, práticos e seus resultados, além de trazer o dimensionamento do protótipo para as estruturas atuais das piscinas do mercado e públicas, com informações como custo-benefício, manutenção e inclusão social.

A parte do desenvolvimento é importante para se entender como o protótipo funciona tanto na teoria quanto na prática, mostrando como ele seria aplicado em ambientes além das piscinas, como por exemplo tanques industriais. Com o desenvolvimento explicando a forma como o protótipo funciona, sua lógica na teoria, seu consumo, seu custo de investimento, sua manutenção, a explicação individual de cada componente usado, os atuais meios de detecção de afogamentos e em como ele também pode ser uma forma de inclusão social, se conclui que junto com as evidências teóricas apresentadas na introdução o projeto AquaSafe tem uma proposta inovadora em relação ao assunto segurança de piscinas e tanques industriais.

2.1 ANÁLISE ELÉTRICA

Com base de funcionamento, os componentes: atuador, relé, ESP32, fonte externa e câmera, precisam ser conectados de acordo com as necessidades energéticas específicas de cada dispositivo. A conexão foi determinada com base na alimentação do microcontrolador ESP32, que com uma entrada 3,3V (média de 80 mA de consumo) recebe energia de uma fonte externa de 3,3V, conectada ao pino VIN (ou 3V3, conforme a fonte utilizada) e ao terminal GND, assim garantindo seu funcionamento. A câmera é ligada ao ESP32 por meio dos pinos de alimentação (VCC e GND) e comunicação, habitualmente é feita pela via interface SPI ou I2C, (depen-

dendo do modelo) permitindo a passagem de dados visuais em tempo real. Logo depois, para protocolo de teste o módulo relé é ligado ao ESP32 por meio do pino digital (exemplo: D6), que controla o sinal de entrada (IN), enquanto seus terminais VCC e GND são alimentados pelos pinos de 5V e GND do ESP32, garantindo a comutação correta.

Para o produto final utilizamos o circuito de controle de motor em ponte H como interface de acionamento. Esse circuito permite a inversão da polaridade aplicada ao atuador, possibilitando seu movimento nos dois sentidos (avanço e recuo). Por fim, o atuador é ligado ao circuito de carga ponte H que permite que o atuador só seja acionado após o recebimento do sinal lógico do ESP32, permitindo o controle preciso e seguro do sistema em situações de emergência.

O consumo total do sistema foi calculado com base nos dados típicos de funcionamento de cada componente. O ESP32 e a câmera, que usam ambos 3,3V, juntos consomem cerca de 310 miliamperes (0,31 A), o que equivale a uma potência de aproximadamente 1,02W. Já a ponte H, os valores representam o máximo suportado e não o real consumo no sistema, sendo assim ela não entra no cálculo geral por ter seus valores variados dependendo da necessidade de quem utiliza o componente. O atuador, que tem a maior carga, é alimentado com 24V e consome 5,5A, resultando em uma potência de 132W. A tabela a seguir exemplifica os valores elétricos de cada componente, somando o total consumo real dos componentes finais no sistema e o total teórico é a soma dos limites máximos dos componentes.

Tabela 1 – Valores elétricos dos componentes finais.

Componentes	Tensão (V)	Corrente (A)	Potência(W)
ESP32 + Câmera	3,3	0,31	1,02
Ponte H	até 27,5	até 43	até 1182,5
Atuador	24	5,5	132
Fonte externa	24	5	120
Total (sem ponte H)	51,3	10,11	253,2
Total teórico	75,8	53,81	1515

Fonte: Autoria própria.

Tabela 2– Valores elétricos dos componentes utilizados para testes.

Componentes	Tensão (V)	Corrente (A)	Potência(W)
Módulo relé	3,3	0,31	1,02

Fonte: Autoria própria.

A tabela 2 indica os valores dos componentes utilizados apenas para testes e que não farão parte do protótipo final contendo apenas o módulo relé.

2.2 DESCRIÇÃO DO PROTÓTIPO

Para a apresentação prática, foi decidido uma estrutura capaz de suportar até duas pessoas simultaneamente, assegurando equilíbrio e estabilidade durante os testes. Utilizou-se uma mesa escolar de aproximadamente 0,63 m de comprimento, 0,40 m de largura e 0,72 m de altura, obtida em ferro-velho. A parte de madeira foi removida, permanecendo apenas a grade de armação metálica, que oferece maior resistência mecânica e menor risco de deformação. O atuador linear, com curso de 150 cm, diâmetro de 100 mm, foi fixado na grade inferior da mesa. Sobre ele foi instalada uma chapa de aço medindo 26 cm × 17,5 cm × 5 mm, dimensionada para distribuir o peso uniformemente e reduzir concentrações de tensão.

O atuador empregado possui força nominal de 6000 N, equivalente a aproximadamente 600 kgf, valor que supera amplamente a carga de projeto. Considerando o peso médio de uma pessoa adulta brasileira de 70 kg, o protótipo apresenta capacidade teórica para erguer entre nove e dez pessoas. Contudo, para garantir a integridade estrutural e a segurança dos operadores, todos os ensaios práticos foram conduzidos com no máximo duas pessoas simultaneamente.

Ao todo o projeto teve um investimento por volta de 585 reais, porém estimasse um custo de 700 reais com todos os custos somados, sendo um investimento de grande porte para um protótipo que propõe uma simulação de um ambiente aquático com piscina, mas mesmo com esse valor o protótipo se demonstra um custo-benefício eficaz para sua proposta também tendo a possibilidade de seus componentes serem utilizados em projetos futuros ou alternativos por não precisarem de uma conexão permanente com o circuito, podendo ser retirados a qualquer momento para qualquer demanda em que eles se encaixarem, logo é versátil e eficiente em diferentes tipos de situações demonstrando que não é um prejuízo financeiro em geral.

O conjunto foi projetado de forma modular, possibilitando ajustes e futuras expansões. Essa escolha facilita a manutenção, permite a substituição de componentes e garante maior segurança elétrica, em consonância com as normas NBR IEC 60617 e NBR 5410, descritas na seção de Integração de Componentes. Durante a prototipagem, verificou-se que a estrutura metálica da mesa reciclada apresentou resistência adequada, corroborando a viabilidade técnica e econômica do sistema para ambientes residenciais, públicos e industriais.

Quadro 1 – Apresentação breve do projeto

Título da Monografia	AquaSafe
Problema foco	Afogamentos
Público-alvo	Sociedade e indústrias
Objetivo geral	Prevenção de afogamento
Objetivos específicos	Documento de pesquisa e inclusão social
Impacto Financeiro	Viável (para piscinas públicas e industriais)

Fonte: Autoria própria.

2.3 SISTEMA DE DETECÇÃO DE AFOGAMENTO

O sistema de detecção de risco de afogamento foi desenvolvido utilizando o microcontrolador ESP32 que em conjunto com a programação de visão computacional interpreta as imagens recebidas da câmera. Ao detectar movimentações anormais, ele envia um sinal ao módulo relé, que aciona o atuador para elevar a plataforma.

O microcontrolador juntamente com a programação de visão computacional, será responsável por processar as imagens capturadas pela câmera, interpretando as variações significativas nos pixels como movimentos bruscos, padrões de agitação fora do comum ou ausência repentina de movimento pode indicar uma situação de risco, como um possível afogamento. Esses dados visuais são processados pela programação constante que os classifica como: normais ou um possível alerta. Após esse processo o ESP32 envia um sinal digital a ponte H., que atua como um interruptor eletrônico. Este componente, por sua vez, estabelece a conexão elétrica entre a fonte de alimentação externa e o atuador responsável pela execução da resposta emergencial.

Uma alternativa para prevenir afogamentos para o público-alvo que são as crianças, é identificar uma criança perto das piscinas e assim acionar o sistema antecipadamente evitando a submersão e queda direta da criança no fundo das piscinas, além de prevenir antecipadamente, serve de aviso para os responsáveis de que tem um certo risco para as crianças que estão sem supervisão direta. E isso foi colocado na programação como principal alternativa visto a complexidade de identificar os padrões de movimento; assim atingindo um dos principais objetivos sem comprometer uma mudança brusca na programação.

2.4 INTEGRAÇÃO DE COMPONENTES

A junção dos componentes tem início com a idealização por meio de um diagrama elétrico, que foi elaborado com base na norma NBR IEC 60617, a qual estabelece símbolos gráficos para representar elementos elétricos, conforme os padrões definidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e na NBR 5410 (2004), que define parâmetros para a prática de instalações elétricas de baixa tensão no Brasil atualmente.

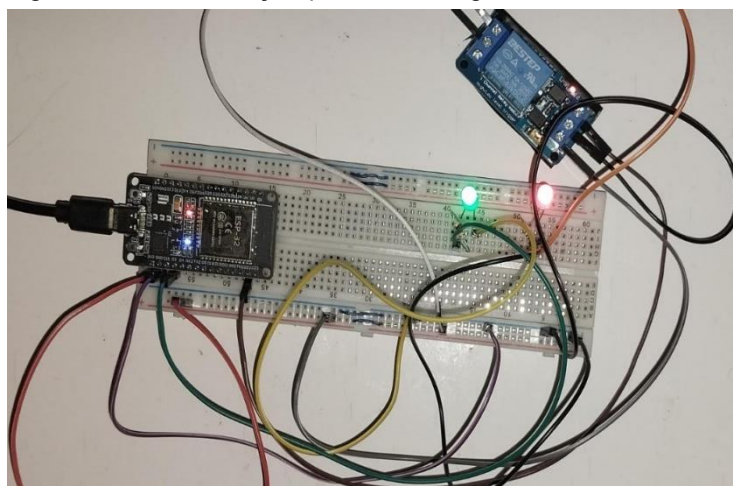
Para o protótipo foi determinado o microcontrolador ESP32 que possui vários recursos que podem ser aplicados às ferramentas de integração com dispositivos móveis, atuando como o centro de processamento do sistema, funcionando como o "cérebro" da aplicação.

Após a captura de imagens por meio da câmera ligada, o sistema realiza o reconhecimento de movimentos que superem um padrão pré-estabelecido de normalidade. Caso um movimento agitado anormal seja detectado, o ESP32 envia um sinal a ponte H que é repassado para o atuador, que se eleva automaticamente com o objetivo de evitar um possível afogamento. Essa resposta automática promove a segurança em ambientes aquáticos, utilizando uma abordagem baseada em automação e monitoramento inteligente.

A integração dos componentes ESP32, câmera, ponte H, atuador e fonte externa foi projetada conforme as exigências elétricas de cada um. O ESP32 recebe energia de uma fonte de 3,3V, enquanto a câmera é ligada aos pinos de alimentação e comunicação através de SPI ou I2C. A ponte H, que é acionada por um pino digital do ESP32, gerencia o atuador, que obtém energia de uma fonte externa e é ativado por um sinal lógico. Essa configuração garante controle eficiente e resposta rápida do sistema.

O circuito foi montado na prática com a incrementação algumas alterações em relação ao projeto inicial, foi adicionado a protoboard, uma plataforma para montagem de circuitos eletrônicos. Uma mudança estratégica, foi a nova organização das conexões de alimentação. O terminal GND do ESP32 nessa fase passa a ser conectado à linha negativa da plataforma protoboard assim permitindo que todos os componentes que anteriormente se ligavam diretamente ao GND do ESP32 fossem agora conectados à referida linha comum. Da mesma a saída de 3,3 V do ESP32 foi conectada à linha positiva da protoboard, permitindo a alimentação compartilhada dos demais dispositivos. Essa nova configuração de entradas nos permitiu uma liberdade maior, limpa, modular e eficiente, na montagem mantendo também a lógica do circuito e facilitando possíveis ajustes durante os testes experimentais. A figura 3 a seguir demonstra a montagem prática do diagrama elétrico inicial com o módulo relé que foi utilizado como teste.

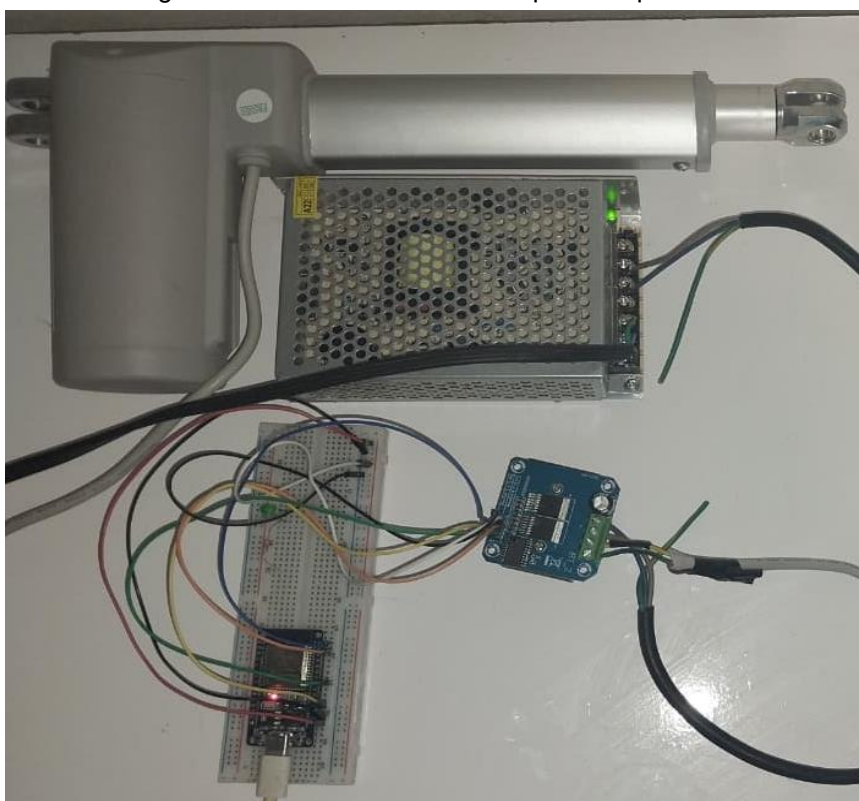
Figura 3 - Demonstração prática do diagrama elétrico de teste



Fonte: Autoria própria.

Com o uso da ponte H no circuito principal no lugar do módulo relé, as ligações elétricas mudam como explicado no texto no começo deste tópico, e para demonstrar como ficam as ligações e os componentes do protótipo com as melhorias feitas, foi montado na pratica o circuito para mostrar de exemplo. A figura 4 abaixo traz as novas ligações feitas com a implementação da ponte H no sistema.

Figura 4 – Novo circuito com componente ponte H.



Fonte: Autoria própria.

No protótipo final a fonte, o ESP32 e a ponte H não estarão próximos do atuador como na figura 4, esses componentes vão estar em um local mais afastado para não correr quaisquer riscos de danos ou falhas não atrapalhando o funcionamento do atuador também pois o próprio depende da garantia de desempenho desses componentes.

2.5 DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

O sistema AquaSafe, foi projetado com base na escolha e uso de peças que atendem às necessidades funcionais do projeto, especialmente no que se relaciona com as tensões elétricas e à interação entre os componentes. O microcontrolador ESP32 foi selecionado devido à sua conectividade e baixo custo, funcionando com uma tensão de 3,3 volts, que é insuficiente para acionar diretamente o atuador do protótipo, o qual necessita de 24 volts para operar.

Para superar essa restrição, foi preciso incluir uma fonte de alimentação externa de 24V, que é capaz de fornecer energia adequada para o atuador. No entanto, para assegurar que essa fonte seja empregada apenas quando o sistema perceba a necessidade de ativação, decidiu-se por um módulo relé compatível com o ESP32. Este relé controla a passagem da corrente elétrica da fonte externa para o atuador, conforme a programação definida anteriormente.

A inclusão do relé no circuito também ajuda a isolar eletricamente os componentes de alta e baixa tensão, melhorando a segurança do sistema e prevenindo sobrecargas. A ponte H escolhida é compatível com microcontroladores que operam a 3,3V, permitindo uma integração sem a necessidade de conversores de nível para o ESP32.

O código foi projetado para analisar as informações recebidas da câmera conectada ao sistema, realizando uma leitura constante das mudanças nas imagens. Assim que certos critérios são cumpridos, o ESP32 aciona o relé, permitindo que o atuador seja ativado e que a plataforma submersa seja elevada.

Dessa maneira, a concepção do sistema foi feita para garantir o funcionamento seguro e eficaz do mecanismo de prevenção de afogamento, utilizando recursos que são acessíveis e com potencial para uso em ambientes residenciais e industriais. A estrutura modular e a disposição do circuito facilitam futuras modificações e manutenções, alinhando-se aos princípios da automação voltada para a segurança.

2.6 COMPONESTES

Este tópico é dedicado para informações mais detalhadas sobre os componentes utilizados no projeto, com imagens, suas principais características funcionamento e explicação da implementação de cada componente no protótipo.

2.6.1 ESP32

O funcionamento do microcontrolador ESP32 consistem em um processador dual-core de 32 bits que tem conectividade em Wi-Fi e Bluetooth integrada, contém uma memória flash de 520 KB (Kilobyte), tendo 34 pinos GPIO (General Purpose Input/Output) é uma entrada e saída de sinais digitais, dos quais 22 pinos são digitais e 12 sendo analógicos, além de ter entrada USB para carregar a programação ou alimentação da placa, mas ela pode ser alimentada com uma fonte 5V ou 3,3V por meio dos seus pinos de 5V e o pino VIN. Segundo Damaceno e Fung (2024) O microcontrolador é um dispositivo que reúne os meios necessários para o funcionamento de um chip, podendo conter periféricos que auxiliam na aplicação para qual foi destinado.

Os microcontroladores são pequenos computadores em um único circuito integrado, contendo um núcleo de processador, memória e periféricos programáveis de entrada e saída. A memória de programação pode ser RAM, PROM ou NOR flash na qual, maioria das vezes, é incluída no chip (NOLÊTO, 2022).

Para programar o ESP32 pode se usar diferentes linguagens de programação, sendo elas: C, C++, MicroPython, Lua, Java Script. E é compatível com o software de programação Arduino IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado), onde é possível carregar a programação para dentro da placa pela entrada USB, para iniciar a programação é necessário a instalação de bibliotecas de acordo com a placa e com o objetivo do projeto.

Por ser um microcontrolador barato o preço fica entre R\$50 a R\$360, é eficiente em termos de gasto de energia, versátil e de simples configuração, ele é bastante usado para protótipos e projetos de automação industrial e residencial, mostrando seu custo-benefício em relação a outras placas, como por exemplo o Arduino uno. A seguir a Figura 5 mostra uma placa ESP-32.

Figura 5 - Placa ESP-32.



Fonte: Autoria própria.

2.6.2 Módulo relé

O módulo relé foi utilizado no nosso projeto com a finalidade de teste tendo a função de permitir a passagem de energia de uma fonte externa a partir de um sinal do esp-32, dessa forma sendo possível a ativação do atuador, o relé é um tipo específico para o esp-32 já que é chaveado com 3,3v do microcontrolador, suportando uma corrente de até 10A, além de suportar uma tensão de até 250V AC ou 30V DC. De acordo com De Oliveira (2023) um módulo de relé é um dispositivo que funciona como um interruptor controlado eletronicamente. Ele é usado para controlar aparelhos elétricos ou circuitos de alta potência com uma corrente elétrica mais fraca. Quando a corrente passa pela bobina do relé, um interruptor interno é acionado, permitindo que o circuito de alta potência seja ligado ou desligado. Isso é útil para isolar eletricamente circuitos de baixa potência de circuitos de alta potência. Os módulos de relé são comuns em automação residencial, industrial e sistemas de segurança. Eles fornecem uma camada de segurança e isolamento entre os circuitos controlados e os circuitos de controle. A seguir na figura 6 tem o módulo relé utilizado para testes do protótipo.

Figura 6 – Placa de módulo relé.



Fonte: Autoria própria.

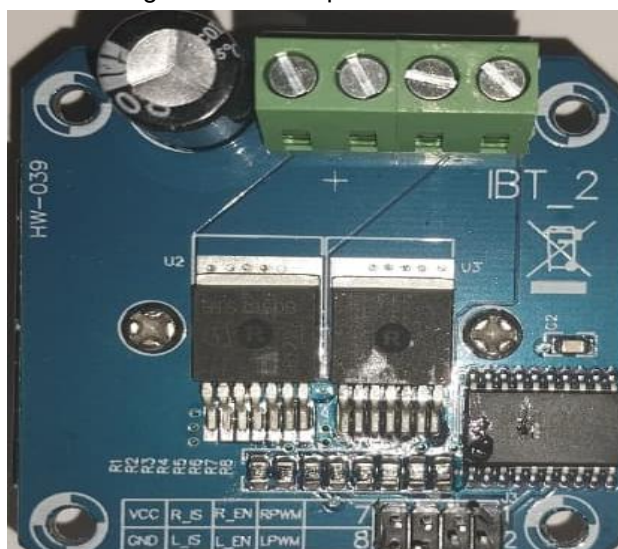
2.6.3 Ponte H

A ponte H foi implementada como uma alternativa para melhor controle do avanço e recuo do atuador linear no lugar do módulo relé, pós discussões do grupo, testes e orientações do professor docente da matéria de TCC foi decidido que era mais eficiente e atingindo as expectativas, assim sendo inclusa definitivamente no protótipo.

Foi necessário a atribuição um modelo específico do módulo driver Ponte H para controle do atuador junto com o ESP32, sendo o modelo BTS7960 que sua construção é a utilização de dois módulos driver assim formando uma Ponte H. Suportando um motor DC com controles de velocidade e direção a partir de sinais PWM, tendo sua tensão de alimentação de 6 até 27,5VDC e a tensão de entrada de controle sendo 3,3 até 5VDC sendo o modelo exato pro funcionamento com ESP32 e até mesmo Arduino UNO; a corrente de alimentação do módulo de controle sendo 3mA e suportando uma corrente contínua de até 43A e com um pico/pulso máximo de 60A .

Tendo proteção térmica, proteção sobretensão e subtensão e cobre corrente (terra), além de ter dissipador de calor e pino IS para identificação de falhas e seu ciclo de trabalho ser de 0-100% com uma modulação PWM de 25kHz, tendo dimensões de 50 x 50 x 43 mm e um peso leve de 66g. A figura 7 demonstra a ponte H utilizada no protótipo.

Figura 7 – Driver ponte H



Fonte: Autoria própria.

2.6.4 Fonte de externa

A fonte externa é um componente que fornece energia elétrica ao sistema de forma segura, convertendo em sua entrada a tensão das redes elétricas (127/220 VCA) para tensão contínua. O modelo escolhido de fonte externa para o protótipo atinge as demandas elétricas exigidas para o atuador, sendo sua saída 24 VDC e corrente de 5A além de uma potência de 120W com frequência de 50/60 hz, contendo também proteção contra curto-circuito, sobre carga e superaquecimento, um pino para realizar a regulação da tensão de forma precisa e um Led indicativo de que está recebendo a energia elétrica e funcionando corretamente.

A utilização desta fonte no circuito é exclusivamente de alimentação para o atuador linear, não influenciando e nem atrapalhando o funcionamento da lógica de programação. Ela fica ligada em uma rede elétrica constante para que a todo momento forneça energia para o atuador já que a ponte H junto com o ESP32 faz o controle de polaridade e de bloqueio da passagem de tensão que alimenta diretamente o atuador, logo não tem quaisquer problemas deixar a fonte ligada constantemente fornecendo energia para o circuito. A figura 8 demonstra a fonte externa utilizada no protótipo, na imagem ela já está com as suas conexões elétricas feitas para a garantia de segurança e funcionamento desde sua implementação no circuito.

Figura 8 – Fonte externa.



Fonte: Autoria própria.

2.6.5 Atuador linear elétrico

O atuador linear elétrico consiste em um motor CC ou CA, engrenagens e uma porca. Existem vários modelos, e o que muda neles é o tamanho do motor, a tensão e o tamanho do atuador, seu funcionamento consiste em transformar o movimento rotacional do motor em movimento linear do pistão, ou seja, quando o motor for alimentado, o pistão se move verticalmente, se elevando e voltando a sua posição inicial no qual é retraído, e esse movimento permite ações de puxar, empurrar, inclinar, deslizar, levantar, soltar e se conectar, tudo isso apertando apenas um botão.

Seu custo-benefício em relação a outros modelos como por exemplo os hidráulicos ou pneumáticos é notável, por ser mais barato e mais simples de se instalar por ocuparem menos espaço, além de suas diversas aplicações na automação industrial/residencial, robótica, automação de transportes, etc.

O atuador foi escolhido principalmente pelo preço e tempo de espera de chegada do componente, sendo uma opção mais rápida e barata para os testes de programação e circuito elétrico. De primeira opção foi decidida a escolha de um atuador com uma potência menor com 12v de tensão e 1,5A de corrente, porém devido o orçamento e o tempo de entrega foi escolhido um atuador mais barato e mais potente, tendo uma tensão de 24v e 5,5A de corrente e com uma classificação de vedação

IP66 sendo resistente a jatos de água e poeira, conseguindo exercer uma força de 6000 N. A figura 9 mostra o atuador que será usado no sistema.

Figura 9 – Atuador linear elétrico.



Fonte: Autoria própria.

2.7 SISTEMA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

As piscinas tradicionais são projetadas principalmente para lazer e práticas esportivas como a natação. Normalmente, possuem profundidades variáveis entre 60 cm e 150 cm, de acordo com a ANNAP, e contam apenas com dispositivos básicos de segurança, como escadas, corrimãos e sistemas de anti-sucção. Contudo, essas medidas são consideradas insuficientes na prevenção de afogamentos, visto que não atuam de forma autônoma, exigindo vigilância constante de profissionais como salva-vidas, o que pode ocasionar falhas humanas previstas em estatísticas em situações críticas.

As piscinas de fundo falso, por sua vez, representam uma evolução em termos de acessibilidade e adaptação para crianças e PCDs. Esse modelo conta com um fundo móvel que pode ser elevado ou rebaixado conforme a necessidade dos usuários, permitindo ajustar a profundidade da piscina de acordo com diferentes faixas etárias ou atividades aquáticas. Apesar de proporcionar maior segurança e acessibilidade para pessoas com deficiência ou crianças, esse tipo de piscina apresenta alto custo de implantação e manutenção, além de demandar tecnologia hidráulica ou mecânica robusta para o funcionamento adequado.

Porém já a piscina projetada no sistema AquaSafe, objeto de estudo desta monografia, propõe uma solução inovadora ao integrar automação industrial à segurança aquática. O protótipo desenvolvido utiliza um microcontrolador ESP32 conectado a uma câmera de monitoramento e a um atuador linear, capaz de acionar automaticamente uma plataforma submersa em casos de risco de afogamento. Dessa forma, diferentemente das piscinas tradicionais, que oferecem apenas recursos passivos de segurança, e das piscinas de fundo falso, que focam em acessibilidade, o nosso projeto se alia prevenção de acidentes, resposta rápida e inclusão social, possibilitando, inclusive, que pessoas com deficiência física utilizem a piscina com maior segurança. Além disso, por ser baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, como sensores e atuadores elétricos, o sistema apresenta maior viabilidade econômica em relação às soluções de fundo falso, ampliando seu potencial de aplicação em ambientes residenciais, públicos e industriais.

Assim, enquanto as piscinas convencionais se restringem a métodos tradicionais e simples de segurança, e as piscinas de fundo falso se evidenciam pela facilidade de acesso, e este projeto procura combinar essas duas características, apresentando uma solução tecnológica que aumenta a proteção, diminui o perigo de afogamentos e favorece a inclusão para todos em ambientes aquáticos.

2.8 LÓGICA FUNCIONAMENTO

Para o funcionamento ideal do protótipo é preciso uma câmera com uma boa qualidade de funcionamento, essa câmera estará diretamente conectada com um computador que irá ter a programação monitorando constantemente a área da piscina; a programação irá interpretar as imagens pela linguagem de programação em python pelo software Pycharm.

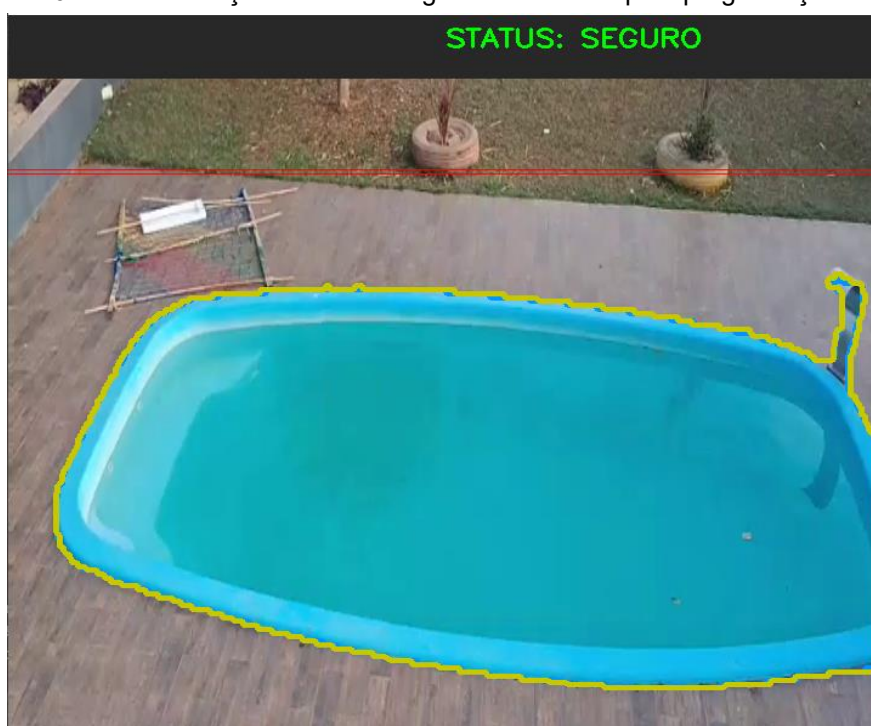
Ao identificar as imagens da piscina e identificar um possível risco, a programação em python manda direto a informação para a porta usb do próprio computador em tempo real e mostrando na tela se o “status” é de alerta ou seguro; o ESP32 está programado para receber essas informações e assim interpretar e pós interpretação do ESP32, ele manda um sinal para o chaveamento da ponte H assim permitindo a passagem dos 24v da fonte para o atuador acionando-o.

Quando o atuador chega ao final do seu percurso o ESP32 corta a passagem de energia para o atuador a partir de temporização pré-definida da programação,

desta forma mantendo-o avançado pelo tempo necessário e se a programação não identificar nenhum possível acidente ou risco; o programa manda essa informação para o ESP32 fazendo ele chavear novamente a ponte H e inverter o sinal, fazendo ele recuar.

A seguir tem duas figuras que demonstram os “status” que são os sinais que serão enviados para o ESP32 de forma visual para sabermos se está indicando alerta ou se está seguro. A figura 10 Abaixo é a demonstração em imagem do “status” seguro da detecção feita pela programação em uma piscina real.

Figura 10 – Demonstração do status seguro identificado pela programação



Fonte: Autoria própria.

A figura 11 abaixo demonstra o “status” de alerta da detecção feita pela programação em uma piscina real.

Figura 11 – Demonstração do status alerta identificado pela programação



Fonte: Autoria própria.

2.9 CODIGO E BIBLIOTECAS

As bibliotecas que são necessárias para a utilização da visão computacional que está presente no projeto na programação, as principais são OpenCV e YOLOv8 que são responsáveis pelas principais detecções de objetos e no projeto foi utilizada para identificar o ambiente aquático, junto com essas duas bibliotecas temos a PySerial, responsável pelo envio de informações e comunicação com o ESP32 e para a interface de controle manual a biblioteca Tkinter foi utilizada, garantindo uma nova alternativa para o funcionamento e aparência do sistema de fácil utilização. Abaixo terá as bibliotecas que foram usadas e a explicação da função de cada uma na programação, que após a instalação do Python no dispositivo eletrônico que for usado seja computador ou notebook e a instalação do programa Pycharm, para a instalação dessas bibliotecas o usuário pode instalar no programa a partir de orientações de vídeos da internet ou do próprio programa Pycharm, ou então executar o prompt de comando do computador e utilizar o código que estará a baixo de cada biblioteca para instalar e se caso queira instalar todas as bibliotecas descritas de uma única vez, poderá usar o código que estará no final da explicação de cada biblioteca.

- **OpenCV(cv2);**

Função: Processamento de imagens, detecção de cores, contornos e interface visual

Uso no projeto: Detecção da piscina, desenho das zonas de perigo e interface

Instalação: pip install opencv-python

- **NumPy(np);**

Função: Cálculos numéricos e manipulação de arrays

Uso no projeto: Processamento de máscaras de cores e operações matriciais

Instalação: pip install numpy

- **UltralyticsYOLO;**

Função: Detecção de objetos em tempo real (pessoas/crianças)

Uso no projeto: Identificação e localização de pessoas na área da piscina

Instalação: pip install ultralytics

- **PySerial(serial);**

Função: Comunicação serial com o Arduino/ESP32

Uso no projeto: Envio de comandos de alerta para o sistema físico

Instalação: pip install pyserial

- **Tkinter(tk);**

Função: Interface gráfica para controle manual e monitoramento

Uso no projeto: Pop-up de controle com botões para modo manual/automático, exibição de status em tempo real e log do sistema

Instalação: Já incluída no Python

- **Threading;**

Função: Execução paralela de processos

Uso no projeto: Execução simultânea da visão computacional e interface gráfica sem bloqueios

Instalação: Já incluída no Python

- **Bibliotecas Python nativas;**

time → Controle de temporização, FPS e delays entre comandos

collections.deque → Histórico de tracking de objetos para suavização

math → Cálculos de distância, geometria e detecção de proximidade com a piscina

atexit → Gerenciamento de encerramento limpo do programa e conexão serial

datetime → Timestamps para log de eventos e alertas

tkinter.ttk → Componentes avançados da interface gráfica

tkinter.messagebox → Diálogos de alerta e confirmação para o usuário

- **Código completo de instalação de todas as bibliotecas;**

pip install opencv-python numpy ultralytics pyserial.

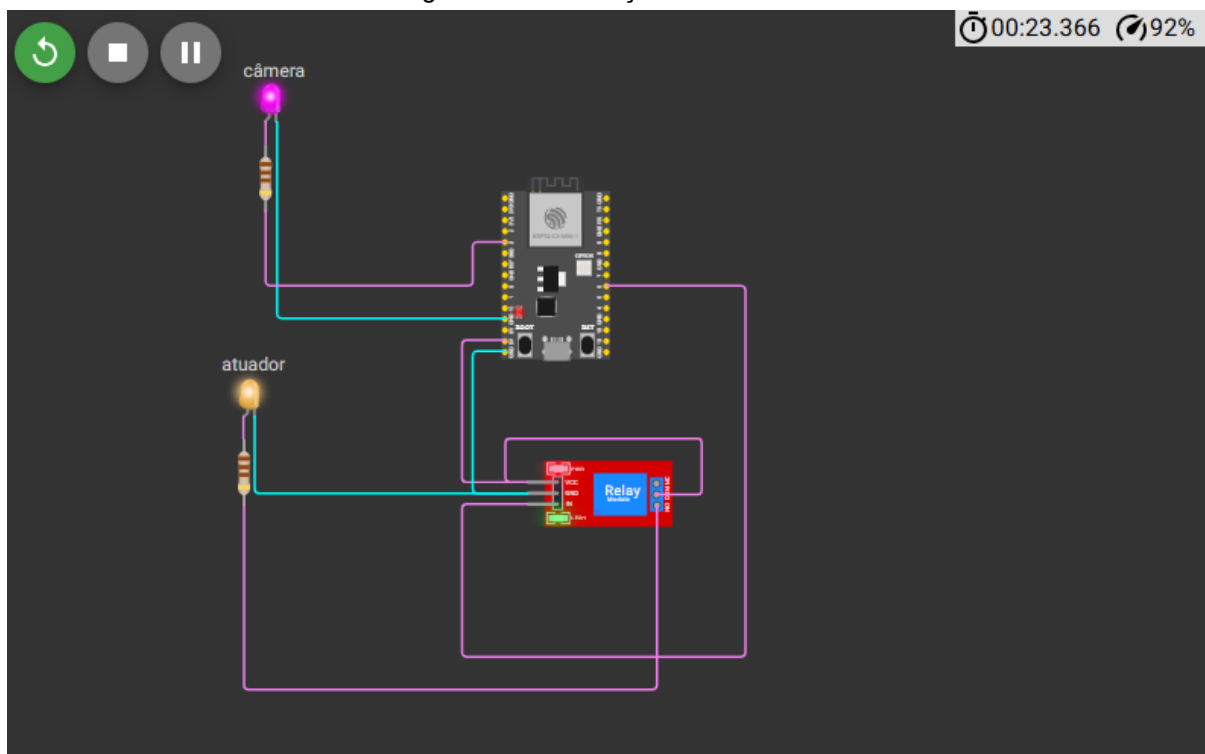
Já para o Arduino IDE é necessário apenas uma biblioteca para funcionar sendo a Arduino.h, porém algumas coisas importantes estão no código e que devem ser vistas com atenção. Se encontra no Apêndice A o código completo que foi utilizado no Arduino IDE para o funcionamento do projeto com cada linha explicada (a explicação de cada linha vem logo após os caracteres // que são utilizados para fazer comentários na programação para facilitar entendimento, para lembrete ou para explicação que é o caso nesta programação) e os símbolos que aparecem no código são didáticos para facilitar o entendimento e deixar o código mais visual, mas como são apenas comentários e informações que serão mostrados na aba Monitor Serial do Arduino IDE eles não são importantes para o código, podendo ser removidos dependendo da vontade de quem estiver utilizando a programação.

2.10 TESTES E PROTOTIPAGEM

O diagrama elétrico foi montado no simulador Wokwi, com as seguintes alterações para fins de teste: o LED laranja simboliza o atuador e o LED rosa representa a câmera, ambos acompanhados por resistores em série com valor de 110 ohms e a fonte externa não vai ser utilizada. O objetivo da simulação é o acionamento simultâneo desses componentes, testando as ligações do circuito por meio do microcontrolador escolhido, o ESP32. A inserção dos componentes começa pela fonte, cuja ligação externa energiza o ESP32. Este, por sua vez, está conectado ao LED rosa pelo pino digital D3 e pelo terminal GND, ambos pertencentes ao microcontrolador. O LED laranja, por sua vez, é acionado por meio de um módulo relé, controlado pelo pino IN,

que se conecta ao D6 do microcontrolador, atuando como um interruptor eletrônico que permite ou interrompe a passagem de corrente para o LED, simulando assim o controle de uma carga externa. O relé é alimentado pelos pinos 3,3V, COM e GND, garantindo seu funcionamento. A figura 12 é a simulação no Wokwi do circuito inicial que foi utilizado como teste.

Figura 12 – Simulação elétrica teste



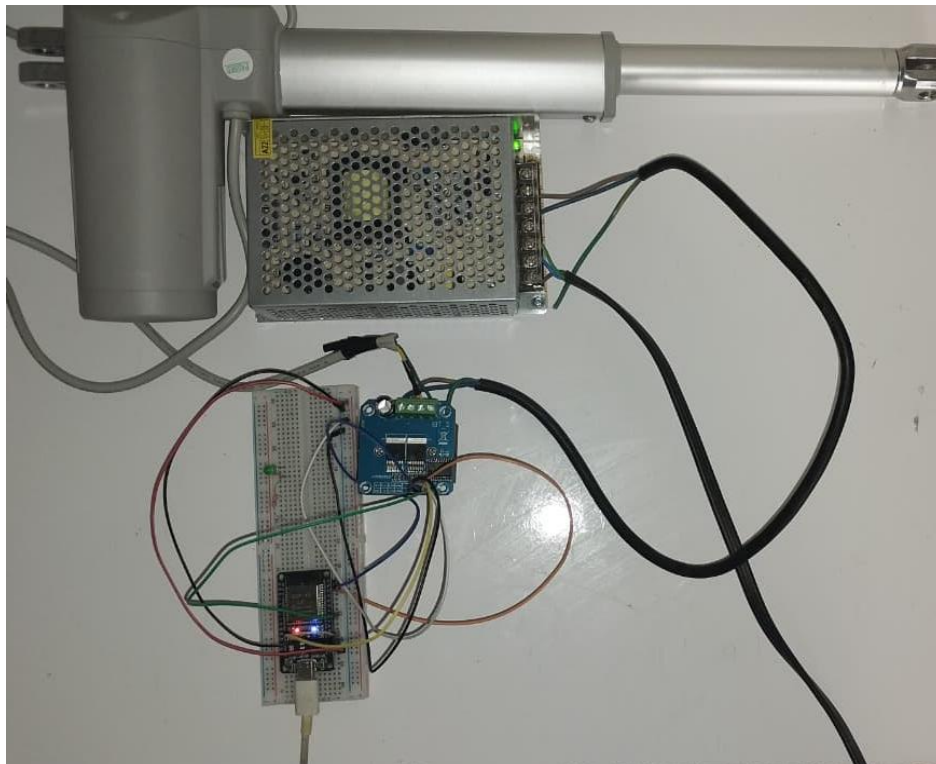
Fonte: Autoria Própria

Nessa simulação o módulo relé foi importante para testar o atuador de forma segura, sendo também efetuada antes da escolha da ponte H para o controle total do atuador, logo sua utilidade e importância deve ser evidenciada mostrando a primeira simulação que quando foi montada na prática teve seu funcionamento satisfatório.

Com o avanço da programação e do protótipo novos testes foram realizados na prática para verificação da funcionalidade do sistema, com expectativas do atuador ser completamente controlado de acordo com a programação de detecção constante automática quanto a programação de ação manual e verificação dos componentes usados, após tudo montado foi iniciado a comunicação da programação do software Pycharm com o ESP32 e a ligação da fonte externa que está conectada a ponte H

que alterna a polaridade do atuador para controlar o avanço e recuo mediante os comando da programação em conjunto com o ESP32. A figura 13 a seguir mostra o teste com o atuador avançado e o Led do ESP32 indicando que está recebendo o sinal de alerta da programação, com um resultado extremamente satisfatório sem quaisquer indícios de erros com os componentes.

Figura 13 – Teste completo do circuito em conjunto com a programação



Fonte: Autoria própria

2.11 ANÁLISE DE VIABILIDADE

Está análise apresenta viabilidade técnica, econômica e operacional do sistema automatizado de prevenção de afogamentos. O propósito é verificar a possibilidade de implementação do sistema em ambientes públicos e residenciais, avaliando recursos utilizados e a eficácia da solução proposta, tendo em vista que o projeto inicial se trata de um protótipo funcional.

O monitoramento visual do ambiente é realizado por meio de uma câmera digital, conectada ao microcontrolador ESP32. Com isso, o sistema foi capaz de identificar variações incomuns nos pixels das imagens captadas, interpretando essas alterações como possíveis situações de afogamento.

Apesar do bom desempenho apresentado nos testes de bancada, a aplicação do sistema em um ambiente real exigirá ajustes e a inclusão de novos componentes. O microcontrolador ESP32, utilizado no projeto, deverá ser substituído por um Controlador Lógico Programável (CLP), uma vez que o modelo atual não apresenta resistência adequada à umidade e a outros fatores ambientais. O CLP destaca-se por sua robustez, sendo mais indicado para ambientes de maior porte, com melhor suporte técnico, isolamento elétrico aprimorado, além de proteção contra intempéries e interferências eletromagnéticas. Da mesma forma, o atuador linear empregado no protótipo será substituído por um modelo hidráulico ou pneumático com grau de proteção IP68 ou IP69K, mais apropriado para ambientes úmidos e para aplicações que demandam maior força de atuação. O módulo relé atualmente utilizado será dispensado, sendo a alimentação do sistema realizada por meio de uma fonte industrial, devidamente protegida por disjuntores, o que proporcionará maior segurança elétrica. Posteriormente, a integração de novos componentes, como sensores de profundidade, mecanismos de alarme sonoro e sistemas de redundância, colaboraram para o aumento da precisão e da confiabilidade do sistema. Ainda, a necessidade da realização de testes práticos em piscinas ou em locais com movimentação real de pessoas, a fim de validar o funcionamento do sistema sob diferentes condições ambientais e comportamentais.

Do ponto de vista operacional, o sistema é de fácil montagem e manutenção, podendo ser configurado por profissionais com conhecimentos básicos em automação e eletrônica. Sua operação é autônoma, o que reduz a necessidade de monitoramento constante e permite resposta imediata a possíveis emergências. No entanto, para ambientes de maior complexidade, como clubes, escolas ou espaços públicos, será fundamental garantir que o sistema atenda às normas técnicas e de segurança específicas, exigindo testes certificados e avaliações mais rigorosas.

Por fim foi concluído, que o projeto apresenta viabilidade técnica e operacional enquanto protótipo, demonstrando um conceito funcional e um futuro promissor para prevenção de afogamentos. Contudo, sua implementação em cenários reais ainda depende de aprimoramentos, expansão da infraestrutura e validação em campo. A continuidade do desenvolvimento é recomendada testes práticos em ambientes controlados e reais.

2.12 CUSTO-BENEFÍCIO

O projeto inicial como protótipo oferece um ótimo custo-benefício ao optar por componentes acessíveis e eficazes, como o microcontrolador ESP32, câmera digital, módulo relé e o atuador linear elétrico de 24V com proteção IP66. A escolha desses componentes tem como objetivo assegurar a durabilidade, a eficiência energética e o desempenho apropriado para a aplicação da simulação pretendida. Ficando em torno de R\$700,00 para a montagem completa. Sua flexibilidade como projeto possibilita ajustes de acordo com as dimensões da piscina ou tanque, fazendo com que o investimento seja proporcional à demanda do usuário.

O valor aproximado para a concretização do sistema com os ajustes previstos varia de R\$ 8.000,00 a R\$ 12.000,00. Isso leva em conta a troca do ESP32 por um CLP, que custa em torno de R\$ 3.500,00, a escolha de um atuador hidráulico ou pneumático que tenha proteção IP68/IP69K, estimado em cerca de R\$ 4.000,00, e a instalação de uma fonte industrial protegida por disjuntores, com um custo médio de R\$ 1.500,00. A adição de sensores extras e alarmes sonoros pode aumentar o custo total em até R\$ 3.000,00

Embora o investimento inicial seja mais elevado, as vantagens incluem uma maior robustez, segurança elétrica e redução nas despesas com manutenção corretiva. A operação autônoma também ajuda a reduzir custos relacionados ao monitoramento feito por humanos. Assim, o sistema oferece uma boa relação entre custo e benefício, especialmente em locais com grande circulação de pessoas, como clubes e escolas.

2.13 MANUTENÇÃO

Visando o protótipo sua manutenção deveria ser feita com uma constância maior sendo a cada mês por sua estrutura física e qualidade dos componentes, sendo justamente uma opção mais barata para um protótipo de TCC. Já pensando em uma aplicação real em piscinas residenciais e tanques industriais seriam diferentes em diferentes situações.

Começando pelas residenciais iria depender do modelo da piscina e do atuador a ser utilizado sendo, assim com modelos mais comuns seria necessária uma quantidade menor de atuadores dos mais potentes para o projeto com uma durabilidade

maior e maior proteção necessitando de um menor circuito elétrico, e por serem mais resistentes e mais potentes com uma boa proteção a manutenção passa a ser menos constante já que a confiança nos componentes é maior. Já se analisarmos a aplicação em indústrias seria melhor desenvolver atuadores mais potentes com um dimensionamento adequado para os tanques que seriam utilizados, garantindo uma especificação melhor da manutenção além da melhora da estrutura, durabilidade e eficiência por serem adaptados para um local maior, com melhor capacidade tecnológica, fluidos específicos e com um monitoramento preciso.

Pensando em piscinas públicas, residenciais e piscinas de modelos com formatos mais específicos, a quantidade de atuadores aumenta juntamente com o circuito elétrico também tendo que ter uma manutenção mais frequente pelo fato de conter riscos de uma durabilidade menor se os componentes não forem devidamente cuidados e selecionados com boa qualidade de segurança e funcionamento.

2.14 DIMENSIONAMENTO DO PROJETO

O dimensionamento do protótipo precisa levar em conta as características físicas do ambiente onde será instalado, já que tanto as dimensões da plataforma quanto o posicionamento dos sensores e a quantidade de atuadores variam de acordo com o tipo de piscina ou tanque. Em piscinas residenciais, que em sua maioria possuem dimensões médias entre oito e dez metros de comprimento por quatro a cinco metros de largura, recomenda-se que a plataforma automatizada ocupe uma área equivalente a cerca de um quarto da largura da piscina. Esse tamanho é suficiente para oferecer suporte a uma pessoa em emergência sem comprometer a circulação dos banhistas. Em piscinas públicas, que podem ultrapassar vinte e cinco metros de comprimento por doze metros de largura, é necessário ampliar a escala da plataforma, garantindo estabilidade estrutural, maior área de apoio e redundância no acionamento. Já em tanques industriais, onde os tamanhos variam bastante, a plataforma deve priorizar materiais robustos, resistência a agentes químicos e pontos adicionais de fixação, adaptando-se às necessidades específicas de cada processo.

A altura e o posicionamento da câmera também são fatores decisivos para a eficiência do sistema. Em piscinas residenciais, uma altura média de três metros em relação ao nível da água é suficiente para cobrir toda a área de nado e reduzir inter-

ferências como reflexos da superfície. Em piscinas públicas, é recomendada a instalação de duas ou mais câmeras posicionadas em pontos opostos a cerca de quatro a cinco metros de altura, de forma a eliminar pontos cegos e garantir a análise cruzada das imagens. Nos tanques industriais, a instalação deve variar conforme o ambiente, sendo indicadas alturas semelhantes às residenciais, mas com a adição de proteções contra poeira, vapor e respingos, além de sensores auxiliares de profundidade ou pressão em casos de baixa visibilidade.

Em relação aos atuadores, sua escolha deve se basear tanto na profundidade quanto na força de elevação necessária. Para piscinas residenciais com profundidade média entre um metro e meio e dois metros, um atuador linear de curso compatível e capacidade de carga suficiente para elevar até cento e cinquenta quilos já atende à maior parte das situações. Em piscinas públicas, com profundidade que pode chegar a três metros e maior volume de usuários, é recomendada a utilização de dois ou mais atuadores sincronizados, cada um com capacidade superior a duzentos quilos, de forma a garantir redundância e estabilidade durante a operação. Já em tanques industriais, onde as exigências podem incluir cargas mais elevadas e ambientes agressivos, os atuadores devem ser selecionados com base em versões hidráulicas ou pneumáticas, com proteção contra umidade e capacidade dimensionada de acordo com a demanda.

A proporção do tamanho da plataforma em relação à piscina deve ser planejada para oferecer suporte em emergências sem comprometer o uso normal. Em residências, módulos menores e compactos facilitam a instalação e manutenção. Em ambientes públicos, módulos maiores ou interligados garantem maior abrangência de cobertura, enquanto em tanques industriais a robustez e a resistência do material se tornam prioridade. A instalação deve prever fixações firmes e pontos de ancoragem seguros, resistentes a esforços dinâmicos da água e de usuários. Passagens de cabos e conexões devem ser protegidas contra corrosão e acidentes, enquanto o acesso aos componentes de controle deve ser facilitado para inspeções e manutenção periódica.

Por fim, ressalta-se que essas medidas representam padrões de referência, mas o dimensionamento final precisa ser adaptado ao local de instalação. Cada ambiente, seja residencial, público ou industrial, possui particularidades de geometria, profundidade e fluxo de pessoas, o que torna indispensável uma vistoria técnica prévia para ajustes de proporção, quantidade de atuadores e posicionamento de sensores.

A modularidade do AquaSafe permite que o sistema seja facilmente ajustado em escala, garantindo que se mantenha prático, seguro e eficaz em diferentes cenários de aplicação.

2.15 INCLUSÃO SOCIAL

Os modelos de piscinas que temos hoje em dia não se tem uma adaptação específica para a inclusão de pessoas PCD (Pessoa com Deficiência) que tem dificuldade de mobilidade, sendo apenas modelos com uma beleza e formatos diferentes. Já com o nosso protótipo é possível mostrar que poderiam ter piscinas para parte da população que por conta de sua deficiência não pode usufruir de um ambiente de lazer tão requisitado nos dias de hoje por conta das altas temperaturas.

E isso seria realizável justamente por conta da plataforma móvel, sendo possível ajustar a altura que ela ficaria elevada assim determinando até que parte do corpo dessa pessoa com deficiência ficaria submersa; a plataforma serviria tanto como um local para repouso (como as margens de piscinas com adaptação para crianças), ou como um ambiente de caminhada, tendo a possibilidade se locomover com cadeira de rodas por cima da plataforma se movimentando na água.

Dessa forma temos o exemplo de adaptações que a ideia traz, sendo necessário apenas a implementação do projeto para se ter inclusão de pessoas deficientes; além de também servir como terapia para pessoas em recuperação de movimento corporal já que a hidroterapia é uma excelente forma de exercício físico e mental para essas pessoas, tendo mais segurança e adaptabilidade para diferentes situações.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do AquaSafe permitiu ao grupo integrar conhecimentos adquiridos durante o curso de Automação Industrial, aplicando-os em uma proposta prática com alta relevância social. O protótipo, mesmo ainda precisando de ajustes, demonstrou um funcionamento satisfatório e uma boa capacidade de prevenção em cenários simulados, confirmando a viabilidade da ideia. Este trabalho, mais do que um simples exercício técnico, se destacou por apresentar uma solução acessível, inovadora e inclusiva para um problema real que é pouco explorado: a segurança em ambientes aquáticos. A implementação do sistema não só ajuda a diminuir os acidentes de afogamento em piscinas, tanto residenciais quanto públicas, como também tem potencial para ser utilizado em contextos industriais, onde pode proteger trabalhadores, prevenir quedas em tanques e recuperar itens importantes, agregando valor à segurança e à eficiência operacional. Além do mais, o projeto abre novas possibilidades de acessibilidade e inclusão para pessoas com deficiência, ampliando seu impacto além do lazer, alcançando também a área terapêutica e o ambiente industrial. Apesar das limitações apresentadas por um protótipo acadêmico, os resultados obtidos indicam um futuro promissor para melhorias, como a integração de CLPs, atuadores mais robustos, sensores adicionais e validação em ambientes reais. Portanto, espera-se que este trabalho funcione como uma base para futuras pesquisas e que sirva de inspiração para outras iniciativas que utilizem automação e tecnologia como ferramentas para garantir a segurança da vida. Em resumo, o AquaSafe não é apenas um protótipo técnico, mas também uma demonstração de compromisso com uma inovação responsável, evidenciando como engenharia e automação podem fazer contribuições significativas para a construção de uma sociedade mais segura, inclusiva e preparada para enfrentar desafios em contextos residenciais, públicos e industriais.

3.1 TRABALHOS FUTUROS

Para futuros trabalhos e melhorias no projeto, existem alternativas como a pesquisa para a implementação do sistema, em piscinas já instaladas antes do desenvolvimento do protótipo. Com o objetivo de não danificar a estrutura da área de lazer, que já existe, outras melhorias seriam a proteção do sistema elétrico, começando pela fiação, que seria trocada para fios hiperemiáveis, outra opção é a utilização do ESP32 ou sistema CLP sem a utilização dos fios para transferência de informação, sendo por

meios bluetooth ou Wi-Fi. Em um sistema ainda mais avançado, é possível o desenvolvimento de um sistema onde a câmera de detecção da visão computacional fique submersa na água.

A estrutura é mais um possível aprimoramento, a fixação mais segura dos atuadores e da chapa de aço perfurada, traz uma grande melhoria na performance e confiança tanto elétrica quanto mecânica, em conjunto o sistema elétrico pode ficar mais simples e funcionar de distâncias maiores com a opção de transformar a passagem de informação de detecção de forma sem fios, e com a melhora da estrutura física a programação pode ser melhorada pra ficar cada vez mais precisa e rápida conforme a necessidade do usuário. Com modelos de inteligência artificial mais potentes, com especificações de cada usuário ou indústria com novas identificações para melhor garantia da segurança e um desempenho melhor do sistema, além de uma interface mais atrativa para cada consumidor. Conforme os recursos de cada consumidor o projeto pode ser adaptado e melhorado dependendo da demanda, ou ser mais simples que mesmo desta forma se mostra eficiente no que foi inicialmente desenvolvido e proposto para o protótipo.

REFERENCIAS

ALOTAIBI, H. Y. *Intelligent safety system for swimming pools using computer vision. International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, v. 11, n. 5, p. 377–383, 2020. Disponível em: https://thesai.org/Downloads/Volume11No5/Paper_46-Intelligent_Safety_System_for_Swimming_Pools.pdf. Acesso em: 10 maio 2024.

DAMACENO, W.; FUNG, R.; SARTORI, J. **ESP32** – Introdução técnica. Laboratório de Automação Industrial, São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.la-baut.com.br/esp32-introducao>. Acesso em: 18 abr. 2024.

DE OLIVEIRA, A. **Módulo relé: funcionamento e aplicações**. Eletrônica Fácil, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://eletronicafacil.com/modulo-rele>. Acesso em: 25 abr. 2024.

NOLÊTO, M. J. Fundamentos de microcontroladores e sistemas embarcados. **Revista Científica de Tecnologia**, Palmas, v. 8, n. 2, p. 45–58, 2022.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Global report on drowning: preventing a leading killer**. Geneva: World Health Organization, 2014. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/global-report-on-drowning>. Acesso em: 20 abr. 2024.

PINHEIRO, D. F. et al. Análise estatística de casos de afogamento no Brasil e medidas preventivas. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 56, p. 1–10, 2022.

PORCIDES, A. C. **Primeiros socorros em ambientes aquáticos: prevenção de afogamentos**. Rio de Janeiro: Vozes, 2006.

SANARMED. **Afogamento: causas, prevenção e primeiros socorros**. São Paulo, 2025. Disponível em: <https://www.sanarmed.com/afogamento-causas-e-prevencao>. Acesso em: 28 abr. 2025.

SHATNAWI, R. N. et al. *IoT-based safety monitoring system for smart pools*. **Sensors and Safety Engineering Journal**, London, v. 33, n. 1, p. 22–35, 2024.

APÊNDICE A – Código utilizado no Arduino IDE

Código Arduino IDE:

```
#include <Arduino.h>

// ===== CONFIGURAÇÕES PONTE H =====
#define R_EN 22 // Pino Enable direito - Habilita lado direito da ponte H
#define L_EN 23 // Pino Enable esquerdo - Habilita lado esquerdo da ponte
H
#define R_PWM 5 // Pino PWM direito (recuo) - Controla velocidade do recuo
#define L_PWM 2 // Pino PWM esquerdo (avanço) - Controla velocidade do
avanço

// ===== TEMPOS CONFIGURÁVEIS =====
const long TEMPO_RECUIO = 30000; // Tempo total para recuar comple-
tamente o atuador (30 segundos)
const long TEMPO_SEM_PERIGO = 120000; // Tempo sem perigo detectado
para iniciar recuo automático (2 minutos)
const long TEMPO_SEM_COMANDO = 30000; // Tempo sem comunicação
do Python para considerar desconexão (30 segundos)
const long TEMPO_DESLIGAR = 10000; // Tempo adicional após recuo
para desligar completamente a ponte H (10 segundos)
const long TEMPO_HEARTBEAT = 3000; // Intervalo entre mensagens de
status no monitor serial (3 segundos)

// ===== VARIÁVEIS =====
int nivelAlerta = 0; // Nível de alerta recebido do Python (0-3)
unsigned long lastCommandTime = 0; // Último tempo que recebeu co-
mando do Python
unsigned long lastDangerTime = 0; // Último tempo que detectou perigo
unsigned long lastRecuoTime = 0; // Tempo que iniciou o recuo do atuador
bool pythonEnviando = false; // Flag se Python está enviando dados
```

```

        bool modoManual = false;           // Flag se está em modo manual ou
automático
        bool recuando = false;           // Flag se o atuador está em processo de
recuo
        bool alertaAtivo = false;       // 🚨 NOVA: Controla se há alerta ativo
(bloqueia modo manual)

void setup() {
    // Configurar pinos da ponte H como saída
    pinMode(R_EN, OUTPUT);
    pinMode(L_EN, OUTPUT);
    pinMode(R_PWM, OUTPUT);
    pinMode(L_PWM, OUTPUT);

    // Iniciar com ponte desligada por segurança
    desligarPonteHCompletamente();

    // Iniciar comunicação serial com computador
    Serial.begin(115200);
    while (!Serial) {
        delay(10); // Aguarda inicialização da serial
    }

    delay(2000); // Aguardar estabilização do sistema
    Serial.println("ESP32_PONTE_H_PRONTO");
    Serial.println("Sistema Inteligente - Detecção de Adultos/Crianças");
    Serial.println();
    Serial.println("=== CONTROLE MANUAL ===");
    Serial.println("a → Avançar atuador");
    Serial.println("r → Recuar atuador");
    Serial.println("p → Parar atuador");
    Serial.println("m → Voltar para modo automático");
    Serial.println("=====");
}

```

```

// Mostrar tempos configurados para referência
Serial.println();
Serial.println("=== TEMPOS CONFIGURADOS ===");
Serial.print("Recuo: "); Serial.print(TEMPO_RECUIO/1000); Serial.println(" se-
gundos");
Serial.print("Sem perigo: "); Serial.print(TEMPO_SEM_PERIGO/1000); Se-
rial.println(" segundos");
Serial.print("Sem comando: "); Serial.print(TEMPO_SEM_COMANDO/1000);
Serial.println(" segundos");
Serial.print("Desligar: "); Serial.print(TEMPO_DESLIGAR/1000); Serial.prin-
tln(" segundos");
Serial.println("=====");
}

void desligarPonteHCompletamente() {
// Desliga todos os pinos da ponte H para economizar energia e garantir se-
gurança
analogWrite(R_PWM, 0); // Zera PWM direito
analogWrite(L_PWM, 0); // Zera PWM esquerdo
digitalWrite(R_EN, LOW); // Desabilita lado direito
digitalWrite(L_EN, LOW); // Desabilita lado esquerdo
recuando = false; // Reseta flag de recuo
}

void avançarAtuador() {
Serial.println("▶ AVANÇANDO_ATUADOR");
digitalWrite(R_EN, HIGH); // Habilita lado direito
digitalWrite(L_EN, HIGH); // Habilita lado esquerdo
analogWrite(R_PWM, 0); // PWM direito em 0 (sem movimento de recuo)
analogWrite(L_PWM, 200); // PWM esquerdo em 200 (avanço com veloci-
dade média)
recuando = false; // Marca que não está recuando
}

```

```

void iniciarRecuoAtuador() {
    Serial.println("◀ INICIANDO_RECUCO_ATUADOR");
    digitalWrite(R_EN, HIGH); // Habilita lado direito
    digitalWrite(L_EN, HIGH); // Habilita lado esquerdo
    analogWrite(L_PWM, 0);    // PWM esquerdo em 0 (sem movimento de
avanço)
    analogWrite(R_PWM, 200); // PWM direito em 200 (recuo com velocidade
média)
    recuando = true;        // Marca que está recuando
    lastRecuoTime = millis(); // Registra tempo de início do recuo
}

```

```

void pararAtuador() {
    Serial.println("■ PARANDO_ATUADOR");
    analogWrite(R_PWM, 0); // Para PWM direito
    analogWrite(L_PWM, 0); // Para PWM esquerdo
    digitalWrite(R_EN, LOW); // Desabilita lado direito
    digitalWrite(L_EN, LOW); // Desabilita lado esquerdo
    recuando = false;      // Reseta flag de recuo
}

```

```

void processarComandoPython(byte nivel) {
    // 🔄 ATUALIZADO: Processa alertas do Python corretamente
    lastCommandTime = millis(); // Atualiza último tempo de comando
    pythonEnviando = true;      // Marca que Python está enviando dados
    nivelAlerta = nivel;        // Armazena nível de alerta recebido

    Serial.print("🔔 PYTHON_ALERTA: Nível ");
    Serial.println(nivel);

    // 🔄 BLOQUEIA mudança para manual se houver alerta ativo
    if (nivel > 0) {
        alertaAtivo = true;     // Ativa flag de alerta
    }
}

```

```

lastDangerTime = millis(); // Registra tempo do último perigo

// 🛑 IMPEDE ativação do modo manual durante alerta
if (modoManual) {
    Serial.println("🛑 ALERTA_ATIVO - Forçando modo AUTOMÁTICO");
    modoManual = false;    // Força voltar para modo automático
}

// Avançar atuador apenas se não estiver recuando
if (!recuando) {
    avançarAtuador();    // Aciona proteção (avanço do atuador)
    Serial.println("🛑 PERIGO_IDENTIFICADO - Atuador avançado");
}
} else {
    // 🛑 Só desativa alerta após tempo de segurança
    unsigned long tempoSemPerigo = millis() - lastDangerTime;
    if (tempoSemPerigo > TEMPO_SEM_PERIGO) {
        alertaAtivo = false;    // Desativa alerta após 2 minutos de segurança
        Serial.println("✅ SEGURANCA_IDENTIFICADA - Alerta desativado");
    } else {
        Serial.println("⚠️ AGUARDANDO_CONFIRMACAO_SEGURANCA");
    }
}

// Verificar se precisa recuar (apenas no modo automático)
if (!modoManual && !recuando && tempoSemPerigo > TEMPO_SEM_PERIGO) {
    Serial.println("🕒 2_MINUTOS_SEM_PERIGO - Iniciando recuo...");
    iniciarRecuoAtuador(); // Inicia recuo automático
}
}
}

void processarComandoManual(char comando) {

```

```

Serial.print("🎮 COMANDO_MANUAL: ");
Serial.println(comando);

// 🛑 BLOQUEIA comandos manuais se houver alerta ativo
if (alertaAtivo && comando != 'm' && comando != 'M') {
  Serial.println("❌ ALERTA_ATIVO - Comando manual BLOQUEADO");
  return; // Sai da função sem processar o comando
}

switch(comando) {
  case 'a':
  case 'A':
    if (!alertaAtivo) { // 🛑 Só permite se não houver alerta
      modoManual = true; // Ativa modo manual
      avançarAtuador(); // Aciona avanço
      Serial.println("⬆️ MODO_MANUAL_ATIVADO - Avanço ativado");
    } else {
      Serial.println("❌ AVANCO_BLOQUEADO - Alerta ativo");
    }
    break;

  case 'r':
  case 'R':
    if (!alertaAtivo) { // 🛑 Só permite se não houver alerta
      modoManual = true; // Ativa modo manual
      iniciarRecuoAtuador(); // Aciona recuo
      Serial.println("⬇️ MODO_MANUAL_ATIVADO - Recuo ativado");
    } else {
      Serial.println("❌ RECUO_BLOQUEADO - Alerta ativo");
    }
    break;
}

```

```

case 'p':
case 'P':
    if (!alertaAtivo) { // 🛑 Só permite se não houver alerta
        modoManual = true; // Ativa modo manual
        pararAtuador(); // Para o atuador
        Serial.println("🔴 MODO_MANUAL_ATIVADO - Sistema em espera");
    } else {
        Serial.println("❌ PARADA_BLOQUEADA - Alerta ativo");
    }
    break;

case 'm':
case 'M':
    // 🔄 Sempre permite voltar para automático
    modoManual = false; // Desativa modo manual
    alertaAtivo = false; // Reseta alerta ao voltar para automático
    Serial.println("🔄 MODO_AUTOMATICO_ATIVADO - Monitoramento
ativo");
    break;

default:
    Serial.println("❌ COMANDO_MANUAL_INVALIDO");
    break;
}
}

void verificarConexaoPython() {
    unsigned long tempoSemComando = millis() - lastCommandTime;

    // Verifica se passou tempo demais sem comando do Python
    if (tempoSemComando > TEMPO_SEM_COMANDO) {
        if (pythonEnviando) {
            Serial.println("⚠️ PYTHON_PAROU_DE_ENVIAR");
        }
    }
}

```

```

pythonEnviando = false; // Marca que Python parou de enviar
}

// 🔄 Se passou muito tempo sem comando e estava em alerta, recuar (apenas automático)
if (tempoSemComando > TEMPO_SEM_PERIGO && nivelAlerta > 0 && !modoManual && !recuando) {
    Serial.println("🔄 RECUANDO_POR_FALTA_DE_DADOS");
    iniciarRecuoAtuador(); // Recua por segurança
    nivelAlerta = 0;      // Reseta nível de alerta
    alertaAtivo = false;  // Desativa alerta
}
}
}

void verificarRecuoCompleto() {
    if (recuando) {
        unsigned long tempoRecuo = millis() - lastRecuoTime;

        // Verifica se tempo de recuo foi completado
        if (tempoRecuo >= TEMPO_RECUI) {
            Serial.println("✅ RECUO_COMPLETO - Desligando alimentação...");
            desligarPonteHCompletamente(); // Desliga ponte H após recuo completo

            // Aguardar tempo extra antes de cortar totalmente
            if (tempoRecuo >= TEMPO_RECUI + TEMPO_DESLIGAR) {
                Serial.println("🔌 ALIMENTACAO_CORTADA - Ponte H desligada");
            }
        }
    }
}

void loop() {

```

```

// Verificar se Python está enviando dados
verificarConexaoPython();

// Verificar se recuo foi completado
verificarRecuoCompleto();

// Processar comandos do Python (sempre verifica)
if (Serial.available() >= 3) {
  byte buffer[3];
  int bytesLidos = Serial.readBytes(buffer, 3); // Lê 3 bytes da serial

  if (bytesLidos == 3) {
    // Verifica protocolo de comunicação: 0xAA [dado] 0x55
    if (buffer[0] == 0xAA && buffer[2] == 0x55) {
      processarComandoPython(buffer[1]); // Processa nível de alerta (byte do
meio)
    }
  }
}

// Processar comandos MANUAIS do Arduino IDE
if (Serial.available() > 0) {
  char comando = Serial.read();
  // Filtra apenas comandos válidos
  if (comando == 'a' || comando == 'A' ||
      comando == 'r' || comando == 'R' ||
      comando == 'p' || comando == 'P' ||
      comando == 'm' || comando == 'M') {
    processarComandoManual(comando);
  }
}

// Heartbeat para debug - mostra status periódico
static unsigned long lastHeartbeat = 0;

```

```
if (millis() - lastHeartbeat > TEMPO_HEARTBEAT) {  
  Serial.print("♥ STATUS: Alerta=");  
  Serial.print(nivelAlerta);  
  Serial.print(" | AlertaAtivo=");  
  Serial.print(alertaAtivo ? "SIM" : "NAO"); // 🔄 NOVO: Mostra status do alerta  
  Serial.print(" | Python=");  
  Serial.print(pythonEnviando ? "CONECTADO" : "DESCONECTADO");  
  Serial.print(" | Modo=");  
  Serial.print(modosManual ? "MANUAL" : "AUTO");  
  Serial.print(" | Recuo=");  
  Serial.println(recuando ? "EM_ANDAMENTO" : "NAO");  
  lastHeartbeat = millis(); // Atualiza último heartbeat  
}  
  
delay(100); // Pequeno delay para estabilidade do sistema  
}
```