

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE ALEXANDRINO

CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM
PROPULSÃO NAVAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CONTROLE DE ACESSO DO NAM ATLÂNTICO
UMA PROPOSTA DE EMPREGO PARA ARDUINO ROBUSTECIDO



PRIMEIRO-TENENTE PATRICK

Rio de Janeiro
2023

PRIMEIRO-TENENTE PATRICK

CONTROLE DE ACESSO DO NAM ATLÂNTICO
UMA PROPOSTA DE EMPREGO PARA ARDUINO ROBUSTECIDO

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Alexandrino como requisito parcial à conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Propulsão Naval.

Orientadores:

Dr.-Ing. Fernando Augusto de Noronha Castro Pinto

CT Vitor Pontes de Mendonça

CIAA

Rio de Janeiro

2023

PRIMEIRO-TENENTE PATRICK

CONTROLE DE ACESSO DO NAM ATLÂNTICO
UMA PROPOSTA DE EMPREGO PARA ARDUINO ROBUSTECIDO

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Alexandrino como requisito parcial à conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Propulsão Naval.

Aprovada em _____

Banca Examinadora:

Vitor Pontes de Mendonça – Casop _____

Carlos Alfredo Orfão Martins, MSc – CIAA _____

Fernando Augusto de Noronha Castro Pinto, PhD – UFRJ _____

CIAA
Rio de Janeiro
2023

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de expressar minha profunda gratidão a Deus por todas as conquistas ao longo da minha vida, tanto no âmbito pessoal quanto profissional. Sua orientação e bênçãos foram fundamentais em minha jornada.

Também quero estender meus sinceros agradecimentos a todos os meus familiares e amigos. Sua compreensão e encorajamento foram inestimáveis, especialmente durante este ano desafiador no contexto acadêmico. Gostaria de manifestar minha profunda gratidão ao meu orientador, o Prof. Dr. Fernando Augusto de Noronha Castro Pinto da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Sua disponibilidade e apoio contínuo foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho

Agradeço também ao Coordenador do curso de Propulsão Naval, CC(RM1-EN) Carlos Martins, cujos esforços incansáveis buscaram eliminar qualquer variável que pudesse tornar o curso mais extenuante. Além disso, quero expressar minha sincera gratidão aos Engenheiros do IPqM Alexandre Castro de Toledo Santos e Lucio Ferreira de Cerqueira pelas suas contribuições e apoio, compartilhando seu conhecimento a respeito do SCAV.

CONTROLE DE ACESSO DO NAM ATLÂNTICO
UMA PROPOSTA DE EMPREGO PARA ARDUINO ROBUSTECIDO

Resumo

O presente estudo tem como foco a avaliação da relevância da implementação de sensores Reed Switch como um recurso complementar para o fechamento de portas e escotilhões em embarcações. A investigação é conduzida com base na premissa de que a intervenção humana, muitas vezes, pode ser suscetível a falhas na detecção de incidentes e acidentes em navios. Além disso, o trabalho contempla a análise do custo associado a essa implantação, visando uma avaliação completa do custo-benefício da integração dos sensores Reed Switch. Ao considerar a questão do custo da implementação, o estudo visa fornecer diretrizes para a tomada de decisões embasadas em aspectos financeiros e estratégicos. Este trabalho representa um contributo valioso para a indústria naval, auxiliando na identificação de soluções que reduzem a dependência de intervenções humanas suscetíveis a falhas, ao mesmo tempo em que otimizam os recursos financeiros disponíveis.

Palavras-chave: Controle de Avarias, Sistemas de Controle, Segurança contra sinistro, Sensor Reed Switch

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Navio-Aeródromo Multipropósito Atlântico	13
Figura 2: Navio-Aeródromo Multipropósito Atlântico	14
Figura 3: Placa Arduino.....	19
Figura 4: Composição da comunicação um CLP.....	20
Figura 5: CLP WEG.....	21
Figura 6: Placa PEAD	22
Figura 7: Topologia de rede Y.....	24
Figura 8: Topologia de rede barra.....	25
Figura 9: Visão geral do navio.....	26
Figura 10: Arquitetura Básica do SCAV.....	29
Figura 11: Vistas do sensor de fumaça iônico.....	30
Figura 12: Vistas do sensor de temperatura.....	31
Figura 13: Sensor de Alagamento.....	32
Figura 14: Sensor reed-switch	33
Figura 15: Conjunto completo, sensor com imã.....	33
Figura 18: Circuito do Arduino utilizando sensores reed-switch	36
Figura 19: Diagrama de blocos representando a estrutura dos sensores reed-switch com CLP Fonte: O Autor.....	39
Figura 20: Conjunto Elemento sensor reed-switch e parafuso com imã.....	40
Figura 21: Esquema de ligação do sensor	41
Figura 22: Detalhe da placa PEAD, CON 3 e led indicativo de acionamento do canal 1 da mesma CON	41
Figura 23: Tela de Fechamento de Material. Na caixa em azul, informações da porta onde está sendo testado o conjunto sensor.....	42
Figura 24: Tela indicando porta da Sinalaria (03-32-1) aberta.....	43
Figura 25: Tela indicando porta da Sinalaria (03-32-1) fechada.....	43
Figura 26: Diagrama da topologia do circuito dos sensores reed-switch utilizando a PEAD.....	44

Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	7
1.1.	Apresentação do Problema	7
1.2.	Justificativa e Relevância.....	7
1.3.	Objetivos	9
1.3.1.	Objetivo Geral.....	9
1.3.2.	Objetivo Específico	9
1.4.	Etapas do Trabalho	9
2.	METODOLOGIA.....	11
2.1.	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	11
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1.1.	Navio-Aeródromo Multipropósito Atlântico	13
3.1.2.	Tipos de fechamentos de porta estanque e escotilhão	15
3.1.3.	Condições de Fechamento	16
3.1.4.	Arduino	17
3.1.5.	Controlador Lógico Programável (CLP)	20
3.1.6.	Placa de Entrada Analógica e Digital (PEAD)	22
3.1.7.	Topologias de rede	24
4.	CONTROLE DE AVARIAS (CAV).....	26
4.1.	Estrutura de Controle de Avarias do Navio	26
4.2.	<i>Section Base</i> e Guerra NBQR	26
4.3.	Localização dos Armários e Estrutura de Sub-Cidadelas.....	27
4.4.	Dotação e Importância dos Armários do CAV	27

5.	SISTEMA DE CONTROLE DE AVARIAS (SCAV)	28
5.1.	Tipos de sensores utilizados no Sistema de Controle de Avarias	30
5.1.1.	Sensor de Fumaça Iônico	30
5.1.2.	Sensor de Temperatura Termovelocimétrico	31
5.1.3.	Sensor de Alagamento	32
5.1.4.	Sensor de Porta	33
6.	MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE DE AVARIAS	34
7.	IMPLEMENTAÇÃO DE SENSORES REED-SWITCH	35
7.1.	Utilizando Microcontrolador Arduino	35
7.1.1.	Funcionamento do circuito com Arduino	36
7.2.	Utilizando Controlador Lógico Programável	38
7.2.1.	Funcionamento do circuito com CLP	38
7.3.	Utilizando Placa de Entrada Analógica e Digital (PEAD)	40
7.3.1.	Funcionamento do circuito com PEAD	40
7.4.	Comparação de custo-benefício: Arduino, CLP e PEAD	45
8.	CONCLUSÃO	47
8.1.	Considerações Finais	47
8.2.	Sugestões para trabalhos futuros	48
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
	APÊNDICE A	51

1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação do Problema

A problemática explorada nesta pesquisa engloba a avaliação da relevância da implementação de sensores Reed Switch como um sistema de suporte para o fechamento de portas e escotilhas em embarcações, sob a consideração de que a ação humana pode apresentar falhas na detecção de acidentes. Esta pesquisa visa examinar se a adoção de sensores Reed Switch pode aprimorar a segurança e a eficácia operacional de embarcações, reduzindo a dependência de intervenções humanas suscetíveis a erros ou atrasos na identificação de situações de risco ou emergências.

Além disso, uma das abordagens propostas nesta pesquisa envolve a apresentação de uma alternativa de baixo custo para a implantação desses sensores. Dessa forma, objetiva-se avaliar não apenas a importância dos sensores Reed Switch, mas também a viabilidade econômica da solução, considerando as restrições financeiras frequentemente encontradas em projetos de automação naval. Portanto, o estudo tem como foco identificar os benefícios e eficácia da adoção desses sensores, oferecendo uma análise crítica sobre sua significância na prevenção de acidentes e na aprimoração geral da segurança em embarcações marítimas, com ênfase na proposta de um sistema de baixo custo.

1.2. Justificativa e Relevância

A implementação de sensores Reed Switch para o fechamento de portas e escotilhas em embarcações, tais como o Navio-Aeródromo Multipropósito Atlântico, é uma medida de segurança marítima de relevância notável. Esta abordagem se mostra especialmente relevante ao considerar a potencial falibilidade do fator humano na detecção de acidentes.

Em primeiro lugar, a segurança dos tripulantes e dos equipamentos a bordo é uma preocupação fundamental em operações marítimas (SANTOS *et al*, 2018). Os sensores Reed Switch são dispositivos amplamente conhecidos por sua confiabilidade e capacidade de detectar o status de abertura ou fechamento de portas e escotilhas. Esta funcionalidade assegura que essas aberturas cruciais estejam adequadamente seladas em

circunstâncias críticas, como tempestades, ataques inimigos ou incidentes a bordo (CAMERON *et al*, 2017).

A redução de erros humanos é outro ponto essencial a ser considerado (Smith *et al.*, 2020). Mesmo com treinamento apropriado, falhas humanas podem ocorrer, especialmente em situações de alto estresse ou emergência. A automação por meio de sensores minimiza a probabilidade de tais falhas, garantindo a integridade do navio e de sua tripulação.

Além disso, a capacidade de resposta rápida a emergências é vital (JONES *et al*, 2019). Em caso de incêndio, vazamentos de água, ataques químicos ou biológicos, a habilidade de fechar portas e escotilhões rapidamente é crucial. Os sensores Reed Switch podem fornecer alertas imediatos às equipes de resposta a emergências, garantindo uma resposta mais rápida e eficaz.

A automação por meio de sensores também possibilita o monitoramento contínuo (BROWN *et al*, 2021). Estes sensores podem ser integrados aos sistemas de monitoramento centralizados, permitindo o acompanhamento em tempo real do status das portas e escotilhões. Isso oferece uma visão completa da situação a bordo, permitindo tomadas de decisão informadas em tempo hábil.

Adicionalmente, a conformidade com normas e regulamentos é essencial em operações marítimas (IMO, 2020). Muitas autoridades marítimas e regulamentações internacionais exigem a implementação de sistemas de segurança avançados em embarcações. A utilização de sensores Reed Switch para o controle de portas e escotilhões ajuda a cumprir essas normas, demonstrando o compromisso da Marinha com a segurança e a conformidade regulamentar.

A economia de recursos humanos é um ponto digno de nota (CHEN *et al*, 2018). A automação oferecida por sensores Reed Switch pode liberar recursos humanos para outras tarefas críticas, aumentando a eficiência operacional.

Desta forma, este trabalho está em consonância com o Planejamento Estratégico da Marinha do Brasil, onde sua missão é: **“Preparar e empregar o Poder Naval, a fim de contribuir para a Defesa da Pátria; para a garantia dos poderes constitucionais e, por iniciativa de qualquer destes, da lei e da ordem; para o cumprimento das atribuições subsidiárias previstas em Lei; e para o apoio à Política Externa”**

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Avaliar a importância da implantação de sensores Reed Switch como mecanismo de apoio para fechamentos de portas e escotilhões em embarcações, considerando que o fator humano pode ser falho na detecção de acidentes.

1.3.2. Objetivo Específico

- I) **Revisão da Literatura:** Realizar uma revisão abrangente da literatura sobre segurança marítima, falhas humanas na detecção de acidentes, e a aplicação de sensores Reed Switch em embarcações.

- II) **Avaliação dos Sensores Reed Switch:** Apresentação das alternativas para implantação, avaliação, eficácia e confiabilidade dos sensores Reed Switch no contexto de fechamento de portas e escotilhões.

- III) **Análise Comparativa:** Comparar os resultados obtidos na avaliação dos sensores Reed Switch com as práticas convencionais de fechamento de portas e escotilhões, destacando as vantagens e desvantagens de ambas as abordagens.

1.4. Etapas do Trabalho

I) Revisão da Literatura:

Nesta fase inicial, serão revisadas publicações científicas, literatura especializada e regulamentações pertinentes à automação naval, segurança de embarcações e a utilização de sensores Reed Switch na indústria naval.

II) Avaliação da Tecnologia Reed Switch:

Esta etapa visa examinar a tecnologia Reed Switch em detalhes, incluindo seu funcionamento. Serão pesquisadas implementações existentes e melhores práticas.

IV) Propostas de Implementação

Com base na análise realizada, uma proposta de implementação de baixo será formulada.

V) Análise de Custos:

Para fornecer uma visão abrangente, a análise de custos será realizada, incluindo os custos associados à aquisição dos sensores Reed Switch, integração com sistemas existentes e manutenção a longo prazo.

VI) Avaliação de Resultados:

Os resultados obtidos nas simulações e testes serão avaliados, e a eficácia dos sensores Reed Switch na prevenção de acidentes será analisada em relação aos custos associados.

VII) Conclusões:

Com base em todos os dados coletados e análises realizadas, conclusões sólidas serão formuladas, e recomendações serão apresentadas, incluindo diretrizes para a possível implementação de sensores Reed Switch em embarcações.

2. METODOLOGIA

2.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa proposta se enquadra na categoria de pesquisa aplicada, buscando gerar conhecimentos que tenham aplicação prática direta na área de segurança marítima. No contexto da classificação da pesquisa, é fundamental avaliar a relação entre os objetivos do estudo e sua aplicação no mundo real (TRIVIÑOS, 2011).

2.1.1. Quanto aos fins

A pesquisa é classificada quanto aos fins como exploratória e descritiva. A abordagem exploratória visa aprofundar o conhecimento acerca da segurança marítima e das possíveis soluções para minimizar falhas humanas na detecção de acidentes em embarcações (GODOY, 2018). A pesquisa descritiva, por sua vez, busca descrever e analisar os sensores Reed Switch e sua aplicabilidade no fechamento de portas e escotilhões, considerando os impactos na segurança e operacionalidade das embarcações (ROESCH, 2017).

2.1.2. Quanto aos meios

No que se refere aos meios, a pesquisa adota uma abordagem quantitativa e qualitativa. A abordagem quantitativa será empregada na avaliação dos sensores Reed Switch por meio de testes laboratoriais e simulações, permitindo a coleta de dados quantitativos sobre sua eficácia e confiabilidade (HERNANDEZ, 2015). A abordagem qualitativa, por outro lado, será aplicada na coleta de dados de campo e na análise comparativa entre a utilização dos sensores e as práticas convencionais, fornecendo uma compreensão aprofundada dos impactos e das vantagens dessa tecnologia (BAUER, 2002).

2.1.3. Limitações do Método

Neste estudo, algumas limitações metodológicas devem ser reconhecidas. Em primeiro lugar, as simulações em ambiente controlado podem não refletir totalmente as condições reais a bordo de embarcações, o que pode limitar a generalização dos resultados. A coleta de dados de campo pode ser influenciada por variáveis externas, como o contexto específico de cada embarcação e as práticas operacionais. Portanto, a pesquisa reconhece a necessidade de considerar essas limitações e interpretar os resultados com cautela (LAKATOS, 2017).

A classificação da pesquisa e a consideração das limitações metodológicas são essenciais para direcionar o estudo de maneira apropriada, garantindo a rigorosidade e a relevância dos resultados obtidos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1.1. Navio-Aeródromo Multipropósito Atlântico

O Navio-Aeródromo Multipropósito Atlântico (NAM Atlântico), anteriormente conhecido como HMS Ocean, representa um marco relevante na capacidade de projeção de poder e segurança marítima do Brasil. Esta aquisição destaca-se no contexto das estratégias de defesa e política externa brasileira, marcando um episódio importante na história naval do país (REVISTA NAVAL, 2020).

Comissionado em 1998, o HMS Ocean, sob a Marinha Real Britânica, desempenhou a função de navio-aeródromo leve de classe Landing Platform Helicopter (LPH). Ainda segundo a Revista Naval (2020), o emprego dessa classe de navio apresenta-se como um componente multifacetado, possibilitando operações de emprego de helicópteros de ataque, transporte e busca e salvamento. A relevância do HMS Ocean se estendeu a âmbito internacional, participando ativamente em operações militares da OTAN, notadamente no apoio às forças aliadas no Afeganistão.



Figura 1: Navio-Aeródromo Multipropósito Atlântico

A transição do HMS Ocean para o serviço da Marinha do Brasil em 2018 marcou uma mudança de paradigma nas capacidades da Marinha, constituindo um ponto de inflexão significativo nas operações de projeção de poder e na segurança marítima. O renomeado NAM Atlântico foi incorporado com a habilidade de operar uma ampla gama de aeronaves, incluindo helicópteros de ataque, transporte e busca e salvamento. Tal versatilidade permite ao Brasil reforçar sua capacidade de resposta em operações humanitárias, bem como em ações de segurança marítima na região (BRASIL, 2017b).

Este desdobramento é um exemplo das estratégias de modernização e reforço das forças armadas brasileiras, alinhadas com o contexto global em que o país atua. É importante destacar que a aquisição do NAM Atlântico está inserida em um contexto mais amplo de investimentos na Marinha do Brasil, destinados a aprimorar sua capacidade de dissuasão e projeção de poder, garantindo a segurança das águas territoriais e participando em operações internacionais.



Figura 2: Navio-Aeródromo Multipropósito Atlântico

3.1.2. Tipos de fechamentos de porta estanque e escotilhão

Os fechamentos de porta estanque e escotilhão desempenham um papel vital em embarcações marítimas, sendo fundamentais para a segurança, a estanqueidade e a integridade estrutural. Esses dispositivos são utilizados em uma variedade de aplicações, incluindo embarcações de guerra, navios mercantes, plataformas offshore e embarcações de pesquisa marinha.

Fechamentos de porta estanque são essenciais para manter a estanqueidade de compartimentos em uma embarcação. Eles são projetados para resistir à entrada de água e à pressão hidrostática que atua sobre a estrutura submersa. Um tipo comum de fechamento de porta estanque é o fechamento de rolete. Esses fechamentos empregam rolos, que são comprimidos contra a estrutura ao girar, criando assim uma vedação hermética (BRASIL, 2017b).

Outro tipo de fechamento de porta estanque frequentemente usado é o fechamento de parafuso. Esses dispositivos empregam roscas para apertar a porta contra a estrutura, formando um selo hermético. Em embarcações de guerra, onde a integridade do compartimento é fundamental, os fechamentos de parafuso são amplamente empregados.

Os escotilhões são outra parte crítica das embarcações marítimas, permitindo o acesso a compartimentos internos. Eles também devem ser hermeticamente selados para evitar a entrada de água, garantindo assim a flutuabilidade e a segurança da embarcação. Os fechamentos de escotilhão frequentemente utilizam mecanismos de alavanca para garantir um selo eficaz (CAAML, 2017).

A escolha do tipo de fechamento de porta estanque ou escotilhão em uma embarcação marítima depende de vários fatores, incluindo o tipo de embarcação, as condições operacionais, os requisitos de segurança e as regulamentações aplicáveis. É importante ressaltar que a manutenção adequada e a inspeção regular desses fechamentos são essenciais para garantir seu desempenho contínuo e a segurança da tripulação e da carga (CAAML, 2017)..

3.1.3. Condições de Fechamento

As "Condições de Fechamento de Material" (CFM) em embarcações representam um conjunto de disposições essenciais que regulam o estado das portas, escotilhas e aberturas a bordo, variando de acordo com o contexto operacional do navio. Essas condições são estritamente determinadas com base no modo de operação da embarcação, desempenhando um papel fundamental na garantia da segurança e na capacidade de resposta da equipe a bordo (SICURO, 2016).

As CFM são projetadas para fornecer orientações claras sobre quais aberturas devem estar abertas ou fechadas em situações específicas. Isso é fundamental para as operações marítimas, pois a segurança, a estanqueidade e o controle de danos são prioridades incontestáveis em um ambiente naval.

Conforme Sicuro (2016), essas condições podem variar substancialmente, dependendo do cenário. Por exemplo, em um estado mais relaxado, como durante as operações em portos ou treinamentos, elas podem permitir uma maior abertura de portas e escotilhas, facilitando a circulação de pessoal e a ventilação. No entanto, em situações de maior risco, como em cenários de guerra Nuclear, Biológica, Química e Radiológica (NBQR), as CFM se tornam notavelmente mais restritivas.

A necessidade de tais condições rigorosas durante situações de NBQR é de suma importância para proteger a tripulação e a embarcação contra ameaças potencialmente letais. Haja vista que estabelecem diretrizes precisas para minimizar a exposição a substâncias nocivas, garantir a estanqueidade e reforçar a capacidade de sobrevivência da embarcação em um ambiente hostil (CAAML, 2017).

Desta forma, as Condições de Fechamento de Material são um componente fundamental da operação segura e eficaz de uma embarcação, pois representam a adaptação das aberturas da embarcação de acordo com o contexto operacional, garantindo a segurança da tripulação e a integridade da embarcação, independentemente das circunstâncias.

3.1.4. Arduino

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto que tem ganhado considerável reconhecimento e uso na comunidade acadêmica e na indústria nos últimos anos. O Arduino oferece uma abordagem acessível e versátil para o desenvolvimento de projetos eletrônicos, permitindo que estudantes, pesquisadores e engenheiros prototipem e desenvolvam sistemas interativos de forma eficaz (ARDUINO, 2022).

A plataforma Arduino é composta por hardware e software. O hardware inclui uma placa com um microcontrolador e uma variedade de pinos de entrada/saída que podem ser usados para se conectar a sensores, atuadores e outros dispositivos eletrônicos. O microcontrolador geralmente é baseado na arquitetura AVR da Atmel (agora parte da Microchip Technology), embora haja versões baseadas em outras arquiteturas, como ARM. O software Arduino inclui uma IDE (*Integrated Development Environment*) que permite escrever, compilar e carregar código para o microcontrolador. A programação é realizada em uma linguagem de alto nível, baseada em C/C++, o que torna o desenvolvimento acessível mesmo para iniciantes (ROBOCORE, 2019).

Sensores, como os Sensores de Alagamento e Sensores Hall mencionados anteriormente, são frequentemente integrados a projetos Arduino. Os Sensores de Alagamento podem ser usados para criar sistemas de monitoramento de inundação em ambientes domésticos, e os Sensores Hall podem ser empregados para detecção de campos magnéticos, como em fechaduras magnéticas ou sensores de velocidade em aplicações automotivas (ROBOCORE, 2019).

De acordo com Braga (2020), a plataforma Arduino oferece uma vasta comunidade de desenvolvedores e uma biblioteca extensa de código aberto, tornando possível a reutilização e adaptação de código para diversas aplicações. Os benefícios do Arduino, como baixo custo, facilidade de uso e flexibilidade, têm contribuído para seu amplo uso em pesquisa acadêmica, educação e desenvolvimento de protótipos industriais.

A manutenção de projetos baseados em Arduino pode envolver a verificação dos componentes eletrônicos, como sensores, e a atualização do software, além da resolução de possíveis problemas de compatibilidade entre módulos e bibliotecas.

Braga (2020), aponta que os elementos que compõem a estrutura do Arduino são:

- I) **Microcontrolador:** Cada placa Arduino é equipada com um microcontrolador, que geralmente é baseado na arquitetura AVR da Atmel ou em outras, como a arquitetura ARM. Esse chip é o cérebro do sistema e executa o código programado.

- II) **Pinos de Entrada/Saída (I/O):** O Arduino possui uma série de pinos digitais que podem ser configurados como entradas ou saídas. Isso permite que o Arduino interaja com dispositivos externos, como sensores, LEDs, motores, relés e muito mais. Os pinos digitais podem ser usados para transmitir ou receber informações em formato binário (0 ou 1).

- III) **Entradas Analógicas:** Além dos pinos digitais, o Arduino também oferece entradas analógicas que permitem a leitura de valores analógicos, como tensão. Isso é útil para conectar sensores analógicos, como sensores de temperatura, potenciômetros ou sensores de luz.

- IV) **IDE (*Integrated Development Environment*):** O Arduino IDE é uma plataforma de desenvolvimento que fornece uma interface amigável para escrever, compilar e carregar código no microcontrolador Arduino. A programação é feita em uma linguagem de alto nível, baseada em C/C++, que facilita o desenvolvimento, mesmo para iniciantes.

- V) **Bibliotecas e Comunidade:** O Arduino possui uma ampla comunidade de desenvolvedores e uma extensa biblioteca de código aberto. Isso facilita a reutilização de código e acelera o desenvolvimento de projetos.

- VI) **Em relação aos pinos de entrada/saída:** eles podem ser divididos em dois grupos principais:
 - a. **Pinos de Entrada/Saída Digitais:** Esses pinos podem ser configurados como entrada ou saída digitais. Quando configurados

como saída, eles podem fornecer ou "ler" um valor lógico (alto ou baixo). Quando configurados como entrada, podem "ler" o estado de dispositivos externos.

- b. **Pinos de Entrada Analógica:** Esses pinos são usados para leitura de sinais analógicos, como tensão. Permitindo que o Arduino interprete informações analógicas em valores digitais que podem ser processados pelo microcontrolador.

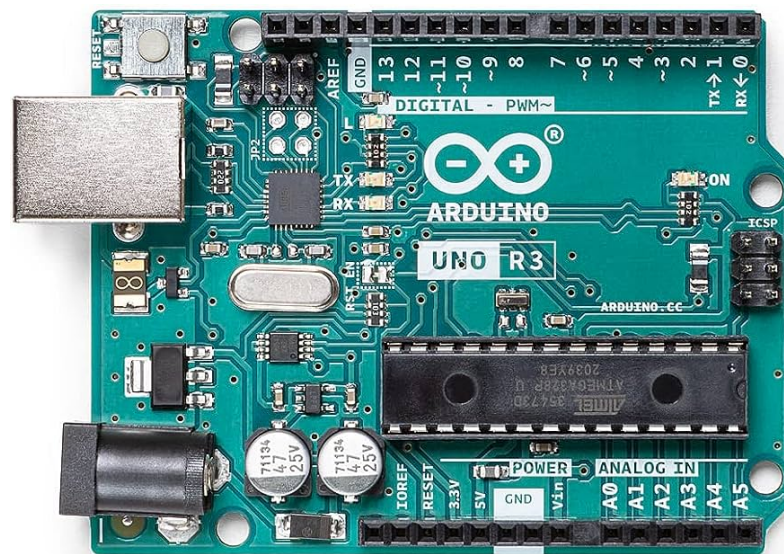


Figura 3: Placa Arduino
Fonte: www.arduino.cc

3.1.5. Controlador Lógico Programável (CLP)

Controlador Lógico Programável (CLP) constitui um elemento primordial no âmbito da automação industrial, desempenhando um papel de destaque na regulação e monitoramento de processos e sistemas industriais. Trata-se de um dispositivo eletrônico, modular e programável, projetado para gerenciar uma ampla gama de aplicações industriais, tais como controle de máquinas, processos de produção e sistemas de fabricação. O CLP, através da sua capacidade de execução de instruções programáveis, armazenadas em memória digital, viabiliza o controle de entradas e saídas, bem como a tomada de decisões lógicas e o sequenciamento de operações (WEG, 2021).

A peça central do CLP é o seu processador, responsável por interpretar e executar o programa lógico previamente carregado pelo usuário. Este programa é composto por instruções que definem o comportamento do sistema, possibilitando a coordenação de eventos, a resposta a condições específicas e o controle de dispositivos de campo. As entradas, consistem em sinais provenientes de sensores e dispositivos diversos, fornecem informações ao controlador sobre o estado do processo, enquanto as saídas, representadas por atuadores e relés, permitem a execução de ações de controle de acordo com a lógica programada (WEG, 2021).

Segundo Luan (2016), além da versatilidade, a flexibilidade dos CLPs também são notáveis, já que sua arquitetura modular permite a expansão de entradas e saídas de acordo com as necessidades da aplicação. Isso proporciona uma solução adaptável e escalável para diversas indústrias, permitindo a personalização de acordo com os requisitos específicos.

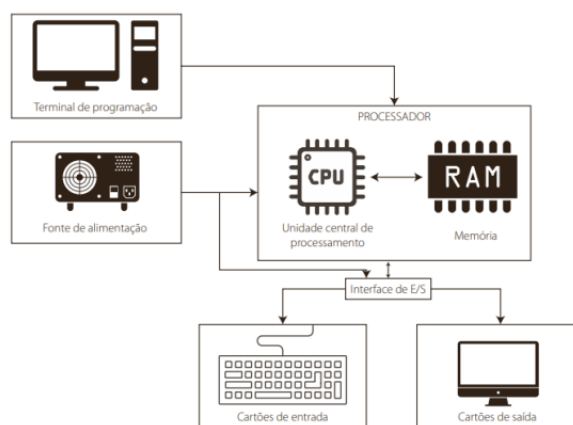


Figura 4: Composição da comunicação de um CLP

A capacidade de comunicação é outra característica relevante, haja vista que possibilita a integração com sistemas supervisórios, redes industriais e a troca de informações com outros dispositivos em um ambiente de automação.

Tanto a robustez e a confiabilidade são traços inerentes aos CLPs, tornando-os adequados para operar em ambientes industriais adversos, nos quais a resistência a condições ambientais rigorosas é fundamental. Em relação a manutenção e a programação, elas são realizadas de maneira eficiente, o que contribui para a redução de custos operacionais (WEG, 2021).



Figura 5: CLP WEG
Fonte: www.weg.com.br

3.1.6. Placa de Entrada Analógica e Digital (PEAD)

A Placa de Aquisição de Dados de Entrada Analógico-Digital, é um componente de significativa relevância no domínio da tecnologia de aquisição de informações, encontra-se sob o escopo de produção e patente da Marinha do Brasil. Este dispositivo converte e processa dados analógicos em formato digital, permitindo a transformação de informações do mundo físico em um formato eletrônico manipulável, sendo utilizado em diversas aplicações em contextos de engenharia, controle, automação e monitoramento (BRASIL, 2020a).

A Marinha do Brasil, como órgão responsável pela concepção e produção integral da referida placa, além de deter o controle sobre a cadeia de fabricação. Em relação a manufatura, ela envolve processos de alta especialização e conformidade com padrões técnicos rigorosos, alinhados com as demandas da operação naval, nas quais a confiabilidade, precisão e robustez são atributos críticos. Além disso, o fato de a Marinha do Brasil possuir a patente desse dispositivo atesta o compromisso com a inovação e o investimento em pesquisa e desenvolvimento na área da tecnologia de aquisição de dados (BRASIL, 2020a).

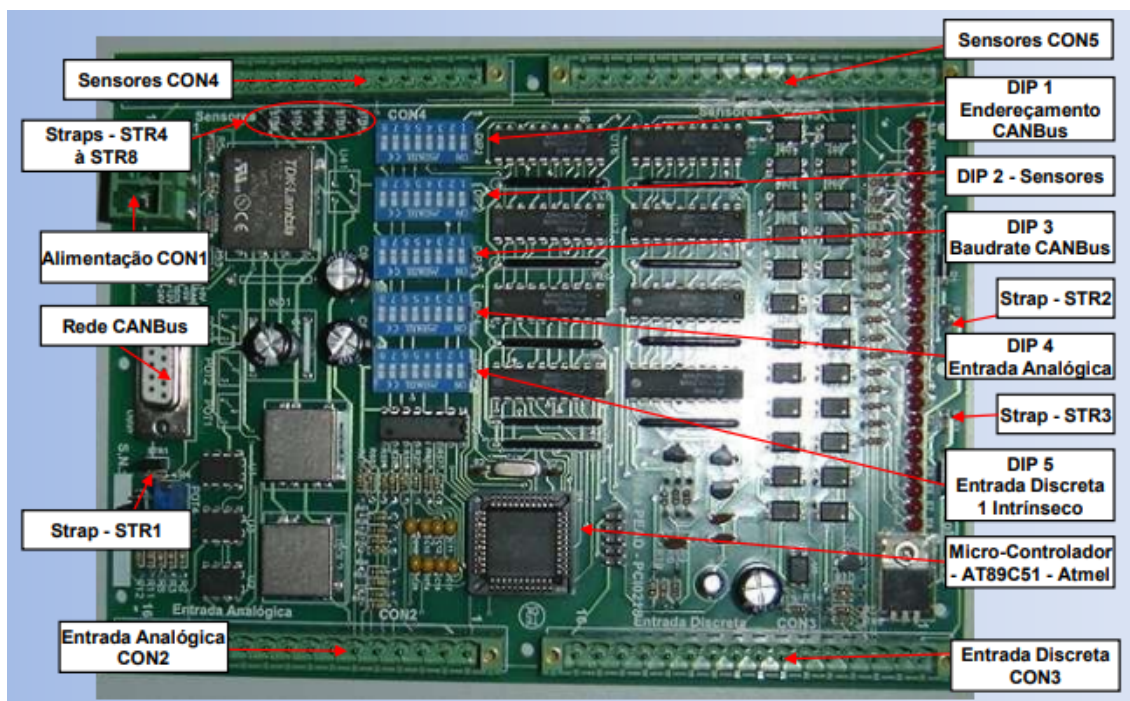


Figura 6: Placa PEAD
Fonte: Marinha do Brasil

Desta forma, a PEAD é uma peça intrínseca em uma ampla gama de aplicações, abrangendo desde sistemas de monitoramento ambiental e meteorológico até sistemas de controle de embarcações e sensores de bordo.

A titularidade da patente por parte da Marinha do Brasil ressalta o comprometimento da instituição com a pesquisa, inovação e desenvolvimento tecnológico. A capacidade de conceber e fabricar a Placa de Aquisição de Dados de Entrada Analógico-Digital representa um ativo estratégico, permitindo à Marinha atender às suas necessidades operacionais e, ao mesmo tempo, consolidar seu posicionamento no cenário da tecnologia de aquisição de dados (BRASIL, 2020b).

A Interface Homem-Máquina da PEAD é concebida para ser intuitiva e eficiente, permitindo que os operadores interajam com os dados em tempo real, visualizem informações críticas e controlem sistemas com facilidade. Com uma interface amigável, ela facilita a monitorização de sensores analógicos, a configuração de parâmetros de aquisição e a realização de operações de controle. A sua capacidade de fornecer feedback instantâneo e representações visuais claras dos dados contribui para a tomada de decisões informadas e a execução precisa de tarefas (BRASIL, 2020a).

No que tange a integração, a IHM da PEAD é projetada para se integrar harmoniosamente com o restante do sistema de aquisição de dados, permitindo uma comunicação eficiente entre a placa e os operadores. Isso inclui a capacidade de exibir informações em tempo real, registros de dados históricos e alarmes para alertar sobre condições críticas.

3.1.7. Topologias de rede

As topologias de rede são elementos fundamentais na arquitetura de sistemas de comunicação, pois determinam a forma como os dispositivos interagem e se conectam em uma rede de dados. Dentre as variadas topologias existentes, duas delas, a topologia "Y" e a topologia "barra," representam abordagens distintas para a configuração de redes, cada uma com suas características, vantagens e desafios (TANENBAUM,2021).

A topologia "Y," também conhecida como topologia em estrela, é caracterizada por sua estrutura centralizada, na qual todos os dispositivos da rede se conectam a um ponto central, frequentemente denominado "hub" ou "switch." Esse ponto central desempenha um papel crucial na distribuição de dados entre os dispositivos. A topologia "Y" é conhecida por sua facilidade de gerenciamento e manutenção, uma vez que a adição ou remoção de dispositivos pode ser feita sem grande impacto nos demais componentes da rede. No entanto, essa topologia está sujeita a possíveis falhas no ponto central, que podem interromper a comunicação em toda a rede (TANENBAUM,2021).

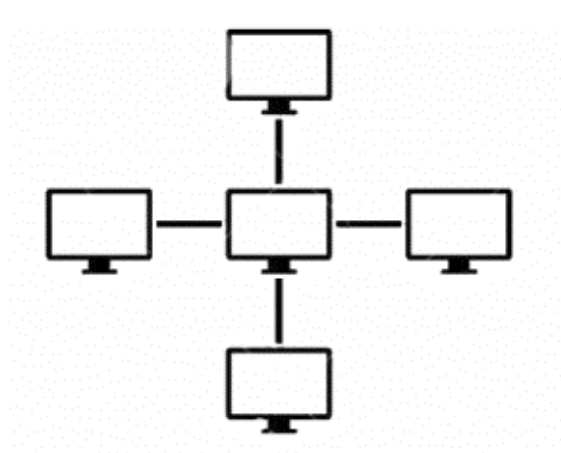


Figura 7: Topologia de rede Y
Fonte: (TANENBAUM, 2021)

Por outro lado, a topologia "barra," ou topologia em barramento, adota uma abordagem mais descentralizada. Nesse arranjo, todos os dispositivos compartilham um único cabo ou tronco central por onde as informações são transmitidas. Essa topologia é amplamente empregada em redes de computadores, como o padrão Ethernet, e em

sistemas de controle industrial, como o barramento *CAN (Controller Area Network)* (KUROSE *et al*, 2021).

A topologia "barra" é conhecida por sua eficiência no compartilhamento de informações entre dispositivos, economizando recursos de cabeamento. Contudo, uma falha em qualquer ponto do barramento pode afetar toda a rede, tornando essencial a implementação de medidas de segurança e redundância (TANENBAUM,2021).

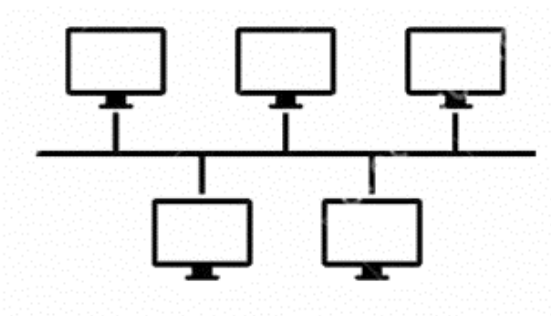


Figura 8: Topologia de rede barra
Fonte: (TANENBAUM, 2021)

A escolha entre a topologia "Y" e a topologia "barra" depende das necessidades específicas do sistema em questão. A topologia "Y" é adequada para redes que demandam gerenciamento simplificado e facilidade de expansão. Em contrapartida, a topologia "barra" é atraente para sistemas que exigem eficiência na comunicação e economia de recursos de cabeamento. Ambas as topologias possuem suas vantagens e desvantagens, e a seleção da mais apropriada deve considerar fatores como escalabilidade, redundância, confiabilidade e requisitos operacionais específicos (KUROSE *et al*, 2021).

Desta forma, a escolha entre a topologia "Y" e a topologia "barra" é um aspecto crítico na arquitetura de redes, uma vez que influencia a eficácia da comunicação entre dispositivos e a capacidade do sistema de atender às necessidades operacionais. A compreensão das características distintas de cada topologia é essencial para a tomada de decisões informadas na implementação de redes de dados e sistemas de comunicação.

4.3. Localização dos Armários e Estrutura de Sub-Cidadelas

Os Armários de CAV possuem uma numeração específica que se refere à Sub-Cidadela e à quantidade de Armários dentro dela. Por exemplo, Armário 1.2 está dentro da Sub-Cidadela 1 e é o segundo Armário. A divisão das áreas de atuação de Reparos no navio, conforme a doutrina inglesa, considera três Sub-Cidadelas, cada uma com sua área de atuação. No entanto, é importante ressaltar que o Reparo I (Reparo Permanente) sempre inicia as ações de combate a sinistros, dificultando a determinação das áreas de atuação dos Reparos.

4.4. Dotação e Importância dos Armários do CAV

Os Armários terminados com o número 2 (1.2, 2.2 e 3.2) são considerados os principais. A dotação dos Armários é geralmente idêntica, com exceção do Armário FRRP 1.3, que é designado como o Armário de reentrada em situações críticas.

5. SISTEMA DE CONTROLE DE AVARIAS (SCAV)

O controle de avaria em navios da Marinha do Brasil (MB) é uma questão de extrema importância no contexto da segurança marítima e da eficácia operacional. As avarias em embarcações podem variar de pequenos vazamentos a incêndios e danos estruturais graves, representando riscos significativos para a tripulação, a embarcação e o meio ambiente. Portanto, o desenvolvimento de protocolos e sistemas adequados de controle de avaria é fundamental (BRASIL, 2009)

O Sistemas de Controle de Avaria é o que há de mais moderno na MB, pois são concebidos para detectar, relatar e, em muitos casos, conter avarias imediatamente, garantindo que elas não comprometam a integridade do navio e a segurança da tripulação, sendo que o SCAV já foi implantado na Corveta Barroso, Fragata defensora, Corveta Jaceguai, Corveta Júlio de Noronha e atualmente está em fase de implantação no Hospital Naval Marcílio Dias.

Esses sistemas envolvem tanto a detecção de avarias como a resposta apropriada a essas situações, dentre as principais técnicas e tecnologias utilizadas, destacam-se (BRASIL, 2009):

- I) **Sistemas de Detecção:** Os navios de guerra modernos são equipados com sistemas avançados de detecção de avaria, incluindo sensores de temperatura, pressão e fumaça. Além disso, câmeras e sistemas de monitoramento contínuo desempenham um papel crucial na detecção precoce de avarias.

- II) **Automação de Sistemas:** A automação desempenha um papel fundamental no controle de avarias. Sistemas de controle automatizados podem isolar rapidamente uma área afetada, fechar compartimentos estanques e desativar equipamentos afetados.

III) **Treinamento de Tripulação:** A tripulação é treinada para responder eficazmente a situações de avaria, conhecendo os procedimentos de emergência e estando ciente das localizações dos equipamentos de controle de avaria.

IV) **Compartimentação e Estanqueidade:** A concepção de navios de guerra envolve compartimentos estanques que limitam a propagação de avarias e mantêm o navio em flutuação mesmo após danos severos.

V) **Sistemas de Bombeamento e Drenagem:** Sistemas de bombeamento de água e drenagem são projetados para remover água indesejada do interior do navio, evitando o comprometimento de sua estabilidade.

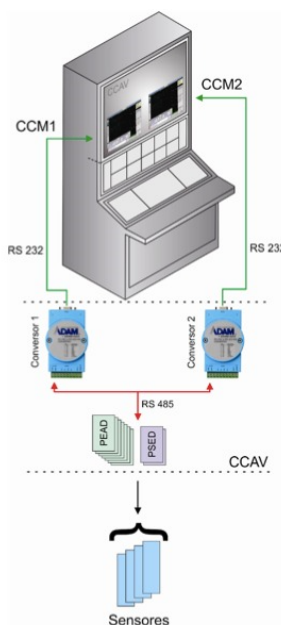


Figura 10: Arquitetura Básica do SCAV
Fonte: Venancio (2021)

O controle de avaria em navios da Marinha também é apoiado por protocolos internacionais e regulamentações de segurança marítima, como o SOLAS (Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar) e o MARPOL (Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios). Essas convenções estabelecem diretrizes e requisitos para a segurança das embarcações e a prevenção da poluição marinha.

5.1. Tipos de sensores utilizados no Sistema de Controle de Avarias

5.1.1. Sensor de Fumaça Iônico

O sensor de fumaça utilizado no SCAV é do tipo iônico e é constituído por duas partes: sensor e base. A parte do sensor consiste em duas câmaras, uma aberta, externa, e uma semi-selada de referência, interna.

Montada na câmara de referência existe uma lâmina de Amerício 241, de baixa atividade radioativa, que permite o fluxo de corrente entre as câmaras interna e externa quando o sensor está energizado. Assim que a fumaça entra no sensor, produz uma redução no fluxo da corrente na câmara externa e assim um aumento na tensão medida na união entre as duas câmaras. O aumento de tensão monitorado pelo circuito eletrônico dispara o sensor colocando-o em estado de alarme e acendendo um led vermelho que fica na sua carcaça (BRASIL, 2016).

A base não possui partes eletrônicas, permitindo a fixação da parte do sensor sem necessidade de aplicação de força. Os sensores de fumaça são alimentados pelas placas PEAD, instaladas nas caixas de junção, com 12VDC (BRASIL, 2016).

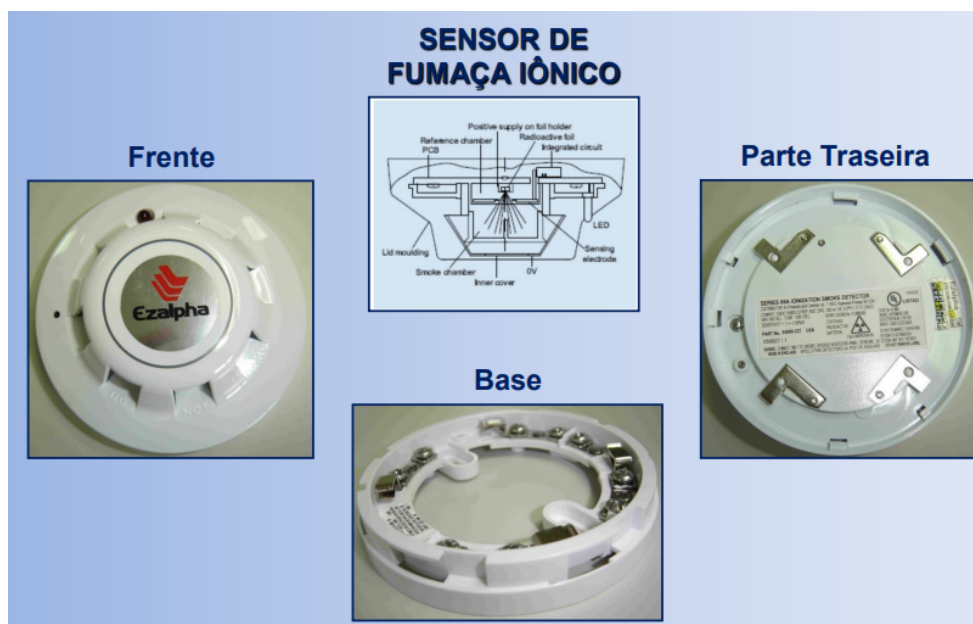


Figura 11: Vistas do sensor de fumaça iônico
Fonte: Marinha do Brasil

5.1.2. Sensor de Temperatura Termovelocimétrico

O Sensor de Temperatura Termovelocimétrico (STT) é um dispositivo amplamente utilizado na medição de temperatura em diversas aplicações. Este sensor é baseado no princípio dos termopares, que são dispositivos sensíveis à temperatura que geram uma diferença de potencial elétrico proporcional à temperatura a que estão expostos (SKOP, 2021).

Os termopares consistem em dois fios condutores de diferentes materiais, unidos em uma extremidade, formando uma junção de medição. A diferença de temperatura entre a junção de medição e o ponto de referência (geralmente a temperatura ambiente) gera uma tensão termoelétrica, que pode ser medida para determinar a temperatura (BRASIL, 2016).

A aplicação de termopares em termovelocimetria é notável na medição da temperatura de fluidos em escoamento, como líquidos e gases. A variação da temperatura influencia a condutividade térmica e a viscosidade do fluido, afetando a velocidade do escoamento. Portanto, a medição precisa da temperatura é essencial para a determinação precisa da velocidade do fluido em processos industriais e experimentos de pesquisa (SKOP, 2021).

Entre os tipos de termopares, o tipo K, que utiliza cromel-alumel como materiais condutores, é um dos mais comuns na termovelocimetria. Ele possui uma ampla faixa de temperatura de operação e é relativamente robusto.

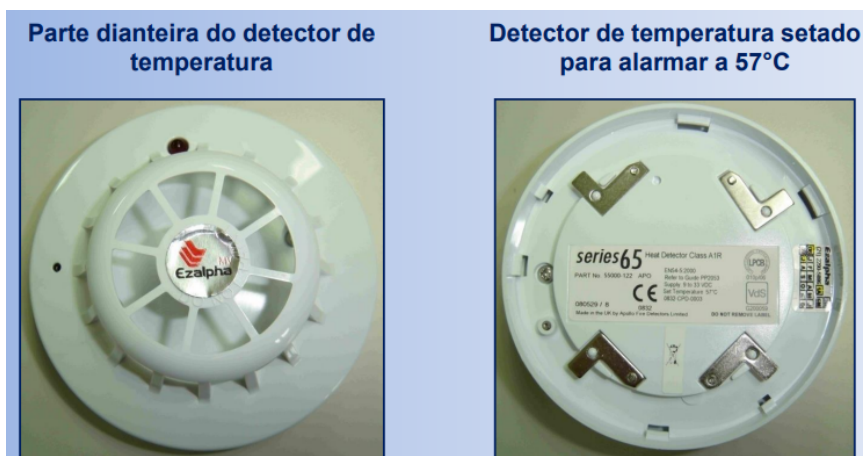


Figura 12: Vistas do sensor de temperatura
Fonte: Marinha do Brasil

5.1.3. Sensor de Alagamento

O Sensor de Alagamento é um componente crítico em sistemas de monitoramento e prevenção de inundações, sendo amplamente empregado em uma variedade de aplicações, desde a detecção de vazamentos em ambientes domésticos até a prevenção de catástrofes em regiões suscetíveis a alagamentos. A principal função desse sensor é identificar a presença de água ou líquidos em áreas onde sua presença é indesejada, ativando alarmes ou sistemas de controle para alertar e mitigar os riscos associados (BRASIL, 2017a).

A detecção de alagamentos é essencial tanto em contextos residenciais quanto comerciais e industriais. Em ambientes residenciais, os sensores de alagamento são empregados para proteger bens materiais e a segurança das pessoas, prevenindo danos causados por vazamentos de água ou inundações. Em ambientes industriais e comerciais, esses sensores atuam na prevenção de paralisações não planejadas, garantindo a continuidade das operações e minimizando prejuízos financeiros (BRASIL, 2017a).

Diversas tecnologias são utilizadas na implementação de sensores de alagamento, incluindo sensores capacitivos, sondas de contato direto com a água e sensores óticos que exploram os princípios de refração da luz. A escolha da tecnologia adequada depende das características do ambiente e dos requisitos específicos de detecção (ROBOCORE, 2019).



Figura 13: Sensor de Alagamento
Fonte: Marinha do Brasil

5.1.4. Sensor de Porta

O Sensor de Porta Estanque e Escotilhão é um dispositivo amplamente empregado na indústria marítima e naval, bem como em aplicações submarinas, para monitorar a integridade de compartimentos selados, escotilhões e portas em embarcações. Sua função primordial é garantir que essas aberturas estejam devidamente fechadas e seladas, evitando a entrada não autorizada de água ou outros elementos potencialmente prejudiciais para a operação e a segurança da embarcação (BRASIL, 2017a).

O sensor empregado no sistema foi desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas da Marinha e detecta o travamento ou não de uma porta, escotilha ou agulheiro por meio do uso de um sistema magnético constituído de 2 partes: um ímã permanente (base de acionamento) e um “Reed Switch” (elemento sensível) (BRASIL, 2017b).

A parte com o ímã permanente está fixada nas portas do navio, enquanto que a outra está fixada diretamente na antepara. As duas partes são posicionadas de modo que, quando a porta estiver fechada, as duas partes ficarão alinhadas e, nesta situação, o ímã excita o “Reed Switch” de modo a chaveá-lo. Enquanto a porta estiver aberta, o ímã não exercerá influência sobre a outra parte, devido à distância que as separa (BRASIL, 2017a).



Figura 14: Sensor reed-switch



Figura 15: Conjunto completo, sensor com ímã

6. MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE DE AVARIAS

A manutenção do Sistema de Controle de Avarias desempenha um papel crucial na garantia da eficácia e confiabilidade desses sistemas em navios militares, comerciais e outras embarcações. Esta prática envolve a inspeção, reparo e substituição de componentes, incluindo sensores de alagamento e sensores de porta estanque e escotilhão, com o objetivo de assegurar que esses sistemas operem em condições ótimas (VENANCIO, 2021).

Monitorar as condições reinantes em alguns compartimentos, detectar e alarmar condições anormais, controlar o “status” dos alarmes e dos meios disponíveis para combater as causas das avarias e acompanhar as ações “em andamento”, visando à maximização da capacidade de combate da plataforma. Para tanto, o Sistema monitora temperatura, fumaça, alagamento, abertura das portas da Escotéria e Paio de Munição, condição de fechamento dos *dampers* de ventilação, pressão e disparo de CO_2 , e disparo de borrifo, montando uma planta simbólica da situação observada auxiliando, assim, no processo de tomada de decisão do Controle de Avarias (BRASIL, 2017a).

Os sensores de alagamento, que desempenham um papel fundamental na detecção de avarias relacionadas à entrada de água indesejada em compartimentos de uma embarcação, requerem manutenção regular. Isso inclui a verificação da sensibilidade dos sensores, limpeza e calibração, bem como a substituição de sensores defeituosos para garantir um funcionamento preciso e confiável (BRASIL, 2017a).

Da mesma forma, os sensores de porta estanque e escotilhão, responsáveis pela monitoração da estanqueidade das portas em embarcações, demandam manutenção para garantir a integridade do sistema. Isso envolve a inspeção de selos, gaxetas e mecanismos de fechamento, a fim de prevenir vazamentos não autorizados e avarias relacionadas à abertura inadequada das portas (BRASIL, 2017b).

A manutenção corretiva, preventiva e preditiva desses sensores é essencial para evitar falhas inesperadas durante a operação e, conseqüentemente, para garantir a segurança da tripulação e a preservação da embarcação. A literatura técnica enfatiza a importância da manutenção regular desses sensores, como parte integrante das práticas de segurança marítima.

7. IMPLEMENTAÇÃO DE SENSORES REED-SWITCH

7.1. Utilizando Microcontrolador Arduino

A implementação de sensores Reed-Switch com a plataforma Arduino para a detecção do fechamento de portas estanques e escotilhões destaca-se pela sua eficácia a um custo acessível. A utilização do Arduino, notável por sua capacidade de proporcionar soluções econômicas, agrega um valor substancial em termos de custo-benefício para a automação e controle de sistemas em ambientes marítimos.

Os sensores Reed-Switch, notórios por sua simplicidade e confiabilidade, combinados com a economia proporcionada pelo Arduino, permitem a implementação de um sistema de detecção de fechamento de portas estanques e escotilhões que atende às necessidades operacionais de forma eficiente sem gerar custos excessivos. O Arduino, reconhecido pela sua acessibilidade financeira e disponibilidade no mercado, torna-se uma opção vantajosa para aplicações que buscam a otimização de recursos financeiros sem comprometer a qualidade e a precisão das operações (BRAGA, 2020).

A combinação desses elementos resulta em um sistema de baixo custo de aquisição que, ao mesmo tempo, oferece um desempenho sólido e confiável. Essa abordagem econômica é particularmente atraente para operadores marítimos, uma vez que permite a implementação de sistemas de monitoramento e controle sem a necessidade de aportar grandes investimentos em tecnologia.

Assim, a aplicação de sensores Reed-Switch com o Arduino para a detecção de fechamento de portas estanques e escotilhões, com seu notável custo-benefício, contribui de forma significativa para a gestão eficaz dos recursos financeiros em operações marítimas. Assegurando segurança e a integridade das embarcações, além de manter um equilíbrio entre eficiência operacional e economia de recursos.

7.1.1. Funcionamento do circuito com Arduino

A prova de conceito começa com a montagem de um circuito que integra sensores Reed Switch ao Arduino. A partir dessa configuração, os sensores são posicionados estrategicamente em áreas onde a detecção de campos magnéticos é relevante, como a proximidade de portas estanques e escotilhões em ambientes marítimos. Quando as portas são abertas ou fechadas, o campo magnético é modificado, o que resulta no acionamento dos sensores *Reed Switch* e envio de sinais de status para o Arduino.

O Arduino, por sua vez, é programado para interpretar esses sinais e transmitir informações em tempo real para um computador ou outro dispositivo de monitoramento. Essa interação entre os sensores, o Arduino e a plataforma computacional (supervisório) permite a visualização do status de abertura ou fechamento das portas, em um monitor ou em um sistema de controle, proporcionando uma resposta imediata a essas ações.

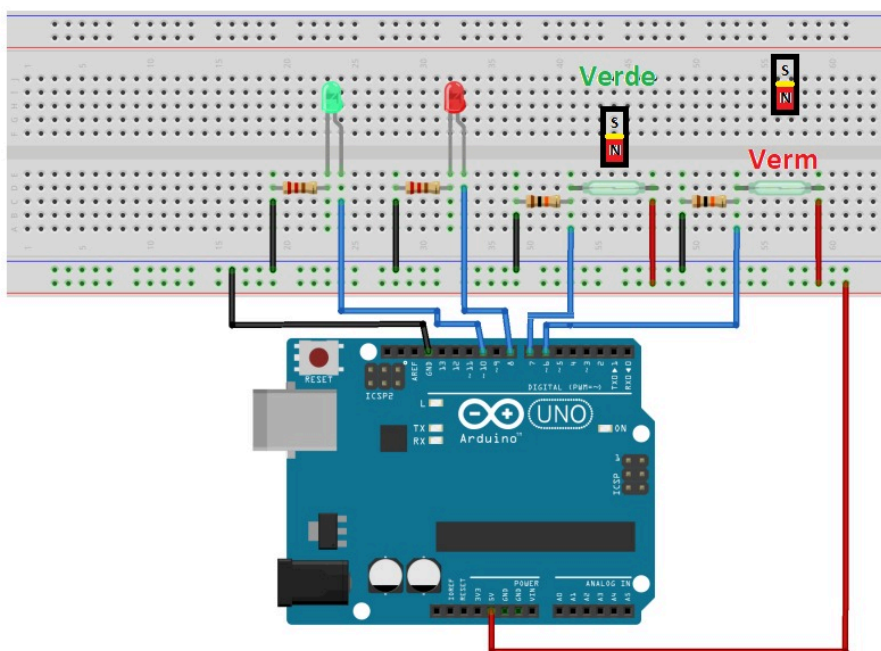


Figura 16: Circuito do Arduino utilizando sensores reed-switch
Fonte: O Autor

Essa aplicação prática destaca o potencial dos sensores Reed-Switch e do Arduino na automação e no monitoramento de sistemas em ambientes marítimos, onde a detecção de eventos magnéticos é essencial para a segurança e a operação eficaz. Além do mais, a aplicação da prova de conceito oferece uma visão clara da adaptabilidade e versatilidade desses componentes em uma variedade de aplicações em que a detecção de eventos e a transmissão de informações em tempo real são críticas.

7.2. Utilizando Controlador Lógico Programável

A aplicação prática dos sensores Reed-Switch em conjunto com um Controlador Lógico Programável (CLP) equipado com uma Interface Homem-Máquina (IHM) em uma embarcação representa uma implementação de grande relevância na automação e no controle de processos em contextos marítimos (FRANCHI; CAMARGO, 2008). Os sensores Reed-Switch, que utilizam contatos magnéticos para a detecção de campos magnéticos, desempenham um papel crucial na monitorização e no controle de eventos específicos em embarcações, como o estado de portas estanque, escotilhões, níveis de água em tanques, entre outros.

O CLP, como elemento central dessa configuração, atua como o cérebro do sistema, processando os sinais dos sensores Reed-Switch e tomando decisões com base nos dados obtidos. A IHM proporciona uma interface intuitiva para os operadores e tripulação da embarcação, permitindo o acompanhamento em tempo real das informações e interações com o sistema de controle.

7.2.1. Funcionamento do circuito com CLP

A aplicação prática desses componentes em uma embarcação é multifacetada. Por exemplo, os sensores Reed-Switch podem ser empregados para monitorar o estado das portas estanque, garantindo a segurança da embarcação em situações críticas. Quando uma porta é aberta ou fechada, os sensores Reed-Switch são ativados e comunicam essa informação ao CLP, que por sua vez, pode realizar ações como acionar alarmes, interromper ou iniciar sistemas, ou fornecer informações relevantes à tripulação por meio da IHM.

Em contextos marítimos, a aplicação efetiva dos sensores Reed-Switch com um CLP e uma IHM representa uma estratégia crucial para aprimorar a segurança, a eficiência operacional e o controle em embarcações. Essa configuração exemplifica como a tecnologia pode ser aplicada com sucesso para a automação e a supervisão em ambientes marítimos, contribuindo para uma operação mais segura e eficiente das embarcações.

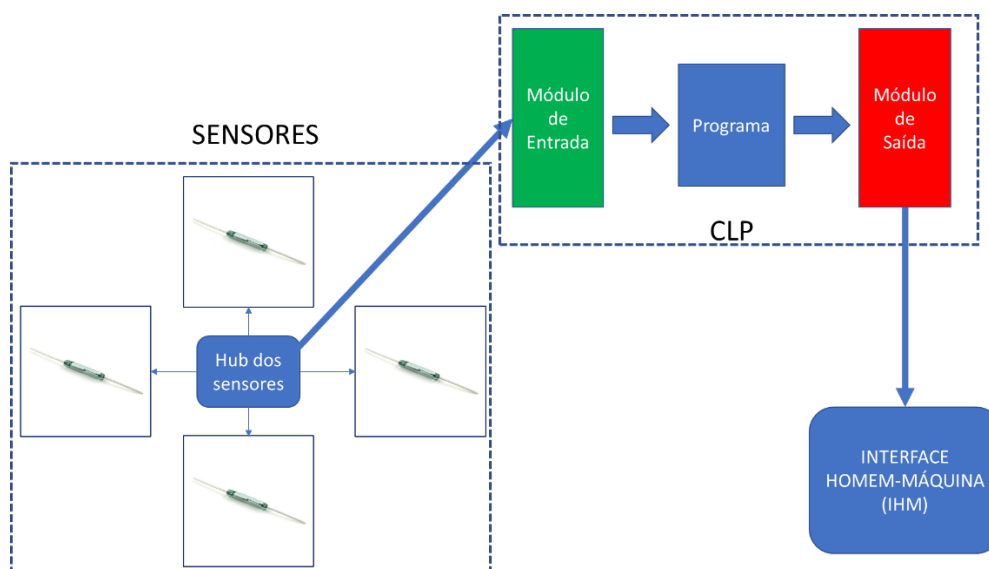


Figura 17: Diagrama de blocos representando a estrutura dos sensores reed-switch com CLP

Fonte: O Autor

Além do custo inicial do CLP, é necessário levar em consideração despesas adicionais. A programação e configuração, frequentemente requerem especialistas treinados, resultando em custos de mão de obra. Também é comum a necessidade de adquirir software proprietário específico do fabricante do CLP, o que agrega custos adicionais à implementação.

Outro fator relevante a ser considerado é que seu uso em sistemas de controle pode aumentar a complexidade geral, o que pode resultar em maior tempo gasto na programação e depuração, podendo se traduzir em custos adicionais devido à alocação de recursos humanos.

A decisão de adotar um CLP deve ser tomada após uma análise criteriosa do custo-benefício. Para algumas aplicações, especialmente aquelas com requisitos de controle complexos, a versatilidade e o desempenho podem justificar seu custo. No entanto, em cenários onde a simplicidade e economia são prioridades, a aquisição de alternativas mais acessíveis pode ser uma opção mais vantajosa.

7.3. Utilizando Placa de Entrada Analógica e Digital (PEAD)

O conjunto sensor de fechamento de material é composto de um parafuso com uma de suas extremidades preenchido com um ímã de terra rara e o elemento sensor propriamente dito encerrado em uma pequena peça de alumínio (VENANCIO, 2021).



Figura 18: Conjunto Elemento sensor reed-switch e parafuso com ímã

7.3.1. Funcionamento do circuito com PEAD

O funcionamento do sensor Reed Switch é um processo que envolve a interação entre componentes essenciais para a detecção da abertura ou fechamento de portas ou escotilhões em diversas aplicações. Este circuito, que integra um reed switch, consiste em um pequeno interruptor composto por duas lâminas magnéticas em um invólucro hermeticamente selado. Para o correto funcionamento, um elemento sensor é fixado em uma estrutura fixa, enquanto um parafuso equipado com um ímã é montado na porta ou escotilhão (BRASIL, 2017a).

Quando a porta (03-32-1) está em sua posição fechada, o ímã do parafuso atrai as lâminas magnéticas do reed switch, fazendo com que elas se juntem e, conseqüentemente, fechem o circuito elétrico interno (contato normalmente aberto (NA)).

Essa condição de fechamento do circuito é detectada e processada pela placa de processamento de entradas analógicas PEAD, onde os contatos 1 e 2 da tomada CON3 da CAD 3 (Cabo K-CFM-001A) e também os contatos 1 e 2 da caixa de junção nº3 (Cabo K-CFM-001) serão fechados (BRASIL, 2017a). O esquema elétrico da figura 21, representa a ligação descrita.

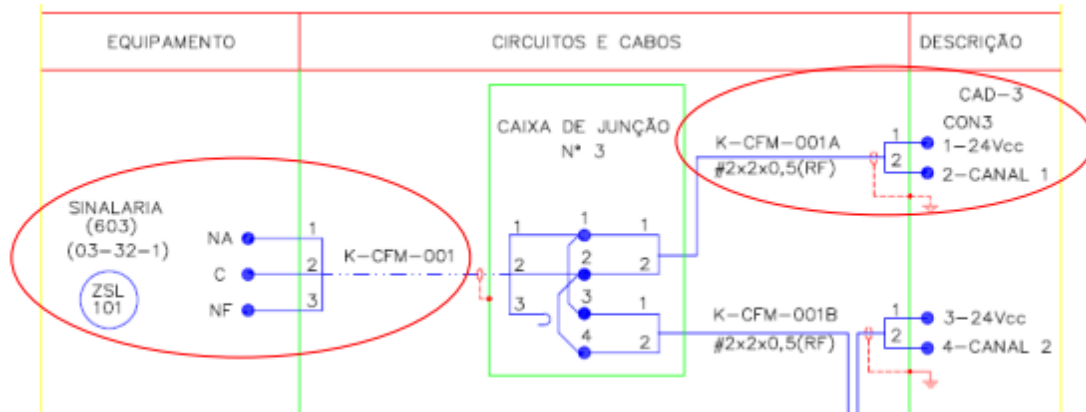


Figura 19: Esquema de ligação do sensor

Por outro lado, quando a porta ou escotilhão é aberta, o ímã se afasta do reed switch, permitindo que as lâminas magnéticas se separem e, assim, abram o circuito elétrico (BRASIL, 2017b). A alteração no estado do circuito é novamente capturada pelo sensor Reed Switch e enviada à PEAD para processamento e interpretação.

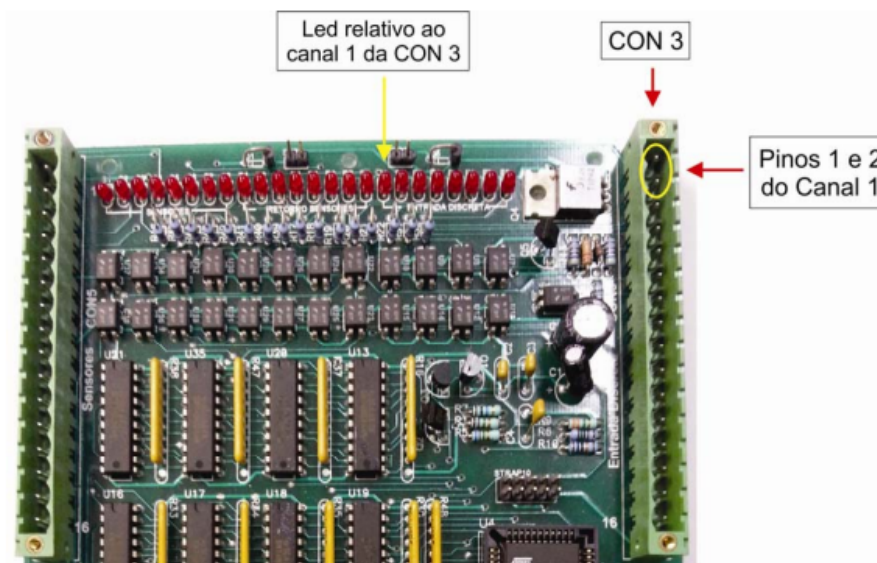


Figura 20: Detalhe da placa PEAD, CON 3 e led indicativo de acionamento do canal 1 da mesma CON

Esse mecanismo simples, porém, eficaz, permite que o sistema detecte o status da porta ou escotilhão de maneira confiável. A placa PEAD desempenha um papel crucial na interpretação desses sinais, convertendo a informação em um formato que pode ser utilizado em sistemas de controle, automação ou monitoramento.

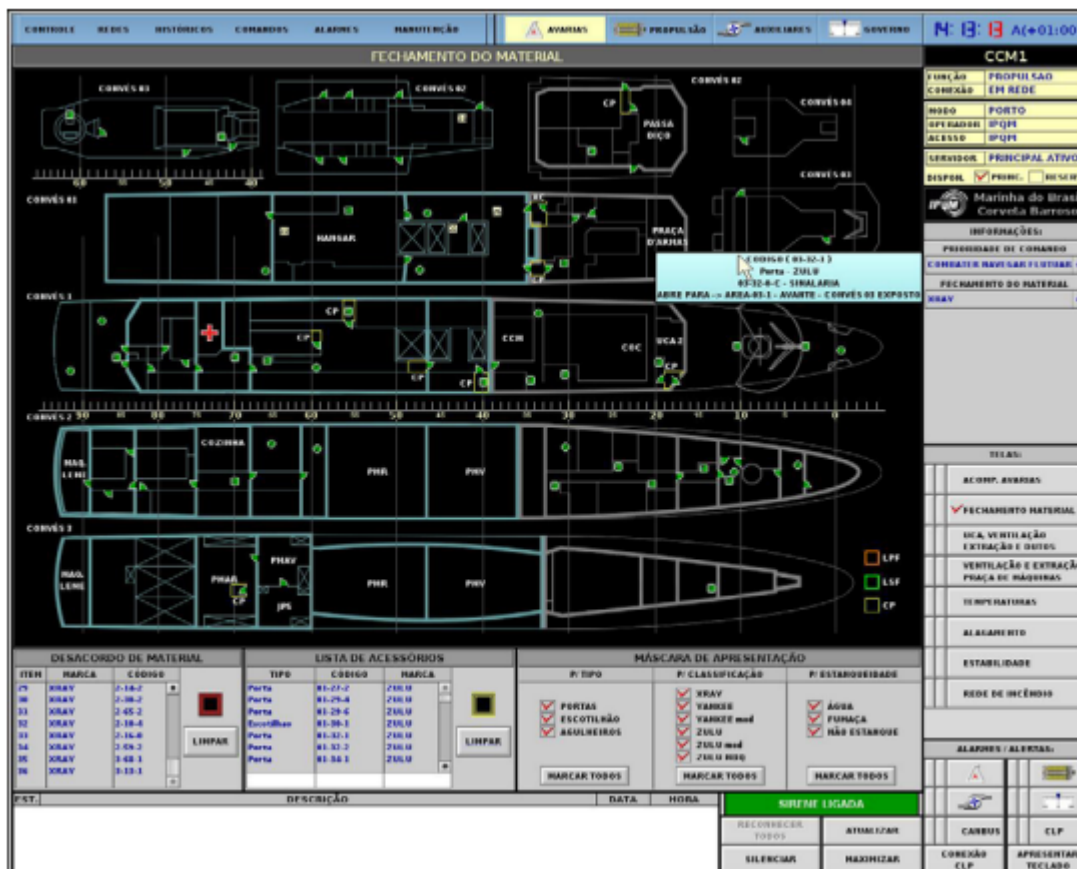


Figura 21: Tela de Fechamento de Material. Na caixa em azul, informações da porta onde está sendo testado o conjunto sensor

O funcionamento do sensor Reed Switch envolve a interação magnética entre um reed switch, fixado em uma estrutura fixa, e um parafuso com ímã, montado na porta ou escotilhão. A detecção do estado aberto ou fechado do circuito é fundamental para aplicações que requerem monitoramento e controle preciso, com a placa PEAD desempenhando um papel essencial na interpretação desses sinais para as respectivas finalidades.

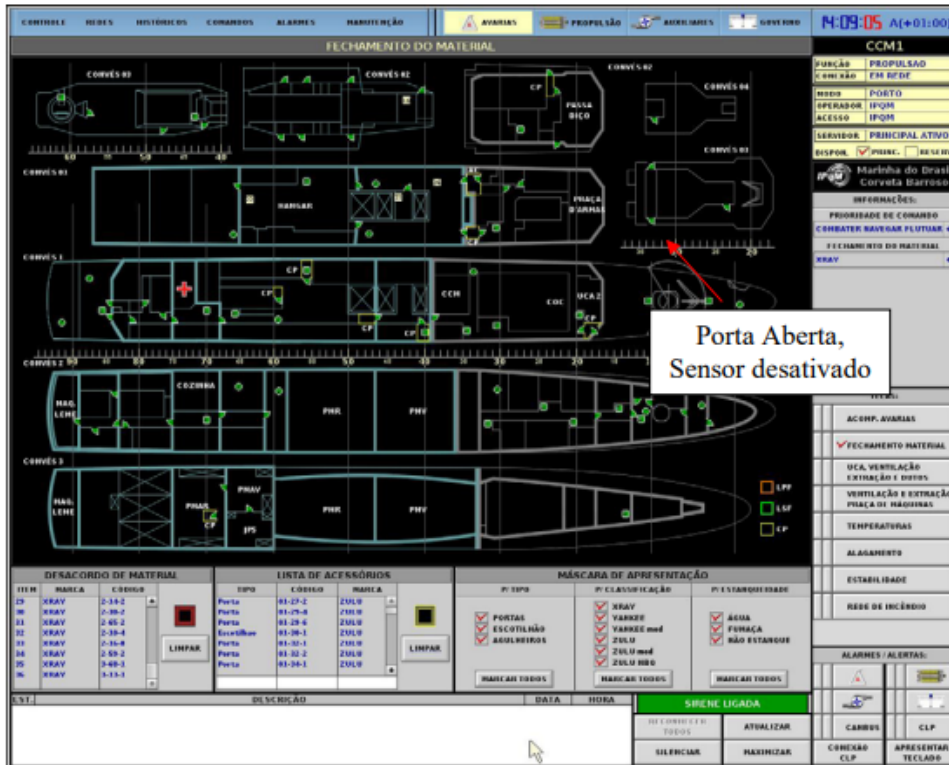


Figura 22: Tela indicando porta da Sinalaria (03-32-1) aberta.

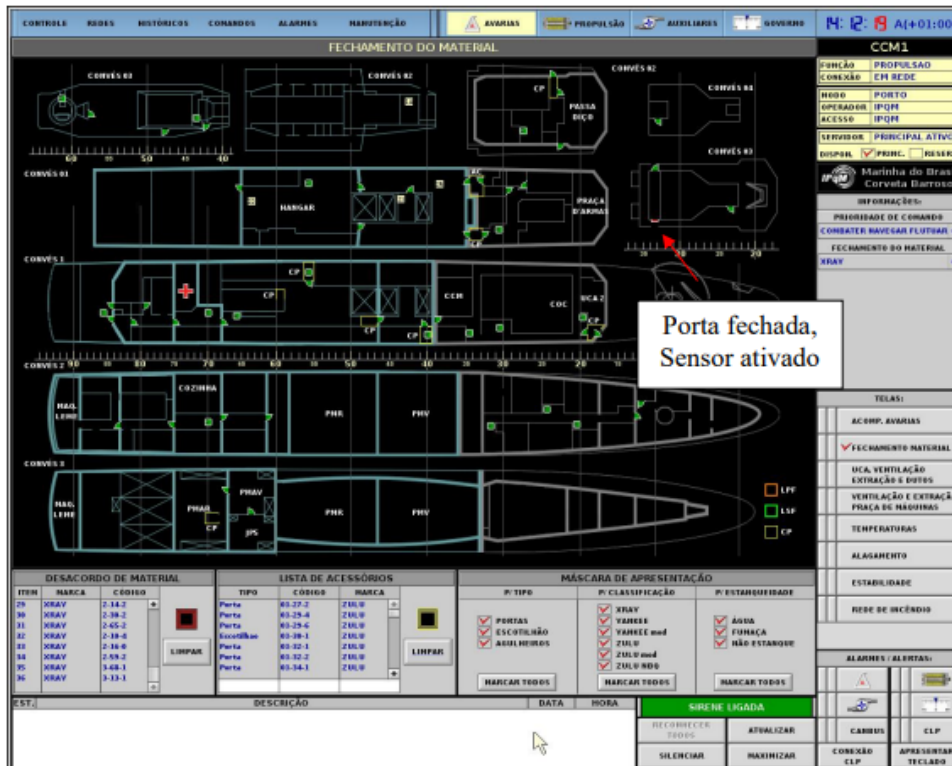


Figura 23: Tela indicando porta da Sinalaria (03-32-1) fechada.

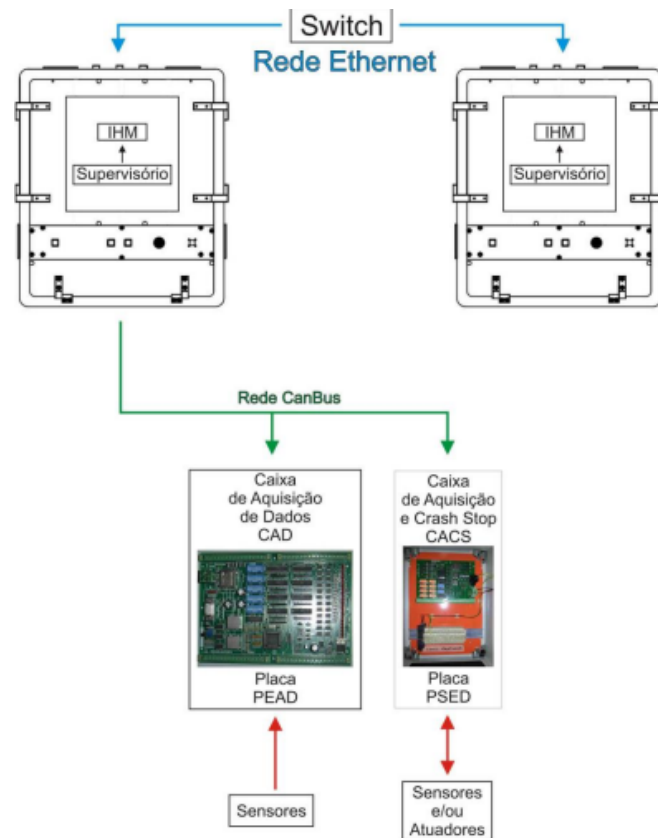


Figura 24: Diagrama da topologia do circuito dos sensores reed-switch utilizando a PEAD

7.4. Comparação de custo-benefício: Arduino, CLP e PEAD

Diante do contexto da automação e controle de sistemas em embarcações, a análise de custo-benefício desempenha um papel fundamental na tomada de decisão. Nesta pesquisa, que visa avaliar a importância da implantação de sensores Reed Switch como um suporte aos fechamentos de portas e escotilhões em embarcações, foram consideradas três alternativas: Arduino, Controlador Lógico Programável (CLP) e Placa de Entrada Analógica Digital (PEAD). O cerne desse estudo está na compreensão de que a intervenção humana pode falhar na detecção de acidentes, justificando a necessidade de sistemas automatizados para garantir a segurança e eficácia das operações.

O Arduino, notório por sua acessibilidade financeira, destaca-se como a alternativa mais econômica nesse cenário. Sua capacidade de processamento e entradas analógicas digitais o torna apropriado para uma variedade de funções de controle, incluindo a integração de sensores Reed Switch. No entanto, é importante considerar que o Arduino pode apresentar limitações em projetos de maior escala e em ambientes de alto risco.

O CLP, apesar de ser a opção mais dispendiosa entre as três, frequentemente é a preferida em ambientes industriais e marítimos devido à sua robustez, confiabilidade e suporte a protocolos de comunicação avançados. Sua capacidade de processamento permite o gerenciamento de sistemas de automação complexos, sendo aplicável em operações críticas onde a detecção e resposta imediata a acidentes são essenciais.

Por sua vez, a PEAD representa uma solução intermediária em termos de custo-benefício. Embora seja mais acessível que um CLP, a PEAD oferece um conjunto mais amplo de recursos em comparação com o Arduino, incluindo a capacidade de processar entradas analógicas digitais e implementar sistemas de sensores Reed Switch. Essa característica a torna uma escolha equilibrada para aplicações de média complexidade em embarcações.

No cerne da questão, a seleção entre Arduino, CLP e PEAD para a implementação de sensores Reed Switch em embarcações deve ser embasada na análise cuidadosa dos requisitos específicos de cada projeto. O objetivo fundamental é assegurar a segurança e eficiência das operações, minimizando a dependência de intervenções humanas susceptíveis a falhas. A escolha apropriada dependerá da complexidade das operações,

dos recursos financeiros disponíveis e das demandas específicas de automação e controle de portas e escotilhões em embarcações.

Embora o CLP e a PEAD possam apresentar suas vantagens em contextos específicos, o escopo desta pesquisa concentra-se na avaliação da relevância da implantação desses sensores em uma variedade de cenários, considerando a necessidade de detecção de fechamentos de portas e escotilhões em embarcações. Nesse sentido, o Arduino oferece um ótimo equilíbrio entre desempenho e economia.

Em síntese, ao considerar a comparação entre Arduino, CLP e PEAD no contexto da implementação de sensores Reed-Switch em embarcações, é evidente que o Arduino sobressai como a alternativa mais vantajosa em termos de custo-benefício, haja vista que por ser a alternativa mais acessível em termos de custo de aquisição, oferece uma solução econômica e eficaz para a integração de sensores Reed-Switch, promovendo a segurança e a eficiência das operações em embarcações.

8. CONCLUSÃO

8.1. Considerações Finais

No âmbito da automação de sistemas em embarcações, a avaliação da implementação de sensores Reed Switch como meio de apoio para o fechamento de portas e escotilhões se revelou de suma relevância. O objetivo central desse estudo era analisar a importância desse mecanismo, considerando as limitações do fator humano na detecção de acidentes em tais ambientes. O resultado deste trabalho demonstra que o Arduino, uma alternativa de baixo custo, desponta como uma solução altamente vantajosa para essa aplicação.

A automação náutica tem se consolidado como um campo vital para assegurar a segurança e eficiência das operações em embarcações. A complexidade e a dimensão dessas embarcações frequentemente desafiam a capacidade humana de detecção e resposta imediata a incidentes, tornando a adoção de sistemas automatizados um recurso valioso.

O Arduino, devido à sua acessibilidade financeira e adequação para a integração de sensores Reed Switch, emerge como uma opção econômica e eficaz. Sua capacidade de processamento e flexibilidade o tornam adequado para uma ampla gama de aplicações, enquanto a economia de custos não compromete a qualidade ou a segurança das operações.

Nesse contexto, a contribuição deste estudo reside na identificação de uma solução prática e econômica para melhorar a eficiência das operações marítimas. Ao mitigar os riscos associados às falhas humanas na detecção de acidentes, a implementação de sensores Reed Switch com Arduino oferece uma solução de custo-benefício que pode ser adotada com confiança na automação de portas e escotilhões em embarcações.

Em suma, a pesquisa sublinha a importância da implantação de sensores Reed Switch nas embarcações, reconhecendo as deficiências humanas na detecção de acidentes. A abordagem com Arduino se mostra como uma opção viável, alinhando economia e desempenho para melhorar a segurança e a eficiência nas operações marítimas. Dessa forma, essa investigação contribui para o avanço do campo da

automação náutica, enfatizando o papel significativo do Arduino na promoção da segurança e confiabilidade em embarcações.

8.2. Sugestões para trabalhos futuros

Como sugestão de trabalhos futuros, a exploração do uso de algoritmos de aprendizado de máquina (*Machine Learning*) e inteligência artificial para aprimorar a detecção e resposta a acidentes, incorporando dados dos sensores Reed Switch. Isso pode resultar em sistemas de alerta precoce mais precisos em embarcações, o que contribuiria significativamente para a segurança e eficiência operacional em navios de diversas categorias.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. Centro de Instrução Marques de Leão - CAAML, **Manual de Combate a Incêndio**, CAAML-1202, 2ª Revisão, Rio de Janeiro, 2017.

_____. **Centro de Instrução Marques de Leão, Grupo de Relatórios de situação de perigo**, Rio de Janeiro, 2004/05/06/1315/16/17/18/19/20.

_____. Instituto de Pesquisa da Marinha, **Manual de manutenção de hardware e operação**

_____. **O QUE É ARDUINO?** . 2019. Disponível em: <www.arduino.cc.>. Acesso em 08 set. 2023

_____. **ARDUINO E SUAS APLICAÇÕES**. 2019. Disponível em: <www.robocore.com.br>. Acesso em 08 set. 2023

BAUER, P. **Introdução à metodologia da ciência**. São Paulo: Atlas, 2002.

BRAGA, N. C, **SENSORES PARA ARDUINO**. 2020. Disponível em: <www.newtonbraga.com.br>. Acesso em 28 set. 2023

GODOY, A . S. **Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais**. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20-29, mai/jun, 1995.

HERNANDEZ, TS. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2011.

KUROSE, James F.; Ross, Keith W.: **"Redes de Computadores e a Internet: uma abordagem top-down"**. Tradução da 5a. edição, 2011. Editora Pearson;

LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 6ª ed. São Paulo, SP: Atlas, 2005.

MB, Marinha do Brasil - **Meios da Esquadra**, 2015, Disponível em: <http://www.marinha.mil.br/html/navios.html>. Acesso em 01 out. 2023

NUNES, A. F. **Desenvolvimento de um sistema supervisorio de baixo custo para sistemas elétricos**. 2018. 41 f. TCC (Doutorado) - Curso de Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, MG, 2018.

OLIVEIRA, E. A. **Desenvolvimento de um sistema supervisorio para o sistema automático de combate a princípio de incêndio do prédio depósito de propulsores do cla**. 2019. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Computação e Sistemas, Universidade Estadual do Maranhão, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2019.

SKOP (org.). **Catalogo de Valvulas VGA**. Disponível em: encurtador.com.br/BFIUW . Acesso em: 01 out. 2023

SOLAS (1974/1988): **International Convention for the Safety of Life at Sea. Consolidação em 2014. International Maritime Organization**, Londres, 1988

TANENBAUM, A. S. – **Redes de Computadores** – 4ª Ed., Editora Campus (Elsevier), 2021.

VENANCIO, P. **SISTEMAS SUPERVISÓRIOS E SUA APLICAÇÃO NA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS A BORDO DE NAVIOS**. 2018. 63 f. TCC - Centro De Instrução Almirante Wandenkolk, Rio de Janeiro, RJ, 2021.

WEG S.A. **Controlador Lógico Programável Clic-02**. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-rele-programavel-clic-02-3rd-manual-portuguesbr.pdf>. Acesso em 01 de out. 2023.

APÊNDICE A
PROGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO CONTROLE DE ACESSO NO
NAM ATLÂNTICO UTILIZANDO SENSOR REED SWITCH

/*

Prova de conceito para implementação de:

"Controle de acesso do NAM Atlântico" - Uma proposta de emprego para Arduino Robustecido.

Data : 18/09/2023

Autor : 1T Patrick

Orientador : Dr.-Ing. Fernando Augusto de Noronha Castro Pinto

*/

```
void setup() {  
    // Definição das entidades  
    pinMode(8, OUTPUT); //Led Verm  
    pinMode(10, OUTPUT); //Led Verde  
    pinMode(6, INPUT); //RS Verm  
    pinMode(7, INPUT); //RS Verde  
}  
  
// Arquitetura de processamento  
void loop() {  
    if (digitalRead (6) == 0) // Devo acender o led Verm ?  
        digitalWrite(8, HIGH); // Acende led Verm  
    if (digitalRead (7) == 0) // Devo acender o led Verde ?  
        digitalWrite (10, HIGH); // Acende led Verde  
}
```