

# COLETE TÉRMICO: MONITORAMENTO E AUTOMAÇÃO COM ARDUÍNO

Caroline Albuquerque<sup>1</sup>, Larissa Santos<sup>1</sup>, Leonardo Lyra Durães<sup>1</sup>, and José Barbosa da Silva Filho<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Instrução Almirante Graça Aranha (CIAGA) - Marinha do Brasil, Rio de Janeiro, RJ - Brasil  
E-mail: {carolinealbuquerque374, lss.santos.larissa, leollyra}@gmail.com

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI) - UFRJ, Rio de Janeiro, RJ - Brasil  
E-mail: josebarbosa@ufrj.br

**Resumo**—Nesse artigo, abordaremos a pesquisa preliminar com vistas a futura industrialização de um colete térmico integrado com tecnologia embarcada baseada no *Arduíno*. Apresentamos os primeiros experimentos que simulam a troca de calor em escala entre o corpo humano e a água do oceano. Troca de calor monitorada e posteriormente controlados pelo *Arduíno* e por uma fonte de calor baseada no efeito *Peltier*.

**Palavras-chave**—Controle térmico, automação, *Arduíno*, hipotermia

## I. INTRODUÇÃO

O presente artigo apresenta os resultados da pesquisa experimental sobre o uso de controle discreto, na forma de eletrônica embarcada (baseada em Placas *Peltier* e *Arduíno*), para minimizar os efeitos da hipotermia em casos de acidentes com aquaviários. Esta pesquisa servirá de base para o estudo de viabilidade da prototipação e futura manufatura de uma nova e aperfeiçoada classe de equipamento de segurança, com vistas a redução da mortalidade em acidentes com risco de hipotermia, quer em terra ou mar.

Este trabalho está estruturado nas seções I, onde são abordados os conceitos básicos do estudo, a seção II onde são referenciados os conceitos teóricos que apoiam a solução, a seção III onde a arquitetura proposta é discutida, a seção IV onde são apresentados os resultados experimentais e por fim a seção V onde são tecidos comentários, conclusões e perspectivas futuras.

### A. MOTIVAÇÃO

Nos últimos 100 anos, registramos o aumento do tráfego no sistema aquaviário, motivado pelo seu baixo custo e abrangência. O transporte marítimo tem aumentado devido ao crescimento de demanda motivada pelo comércio internacional, sendo de extrema importância no transporte de pessoas e cargas. Simultaneamente crescem as possibilidades de acidentes no mar. O aquaviário, em especial, é exposto a diversos riscos ao trabalhar a bordo, como: incêndio, explosão, encalhamento, colisão e abalroamento, e que em última instância tem como consequência um afundamento ou naufrágio. Como consequência direta a ocorrência de naufrágios aumentou

proporcionalmente, a ponto destes se tornarem incidentes relativamente comuns [1], [2].

Em nosso estudo, utilizamos a definição de [3] e [4], onde o **naufrágio** em termos gerais, significa que o navio está submerso em águas, sem a possibilidade de sair por meios próprios. Este recorte se faz necessário pois o termo apresenta múltiplas definições. Para o direito marítimo, por exemplo, é mais abrangente e engloba, além dos acidentes em navios por colisão/abalroamento, os desaparecidos por mais de um ano.

O naufrágio é uma ocorrência presente na história humana. Para ilustrar, na tabela I destacamos alguns dos naufrágios com significativo número de vítimas, nos últimos 120 anos da moderna da navegação. Dentro desta linha, destacamos o ano de 2000, onde a Organização Marítima Internacional contabilizou 127 (cento e vinte e sete) acidentes em embarcações que faziam viagens internacionais, um número quase quatro vezes superior ao total de acidentes aéreos internacionais por ano [5].

Segundo dados do tribunal marítimo<sup>1</sup>, o naufrágio<sup>2</sup> é o acidente mais comum e com maior número de vítimas fatais. O naufrágio pode ser classificado em: doloso, culposo, por colisão, por abalroamento e por água aberta. Para fins comparativos, na figura 1 são relacionados alguns dos acidentes da navegação e seu percentual de fatalidades, nos últimos 120 anos. Verifica-se que naufrágio, abalroamento e colisão foram responsáveis por 90% do número de fatalidades dos acidentes de navegação.

Considerando o incidente de naufrágio, não é incomum que as vítimas, precisem de ajuda para sobreviver em condições climáticas adversas. Somados a outros fatores adversos, pode haver uma lentidão da operação de resgate, reduzindo a probabilidade de encontrar com vida pessoas desaparecidas. Ou seja, a sobrevivência é uma função direta do tempo decorrido do socorro e resgate.

<sup>1</sup>O **Tribunal Marítimo**, conforme preceitua o artigo 1º, da Lei nº 2.180, de 5 de fevereiro de 1954, é um Órgão Autônomo, com jurisdição em todo o território nacional (brasileiro), auxiliar do Poder Judiciário, vinculado ao Comando da Marinha. Via de regra, há um julgamento pelo tribunal marítimo quando ocorre um acidente.

<sup>2</sup>**Naufrágio** ocorre quando o navio, por algum motivo, afunda deixando os tripulantes na água ou numa embarcação de sobrevivência esperando o resgate.

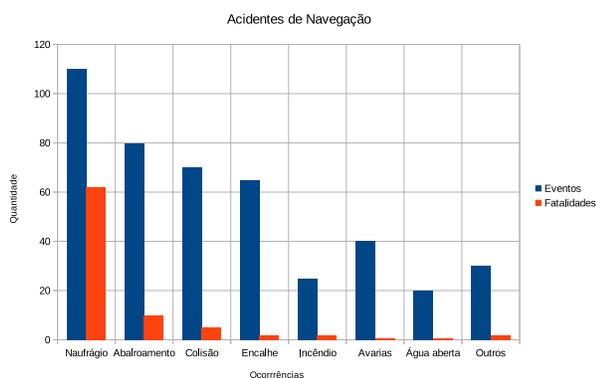


Figura 1. Acidentes da navegação e seu percentual de fatalidades.

Tabela I  
NAUFRÁGIOS

DATA	BANDEIRA	DESCRIÇÃO
15/04/1912	CANADÁ	O transatlântico Titanic afunda na sua viagem inaugural, na costa da província de Newfoundland, depois de bater em um iceberg. O navio - que era considerado "inafundável" antes da estreia - levava 2.228 passageiros, dos quais 1.523 morreram.
25/10/1927	BRASIL	O luxuoso transatlântico italiano Princesa Mafalda pega fogo e afunda na costa brasileira, durante o trajeto entre Cabo Verde e o Rio, levando 971 passageiros e 288 tripulantes. Mais de 300 pessoas, incluindo muitos imigrantes italianos, morrem.
31/01/1953	REINO UNIDO	O Princess Victoria afunda durante uma forte tempestade entre a Escócia e a Irlanda do Norte. Pelo menos 133 pessoas morrem.
03/02/2006	EGITO	A balsa Al Salam Bocaccio 98, indo de Doha (Arábia Saudita) para Safage (Egito), naufraga a 90 quilômetros do destino, depois de um incêndio no deque dos carros. Dos 1.414 ocupantes, 1.026 morrem.
21/06/2008	FILIPINAS	O navio misto (carga e passageiros) Princess of the Stars afunda na província de Romblon, na região central das Filipinas, após ser atingido por um tufão. Acredita-se que apenas 52 das 825 pessoas a bordo sobreviveram.
13/01/2012	ITÁLIA	O Costa Concordia, navio de cruzeiro com 114,5 mil toneladas, construído apenas seis anos antes, atinge pedras e tomba com 4.229 passageiros e tripulantes a bordo.

Fonte: [6]-[8]

Dentre os naufrágios que citamos, cabe o recorte do *Titanic*<sup>3</sup>, que em sua viagem inaugural colidiu com um *iceberg*. Diferentemente do que se imagina o gelo não rasgou o casco do Titanic: o impacto, na verdade, fez romper os rebites que uniam as chapas de aço. A ruptura, de mais de 60 m, passava por cinco salas de carga e uma de caldeira, e o fato de a ruptura do casco ter ocorrido do lado direito e na área frontal determinou a movimentação do navio em sua lenta agonia, afundando-o aos poucos. O capitão Edward Smith após verificação, tendo em vista todos os dados, soube que a evacuação seria necessária, pois afundar era inevitável. À 0h10, mensagens de socorro foram enviadas por código morse, um

<sup>3</sup>O RMS Titanic foi o segundo de uma frota de três navios de luxo considerado o maior navio da época (1910).

único navio veio ao resgate – o *Carpathia*, que estava a 93 km de distância e só chegou ao local às 4h10. Às 2h20, o naufrágio terminou, deixando para trás mais de 1,5 mil pessoas. As que não foram levadas para o fundo do oceano ficaram se debatendo na superfície, tentando não afundar ou morrer congeladas, a temperatura da água batia nos  $-2^{\circ}\text{C}$ . Este naufrágio ficou mundialmente conhecido e sendo o motivador da elaboração de diversas normas e regulamentos mais rígidos para a segurança de todos que trabalham no mar. Além de motivador, a partir do incidente se estabeleceram as premissas para os equipamento de segurança, inclusive o colete térmico e nos auxilia a determinar certos parâmetros para o desenvolvimento do protótipo com regulação ativa de temperatura [9], [10].

Considerando as rotas comerciais da Marinha Mercante, temos significativo tráfego aquaviário em áreas ou regiões de águas frias onde em caso de naufrágio, os acidentados imersos na água gelada são submetidos a queda de temperatura corporal, ocasionando a hipotermia. Dependendo da temperatura do mar onde estiver localizado e do tempo de imersão, pode levar a morte. Há regiões em que a probabilidade de hipotermia é maior devido à baixa temperatura da água ( próximo a zero graus celsius ).

Para combater o grande número de mortes por hipotermia foi criado o projeto Colete Térmico que viabiliza o aquecimento do naufrago. O colete salva-vidas padrão só tem a função de evitar o afogamento da vítima, mas não sua queda de temperatura corporal. Com a evolução da tecnologia, foram introduzidos apenas pequenas variações material e formato do colete original nas últimas décadas.

## B. TRABALHO PROPOSTO

O projeto Colete Térmico, se propõe ao aquecimento ativo e controlado do naufrago evitando a hipotermia contribuindo para reduzir o número de mortes. O colete passa a não ter só a função de evitar o afogamento da vítima, mas também sua queda de temperatura corporal. A proposta do presente estudo é avaliar a construção de um novo colete salva-vidas, com controle térmico. Em síntese, composto por placas *peltier*, que podem ser descritas como placas eletrônica de regulação de temperatura, atualmente utilizadas em refrigeração de pequenas cargas térmicas. A *peltier* possui a propriedade de promover a transferência de calor de uma superfície para a outra, ao receber uma corrente elétrica. Assim a superfície onde é retirado o calor fica cada vez mais fria e a outra, onde chega o calor, fica mais quente. No projeto, esta placa é comandada por sistema composto por *Arduíno*, sensores de temperatura, resistores e transistor. Os sensores de temperatura observam a temperatura central do corpo e quando estiver abaixo de  $35^{\circ}\text{C}$ , através da programação do *Arduíno*, ligará a placa e quando estiver acima de  $38^{\circ}\text{C}$  desligará a placa. Evitando, dessa forma a hipotermia

Nossa estratégia é basicamente transformar o colete (ver figura 2), um objeto limitado apenas a garantir a flutuabilidade, em um objeto de proteção mais eficaz aprimorando suas características. O foco pra isso se encontra na estabilização da temperatura do corpo humano, a temperatura corporal e bastante inconstante quando exposta a situações adversas onde



Figura 2. COLETE (Fonte: [11])

haja mudanças climáticas que interfiram na mesma, baseando-se nisso decidimos montar um sistema controlador digital, programado para retardar a perda de calor do ser humano para o ambiente [12], [13].

## II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na seção II-A encontramos a fundamentação teórica relacionada efeito sobre o corpo humano no acidentes marítimos e a sobrevivência em ambiente de temperatura hostil, e nas seções II-B e II-C a fundamentação teórica que dá suporte a solução proposta.

### A. HIPOTERMIA

A temperatura corporal do ser humano deve se manter constante, em torno de 37°C. A queda brusca dessa temperatura pode originar a hipotermia, que é definida quando o ser humano tem sua temperatura central (temperatura do coração, pulmão, encéfalo e órgãos esplâncnicos) abaixo de 35°C podendo levar a morte.

A hipotermia é uma das principais causas que levam o marítimo a óbito ao abandonar o navio. Ao sofrer um naufrágio e, imergir em água congelada ou ficar exposto a ventos intensos, o corpo tende a entrar em equilíbrio térmico com o ambiente, não conseguindo manter a temperatura corporal pois perde mais calor do que é capaz de gerar.

Pode ser classificada em 3 etapas:

- Na primeira etapa a queda da temperatura corporal é de 1 a 2 graus. Provocando arrepios, mãos dormentes e respiração um pouco ofegante;
- Na segunda a queda é de 2 a 4 graus, intensificando os arrepios. A respiração fica mais ofegante, as extremidades do corpo ficam em tons azulados e causa confusão mesmo a pessoa estando consciente;
- Já na terceira, os arrepios cessam, porém começa a apresentar sinais de amnésia. Os pulsos cardíacos e respiratórios diminuem causando morte clínica da pessoa.

A hipotermia também é avaliada com:

- **Hipotermia crônica** que é consequência de algumas doenças quando a pessoa fica sujeita ao frio;
- **Hipotermia subaguda** a qual ocorre a perda gradual de temperatura;
- **Hipotermia aguda** que é a que ocorre a perda brusca e repentina de temperatura.

Por exemplo, uma pessoa que abandonou o navio e imergiu em água com temperatura a 10°C (ou menos), tem uma queda rápida da sua temperatura interna. Por condições climáticas, a probabilidade de hipotermia é maior em águas setentrionais (no hemisfério norte) e meridionais (no hemisfério sul) [14], [15].

Tabela II  
HIPOTERMIA

TEMP. DA ÁGUA (GRAUS C.)	SOBREVIVÊNCIA (HORAS)
0	Menos de uma hora
4,4	0,5 a 3
10	1 a 6
15,6	2 a 24
21	3 a 40
26,7	Ilimitado

Fonte: [9]

A temperatura da água (ver tabela II) onde a pessoa está imersa e o tempo exposto (ver figura 3) são fatores importantes que influenciam na gravidade da hipotermia. Outros fatores que determinam o tempo de sobrevivência são: constituição física<sup>1</sup>, procedimento na água (evitar exercícios e proteger, principalmente, cabeça, pescoço e nuca) e condições físicas e emocionais (estresse, desidratação, exaustão e ferimentos). A idade também influencia. As crianças e os idosos estão mais propensas a hipotermia devido a sua baixa capacidade de estabilizar a temperatura corporal.

Através desses fatores podemos definir o tempo de vida do acidentado. A exposição de um naufrago a baixa temperatura,

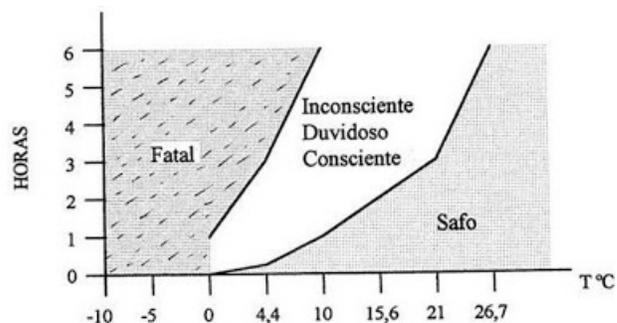


Figura 3. RESISTÊNCIA AO FRIO (Fonte: [16])

por tempo prolongado e sem proteção, pode ocasionar em

<sup>1</sup>Constituição física: Dependendo do preparo físico do naufrago, ele poderá resistir mais tempo, pois o quanto de energia gasta para se manter vivo será tão menor quanto melhor for sua higidez física. A reserva de energia armazenada sob forma de gordura presente no corpo de maior índice de massa corpórea não facilitará a sobrevivência do mesmo. Na verdade, o metabolismo do obeso precisa de mais energia para fazer o balanço energético e com isso o consumo de energia aumenta chegando mais rápido ao estado de hipotermia.

geladuras pontuais, enregelamento, congelamento parcial das partes expostas, levando a morte. A geladura ocorre quando há exposição da pele de partes descobertos como dedos, orelhas e nariz a superfícies com temperaturas entre  $-25^{\circ}\text{C}$  e  $-30^{\circ}\text{C}$  (ver figura 4), ocasionando a formação de pequenos cristais de gelo na pele. Alguns exemplos: pés em contato com o gelo, os dedos em contato com o metal frio e etc. Outros problemas ocasionados são: congelamento mais prolongado seguido de dores e queimadura, congelamento muito intenso que origina a gangrena (a zona afetada se torna preta e cai) e congelamento muito prolongado podendo originar também a gangrena e consequentemente a morte [17], [18].



Figura 4. GELADURAS (Fonte: [15])

### B. A PLACA PELTIER

A placa *peltier* (figura 5) é composta de por duas camadas de placas de cerâmica e uma camada formada de cubos de telureto e bismuto, material semiconductor com diferentes dopagens, tipo-n e tipo-p, agrupados em pares. Seu formato é de um prisma de face quadrada, com dimensões  $4 \times 40 \times 40 \text{mm}$ . Os semicondutores são soldados entre as placas cerâmicas, eletricamente ficam em série e termicamente, em paralelo. Quando uma corrente contínua passa por um ou mais pares, há uma queda na temperatura da junta, no lado frio resultando em uma absorção do calor do ambiente. Este calor é transferido pela pastilha pela movimentação de elétrons. A capacidade de bombeamento de calor de uma pastilha termoelétrica é proporcional à corrente e o número de pares de elementos tipo-n e tipo-p [13].

### C. FUNDAMENTO DE CONTROLE COM ARDUÍNO

*Arduíno* é uma plataforma de hardware livre, funcional e fácil de programar, composto por um microcontrolador *Atmel*, circuitos de entrada/saída e que pode ser conectado ao computador e programada via IDE (*Integrated Development Environment* ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado) utilizando uma linguagem baseada em C/C++. Após ser programado, ele sentirá a temperatura do corpo através de sensores e ligará ou desligará a placa *peltier* segundo o *setpoint* [12].

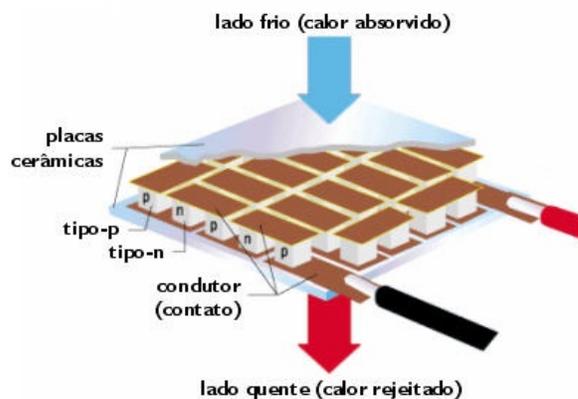


Figura 5. PLACA PELTIER (Fonte: [13])

## III. METODOLOGIA

De forma a avaliar a real eficiência térmica e elétrica do colete, um ambiente de experimental (vide seção III-A) foi construído pelos pesquisadores. No ambiente controlado, as variáveis de eficiência foram avaliadas em função do tempo, constituindo base para avaliar a viabilidade técnica da proposta, com vistas a construção de um protótipo em estudos futuros.

### A. O MODELO CONCEITUAL COLETE TÉRMICO

Na figura 6 encontramos o modelo conceitual do ambiente experimental, onde desenvolvemos os testes do projeto, pois a prototipação com vista a uma futura industrialização do produto só se tornaria possível através de comprovação da hipótese por meio de testes controlados.

Para melhor avaliar as variáveis de eficiência térmica e consumo de energia, o ambiente experimental foi construído para isolar os testes das influências externas, dentro dos recursos disponíveis em nosso laboratório. Como base foi utilizado um recipiente de isopor, repartido internamente em três partes (câmaras), onde foram conduzidos os testes. As divisórias de metais servem para melhorar a troca de calor de calor e o gel ajuda a dissipar o calor pelo colete. O objetivo principal dos testes é simular e observar o comportamento do colete na pessoa imersa na água fria em diferentes situações.

### B. A PLATAFORMA EXPERIMENTAL COLETE TÉRMICO

O projeto é composto por:

- **Colete salva-vidas:** equipamento auxiliar de flutuação (EAF) que deverá ser utilizado por praticantes de atividades aquáticas, situado na categoria de lazer possuindo dois tirantes de ajuste na cintura;
- **Gel térmico:** revestimento feito de celulose vegetal que é o facilita a propagação do calor pelo colete;
- **Bateria:** foram utilizadas uma de 15 volts para alimentar a placa peltier e outra de 9 volts para alimentar o *Arduíno*;
- **Placa peltier:** uma pastilha termoelétrica, vista na figura 7, que consegue esfriar e aquecer com a injeção de tensão e

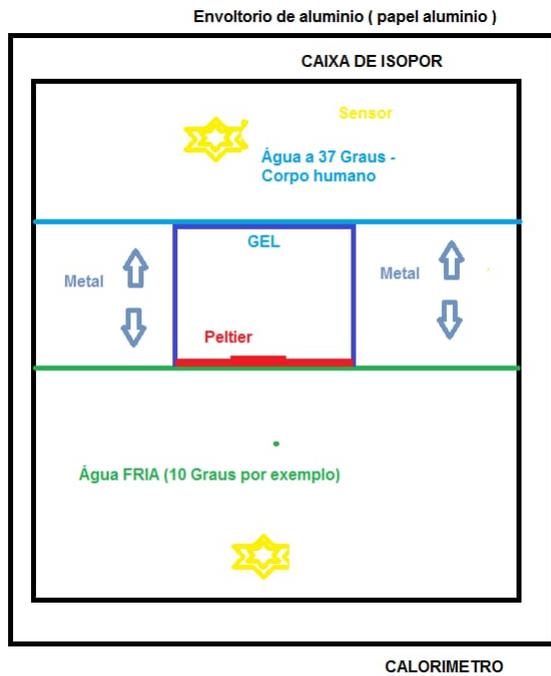


Figura 6. Modelo da Arquitetura do Ambiente Experimental

corrente em seus terminais quando ligada, um lado aquece e o outro esfria;

- **Arduíno:** O *Arduíno*, visto na figura 7, é uma plataforma de prototipagem eletrônica e tem a capacidade de monitorar o estado do ambiente que o cerca por meio da recepção de sinais de sensores e pode interagir com o ambiente, controlando luzes, motores e outros atuadores, como exemplo a placa *peltier*;

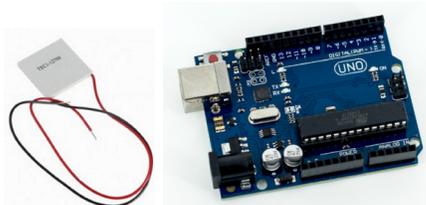


Figura 7. ARDUÍNO E PELTIER (Fonte: [12], [13])

- **Sensor NTC:** um sensor de temperatura NTC (Negative Temperature Coeficiente), visto na figura 8, é definido como um termistor com uma resistência interna sensível a mudança de temperatura, ou seja, a resistência abaixará a medida que a temperatura se elevar;
- **LED:** é um diodo emissor de luz (*Light Emitting Diode*), vista na figura 8, que produz luz visível a olho nu a partir de energia elétrica;
- **Resistor:** é um dispositivo elétrico, visto na figura 8, o qual consome parte da potência em forma de calor, utilizado para controle de tensão e corrente;



Figura 8. LED, RESISTOR, RELÉ E SENSOR (Fonte: [19])

- **Jumper:** Cabos usados para a conexão;
- **Cabo USB:** é o cabo usado para conectar o *Arduíno* ao computador afim para programação;
- **Módulo Relé 1 canal:** dispositivo que controla cargas, a exemplo de lâmpadas, motores e outros equipamentos, visto na figura 8, usando um pino de controle já que o circuito alimentado fica isolado do circuito do microcontrolador. Funciona com tensão de 5 volts e aciona cargas de até 250 VDC ou 30 VDC suportando corrente máxima de 10 A;
- **Termômetro digital:** possui um bulbo na ponta que observa e avalia a temperatura que é mostrada no visor usado nos testes para monitorar a temperatura. [19]

#### IV. RESULTADOS

Na seções IV-A, IV-B e IV-C encontramos os resultados dos experimentos realizados.

##### A. EXPERIMENTO: Tempo de Hipotermia

Esse teste, foi aferido a velocidade da queda de temperatura corporal de uma pessoa imersa na água a 1,6°C sem a influência de nenhum sistema de aquecimento (fonte de calor externa). Comportamento apresentado pela curva em vermelho

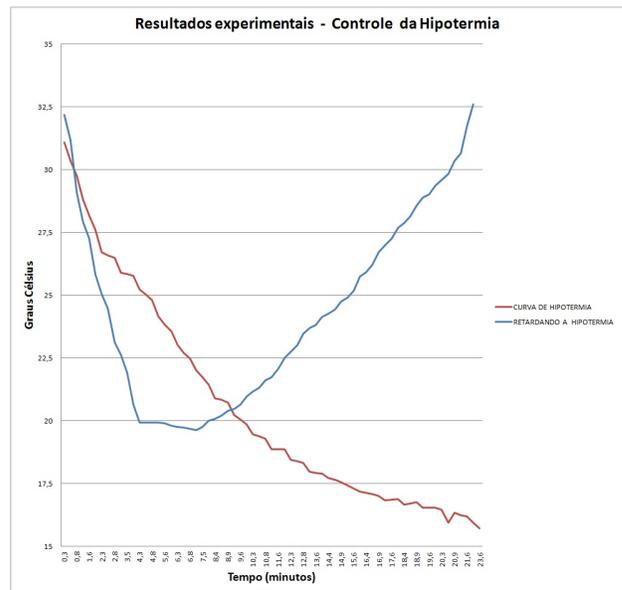


Figura 9. Resultados Experimentais

no gráfico da figura 9, onde claramente observamos que o fenômeno tem comportamento não linear. Ao observar os

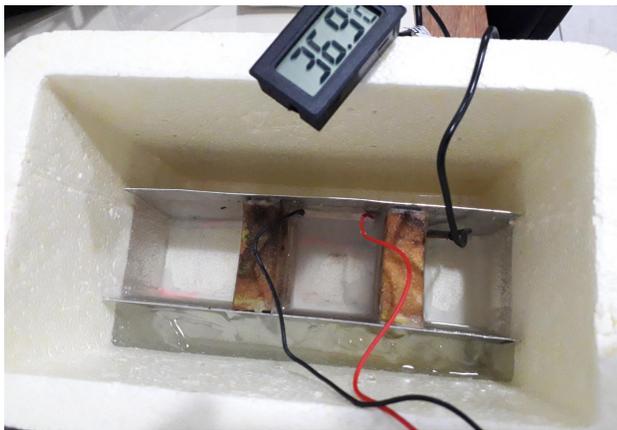


Figura 10. PROTÓTIPO: CÂMARA CORPO HUMANO

dados do experimento, verificamos que o organismo sofrerá alteração do nível de consciência e tremores, pela hipotermia, em aproximadamente 5 minutos. E com maior tempo de permanência na água, haverá grandes chances de arritmia e parada cardíaca, levando até a morte. Assim, nossa questão motivadora se apresenta: é possível aumentar esse tempo de sobrevivência, de modo que houvesse tempo suficiente para o resgate chegar e a pessoa não morrer de hipotermia?

#### B. EXPERIMENTO: Retardando a Hipotermia

Esse teste avaliou o tempo que a placa peltier depende para aquecer o corpo humano, retardando a hipotermia. O copo humano foi modelado como uma massa de água de 1 litro de solução de soro fisiológico (água destilada e cloreto de sódio a 0,9%). A placa *peltier* está ligada a fonte de 14,5 volts, corrente contínua, com uma corrente de 4 amperes, totalizando 58 Watts. Com um termômetro digital é feito o monitorando da temperatura conforme em intervalos de tempo regulares, conforme a placa aquece. Nos primeiros 5 minutos a

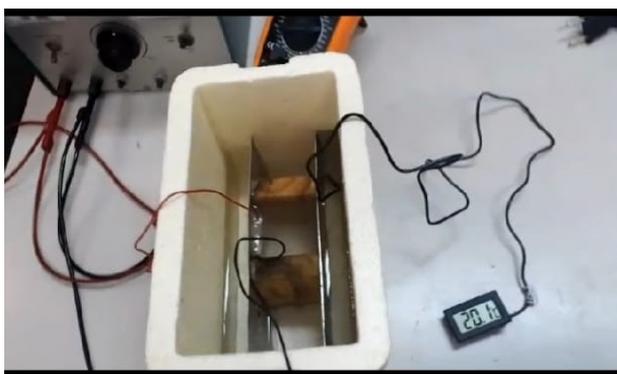


Figura 11. PROTÓTIPO: CÂMARA DE ÁGUA FRIA

temperatura caiu de 32°C para 20°C (hipotermia severa), como pode ser visto no gráfico da figura 9, permaneceu constante por 3 minutos e depois começou a subir. Passados 24 minutos a temperatura chegou a 32°C novamente. Com este experimento observamos que seriam necessárias diversas placas para o

aquecimento ser eficiente e que necessitaríamos de um sistema de controle.

#### C. EXPERIMENTO: Adicionando controle ON-OFF, melhorando desempenho

Esse sistema de controle (ver figura 12) é composto basicamente por *Arduíno*, sensor NTC, *LED*, relé de 1 canal e resistores.

**Primeiro passo:** programamos o *Arduíno* de forma que o *LED* acendesse e apagasse em um intervalo de 1 segundo, o código fonte pode ser visto na código fonte 1.

```

1 //Programa : Pisca Led Arduino
2 void setup(){
3     //Define a porta do led como saida
4     pinMode(8, OUTPUT);
5 }
6 void loop(){
7     //Acende o led
8     digitalWrite(8, HIGH);
9     //Aguarda o intervalo
10    especificado delay(1000);
11    //Apaga o led
12    digitalWrite(8, LOW);
13    //Aguarda o intervalo
14    especificado delay(1000);
15 }

```

Código 1. ACIONAMENTO *LED* INTERVALO 1 SEGUNDO.

**Segundo passo:** calibrarmos o sensor NTC de forma a identifica qual temperatura real para o valor de dado indicado pelo sensor, o código fonte pode ser visto no código fonte 2.

```

1 //Programa : CALIBRANDO O SENSOR
2 //Pino Analogico de Entrada definido em 0
3 const int PinoSensor = 0;
4 int ValorSensor = 0;
5 void setup() {
6     Serial.begin(9600);
7 }
8 void loop() {
9     ValorSensor = analogRead(PinoSensor);
10    Serial.print("Valor do Sensor = ");
11    Serial.println(ValorSensor);
12    delay(500);
13 }

```

Código 2. CALIBRANDO O SENSOR EM GRAUS CELSIUS

**Terceiro passo:** programamos o *Arduíno* de forma que conforme o sensor observasse a temperatura do corpo, este atuasse acionando (Ligar) ou desativando (desligar) a placa *peltier* e o *LED* através de um valor de *setpoint* já configurado, o código fonte pode ser visto na código fonte 3.

```

1 //Programa : ACIONAMENTO PLACA
2 const int LED = 8;
3 const int PinoSensor = 0;
4 int ValorSensor = 0;
5 void setup(){
6     pinMode(LED, OUTPUT);
7     Serial.begin(9600);
8 }
9 void loop(){
10    ValorSensor = analogRead(PinoSensor);
11    Serial.print("Valor do Sensor = ");
12    Serial.println(ValorSensor); delay(500);
13    if (ValorSensor > 520){
14        digitalWrite(LED, HIGH);
15        Serial.print("Acendendo LED com valor:");

```

```

16     Serial.println(ValorSensor);
17   }
18   else{
19     digitalWrite(LED, LOW);
20     Serial.println(ValorSensor);
21   }
22 }

```

Código 3. ACIONAMENTO PLACA PELTIER

#### D. Protótipo do sistema de Controle

O protótipo do sistema de controle, que pode ser visto na figura 12, apresenta um sensor NTC que está em contato com a água entre o colete e o naufrago monitorando a temperatura. Quando houver a queda de temperatura, o sensor enviará o

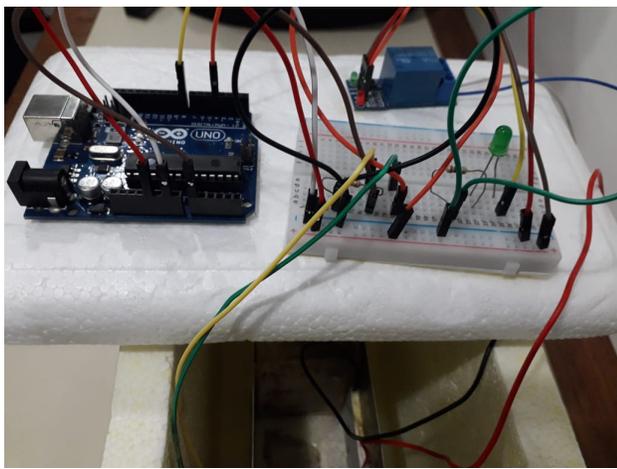


Figura 12. SISTEMA DE CONTROLE

sinal para o *Arduíno* que se comunicará com o módulo relé ligando assim a *peltier*. O calor é transferido primeiro para o gel térmico, e depois para o corpo, assim iniciando o aquecimento. Lembrando que o gel tem o papel de atuar como um capacitor térmico, um acumulador de calor e dissipador uniforme deste na área de contato do colete com o corpo humano. O lado da *peltier* frio não interfere no aquecimento, pois mesmo que ele esfrie a água ao redor do naufrago, essa massa de água que seria esfriada em relação ao corpo é uma parcela muito pequena comparada ao mar, ou seja, a temperatura ambiente sofreria pouca variação. Vale ressaltar que esse colete não tem por objetivo a permanência do naufrago muito tempo imerso na água gelada, ele não evita a hipotermia mas a retarda de forma que o resgate chegue a tempo de salvar o naufrago.

#### V. CONCLUSÃO

Este artigo apresenta nossa pesquisa com vistas a aplicação do *Arduíno* como tecnologia de controle de temperatura e conforto térmico, em especial em situações de naufrágio. Ressaltamos a importância da segurança da vida humana no mar e a importância do equipamento do colete como fator de proteção contra hipotermia. Demonstramos, através de experimentos em laboratório, que o projeto é a parcialmente viável. Partimos da premissa que esta tecnologia adotada no

colete térmico, além de eficiente tem baixo custo de confecção, agregará valor e segurança ao equipamento padrão utilizado na Marinha Mercante. Do ponto de vista de tecnologia, temos como diferencial o uso da placa *peltier*, que conferiu notável precisão ao controle de temperatura. Outro destaque é seu tamanho reduzido e possibilidade de trabalhar de forma a criar uma estrutura modular, com várias placas cobrindo a área de um colete padrão, as quais trabalhando independentes e permitirão manter ainda razoável flexibilidade mecânica. Entretanto, um ponto negativo avaliado foi a necessidade de uma bateria de 15 volts com 4 A (amperes) de corrente, com pequeno volume, o suficiente para não impactar a fluuabilidade do colete e fornecer energia suficiente a *peltier*. Bateria hoje ainda de difícil aquisição e alto custo. No entanto, há pesquisas em tecnologias de baterias compactas que podem contornar o problema em futuro próximo [20].

São consideradas as seguintes atividades e perspectivas futuras:

- Avaliar a viabilidade de ser confeccionar um colete térmico com tecnologia embarcada, a partir de um protótipo;
- Estudar o isolamento dos componentes eletrônicos, em função do contato direto com a água do mar em temperatura natural;
- Estudos de fontes de energia alternativas, novas tecnologias de bateria com grande capacidade e de tamanho pequeno;
- Com a solução da restrição acima, novos experimentos seriam conduzidos com vistas a prototipação da solução, com consequente obtenção de patente e produção em escala industrial;
- Continuidade do estudo de novas tecnologias que possam ser diferencial para a atividade da Marinha Mercante.

#### REFERÊNCIAS

- [1] C. Cecatto, "A importância do transporte marítimo no Brasil," *Revista EngWhere*, no. 23, 2009.
- [2] A. N. D. Oliveira, W. G. Pereira, and S. L. Medeiros, "Análise de acidentes no transporte e transferência do petróleo e derivados em operações ship to ship no Brasil," *Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - SERGIPE*, vol. 6, no. 2, p. 164, set. 2020. [Online]. Available: <https://periodicos.set.edu.br/cadernoeatas/article/view/9618>
- [3] M. G. F. D. SANTOS, "Análise de acidentes com embarcações em águas sob jurisdição brasileira – uma abordagem preventiva." <http://dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli1163.pdf>, 2013, acesso em 17 de julho de 2019.
- [4] D. A. P. D. FREITAS, "O que é, qual a atribuição e como funciona o tribunal marítimo." [https://www.conjur.com.br/2008-dez-08/funcao\\_tribunal\\_maritimo](https://www.conjur.com.br/2008-dez-08/funcao_tribunal_maritimo), 2008, acesso em 18 de julho de 2019.
- [5] IMO, "International maritime organization (imo)," <https://www.imo.org/>, 2021, acesso em 26 de julho de 2021.
- [6] D. GOMES, "Acidente marítimo." <https://juridicocerto.com/p/danielgomes/artigos/acidente-maritimo-176>, 2013, acesso em 12 de julho de 2019.
- [7] F. PRESSE, "Tempo ruim atrapalha busca por vítimas de naufrágio de balsa." <https://www1.folha.uol.com.br/folha/mundo/naufragios.html>, 2003, acesso em 11 de julho de 2019.
- [8] IG SÃO PAULO, "Veja os principais naufrágios dos últimos cem anos." <https://ultimosegundo.ig.com.br/mundo/veja-os-principais-naufragios-dos-ultimos-cem-anos/n1597579379977.html>, 2012, acesso em 11 de julho de 2019.

- [9] DA REDAÇÃO, “Infográfico: o naufrágio do títanic.” <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/infografico-naufragio-do-titanic/>, 2012, acesso em 13 de julho de 2019.
- [10] ESTUDOS ADUANEIROS, “Transporte marítimo: Entenda sobre a responsabilidade civil.” <https://estudosaduaneros.com.br/transporte-maritimo/>, 2017, acesso em 13 de julho de 2019.
- [11] DECATHLON, “Colete salva vidas canoa 20kg ativa.” <https://www.decathlon.com.br/colete-salva-vidas-canoa-20kg-ativa/p>, 2016, acesso em 25 de julho de 2019.
- [12] A. THOMSEN, “O que é arduino?” <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>, 2014, acesso em 18 de julho de 2019.
- [13] PORTAL DE REFRIGERAÇÃO, “Refrigeração eletrônica.” [http://www.refrigeracao.net/Topicos/refrigeracao\\_eletronica.htm](http://www.refrigeracao.net/Topicos/refrigeracao_eletronica.htm), 2014, acesso em 18 de julho de 2019.
- [14] CT GLAUCO CALHAU CHICARINO, “Permanência em Águas frias: uma questão de sobrevivência,” [https://http://www.confraciaaqueunamar.org/Aguas\\_Frias\\_Permanencia.pdf](https://http://www.confraciaaqueunamar.org/Aguas_Frias_Permanencia.pdf), 2005, acesso em 25 de julho de 2019.
- [15] T. FERNANDES, “Hipotermia: morrer de frio é possível e pode ser extremamente doloroso!” <https://segredosdomundo.r7.com/hipotermia-morrer-de-frio-e-possivel-e-pode-ser-extremamente-doloroso/>, 2017, acesso em 25 de julho de 2019.
- [16] MARINHA PORTUGUESA, “Sobrevivência no mar – hipotermia.” <http://salvador-nautico.blogspot.com/2010/10/sobrevivencia-nomar-hipotermia.html>, 2010, acesso em 22 de julho de 2019.
- [17] KOSTA, “Hipotermia por imersão,” <http://norteio.blogspot.com/2009/06/hipotermia-por-imersao.htm>, 2009, acesso em 10 de julho de 2019.
- [18] REDAÇÃO MINUTO SAUDAVEL, “O que é hipotermia, causas, sintomas, tratamento, tipos e mais,” <https://minutosaudavel.com.br/o-que-e-hipotermia-causas-sintomas-tratamento-tipos-e-mais/>, 2017, acesso em 22 de julho de 2019.
- [19] ATHOS ELECTRONICS, “Componentes eletrônicos - guia,” <https://athoselectronics.com/componentes-eletronicos-guia/>, 2018, acesso em 22 de julho de 2019.
- [20] D. B. GEDALYAHU, “Bp invests \$20m in israeli fast-battery co storedot,” <https://en.globes.co.il/en/article-bp-invests-20m-in-israeli-fast-battery-startup-storedot-1001237318>, 2018, acesso em 28 de julho de 2019.