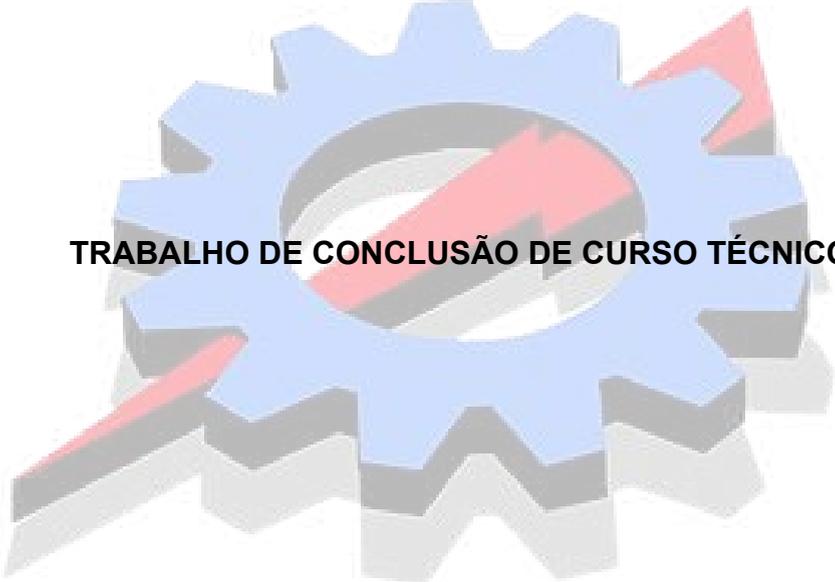


**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL FREDERICO GUILHERME SCHMIDT**

**TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA**



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO TÉCNICO**

**IARA - DISPOSITIVO DE PRODUÇÃO DE  
ÁGUA ATRAVÉS DA UMIDADE**

**GUSTAVO HENRIQUE GERHARDT  
MARIA EDUARDA DA SILVA SOUSA  
THIAGO RAFAEL D'OLIVEIRA GUIMARÃES**

**SÃO LEOPOLDO**

**2023**

GUSTAVO HENRIQUE GERHARDT  
MARIA EDUARDA DA SILVA SOUSA  
THIAGO RAFAEL D'OLIVEIRA GUIMARÃES

**IARA - DISPOSITIVO DE PRODUÇÃO DE  
ÁGUA ATRAVÉS DA UMIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso Técnico apresentado ao Curso de Eletrotécnica da Escola Técnica Estadual Frederico Guilherme Schmidt como requisito para aprovação nas disciplinas do curso sob orientação da professora Giovana Motta e coorientação do professor Thiago Schmidt.

SÃO LEOPOLDO  
2023

## RESUMO

A Organização das Nações Unidas (ONU) projeta que, nos próximos vinte anos, aproximadamente 5 bilhões de indivíduos enfrentarão uma situação de estresse hídrico global, caracterizada pela escassez de acesso a água e saneamento básico. Diante dessa preocupante perspectiva, alinhada aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pela própria ONU, dedicamo-nos à concepção de um dispositivo inovador capaz de produzir água por meio do aproveitamento do vapor de água existente na atmosfera. A ênfase recai, ainda, na utilização de materiais recicláveis na construção desse equipamento, evidenciando nosso compromisso com a sustentabilidade ambiental. O cerne da nossa investigação reside na viabilidade de produzir água a partir da umidade presente no ar atmosférico. Assim, o objetivo primordial do presente estudo consistiu no desenvolvimento de um dispositivo sustentável, acessível e de baixo custo, que viabilizasse a produção de água através da umidade presente na atmosfera. Em consonância com esse propósito, a pesquisa foi conduzida sob uma abordagem qualitativa, fundamentada em fontes bibliográficas pertinentes e complementada por experimentos práticos. O equipamento concebido, por sua vez, já demonstrou sua eficácia ao gerar as primeiras gotas de água. Nesse sentido, a implementação de um sistema controlado por um Arduino destaca-se como uma inovação inteligente, permitindo a regulação da temperatura da placa peltier com base em cálculos precisos do ponto de orvalho. Essa análise térmica se traduz em um indicador crucial para otimizar a coleta de água, assegurando sua máxima eficiência.

Palavras-chave: água; umidade; escassez; Peltier.

## **ABSTRACT**

The United Nations (UN) projects that in the next twenty years, approximately 5 billion individuals will face a situation of global water stress, characterized by a scarcity of access to water and basic sanitation. In view of this alarming prospect, aligned with the Sustainable Development Goals established by the UN itself, we have dedicated ourselves to the conception of an innovative device capable of producing water through the utilization of water vapor present in the atmosphere. Furthermore, we place emphasis on the use of recyclable materials in the construction of this equipment, showcasing our commitment to environmental sustainability. The core of our investigation lies in the feasibility of producing water from the humidity present in the atmospheric air. Hence, the primary objective of this study was the development of a sustainable, accessible, and low-cost device that would enable water production from the moisture present in the atmosphere. In line with this purpose, the research was conducted through a qualitative approach, founded on relevant bibliographic sources and complemented by practical experiments. The devised equipment has already demonstrated its efficacy by generating the first drops of water. In this regard, the implementation of a system controlled by an Arduino stands out as an intelligent innovation, allowing for the regulation of the Peltier plate's temperature based on precise calculations of the dew point. This thermal analysis translates into a critical indicator for optimizing water collection, ensuring its utmost efficiency.

Keywords: water; humidity; scarcity; Peltier.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Água potável
- Figura 2 - Ciclo da água
- Figura 3 - Ponto de orvalho
- Figura 4 - Acesso a água limpa
- Figura 5 - Distribuição de água
- Figura 6 - Efeito Peltier
- Figura 7 - Peltier
- Figura 8 - Arduino UNO
- Figura 9 - Fonte chaveada
- Figura 10 - Fonte de alimentação 9V
- Figura 11 - Cooler
- Figura 12 - Dissipador
- Figura 13 - Pasta térmica
- Figura 14- Protoboard
- Figura 15 - Jumper
- Figura 16 - Sensor DHT22
- Figura 17 - Termistor NTC 10K
- Figura 18 - Tela LCD 16x2
- Figura 19 - Módulo serial I2C
- Figura 20 - Relé 5V
- Figura 21 - Resistor
- Figura 22: Sistema para gelar água
- Figura 23: Peltier no sistema
- Figura 24 - Peltier com dissipador
- Figura 25 - Caixa vista superior
- Figura 26 - Caixa interna
- Figura 27 - Fiação
- Figura 28 - Caixa de madeira
- Figura 29 - Caixa de madeira II
- Figura 30 - Caixa de madeira III

Figura 31 - Alimentação

Figura 32 - Peltier congelada

Figura 33 - Circuito

Figura 34 - Tela

Figura 35 - Implementação do circuito

Figura 36 - Esquema elétrico

Figura 37 - Fluxograma

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Estado da arte

Tabela 2 - Cronograma do ano de 2022

Tabela 3 - Cronograma do ano de 2023

Tabela 4 - Custo de produção

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

USGS - United States Geological Survey (Serviço Geológico dos Estados Unidos),

ONU - Organização das Nações Unidas

CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

UNISC - Universidade de Santa Cruz do Sul

UV - Ultravioleta

Art - Artigo

ETA - Estação de Tratamento de Água

LCD - Liquid Crystal Display (Tela de cristal líquido)

NTC - Negative Temperature Coefficient (Coeficiente de temperatura negativa)

LED - Light-Emitting Diode (Diodo emissor de luz)

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

ANA - Agência Nacional de Águas

ETA - Estação de Tratamento de Água

OMS - Organização Mundial da Saúde

WWF - World Wildlife Fund (Fundo mundial da natureza)

TCCT - Trabalho de Conclusão de Curso Técnico

UNICEF - United Nations Children's Fund

NR - Norma Regulamentadora

## LISTA DE SÍMBOLOS

°C - Graus Celsius

V - Volts

mm - Milímetro

kWh - Quilowatt/hora

A - Amperes

g/m<sup>3</sup> - Grama por metro cúbico

W - Watt

L - Litros

ml - mililitros

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO</b>	<b>12</b>
1.2 PROBLEMA	12
1.3 OBJETIVOS	12
<b>1.3.1 Objetivo Geral</b>	<b>12</b>
<b>1.3.2 Objetivos Específicos</b>	<b>13</b>
1.4 JUSTIFICATIVA	13
<b>2 ESTADO DA ARTE</b>	<b>15</b>
2.1 Água potável com desumidificação de ar e energia solar, adaptação e estresse hídrico do RS	15
2.2 Estudo da viabilidade da extração de água da atmosfera utilizando dessecante líquido	16
2.3 Caracterização dos parâmetros termoelétricos de um módulo peltier	16
2.4 IARA: Dispositivo de produção de água através da umidade	17
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>18</b>
3.1 A Água no Planeta Terra	18
3.2 Ciclo da Água	19
<b>3.2.1 Condensação</b>	<b>20</b>
<b>3.2.2 Condensação na atmosfera</b>	<b>20</b>
3.3 Umidade do Ar	21
<b>3.3.1 Ponto de Orvalho</b>	<b>21</b>
<b>3.3.2 Cálculo do ponto de orvalho</b>	<b>22</b>
3.4 Quantidade de água potável na atmosfera	23
3.5 Análise de Água	24
<b>3.5.1 Riscos do consumo de água não potável</b>	<b>25</b>
<b>3.5.2 Tratamento da água para se tornar potável</b>	<b>26</b>
3.6 A escassez de água no mundo	27

<b>3.6.1 Escassez de água no Brasil</b>	<b>28</b>
3.7 Efeito Peltier	29
<b>3.7.1 Aplicações do efeito Peltier no mundo</b>	<b>30</b>
<b>3.7.2 Pastilha Peltier</b>	<b>31</b>
3.8 A importância da reciclagem de lixo eletrônico	32
3.9 Arduino	33
<b>3.9.1 Componentes de uma placa de Arduino</b>	<b>34</b>
<b>3.9.2 Funcionalidade e utilização</b>	<b>35</b>
3.10 Programação	35
3.11 Materiais utilizados	36
<b>3.11.1 Fonte chaveada</b>	<b>36</b>
3.11.1.1 Fonte de alimentação 9V	<b>36</b>
<b>3.11.2 Cooler</b>	<b>37</b>
<b>3.11.3 Dissipador</b>	<b>37</b>
<b>3.11.4 Pasta térmica</b>	<b>38</b>
<b>3.11.5 Protoboard</b>	<b>38</b>
<b>3.11.6 Jumper</b>	<b>39</b>
<b>3.11.7 Sensor DHT22</b>	<b>39</b>
<b>3.11.8 Termistor NTC 10K</b>	<b>40</b>
<b>3.11.9 Tela LCD 16x2</b>	<b>40</b>
3.11.9.1 Módulo serial I2C	<b>41</b>
<b>3.11.10 Relé 5V 5 pinos</b>	<b>41</b>
<b>3.11.11 Resistor</b>	<b>42</b>
<b>4 METODOLOGIA</b>	<b>43</b>
4.1 Metodologia de pesquisa	43
4.2 Construção do protótipo IARA	44
<b>4.2.1 Aprimoramentos no protótipo IARA</b>	<b>49</b>
<b>4.2.2 Protótipo autônomo e inteligente</b>	<b>51</b>

4.3 Funcionamento da IARA	55
<b>5 CRONOGRAMA</b>	<b>56</b>
<b>6 RECURSOS</b>	<b>58</b>
<b>7 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS</b>	<b>60</b>
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>62</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

O desenvolvimento desta pesquisa leva em consideração os princípios da sustentabilidade, buscando minimizar o consumo de energia e utilizar recursos renováveis sempre que possível.

Ao longo deste trabalho, serão abordados aspectos técnicos, científicos e práticos relacionados a um mecanismo de produção de água, incluindo sua composição, princípios de funcionamento, testes de desempenho e possíveis aplicações. Além disso, serão analisados os benefícios e desafios associados à implementação de tal tecnologia em diferentes contextos, bem como suas implicações socioambientais.

Espera-se que os resultados deste estudo contribuam para ampliar o conhecimento sobre a produção de água em condições desfavoráveis, estimulando o desenvolvimento de soluções inovadoras e acessíveis para enfrentar a crescente demanda global por água. Através desse aparato, espera-se promover a sustentabilidade hídrica, melhorar a qualidade de vida das comunidades afetadas pela escassez e colaborar para a preservação dos recursos hídricos do planeta.

### **1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO**

Desenvolver um dispositivo para produção de água, através da umidade encontrada na atmosfera de forma eficaz, a partir da utilização de materiais custo-benefício e recicláveis para a implementação do mesmo em locais de pouco acesso à água.

### **1.2 PROBLEMA**

É possível utilizar a umidade presente na atmosfera como fonte para a produção de água?

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Realizar a construção de um dispositivo de baixo custo capaz de produzir água a partir da umidade presente no ar.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Efetuar testes para a aprimoração da eficiência do dispositivo na produção de água a partir da umidade presente no ar;
- Realizar a montagem do dispositivo utilizando materiais acessíveis e de baixo custo, garantindo a viabilidade econômica do projeto;
- Implementar funcionalidades de automação e sensoriamento no dispositivo, permitindo que ele se adapte automaticamente a diferentes condições ambientais;
- Coletar dados quantitativos sobre a produção de água ao longo do tempo e analisar o impacto ambiental e energético do dispositivo, levando em consideração sua viabilidade para uso em cenários reais.

### 1.4 JUSTIFICATIVA

A escassez de água é um desafio crescente que afeta bilhões de pessoas em todo o mundo. De acordo com o Unicef (Fundo das Nações Unidas para a Infância), menos da metade da população mundial tem acesso à água potável e limpa para a utilização básica do dia a dia. E essa crise tende a se agravar com o crescimento populacional e as mudanças climáticas.

Diante dessa realidade, a busca por soluções inovadoras e sustentáveis para a produção de água, se tornou uma prioridade a nível global. Nesse contexto, o desenvolvimento de um dispositivo capaz de produzir água surge como uma resposta promissora para suprir as necessidades hídricas, especialmente em áreas afetadas pela escassez de água ou em situações de emergência.

A justificativa para este trabalho se dá na importância de explorar e aprimorar os conhecimentos sobre um dispositivo que possa produzir água de forma eficiente, acessível e sustentável. Esse aparato oferece a possibilidade de novas fontes capazes de produzir água para suas aplicações, garantindo assim o direito fundamental à água e contribuindo para a melhoria da qualidade de vida de comunidades vulneráveis.

Além disso, a produção de água por meio desse mecanismo pode reduzir a dependência de recursos hídricos escassos e frágeis, diminuindo a pressão sobre

ecossistemas naturais e minimizando os impactos ambientais associados à captação de água de fontes convencionais.

Este estudo também justifica-se pela necessidade de explorar as possíveis aplicações desse protótipo em diferentes contextos, como áreas rurais e comunidades isoladas. Compreender os desafios e as oportunidades dessa tecnologia permitirá a implementação de estratégias adequadas para seu funcionamento eficaz e de longo prazo.

Portanto, a justificativa do presente trabalho baseia-se na relevância social, econômica e ambiental de oferecer soluções inovadoras para a produção de água. Ao desenvolver e aprimorar um dispositivo capaz de produzir água, estaríamos contribuindo para a garantia do acesso à água.

Por fim, esse TCCT busca oferecer uma análise abrangente e embasada sobre o dispositivo de produção de água, visando contribuir para a compreensão dos desafios e benefícios associados a essa tecnologia.

## 2 ESTADO DA ARTE

Neste trecho do artigo, será apresentado algumas pesquisas que contribuíram para o embasamento do trabalho, destacando alguns projetos semelhantes sobre o assunto. Ao final, será abordado o que nos difere das referências pautadas.

Tabela 1: Estado da Arte

Pesquisa	Autoria	Ano de Publicação
Água potável com desumidificação de ar solar, adaptação e estresse hídrico do RS	Eliezer Henker, Fernanda Sartori, Bárbara Meier, Jonas Kearcher, Ênio Machado	2014
Estudo da viabilidade da extração de água da atmosfera utilizando dessecante líquido	Matheus Vinicius de Oliveira Herrero	2016
Caracterização dos parâmetros termoelétricos de um módulo peltier	Thiago Lukasiewicz, Jean Carlos Cardozo da Silva, João Paulo Bazzo	2016

Fonte: Autoria própria (2023)

### 2.1 Água potável com desumidificação de ar e energia solar, adaptação e estresse hídrico do RS

Esta pesquisa investigou o uso do sistema Peltier em configuração compacta com foto desinfecção para obtenção de água potável. O módulo foi formado por uma caixa de poliestireno expandido, pastilha Peltier, dissipadores de alumínio, ventilador, reservatório plástico e funil. A unidade de armazenamento de água foi composta por tubo de quartzo (60×700 mm) com passagem de raios UV (lâmpada germicida de 8 W) e bomba hidráulica responsável pela retirada de toda a água do sistema de armazenamento. A condensação induzida, com umidade relativa de

80%, e o consumo energético ficou em torno de 7,92 kWh para cada litro de água coletada.

UNISC, 2014

## **2.2 Estudo da viabilidade da extração de água da atmosfera utilizando dessecante líquido**

Este trabalho avaliou a viabilidade do processo produção de água potável através da extração da umidade contida no ar atmosférico na presença de uma solução de cloreto de lítio. Esse material é um sal higroscópico que pode ser utilizado como um dessecante líquido com a intenção de absorver água contida no ar atmosférico com sua respectiva umidade relativa. Posteriormente, a água líquida pode ser extraída da solução fraca de cloreto de lítio através de um processo de regeneração, no qual a solução passa por uma mudança de fase e o vapor de água é coletado para posterior condensação. Para o estudo de viabilidade desse processo, foi utilizada a ferramenta computacional Aspen Plus, que permite realizar a modelagem e análise de sistemas térmicos, químicos e dinâmicos a partir de uma interface primária com a utilização de diagramação gráfica por blocos e bibliotecas personalizáveis. Com o modelo desenvolvido, foi possível determinar valores de consumo de energia necessários para que o sistema pudesse operar oito horas por dia com o objetivo de produção diária de 10 litros de água.

UTFPR, 2016

## **2.3 Caracterização dos parâmetros termoelétricos de um módulo peltier**

Estabelecendo um sistema compacto com lâmpadas germicidas visando a desinfecção do ar úmido e da fração de água condensada. A proposição de sistema com potencial de obtenção de água potável a partir da umidade do ar foi investigada neste trabalho, envolvendo determinação das características climáticas da região do Vale do Rio Pardo, Rio Grande do Sul, e desenvolvimento de sistema desumidificador compacto com acoplamento de desinfecção via UV/O<sub>3</sub>, com O<sub>3</sub> gerado in situ.

UTFPR, 2010

## **2.4 IARA: Dispositivo de produção de água através da umidade**

Este trabalho pretende avaliar a viabilidade de produção de água através de um sistema condensador de água presente na umidade atmosférica. Com o objetivo de baixar o custo do equipamento e torná-lo viável economicamente, foi-se utilizado materiais recicláveis como pastilha Peltier, coolers, dissipadores e fonte de energia para a construção do protótipo, que, em sua fase inicial, já demonstrou um grande potencial, conseguindo produzir suas primeiras gotas.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 A Água no Planeta Terra

A água é uma substância fundamental para a existência da vida no planeta Terra. Segundo Machado et al. (2012), a quantidade de água disponível no planeta é de cerca de 1,4 bilhão de km<sup>3</sup>, sendo que aproximadamente 97% dessa água é salgada e encontrada nos oceanos e mares. Já a quantidade de água doce disponível é de apenas 2,5% do total de água do planeta, e grande parte dela está em reservatórios subterrâneos e geleiras (MACHADO et al., 2012).

De acordo com Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008), a água doce é essencial para a sobrevivência da população e para as atividades humanas, como a agricultura e a indústria. No entanto, a disponibilidade de água doce está diminuindo devido à poluição e à degradação dos recursos hídricos, além do aumento da demanda por água.

Portanto, é importante que haja uma gestão adequada dos recursos hídricos para garantir a disponibilidade de água doce para as gerações futuras (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Figura 1: Água potável disponível



Fonte: WWF

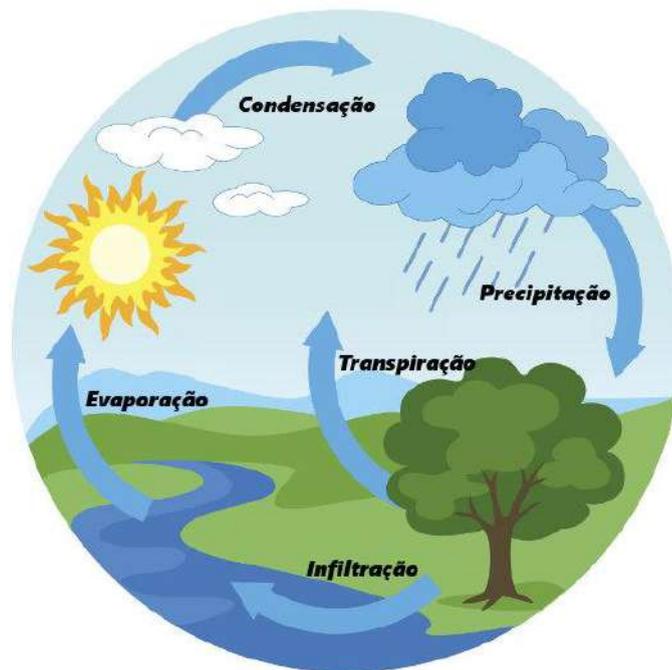
### 3.2 Ciclo da Água

O ciclo hidrológico, também conhecido como ciclo da água, é um processo natural que ocorre continuamente na Terra, envolvendo a evaporação da água dos oceanos e corpos d'água, a formação de nuvens, a precipitação, a infiltração no solo e a transpiração das plantas.

De acordo com Fetter (2019), a evaporação ocorre quando a energia do sol aquece a superfície da água, fazendo com que a água se transforme em vapor e suba para a atmosfera. O vapor de água então se condensa em nuvens quando a temperatura diminui, formando gotículas de água.

O ciclo hidrológico é um processo natural que mantém a água em movimento na Terra, fornecendo água doce para as plantas e animais e mantendo os ecossistemas saudáveis.

Figura 2: Ciclo da Água



Fonte: Brasil Escola

- Evaporação: é o fenômeno que ocorre quando as águas superficiais de rios, lagos e oceanos, por ação do sol, passam do estado líquido para o gasoso deslocando-se da superfície para a atmosfera.

- Condensação: com a acumulação de pequenas gotículas na atmosfera dá origem a condensação, gerando nuvens.
- Precipitação: a precipitação, por sua vez, dá-se quando a condensação se adensa e acompanhada por correntes de ar frias, provocando a queda de água.

### **3.2.1 Condensação**

A condensação é a mudança do estado gasoso para o líquido. Para o vapor sofrer a condensação é necessário que ocorra ou uma redução na sua temperatura ou um aumento na pressão a que está submetido, quando o vapor perde calor, sua vibração e energia interna diminuem, essa redução faz com que a substância perca as características próprias do estado gasoso e comece a mudar para o estado líquido. O processo de condensação também pode ocorrer pelo aumento da pressão exercida sobre o vapor, reduzindo o espaço entre as partículas, pois a força de coesão aumenta e a substância começa a condensar.

### **3.2.2 Condensação na atmosfera**

A quantidade de vapor de água na atmosfera é variável, sendo um fator decisivo no ciclo da água e na regulação da temperatura no planeta. Existem vários índices que indicam o grau de umidade na atmosfera. O mais conhecido é a umidade relativa do ar, esse índice representa o quanto falta para que a atmosfera fique saturada. Todavia, a atmosfera está saturada quando a umidade relativa é igual a 100%. O vapor de água presente na atmosfera pode sofrer sucessivas mudanças de estado, podendo se condensar ao atingir camadas mais elevadas e com temperaturas menores. As minúsculas gotas originadas dessa condensação, quando se aglutinam em torno de núcleos de condensação (partículas microscópicas de poeira, fumaça e sal em suspensão na atmosfera), formam as nuvens. Desta maneira, as nuvens são compostas basicamente de gotas na forma líquida (camadas mais baixas) ou pequenos cristais de gelo (camadas mais altas). Quando o vapor se condensa próximo ao solo, dá origem aos nevoeiros e quando se deposita sobre superfícies frias forma o orvalho.

### **3.3 Umidade do Ar**

Segundo Silva et al. (2021), a umidade relativa do ar é uma medida que indica a quantidade de vapor de água presente na atmosfera em relação à quantidade máxima que a atmosfera pode reter a uma determinada temperatura. A umidade relativa do ar é expressa em porcentagem e é uma medida importante para avaliar o conforto térmico das pessoas e a possibilidade de ocorrência de precipitações.

Entre os métodos utilizados para medir a umidade do ar estão o psicômetro (calcula a velocidade de evaporação da água) e o higrômetro (mede a quantidade de água presente nos gases). Esses dados podem ser obtidos através de porcentagens, por exemplo: a umidade relativa do ar é de 75%. Nesse caso, significa que restam 25% para o ar reter todo o vapor de água e transformá-la em líquido.

A umidade do ar também é importante para a saúde humana, uma vez que a baixa umidade pode causar ressecamento das mucosas respiratórias, aumentando a incidência de doenças respiratórias, especialmente em locais com climas secos (MIRANDA; MATTOS, 2014).

Além disso, a umidade do ar tem um papel importante em processos meteorológicos, como a formação de nuvens e a ocorrência de chuvas. A evaporação da água dos oceanos, rios e lagos é um dos principais fatores que influenciam a umidade do ar e a ocorrência de chuvas (MIRANDA; MATTOS, 2014).

Porém, a umidade do ar também pode ter efeitos negativos, como a formação de nevoeiros e neblinas, que reduzem a visibilidade nas estradas e aumentam o risco de acidentes (SILVA et al., 2021).

#### **3.3.1 Ponto de Orvalho**

O ponto de orvalho é a temperatura em que o ar precisa estar para que a umidade relativa do ar alcance 100% e ocorra a condensação do vapor de água em forma de orvalho ou geada sobre superfícies frias. É um parâmetro importante para prever a formação de neblina e orvalho, bem como para entender a umidade do ar e sua relação com a temperatura.

Segundo Souza et al. (2019), o ponto de orvalho é influenciado pela quantidade de vapor de água presente no ar e pela temperatura. Quanto maior a quantidade de

vapor de água, maior será a temperatura necessária para que ocorra a condensação e, conseqüentemente, maior será o ponto de orvalho.

A temperatura do ponto de orvalho é um indicador da quantidade de vapor de água presente no ar, e sua medição é importante em diversas áreas, como na agricultura e na construção civil. Na agricultura, o conhecimento do ponto de orvalho é importante para a previsão de doenças nas plantas e para o manejo de culturas, especialmente em áreas onde a ocorrência de geada pode afetar a produção (SOUZA et al., 2019).

Na construção civil, a medição do ponto de orvalho é importante para evitar a formação de condensação em paredes e tetos, que pode causar danos ao material e favorecer o aparecimento de mofo e bolor (PINA, 2018).

Figura 3: Ponto de orvalho

		Temperatura do ar (°C)									
		-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Umidade Relativa do Ar (%)	90	-6,5	-1,0	3,5	8,5	13,5	18,5	23,5	28,0	33,0	38,5
	85	-7,5	-2,0	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,0	32,0	37,5
	80	-8,0	-3,0	2,0	6,5	11,5	16,5	21,0	26,0	31,0	36,0
	75	-8,5	-3,5	1,0	5,5	10,5	15,5	20,0	25,0	30,0	35,0
	70	-9,5	-4,5	0,0	4,5	9,0	14,5	19,0	23,5	28,0	33,5
	65	-10,0	-5,5	-1,0	3,0	8,0	13,0	17,5	22,0	27,0	32,0
	60	-11,0	-6,5	-2,0	2,0	7,0	12,0	16,5	20,5	25,5	30,5
	55	-11,5	-7,5	-3,0	1,0	5,5	10,5	15,0	19,5	24,0	29,0
	50	-13,0	-8,5	-4,5	-0,5	4,0	9,0	13,5	18,0	22,5	27,0
	45	-14,5	-9,5	-6,0	-1,5	2,5	7,0	12,0	16,0	20,5	25,5
40	-16,0	-11,0	-7,5	-3,5	1,0	5,5	9,5	14,0	18,0	23,0	
35	-18,0	-12,0	-8,5	-5,0	-1,0	3,0	7,5	12,0	16,5	21,0	
30	-19,0	-14,5	-10,5	-7,0	-3,0	1,5	5,5	9,5	13,5	18,0	

Fonte: Agrosmart

### 3.3.2 Cálculo do ponto de orvalho

De acordo com a resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), o ponto de orvalho pode ser calculado utilizando a fórmula proposta por Goff-Gratch (CONAMA, 2005).

Essa fórmula usa a temperatura do ar e a umidade relativa como variáveis para determinar a temperatura do ponto de orvalho.

A fórmula para calcular o ponto de orvalho é expressa da seguinte maneira:

$$Td = (B \times (A \times T + \log(RH/100))) / (A - (A \times T + \log(RH/100)))$$

Onde:

*Td*: é a temperatura do ponto de orvalho em graus Celsius;

*T*: é a temperatura do ar em graus Celsius;

*RH*: é a umidade relativa do ar em porcentagem;

*A* e *B*: são constantes específicas da fórmula.

Segundo Souza (2020), a constante A é igual a 17,27 e a constante B é igual a 237,7. Esses valores foram obtidos através de estudos e experimentos realizados para determinar a relação entre a temperatura e a umidade relativa na formação do ponto de orvalho.

É importante ressaltar que o cálculo do ponto de orvalho é uma estimativa baseada em modelo matemáticos, podendo haver variações de acordo com as condições atmosféricas e as características do ambiente. Por tanto, é fundamental utilizar valores confiáveis de temperatura e umidade relativa para obter resultados mais precisos.

### **3.4 Quantidade de água potável na atmosfera**

A atmosfera é uma importante fonte de água potável, embora a quantidade seja relativamente pequena em comparação com as reservas de água doce na Terra. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a quantidade de água potável na atmosfera é estimada em cerca de 12.900 km<sup>3</sup>, o que representa apenas 0,001% de toda a água do planeta. Essa água seria capaz de encher 5160 piscinas olímpicas (OMS, 2019).

Essa água está presente principalmente em forma de vapor de água, que é produzido por processos naturais, como a evaporação de oceanos, rios, lagos e

solo. Além disso, a água também pode ser transportada pela atmosfera por meio de correntes de ar e ventos.

Embora a quantidade de água potável na atmosfera seja relativamente pequena, ela pode ser uma fonte importante de água em algumas regiões, especialmente em áreas com poucas fontes de água doce. De acordo com Umpleby et al. (2018), a água da atmosfera pode ser coletada por meio de técnicas de condensação, que consistem em resfriar o ar para que o vapor de água condense em água líquida, que pode ser coletada em recipientes.

Essa técnica pode ser usada em áreas com pouca precipitação ou onde a água doce é escassa, como em regiões desérticas e semiáridas. No entanto, é importante ressaltar que a coleta de água da atmosfera por meio de técnicas de condensação requer investimentos em equipamentos e infraestrutura e pode ter limitações em termos de quantidade de água coletada e custo (UMPLEBY et al., 2018).

### **3.5 Análise de Água**

A análise da qualidade da água é um processo crucial para determinar se ela é potável para o consumo humano. Existem diferentes processos de análise de água que são utilizados para avaliar a qualidade da água, e estes processos geralmente incluem a análise de parâmetros físicos, químicos e biológicos da água.

De acordo com a Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a análise da qualidade da água deve incluir a avaliação de parâmetros como pH, turbidez, cor, temperatura, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio e fósforo (CONAMA, 2005).

Além disso, a análise de coliformes fecais também é importante para determinar se a água é segura para o consumo humano. Segundo a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, a presença de coliformes fecais na água indica contaminação por bactérias que podem causar doenças gastrointestinais (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

Existem diferentes métodos de análise de água que podem ser utilizados para avaliar a qualidade da água, incluindo métodos químicos, físicos e biológicos. A análise química pode ser realizada por meio de testes de cor, pH, turbidez, dureza, cloretos, sulfatos, nitratos, entre outros. Já a análise biológica pode ser realizada por

meio da contagem de coliformes fecais ou da análise de indicadores microbiológicos, como *Escherichia coli* e *Enterococcus*.

A análise física da água pode ser realizada por meio de medições de temperatura, condutividade, sólidos totais e dissolvidos, entre outros. Estes parâmetros podem ser avaliados por meio de equipamentos específicos, como medidores de pH, medidores de turbidez, condutivímetros, espectrofotômetros, entre outros.

### **3.5.1 Riscos do consumo de água não potável**

A qualidade da água é um fator crucial para a saúde humana. A água contaminada apresenta riscos significativos à saúde devido à presença de agentes patogênicos, como bactérias, protozoários e vírus, bem como substâncias tóxicas, como metais pesados e produtos químicos nocivos (UN-Water, 2020). É importante destacar que a contaminação da água pode ocorrer em várias fontes, incluindo águas superficiais, águas subterrâneas e sistemas de abastecimento público.

A contaminação microbiológica é uma das principais preocupações relacionadas à água não potável. Bactérias como *Escherichia coli* e *Salmonella* podem causar doenças gastrointestinais graves, como diarreia, cólera, disenteria, febre tifoide e hepatite A. Os vírus também são uma preocupação, com destaque para o vírus da hepatite E, rotavírus e norovírus, que são responsáveis por epidemias transmitidas pela água em várias partes do mundo. Além disso, protozoários como *Giardia* e *Cryptosporidium* podem causar infecções intestinais debilitantes. Esses microrganismos patogênicos são frequentemente introduzidos na água através de esgoto inadequadamente tratado, escoamento de resíduos agrícolas e animais, e poluição ambiental (WHO, 2017).

Além da contaminação microbiológica, a água não potável pode conter uma variedade de contaminantes químicos. Os pesticidas agrícolas, herbicidas, fertilizantes químicos e produtos químicos industriais podem se infiltrar nas fontes de água e representar riscos à saúde humana. Os metais pesados, como chumbo, mercúrio, arsênio e cádmio, também são preocupantes devido aos seus efeitos tóxicos cumulativos. A exposição a longo prazo a essas substâncias químicas pode levar a danos no fígado, rins, sistema nervoso e aumentar o risco de

desenvolvimento de doenças crônicas, como câncer e distúrbios do desenvolvimento (WHO, 2017).

A falta de acesso à água potável e saneamento adequado é um desafio significativo em todo o mundo. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), mais de 2 bilhões de pessoas em todo o mundo consomem água contaminada, resultando em um grande número de doenças e mortes. Estima-se que aproximadamente 485.000 mortes ocorram anualmente devido a doenças diarreicas causadas pela ingestão de água não potável (WHO, 2019).

Figura 4: Acesso a água limpa



Fonte: Almanaque Abril

### 3.5.2 Tratamento da água para se tornar potável

Segundo Silva et al. (2019), o tratamento da água é realizado para atender diversos aspectos, sendo eles: higiênicos, estéticos e econômicos. O aspecto higiênico refere-se à remoção de bactérias, protozoários, vírus e outros microorganismos, de substâncias nocivas, redução do excesso de impurezas e dos teores elevados de compostos orgânicos. Já o aspecto estético diz respeito à correção da cor, sabor e odor da água tratada. Por fim, o aspecto econômico é relacionado à redução de corrosividade, cor, turbidez, ferro e manganês.

Para determinar a necessidade de tratamento e os processos exigidos, é necessário basear-se em inspeções sanitárias e nos resultados de análises físico-químicas e bacteriológicas representativas do manancial a ser utilizado como fonte de abastecimento (SOUZA, 2020).

De acordo com Souza (2020), a qualidade da água a ser tratada é um fator crucial que influencia o tipo de tratamento que deve ser adotado. Dependendo da qualidade da água, algumas etapas do tratamento podem não ser necessárias para a devida potabilização da água a ser distribuída.

A Caesb, por exemplo, dependendo das características da água a ser tratada, adota diversos tipos de tratamento que vão desde um tratamento completo (ETA convencional) até tratamento mais simplificado, com cloração e fluoretação apenas (CAESB, 2021).

### **3.6 A escassez de água no mundo**

Segundo dados da Organização das Nações Unidas, cerca de 1,2 bilhões de pessoas no mundo não têm acesso a água potável nos dias atuais. Nos países subdesenvolvidos, 80% das doenças e mortes estão relacionadas a este problema. Atualmente, 26 países enfrentam escassez crônica de água e a previsão é de que esse número só aumente, podendo afetar até 52 países e 3,5 bilhões de pessoas até 2025. (ONU, 2020).

As causas mais comuns para a atual crise hídrica no mundo são: desperdício de água; diminuição do nível de chuvas; aumento de consumo de água devido ao crescimento populacional, industrial e da agricultura. Além disso, nosso planeta é composto, em sua maioria, por água do mar. Apesar do grande volume e da possibilidade de dessalinização da água – um modelo que inclusive já é implementado no Brasil desde 2004. No entanto, apesar do grande potencial dessa prática, o problema da crise hídrica é muito complexo e exige uma série de medidas para ser contornado.

A ONU reconhece o acesso à água e ao saneamento básico como um direito universal. A meta é que os países membros trabalhem para que todas as pessoas tenham acesso a esse direito até 2030.

De acordo com as estimativas, 31 países passam por estresse hídrico entre 25% e 70%. Outros 22 países estão em situação grave de estresse hídrico, ou seja, acima dos 70%. Isso significa que essas nações fazem uso intenso do recurso, com grandes impactos na sustentabilidade. E como o ciclo hidrológico da Terra está diretamente associado às mudanças de temperatura da atmosfera e ao balanço da

radiação. É ele que fica responsável por distribuir continuamente a água dos oceanos para a atmosfera e para os rios e lagos. Quando esse ciclo se altera, há aumento nos níveis de vapor de água na atmosfera, o que torna a disponibilidade desse recurso menos previsível.

Isso ocorre porque a evaporação aumenta, o que causa alterações na umidade do solo, no escoamento, no regime de chuvas e, por consequência, na disponibilidade de água para o consumo humano. Com isso, alguns locais podem enfrentar chuvas torrenciais, ao passo que outras regiões podem passar por estiagens e secas severas.

### **3.6.1 Escassez de água no Brasil**

O Brasil tem a maior reserva de água superficial do mundo, vastos reservatórios de água subterrânea, como o Aquífero Guarani, e duas das maiores áreas úmidas: a Bacia Amazônica e o Pantanal Mato-Grossense. No entanto, essa abundância de água não garante a segurança hídrica do país.

O Brasil, por exemplo, detém 12% da água doce mundial, mas enfrenta desafios no que se refere à disponibilidade do recurso, pois a discrepância geográfica e populacional da água no país é um dos grandes problemas: a Região Hidrográfica Amazônica comporta 74% da disponibilidade de água e é habitada por apenas 5% dos brasileiros.

A crise hídrica no Brasil é assunto constante nas comissões de Desenvolvimento Sustentável e Desenvolvimento Urbano e de Meio Ambiente, além dos comitês especiais, externos e de frentes parlamentares. Vários projetos de lei estão em análise e buscam formas de economizar água.

A reutilização da água de menor qualidade para rega de jardins e descargas está entre as propostas analisadas, assim como o reaproveitamento da água desprezada por aparelhos de ar-condicionado.

Outra solução para a escassez de água, principalmente quando a previsão de chuvas está abaixo da média, é a construção de infraestrutura hídrica. Isso significa mais barragens e reservatórios, depósitos com maior capacidade de acumular água e obras de interligação dos tanques com os centros de consumo de água. Em alguns casos, as ações podem envolver obras de interligação de bacias e de

sistemas de transporte de água. Também existem projetos governamentais para o tratamento do esgoto sanitário para criar água de reúso, que pode ser empregada principalmente na agricultura e na indústria, que são os setores que mais consomem esse recurso natural.

Figura 5: Distribuição de água



Fonte: ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico)

### 3.7 Efeito Peltier

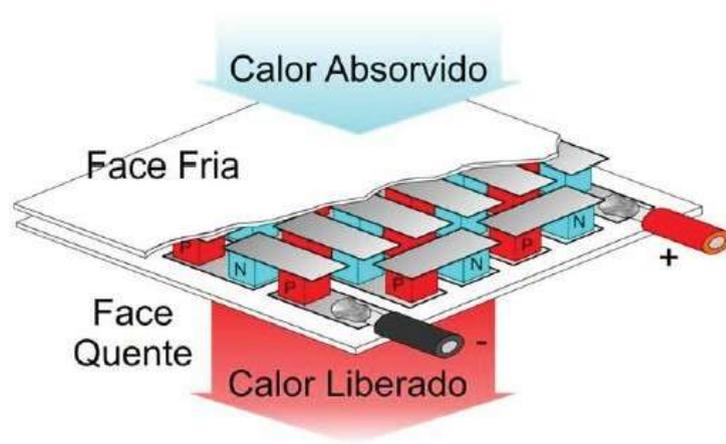
O efeito Peltier é um fenômeno termoelétrico em que a passagem de uma corrente elétrica através de um material causa uma transferência de calor na interface entre dois materiais diferentes. Essa transferência de calor ocorre devido ao efeito da diferença de temperatura na geração de uma diferença de potencial elétrico entre os dois materiais. Esse efeito pode ser utilizado para criar dispositivos de refrigeração e aquecimento, como a placa Peltier.

O efeito Peltier foi descoberto em 1834 pelo físico francês Jean Charles Athanase Peltier. Ele descobriu que a passagem de uma corrente elétrica através de uma junção de metais diferentes causava uma transferência de calor na junção. Peltier

realizou experimentos utilizando um par termoelétrico composto de um fio de cobre e um fio de bismuto e observou que, quando uma corrente elétrica era aplicada ao par, a temperatura na junção aumentava ou diminuía, dependendo da direção da corrente.

De acordo com Tien and Chen (2021), "o efeito Peltier é um fenômeno termoelétrico reversível em que a passagem de uma corrente elétrica através de um material causa uma transferência de calor na interface entre dois materiais diferentes, devido ao efeito da diferença de temperatura na geração de uma diferença de potencial elétrico entre os dois materiais". O efeito Peltier é importante em muitas aplicações tecnológicas, incluindo dispositivos de refrigeração, aquecimento e geração de energia.

Figura 6: Efeito Peltier



Fonte: EasyTrom Labs

### 3.7.1 Aplicações do efeito Peltier no mundo

O efeito Peltier é amplamente utilizado em diversas áreas, como na indústria de refrigeração e aquecimento, na eletrônica, na medicina, entre outras. Na indústria de refrigeração, por exemplo, é comum encontrar dispositivos baseados no efeito Peltier, chamados de módulos de refrigeração termoelétricos (TEC), que são usados

em câmaras frigoríficas, sistemas de ar-condicionado portáteis, refrigeradores de água, entre outros. Esses dispositivos utilizam o efeito Peltier para retirar o calor de um ambiente e transferi-lo para outro.

Na eletrônica, o efeito Peltier é utilizado para controle de temperatura em componentes eletrônicos, como processadores de computador e dispositivos de armazenamento de dados. Também é utilizado na fabricação de células termoelétricas, que convertem a diferença de temperatura em energia elétrica, e em sensores de temperatura.

Na medicina, o efeito Peltier é utilizado em terapias de resfriamento e aquecimento localizado, como em casos de lesões musculares, dores de cabeça e até mesmo em tratamentos estéticos.

### **3.7.2 Pastilha Peltier**

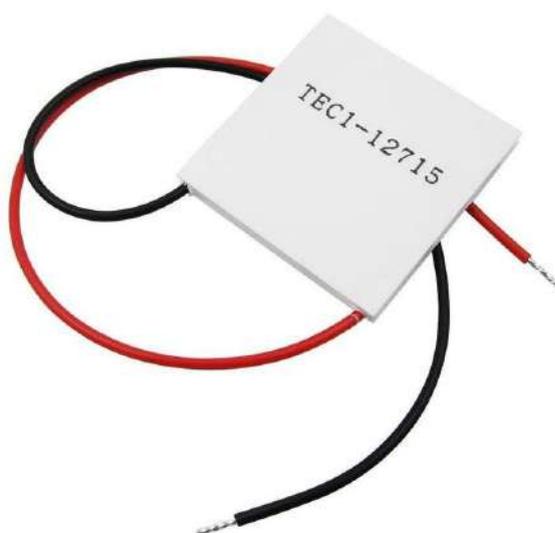
As pastilhas Peltier são dispositivos termoelétricos capazes de transformar uma diferença de temperatura em corrente elétrica e vice-versa. Essas pastilhas são compostas por materiais semicondutores, normalmente Telureto de Bismuto ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ), que apresentam uma estrutura em camadas. Quando uma corrente elétrica é aplicada a essas camadas, ocorre um fluxo de calor, que pode ser utilizado tanto para resfriamento quanto para aquecimento de sistemas.

Pastilhas termoelétricas operam utilizando o efeito Peltier, a teoria de que há um efeito aquecedor ou resfriador quando uma corrente elétrica passa por dois condutores, a tensão aplicada aos pólos de dois materiais distintos cria uma diferença de temperatura, uma placa Peltier 12V pode atingir temperaturas entre  $-30^\circ\text{C}$  a  $70^\circ\text{C}$ . Durante seu funcionamento, a pastilha Peltier irá esquentar rapidamente em um dos seus lados, enquanto o outro esfriará, para que haja o equilíbrio e não corrompa a pastilha, usa-se um dissipador de calor do lado quente para repelir esse calor. (HOLOS 2, 25-31, 2010)

Um dos principais benefícios do uso dessas pastilhas é a sua alta eficiência energética, uma vez que não há necessidade de utilizar fluidos refrigerantes ou aquecedores que podem ser prejudiciais ao meio ambiente. Além disso, as pastilhas Peltier possuem um tamanho reduzido e são bastante versáteis, podendo ser adaptadas a diferentes tipos de sistemas.

Devido ao seu potencial de uso em diversas áreas, as pastilhas Peltier têm sido objeto de estudos e pesquisas que buscam melhorar a sua eficiência e aplicabilidade. É importante destacar que, assim como em qualquer outro produto tecnológico, a produção e descarte dessas pastilhas também podem gerar impactos ambientais. Por isso, é fundamental que haja uma gestão adequada desses resíduos, por meio da reciclagem e descarte correto.

Figura 7: Peltier



Fonte: Mercado Livre

### **3.8 A importância da reciclagem de lixo eletrônico**

A reciclagem do lixo é uma prática fundamental para a preservação do meio ambiente e a manutenção da qualidade de vida das pessoas. Ela é importante porque permite que materiais que seriam descartados e iriam poluir o meio ambiente sejam transformados em novos produtos, reduzindo a quantidade de lixo produzido e contribuindo para a preservação de recursos naturais.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2015), a reciclagem é uma das estratégias mais eficientes para reduzir o impacto do lixo na natureza. Isso porque ela ajuda a diminuir a quantidade de resíduos que são enviados para os aterros sanitários, evitando a ocupação de grandes áreas de terra e reduzindo a contaminação do solo e da água.

Além disso, a reciclagem também é importante para a economia, uma vez que gera empregos e renda para muitas pessoas. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2019), a reciclagem movimenta cerca de 12 bilhões de reais por ano no Brasil e emprega mais de 500 mil pessoas.

“A Lei 12.305/2010, torna a reciclagem uma obrigatoriedade através do Setorial para a Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos e seus Componentes, fazendo parte da Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Dentro de tal lei se prevê metas de reciclagem de resíduos a serem cumpridas por fabricantes brasileiras, distribuidores nacionais e internacionais e importadores de produtos eletroeletrônicos.” (BRASIL, 2010, Art. 32)

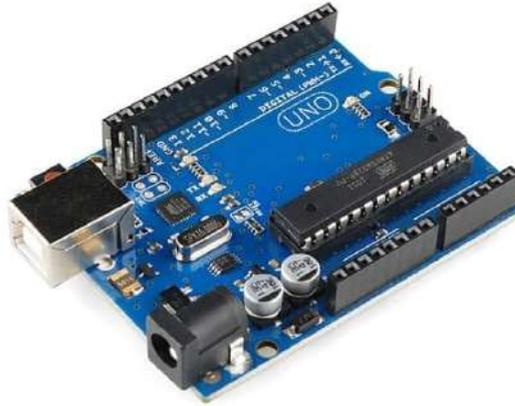
A conscientização da população é fundamental para o sucesso da reciclagem. É importante que as pessoas separem o lixo em materiais recicláveis e não-recicláveis, seguindo as orientações dos órgãos responsáveis pela coleta e reciclagem. Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2018), a reciclagem só é viável se houver um compromisso de todos os envolvidos na gestão do lixo, incluindo os cidadãos, as empresas, as prefeituras e as cooperativas de reciclagem.

### **3.9 Arduino**

Arduino é uma placa para prototipagem eletrônica que permite, por exemplo, o desenvolvimento de projetos de automação residencial, como apagar as luzes automaticamente, regular a temperatura do ar-condicionado, entre outros. O Arduino também é uma ferramenta open source, ou seja, tem o código aberto, que permite o acesso por qualquer pessoa, criando uma vasta comunidade de desenvolvedores.

Na prática, o Arduino é formado por uma placa eletrônica expansível que pode ser utilizada para desenvolvimento de protótipos, podendo ser possível adicionar inteligência a praticamente qualquer coisa. Ele também conta com uma IDE (Integrated Development Environment) para o desenvolvimento da programação que será inserida na placa para a realização das atividades.

Figura 8: Arduino UNO



Fonte: Makerhero

### 3.9.1 Componentes de uma placa de Arduino

A principal e mais popular placa produzida é o Arduino UNO R3, os principais componentes desta placa são:

- Microcontrolador: O Arduino UNO é equipado com um microcontrolador ATMEGA328P. Esse é o cérebro do Arduino e executa a programação.
- Oscilador: O oscilador é responsável por fornecer um sinal de clock para o microcontrolador, determinando a velocidade de processamento.
- Pinos de I/O digitais: O Arduino UNO possui 14 pinos digitais, numerados de 0 a 13, que podem ser usados como entradas ou saídas digitais.
- Pinos de I/O analógicas: O Arduino UNO possui 6 pinos de entrada analógica, nomeados de A0 a A5.
- Porta de comunicação: O Arduino UNO também possui uma porta USB utilizada para comunicação e envio de dados.
- Regulador de tensão: Um regulador integrado responsável por fornecer uma tensão estável de 5V para alimentar o microcontrolador e outros componentes conectados.
- Conector de alimentação: A placa Arduino UNO possui uma entrada de alimentação P4 para uma fonte de alimentação com uma faixa de tensão entre 7V e 12V.

- LED indicador: Um LED indicador de energia que mostra se o Arduino UNO está ligado.
- Botão de reset: Um botão com a funcionalidade de reiniciar o programa que está em execução no microcontrolador.

### **3.9.2 Funcionalidade e utilização**

O Arduino funciona utilizando componentes eletrônicos externos conectados à placa através de seus pinos I/O (pinos de entrada e saída). Sua programação é escrita na linguagem C/C++ simplificada e enviada para o microcontrolador através de um cabo USB. O microcontrolador executa as instruções da programação e interage com os componentes conectados.

O Arduino foi projetado para ser fácil de usar, mesmo para pessoas que não tem muito conhecimento sobre programação ou eletrônica. Tal abordagem amigável permitiu com que pessoas sem qualquer formação especializada pudessem explorar o mundo da eletrônica e da programação.

### **3.10 Programação**

A programação envolve o processo de escrever instruções ou algoritmos que um computador pode seguir para executar uma tarefa específica. Isso permite automatizar tarefas, resolver problemas complexos e criar software capaz de realizar uma ampla variedade de atividades. Para programar um sistema, são utilizadas as linguagens de programação, que consistem em conjuntos de regras e símbolos. Elas proporcionam uma forma estruturada de comunicação com o computador, permitindo expressar instruções compreensíveis e executáveis por ele, há uma variedade de linguagens de programação disponíveis, cada uma com sua própria finalidade. Alguns exemplos populares incluem C, C++, Java, Python e JavaScript. Cada linguagem possui características, vantagens e usos específicos.

### 3.11 Materiais utilizados

#### 3.11.1 Fonte chaveada

As fontes chaveadas são fontes que controlam a tensão em uma carga abrindo e fechando um circuito comutador de modo a manter pelo tempo de abertura e fechamento deste circuito a tensão desejada. Estas fontes são leves, fornecem correntes específicas.

Figura 9: Fonte chaveada



Fonte: Mercado Livre

##### 3.11.1.1 Fonte de alimentação 9V

Uma fonte de alimentação de 9 volts é um dispositivo que fornece energia elétrica com uma tensão constante de 9 volts.

Figura 10: Fonte de alimentação 9V



Fonte: Magazine Luiza

### 3.11.2 Cooler

O cooler protege as peças e componentes de um superaquecimento. Auxiliando no resfriamento do dissipador além de mandar o ar externo para dentro da caixa.

Figura 11: Cooler



Fonte: Amazon

### 3.11.3 Dissipador

O Dissipador de Calor tem por objetivo garantir a integridade de equipamentos que podem se danificar caso a expressiva quantidade de energia térmica gerada durante seus funcionamentos não seja deles removida e dissipada em tempo hábil.

Figura 12: Dissipador



Fonte: Mercado Livre

### 3.11.4 Pasta térmica

A pasta térmica tem poder termocondutor, ou seja, consegue absorver e transferir o calor da peça pro dissipador, que passa a alta temperatura pro cooler ou ventoinha, expulsando o ar quente para fora

Figura 13: Pasta térmica



Fonte: Amazon

### 3.11.5 Protoboard

Também conhecida como breadboard, a protoboard é uma placa de circuito eletrônica reutilizável usada para criar protótipos de circuitos eletrônicos. Possui uma matriz de furos nos quais os componentes eletrônicos podem ser inseridos e conectados sem a necessidade de solda.

Figura 14: Protoboard



Fonte: Eletrogate

### 3.11.6 Jumper

É um pequeno fio condutor usado para estabelecer conexões elétricas entre os furos de uma protoboard, arduino, entre outros.

Figura 15: Jumper

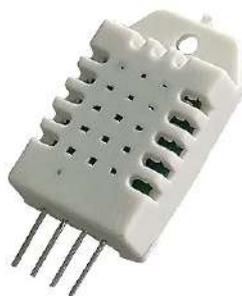


Fonte: Aliexpress

### 3.11.7 Sensor DHT22

É um dispositivo eletrônico usado para medir temperatura e umidade relativa do ar, possui um chip interno que combina um sensor de temperatura e um sensor de umidade. Ele é capaz de fornecer leituras precisas e confiáveis dessas duas variáveis.

Figura 16: Sensor DHT22



Fonte: Eletrogate

### 3.11.8 Termistor NTC 10K

É um resistor dependente de temperatura com um coeficiente negativo de temperatura (NTC - Negative Temperature Coefficient). Isso significa que sua resistência diminui conforme sua temperatura aumenta.

A especificação “10K” se refere à resistência nominal do termistor a uma determinada temperatura, normalmente 25 graus Celsius

Figura 17: Termistor NTC 10K



Fonte: Mercado Livre

### 3.11.9 Tela LCD 16x2

Uma tela de cristal líquido é um modelo de display alfanumérico capaz de exibir informações em formato de texto. O “16x2” se refere à sua configuração de linhas e colunas, ou seja, 16 colunas e 2 linhas, totalizando 32 caracteres que podem ser visualizados ao mesmo tempo.

Figura 18: Tela LCD 16x2



Fonte: Eletrogate

### 3.11.9.1 Módulo serial I2C

É um dispositivo que permite o controle de um display LCD 16x2. Esse módulo age como uma interface entre o microcontrolador e o display, facilitando a comunicação e reduzindo o número de fios necessários para fazer sua ligação.

Figura 19: Módulo serial I2C

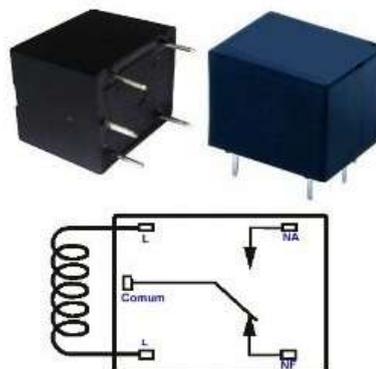


Fonte: Mercado Livre

### 3.11.10 Relé 5V 5 pinos

É um dispositivo que funciona como um interruptor elétrico, no momento em que ele receber corrente elétrica vai fazer o acionamento ou desligamento de um circuito integrado ao mesmo. Dois dos seus pinos são usados para alimentação com 5 volts e neutro, um dos seus pinos é usado para alimentação do dispositivo que será acionado por ele e os últimos dois pinos representam um contato normalmente aberto (NA) e um contato normalmente fechado (NF).

Figura 20: Relé 5V

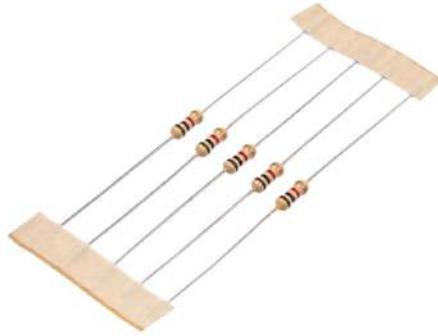


Fonte: EliteNet

### 3.11.11 Resistor

Um componente eletrônico passivo que tem a função de limitar o fluxo de corrente elétrica em um circuito.

Figura 21: Resistor



Fonte: Mercado Livre

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 Metodologia de pesquisa**

A pesquisa está baseada na metodologia exploratória e descritiva, sendo realizada uma pesquisa acerca dos assuntos relevantes para o desenvolvimento do protótipo, buscando compreender as melhores formas de desenvolvimento do presente dispositivo.

Referindo-se aos métodos da pesquisa experimental, esta pesquisa usou base teórica desenvolvida por pesquisadores da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), que utilizaram o sistema Peltier, que além de produzir água, tornou-se potável, em um sistema compacto com foto de desinfecção. Este sistema é composto por uma caixa de poliestireno expandido, pastilha Peltier, dissipadores de alumínio, ventilador, reservatório plástico e funil, esta estrutura permite a coleta do ar condensado. Visto isso, este trabalho utiliza do efeito Peltier, dissipadores, e minis ventiladores para a condensação do ar.

Para o desenvolvimento da pesquisa, a abordagem será quantitativa e qualitativa, pois em busca de construir o protótipo, foram feitos levantamento de pesquisas bibliográficas, balanceamentos de custo de produção, estudos sobre o funcionamento do ciclo de uma condensação na atmosfera, pesquisa sobre como o presente trabalho pode ser relevante para a sociedade, pesquisa sobre a produção de água potável a partir do ar atmosférico, como construir um dispositivo sustentável e de como reutilizar materiais recicláveis para a produção do dispositivo IARA, levantamento de dados para ver se a água produzida tem capacidade de se tornar potável, estudo dos materiais a serem utilizados na realização do mesmo, bem como sua construção, pesquisa sobre a produção de água potável a partir do ar atmosférico, como construir um dispositivo sustentável e de como reutilizar materiais recicláveis para a produção do dispositivo IARA.

Caracteriza-se também como aplicada, pois pretende realizar a aplicação prática do dispositivo no cotidiano, onde o dispositivo irá realizar sua função.

## 4.2 Construção do protótipo IARA

Seguindo os objetivos do trabalho, grande parte da construção do nosso protótipo foi baseada em materiais reutilizados ou reaproveitados. Utilizamos uma placa Peltier, um dissipador de calor, dois coolers, uma caixa de isopor, uma fonte chaveada 12V, fios e uma caixa de madeira.

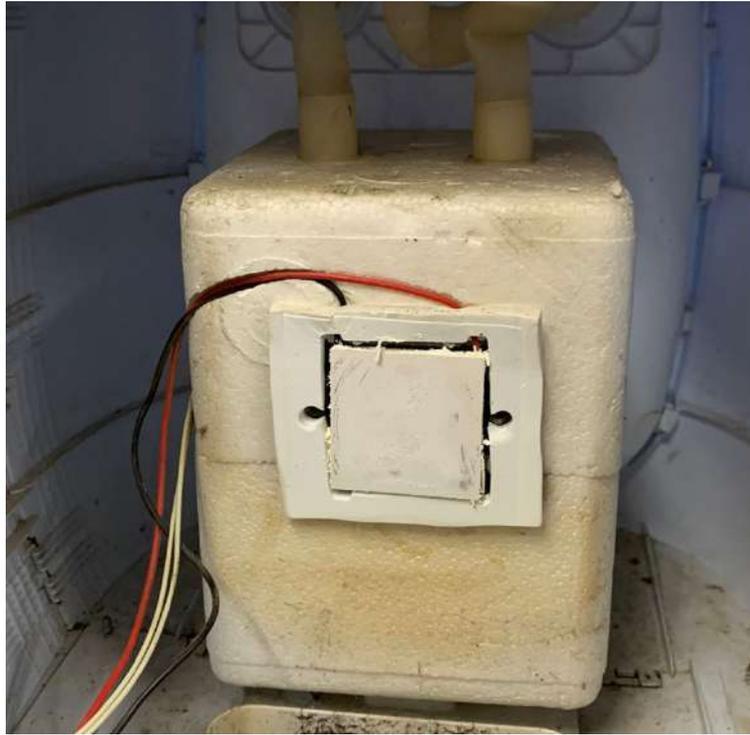
Os coolers e dissipadores foram removidos de computadores velhos que iriam para o lixo, já a placa Peltier foi removida de um bebedouro eletrônico que também iria para o lixo.

Figura 22: Sistema para gelar água



Fonte: Autoria própria

Figura 23: Peltier no sistema



Fonte: Autoria própria

Decidimos construir todo o protótipo dentro de uma caixa de isopor devido a sua ótima isolamento térmica, impedindo que o calor externo aqueça o sistema.

O primeiro passo foi encontrar um ótimo dissipador, equipamento que tem por objetivo retirar o calor da placa, e grudá-lo na parte quente da placa Peltier, para isso fizemos a utilização de pasta térmica, uma pasta que além de melhorar a transmissão de calor fez com que a placa ficasse grudada no dissipador, em cima do dissipador fixamos um cooler para impedir que o mesmo aqueça excessivamente.

Figura 24: Peltier com dissipador



Fonte: Autoria própria

O segundo passo foi fazer um corte na parte superior da caixa de forma que a placa encaixasse e fosse possível que o Peltier ficasse para dentro e o dissipador para fora.

Figura 25: Caixa vista superior



Fonte: Autoria própria

O terceiro passo foi fazer um corte na parte traseira da caixa para fixar mais um cooler, que tem por objetivo mandar o ar externo para dentro da caixa.

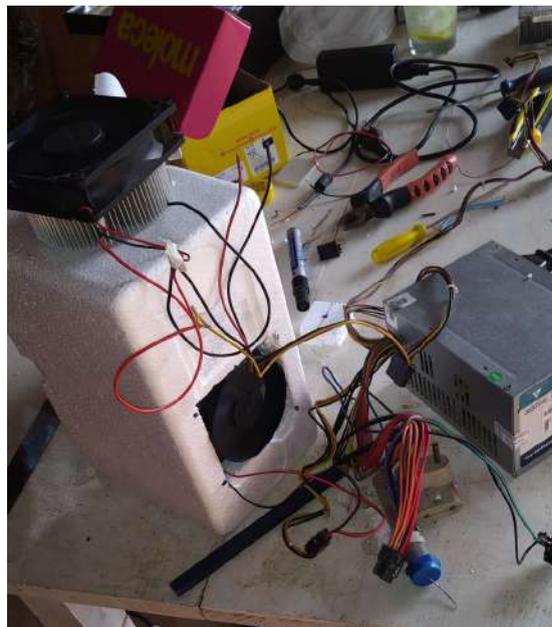
Figura 26: Caixa interna



Fonte: Autoria própria

Por fim, fizemos todas as ligações para alimentação de todo o protótipo. A fonte de alimentação escolhida foi uma fonte reutilizada de um computador antigo.

Figura 27: Fiação



Fonte: Autoria própria

Analizamos que a caixa de isopor seria muito frágil e então, reutilizando pedaços de madeira, construímos uma caixa de madeira com o tamanho exato do nosso equipamento.

Nesta caixa foi fixado um termômetro digital com sensor de temperatura externo, o sensor foi fixado na parte fria da placa Peltier.

Figura 28: Caixa de madeira



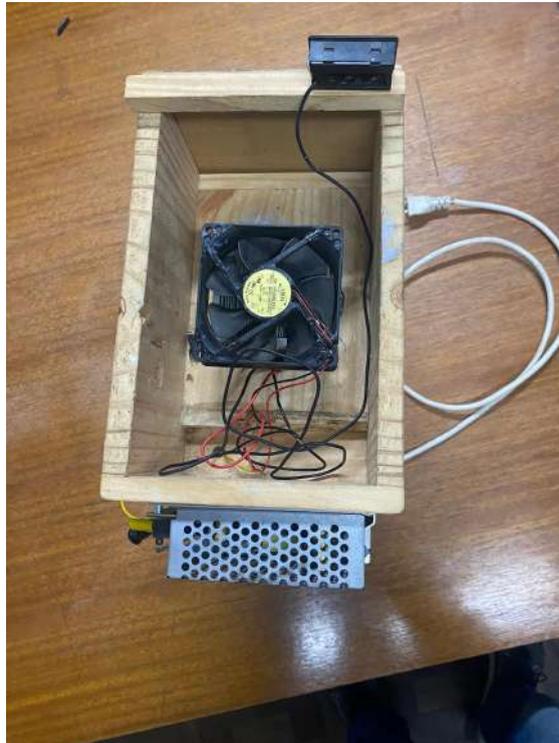
Fonte: Autoria própria

Figura 29: Caixa de madeira II



Fonte: Autoria própria

Figura 30: Caixa de madeira III



Fonte: Autoria própria

Por último fizemos todas as ligações dos cabos nas saídas de energia de uma fonte chaveada com 12V e 10A.

Figura 31: Alimentação



Fonte: Autoria própria

#### 4.2.1 Aprimoramentos no protótipo IARA

Após análises de desempenho e de produção foram identificados alguns possíveis erros que poderiam ser melhorados.

O primeiro problema identificado foi que a pasta térmica que foi utilizada não estava resistindo a umidade, trocamos a pasta térmica simples por uma pasta térmica de prata, que promete mais durabilidade e melhor condutividade térmica. Seu fabricante indica que sua troca deve ser feita a cada 10 anos, essa seria uma manutenção fixa que deveria ser feita no equipamento.

O segundo problema foi que a placa peltier estava atingindo temperaturas muito baixas, fazendo com que ocorresse uma sublimação ao invés de uma condensação.

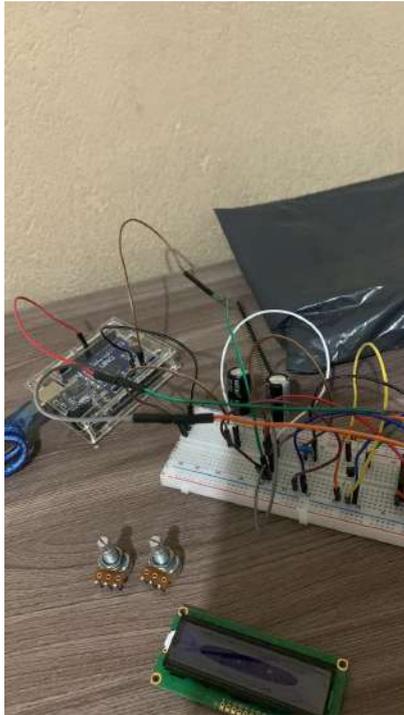
Figura 32: Peltier congelada



Fonte: Autoria própria

Para resolver tal problema foi iniciada uma pesquisa ampla para controle de temperatura de forma totalmente autônoma e inteligente utilizando um sistema de Arduino.

Figura 33: Circuito



Fonte: Autoria própria

Figura 34: Tela



Fonte: Autoria própria

O terceiro e último problema observado foi que a superfície de contato da placa peltier era muito pequena, fazendo com que o nível de produção não fosse o máximo possível. Para solucionar esse problema aplicamos uma chapa de metal extremamente fina que cobrisse todo o teto da caixa, fazendo com que a placa

Peltier ficasse em contato com essa chapa e distribuísse sua baixa temperatura por toda a superfície.

O protótipo foi totalmente remodelado, melhorando seu funcionamento, isolamento térmica e estética.

Figura 35: Implementação do Circuito

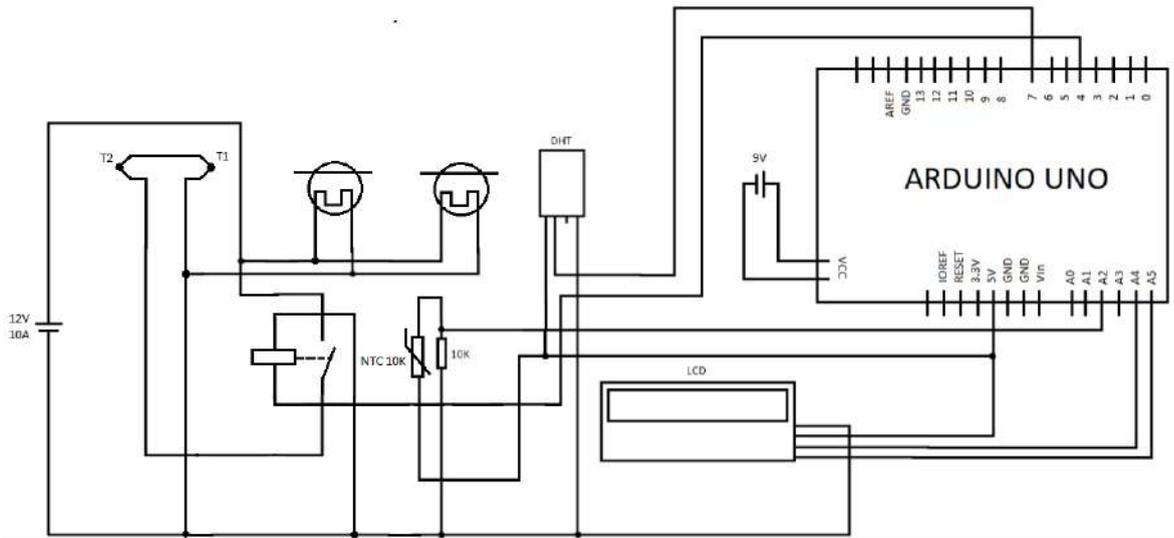


Fonte: Autoria própria

## 4.2.2 Protótipo autônomo e inteligente

Após amplo estudo foi desenvolvido um sistema utilizando Arduino UNO para controlar todo o equipamento de forma autônoma. Foram utilizados componentes como tela LCD 16x2, Sensor DHT22, Termistor, Transistor e Relé.

Figura 36: Esquema elétrico IARA



Fonte: Autoria própria

A programação do sistema foi desenvolvida na linguagem C++ na plataforma IDE (Integrated Development Environment), oferecida pelo próprio Arduino.

- Primeiramente foi feita a inclusão das bibliotecas do sensor DHT, da tela LCD e do termistor.

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <DHT.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <thermistor.h>
#include <Wire.h>
```

- Em seguida, foi definido o pino analógico A2 como pino de comunicação do termistor e foi criada a variável “temperatura”, que será a temperatura da placa peltier medida pelo termistor.

```
int pinNTC = A2;
float temperatura;
```

- É inicializado o termistor passando os parâmetros de resistência e suas constantes.

```
THERMISTOR thermistor(pinNTC, 10000, 3950, 10000);
```

- É definido então os pinos de comunicação do sensor DHT (pino 7), o código de comunicação da tela LCD (0x27) e o tamanho da tela (16x2);

```
#define DHTPIN 7

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
```

- É definido o modelo do sensor “DHT22” e também informado o seu pino e tipo.

```
#define DHTTYPE DHT22

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
```

- Constantes para futuro cálculo do ponto de orvalho.

```
const float A = 17.27;
const float B = 237.7;
```

- É definido o pino usado para acionamento do relé.

```
const int RELAY_PIN = 8;
```

- Criação do símbolo de grau.

```
byte grau[8] = { B00001100,
                 B00010010,
                 B00010010,
                 B00001100,
                 B00000000,
                 B00000000,
                 B00000000,
                 B00000000, };
```

- O sensor e a tela LCD são iniciados. A tela LCD é limpa e já é inserido o símbolo de grau na mesma. O pino do relé é definido com uma saída.

```
void setup()
{
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  lcd.createChar(0, grau);
  dht.begin();

  pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
}
```

- É iniciado um loop, sua primeira função é contar o tempo de 2 segundos entre cada medição com os sensores.

```
void loop()
{
  delay(2000);
```

- É feita a leitura da temperatura e da umidade ambiente com o sensor DHT bem como a leitura da temperatura da placa Peltier com o termistor. Tais dados são armazenados nas variáveis h, t e temperatura. Também é criada a variável para armazenar o ponto de orvalho que vai ser calculado futuramente.

```
float h = dht.readHumidity();
float t = dht.readTemperature();
temperatura = thermistor.read();
float dewPoint = calculateDewPoint(t, h);
```

- É verificado se os dados do sensor DHT são válidos, caso haja algum erro é exibido uma mensagem na tela do LCD.

```
if (isnan(h) || isnan(t))
{
  lcd.clear();
  lcd.print("Falha ao ler dados do sensor!!");
  return;
}
```

- Se a temperatura da placa Peltier estiver maior ou igual ao do ponto de orvalho o relé é ligado, caso contrário o relé permanece desligado.

```
if (temperatura/10 >= dewPoint) {
  digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
}
if (temperatura/10 <= dewPoint) {
  digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
}
```

- É escrito a temperatura ambiente na linha 0 da tela LCD.

```
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Temp. : ");
lcd.setCursor(8,0);
lcd.print(t);
lcd.setCursor(13,0);
lcd.write(byte(0));
lcd.print("C");
```

- É escrito a umidade ambiente na linha 1 da tela LCD e criado um loop de 10 segundos para trocar a informação da tela.

```

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Umid. : ");
lcd.setCursor(8,1);
lcd.print(h);
lcd.setCursor(14,1);
lcd.print("%");
delay(10000);

```

- No novo ciclo a tela é limpa e é escrito a temperatura da placa Peltier na linha 0 da tela LCD.

```

lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Pelt: ");
lcd.setCursor(8,0);
lcd.print(temperatura/10);
lcd.setCursor(13,0);
lcd.write(byte(0));
lcd.print("C");

```

- É escrito a temperatura do ponto de orvalho na linha 1 da tela LCD e criado um loop de 10 segundos para trocar a informação da tela

```

    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Orv: ");
    lcd.setCursor(8,1);
    lcd.print(dewPoint);
    lcd.setCursor(13,1);
    lcd.write(byte(0));
    lcd.print("C");
    delay(10000);
}

```

- É feito o cálculo do ponto de orvalho.

```

float calculateDewPoint(float t, float h) {
    float gamma = log(h/100) + (A * t) / (B + t);
    float dewPoint = (B * gamma) / (A - gamma);
    return dewPoint;
}

```

Antes do sistema ser implementado no protótipo foi passado dados técnicos e a programação para uma inteligência artificial para uma simulação de funcionamento. Recebido o retorno relatando o funcionamento ideal do sistema a programação foi implementada no circuito do protótipo.

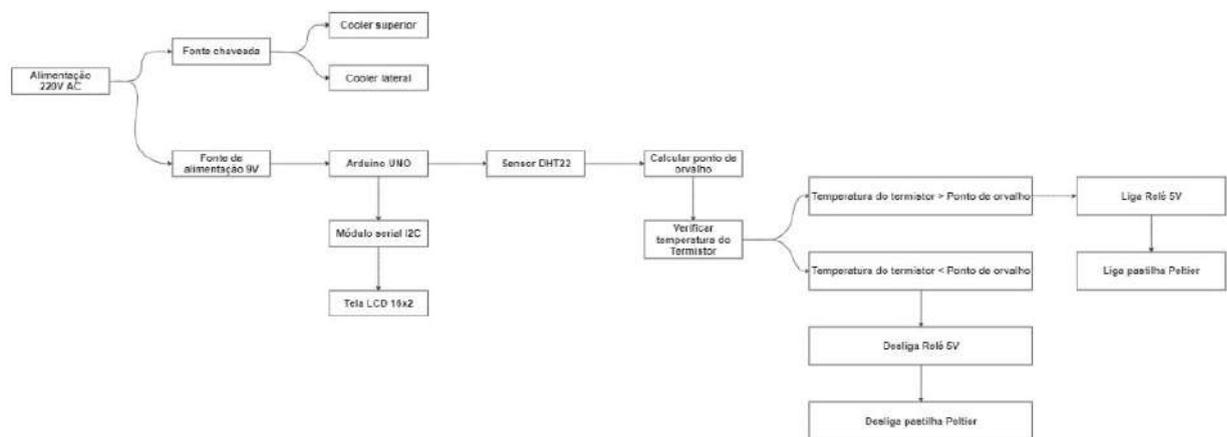
### 4.3 Funcionamento da IARA

Inicialmente, o dispositivo é conectado à tomada, fornecendo energia às fontes do protótipo. Os coolers são ativados, e o Arduino é alimentado, dando início ao

programa de controle de temperatura. Assim que o Arduino é inicializado, o display LCD é ativado, e é feita uma verificação da validade dos dados provenientes do sensor DHT22. Caso algum erro seja detectado, a mensagem "Erro no sensor DHT!!" é exibida no display. Uma vez que os dados são confirmados como válidos, o programa registra a temperatura e a umidade do ambiente e calcula o ponto de orvalho. Em seguida, a temperatura da placa Peltier é verificada por meio de um termistor. Se a temperatura do ponto de orvalho for menor do que a temperatura da placa, um relé é acionado, ligando a placa Peltier e permitindo que ela alcance a temperatura do ponto de orvalho.

O cooler localizado na parte lateral do dispositivo tem a finalidade de renovar o ar interno, evitando que a umidade interna fique baixa. Já o cooler posicionado na parte superior está fixado em um dissipador, e ambos trabalham em conjunto para resfriar a região quente da placa Peltier, impedindo que ela superaqueça e se danifique.

Figura 37: Fluxograma



Fonte: Autoria própria

## 5 CRONOGRAMA

Tabela 2: Cronograma do ano de 2022

2022	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Escolha do tema	■								
Introdução		■							
Tema e sua delimitação		■							
Problema de pesquisa		■							
Objetivos			■						
Justificativa			■						
Fundamentação teórica				■	■	■		■	
Metodologia						■			
Construção do protótipo						■			
Resultados esperados						■			
CRC						■	■	■	
Conclusões parciais						■			
Referência					■	■		■	
Banner								■	
Exposchmidt									■
SaberTec									■

Fonte: autoria própria (2022)

Tabela 3: Cronograma do ano de 2023

2023	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Compra de componentes									
Melhorias e teste do protótipo									
Análise de dados									
Resultados									
Revisão de capítulos									
Considerações finais									
Avaliação do CRC									
Produção do banner									
IFCITEC									
MOTIC									
Mostratec									
Exposchmidt									

Fonte: autoria própria (2023)

## 6 RECURSOS

Tabela 4: Custo de produção

Material	Valor unitário	Quantidade	Valor Total	Fonte	Data
Arduino UNO	R\$60,00	1	R\$60,00	Mercado Livre	15/03/2023
Fonte chaveada 12V	R\$40,00	1	R\$40,00	Mercado Livre	20/07/2022
Cooler	R\$11,00	2	R\$22,00	Mercado Livre	12/07/2022
Pastilha Peltier	R\$25,00	1	R\$25,00	PNP	23/07/2022
Dissipador	R\$12,50	1	R\$12,50	Mercado Livre	12/07/2022
Pasta térmica	R\$12,00	1	R\$12,00	PNP	23/07/2022
Caixa de madeira	R\$0,00	1	R\$0,00	Doação	28/07/2023
Protoboard	R\$10,00	1	R\$10,00	Mercado Livre	15/03/2023
Jumpers	R\$0,23	15	R\$3,50	Mercado Livre	15/03/2023
Sensor DHT22	R\$30,00	1	R\$30,00	Mercado Livre	15/03/2023
Termistor NTC 10k	R\$1,00	1	R\$1,00	MB3	21/03/2023
Tela LCD 16x2	R\$27,00	1	R\$27,00	Mercado Livre	15/03/2023
Módulo serial I2C	R\$15,00	1	R\$15,00	MB3	24/03/2023
Relé 5V 5 pinos	R\$5,00	1	R\$5,00	MB3	21/03/2023
Fonte de alimentação 9V	R\$23,50	1	R\$23,50	MB3	24/08/2023
Case para arduino	R\$16,90	1	R\$16,90	Mercado Livre	15/03/2022
Resistor 1K	R\$0,08	1	R\$0,08	MB3	21/03/2023

Resistor 10K	R\$0,08	1	R\$0,08	MB3	21/03/2023
Isopor	R\$5,00	1	R\$5,00	Clip	11/09/2023
Chapa de inox	R\$0,00	1	R\$0,00	Doação	25/08/2023
					Valor final: R\$ 308,56

Fonte: autoria própria (2023)

## 7 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

O equipamento se demonstrou eficaz visto que foi possível concluir o objetivo de produzir água através da umidade a partir do seu uso. Durante a realização do aparato, foi observado que, sem um controle de temperatura, para manter a placa Peltier no ponto de orvalho, sua superfície forma camadas de gelo, afetando a produtividade do dispositivo.

Assim sendo, implementamos um sistema de controle de temperatura, utilizando Arduino, para manter a placa Peltier sempre na temperatura correta para a máxima produção de água. Existe um cálculo para se chegar no ponto do orvalho, e para não ter de fazer manualmente, foi feita uma programação que faz estes cálculos por um sensor de temperatura e umidade. Com este sistema, o dispositivo tende a se adaptar ao clima de qualquer região com funcionalidade.

A partir deste aprimoramento, ocorreu aumento na produção de água, que pode variar de acordo com a da umidade e temperatura do local onde o dispositivo se encontra. Com alguns testes, foi feito um cálculo da média de água produzida em um dia: temperatura em 25°C e umidade relativa do ar em 60%, o ponto de orvalho se encontra na temperatura de 16,5°C e prevê-se que a produção média de água nestas condições seria de 9 litros diários (270 litros por mês).

A qualidade da água que o dispositivo produz não foi verificada, porém conforme a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), uma pessoa gasta em média 6 mil litros de água por mês, sendo um pouco mais da metade dessa quantidade utilizada no banheiro, em banhos, descargas ou outras utilizações. Esse gasto reduziria em cerca de 4,5% utilizando o dispositivo desenvolvido.

## **8 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em síntese, este estudo destaca a importância fundamental da pesquisa e desenvolvimento de dispositivos inovadores e sustentáveis para a produção de água. Através de uma análise aprofundada do fenômeno de condensação da umidade atmosférica e da aplicação de tecnologias inovadoras, como o efeito Peltier, demonstrou-se a viabilidade de proporcionar acesso à água de maneira eficiente e acessível, resultando em benefícios significativos para comunidades necessitadas.

Os resultados obtidos até o momento ressaltam a relevância social, econômica e ambiental intrínseca a esta pesquisa, a qual concentrou-se na proposição de soluções inovadoras para a produção de água. Através da concepção e desenvolvimento de um dispositivo eficaz e sustentável, foram criadas condições concretas para ampliar o acesso à água, um recurso essencial. A abordagem multidisciplinar adotada, unindo princípios científicos, tecnológicos e de sustentabilidade, promoveu um avanço tangível na busca por soluções realistas.

Concluimos com este trabalho que o objetivo de desenvolver uma análise fundamentada na construção do protótipo para possibilitar sua construção foi atingido.

Acreditamos que os resultados apresentados até o momento não só agregam conhecimento à comunidade científica, mas também inspiram novos estudos e iniciativas. Dessa forma, estamos confiantes de que esta pesquisa atua como um impulsionador, incitando a busca incessante por soluções inovadoras e acessíveis capazes de fazer frente aos desafios prementes da escassez hídrica.

Portanto, é com otimismo que olhamos para o futuro, com a esperança de que os esforços presentes ecoarão em futuras gerações de pesquisadores, impulsionando a contínua busca por soluções que reforcem a prática sustentável em relação ao meio ambiente, assim ampliando as fronteiras do conhecimento e da inovação.

## REFERÊNCIAS

**Água no Planeta Terra.** Disponível em:

<<https://conselhonacionaldaagua.weebly.com/aacutegua-no-planeta-terra.html#:~:text=A%20distribui%C3%A7%C3%A3o%20desses%20%2C7,est%C3%A3o%20armazenados%20nos%20lagos%20naturais>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

**Análise de água e monitoramento da qualidade.** Disponível em:

<<https://kasvi.com.br/blog/>>. Acesso em: 23 out. 2022.

**Análise físico química e microbiológica de água.** Disponível em:

<<https://www.gmo-online.com.br/>>. Acesso em: 23 out. 2022.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE).** Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. 2020. Disponível em:

[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7212936/mod\\_resource/content/1/Panorama-2020-V5-unicas%20%282%29.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7212936/mod_resource/content/1/Panorama-2020-V5-unicas%20%282%29.pdf). Acesso em: 01 abr. 2023.

BRITO, Débora. **A água no Brasil: da abundância à escassez.** Disponível em:

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-10/agua-no-brasil-da-abundancia-escassez>. Acesso em: 27 jun. 2022.

**Ciclo Da Água.** Disponível em:

<<https://www.biologianet.com/ecologia/ciclo-agua.htm>>. Acesso em: 13 set. 2022.

**Ciclos da Água.** Disponível em:

<<https://www.epal.pt/EPAL/menu/epal/comunicação-ambiental/ciclo-da-água>>. Acesso em: 29 jul. 2022.

**COIMBRA, J. P.; SOARES, M. S.; LEMOS, M. J. S.** Pastilhas Peltier e suas aplicações. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 1, 2008.

**Como a Água é Tratada.** Disponível em:

<<https://www.caesb.df.gov.br/como-a-agua-e-tratada.html>>. Acesso em: 28 jul. 2022.

**COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB).** Coleta seletiva: por que separar os materiais recicláveis?. 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/blog/tag/coleta-seletiva/>. Acesso em: 25 mar. 2023.

**CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA).** Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2023.

**Crise hídrica: entenda as principais causas da escassez de água.** Disponível em: <<https://blog.brkambiental.com.br/escassez-de-agua/>>. Acesso em: 27 out. 2022.

**Dia Mundial da Água.** Disponível em: <[https://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/areas\\_prioritarias/pantanal/dia\\_da\\_agua/](https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/pantanal/dia_da_agua/)>. Acesso em: 22 jun. 2022.

**Dissipador de calor alumínio: o que é e para que serve.** Disponível em: <<https://www.imperiosmetais.com.br/blog/aluminio/dissipador-de-calor-aluminio/>>. Acesso em: 21 out. 2022.

**FAO.** (2021). Irrigated Agriculture. Recuperado em 21 de março de 2023, de <http://www.fao.org/irrigation-and-drainage/en/>

**FERREIRA, SILVA & GALDINO.** RECICLAGEM DE LIXO ELETRÔNICO, Rio grande do Norte, 2010. Disponível em: <<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/559/389>>. Acesso em: 22 out. 2022.

FETTER, C. W. **Hidrogeologia Aplicada.** Nova Iorque: McGraw-Hill Education, 2019.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Dessalinização da água.** Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/curiosidades/o-que-dessalinizacao-agua.html>. Acesso em: 01 ago. 2022.

**Fonte chaveada.** Disponível em: <<https://www.kalatec.com.br/fonte-chaveada/>>. Acesso em: 30 out. 2022.

FRANCIOLLE, Marcello. **Quanta água existe na atmosfera da Terra?** Disponível em: <https://gaiaciencia.com.br/quanta-agua-existe-na-atmosfera-da-terra-planeta-terra>. Acesso em: 28 jul. 2022.

**FRANCISCO,** Wagner de Cerqueira e. "Umidade do Ar"; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/geografia/umidade-ar.htm>>. Acesso em 26 jul. 2022.

GOUVEIA, Rosimar. **Liquefação ou Condensação.** Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/liquefacao-ou-condensacao/>. Acesso em: 29 jul. 2022.

**INSTITUTO TRATA BRASIL.** Ranking do Saneamento 2020. Disponível em: <https://www.tratabrasil.org.br/ranking>. Acesso em: 23 mar. 2023.

MACHADO, Carlos Alberto et al. Água. In: SANTOS, Fernando Sérgio Barbosa dos; OLIVEIRA, Ricardo Valcarcel de. **Geografia e meio ambiente no Brasil.** São Paulo: Contexto, 2012. p. 175-206.

MENDES, Flávio Henrique. **O que é o ponto de orvalho e como monitorá-lo?** Disponível em: <https://agrosmart.com.br/blog/ponto-de-orvalho/amp/>. Acesso em: 27 jul. 2022.

**MINISTÉRIO DA SAÚDE.** Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 dez. 2011. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html). Acesso em: 15 mar. 2023.

**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE.** Coleta seletiva e reciclagem. 2015. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/residuos-solidos/coleta-seletiva-e-reciclagem.html>. Acesso em: 25 mar. 2023.

MIRANDA, R. M.; MATTOS, A. L. A. **Umidade do ar e saúde humana.** Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos, v. 7, n. 1, p. 68-78, 2014.

**Módulo, Célula de Peltier ou pastilhas térmicas, como funciona?** Disponível em: <http://mecatronica hoje.blogspot.com/2011/06/modulo-celula-de-peltier-ou-pastilhas.html?m=1>. Acesso em: 5 ago. 2022.

**O que é cooler e qual a sua função no computador?** Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-cooler-e-qual-a-sua-funcao-no-computador/>. Acesso em: 30 de out. 2022.

**O que é ponto de orvalho e como medi-lo?** Disponível em: <https://www.vaisala.com/pt/blog/2019-10/o-que-e-ponto-de-orvalho-e-como-medi-lo#:~:text=Ponto%20de%20orvalho%20%C3%A9%20a,satura%C3%A7%C3%A3o%20do%20vapor%20de%20%C3%A1gua>. Acesso em: 30 ago. 2022.

**O QUE É UM DISSIPADOR E PARA QUE SERVE?** Disponível em: <https://www.acheicomponentes.com.br/loja/noticia.php?loja=648216&id=23#:~:text=O%20dissipador%20dissipa%20o%20calor,equipamento%20ir%C3%A1%20parar%20de%20funcionar>. Acesso em: 30 out. 2022

**ONU.** (2022). World Water Day 2022: Water and Climate Change. Recuperado em 21 de março de 2023, de <https://www.un.org/en/observances/water-day>

**ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE.** Água e Saúde. Genebra, 2019. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/water-sanitation-hygiene-and-health>. Acesso em: 13 mar. 2023.

**ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE.** Água potável. Disponível em: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases-risks/diseases/waterborne/en/](https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/diseases/waterborne/en/). Acesso em: 19 mar. 2023.

**Pasta térmica: o que é, pra que serve e como trocá-la** Disponível em:  
<<https://canaltech.com.br/hardware/pasta-termica-o-que-e-pra-que-serve-e-como-troca-la/>>. Acesso em: 30 out. 2022.

PELISARI, Lucas Widmar. **A Importância Da Reciclagem Do Lixo Eletrônico**. Disponível em:  
<https://meioambienterio.com/a-importancia-da-reciclagem-do-lixo-eletronico/>. Acesso em: 05 ago. 2022.

**PINA**, R. E. Ponto de Orvalho: Entenda sua Importância na Construção Civil. Ancona Engenharia, 2018. Disponível em:  
<https://www.anconaengenharia.com.br/blog/ponto-de-orvalho/>. Acesso em: 13 mar. 2023.

**Ponto de Orvalho do ar respirável. Temperatura de Ponto de Orvalho**. Disponível em:  
<<https://protecaorespiratoria.com/ponto-de-orvalho-do-ar-respiravel/>>. Acesso em: 26 jul. 2022.

**Potenciômetro – O que é e como funciona?** Disponível em:  
<<https://www.mundodaeletrica.com.br/potenciometro-o-que-e-como-funciona/>>. Acesso em: 30 out. 2022.

**Qual a importância da água?** Disponível em:  
<[https://pmcoxilha.rs.gov.br/pg.php?area=NOTICIASVER&id\\_noticia=2306#:~:text=A%20%C3%A1gua%20%C3%A9%20fonte%20da,de%20consumo%20final%20e%20intermedi%C3%A1rio](https://pmcoxilha.rs.gov.br/pg.php?area=NOTICIASVER&id_noticia=2306#:~:text=A%20%C3%A1gua%20%C3%A9%20fonte%20da,de%20consumo%20final%20e%20intermedi%C3%A1rio)>. Acesso em: 27 ago. 2022.

**SABESP**. Tratamento de Água. Disponível em:  
<https://www.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=37>. Acesso em: 18 mar. 2023.

SABESP. **Uso racional de água**. Disponível em:  
<https://site.sabesp.com.br/site/interna/default.aspx?secaold=595>. Acesso em: 23 ago. 2023.

**SANTOS**, Vanessa Sardinha dos. "Ciclo da água"; Brasil Escola. Disponível em:  
<<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/ciclo-agua.html>>. Acesso em 29 jul. 2022.

**SANTOS**, Vanessa Sardinha dos. Ciclo da água. Disponível em:  
<https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/ciclo-agua.htm>. Acesso em: 29 jul. 2022.

**SHAHZAD**, A. et al. Thermoelectric power generation using Peltier modules: A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 75, p. 1030-1053, 2017.

SILVA, D. A. S. et al. **A importância da umidade relativa do ar para a saúde e bem-estar humano**. Revista Eletrônica Acervo Saúde, v. 13, n. 1, p. 100-105, 2021.

**SILVA**, M. A. da. Escassez hídrica: o desafio de garantir a segurança hídrica no Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 3, p. 854-867, 2020.

**SILVA**, M. B. da; **OLIVEIRA**, L. H. M.; **MARTINS**, J. A. C.; **SANTOS**, R. S. dos. Tratamento de água: aspectos gerais e principais processos. In: *Anais do XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos*. Florianópolis: ABGE, 2019. p. 1-10. Disponível em: <https://www.abge.org.br/uploads/78d212daa6a9c6b15ab6e2c2d69e7f83.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2023.

**SOUZA**, A. C. A. de. Tratamento de água: uma revisão. *Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas*, v. 6, n. 1, p. 1-12, 2020. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/exatas/article/view/8965>. Acesso em: 19 mar. 2023.

**SOUZA**, J. A. et al. Ponto de orvalho: o que é e como calcular? *Revista Agro DBO*, n. 2, p. 32-35, 2019. Disponível em: <https://www.edcentaurus.com.br/agrodbo/edicao/67/materia/9196>. Acesso em: 13 mar. 2023.

**STERNBERG**, L. da S.; **MANCINI**, S. D. A. A água no Brasil: desafios e perspectivas. *Estudos Avançados*, v. 28, n. 81, p. 45-62, 2014.

**Termômetro Digital com Sensor de Temperatura Externo**. Disponível em: <https://www.autocorerobotica.com.br/termometro-digital-com-sensor-de-temperatura-externo>. Acesso em: 30 out. 2022.

Tien, C. L. (2018). **Thermoelectric Cooling and Power Generation**. Springer.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo

TUNDISI, José Galizia; MATSUMURA-TUNDISI, Thelma. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: Rima, 2008.

**UMPLEBY**, S. A. et al. Coleta de água atmosférica: Uma revisão de processos e aplicações. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 94, p. 986-1002, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032118304564>. Acesso em: 15 mar. 2023.

**UNESCO**. (2021). *Water Scarcity*. Recuperado em 20 de março de 2023, de <https://en.unesco.org/themes/water-security/water-scar>

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**. Tratamento de água. Disponível em: <https://www.ufmg.br/eesa/agua/tratamento-de-agua>. Acesso em: 18 mar. 2023.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.** Pastilhas Peltier: o que são e como funcionam. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/eletrica>> Acesso em: 19 de jun. 2023.

**Arduino UNO Rev3.** Disponível em: <<https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3?selectedStore=us>>. Acesso em: 19 de jun. 2023.

**Resistores.** Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/resistores.htm>>. Acesso em:

**Relé – O que é e como funciona.** Disponível em: <<https://mundoprojetado.com.br/rele-o-que-e-e-como-funciona/>>. Acesso em:

**Módulo serial I2C.** Disponível em: <<https://curtocircuito.com.br/modulo-serial-i2c-p-display-lcd-pcf8574.html>>. Acesso em:

**MELLO, Marcelo.** Display LCD 16×2: Dicas e como usar no Arduino ou no Raspberry Pi. Disponível em: <<https://victorvision.com.br/blog/display-lcd-16x2/>>. Acesso em:

**Transistor BC 548.** Disponível em: <<https://www.piauíno.com.br/pd-837204-transistor-npn-bc548.html>>. Acesso em:

**Termistores NTC.** Disponível em: <<https://ppgenfis.if.ufrgs.br/mef004/20061/Cesar/SENSORES-Termistor.html>>. Acesso em:

**Sensores DHT11 e DHT22.** Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/sensores-dht11-dht22/>>. Acesso em:

**Protoboard: o que é e como usar.** Disponível em: <<https://ipelab.ufg.br/n/156373-protoboard-o-que-e-e-como-usar>>. Acesso em: