

**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL FREDERICO GUILHERME SCHMIDT**

**TÉCNICO EM ELETROMECAÂNICA**



**DEUVC - DISPOSITIVO UV-C PARA ESTERILIZAÇÃO DE ÁREAS MEDICINAIS**

**JESSÉ WILLIAM DA SILVA DOMINGUES**

**LYAN NUNES DE OLIVEIRA**

**SÃO LEOPOLDO**

**2025**

JESSÉ WILLIAM DA SILVA DOMINGUES

LYAN NUNES DE OLIVEIRA

**DEUVC - DISPOSITIVO UV-C PARA ESTERILIZAÇÃO DE ÁREAS MEDICINAIS**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso Técnico apresentado ao Curso de Eletromecânica da Escola Técnica Estadual Frederico Guilherme Schmidt como requisito para aprovação nas disciplinas do curso sob orientação do professor Nereu Luis de Farias e coorientação do professor Aurélio de Andrade.

SÃO LEOPOLDO

2025

## RESUMO

Neste trabalho, nosso objetivo é desenvolver um dispositivo automatizado de desinfecção hospitalar utilizando radiação ultravioleta tipo C (UV-C), capaz de eliminar microrganismos patogênicos presentes no ar e em superfícies. A proposta busca oferecer uma solução segura, eficiente, acessível e sustentável, reduzindo custos associados ao uso de agentes químicos e contribuindo para a diminuição das infecções hospitalares. A justificativa baseia-se na elevada incidência de infecções nosocomiais, que afetam cerca de 14% dos pacientes hospitalizados no Brasil, comprometendo a recuperação clínica e sobrecarregando o sistema de saúde. O objeto de estudo é o Dispositivo de Esterilização por UV-C (DEUVC), concebido para atuar de forma automatizada, com sensores de presença que garantem a segurança do usuário, microcontrolador Arduino para controle do processo, relé de acionamento e lâmpada germicida de 254 nm. Com o tipo de pesquisa exploratória, descritiva e quantitativa, unindo fundamentação teórica com experimentação prática. Foram utilizadas fontes científicas para definir parâmetros de eficácia (tempo, intensidade e distância), além da implementação do circuito elétrico com Arduino Uno, sensor PIR, relé e lâmpada UV-C. O protótipo será testado em superfícies e volumes de ar, mensurando a carga microbiana antes e após os ciclos de esterilização. O foco metodológico recai sobre a coleta de dados objetivos (intensidade de radiação, tempo de exposição e área de cobertura), assegurando replicabilidade e confiabilidade dos resultados. Espera-se alcançar até 99,9% de inativação microbiana em condições controladas, garantindo eficiência, baixo custo e operação segura. Conclui-se que o DEUVC possui potencial para se tornar uma alternativa inovadora e viável de combate às infecções hospitalares, conciliando tecnologia acessível, sustentabilidade e segurança operacional.

Palavras-chave: Desinfecção, UV-C, Arduino, Hospitalar, Sustentabilidade.

**LISTA DE FIGURAS**

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Figura 1 - Circuito Elétrico | 34 |
| Figura 2 - Código Parte 1    | 36 |
| Figura 3 - Código Parte 2    | 36 |
| Figura 4 - Protótipo         | 37 |

**LISTA DE TABELAS**

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Estado da arte          | 15 |
| Tabela 2 - Limitações e Precauções | 23 |
| Tabela 3 - Tipos de arduino        | 26 |
| Tabela 4 - Componentes             | 31 |
| Tabela 5 - Função do Circuito      | 34 |
| Tabela 6 - Cronograma              | 38 |
| Tabela 7 - Recursos                | 40 |

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

|        |                                                     |
|--------|-----------------------------------------------------|
| ANVISA | Agência Nacional de Vigilância Sanitária            |
| DUHS   | Dow University of Health Sciences                   |
| IPCS   | Infecção da Corrente Sanguínea                      |
| ISC    | Infecção de Sítio Cirúrgico                         |
| ISO    | International Organization for Standardization      |
| ITU    | Infecção do Trato                                   |
| NBR    | Norma Brasileira                                    |
| RDC    | Resolução de Diretoria Colegiada                    |
| SES-SP | Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo          |
| UNESP  | Universidade Estadual Paulista                      |
| UNILA  | Universidade Federal da Integração Latino-Americana |
| UTI    | Unidade de Terapia Intensiva                        |
| UV     | Ultravioleta                                        |
| UV-C   | Radiação Ultravioleta                               |

**LISTA DE SÍMBOLOS**

|                  |                          |
|------------------|--------------------------|
| Hz               | Hertz                    |
| J/m <sup>2</sup> | Joule por metro quadrado |
| KB               | Kilobyte                 |
| MHz              | Megahertz                |
| nm               | Nanômetro                |
| V                | Volt                     |
| W                | Watt                     |

## SUMÁRIO

|                                                                                                        |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO</b>                                                                                   | <b>12</b> |
| 1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO                                                                             | 12        |
| 1.2 PROBLEMA                                                                                           | 13        |
| 1.3 OBJETIVOS                                                                                          | 13        |
| <b>1.3.1 Objetivo Geral</b>                                                                            | <b>13</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 SISTEMAS DE DESCONTAMINAÇÃO DE MÁSCARAS BASEADO EM RADIAÇÃO UV-C                                   | 16        |
| 2.2 LUZ UV-C COMO ESTRATÉGIA DE DESINFECÇÃO DO AR E SUPERFÍCIES HOSPITALARES                           | 16        |
| 2.3 EFETIVIDADE DOS MÉTODOS DE DESCONTAMINAÇÃO EM MÁSCARAS DE TECIDO COM LUZ ULTRAVIOLETA E GÁS OZÔNIO | 16        |
| 2.4 DEUVC - DISPOSITIVO UV-C PARA ESTERILIZAÇÃO DE ÁREAS MEDICINAIS                                    | 16        |
| <b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>                                                                        | <b>18</b> |
| 3.1 DOENÇAS HOSPITALARES                                                                               | 18        |
| <b>3.1.1 O que são</b>                                                                                 | <b>18</b> |
| <b>3.1.2 Principais tipos de infecções hospitalares</b>                                                | <b>18</b> |
| 3.1.2.1 Infecção de Sítio Cirúrgico (ISC)                                                              | 18        |
| 3.1.2.2 Infecção do Trato Urinário (ITU)                                                               | 19        |
| 3.1.2.3 Infecção da Corrente Sanguínea (IPCS)                                                          | 19        |
| 3.2 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA                                                                              | 19        |
| <b>3.2.1 Conceitos Básicos</b>                                                                         | <b>19</b> |

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.1.1 UV-A (315-400 nm)                                | 20        |
| 3.2.1.2 UV-B (280-315 nm)                                | 20        |
| 3.2.1.3 UV-C (100-280 nm)                                | 20        |
| <b>3.2.2 Propriedades Germicidas da Radiação UV-C</b>    | <b>20</b> |
| 3.2.2.1 Mecanismo de ação germicida da UV-C              | 20        |
| 3.2.2.2 Eficácia da radiação UV-C                        | 20        |
| <b>3.3 MICROORGANISMOS E RESISTÊNCIA</b>                 | <b>21</b> |
| <b>3.3.1 Espectro de Ação Antimicrobiana</b>             | <b>21</b> |
| <b>3.3.2 Mecanismos de Resistência</b>                   | <b>21</b> |
| <b>3.4 APLICAÇÕES EM AMBIENTE HOSPITALAR</b>             | <b>21</b> |
| <b>3.4.1 Esterilização de Superfícies e Equipamentos</b> | <b>21</b> |
| <b>3.4.2 Tratamento do Ar</b>                            | <b>22</b> |
| <b>3.5 EFICÁCIA, VANTAGENS E LIMITAÇÕES</b>              | <b>22</b> |
| <b>3.5.1 Parâmetros de Eficácia</b>                      | <b>22</b> |
| 3.5.1.1 Tempo de Exposição                               | 22        |
| 3.5.1.2 Distância da Fonte                               | 22        |
| 3.5.1.3 Ausência de Barreiras                            | 22        |
| <b>3.5.2 Vantagens da Tecnologia UV-C</b>                | <b>23</b> |
| <b>3.5.3 Limitações e Precauções</b>                     | <b>23</b> |
| <b>3.6 SEGURANÇA E NORMAS TÉCNICAS</b>                   | <b>24</b> |
| <b>3.6.1 Requisitos de Segurança</b>                     | <b>24</b> |
| <b>3.6.2 Regulamentação Brasileira</b>                   | <b>24</b> |
| 3.6.2.1 NBR 14990                                        | 24        |
| 3.6.2.2 NBR ISO 14971                                    | 25        |
| <b>3.6.3 Diretrizes de Aplicação</b>                     | <b>25</b> |
| 3.6.3.1 Requisitos para aplicação                        | 25        |
| <b>3.7 ARDUINO</b>                                       | <b>25</b> |

|                                            |           |
|--------------------------------------------|-----------|
|                                            | <b>10</b> |
| <b>3.7.1 O que é</b>                       | <b>25</b> |
| <b>3.7.2 Tipos de arduino</b>              | <b>26</b> |
| <b>3.7.3 Especificações</b>                | <b>27</b> |
| 3.7.3.1 Overclock                          | 27        |
| 3.7.3.2 Memória Flash                      | 27        |
| 3.7.3.3 SRAM                               | 27        |
| 3.7.3.4 EEPROM                             | 27        |
| 3.7.3.5 Pinos Digitais                     | 28        |
| 3.7.3.6 Pinos Analógicos                   | 28        |
| 3.7.3.7 Tensão Operacional                 | 28        |
| 3.7.3.8 Conexão USB                        | 28        |
| <b>3.8 SENSOR DE PRESENÇA</b>              | <b>29</b> |
| <b>3.8.1 O que é um sensor de presença</b> | <b>29</b> |
| <b>3.8.2 Tipos de sensores</b>             | <b>29</b> |
| 3.8.2.1 Infravermelho Passivo              | 29        |
| 3.8.2.2 Ultrassônico                       | 29        |
| 3.8.2.3 Micro-ondas                        | 29        |
| <b>3.9 MÓDULOS E COMPONENTES</b>           | <b>30</b> |
| <b>4. METODOLOGIA</b>                      | <b>31</b> |
| 4.1 TIPO DE PESQUISA                       | 31        |
| 4.2 FUNÇÃO DOS COMPONENTES                 | 31        |
| <b>4.2.1 MICROCONTROLADOR (ARDUINO)</b>    | <b>31</b> |
| <b>4.2.2 SENSOR DE PRESENÇA</b>            | <b>31</b> |
| <b>4.2.3 LÂMPADA UV-C</b>                  | <b>32</b> |
| <b>4.2.4 RELÉ DE ATIVAÇÃO</b>              | <b>32</b> |
| <b>4.2.5 FONTE DE ALIMENTAÇÃO</b>          | <b>32</b> |
| 4.3 ESQUEMA ELÉTRICO                       | 33        |

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| <b>4.3.1 Função do Circuito</b>     | <b>33</b> |
| 4.4 PROGRAMAÇÃO                     | 34        |
| <b>4.4.1 Função do Código</b>       | <b>35</b> |
| 4.5 PROTÓTIPO                       | 36        |
| <b>4.5.1 Funcionalidade</b>         | <b>36</b> |
| 5. CRONOGRAMA                       | 37        |
| 6. RECURSOS                         | 38        |
| 7. RESULTADOS ESPERADOS OU PARCIAIS | 39        |
| REFERÊNCIAS                         | 40        |

## 1. INTRODUÇÃO

As infecções hospitalares são um desafio para a saúde pública resultando em complicações clínicas e um aumento na taxa de mortalidade. Estudos do Ministério da Saúde (2019) mostram que cerca de 14% dos pacientes que são hospitalizados sofrem de infecções nosocomiais, sendo o percentual relacionado a infecções variáveis em função da localização geográfica e do tipo de unidade de saúde.

Muitos microrganismos patogênicos são preservados no ambiente hospitalar, em UTIs, salas ou corredores, esses ambientes agem como reservatórios, nos quais as bactérias podem sobreviver por um longo período no ar ou nas superfícies. Para prevenir, é vital desinfetar eficazmente tais ambientes. Um método novo e adequado para conseguir essa abordagem é a luz UV-C. Algumas evidências científicas como a do instituto Dow University of Health Sciences (2020) indicam que a radiação da luz ultravioleta elimina os patógenos do ar e de superfícies em hospitais, melhorando a qualidade do ar e reduzindo a carga microbiana.

Um estudo da Universidade Estadual Paulista (2023) mostrou que a irradiação por 20 minutos de luz UV-C apresentou significativa redução na contagem de colônia bacteriana, onde passou de uma média de 107 Unidade formadora de colônia para zero, representando que a totalidade dos microrganismos em superfície testadas foram eliminadas.

Sendo assim, com este projeto pretende-se desenvolver um equipamento que automatize a desinfecção do ambiente hospitalar, por meio da utilização da luz UV-C. O produto será desenvolvido para ser seguro, eficiente e de baixo custo, com sensores de presença para detectar se há alguém no local antes da ativação. Com um micro controlador acoplado controlando o sistema, o dispositivo irá permitir a programação dos ciclos de desinfecção, mantendo a devida eficácia do produto sem oferecer riscos ao usuário.

### 1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO

Desenvolvimento de um dispositivo automatizado de desinfecção hospitalar utilizando luz UV-C, com foco em ambientes de internação e circulação (como UTIs, enfermarias e corredores), priorizando baixo custo, segurança operacional por meio de sensores de presença, visando a redução das infecções hospitalares em instituições de saúde.

## 1.2 PROBLEMA

É possível desenvolver um equipamento capaz de realizar a descontaminação eficiente de ambientes hospitalares utilizando luz UV-C, assegurando ao mesmo tempo a proteção dos usuários contra a exposição à radiação?

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um dispositivo automatizado de desinfecção para ambientes hospitalares, utilizando luz UV-C, capaz de eliminar microrganismos patogênicos presentes no ar e em superfícies, promovendo maior segurança, eficiência e acessibilidade no controle de infecções hospitalares, com ênfase em baixo custo, sustentabilidade e operação segura por meio de sensores.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver métodos para bloquear ou minimizar a exposição à radiação UV-C durante o funcionamento do equipamento.
- Buscar materiais sustentáveis para utilização no suporte.
- Garantir que o dispositivo seja de fácil transporte.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

Em ambientes hospitalares, as infecções representam um desafio constante, comprometendo a recuperação dos pacientes e a qualidade do atendimento. Segundo o Ministério da Saúde (2019), aproximadamente 14% dos internados contraem infecções clínicas, o que não apenas eleva a mortalidade, mas também sobrecarrega as instituições. É urgente, portanto, adotar soluções que protejam a saúde dos pacientes sem prejudicar o orçamento hospitalar.

Diante desse cenário, desenvolver um dispositivo descontaminador com tecnologia UV-C surge como alternativa inovadora. A radiação ultravioleta tipo C já provou sua eficácia na eliminação de microrganismos patogênicos ao danificar seu material genético. Este projeto propõe criar uma solução prática, capaz de ser incorporada à rotina de desinfecção, garantindo segurança e eficiência.

A importância desse estudo reflete na melhoria da limpeza e desinfecção nesses ambientes. O dispositivo facilitará a descontaminação de superfícies e do ar, mas também será uma ferramenta acessível para hospitais e outras instituições, que muitas vezes acabam enfrentando limitações monetárias.

Do ponto de vista econômico e ambiental, o dispositivo busca reduzir a incidência de infecções hospitalares e os custos associados, ao mesmo tempo em que promove um ambiente mais seguro. Sua concepção prioriza materiais sustentáveis e práticas de baixo impacto ambiental.

A razão pelo estudo é pela grande necessidade de um avanço tecnológico que melhore a saúde e segurança de pacientes e médicos contra as infecções que ocorrem nos ambientes hospitalares, já que são um enorme agravante em muitos casos, custando mais tempo de recuperação e custos para os hospitais.

## 2. ESTADO DA ARTE

Para dar suporte ao desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso, foi realizada uma busca por projetos semelhantes que pudessem contribuir com ideias, soluções e aprendizados relevantes. As pesquisas foram feitas em plataformas como o Google Acadêmico e a Scielo, justamente por oferecerem acesso a materiais confiáveis e de qualidade. Durante esse processo, foram selecionados trabalhos que apresentam objetivos parecidos e abordagens próximas à proposta deste projeto, servindo como base de inspiração e consulta ao longo da construção deste estudo.

Tabela 1 - Estado da Arte

| Pesquisa                                                                                           | Autoria                          | Ano de publicação |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------|
| SISTEMA DE DESCONTAMINAÇÃO DE MÁSCARAS BASEADO EM RADIAÇÃO UV-C                                    | Eder Andrade da Silva            | 2016              |
| LUZ UV-C COMO ESTRATÉGIA DE DESINFECÇÃO DO AR E SUPERFÍCIES HOSPITALARES                           | Joana de Oliveira Pantoja Freire | 2024              |
| EFETIVIDADE DOS MÉTODOS DE DESCONTAMINAÇÃO EM MÁSCARAS DE TECIDO COM LUZ ULTRAVIOLETA E GÁS OZÔNIO | Débora Batista Pereira Alves     | 2021              |

Fonte: Os autores (2025)

## 2.1 SISTEMA DE DESCONTAMINAÇÃO DE MÁSCARAS BASEADO EM RADIAÇÃO UV-C

O artigo, desenvolvido por Silva (2020) e colaboradores na UNILA, apresenta um sistema de descontaminação de máscaras baseado na radiação ultravioleta do tipo C (UV-C), criado como resposta à alta demanda por Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) durante a pandemia de COVID-19. O objetivo principal é possibilitar a reutilização segura de máscaras, principalmente as do tipo N95, por meio de um método eficaz, econômico e sustentável.

## 2.2 LUZ UV-C COMO ESTRATÉGIA DE DESINFECÇÃO DO AR E SUPERFÍCIES HOSPITALARES

O artigo desenvolvido por Freire (2024), teve como objetivo avaliar a eficácia antimicrobiana de um dispositivo fixo emissor de luz UV-C em diferentes superfícies hospitalares e na qualidade do ar. O estudo quase-experimental foi conduzido em um hospital universitário do Rio de Janeiro, utilizando microrganismos multirresistentes como *Acinetobacter* sp., *Escherichia coli* e *Klebsiella pneumoniae* para contaminação controlada.

## 2.3 EFETIVIDADE DOS MÉTODOS DE DESCONTAMINAÇÃO EM MÁSCARAS DE TECIDO COM LUZ ULTRAVIOLETA E GÁS OZÔNIO

O artigo, desenvolvido por Alves (2021) e colaboradores no Instituto Educacional Santa Catarina – Faculdade Guarai, analisa a eficácia da descontaminação de máscaras de tecido com luz ultravioleta tipo C (UV-C) e gás ozônio. Motivado pela escassez de EPIs durante a pandemia da COVID-19, o estudo avaliou três tipos de máscaras contaminadas com *Staphylococcus aureus*. Ambos os métodos foram eficazes, com destaque para o gás ozônio, que apresentou melhor desempenho. Não foram observadas alterações nas fibras dos tecidos, indicando que a reutilização segura das máscaras é possível com essas técnicas.

## 2.4 DEUVC - DISPOSITIVO UV-C PARA ESTERILIZAÇÃO DE ÁREAS MEDICINAIS

O dispositivo visa atender a uma necessidade vital e pouco explorada na desinfecção eficiente de ambientes médicos, promovendo uma maior segurança e redução das infecções nosocomiais. A relevância do tema se destaca pela crescente demanda em ambientes hospitalares por soluções acessíveis, seguras e eficazes que possam melhorar a higienização, minimizando riscos para pacientes e profissionais de saúde. Os projetos mencionados neste capítulo apresentam avanços na utilização da radiação UV-C para descontaminação de equipamentos e superfícies, mostrando resultados satisfatórios e reforçando a eficácia dessa tecnologia, servindo como inspiração para o projeto, integrando conhecimentos de eletromecânica e eletrotécnica para a criação de um dispositivo automatizado.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo serão abordados conceitos, fundamentos e pesquisas necessárias para a compreensão da presente dissertação, incluindo a base de todo o assunto abordado até pontos mais profundos para pleno entendimento do que está sendo apresentado, com tudo que há de relevante para o andamento do projeto.

#### **3.1 DOENÇAS HOSPITALARES**

##### **3.1.1 O que são**

As doenças hospitalares ou infecções nosocomiais são aquelas adquiridas durante exames médicos em ambiente hospitalar, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), as infecções podem se manifestar durante a internação ou após a alta do paciente, desde que relacionadas com procedimentos realizados durante a hospitalização, também são consideradas doenças hospitalares, as que são relacionadas com procedimentos ambulatoriais, atendimento domiciliar e outros serviços de saúde, elas apresentam um grave problema da saúde pública no Brasil, segundo dados do Ministério da Saúde (2019), aproximadamente 14% dos pacientes hospitalizados são atingidos pelas doenças, sendo as áreas de Unidades de Terapia Intensiva (UTIs) as mais afetadas podendo atingir até 45% dos pacientes internados. no Brasil cerca de 62% dos incidentes são em pessoas do sexo masculino em UTIs, com uma maior ocorrência em pacientes idosos na faixa etária de 60 a 80 anos com uma concentração em especialidades de alta complexidade como clínica médica e cardiologia. O tempo médio de internação desses pacientes é relativamente maior, cerca de 21,2 dias comparado aos pacientes sem infecção, com diagnóstico médio de infecção ocorrendo após 11,7 dias de internação.

##### **3.1.2 Principais tipos de infecções hospitalares**

###### **3.1.2.1 Infecção de Sítio Cirúrgico (ISC)**

Ocorre no local da incisão operatória ou em áreas manipuladas durante o procedimento cirúrgico. São uma das maiores fontes de morbidade e mortalidade entre os pacientes submetidos a cirurgias. Elas são classificadas em três tipos: superficial (limitada à

pele e tecido subcutâneo), profunda (atinge fáscia e músculos) e de órgão ou cavidade (quando envolve estruturas manipuladas na cirurgia). Os fatores de risco incluem tempo cirúrgico prolongado, falhas na assepsia da pele, esterilização inadequada dos instrumentos, preparo pré-operatório insuficiente e uso inadequado de antimicrobianos.

### 3.1.2.2 Infecção do Trato Urinário (ITU)

É uma condição comum causada principalmente pela bactéria *Escherichia coli*. Pode ocorrer por fatores como uso de cateteres, relações sexuais ou condições clínicas específicas. Os sintomas incluem dor ao urinar, aumento da frequência urinária, urina turva e em casos graves, febre e dor lombar. O diagnóstico é feito por exame de urina e urocultura. O tratamento envolve o uso de antibióticos específicos, de acordo com a bactéria identificada. A prevenção depende de boas práticas de higiene, uso adequado de sondas e protocolos hospitalares.

### 3.1.2.3 Infecção da Corrente Sanguínea (IPCS)

A infecção ocorre por meio de uma bactéria derivada de um dispositivo intravascular. Ela traz um aumento na taxa de mortalidade e maior tempo de internação, cerca de 60% das bactérias dentro do ambiente hospitalar são infecções de corrente sanguínea (Secretaria da Saúde de São Paulo, 2021). O diagnóstico é feito por hemocultura positiva e avaliação clínica compatível. O tratamento deve ser iniciado o mais rápido possível com o uso de antimicrobianos.

## 3.2 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

### 3.2.1 Conceitos Básicos

Segundo Melo (2025), a radiação ultravioleta (UV) é um tipo de radiação eletromagnética ionizante com comprimento de onda menor que a luz visível, mas maior que os raios X. Esta radiação possui uma alta energia e frequência, as características conferem propriedades germicidas únicas para aplicações em desinfecção e esterilização, a radiação se divide em três categorias, tendo cada uma características e funções específicas.

#### 3.2.1.1 UV-A (315-400 nm)

Sofre pouca absorção pela camada de ozônio e é responsável por processos como bronzeamento artificial e fototerapia. Representa aproximadamente 95% da radiação solar que atinge a superfície terrestre.

#### 3.2.1.2 UV-B (280-315 nm)

Fortemente absorvida pela camada de ozônio, é a forma mais destrutiva de luz UV natural, sendo responsável por queimaduras solares e, a longo prazo, câncer de pele.

#### 3.2.1.3 UV-C (100-280 nm)

Completamente absorvida pelo oxigênio e ozônio estratosférico, não atinge naturalmente a superfície terrestre. É a faixa específica utilizada para esterilização e desinfecção, sendo considerada a forma germicida mais eficaz da radiação ultravioleta.

### 3.2.2 Propriedades Germicidas da Radiação UV-C

A radiação UV-C possui características especiais que a tornam extremamente eficaz para inativação de microrganismos. “Os fótons transportados por ondas UV-C, com comprimentos de onda entre 100 e 290 nanômetros, apresentam maior reatividade para ácidos nucleicos, especificamente nas ligações entre timinas e adeninas” (Clebiset al., 2024).

#### 3.2.2.1 Mecanismo de ação germicida da UV-C

Baseia-se na destruição de biomoléculas essenciais. Segundo estudos especializados, "a esterilização UV funciona quebrando certas ligações químicas e embaralhando a estrutura do DNA, RNA e proteínas, fazendo com que um microrganismo seja incapaz de se multiplicar" (Equipe Hipperquímica, 2023). Quando um microrganismo é incapaz de se multiplicar, ele é considerado morto, pois não pode se reproduzir dentro de um hospedeiro e não é mais infeccioso.

#### 3.2.2.2 Eficácia da radiação UV-C

É determinada pela dose aplicada, que depende da intensidade da radiação, da distância da fonte de luz e do tempo de exposição. “Para lâmpadas potentes e superfícies próximas, o tempo pode ser tão curto quanto alguns segundos, enquanto para lâmpadas menos potentes ou superfícies distantes, podem ser necessários vários minutos” (Lilac; Santana, 2020).

### 3.3 MICROORGANISMOS E RESISTÊNCIA

#### 3.3.1 Espectro de Ação Antimicrobiana

A radiação UV-C demonstra eficácia contra uma ampla gama de microrganismos, incluindo vírus, bactérias, fungos e esporos. Diferentes microrganismos possuem diferentes estruturas e proteções, necessitando de doses específicas para alcançar determinado efeito de inativação, alguns estudos demonstram que a população de todos os microrganismos testados, incluindo esporos bacterianos, foram eliminados (redução de 99,9%) após 5 minutos de exposição à luz UV-C em condições controladas para microrganismos específicos, como o coronavírus, a fluência necessária é de 226 J/m<sup>2</sup> para inativação eficaz.

#### 3.3.2 Mecanismos de Resistência

A resistência de microrganismos à radiação UV-C varia significativamente entre as espécies, sendo os principais microrganismos presentes em ambientes laboratoriais e hospitalares bactérias, vírus e fungos, cada um com diferentes níveis de resistência. Fatores que influenciam a resistência incluem: Espessura da parede celular, presença de pigmentos protetores, capacidade de reparo do DNA, formação de esporos, estrutura viral (RNA vs DNA), a formação de biofilmes em superfícies representa um desafio significativo, pois protege os microrganismos da ação dos desinfetantes, incluindo a radiação UV-C, dificultando a eliminação eficaz.

### 3.4 APLICAÇÕES EM AMBIENTE HOSPITALAR

#### 3.4.1 Esterilização de Superfícies e Equipamentos

A tecnologia UV-C é amplamente utilizada em ambientes hospitalares para desinfecção de superfícies, equipamentos médicos e áreas críticas. Estudos clínicos demonstram que dispositivos fixos emissores de luz UV-C alcançam 100% de inativação bacteriana em superfícies hospitalares nas condições testadas.

### **3.4.2 Tratamento do Ar**

A desinfecção do ar através de sistemas UV-C instalados em dutos de ventilação representa uma abordagem eficaz para controle de infecções nosocomiais. Segundo pesquisadores da Universidade de Columbia (2023), a luz -UVC elimina bactérias, vírus, esporos, fungos e ácaros suspensos no ar, mantendo o ambiente com grau de esterilização de 99%.

## **3.5 EFICÁCIA, VANTAGENS E LIMITAÇÕES**

### **3.5.1 Parâmetros de Eficácia**

A eficácia da desinfecção UV-C depende de diversos fatores operacionais que devem ser cuidadosamente controlados para garantir resultados consistentes.

#### **3.5.1.1 Tempo de Exposição**

Varia conforme o microrganismo alvo e a intensidade da fonte. Estudos mostram que o tempo de exposição pode variar entre frações de segundos a minutos para desinfecção completa.

#### **3.5.1.2 Distância da Fonte**

A intensidade da radiação UV-C diminui significativamente com a distância, seguindo a lei do inverso do quadrado da distância.

#### **3.5.1.3 Ausência de Barreiras**

A radiação UV-C não possui poder de penetração em materiais opacos, sendo eficaz apenas em superfícies diretamente expostas à luz.

### 3.5.2 Vantagens da Tecnologia UV-C

A utilização de radiação UV-C apresenta múltiplas vantagens em relação aos métodos convencionais de desinfecção:

**Eficácia Comprovada:** Inativa até 99,9% dos vírus, bactérias e fungos quando aplicada durante tempo e distância corretos. **Processo Ecológico:** Não requer adição de produtos químicos, sendo seguro para pessoas e animais quando utilizado adequadamente.

**Ausência de Resistência:** Diferentemente de produtos químicos, não existe probabilidade de microrganismos criarem resistência às ondas ultravioletas.

**Processo Instantâneo:** A radiação não permanece no ambiente após a utilização, não havendo permanência de radiação quando a fonte é desligada.

**Baixo Custo Operacional:** Apresenta baixo custo de operação e manutenção comparado a outros métodos de esterilização.

### 3.5.3 Limitações e Precauções

Apesar das vantagens, a tecnologia UV-C apresenta limitações importantes que devem ser consideradas:

Tabela 2 - Limitações e Precauções

|                           |                                                                                                                             |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Baixo Poder de Penetração | A radiação UV-C tem efeitos deletérios limitados sobre materiais em sombra e baixo poder de penetração em materiais opacos. |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                            |                                                                                                                             |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Riscos à Saúde Humana      | A exposição direta da pele e olhos à radiação UV-C pode causar lesões oculares dolorosas e reações na pele tipo queimadura. |
| Necessidade de Treinamento | Os operadores devem ser cuidadosamente treinados para evitar efeitos adversos à saúde.                                      |

Fonte: Os autores 2025

### 3.6 SEGURANÇA E NORMAS TÉCNICAS

#### 3.6.1 Requisitos de Segurança

A utilização segura de dispositivos UV-C exige o cumprimento de rigorosos requisitos de segurança. Segundo a norma IEC 62471 (2006), os dispositivos UV-C devem atender aos requisitos elétricos, térmicos, mecânicos e de exposição humana a campos eletromagnéticos, o equipamento deve incorporar sistemas de segurança avançados, como sensores de movimento para inativação automática, sinais sonoros de aviso de operação, proteções físicas para evitar exposição acidental e sistemas de temporização automática.

#### 3.6.2 Regulamentação Brasileira

No Brasil, a utilização de equipamentos germicidas UV-C é normatizada por diversas instituições. A ANVISA, através da Resolução RDC nº 15 de 2012, estabelece requisitos para processamento de produtos para saúde, incluindo aspectos relacionados à desinfecção e esterilização.

##### 3.6.2.1 NBR 14990

Trata-se de sistemas e materiais de embalagem para esterilização de produtos para saúde, estabelecendo requisitos para garantir que os materiais, técnicas e processos utilizados sejam eficazes e seguros em processos de esterilização, tradicionalmente por óxido de etileno, vapor ou calor seco. Embora sua ênfase principal seja na embalagem e não no processo germicida em si, a norma determina critérios para a avaliação de materiais submetidos à

esterilização, como resistência a agentes físicos, inclusive radiação; Propriedades de barreira microbiana e integridade dos materiais após exposição a métodos de esterilização; Detalhamento dos ensaios para avaliação de propriedades (como permeabilidade, resistência físico-química e comportamento sob ação de radiação).

### 3.6.2.2 NBR ISO 14971

É a norma internacional para gerenciamento de riscos aplicados a produtos para a saúde, incluindo dispositivos médicos que empregam UV-C. Ela especifica um processo estruturado pelo qual fabricantes identificam perigos, estimam e avaliam os riscos associados, implementam controles e monitoram a eficácia dessas medidas ao longo do ciclo de vida do produto. A norma tem o foco na identificação, avaliação e implementação de controle de riscos.

### 3.6.3 Diretrizes de Aplicação

As principais organizações internacionais, incluindo OMS, EPA, CDC e ASHRAE, recomendam a utilização de sistemas UV-C para tratamento do ar em diversos ambientes. No Brasil, além das normas ABNT, a ABRAVA (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado, Ventilação e Aquecimento) recomenda a utilização desta tecnologia.

#### 3.6.3.1 Requisitos para aplicação

A instalação e operação de sistemas UV-C devem seguir protocolos específicos que garantam: Ausência de pessoas e animais durante a operação; manutenção preventiva regular das lâmpadas; monitoramento da intensidade de radiação; validação periódica da eficácia germicida.

## 3.7 ARDUINO

### 3.7.1 O que é

O arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica que permite o desenvolvimento destes projetos. Ele é composto por uma placa com microcontrolador e um ambiente de

desenvolvimento integrado (IDE) que permite a programação e o controle de circuitos eletrônicos. Ele é uma ferramenta de código aberto, ou seja, os usuários podem compartilhar códigos para aprimoramento de um projeto.

Ele pode ser conectado a sensores, atuadores e diversos dispositivos eletrônicos, possibilitando a automação de tarefas, a coleta de dados e a criação de sistemas interativos. A programação do Arduino é feita em uma linguagem baseada em C/C++ onde o código é escrito no computador por meio de softwares e transferido para a placa por meio de um cabo USB (Blog Eletrogate, 2022).

É um dispositivo muito versátil e simples de usar, que se tornou muito comum para diversos usos como projetos educacionais, científicos e tecnológicos, sendo usado em protótipos destes trabalhos por conta de sua eficiência e fácil ligação a outros dispositivos.

### 3.7.2 Tipos de arduino

Tabela 3 - Tipos de arduino

Fonte: Os autores (2025)

| Modelo                    | Arduíno UNO                        | Arduíno Mega                                 | Arduíno Nano           | Arduíno Pro Mini                                |
|---------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------|
| Microcontrolador          | ATmega328P                         | ATmega2560                                   | ATmega328P             | ATmega328P                                      |
| Velocidade de Clock       | 16 MHZ                             | 16 MHZ                                       | 16 MHZ                 | 16 MHZ                                          |
| Memória Flash             | 32 KB                              | 256 KB                                       | 32 KB                  | 32 KB                                           |
| SRAM                      | 2 KB                               | 8 KB                                         | 2 KB                   | 2 KB                                            |
| EEPROM                    | 1 KB                               | 4 KB                                         | 1 KB                   | 1 KB                                            |
| Pinos Digitais            | 14 (6 PWM)                         | 14 (6 PWM)                                   | 54 (15 PWM)            | 14 (6 PWM)                                      |
| Pinos Analógicos          | 6                                  | 16                                           | 8                      | 8                                               |
| Conexão USB               | USB-B                              | USB-B                                        | Mini USB               | Não possui                                      |
| Características Especiais | Placa básica ideal para iniciantes | Mais pinos e memória para projetos complexos | Versão compacta do Uno | Tamanho ultra compacto para projetos embarcados |

### 3.7.3 Especificações

#### 3.7.3.1 Overclock

É um aumento ou aceleração dos clocks do processador, que vão além dos valores de fábrica, ou seja, alimenta o processador com mais energia para que ele aumente sua potência e alcance mais velocidade, assim conseguindo extrair mais desempenho do processador. Mas com isso gera mais calor, o que é um problema, sendo necessário alguma forma de refrigeração mais eficiente, assim como a refrigeração líquida (TechTudo, 2015).

#### 3.7.3.2 Memória Flash

É um tipo de memória não volátil, ou seja, mantém os dados mesmo quando desligado e não exige um alto uso de energia para funcionar. É muito utilizado em diversos dispositivos como pen drives, cartão de memória e SSDs. Este dispositivo mantém guardado os dados por um grande período de tempo e sem risco de perda. Por estes motivos é muito utilizada em dispositivos móveis (Syozi, 2023).

#### 3.7.3.3 SRAM

É um tipo de armazenamento de forma temporária, só armazenando informações quando está energizado, quando desligado são perdidas estas informações. A SRAM consegue manter os bytes mesmo sem atualização contínua, perdidos somente após a interrupção da fonte de energia (TechTudo, 2014). funciona utilizando uma série de transistores e condensadores para armazenar dados. O condensador armazena o bit de informação e os transistores controlam o fluxo dos dados (Samaria, 2023).

#### 3.7.3.4 EEPROM

É um tipo de memória não volátil usada para armazenar quantidades relativamente pequenas de dados que podem permitir que bytes individuais sejam apagados e reprogramados (BlogRaisa, 2023). Sua função principal é armazenar dados não voláteis, ou seja, informações que não são perdidas quando o microcontrolador é desligado.

### 3.7.3.5 Pinos Digitais

O Arduino possui 14 pinos que podem ser configurados como entrada ou saídas digitais, que operam apenas entre dois estados elétricos: alto ou baixo. Esses pinos são fundamentais para ler sensores digitais (como botões) ou controlar dispositivos (como LEDs e atuadores), permitindo ao Arduino interagir com o mundo físico de forma simples e eficiente.

### 3.7.3.6 Pinos Analógicos

São usados para leitura de sinais analógicos de sensores conectados ao Arduino, e podem ser de quaisquer valores entre zero a 5 volts. Eles podem também serem configurados como pinos digitais. A técnica utilizada para a leitura de um sinal analógico pelo Arduino é a conversão analógica digital. Essa técnica consiste em converter o sinal analógico para um valor digital, dessa forma se pode quantificar o sinal presente no pino (Souza, 2013).

### 3.7.3.7 Tensão Operacional

É a faixa de tensão no qual os componentes do arduino podem funcionar de forma segura e eficiente, sem risco de danos ou falhas. Sendo ela de 5V para cada um dos tipos de arduinos apresentados acima.

### 3.7.3.8 Conexão USB

É um tipo de conexão padrão usada para comunicar e transferir dados entre um dispositivo e outro, além de conseguir fornecer energia para outro dispositivo ou componente.

## 3.8 SENSOR DE PRESENÇA

### 3.8.1 O que é um sensor de presença

O sensor de presença é um aparelho que detecta de forma automática a presença ou movimentação de pessoas ou objetos em um determinado local. Quando ele detecta a presença da pessoa ou objeto, ele emite um sinal para ativar aparelhos como luzes, alarmes ou sistemas de ventilação. É muito utilizado em projetos de automação, pois proporciona economia de energia, oferece praticidade e segurança, operando sem a necessidade de contato físico.

### 3.8.2 Tipos de sensores

#### 3.8.2.1 Infravermelho Passivo

Identifica alterações na radiação infravermelha (calor) emitida por corpos quentes, quando detecta mudanças na temperatura ambiente ele dispara um sinal quando alguém entra na área monitorada (Lopes, 2025).

#### 3.8.2.2 Ultrassônico

Emite ondas sonoras de alta frequência e detecta movimentos por variações no eco recebido. Se houver variação no padrão do eco, o sensor interpreta como presença e aciona o sistema (Lopes, 2025).

#### 3.8.2.3 Micro-ondas

Emite pulsos contínuos em formato de ondas sempre que algo ou alguém entra em um espaço e modifica aquele padrão de ondas pré-definido. Ele é um dos mais indicados para a percepção de pessoas, pois consegue identificá-las com mais facilidade, mesmo em meio a objetos. Além disso, também é capaz de ultrapassar bloqueios (Alkane, 2024).

## 3.9 MÓDULOS E COMPONENTES

Tabela 4 - Componentes

| Componentes | Descrição                                                                                                    | Funcionamento/Utilização                                                                                                 |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Módulo relé | É um dispositivo que utiliza o campo magnético de uma bobina para acionar contatos mecânicos.                | Quando a bobina recebe corrente elétrica, gera um campo magnético que atrai uma alavanca, mudando o estado dos contatos. |
| Resistor    | É um componente que oferece oposição à passagem de corrente elétrica, convertendo energia elétrica em calor. | Limita a corrente e divide a tensão para proteger o circuito.                                                            |
| Diodo       | É um semicondutor que permite a condução de corrente elétrica em apenas um sentido.                          | Protege transistores e microcontroladores contra picos de tensão induzidos pela desenergização da bobina.                |
| Transistor  | É um semicondutor de três camadas.                                                                           | É utilizado como amplificador, chave eletrônica ou inversor.                                                             |

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1 TIPO DE PESQUISA**

O projeto visa aplicar a pesquisa para resolver problemas concretos do contexto hospitalar, adotando uma abordagem prática e focada na validação de soluções tecnológicas. Deseja-se utilizar imagens e mapas de distribuição de radiação UV-C, obtidos por sensores e dispositivos especializados, bem como outras técnicas e parâmetros já validados em métodos práticos de desinfecção, a serem posteriormente empregados na implementação no ambiente hospitalar. O tipo de pesquisa é principalmente exploratório, descritivo e prático, pois investiga de forma direcionada tanto os atributos quanto os efeitos da luz UV-C sobre microrganismos e superfícies, ao mesmo tempo em que documenta de maneira detalhada a função e integração dos componentes do protótipo. A abordagem é quantitativa, fundamentada na coleta de dados precisos como intensidade de radiação, tempo de exposição e área de cobertura para mensurar objetivamente a eficácia do sistema.

### **4.2 FUNÇÃO DOS COMPONENTES**

#### **4.2.1 MICROCONTROLADOR (ARDUINO)**

O cérebro por trás de todo o sistema processa sinais dos sensores, amplifica-os para um chip de microcontrolador e então controla quando as lâmpadas UV-C serão desligadas. Curto-circuitos com detecção de ausência fazem parte de sua programação de segurança de design.

#### **4.2.2 SENSOR DE PRESENÇA**

Para detectar movimento (na zona de detecção) ou a presença de pessoas, animais, etc. Uma vez que o movimento é detectado, eles enviam um sinal para o microcontrolador, interrompendo assim o ultravioleta visto na figura 4.1 — fonte de radiação Am-T-C. Circuito de prevenção.

### **4.2.3 LÂMPADA UV-C**

Estas lâmpadas emitem radiação germicida com um comprimento de onda de cerca de 254 nm, que é eficaz na inativação de bactérias, vírus, bem como fungos. Assim, elas formam o ponto central de todo o processo de desinfecção

### **4.2.4 RELÉ DE ATIVAÇÃO**

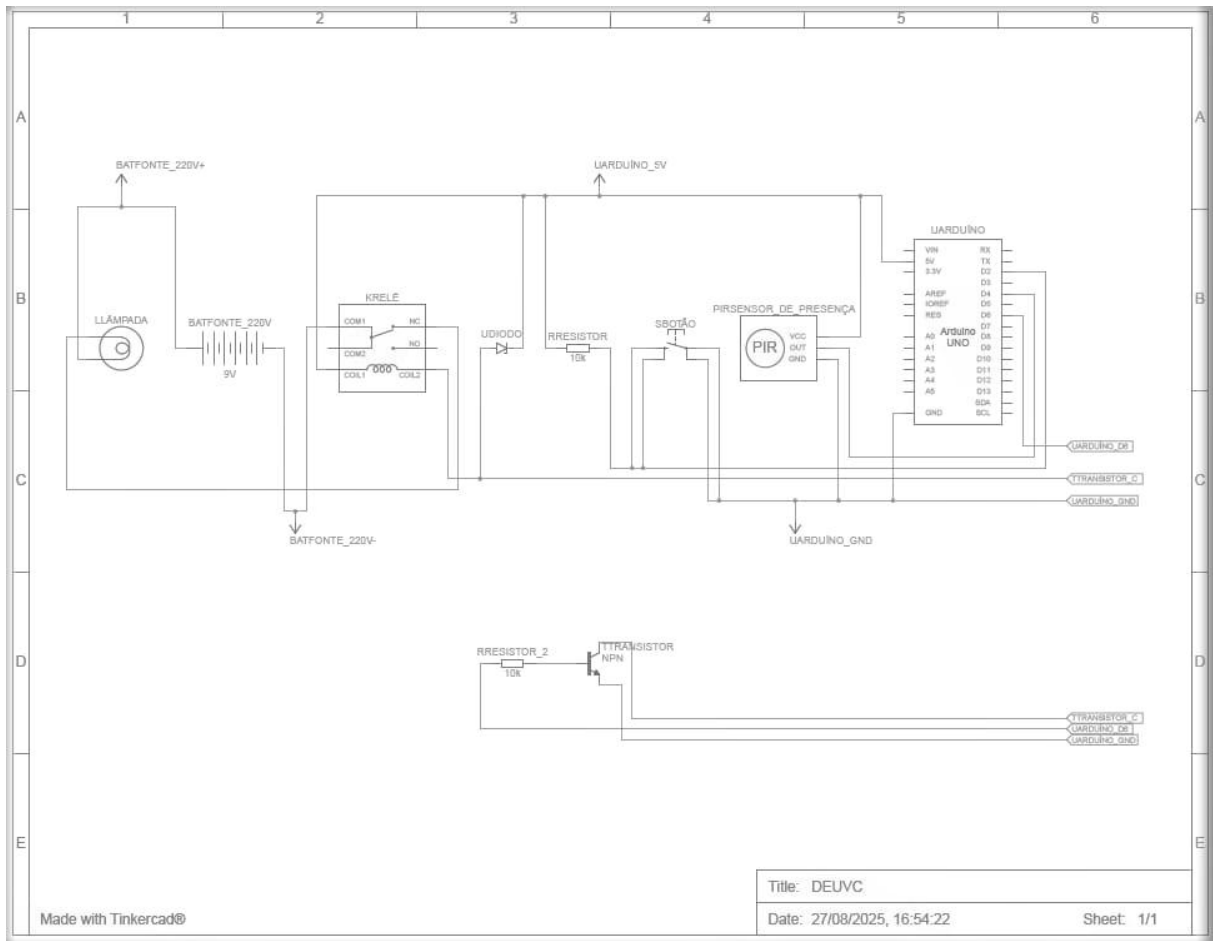
Como um interruptor eletrônico para fazer a introdução ou interrupção das lâmpadas UV-C. O microcontrolador envia um comando através dele, mudando o circuito de controle dos circuitos de potência.

### **4.2.5 FONTE DE ALIMENTAÇÃO**

Para alterar e fornecer energia elétrica estável a todos os componentes, deve seguir a tensão e a corrente exigidas por cada um.

4.3 ESQUEMA ELÉTRICO

Figura 1 - Circuito Elétrico



Fonte: Os autores (2025)

4.3.1 Função do Circuito

Tabela 5 - Função do Circuito

| Componentes | Função no Circuito                                                                                            |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Botão       | Permite ativar o sistema manualmente. Quando pressionado, envia um sinal digital ao pino 2 do Arduino.        |
| Arduíno Uno | Controla todo o sistema, lendo o botão e o sensor PIR e acionando o transistor para ligar/desligar a lâmpada. |
| Sensor PIR  | Detecta movimentos no ambiente. Quando detecta presença,                                                      |

|                |                                                                                                                                                   |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | envia um sinal digital ao pino 4 do Arduino.                                                                                                      |
| Transistor NPN | Atua como um interruptor eletrônico. Quando o Arduino envia sinal ao pino da base (pino 6), ele permite a passagem de corrente que aciona o relé. |
| Resistor       | Limitador de corrente para proteger a base do transistor contra sobrecorrente.                                                                    |
| Relé           | Dispositivo eletromecânico que comuta a energia da lâmpada. Permite que o Arduino controle cargas de alta tensão.                                 |
| Diodo          | Protege o transistor contra picos de tensão reversa gerados pela bobina do relé ao desligar (diodo de flyback).                                   |
| Lâmpada        | Carga controlada pelo sistema. É ligada e desligada de acordo com as decisões do Arduino.                                                         |
| Fonte 220V     | Alimenta o relé e a lâmpada.                                                                                                                      |
| Fonte Arduíno  | Alimenta o botão, sensor PIR e transistor.                                                                                                        |

Fonte: Os autores (2025)

#### 4.4 PROGRAMAÇÃO

Figura 2 - Código Parte 1

```

1 // Definindo os pinos corretos
2 const int pinoBotao = 2; // Botão de ativação do sistema
3 const int pinoPIR = 4; // Sensor de presença
4 const int pinoTransistor = 6; // Transistor que aciona a lâmpada
5
6 // Variáveis de controle
7 bool sistemaAtivo = false;
8 unsigned long tempoInicio = 0;
9 const unsigned long tempoAtivacao = 10000; // 10 segundos em milissegundos
10
11 void setup() {
12     pinMode(pinoBotao, INPUT);
13     pinMode(pinoPIR, INPUT);
14     pinMode(pinoTransistor, OUTPUT);
15
16     digitalWrite(pinoTransistor, LOW); // Lâmpada desligada no início
17
18     Serial.begin(9600);
19 }
20
21 void loop() {
22     int estadoBotao = digitalRead(pinoBotao);
23     int movimentoDetectado = digitalRead(pinoPIR);
24
25     // Ativa o sistema ao pressionar o botão
26     if (estadoBotao == HIGH && !sistemaAtivo) {
27         sistemaAtivo = true;
28         tempoInicio = millis();

```

Fonte: Os autores (2025)

Figura 3 - Código Parte 2

```
29     digitalWrite(pinoTransistor, HIGH); // Liga a lâmpada
30     Serial.println("Sistema ativado: lâmpada acesa");
31 }
32
33 // Se o sistema estiver ativo
34 if (sistemaAtivo) {
35     // Se o sensor detectar movimento, desligar imediatamente
36     if (movimentoDetectado == HIGH) {
37         digitalWrite(pinoTransistor, LOW);
38         sistemaAtivo = false;
39         Serial.println("Movimento detectado: lâmpada apagada");
40     }
41     // Se passaram os 10 segundos, desligar a lâmpada
42     else if (millis() - tempoInicio >= tempoAtivacao) {
43         digitalWrite(pinoTransistor, LOW);
44         sistemaAtivo = false;
45         Serial.println("Tempo expirado: lâmpada apagada");
46     }
47 }
48 }
```

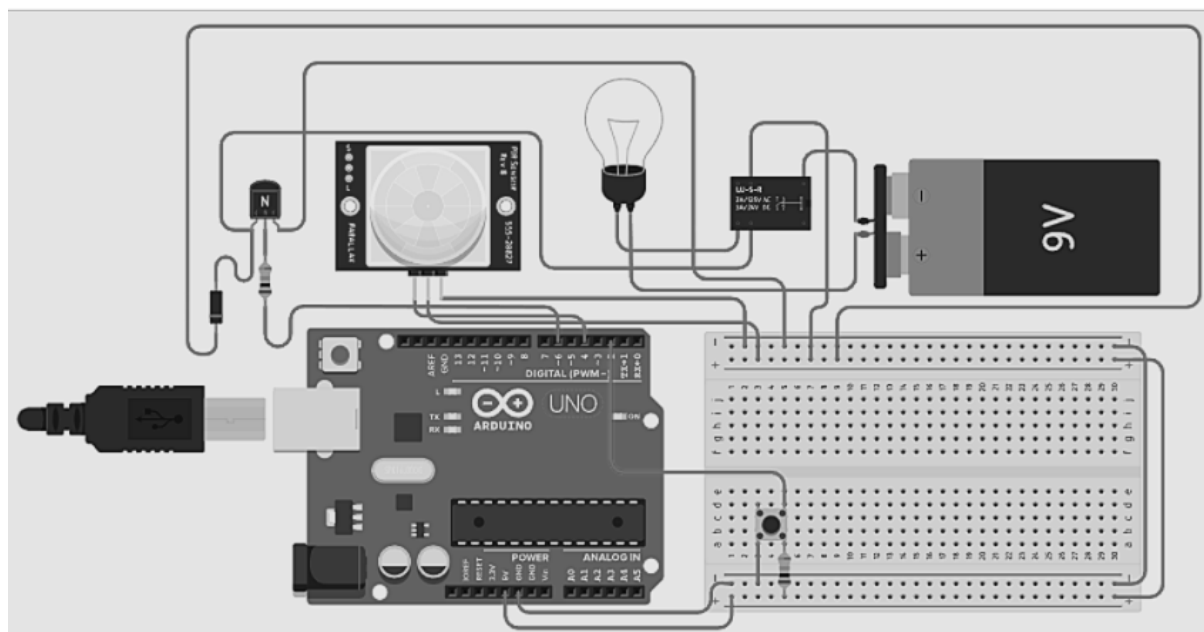
Fonte: Os autores (2025)

#### 4.4.1 Função do Código

- Sistema Inativo (inicialmente):
- A lâmpada começa desligada.
- Ativação via botão:
- Quando o botão é pressionado, o sistema é ativado.
- A lâmpada é acesa e um temporizador de 10 segundos começa a contar.
- Durante os 10 segundos:
- Se o sensor PIR detectar movimento, a lâmpada é desligada imediatamente.
- Se não houver movimento, a lâmpada se desliga automaticamente após os 10 segundos.
- Após o desligamento:
- O sistema volta ao estado inativo e aguarda novo acionamento pelo botão.

## 4.5 PROTÓTIPO

Figura 4 - Protótipo



Fonte: Os autores (2025)

### 4.5.1 Funcionalidade

O protótipo integra esquema elétrico, programação e montagem física para acionar com segurança uma lâmpada UV-C de 254 nm projetada para detecção de problemas, mostrando a coerência entre os elementos do circuito e a lógica embarcada. O botão ligado ao pino D2 habilita o ciclo; o sensor PIR no pino D4 funciona como intertravamento de presença; e o pino D6 comanda o estágio de potência com transistor e o relé que é responsável pela sobrecarga da carga. Ao acionamento, o Arduino registra o tempo com milissegundos e liga a lâmpada, caso tenha o movimento o PIR força desligamento imediato, e na ausência de movimento o sistema fecha automaticamente ao atingir aproximadamente 10 s. O circuito preserva o isolamento entre controle em 5 V e carga por meio do módulo de relé e utiliza diodo de flyback no acionamento para proteger o transistor, reproduzido na prática nas demonstrações do protótipo. Prevê-se a instalação em ambientes hospitalares de circulação controlada, UTIs, enfermarias e corredores, operando sempre sem pessoas no local e com posicionamento que minimize sombras para maximizar a eficácia germicida.



## 6. RECURSOS

Tabela 7 - Recursos

| Material                                                         | Valor unitário | Quantidade | Valor total | Fonte         | Data      |
|------------------------------------------------------------------|----------------|------------|-------------|---------------|-----------|
| Placa Uno Rev3 R3<br>Atmega328 Smd +<br>Cabo Usb + Pinos         | R\$36,99       | 1          | R\$36,99    | Mercado Livre | 21/8/2025 |
| Lâmpada Ultra Violeta<br>Germicida 15w 45cm<br>Uvc Esterilizador | R\$27,93       | 1          | R\$27,93    | Mercado Livre | 23/8/2025 |
| Resistor 10KΩ 1W                                                 | R\$0,32        | 2          | R\$0,64     | MakerHero     | 27/8/2025 |
| Diodo Zener SMD<br>7,5V                                          | R\$0,18        | 1          | R\$0,18     | MakerHero     | 27/8/2025 |
| Transistor S9014 NPN                                             | R\$0,32        | 1          | R\$0,32     | MakerHero     | 27/8/2025 |
| Sensor de Movimento<br>Presença PIR                              | R\$10,35       | 1          | R\$10,35    | MakerHero     | 27/8/2025 |
| Módulo Botão Grove                                               | R\$12,25       | 1          | R\$12,25    | MakerHero     | 27/8/2025 |
| Módulo Relé 5V 1<br>Canal                                        | R\$7,50        | 1          | R\$7,50     | MakerHero     | 27/8/2025 |
| Valor final: R\$96,16                                            |                |            |             |               |           |

## 7. RESULTADOS ESPERADOS OU PARCIAIS

Espera-se que o protótipo DEUVC realize a desinfecção de ambientes hospitalares por radiação UV-C por meio de uma lâmpada germicida de 254 nm, alimentada pela rede elétrica institucional, com acionamento inicial via botão momentâneo integrado ao painel do dispositivo para habilitar o circuito de controle do microcontrolador Arduino. Em operação, o sistema será iniciado quando o operador acionar o botão de partida, momento em que o Arduino habilitará o temporizador e preparará a comutação do circuito de potência via relé de 5 V, mantendo a lâmpada desligada até a verificação automática de segurança dos sensores de presença. Em seguida, uma vez confirmada a ausência de pessoas ou animais no local pelo sensor PIR, o relé energizará a lâmpada UV-C para executar o ciclo de desinfecção, respeitando um tempo padrão de 10 segundos por ciclo e desligamento imediato caso seja detectado movimento durante o processo. O ambiente alvo deverá estar previamente organizado para minimizar sombras e barreiras, assegurando exposição direta da radiação às superfícies e ao volume de ar tratado, conforme os parâmetros de eficácia previstos na fundamentação teórica do projeto.

Espera-se que o protótipo alcance redução de carga microbiana compatível com o uso de UV-C em condições controladas, com inativação projetada de até 99,9% quando respeitados tempo de exposição, distância e ausência de barreiras, alinhado às evidências levantadas na revisão e aos testes planejados na metodologia quantitativa do estudo. O sistema deverá garantir segurança operacional através de múltiplas camadas: intertravamento por sensor de presença, temporização automática, comando por botão sem trava, indicação de estado por lógica do microcontrolador e comutação isolada por relé, mitigando riscos de exposição humana e de falhas elétricas. A construção priorizará materiais sustentáveis no suporte e dimensões que permitam transporte e reposicionamento fáceis entre UTIs, enfermarias e corredores, mantendo baixa complexidade de operação e manutenção preventiva simples (troca de lâmpada e inspeção de conexões).

## REFERÊNCIAS

**SILVA, João.** Infecções hospitalares atingem 14% das internações: problema é sério e precisa de atenção. *Saúde Business*, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.saudebusiness.com/artigos/infeccoes-hospitalares-atingem-14-das-internacoes-problema-e-serio-e-precisa-de-atencao/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**NANGINO, Glaucio de Oliveira; OLIVEIRA, Cláudio Dornas de; CORREIA, Paulo César; MACHADO, Noelle de Melo; DIAS, Ana Thereza Barbosa.** Impacto financeiro das infecções nosocomiais nas unidades de terapia intensiva de um hospital filantrópico em Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 357–361, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-507X2012000400011>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**SANTOS, Livia.** Infecções hospitalares atingem 14% das internações: problema é sério e precisa de atenção. *Saúde Business*, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.saudebusiness.com/artigos/infeccoes-hospitalares-atingem-14-das-internacoes-problema-e-serio-e-precisa-de-atencao/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**UNESP.** Protocolo de prevenção de infecção hospitalar. *Repositório Institucional UNESP*, São Paulo, 2020. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/entities/publication/e36500a0-1dcd-489a-86f6-a624a3532de8/full?utm\\_source=chatgpt.com](https://repositorio.unesp.br/entities/publication/e36500a0-1dcd-489a-86f6-a624a3532de8/full?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 28 ago. 2025.

**HIGICLEAR.** Infecção hospitalar: causas, tipos e prevenção. *Higiclear*, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.higiclear.com/artigos/infeccao-hospitalar/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**SÃO PAULO (Estado). Centro de Vigilância Epidemiológica.** Infecção hospitalar – IFC05. *Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo*, São Paulo, 2015. Disponível em: [https://www.saude.sp.gov.br/resources/cve-centro-de-vigilancia-epidemiologica/areas-de-vigilancia/infeccao-hospitalar/doc/ih\\_ifc05.pdf](https://www.saude.sp.gov.br/resources/cve-centro-de-vigilancia-epidemiologica/areas-de-vigilancia/infeccao-hospitalar/doc/ih_ifc05.pdf). Acesso em: 28 ago. 2025.

**SOUZA, Fernanda et al.** Infecção hospitalar: análise epidemiológica. *Brazilian Journal of Health Review*, Curitiba, v. 5, n. 3, 2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/66763>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**MAYO CLINIC.** Infecção do trato urinário: essa infecção comum pode ser grave. *Mayo Clinic News Network*, Rochester, 2024. Disponível em: <https://newsnetwork.mayoclinic.org/pt/2024/05/09/infeccao-do-trato-urinario-essa-infeccao-comum-pode-ser-grave/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**HOSPITAL DAS CLÍNICAS DE MARÍLIA.** Protocolo de prevenção de infecção de corrente sanguínea. *HCFAMEMA*, Marília, 2019. Disponível em: <https://hcfamema.sp.gov.br/wp-content/uploads/2019/09/HCF-Protocolo-de-Preven%C3%A7%C3%A3o-de-Infec%C3%A7%C3%A3o-de-Corrente-Sangu%C3%ADnea.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil).** Critérios diagnósticos de infecções relacionadas à assistência à saúde. *Ministério da Saúde*, Brasília, 2017. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/criterios\\_diagnosticos\\_infeccoes\\_assistencia\\_saude.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/criterios_diagnosticos_infeccoes_assistencia_saude.pdf). Acesso em: 28 ago. 2025.

**SILVA, Carolina.** Radiação ultravioleta (UV). *Mundo Educação*, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/radiacao-ultravioleta-uv.htm>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**HIPPERQUÍMICA.** Esterilização UV: como funciona e aplicações. *Hipperquímica*, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://hipperquimica.com.br/esterilizacao-uv/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**PRAGASE EVENTOS.** Perguntas e respostas sobre luz UV-C na desinfecção de ambientes e objetos. *Pragase Eventos*, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://pragaseeventos.com.br/perguntas-e-respostas-sobre-luz-uv-c-na-desinfeccao-de-ambientes-e-objetos/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**REVISTA IMPLANT NEWS.** Qual é a efetividade da UV para biossegurança na odontologia. *Implant News*, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://revistaimplantnews.com.br/qual-e-a-efetividade-da-uv-para-biosseguranca-na-odontologia/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**BRAZILIAN JOURNALS.** Aplicação de luz UV-C em ambientes hospitalares. *Brazilian Journal of Health Review*, Curitiba, 2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/76223>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil).** Luz UV-C e desinfecção de ambientes. *BVS MS*, Brasília, 2021. Disponível em: <https://bvsmms.saude.gov.br/?p=9921>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**MOGITEQ.** Conheça os benefícios da esterilização de ambientes por irradiação ultravioleta. *Mogiteq*, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://mogiteq.com.br/conheca-os-beneficios-da-esterilizacao-de-ambientes-por-irradiacao-ultravioleta/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**GLOBAL UV.** Luz UV-C: eficiência e segurança. *Global UV*, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://globaluv.com.br/luz-uv-c-eficiencia-e-seguranca/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**NANOAR.** Perguntas frequentes sobre raios ultravioleta germicidas. *Nanoar*, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.nanoar.com.br/faq/perguntas-frequentes-sobre-raios-ultravioletas-germicidas>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE.** A luz UV pode matar o coronavírus? *UFS*, Aracaju, 2020. Disponível em: <https://www.ufs.br/conteudo/65444-a-luz-uv-pode-matar-o-cornavirus>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**FIRST LAB.** Tipos de esterilização e sua importância. *First Lab*, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://firstlab.ind.br/tipos-de-esterilizacao-e-sua-importancia/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**ANVISA.** Nota técnica 32/2021: guia UV. *Agência Nacional de Vigilância Sanitária*, Brasília, 2021. Disponível em:

[https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/saneantes/notas-tecnicas/nota-tecnica-32\\_2021-guia-uv.pdf](https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/saneantes/notas-tecnicas/nota-tecnica-32_2021-guia-uv.pdf). Acesso em: 28 ago. 2025.

**ABILUX.** GLA UV-C Safety Position Statement. *Abilux*, São Paulo, 2020. Disponível em: [https://abilux.com.br/docs/GLA\\_UV-C\\_Safety\\_PositionStatement\\_26062020.pdf](https://abilux.com.br/docs/GLA_UV-C_Safety_PositionStatement_26062020.pdf). Acesso em: 28 ago. 2025.

**ANVISA.** RDC nº 15, de 15 de março de 2012. *Agência Nacional de Vigilância Sanitária*, Brasília, 2012. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0015\\_15\\_03\\_2012.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0015_15_03_2012.html). Acesso em: 28 ago. 2025.

**ABNT.** NBR 14990-3:2010. *Associação Brasileira de Normas Técnicas*, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/744963198/ABNT-NBR-14990-3-2010>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**ABNT.** NBR 14990-7: Sistemas e materiais de embalagem para esterilização de produtos para saúde – Parte 7: Envelope e tubular para esterilização por óxido de etileno. *Associação Brasileira de Normas Técnicas*, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/23342/abnt-nbr14990-7-sistemas-e-materiais-de-embalagem-para-esterilizacao-de-produtos-para-saude-parte-7-envelope-e-tubular-para-esterilizacao-por-oxido-de-etileno>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**ANVISA.** Orientações sobre equipamentos emissores de luz ultravioleta. *Agência Nacional de Vigilância Sanitária*, Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2021/confira-orientacoes-sobre-equipamentos-emissores-de-luz-ultravioleta>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**ZAMBINI, Carlos.** ABNT NBR ISO 14971-2009 – Produtos para a saúde: Aplicação de gerenciamento de risco a produtos para a saúde. *Zambini*, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://www.zambini.org.br/pdfs/ABNT%20NBR%20ISO%2014971-2009%20-%20Produtos%20para%20a%20sa%C3%BAde%20%E2%80%94%20Aplica%C3%A7%C3%A3o%20de%20gerenciamento%20de%20risco%20a%20produtos%20para%20a%20sa%C3%BAde.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**VICTOR VISION.** O que é Arduino? *Victor Vision*, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://victorvision.com.br/blog/o-que-e-arduino/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**TECHTUDO.** O que é overclocking: entenda quais vantagens e riscos para o seu PC. *TechTudo*, São Paulo, 2015. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2015/04/o-que-e-overclocking-entenda-quais-vantagens-e-riscos-para-o-seu-pc.ghtml>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**TECNOBLOG.** O que é uma memória flash? *Tecnoblog*, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-uma-memoria-flash/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**TECH-LIB.** SRAM: como funciona e aplicações. *Tech-Lib*, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://tech-lib.wiki/sram/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**TECHTUDO.** Memória DRAM e SRAM: entenda tecnologias e suas diferenças. *TechTudo*, São Paulo, 2014. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2014/11/memoria-dram-e-sram-entenda-tecnologias-e-suas-diferencas.ghtml>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**EMBARCADOS.** Pinos digitais do Arduino. *Embarcados*, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://embarcados.com.br/pinos-digitais-do-arduino/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**MEET ARDUINO.** Pinos digitais, analógicos e alimentação do Arduino. *Meet Arduino*, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://meetarduino.wordpress.com/2012/03/29/pinos-digitais-analogicos-e-alimentacao-do-arduino/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**EMBARCADOS.** Arduino: entradas analógicas. *Embarcados*, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://embarcados.com.br/arduino-entradas-analogicas/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**BLOG DA MANUTENÇÃO.** Sensores de presença: como funcionam, veja onde e quando usar. *Blog da Manutenção*, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://blogdamanutencao.com.br/sensores-de-presenca-como-funcionam-veja-onde-e-quando-usar/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

**ALKANE.** Sensor de presença: como funciona. *Blog Alkane*, São Paulo, 2021. Disponível em: [https://blog.alkane.com.br/sensor-de-presenca-como-funciona/#Sensor\\_micro-ondas](https://blog.alkane.com.br/sensor-de-presenca-como-funciona/#Sensor_micro-ondas). Acesso em: 28 ago. 2025.

**FREIRE, Joana de Oliveira Pantoja; PAES, Graciele Oroski; GONZALEZ, Christiany Moçali; BARREIROS, Maria da Gloria Carvalho; FERREIRA, Adriana Lucia Pires.** Luz UVC como estratégia de desinfecção do ar e superfícies hospitalares. *Acta Paulista de Enfermagem*, São Paulo, v. 37, eAPE002191, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.37689/acta-ape/2024AO00002191>. Acesso em: 28 ago. 2025.