



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**MIRIA SOARES ANTONIO**

**UMA PROPOSTA DE UM EXPERIMENTO PARA  
DETECÇÃO E ABSORÇÃO DO INFRAVERMELHO**

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Antonio Custódio de Melo

MARINGÁ  
2023



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**MIRIA SOARES ANTONIO**

**UMA PROPOSTA DE UM EXPERIMENTO PARA  
DETECÇÃO E ABSORÇÃO DO INFRAVERMELHO**

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Antonio Custódio de Melo

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de Física  
como requisito parcial para obtenção do grau  
de Licenciada em Física pela Universidade  
Estadual de Maringá.

MARINGÁ

2023

**MIRIA SOARES ANTONIO**

**UMA PROPOSTA DE UM EXPERIMENTO PARA  
DETECÇÃO E ABSORÇÃO DO INFRAVERMELHO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de Física com  
requisito parcial para obtenção do grau de  
Licenciada em Física pela Universidade  
Estadual de Maringá.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Mauricio Antonio Custódio de Melo - Orientador  
Universidade Estadual de Maringá

---

Prof. Dr. Guilherme Maia Santos  
Universidade Estadual de Maringá

---

Prof. Dr. Breno Ferraz de Oliveira  
Universidade Estadual de Maringá

MARINGÁ  
2023

Dedico este trabalho a todas as pessoas que acreditaram na minha capacidade e no meu esforço, e que contribuíram direta ou indiretamente em minha caminhada até aqui,  
em especial.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por não ter me deixado desistir mesmo com tantos obstáculos, imprevistos, condições adversas, e carências.

Ao meu orientador Prof. Dr. Maurício Antonio Custódio de Melo, por aceitar me orientar no desenvolvimento deste trabalho, por me incluir no seu projeto de laboratório de acesso remoto e por ter tido paciência durante esse processo, por tantas vezes me abriu a mente com suas ideias, se dedicou com excelência em minha orientação a ele meu respeito.

Ao professor. Dr. Breno, por ter me dado a oportunidade de participar do projeto trUEM, me possibilitando experiência e conhecimento das quais levarei para a vida.

Aos meus pais, Regina e Ismael por sempre estar me guiando e aconselhando para o bem, e aos meus irmãos, Vanessa, Jessica, Gabriel e Rafael, por todo cuidado e companheirismo.

Ao meu namorado Thiago, que sempre me incentiva, apoia, auxilia e sempre quer me ver bem.

A minha família em geral, em especial meu tio Rodrigo, por me ajudar e auxiliar, sem ele eu não estaria aqui.

Aos meus colegas de curso, em especial a mais próxima, Luciane, pois sem a ajuda desta eu não teria conseguido chegar até aqui.

Aos meus professores do Colégio Estadual Monteiro Lobato, onde cursei uma parte do ensino fundamental e ensino médio em especial a Prof. Fabiana, Prof. Eliana, Prof. Flávia, Prof. Rosana, Prof. Rosimeire, que sempre me aconselharam e me ajudaram neste período.

Por fim, aos Professores da Universidade Estadual de Maringá, Campus Maringá, em especial, aos Professores do curso de Física que sempre se esforçam ao extremo para formar profissionais, capazes e íntegros, agradeço também aos servidores da DSI e DSM desta universidade, em especial, Beatriz e Edson, por todo o cuidado, ajuda e apoio.

A todos meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

O ensino da Física deve ser capaz de fazer com que os alunos consigam decifrar o mundo de um ponto de vista das Ciências, manejando conceitos, leis e teorias científicas, ao mesmo tempo em que deve identificar aspectos inseridos no seu dia a dia. Em todos os conteúdos de física as dificuldades são inúmeras principalmente quando se trata dos espectros eletromagnéticos invisíveis, dos quais não são possíveis ver a olho nu. Devido a isto, este trabalho teve como objetivo principal adaptar uma forma didática em forma experimental do conteúdo de radiação eletromagnética, enfatizando o infravermelho, destinada ao ensino de Física. É sugerido a realização de um experimento de emissão e detecção do infravermelho, com possibilidade de observar a absorção do infravermelho em diferentes materiais. Desta forma, este trabalho busca fazer com que ao fim da apresentação, os alunos possam ser capazes de entender e compreender a presença do espectro no dia a dia. Como resultado, tem-se que essa metodologia seja utilizada para adaptação de determinados conteúdos, além de aperfeiçoar a aprendizagem dos alunos e despertar o interesse pelos efeitos físicos presentes no dia a dia.

**Palavras-chave:** Ensino; Infravermelho; Experimento.

## ABSTRACT

Physics teaching must be capable of helping students in the world's investigation from a science point of view, managing concepts, laws, and science theories, along with identifying inserted daily aspects. Teachers face many challenges while teaching physics content with the topic of Invisible Magnetic Spectra in highlight, which is invisible to the human eye. Considering this, this work's main objective is to adapt electromagnetic radiation didactic content to an experimental form, emphasizing the infrared in Physics Teaching. From an experiment involving the emission and detection of infrared light, with the possibility of observing its absorption in different materials. Thus, this work aims to enable students to comprehend the presence of the spectrum in everyday life by the end of the presentation. Consequently, this work expects this methodology to adapt specific contents, enhance student learning, and foster interest in the physical effects present in daily life.

**Keywords:** Teaching; Infrared; Experiment.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	11
2.1 CONTEXTO HISTÓRICO.....	11
2.1.1 Ultravioleta .....	17
2.1.2 Ondas de rádio.....	18
2.1.3 Raio X .....	18
2.1.4 Raios Gama .....	19
2.1.5 Microondas.....	20
2.2 INFRAVERMELHO .....	21
2.3. PENETRAÇÃO DO INFRAVERMELHO.....	22
2.3.1. Água.....	22
2.3.2 Pele humana.....	23
2.4 APLICAÇÕES DO INFRAVERMELHO .....	26
2.4.1 Tratamento 1 .....	26
2.4.2 Tratamento 2 .....	32
2.4.3 Tratamento 3 .....	35
2.4.3.4 Respostas Fisiológicas e Eventos Incomuns .....	38
2.4.4 Tratamento 4.....	40
2.5 EFEITOS BIOLÓGICOS.....	41
2.6 FONTE DE INFRAVERMELHO .....	42
2.7. DETECÇÃO DE LUZ VISÍVEL E INFRAVERMELHO UTILIZANDO LDR.....	42
<b>3. EXPERIMENTO DE DETECÇÃO DE INFRAVERMELHO</b> .....	44
<b>4. RESULTADOS</b> .....	50
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	51
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	52
<b>APÊNDICE</b> .....	57

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo da vida, estudantes podem se deparar com vários pontos, que podem atrapalhar a relação ensino-aprendizagem de um modo geral, como falta de equipamentos, de verba, de espaço, de tempo para preparar aulas e de carga horária. Tudo isto tem como consequência a dificuldade de entendimento dos alunos, resultando na falta de interesse do mesmo. Contudo, pode-se notar que, a relação ensino-aprendizagem é ainda mais acentuada quando se trata da disciplina de Física. Esta inferência é comprovada por Santana (2007) e Torre (2009), os quais citam que, a queixa presente dos professores é com relação ao desinteresse dos alunos em querer aprender. No entanto acredita-se que "esse fato afeta diretamente professores e alunos em função das áreas de estudo, dos níveis do sistema educacional e das características socioculturais de quem aprende, entre outras variáveis" (Torre, 1999).

Diante disto, o foco deste trabalho é fazer com que os alunos consigam decifrar o mundo de um ponto de vista das Ciências, manejando conceitos, leis e teorias científicas, ao mesmo tempo em que deve identificar aspectos inseridos no seu dia a dia. Sendo assim, o uso de experimentos físicos, ou seja, abordar de uma maneira palpável, visível e prática são importantes para obterem resultados positivos no ensino aprendizagem.

Todavia, neste trabalho, abordarei o espectro eletromagnético. Em seguida abordaremos exclusivamente a faixa do infravermelho, cujo espectro será o foco deste trabalho. A escolha do tema foi pelo fato de ser uma faixa do espectro eletromagnético presente no nosso dia a dia, que vem sendo estudado desde sua descoberta e cada vez mais tendo espaço nas aplicações medicinais, portanto é de suma importância os alunos conhecerem e compreenderem.

Logo, apresenta-se a história por trás do espectro eletromagnético, a descoberta do infravermelho, como foi descoberto, suas aplicações médicas e se há possibilidades de ter efeitos biológicos.

Com isso, demonstra-se, as fontes de emissão do infravermelho, em especial o LED, cujo emissor, sendo elaborado um experimento utilizando um LDR, que é um módulo composto por um resistor, capaz de mudar a resistência elétrica de acordo com a luminosidade que nele é incidido, o LDR conectado a um multímetro para medir sua resistência, sendo possível detectar o infravermelho. Além disso, propomos analisar a

absorção em meios diferentes, com o objetivo de mostrar aos alunos, que mesmo não vendo a olho nu, é possível detectar sua existência. Algo importante a ser ressaltado é que além de ter baixo custo, isso faz com que os alunos vejam o que está ocorrendo, despertando interesse e maior entendimento pela matéria.

Por fim, apresenta-se como objetivo com essa metodologia ativa, a experimentação facilitando o entendimento, compreensão e a aprendizagem dos alunos, induzindo a pensar sobre o espectro eletromagnético, em especial o infravermelho, e os fenômenos decorrente no dia a dia. Diante das ideias dadas, pode ser afirmado por Zenti (2000), são muitos os problemas causados pela desmotivação, no entanto acredita que não existe uma receita mágica para fazer as aulas serem o foco de atenção das crianças. Porém, afirma que o professor com sensibilidade e energia talvez consiga enfrentar o desafio (Zenti, 2000).

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 CONTEXTO HISTÓRICO

No século XIX, James Clerk Maxwell desenvolveu a teoria eletromagnética, cujas equações finais foram publicadas em 1865. Sua notável formulação estabeleceu a conexão entre a luz e as ondas eletromagnéticas, tornando-o mais conhecido por sua contribuição fundamental à teoria do eletromagnetismo (NHMFL, 2015).

Maxwell desempenhou um papel crucial no avanço da tecnologia moderna, pois muitos dos princípios fundamentais do eletromagnetismo formulados, deram origem a inovações significativas. Setores como eletrônica, telecomunicações e radar têm suas raízes nas descobertas e formulações do mesmo. Embora Maxwell tenha se baseado em descobertas anteriores sobre eletricidade e magnetismo, sua contribuição distintiva foi a unificação das teorias desses fenômenos, incluindo a luz (NHMFL, 2015).

Ao estender as teorias de eletricidade e linhas de força magnéticas propostas por Michael Faraday, Maxwell percebeu conexões entre as abordagens de Faraday, Bernhard Riemann e Johan Carl Friedrich Gauss. Essa percepção levou à formulação das famosas Equações de Maxwell, um conjunto de quatro equações que descrevem as relações entre eletricidade, magnetismo e propagação de ondas eletromagnéticas (Quadro 1) (NHMFL, 2015).

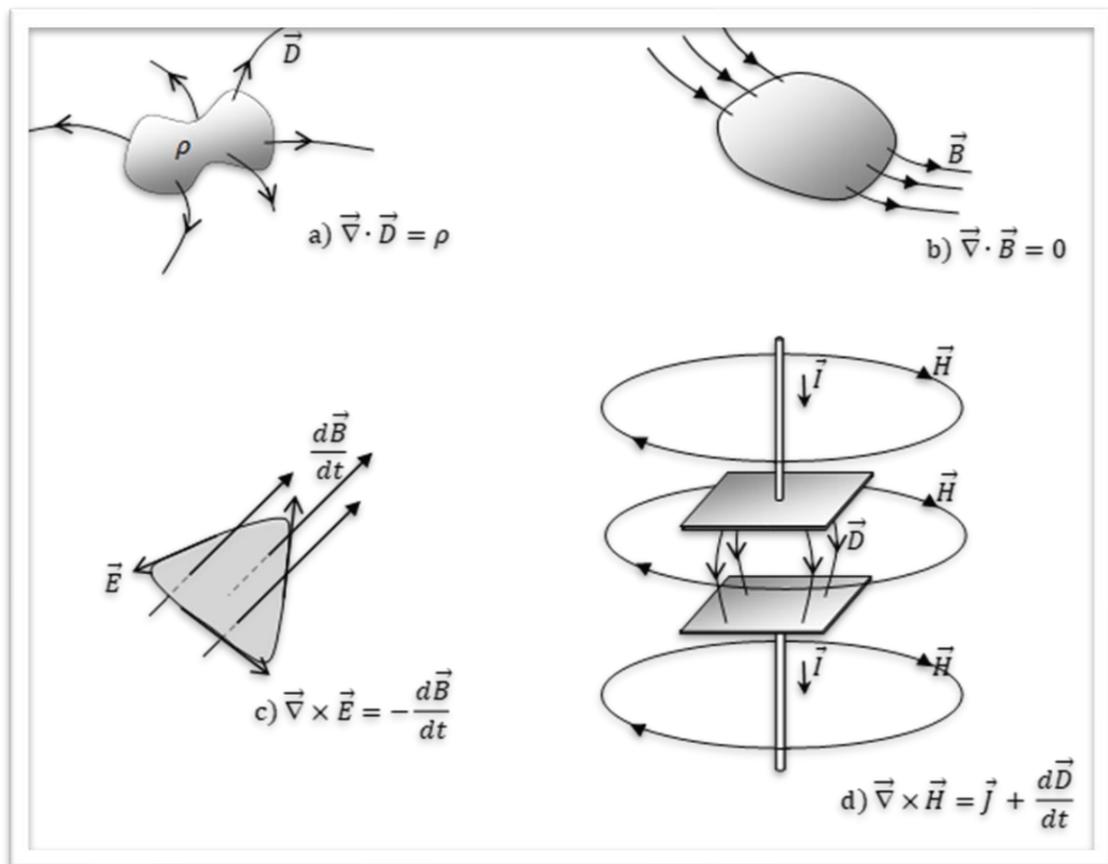
**Quadro 1:** Equações de Maxwell na forma diferencial e integral.

Forma diferencial	Forma integral	
$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho$	$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{s} = \int_V \rho dV$	Lei de Gauss
$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$	$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$	Lei de Gauss para o magnetismo
$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt}$	$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{s}$	Lei de Faraday
$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{d\vec{D}}{dt}$	$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_S \left( \vec{J} + \frac{d\vec{D}}{dt} \right) \cdot d\vec{s}$	Lei de Ampère - Maxwell

Fonte: Dartora (2015).

Também podemos abordar as equações de Maxwell da forma que demonstra a Figura 1.

**Figura 1:** Equações de Maxwell.



Fonte: Cedida pelo Prof. Dr. Mauricio Antonio Custódio de Melo

Em que:  $\vec{B}$  representa  $\mu_0 \vec{H}$ ,  $\vec{D}$  representa  $\epsilon_0 \vec{E}$  e  $\vec{J}$  representa a densidade de corrente elétrica.

Uma conquista notável de Maxwell foi a previsão da velocidade de uma onda eletromagnética, que descobriu ser praticamente idêntico à velocidade da luz. Essa descoberta levou à proposição pioneira de que a luz é uma forma de onda eletromagnética. Em 1862, Maxwell expressou essa ideia ao afirmar que "a luz consiste em ondulações transversais do mesmo meio que é a causa dos fenômenos elétricos e magnéticos" (NHMFL, 2015).

As equações de Maxwell (Quadro 1) no vácuo e em uma região onde não existe cargas podem ser escritas com:

$$(1) \quad \epsilon_0 \vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \vec{\nabla} \cdot \vec{D} = 0$$

$$(2) \quad \vec{\nabla} \cdot \vec{B} = \mu_0 \vec{\nabla} \cdot \vec{H} = 0$$

$$(3) \quad \vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = \mu_0 \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$$

$$(4) \quad \vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt} = \mu_0 \frac{d\vec{D}}{dt}$$

As equações (1) e (2) mostram o acoplamento entre o campo magnético e o campo elétrico. Podemos desacoplar aplicando o rotacional nestas equações. Da equação (3), obtemos,

$$\vec{\nabla} \times \vec{\nabla} \times \vec{E} = \vec{\nabla} \times \left( -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right)$$

Usando a identidade vetorial  $\vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{\Psi}) = \vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{\Psi}) - \nabla^2 \vec{\Psi}$ , temos

$$\vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{E}) - \nabla^2 \vec{E} = \vec{\nabla} \times \left( -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right)$$

A equação (1) mostra que  $\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0$ , assim,

$$\nabla^2 \vec{E} = -\frac{d}{dt} (\vec{\nabla} \times \vec{B})$$

Como o  $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt}$  equação (4), temos,

$$(5) \quad \nabla^2 \vec{E} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d^2 \vec{E}}{dt^2}$$

Aplicando agora o rotacional na equação 4, tem-se

$$\vec{\nabla} \times \vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{\nabla} \times \left( \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt} \right)$$

Aqui também usamos a identidade vetorial  $\vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{\Psi}) = \vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{\Psi}) - \nabla^2 \vec{\Psi}$  em que  $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$  equação (2), e  $\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt}$  equação (3), portanto,

$$(6) \quad \nabla^2 \vec{B} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d^2 \vec{B}}{dt^2}$$

As equações (4) e (5) desacoplam a indução magnética e o campo elétrico. Tanto a expressão para  $\vec{B}$  e para  $\vec{E}$  satisfazem a equação de onda,

$$(7) \quad \nabla^2 \vec{f} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{f}}{\partial t^2}$$

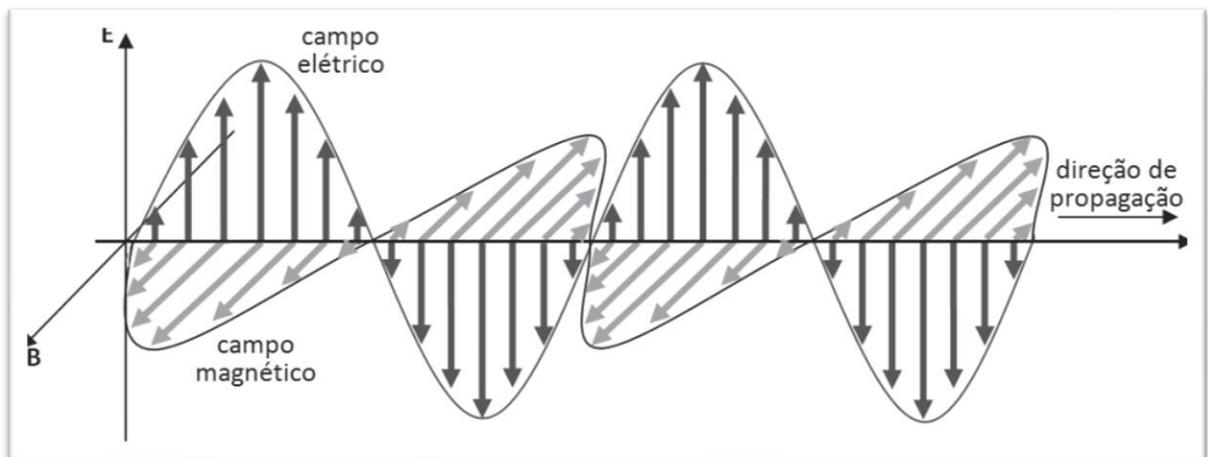
Em que  $\vec{f}$  é a representação matemática da onda e  $v$  é a velocidade da onda. Comparando as expressões de  $\vec{E}$  e  $\vec{B}$  equações (4) e (5) com a equação da onda equação (7), podemos mostrar que a velocidade da onda eletromagnética é dada por:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = \frac{1}{(\sqrt{4\pi \times 10^{-7}})(8,8547 \times 10^{-12})} = 2,99784 \times 10^8 \text{ m/s.}$$

Esta é a velocidade da luz no vácuo determinada por medida indireta, dentro do erro experimental.

A Figura 2 mostra o modelo de uma onda eletromagnética.

**Figura 2:** Representação do campo elétrico, do campo magnético e a direção de propagação, formando uma onda eletromagnética.



Fonte: Cedida pelo Prof. Dr. Mauricio Antonio Custódio de Melo

Essa unificação não apenas integrou as teorias da eletricidade, do magnetismo e da óptica, mas também estabeleceu que esses fenômenos eram aspectos de um único fenômeno: as ondas eletromagnéticas que fazem parte do espectro eletromagnético dos quais são percorridos ao longo deste texto (NHMFL, 2015).

As equações de Maxwell mesmo sendo um sucesso, não é satisfatória para esclarecer a interação da radiação eletromagnética com os átomos, e constatou-se indispensável, por exemplo no efeito fotoelétrico, analisar a energia eletromagnética como pacotes que viajam e que são indivisíveis. A energia destes pacotes para uma

radiação de frequência e energia, em que  $h$  é a constante universal de Planck da Mecânica Quântica podendo ser visto na Tabela 1.

Para baixas frequências, como por exemplo ondas de rádio, efeitos quânticos são pequenos e afetam pouco a interação da onda eletromagnética com a matéria (Dartora, 2015).

**Tabela 1:** Relações entre comprimento de onda, frequência e energia

	Comprimento de onda $\lambda$ (mm)	Frequência $f$ (Hz)	Energia $E$ (J)
Comprimento de onda $\lambda$ (mm)		$\lambda = \frac{c}{f}$	$\lambda = \frac{hc}{E}$
Frequência $f$ (Hz)	$f = \frac{c}{\lambda}$		$f = \frac{E}{h}$
Energia $E$ (J)	$E = \frac{hc}{\lambda}$	$E = hf$	

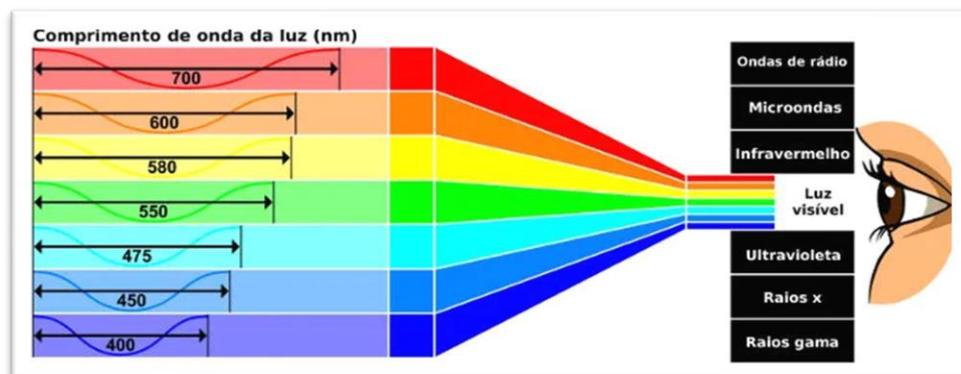
Fonte: Dartora (2015).

$h$ = constante de Planck =  $6,626 \times 10^{-34}$  J/Hz

$c$ = velocidade da luz  $\sim 3 \times 10^8$  m/s

Portanto, o espectro eletromagnético abrange uma ampla gama de radiações, algumas das quais não são perceptíveis pelo olho humano. Representando de maneira abrangente todas as formas de radiação eletromagnética, estendendo-se além da faixa de luz visível incluindo frequências que estão fora do alcance da visão humana. A luz visível, que é detectada pelo olho nu, compreende as diversas cores que formam o arco-íris, representando apenas uma pequena parte do vasto espectro eletromagnético. Além da luz visível, há outras formas de radiação não visíveis ao olho nu, como ondas de rádio, micro-ondas, radiação infravermelha, raios ultravioletas, raios X e raios gama (Figura 3) (STSci, 2022).

**Figura 3:** Espectros visíveis e invisíveis a olho nu.



Fonte: Helerbrock (2023).

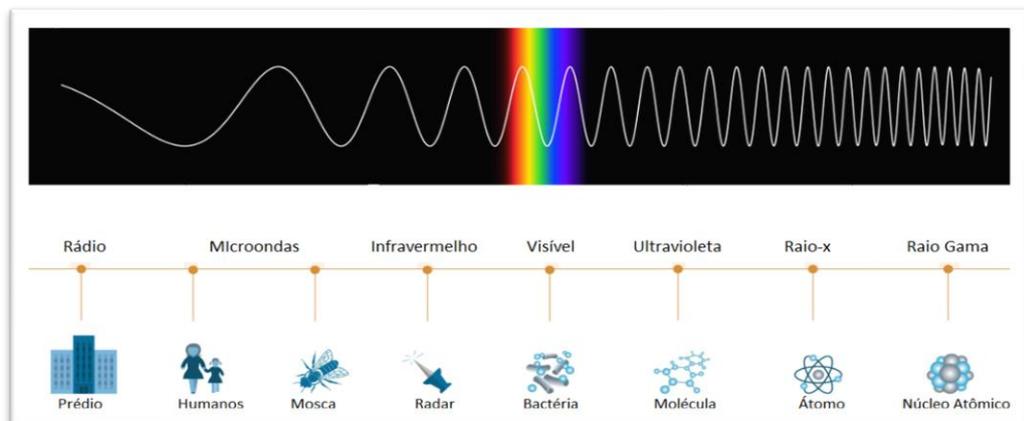
Os olhos têm a capacidade de perceber ondas eletromagnéticas que se aproximam do tamanho de um vírus. O cérebro assimila as energias da luz visível como cores distintas, variando do vermelho ao violeta. Nesse contexto, o vermelho representa a energia mais baixa, enquanto o violeta representa a energia mais alta. Em termos de comprimentos de onda, as ondas de rádio estão nas extremidades do espectro eletromagnético, sendo bilhões de vezes maiores que as ondas da luz visível. Por outro lado, no extremo oposto do espectro eletromagnético, encontram-se os raios gama, cujos comprimentos de onda são bilhões de vezes menores que os da luz visível, utiliza-se da Figura 4 e a Tabela 2 sendo possível analisarmos os comprimentos de onda de cada faixa do espectro eletromagnético (STSci, 2022).

**Tabela 2:** Comprimento de onda das faixas do espectro eletromagnético.

Faixas do espectro eletromagnético	Comprimento de onda
Ondas de rádio	3 cm - 3 km
Micro-ondas	3 cm - 300 $\mu$ m
Infravermelho	1mm - 750 nm
Luz visível	750 nm - 400 nm
Ultravioleta	400 nm - 10 nm
Raio X	10 nm - 0,1 nm
Raios gama	➤ 0,01 nm

Fonte: Castro, A. (n.d).

**Figura 4:** Comprimento de onda do espectro eletromagnético.



Fonte: STSci (2022).

O espectro eletromagnético vem sendo estudado desde a antiguidade, e podem-se destacar algumas dessas descobertas significativas para o desenvolvimento da ciência (STScl, 2022).

Diante disto, será apresentado no decorrer deste trabalho algumas informações sobre cada faixa do espectro eletromagnético, tendo como ênfase o infravermelho.

### **2.1.1 Ultravioleta**

Em 1801, Johann Wilhelm Ritter fez uma descoberta fundamental ao identificar os raios ultravioleta. Através de uma série de experimentos utilizando luz solar, descobriu a existência de uma forma de radiação invisível além da luz violeta no espectro visível. Inicialmente designada por Ritter como "raios químicos" na época, essa radiação posteriormente ficou conhecida como raios ultravioletas (Gouvêa et al., 2014).

Conforme Gouvêa et al. (2014), atualmente, os raios ultravioletas (UV) consistem em três tipos principais, classificados com base em seus comprimentos de onda e níveis de energia. Essas categorias são comumente conhecidas como UV-A, UV-B e UV-C:

UV-A (320-400 nanômetros): UV-A possui comprimentos de onda mais longos e menor energia em comparação com os outros tipos de raios ultravioletas. É a forma mais próxima da luz visível. Apesar de menos energia, o UV-A ainda pode causar danos à pele e contribuir para o envelhecimento prematuro (Souza; Soares; Maruques, 2023).

UV-B (280-320 nanômetros): UV-B possui comprimentos de onda mais curtos e é mais energético do que o UV-A. É responsável por causar queimaduras solares e também desempenha um papel significativo na indução do câncer de pele. (Souza; Soares; Maruques, 2023).

UV-C (100-280 nanômetros): UV-C possui os comprimentos de onda mais curtos e a maior energia entre os raios ultravioletas. Felizmente, a atmosfera da Terra absorve a maioria dos raios UV-C, impedindo-os de alcançar a superfície. Devido à sua alta energia, os raios UV-C são frequentemente usados em aplicações industriais e médicas para esterilização (Souza; Soares; Maruques, 2023).

É importante notar que a exposição excessiva a qualquer forma de raios ultravioleta pode ter efeitos colaterais à saúde, incluindo danos à pele, aumento do risco de câncer de pele e cataratas. A proteção a exposição solar pode ser feita, usando protetor solar e roupas revestidas (Souza; Soares; Maruques, 2023).

### 2.1.2 Ondas de rádio

As ondas de rádio foram inicialmente previstas matematicamente por James Clerk Maxwell (1831-1879), mas a produção artificial e detecção dessas ondas só ocorreram em 1887, graças aos experimentos conduzidos pelo físico alemão Heinrich Hertz (1857-1894). Esses experimentos foram cruciais para comprovar a natureza ondulatória da radiação eletromagnética. O primeiro transmissor de ondas de rádio plenamente funcional foi desenvolvido pelo italiano Guglielmo Marconi (1874-1937) por volta de 1895 e começou a ser comercializado em meados de 1900. Desde então, as ondas de rádio têm desempenhado um papel fundamental em diversas áreas da vida cotidiana e da tecnologia (Peruch, 2021).

Essas ondas têm uma ampla gama de aplicações, incluindo comunicação sem fio, radiodifusão, sistemas de navegação, comunicação de dados, radar e na medicina. Seja na transmissão de sinais de rádio e televisão, na conexão sem fio de dispositivos, na localização por satélite ou em aplicações médicas como a ressonância magnética, as ondas de rádio continuam a ser uma parte essencial do nosso mundo moderno (Helerbrock, 2024)

### 2.1.3 Raio X

Em 1895, Wilhelm Conrad Röntgen anunciou a descoberta do raio X, após dedicar várias semanas a um trabalho diligente no estudo das propriedades dessa nova forma de radiação, capaz de penetrar através de telas de espessura específicas. Destinou-se o termo “raios X” para enfatizar a incerteza sobre sua natureza. A divulgação desta descoberta imediatamente despertou um grande interesse público e desencadeou pesquisas intensivas em vários locais. Em janeiro de 1896, médicos e físicos começaram a aplicar raio X em pacientes, inicialmente para investigar a estrutura óssea e, mais tarde, para examinar pulmões e outros órgãos (Tubiana, 1996; Pacheco; Freitas-Reis, 2023).

Em junho de 1896, registrou-se o pioneiro tratamento de radioterapia em um paciente, marcando um marco significativo. Simultaneamente, em Cambridge, Reino Unido, J.J Thomson declarou que o raio X tinha capacidade de ionizar o gás, levando à descoberta dos elétrons em 1897. Concomitantemente, Henri Becquerel, em Paris, investigou a fosforescência do vidro do tubo de raio X, resultando na descoberta da

radioatividade em março de 1896. Esses avanços foram a base de uma revolução científica no final do século XIX e início do século XX (Tubiana, 1996).

Prolongando um pouco mais este assunto, a pesquisa sobre materiais radioativos não apenas confirmou a existência dos átomos, mas também abriu caminho para o estudo da estrutura atômica e, subsequentemente, do núcleo. A percepção de que a matéria, inicialmente vista como imutável, revelou-se transmutável e, eventualmente, sujeita à desintegração, desafiou concepções prévias. A origem misteriosa da energia fornecida para a radiação emitida levou os físicos a aceitarem a ideia de que a matéria poderia converter energia, conceito formalizado por Albert Einstein em 1903 com o estabelecimento da equivalência entre matéria e energia (Tubiana, 1996; IFUFRGS, 2005).

O estudo da radioatividade propiciou informações valiosas para a análise de fósseis, obras de arte e até mesmo para a Terra, o sistema solar e o universo, utilizando-a como um "relógio" para medir o tempo cósmico. A difração de raios X emergiu como uma ferramenta poderosa para investigar cristais e moléculas, especialmente proteínas, culminando em 1953 com a revelação da estrutura da dupla hélice do DNA (Tubiana, 1996).

Assim, os raios X e a radioatividade desencadearam uma revolução não apenas na física, mas também na ciência e na visão da natureza. Essas características, embora imperceptíveis aos sentidos, destacam as limitações humanas, enfatizando a necessidade de entidades matemáticas e instrumentação para nossas sensações complementares. O crescente conhecimento científico, no entanto, gerou um distanciamento entre o científico e o leigo, apresentando desafios na compreensão de novos conceitos, tanto em física quanto em biologia (Tubiana, 1996).

#### **2.1.4 Raios Gama**

Os raios gama foram identificados na sequência da descoberta dos raios X. No ano de 1896, o cientista francês Henri Becquerel fez uma observação notável ao constatar que minerais de urânio tinham a capacidade de expor uma chapa fotográfica através de outro material. Becquerel inicialmente conjecturou que o urânio emitia uma forma de luz invisível, semelhante aos raios X recentemente descobertos por Wilhelm Conrad Röntgen, é denominado esse encontrado como "fosforescência metálica" (Pinto; Marques, 2010).

Mais tarde, Henri Becquerel acordou a radiação gama proveniente do radioisótopo  $^{226}\text{Ra}$  (rádio), um componente da série de decaimento do urânio. Inicialmente, os raios gama foram erroneamente considerados partículas com massa, como as partículas beta extremamente energéticas. No entanto, essa visão foi corrigida em 1914, quando constatou-se que os raios gama não eram desviados por campos magnéticos, diminuindo a ausência de carga. Além disso, a constatação de que os raios gama eram refletidos nas superfícies dos cristais corroborou a ideia de que se tratava de radiações eletromagnéticas, com maior energia, específicas por frequências mais elevadas e comprimentos de onda mais curtos, esta descoberta foi feita por Paul Ulrich Villard (Discovery, 2023).

Os raios gama possuem a capacidade de induzir ionizações de maneira indireta, transferindo sua energia para outras partículas, as quais, por sua vez, desencadeiam processos de ionização. Esses raios são emitidos por elementos radioativos de elevado número atômico, cuja radioatividade é atribuída à instabilidade nuclear (Pinto; Marques, 2010).

Destaca-se que os raios gama possuem um poder de penetração superior se comparado às partículas alfa e beta, permitindo a transposição de diversas camadas de matéria. Ainda, com diversas aplicações, os raios gama são usados na geração de energia elétrica em usinas nucleares, no tratamento oncológico, em procedimentos clínicos e na datação de fósseis (Pinto; Marques, 2010).

É imperativo ressaltar que o uso dos raios gama, assim como outras formas de radiação ionizante, deve ser realizado com extrema cautela e em conformidade com normas de segurança rigorosas, a fim de mitigar riscos para a saúde e o meio ambiente (Pinto; Marques, 2010).

### **2.1.5 Micro-ondas**

Durante a Segunda Guerra Mundial, o magnetron foi amplamente utilizado na produção de radares. No entanto, em 1946, o engenheiro Percy Spencer fez uma descoberta notável enquanto estava diante de um tubo de magnetron ligado: o chocolate em seu bolso derreteu devido à exposição às micro-ondas geradas pelo dispositivo. Intrigado, Spencer converteu uma série de experimentos, descobrindo que a radiação de micro-ondas tinha o poder de aquecer alimentos de maneira eficiente (Holanda, 2023).

À medida que a pesquisa avançava, Spencer realizou testes controlados, incluindo a exposição de milho às micro-ondas, resultando na transformação do milho em pipoca. Essas descobertas levaram à compreensão do potencial prático dessa tecnologia. A empresa de Spencer desenvolveu o primeiro forno de micro-ondas comercial em decorrência dessas pesquisas, mas foi somente em 1952 que os primeiros micro-ondas domésticos foram produzidos em larga escala (Holanda, 2023; Rosini; Nascentes; Nóbrega, 2004).

Hoje, o micro-ondas são eletrodomésticos comuns e essenciais na vida cotidiana, oferecendo uma solução rápida e eficiente para o aquecimento de alimentos. Além do uso doméstico, as micro-ondas continuam desempenhando um papel crucial em diversas aplicações, desde a comunicação telefônica entre cidades distantes até estações retransmissoras de televisão e sistemas de radar. Sua presença na sociedade moderna destaca a importância contínua dessa descoberta acidental na Segunda Guerra Mundial (Villela; Ferreira; Wuensche, 2004).

## 2.2 INFRAVERMELHO

**Figura 5:** William Herschel, refazendo o experimento de Isaac Newton.



Fonte: CienciaViva (2019).

A radiação infravermelha foi descoberta pelo astrônomo William Herschel (1738-1822), ao refazer o experimento do físico, astrônomo e matemático Isaac Newton, que seria incidir luz em um prisma gerando um arco íris, melhor dizendo ocorre um fenômeno de refração, pois cada cor tem um índice de refração diferente, com isso Herschel verificou as temperaturas de todas as cores em busca da maior, emitindo os feixes em um termômetro, foi quando este chegou à conclusão que a cor de temperatura maior era a de frequência um pouco menor que a luz vermelha (Figura 5) (Oliveira; Silva, 2014).

Diante disto o nome infravermelho origina-se justamente do fato de a frequência da radiação ser menor que a frequência da luz vermelha, surgindo com as vibrações moleculares, que gera oscilações nas cargas elétricas constituintes dos átomos e provoca emissão de radiação, logo emite calor. “Infra” significa abaixo em latim, ou seja, abaixo do vermelho, o infravermelho não é visto a olho humano, sendo assim está dentro da faixa do espectro eletromagnético invisível (Alves, 2023).

Na história, Herschel após seus experimentos obteve certas conclusões que não são aceitas atualmente. Herschel aceitou a possibilidade de ter luz que não esquenta, mesmo sendo concentrada por lentes, e também raios concentrados sem nenhuma luz, ou seja, pode existir só luz e apenas calor, algo que atualmente não é de concordância geral. Mas apesar das conclusões de Herschel não serem mais consideráveis, seus estudos foram de suma importância para outras descobertas. Diante disto, em 1843 Macedonio Melloni afirmou: "Luz é simplesmente uma série de sinais caloríficos sensíveis aos órgãos da vista, ou vice-versa, e as radiações do calor são verdadeiras radiações invisíveis de luz". Herschel aceitou isto como sua primeira hipótese, mas depois a rejeitou. Depois de mais de uma década de trabalho, uma visão moderna foi possível (Oliveira; Silva, 2014).

Ainda há várias reflexões a serem feitas sobre os métodos e o modo de fazer ciência de Herschel, mas foi importante para o avanço da ciência, principalmente na área dos espectros e conceitos da física moderna, pois com a suas descobertas e estudos, fez com que outros fossem em busca de investigação e novas descobertas. Por ação disso, atualmente é utilizado infravermelho para tratamentos médicos por exemplo, assunto que vamos discutir no decorrer deste trabalho (Alves, 2023).

## 2.3. PENETRAÇÃO DO INFRAVERMELHO

### 2.3.1. Água

Há bilhões de anos, o Sol começou a emitir radiação infravermelha, e ao longo desse extenso período, os organismos vivos na Terra evoluíram para se ajustar a essa forma de radiação, tornando-a um fator crucial em sua adaptação aos diversos ambientes (Tsai; Hamblin, 2017).

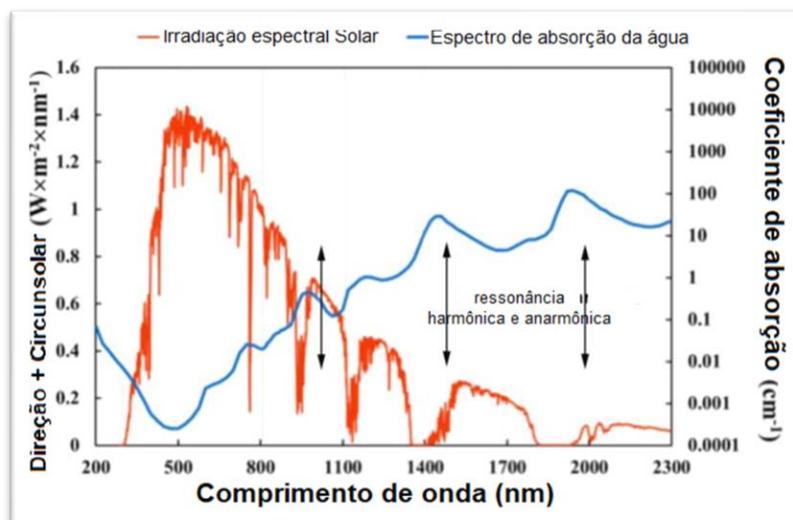
Desde tempos antigos, a luz solar tem sido empregada no tratamento de dores e na cicatrização de feridas. Diante disso, pode-se observar através (Figura 6) o espectro

da luz solar no ambiente e o correspondente espectro de absorção de água, ou seja, como a água se comporta na presença deste espectro. A Figura 6 mostra que a superposição de espectros de irradiância solar e absorção de água mais significativas ocorrem na região de 800-1300nm (Tsai; Hamblin, 2017).

Antes de a luz solar penetrar na atmosfera, apresenta-se um espectro de emissão mais uniforme. Enquanto a luz solar atinge o solo, alguns raios foram absorvidos por gases ambientais ou moléculas de água na atmosfera, sendo assim a emissão de raios solares e os de absorção de água são quase iguais (Tsai; Hamblin, 2017).

Sabe-se que nosso corpo é feito de 70% de água, podendo acumular uma grande quantidade de energia, que poderia modular processos biológicos, por forte absorção de radiação infravermelha da luz solar mediada por moléculas de água. Diante disso, analisa-se a Figura 6 (Tsai; Hamblin, 2017).

**Figura 6:** Espectros de irradiância solar e absorção de água.



Fonte: Tsai e Hamblin (2023).

### 2.3.2 Pele humana

Atualmente, as lesões cerebrais traumáticas (TCE), e os acidentes vasculares cerebrais (AVC) representam as principais causas de mortalidade e morbidade em todo o mundo (Henderson; Morries, 2015).

Desde a descoberta do infravermelho e da análise espectral em geral, tem ocorrido uma constante investigação das suas possíveis aplicações. Atualmente, há um foco especial no estudo do potencial do infravermelho para o tratamento de lesões cerebrais traumáticas (TCE) e acidentes vasculares cerebrais (AVC), abrangendo casos

severos e permanentes. O infravermelho próximo (NIR) tem sido objeto de pesquisa devido à sua capacidade de modular mecanismos reparatórios intracelulares. Este trabalho abordará especificamente os efeitos da dosagem e do comprimento de onda do infravermelho nesses contextos terapêuticos (Henderson; Morries, 2015).

Considerando esse contexto, em um estudo realizado por (Henderson; Morries, 2015) utilizando amostras de pele humana morta para investigar a transmissão de energia na faixa do infravermelho próximo (NIR). Diversos lasers foram testados, sendo que o laser infravermelho combinado de 810/980 nm com potência de 10 W demonstrou a notável capacidade de penetrar 1,9 mm de pele humana. Este laser apresentou uma redução de 89% na densidade de potência ao atingir essa profundidade, com uma potência de 0,994 W observada durante a penetração cutânea (Henderson; Morries, 2015).

Outro laser analisado por foi o de 810 nm, com potência de 15 W, que também exibiu uma significativa redução de 83% na densidade de potência ao penetrar uma espessura semelhante à pele humana, registrando uma potência de 2,008 W durante a penetração no tecido. Esses resultados destacam a eficácia desses lasers na transmissão controlada de energia no espectro do infravermelho para camadas específicas da pele humana (Henderson; Morries, 2015).

Para que o infravermelho próximo (NIR) alcance as regiões mais profundas do cérebro, nos quais ocorreram AVC, TCE ou mesmo em casos de outras doenças, é essencial que atinja essas camadas com uma intensidade capaz de desencadear eventos moleculares. A maioria das doenças neurológicas estende-se para além da superfície cortical, tornando necessário que a energia fotônica do infravermelho próximo (NIR) penetre em uma distância que varia de 3 a 7 centímetros de profundidade (Henderson; Morries, 2015).

Para aprofundar essa análise, de acordo com (Henderson; Morries, 2015) é importante destacar que as lesões cerebrais traumáticas (TCE) geralmente afetam a superfície ventral do lobo frontal, bem como os lobos temporais anterior e medial. No caso do Parkinson, a localização típica situa-se a uma profundidade de 4 a 7 cm da superfície do couro cabeludo. O acidente vascular cerebral (AVC) pode impactar tanto a parte cortical quanto as camadas mais profundas do cérebro. Diante disso, a aplicação do infravermelho próximo (NIR) para AVC, especialmente considerando as regiões mais

profundas, pode enfrentar desafios, sendo um possível ponto de dificuldade (Henderson; Morries, 2015).

Um estudo foi conduzido por (Henderson; Morries, 2015) empregando tecidos humanos vivos, nos quais foi utilizado exclusivamente o laser de alta potência Diowave de 810 nm. A potência de saída foi ajustada para 13,5 W e aplicada durante 5 segundos. Inicialmente, a espessura de duas mãos humanas diferentes foi medida utilizando um paquímetro digital. A passagem do NIR (infravermelho próximo) através da pele, sangue e músculos foi comparada com a passagem do NIR através de uma distância equivalente a 20 mm de ar. As medições foram realizadas em três instâncias distintas (Henderson; Morries, 2015).

Além disso, foram registradas medidas de estruturas humanas com dimensões inferiores a 9 mm, como a palma da mão humana, que apresentou 7 mm, e a orelha humana, com 5 mm. A última estrutura permitiu a medição da passagem do NIR através das diversas camadas anatômicas, incluindo pele, cartilagem, tecido conjuntivo e sangue. Essas medições foram repetidas em três ocasiões distintas (Henderson; Morries, 2015).

Assim, para investigar a penetração do NIR nos tecidos humanos, diversos tipos de tecidos foram empregados. Exclusivamente o laser de 810nm foi utilizado, configurado com uma saída de 13,5 W. Observou-se que o NIR apresentou maior capacidade de penetração nos tecidos vivos, ao contrário do que foi observado nos tecidos após a morte (Henderson; Morries, 2015).

No entanto, diante de todas as pesquisas realizadas, foi possível evidenciar que o NIR, dentro da faixa de 0,9 a 15,0 J/cm, demonstra maior eficácia na terapia para danos causados por lesões cerebrais traumáticas (TCE). Quando o NIR atravessa o cérebro humano, encontra atenuação por meio de vários tecidos e interfaces diversas, dispersando, coletando e dissipando o NIR em graus variados (Henderson; Morries, 2015).

Por fim, este estudo foi crucial para determinar a potência máxima do NIR que poderia ser aplicada e até que profundidade poderia penetrar sem provocar danos ao cérebro ou aos tecidos. Conforme antecipado, as aplicações estão apresentando resultados promissores, sem efeitos colaterais significativos (Henderson; Morries, 2015).

## 2.4 APLICAÇÕES DO INFRAVERMELHO

O infravermelho pode contribuir na cicatrização de feridas, promover consertos musculares, tratamentos para dor, celulite, dentre outros. Ao longo deste trabalho, destacam-se algumas aplicações (Henderson; Morries, 2015; Tsai; Hamblin, 2017).

A radiação infravermelha (IR) compreende a faixa eletromagnética com comprimento de onda de aproximadamente entre 750 nm e 1 mm, sendo subdividida em três categorias distintas:

**Infravermelho Próximo (NIR, 0,78-3,0  $\mu\text{m}$ ):** Tem sido predominantemente empregado na pesquisa da oxigenação periférica tecidual de maneira não invasiva e contínua (Lima; Bakker, 2011).

**Infravermelho médio (MIR, 3,0-50,0  $\mu\text{m}$ ):** Permite realizar análises apreciativas e importantes amostras de diversas origens, dando modelagens em função de suas propriedades químicas e físicas a partir de seus conhecimentos espectroscópico (Bicas et al., 2017).

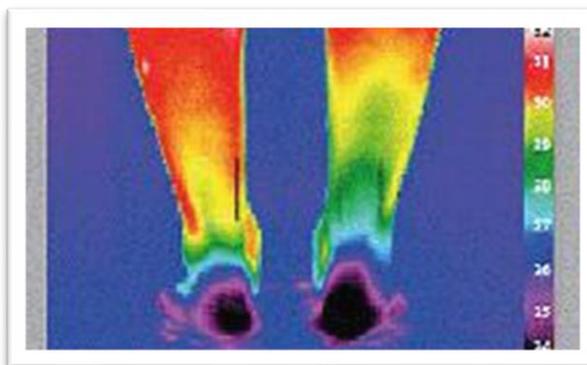
**Infravermelho distante (FIR, 50,0-1000,0  $\mu\text{m}$ ):** Estabelece a simetria da molécula ( $\text{C}_2\text{h}$ ), rotações internas, espectros de inversão, movimentos torcionais em cadeias poliméricas, designação do gap em supercondutores, entre outros (Donoso, S.D).

### 2.4.1 Tratamento 1

O corpo humano, ao gerar calor, emite radiação infravermelha. Na técnica de termografia, o sensor do dispositivo termográfico capta a radiação infravermelha e a converte em valores representativos de temperatura (Alfieri; Santos; Battistella, 2018).

A termografia infravermelha computadorizada moderna utiliza um dispositivo de alta resolução para converter o calor, na forma de radiação infravermelha emitida pelo corpo, em imagens termográficas, na Figura 7 podemos ver como são as imagens termográficas (Côrte; Hernandez, 2016).

**Figura 7:** Imagem termográfica.



Fonte: (Côrte; Hernandez, 2016).

Por meio de um software específico, são gerados termogramas que podem ser analisados por médicos treinados em termologia clínica. Essa abordagem permite uma intervenção precoce e segura. Os exames são realizados sem contato físico com o paciente, não causam desconforto, não emitem radiação, são totalmente seguros, sem contraindicações e dispensam o uso de contrastes. Além disso, podem ser realizados em crianças, adultos e gestantes (Côrte; Hernandez, 2016).

O equipamento termográfico afere a temperatura da superfície da pele, convertendo essas informações em dados digitalizados. O termograma é composto por pixels individuais, cada um representando a temperatura de um ponto específico. No entanto, não quantifica valores absolutos de temperatura, resultando em um mapa térmico que destaca as variações fisiológicas (Marques, et al., 2019; Côrte; Hernandez, 2016).

Durante o exame, é essencial considerar fatores ambientais, individuais e técnicos para garantir resultados mais precisos. A termografia é uma ferramenta complementar usada para avaliar diversas condições, como dores crônicas, fibromialgia, dores agudas, doenças reumatológicas, neurológicas, vasculares, artrite reumatoide, entre outras (Côrte; Hernandez, 2016).

A termografia desempenha um papel crucial no diagnóstico precoce do câncer de mama, isso se deve ao fato de que os tumores muitas vezes se destacam pelo aumento da angiogênese, resultando em maior atividade metabólica e elevação da temperatura local em comparação com o restante do tecido. Além de contribuir para a detecção precoce de doenças, a termografia também possibilita identificar fases subclínicas, como sobrecarga muscular esquelética e alterações neurológicas, entre outros aspectos. Na medicina esportiva, desempenha um papel preventivo, auxiliando na prevenção do

desenvolvimento de lesões. Importante ressaltar que, por ser um exame complementar de diagnóstico, não deve ser utilizado como substituto de outros exames médicos complementares ou do exame clínico (Côrte; Hernandez, 2016).

Explorando a área da medicina esportiva, é válido observar que uma inflamação em uma articulação frequentemente resulta em um aumento de temperatura nesta região. Embora o toque físico possa detectar essa condição, a termografia tem a capacidade de identificar alterações precoces antes mesmo de serem percebidas pelo tato. Essa capacidade de detecção pode desempenhar um papel crucial para iniciar tratamentos precoces, sejam eles farmacológicos, fisioterapêuticos ou cirúrgicos, contribuindo para uma abordagem mais eficaz diante das mudanças fisiológicas (Côrte; Hernandez, 2016).

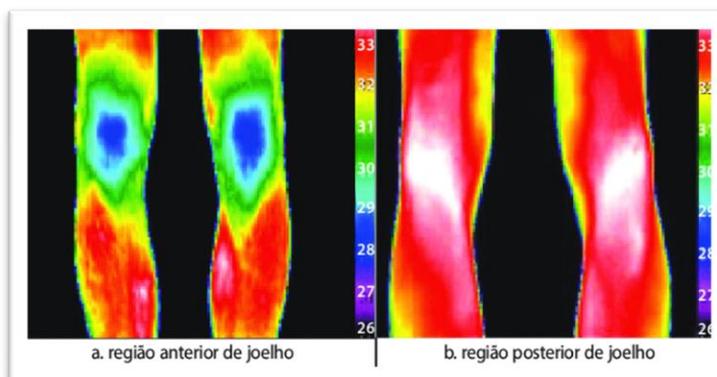
A aplicação da termografia na medicina esportiva desempenha um papel fundamental, considerando que a maioria dos atletas enfrenta estresse muscular significativo durante competições e treinamentos. A integração da termografia como ferramenta de acompanhamento é de grande importância, uma vez que possibilita a detecção precoce de lesões, prevenindo sua ocorrência. Além disso, destaca-se que a termografia é um exame funcional, sendo uma abordagem nociva para a saúde, como já destacado anteriormente (Côrte; Hernandez, 2016).

A termografia tem a capacidade de registrar a temperatura antes, durante e após a prática de exercícios, gerando três tipos de termogramas que permitem a comparação para detectar variações térmicas. Essa análise possibilita identificar áreas com lesões presentes ou propensas a lesões futuras. Para compreender essas anomalias, é essencial considerar as diversas respostas fisiológicas das estruturas envolvidas, levando em conta fatores como idade, altura, peso, entre outros (Côrte; Hernandez, 2016).

Para caracterizar um termograma de maneira adequada, é essencial realizar comparações com termogramas provenientes de indivíduos saudáveis. Em outras palavras, é crucial dispor de um modelo de referência que represente um padrão saudável. A University of Glamorgan conduziu uma pesquisa que resultou na criação de uma base de dados contendo imagens térmicas de diversas regiões do corpo de indivíduos saudáveis. Essa base de dados proporciona um ponto de comparação valioso, permitindo a avaliação da normalidade ao analisar outros termogramas. Isso

significa que, ao utilizar essas referências, é possível determinar se um termograma pertence a uma pessoa saudável como demonstra a Figura 8 (Côrte; Hernandez, 2016).

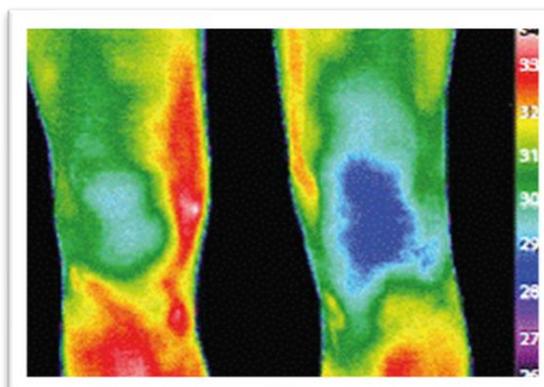
**Figura 8:** Região anterior e posterior do joelho joelhos saudáveis.



Fonte: (Côrte; Hernandez, 2016)

Na comparação a seguir (Figura 9), a análise revelou uma disparidade superior a 1 grau centigrado comparando os joelhos, o que pode indicar a presença de um processo patofisiológico. Notavelmente, a figura do joelho esquerdo apresenta uma divergência significativa (Côrte; Hernandez, 2016).

**Figura 9:** Termografia de condropatia patelar grau 3 no joelho.



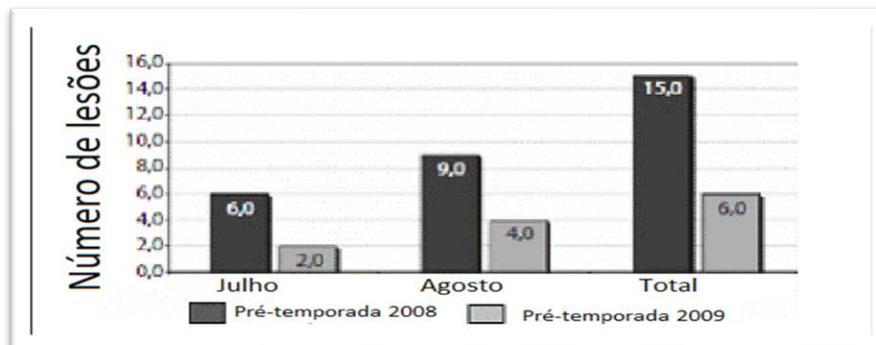
Fonte: (Côrte; Hernandez, 2016)

Em um estudo de doutorado conduzido em 2009, que se concentrou na prevenção de lesões em jogadores de futebol por meio da análise termográfica, observou-se que uma assimetria superior a 0,3 graus Celsius resultou na implementação de protocolos preventivos para os jogadores (Côrte; Hernandez, 2016).

Essa abordagem levou a uma redução significativa de 60% nas lesões durante a pré-temporada de 2009 em comparação com a pré-temporada do ano anterior (conforme

ilustrado na Figura 10 e detalhado na Tabela 3). A relação entre lesões e a temperatura da pele está associada a alterações no fluxo sanguíneo (Côrte; Hernandez, 2016).

**Figura 10:** Comparação dos números de lesões entre os anos 2008 e 2009.



Fonte: (Côrte; Hernandez, 2016)

**Tabela 3:** Percentual de jogadores que sofreram uma lesão ao longo da pré-temporada de 2008 e 2009.

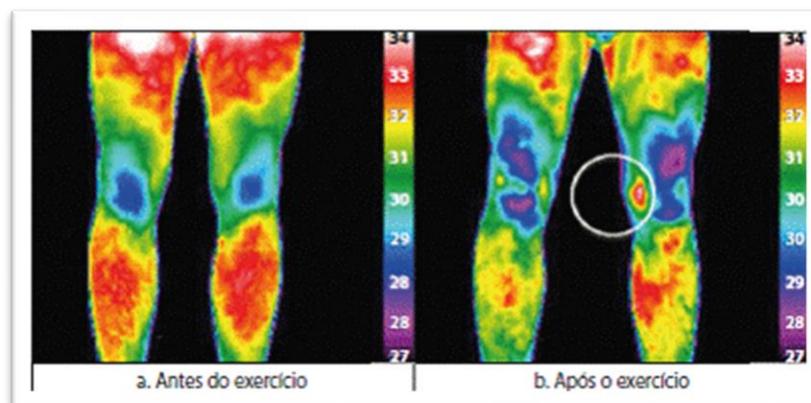
Pré-temporada	% Lesão	% Sem lesão
2008	45,8%	54,2%
2009	20,8%	79,2%
Total	33,3%	66,6%

Fonte: (Côrte; Hernandez, 2016)

Em situações relacionadas à sobrecarga, imagens termográficas periódicas revelaram que a assimetria térmica pode antecipar uma reação sintomática de sobrecarga. Um relato envolvendo um jogador de futebol de 18 anos ilustra esse fenômeno: antes de um treino, uma termografia em repouso foi realizada, indicando um estado saudável. Posteriormente, após o treino, uma nova captura de imagem revelou uma mudança significativa na comparação entre os joelhos. Notavelmente, o atleta não manifestou desconforto naquele momento. No entanto, ao longo da temporada, relatou uma dor no joelho esquerdo (Côrte; Hernandez, 2016).

Exames clínicos subsequentes confirmaram a dor à palpação na região do joelho. O termograma apresentou uma área de reação à sobrecarga (Figura 11), levando à recomendação de orientar o atleta a reduzir o estresse físico excessivo como medida preventiva (Côrte; Hernandez, 2016).

**Figura 11:** Imagem termográfica mostrando aumento da temperatura na região medial do joelho esquerdo.



Fonte: (Côrte; Hernandez, 2016)

Do ponto de vista epidemiológico, estudos indicam uma incidência considerável de lesões nos pés, joelhos e tornozelos em corredores, tanto recreativos quanto competitivos. As lesões predominantes em corredores recreativos tendem a ser traumáticas. No entanto, em atletas que realizam um alto volume semanal de treinamento, destacam-se as lesões por sobrecarga. Essas incluem fraturas por estresse, tendinite patelar, síndrome do estresse tibial e, de maneira mais prevalente, tendinite de calcâneo (Côrte; Hernandez, 2016).

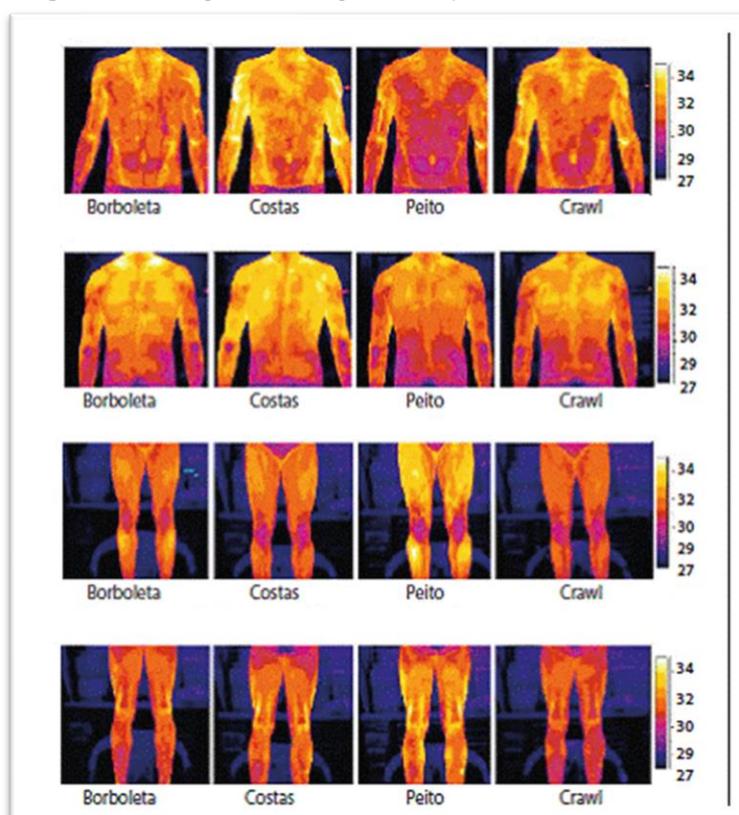
A utilidade da termografia não se limita apenas à previsão e monitoramento de lesões potenciais, mas também se estende à análise das áreas que mais consomem energia (Figura 12 e Tabela 4). Um estudo realizado em um atleta que executou quatro tiros de 100 metros em diferentes estilos de nado - costas, borboleta, peito e crawl - revelou, por meio de análises termográficas, que o nado de costas é a modalidade que demanda maior gasto energético (Côrte; Hernandez, 2016).

**Tabela 4:** Valores médios da temperatura cutânea em cada estilo de nado.

<b>Média</b>	<b>Borboleta</b>	<b>Costas</b>	<b>Peito</b>	<b>Crawl</b>
	31,73	32,14	31,42	31.58

Fonte: (Côrte; Hernandez, 2016)

**Figura 12:** Imagens termográficas após cada estilo de nado.



Fonte: (Côrte; Hernandez, 2016)

Em conclusão, é evidente que a termografia desempenha um papel fundamental. Além de ser segura, sem riscos à saúde, ela se destaca como uma ferramenta excelente para monitorar o gasto energético dos atletas e, ao mesmo tempo, desempenha um papel crucial na prevenção de lesões (Côrte; Hernandez, 2016).

#### 2.4.2 Tratamento 2

O uso do infravermelho abrange diversas aplicações, incluindo o tratamento de dores, e um destaque digno de nota é a utilização do laser infravermelho no manejo de distúrbios craniomandibulares e dor artrógena (Hansson, 1989).

Pesquisas indicam que a aplicação do laser infravermelho em cinco pacientes diferentes resultou na rápida redução da inflamação intra-articular temporomandibular. Esse efeito positivo foi alcançado por meio da utilização de um laser infravermelho de 904 nm, aplicado com uma frequência de 700 Hz por 3 minutos diariamente durante cinco dias, sobre a pele na região dolorosa da articulação temporomandibular. No

entanto, para obter resultados mais precisos, é necessário estabilizar simultaneamente a mandíbula (Hansson,1989).

Observações indicam que a polarização da luz infravermelha monocromática desencadeia uma resposta celular, resultando na cicatrização dos tecidos lesionados (Hansson,1989).

Por exemplo, a exposição à luz do laser infravermelho demonstrou aumentar os níveis de adenosina endógena e a concentração de trifosfato (ATP). Em experimentos conduzidos em camundongos, Dyson e Young observaram que a quantidade de fibroblastos foi influenciada pela frequência da luz infravermelha, em vez de ser diretamente pela luz do laser (Hansson,1989).

Durante os experimentos, a formação de fibroblastos na frequência de 700 Hz resultou em um aumento de atividade, enquanto na frequência de 1200 Hz não apresentou diferença significativa em comparação com o grupo sem exposição à luz do laser (Hansson,1989).

Estudos experimentais conduzidos por Palmieri em ratos, focados na cicatrização de feridas, revelaram um aumento no número de fibroblastos e uma formação vascular robusta no grupo de animais tratados diariamente ou expostos à luz do laser infravermelho com comprimento de onda de 904 nm (Hansson,1989).

Palano conduziu o tratamento utilizando laser de 900 Hz por 10 minutos nas articulações temporomandibulares (ATM) de pacientes com distúrbio crônico da ATM ao longo de um período de 6 dias. A avaliação da intensidade da dor, presença de sons articulares e limitação na abertura da boca, foi realizada no 15º e 30º dia após o tratamento, indicando que o uso do laser parece ter tido um efeito significativo nessas áreas (Hansson,1989).

A conclusão do estudo indica que o tratamento com laser resultou em melhorias significativas na função mastigatória, demonstrando uma redução nas contrações musculares e na inflamação intra-articular (Hansson,1989).

Esta seção abrange a aplicação específica do laser infravermelho em um grupo de pacientes que apresentavam dor andrógina persistente e não respondiam à terapia convencional (Hansson,1989).

Para pacientes com osteoartrose, observou-se a rápida diminuição da dor nos primeiros dias de tratamento. Além disso, houve um aumento registrado na abertura bucal (2 e 5 mm, respectivamente), e os sons de crepitação na articulação

temporomandibular (ATM) foram significativamente reduzidos durante o período de aplicação do laser (Hansson,1989).

No caso da disfunção temporomandibular (DTM) pós-operatória, os pacientes relataram uma redução da dor logo após as primeiras aplicações. A abertura da boca também apresentou um aumento substancial (2 e 26 mm, respectivamente). Esses resultados sugerem benefícios clinicamente relevantes do tratamento com laser infravermelho para melhorar a qualidade de vida e a função em pacientes com dor artrógena persistente que não responderam à terapia convencional (Hansson,1989).

Os sons de crepitação, tanto em termos de magnitude quanto de posição durante o movimento mandibular, foram notavelmente reduzidos após o tratamento a laser. O autor registrou ambas as observações, observando que os sons estavam agora localizados no final da abertura da boca, em comparação com suas posições pré-tratamento (Hansson,1989).

A função mandibular permaneceu estável ao longo do acompanhamento de um ano, durante o qual a estabilidade oclusal foi alcançada e mantida. No caso do deslocamento anterior do disco, a dor desapareceu após as primeiras sessões de aplicação do laser, e a abertura da boca aumentou em 10 mm ao longo dos 5 dias de tratamento (Hansson,1989).

Os estudos comparativos indicam que a frequência de 700 Hz do laser infravermelho demonstrou ser superior na bioestimulação. O resultado do tratamento a laser pode influenciar a presença de estabilidade oclusal, conforme evidenciado pelas flutuações nas medidas de movimento mandibular em pacientes com dor pós-operatória na ATM (Hansson,1989).

A breve localização observada da crepitação na ATM sugere que esse som pode ser originado por mais de uma área local de destruição da superfície da articulação. É importante salientar que o tratamento a laser não é apresentado como uma alternativa ao tratamento convencional, especialmente para condições com dores artrógenas reversíveis. No entanto, há indícios de que o tratamento a laser pode acelerar o processo de cura dessas condições. A rápida redução da inflamação pelo laser infravermelho pode contribuir para a estabilidade oclusal e a função muscular simétrica, influenciando efetivamente os processos reparativos (Hansson,1989).

O relatório indicou a seguinte sequência de tratamento para dor artrogênica craniomandibular:

1. Início com estabilização mandibular por meio de uma placa reversível.
2. Aplicação de laser infravermelho em cinco sessões de 3 minutos cada, com uma frequência de 700 Hz.
3. Prosseguimento com a estabilização mandibular por mais um mês.
4. Alcançar estabilização permanente por meio do uso de uma tala até a conclusão da reabilitação.

Em última análise, pode-se afirmar que a terapia com infravermelho se revela altamente benéfica quando as abordagens terapêuticas convencionais não produzem resultados satisfatórios (Hansson, 1989).

### **2.4.3 Tratamento 3**

Foi empregada uma inovadora terapia de raios infravermelhos distantes (FIR) em um paciente que sofria de dor intensa no membro fantasma. Este indivíduo enfrentava uma dor persistente e uma deterioração progressiva do membro fantasma após uma amputação realizada há uma década. Além disso, apresentava espasmos musculares graves e contração do coto durante os episódios de dor, que eram classificados como insuportáveis, atingindo o valor 9 na escala visual analógica de dor. Diversas abordagens de tratamento foram empregadas, incluindo medicamentos e reabilitação, sem resultados satisfatórios. O paciente também passou por duas simpatectomias, proporcionando apenas efeitos de curto prazo durante três meses cada (Huang et al., 2009).

Diante dessa situação, o paciente foi submetido ao novo método de tratamento que consistia na aplicação de FIR na área do membro amputado, em vez do coto, durante sessões de 40 minutos, realizadas duas vezes por semana. Um mês após o início do tratamento com FIR, o paciente relatou uma melhora significativa, reduzindo sua avaliação da dor no membro fantasma para 4. Após dois meses de tratamento contínuo, a dor foi ainda mais reduzida, atingindo níveis entre 2 e 3 (Huang et al., 2009).

Após cinco meses de tratamento com raios infravermelhos distantes (FIR), a duração de cada episódio de dor no membro fantasma diminuiu significativamente, passando de mais de 24 horas para apenas alguns minutos ou segundos. Durante o acompanhamento realizado seis meses após o término do tratamento, a ocorrência da dor no membro fantasma tornou-se rara, manifestando-se por apenas alguns segundos e com uma classificação baixa de 1-2 na escala de dor (Huang et al., 2009).

É notável que o efeito analgésico resultante do tratamento com FIR tenha evitado a necessidade da terceira simpatectomia planejada, reduzindo assim o risco de um ataque cardíaco seguido de contração severa do coto. Estes resultados destacam a eficácia dessa abordagem de tratamento não invasiva, proporcionando alívio considerável para a dor do membro fantasma de maneira fácil e efetiva (Huang et al., 2009).

A dor experimentada em uma parte do corpo ausente, conhecida como dor do membro fantasma, afeta comumente 80-90% dos amputados, sendo que a maioria dos tratamentos disponíveis até o momento mostra-se ineficaz. Estatísticas do final do século 20 sugerem que mais de 500.000 americanos continuam a enfrentar essa condição (Huang et al., 2009).

Acredita-se que a origem da dor do membro fantasma esteja principalmente ligada a disfunções nos neurônios centrais ou periféricos, embora fatores psicológicos também sejam considerados relevantes. Estudos indicam que essa dor está associada a adaptações mal adaptativas ao longo do neuro eixo, manifestando-se como reorganização cortical nas áreas somatossensoriais e motoras (Huang et al., 2009).

A reorganização cortical refere-se às mudanças que ocorrem no cérebro após a amputação, sendo mais prevalentes em indivíduos que perderam membros superiores, como braços, em comparação com aqueles que experimentam sensações fantasmas não dolorosas. Em outras palavras, a perda de um braço, por exemplo, desencadeia alterações cerebrais para se adaptar, sendo menos comum em casos de sensações fantasmas sem dor (Huang et al., 2009).

A causa pela qual a representação cortical da face ou lábios na área da mão pode resultar em sensação de dor, em vez de uma percepção anormal, ainda não está clara. Ao longo da história, pessoas com membros amputados têm relatado vividamente sentir dor no local do membro ausente, buscando alívio por meio de massagens ou toques na área do "membro fantasma" (Huang et al., 2009).

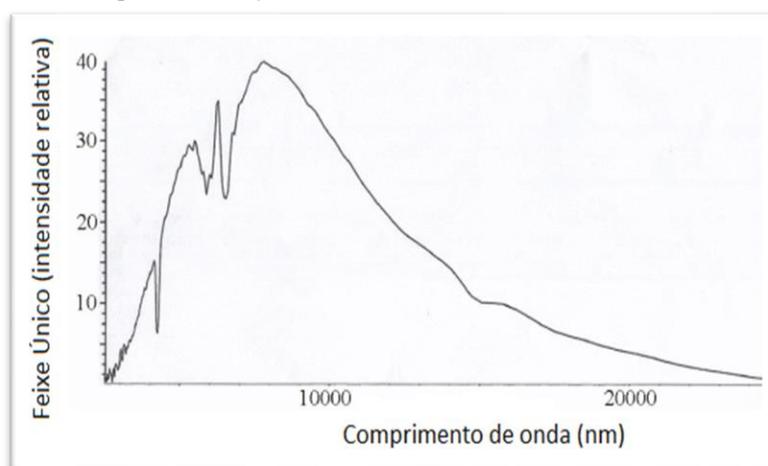
Além disso, a dor do membro fantasma pode ser influenciada por condições externas, como o clima, mas até o momento não foram conduzidos estudos sobre o impacto de intervenções físicas no local da dor do membro fantasma. O presente estudo foi desenhado para avaliar o efeito analgésico da aplicação de raios infravermelhos distantes no local da dor do membro fantasma, explorando também a relação entre essa dor e a área do membro ausente (Huang et al., 2009).

Em setembro de 1998, um homem de 64 anos enfrentou a amputação acima do joelho devido a um condrossarcoma envolvendo sua tíbia esquerda. Desde a cirurgia, o paciente tem experimentado dor no membro fantasma, principalmente como latejamento nos dedos dos pés fantasmas ou no calcanhar, com duração de horas ou dias. Essa dor se estende dos dedos fantasmas até o tornozelo e o coto, seguida por contração intensa do coto, espasmos musculares e até mesmo ataques cardíacos. A intensidade da dor do membro fantasma atingiu níveis insuportáveis, avaliados em até 9 na Escala Visual Analógica de Dor. Apesar de nove anos de tratamentos medicamentosos, incluindo anti-inflamatórios não esteroides (AINEs), morfina e Tramadol HCl, bem como intervenções físicas e reabilitação, como massagem e hidropatia quente no coto, a dor persiste (Huang et al., 2009).

Nos últimos dois anos, a dor do membro fantasma aumentou em frequência e gravidade, levando o paciente a passar por duas simpatectomias, em fevereiro e junho de 2007, respectivamente. No entanto, o alívio proporcionado foi temporário, com recorrência da dor após três meses. Uma terceira simpatectomia estava planejada para outubro de 2007. Enquanto aguardava a intervenção, e diante da ineficácia dos tratamentos convencionais, o paciente começou um novo tratamento em novembro de 2007, que consistia na aplicação de raios infravermelhos distantes (FIR) no membro fantasma (Huang et al., 2009).

O tratamento envolveu a aplicação específica de FIR na região dolorida do membro fantasma por 40 minutos em cada sessão, duas vezes por semana. Utilizou-se um instrumento de infravermelho distante (TY-101N, WS Far IR Medical Tech. Co. Ltd.) com pico de energia no comprimento de onda de  $8\mu\text{m}$  como fonte FIR (ver Figura 13). A densidade de potência do FIR foi de  $20\text{ mW/cm}^2$  a uma distância de 20 cm. Para evitar interferências psicológicas, uma cortina opaca foi utilizada, e uma caixa isolante foi empregada para isolar o emissor FIR do paciente (ver Figura 14). Medidas de temperatura e potência FIR foram realizadas em locais ao redor do paciente para confirmar o isolamento adequado (Huang et al., 2009).

**Figura 13:** Espectro do raio infravermelho distante.



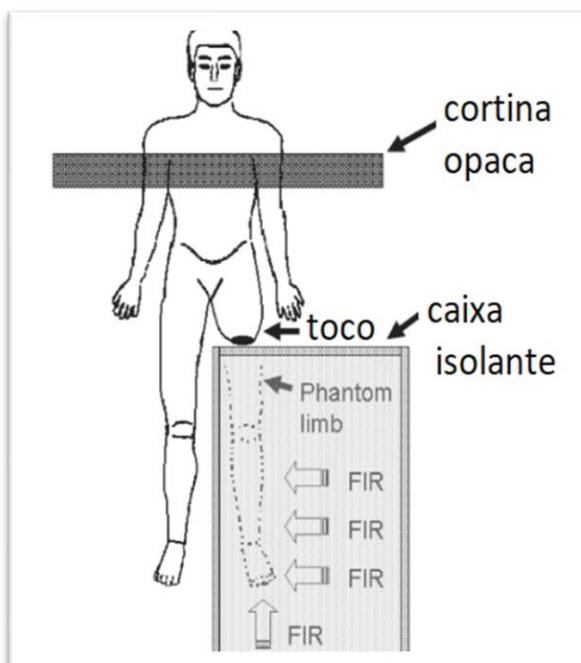
Fonte: (Huang et al., 2009)

Os resultados obtidos foram alívio da dor e respostas fisiológicas com o tratamento FIR (Huang; et al, 2009).

Com a aplicação do tratamento FIR, o paciente experimentou uma considerável melhora no alívio da dor, reduzindo sua pontuação de dor fantasma de 9 para 4 após um mês de tratamento e para 2-3 após dois meses. A duração dos ataques de dor no membro fantasma diminuiu significativamente, passando de mais de 24 horas para apenas alguns minutos ou segundos após cinco meses de tratamento com FIR. Satisfeito com os resultados, o paciente interrompeu o tratamento. Durante o acompanhamento pós-tratamento de seis meses, a dor fantasma praticamente desapareceu, ocorrendo ocasionalmente por apenas alguns segundos, com uma classificação de dor baixa de 1-2 (Huang et al., 2009).

#### **2.4.3.4 Respostas Fisiológicas e Eventos Incomuns**

Embora não tenha havido contato direto com o corpo do paciente durante a exposição à radiação FIR, foram observadas diversas respostas fisiológicas. Na primeira semana de tratamento, o paciente experimentou um aumento na frequência de flatos, especialmente no dia das sessões de FIR (Huang et al., 2009).

**Figura 14:** Configuração do Tratamento FIR.

Fonte: (Huang et al., 2009)

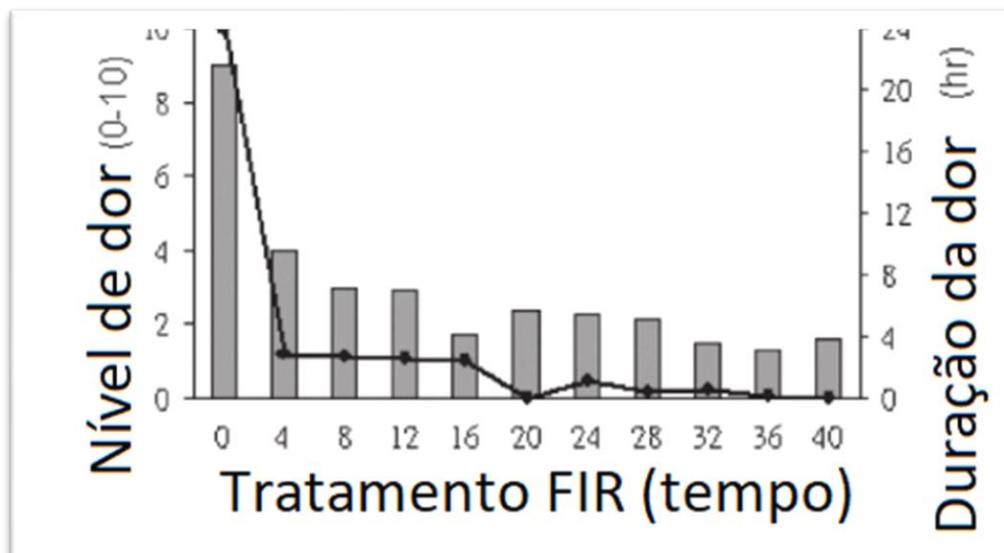
Para a aplicação do FIR, uma cortina opaca foi posicionada entre a parte superior do paciente e o dispositivo FIR, direcionando a radiação para os "locais de dor do membro fantasma" especificados pelo amputado. Uma caixa isoladora foi empregada para isolar o emissor FIR do tampo e do restante do corpo. O isolamento foi verificado por meio do uso de um termômetro e um medidor de potência FIR (não mostrados aqui) (Huang et al., 2009).

Durante a exposição ao FIR, o paciente ocasionalmente relatou sentir calor na região do membro ausente. Além disso, observou-se que seu membro fantasma estava se tornando "mais macio" e "relaxado", em contraste com a constante sensação de entorpecimento e paralisia anterior à exposição ao FIR. O paciente descreveu a sensação de que sua perna perdida estava "voltando" novamente. Com a continuidade dos tratamentos FIR, as sensações em seu membro perdido tornaram-se mais relaxadas e confortáveis. Surpreendentemente, após dois meses de tratamento, ele notou que conseguia "mover" seu membro fantasma, e após três meses, conseguiu realizar movimentos mais sofisticados, como "rodar" o tornozelo fantasma (Huang et al., 2009).

Os resultados desta pesquisa evidenciam que a nova terapia FIR resultou em uma redução significativa da dor no membro fantasma, podemos ver isto na Figura 15. Além disso, o paciente apresentou respostas fisiológicas à intervenção, incluindo a

ocorrência de flatos e sensações térmicas peculiares, induzidas pela aplicação do FIR na região do membro ausente.

**Figura 15:** Gráfico de relação da diminuição da dor de acordo com tratamento FIR.



Fonte: (Huang et al., 2009)

Esses achados indicam uma associação entre a dor do membro fantasma e a área específica do membro ausente, o gráfico de barras ilustram a média de intensidade da dor do membro fantasma, enquanto os pontos indicam a média diária da duração da dor do membro fantasma antes (ponto 0) e após os tratamentos de FIR (Huang et al., 2009).

#### 2.4.4 Tratamento 4

Desde o surgimento da vida na Terra, os seres humanos têm sido expostos à radiação infravermelha proveniente do sol. Ao longo do tempo, nossa evolução nos capacitou a lidar com a luz solar, e, conseqüentemente, foram desenvolvidos tratamentos utilizando essa fonte de energia. Terapias antigas, como a exposição à luz solar, foram utilizadas para aliviar dores e promover a cicatrização de feridas. Atualmente, a cromoterapia, também conhecida como terapia das cores, é uma abordagem que utiliza cores em diferentes formas, como roupas, alimentos, lâmpadas, água solarizada e dispositivos emissores de luz. Essa terapia é empregada no tratamento de diversas condições, incluindo febre, depressão e insônia (Hiromi, 2022).

É importante destacar que a terapia das cores não se restringe apenas à luz, como ocorria antigamente. Sua aplicação varia de acordo com o que está sendo tratado e pode envolver diferentes elementos. Embora não haja aprovação pelo Conselho Federal de Medicina devido à falta de comprovações científicas de sua eficácia, a terapia das cores é reconhecida e oferecida pelo Sistema Único de Saúde (SUS) como parte do Programa Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC). Vale ressaltar que essa abordagem não substitui o tratamento médico e deve ser conduzida por profissionais habilitados (Hiromi, 2022).

## 2.5 EFEITOS BIOLÓGICOS

Conforme discutido, a radiação infravermelha geralmente oferece benefícios, mas seu uso inadequado pode causar danos, semelhante a outras formas de radiação.

A falta de compreensão pode ser evidenciada por um estudo que empregou a tecnologia de infravermelho na promoção da cicatrização de feridas cutâneas. Embora se reconheça que o infravermelho desempenha um papel benéfico nesse processo, pesquisas indicaram que sua eficácia é menos pronunciada quando aplicado em tecidos moles em comparação com tecidos duros, sendo assim ainda não se sabe ao certo qual tipo de tratamento deve ser utilizado para cada tecido, como dose, energia, tempo de tratamento e frequência de exposição por exemplo (Formighieri, 2016)

A exposição prolongada e intensa ao calor infravermelho pode resultar em queimaduras na pele. Equipamentos industriais ou lasers de alta potência que emitem radiação infravermelha representam riscos significativos se não forem manuseados corretamente (Film, 2018).

As ondas curtas do espectro infravermelho podem penetrar a uma profundidade de vários centímetros, causando aquecimento dos órgãos internos. Na área exposta, a expansão dos capilares pode levar à vermelhidão da pele e até à formação de bolhas. Os raios infravermelhos curtos, especialmente, apresentam perigo para os órgãos da visão, podendo causar a formação de catarata, distúrbios no equilíbrio sal-água e o surgimento de convulsões. Portanto, é crucial manusear a radiação infravermelha com cuidado para evitar potenciais efeitos adversos à saúde (Film, 2018).

## 2.6 FONTE DE INFRAVERMELHO

Dentre as diversas fontes de infravermelho disponíveis, como lâmpadas, radiadores, sistemas de aquecimento, lasers, entre outras, destaca-se, neste momento, os LEDs (Diodos Emissores de Luz). O LED foi inventado em 1962, é um tipo especial de diodo (Opel et al., 2023).

De modo geral, um diodo elimina um semiciclo da corrente alternada, formando uma onda resultante formada por pulsos, não possuindo assim uma tensão constante. O diodo retificador, por exemplo, pode ser utilizado normalmente como um diodo para qualquer aplicação, que se necessite a passagem da corrente em apenas um sentido, por exemplo, ele pode ser utilizado para evitar a ligação invertida na alimentação de uma TV de 12 volts ligada na bateria de um automóvel (Mattede, 2024).

Essa tecnologia possui muitas aplicações, nesse trabalho utiliza-se de um led emissor de infravermelho (EDE, 2017).

## 2.7. DETECÇÃO DE LUZ VISÍVEL E INFRAVERMELHO UTILIZANDO LDR

O LDR (Resistor Dependente da Luz) é um dispositivo semicondutor eletrônico que possui dois terminais e a característica de possuir certa resistência de acordo com a quantidade de luz incidente sobre ele de forma quase linear. Seu funcionamento é explicado pelo efeito fotoelétrico, em que a luz incidente sobre o LDR faz com que elétrons "presos" ao elemento tendem a interagir com os fótons, fazendo sua resistência diminuir. Reduzindo a luminosidade, começa a faltar elétrons livres, aumentando a resistência do mesmo (Mendes; Stevan, 2013).

O LDR é usado em diversas aplicações, como na construção de fotômetros, relês fotoelétricos, alarmes, brinquedos, detectores de níveis de iluminação, construção de sensores de luz ambiente, fotocélulas, detectores de incêndio e fumaça, entre outras (Mendes; Stevan, 2013).

O principal material para a construção do LDR é o Sulfeto de Cádmio (CdS), também chamada de cápsula de Sulfeto de Cádmio. É disposta de tal maneira para que haja maior incidência de luz no material, sendo protegido por um invólucro transparente para quase todas as cores do espectro visível, facilitando a absorção da luz sobre ele. Além de Sulfeto de Cádmio, o LDR também pode ser construído de outros elementos, contendo também a distância de energia entre as bandas de condução e valência

(podendo ser chamada de GAP) em eV (elétron-volt) na temperatura de 25 °C (aproximadamente 300 K) (Mendes; Stevan, 2013).

Um fato interessante sobre o LDR é a faixa de sensibilidade máxima da resistência, que se encontra na luz visível entre 400 e 700 nm. Ultrapassando esses valores (ultravioleta e infravermelho), é necessário o uso de lentes ou de outros materiais e dispositivos para melhorar a recepção da luminosidade, pois o mesmo não consegue “captar” tais ondas. O tempo de resposta de um LDR é considerado lento para certas aplicações, na ordem de milissegundos a alguns segundos, e como sistemas de controle com sensores rápidos em que são descartados fotocondutores como elementos sensores. A lentidão do LDR é explicada devido o tempo que ocorre o fenômeno eletrostático, sendo utilizado principalmente em projetos para detecção de variações de luminosidade (Mendes; Stevan, 2013).

A maioria das aplicações desenvolvidas com os sensores de luminosidade ambiente envolve controle de economia de bateria. Esses sensores fornecem soluções econômicas para dispositivos eletrônicos móveis como os PDAs, celulares, notebooks, entre outros. Alguns exemplos de sensores de luminosidade ambiente são o SFH5711, TEMT6000 e OPT101P, que possuem diferentes características, como tensão de alimentação, corrente de entrada, banda espectral e corrente de saída (Mendes; Stevan, 2013).

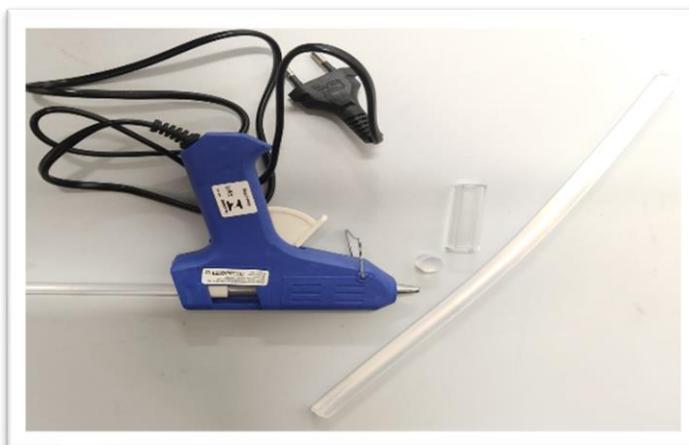
### 3. EXPERIMENTO DE DETECÇÃO DE INFRAVERMELHO

Nesta pesquisa, realizou-se um experimento com o propósito de verificar a presença de radiação infravermelha. O experimento foi desenvolvido para analisar a taxa de absorção de diferentes elementos, incluindo água, óleo, água destilada com sal, água destilada com açúcar e óleo de cozinha.

Utilizando cubetas, depositaram-se os elementos mencionados anteriormente. É importante destacar que a mistura de água destilada com sal foi preparada de forma saturada, utilizando 8 g de sal para 25 ml de água, seguindo uma abordagem semelhante para a água destilada com açúcar.

Para selar as cubetas, empregou-se tubo de cola quente, vedando-as também com o mesmo material para facilitar a manipulação, como ilustrado nas Figuras 16 e 17.

**Figura 16:** Cola quente e tubo de cola quente.



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

**Figura 17:** Cubetas prontas, da esquerda para direita temos: cubeta vazia, cubeta com óleo vegetal, cubeta com água, cubeta com sal saturado em água e cubeta com açúcar saturado em água.



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Após a preparação das cubetas com as diversas amostras, procedeu-se à montagem do experimento, empregando os seguintes componentes:

- 4 cabos;
- 1 multímetro (modelo DT830D);
- 1 protoboard;
- 1 sensor LDR convencional;
- 3 LEDs emissores de radiação infravermelha (LED de alta potência, 3 W, 630 nm, 2.8 V e 700 mA);
- 1 resfriador (cooler) e
- 1 fonte de alimentação de 5 V para ligar os LEDs.

O sensor LDR foi conectado ao multímetro (modelo DT830D) por meio de um protoboard e dois cabos. Os três LEDs emissores de infravermelho foram soldados em série e fixados no resfriador com cola térmica. A alimentação dos LEDs foi realizada conectando os extremos a uma fonte de 5 V, dispensando a necessidade de um resistor. Observe a Figura 18 para uma compreensão mais clara do arranjo experimental.

**Figura 18:** Montagem do experimento.



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Inicialmente, ao ambiente ser mantido completamente escuro, com os LEDs desligados, a resistência do LDR registrou um valor superior aos limites do nosso

multímetro, ultrapassando os 2000 k $\Omega$ , ou seja, a resistência era demasiadamente elevada para ser medida pelo instrumento.

Ao ligar o LED à fonte de 5V, observou-se que o LED apresentou uma tonalidade levemente magenta, quase imperceptível ao olho humano (Figura 19).

**Figura 19:** Tonalidade do LED.



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Com os LEDs ligados, a resistência pôde ser medida na escala de 2000  $\Omega$  do multímetro (modelo DT830D), considerando que a distância entre o LED e o sensor era de aproximadamente 2 cm. Ao realizar o experimento em cima de uma mesa, o valor da resistência foi registrado como 1450  $\Omega$  (sem a caixa). Para minimizar a interferência da iluminação ambiente, o experimento foi conduzido dentro de uma caixa de sapatos, resultando em uma medida inicial de resistência de 1120  $\Omega$ .

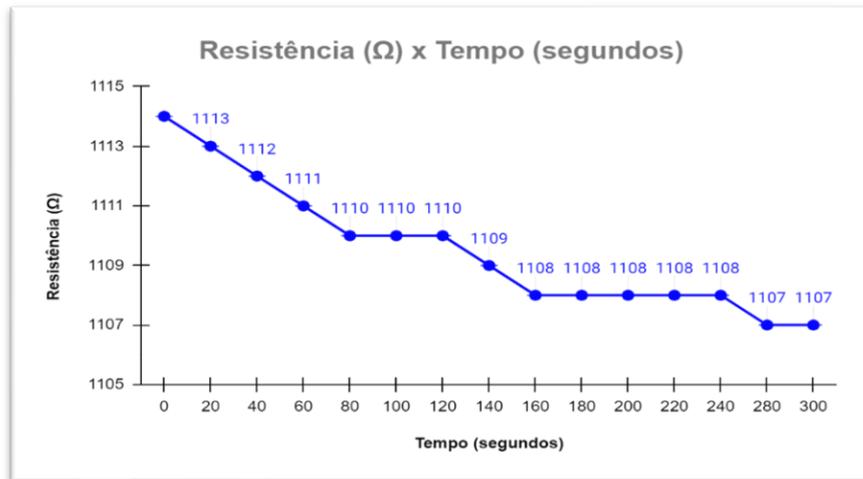
Ao ligar o LED, monitorou-se sua variação ao longo do tempo, com intervalos de 20 segundos até 5 minutos (consulte a Tabela 5). Observou-se que o valor da resistência diminui de forma exponencial com o tempo, indicando que a resistência do LED se estabiliza após um período específico que pode ser visto na Figura 20. Essa mudança pode estar associada ao aumento da temperatura tanto do sensor quanto do LED.

**Tabela 5:** Medida da resistência (ohm) em função do tempo dado em segundos (Distância cerca de 3 cm entre LED e sensor LDR).

<b>Tempo <math>\pm \Delta s</math> (s)</b>	<b>Resistênci <math>a \pm \Delta R</math> (<math>\Omega</math>)</b>	<b>Tempo <math>\pm \Delta s</math> (s)</b>	<b>Resistênci <math>a \pm \Delta R</math> (<math>\Omega</math>)</b>	<b>Tempo <math>\pm \Delta s</math> (s)</b>	<b>Resistênci <math>a \pm \Delta R</math> (<math>\Omega</math>)</b>
0 $\pm$ 0,1	1114 $\pm$ 0,5	100 $\pm$ 0,1	1110 $\pm$ 0,5	200 $\pm$ 0,1	1108 $\pm$ 0,5
20 $\pm$ 0,1	1113 $\pm$ 0,5	120 $\pm$ 0,1	1110 $\pm$ 0,5	220 $\pm$ 0,1	1108 $\pm$ 0,5
40 $\pm$ 0,1	1112 $\pm$ 0,5	140 $\pm$ 0,1	1109 $\pm$ 0,5	240 $\pm$ 0,1	1108 $\pm$ 0,5
60 $\pm$ 0,1	1111 $\pm$ 0,5	160 $\pm$ 0,1	1108 $\pm$ 0,5	280 $\pm$ 0,1	1107 $\pm$ 0,5
80 $\pm$ 0,1	1110 $\pm$ 0,5	180 $\pm$ 0,1	1108 $\pm$ 0,5	300 $\pm$ 0,1	1107 $\pm$ 0,5

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

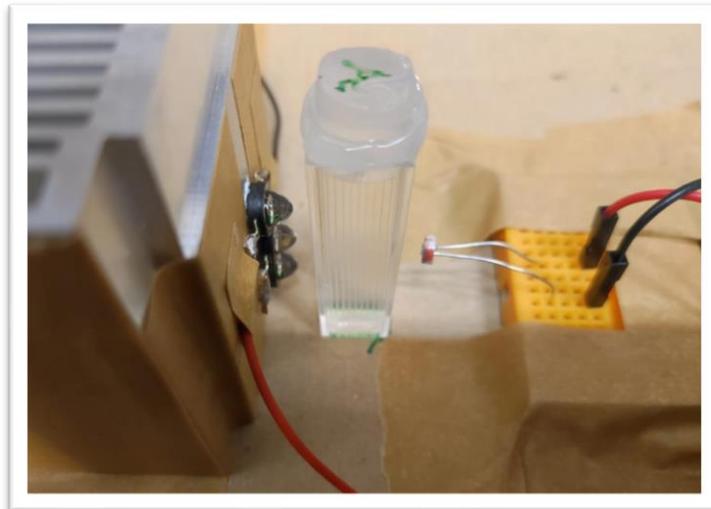
**Figura 20:** Gráfico da resistência em relação ao tempo.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Considerando a variação da resistência ao longo do tempo, aguardou-se 1 minuto e 30 segundos antes de efetuar as medições com as cubetas. Posiciona-se cada cubeta entre o LDR e os LEDs para avaliar sua capacidade de absorção. Essa análise foi conduzida tanto dentro de uma caixa completamente vedada quanto fora dela. A Figura 21 esquematiza o posicionamento das cubetas durante o experimento.

**Figura 21:** Detalhe da colocação da cubeta entre o LDR e os LEDs (Distância cerca de 3 cm entre LED e sensor LDR).



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Diante disto, foi confeccionada a Tabela 6, com cada cubeta e suas respectivas resistências captadas pelo LDR, tanto com caixa, quanto sem caixa.

**Tabela 6:** Resistências de cada cubeta dentro e fora da caixa (Distância cerca de 3 cm entre LED e sensor LDR).

<b>Cubeta</b>	<b>Com caixa Resistência <math>\pm \Delta R</math> (<math>\Omega</math>)</b>	<b>Sem caixa Resistência <math>\pm \Delta R</math> (<math>\Omega</math>)</b>
Vazia	$888 \pm 0,5$	$1303 \pm 0,5$
Açúcar	$762 \pm 0,5$	$1145 \pm 0,5$
Sal	$750 \pm 0,5$	$1130 \pm 0,5$
Água	$747 \pm 0,5$	$1120 \pm 0,5$
Óleo	$708 \pm 0,5$	$1040 \pm 0,5$

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Observou-se uma redução na resistência ao utilizar a caixa, indicando uma maior absorção de luz em comparação com o ambiente sem a caixa. Diante desse resultado, optou-se por prosseguir com o experimento utilizando a caixa, visando assim minimizar a margem de erro. Foi também trocado o multímetro (modelo DT830D) para o multímetro (ET-2210 Minipa), o que ao final não apresentou nenhuma mudança significativa.

Utilizando o multímetro mediu-se novamente só com o LDR ligado e pode dar um número maior do que é possível medir, também se mediu os LEDs, sem nenhuma amostra, resultando no valor de  $1060 \Omega$ .

Na Tabela 7 apresenta as medidas de resistência na escala de  $2000 \Omega$ , realizadas após aguardar 1 minuto e 30 segundos. Essa abordagem nos permitiu calcular o erro associado às medidas.

**Tabela 7:** Valores das resistências de cada cubeta, aferidas duas vezes (Distância cerca de 3 cm entre LED e sensor LDR).

<b>Cubeta</b>	<b>Resistência <math>\pm \Delta R</math> (<math>\Omega</math>)</b>	<b>Resistência <math>\pm \Delta R</math> (<math>\Omega</math>)</b>	<b>Resistência <math>\pm \Delta R</math> (<math>\Delta\Omega</math>)</b>
0-Sem nada	$888 \pm 0,5$	$880 \pm 0,5$	$884 \pm 0,5$
1-Açúcar	$762 \pm 0,5$	$750 \pm 0,5$	$756 \pm 0,5$
2-Sal	$750 \pm 0,5$	$730 \pm 0,5$	$740 \pm 0,5$
3-Água	$747 \pm 0,5$	$727 \pm 0,5$	$737 \pm 0,5$
4-Óleo	$708 \pm 0,5$	$696 \pm 0,5$	$702 \pm 0,5$

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Com isso percebe-se que é reprodutível com 3% de erro em determinado tempo. Além disso, constata-se que há uma grande diferença entre água e óleo e a mistura de sal e a mistura de açúcar os valores são bem próximos.

Foi elaborado um apêndice no final deste documento que oferece uma descrição detalhada do procedimento para realizar o experimento.

#### 4. RESULTADOS

Foi possível medir o infravermelho utilizando LEDs, os valores foram detectados utilizando um sensor LDR comum e um multímetro na escala de 2000  $\Omega$ , do qual marcava uma resistência de 1135  $\Omega$  com o multímetro (modelo DT830D) e 1060  $\Omega$  com o multímetro (ET-2210 Minipa), e medindo com os LEDs desligados pode ser verificado uma resistência muito maior do que foi possível medir com ambos os multímetros.

Ao longo de um período de 5 minutos, observa-se uma variação de aproximadamente 7  $\Omega$  na resistência dos LEDs, representando do máximo ao mínimo. Ao confeccionar um gráfico dessa variação em relação ao tempo, nota-se uma tendência de diminuição da resistência ao longo do tempo. Essa mudança pode ser atribuída a diversos fatores, como o aquecimento dos LEDs ou o aumento da temperatura do LDR devido à constante emissão de infravermelho, entre outras possibilidades. Após certo período, a resistência estabilizou em 1107  $\Omega$ .

Todas as medidas dos materiais que estavam nas cubetas foram tomadas com um intervalo de 1 minuto e 30 segundos entre cada uma cubeta, deste modo evitando oscilações na resistência. A realização do experimento foi feita dentro de uma caixa que proporcionou maior precisão nos resultados.

As médias das resistências para as diferentes cubetas foram: 0-884, 1-756  $\Omega$ , 2-740  $\Omega$ , 3-737  $\Omega$  e 4-702  $\Omega$ . A variação de uma medida para a outra, embora pequena, é significativa, superando a margem de erro de 3%. Destaca-se uma maior diferença entre o óleo e a mistura de açúcar com água.

Este estudo não tem como objetivo analisar os efeitos específicos do infravermelho em cada material, mas sim observar qualitativamente as mudanças na resistência de cada cubeta. Sugere-se um estudo mais detalhado, empregando um espectrômetro IF e um refratômetro IF para análises mais aprofundadas das absorções e índices de refração nos diferentes líquidos.

## 5. CONCLUSÃO

Com base nas informações apresentadas neste trabalho, é possível explorar e estudar diversas possibilidades de utilização do infravermelho, sendo uma delas uma contribuição para a saúde, notando que seus efeitos biológicos em sua maioria são mínimos. Desde sua descoberta, o infravermelho tem sido objeto de estudo, mantendo-se como uma parte do espectro eletromagnético ainda misteriosa. Neste contexto, analisa-se seu comportamento na água e sua capacidade de penetrar na pele humana.

A partir de vários estudos, emergiram aplicações bem-sucedidas, destacando-se a termografia como um exemplo. Essa técnica é capaz de identificar lesões antes mesmo de sua manifestação, possibilitando tratamento precoce e a prevenção de problemas graves no futuro. Apesar dos efeitos biológicos mínimos, é importante destacar que, quando utilizado de forma apropriada, o infravermelho não causa danos. No entanto, a exposição prolongada e intensa ao calor infravermelho pode resultar em queimaduras.

No decorrer deste estudo, conduziu-se experimentos utilizando LEDs e sensor LDR comum para detectar o infravermelho e observar as mudanças nas resistências de determinados materiais. Além disso, notam-se variações significativas, como água com açúcar e óleo. Essas mudanças nas resistências podem estar associadas ao índice de refração e à absorção do infravermelho pelos materiais em questão. Nosso objetivo é analisar essas variações, reconhecendo que para uma compreensão mais aprofundada seria necessário o uso de equipamentos como um espectrômetro de infravermelho e um refratômetro de infravermelho.

Em última análise, a continuação dos estudos sobre o infravermelho assume um papel de grande relevância, considerando sua ampla variedade de aplicações benéficas até o momento presente. Além disso, seus efeitos biológicos geralmente mínimos ressaltam a importância de conscientizar as pessoas sobre os espectros eletromagnéticos, com ênfase no infravermelho. Apesar de ser pouco discutido, esse espectro desempenha um papel significativo em nossas vidas, assim como os demais espectros eletromagnéticos. Consequentemente, é fundamental que haja uma compreensão mais ampla e reconhecimento da influência do infravermelho em diversos aspectos do cotidiano.

## REFERÊNCIAS

1. ALFIERI, F.; SANTOS, A.; BATTISTELLA, L., Uso da termografia como método de avaliação na medicina física e de reabilitação. **Acta Fisiátrica**, v. 24, n.3, 2018. <https://doi.org/10.5935/0104-7795.20170027>
2. ALMEIDA, J. M. L.; FOGAÇA, L. B. **Estudo comparativo de abordagens para registro de imagens de termografia dinâmica**. Monografia (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Departamento de Informática, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019. 53p.
3. ALVES, M. **Infravermelho, o que é? Conceito, características e aplicações**. Conhecimento Científico, 2023. Disponível em: <https://conhecimentocientifico.r7.com/infravermelho/> Acesso em: 26 jul. 2023.
4. BICAS, T. C.; FERNANDES, A.; PRESNIEWSKI, A. et al. Uso da Espectroscopia de Infravermelho Médio com Transformada de Fourier (IV-TF) aliada à quimiometria para classificação de vinhos e suco de uva. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 8, n. 2, p. (89-97), 2017. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa/article/view/4913/pdf> Acesso em: 27 de dezembro de 2023.
5. BOYLESTAD R.L.; NASHELSKY, L. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria De Circuitos**. 11ª Edição, São Paulo, Pearson, 2013.
6. CIENCIAVIVA. **Arco-íris: Como Herschel descobriu o InfraVermelho?** Ciência Viva, 2019. Disponível em: <https://cienciaviva.org.br/index.php/2019/06/26/como-herschel-descobriu-o-infravermelho/> Acesso em: 14 out. 2023.
7. Castro, A. (n.d.). **O Espectro eletromagnético e as interações de cada faixa espectral com a matéria**. Moodle USP, Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=957513>
8. CÔRTE, A. C. R.; HERNANDEZ, A. J. TERMOGRAFIA MÉDICA INFRAVERMELHA APLICADA À MEDICINA DO ESPORTE. **Revista Brasileira de Medicina Do Esporte**, v. 22, n. 4, p. 315–319, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1517-869220162204160783> Acesso em: 28 de junho de 2023
9. DARTORA, C. A. Teoria do campo eletromagnético e ondas, Universidade Estadual do Paraná, 2015. Disponível: [https://www.eletrica.ufpr.br/cadartora/Documentos/TE053/Ondas\\_Eletromagneticas.pdf](https://www.eletrica.ufpr.br/cadartora/Documentos/TE053/Ondas_Eletromagneticas.pdf)
10. DISCOVERY of Gamma Rays/Radiation. **Nuclear Power**. Disponível em: <https://www.nuclear-power.com/nuclear-power/reactor-physics/atomic-nuclear-physics/fundamental-particles/photon/gamma-ray/discovery-gamma-rays> Acesso em: 30 jun. 2023.

11. DONOSO, J. **SFI 5800 Espectroscopia Física Infravermelho distante (FIR)**, s.d. Disponível em: [https://www.ifsc.usp.br/~donoso/espectroscopia/Infravermelho\\_distante\\_FIR.pdf](https://www.ifsc.usp.br/~donoso/espectroscopia/Infravermelho_distante_FIR.pdf)  
Acesso em: 27 de dezembro de 2023.
12. EDE, Equipe de sterro eletrecidade, Diodos – (quase) tudo que você precisa saber sobre. Desterro eletrecidade, 2017, Disponível em: <https://www.desterroeletrecidade.com.br/blog/eletrica/diodos-quase-tudo-que-voce-precisa-saber-sobre/> Acesso em: 27 de dezembro de 2023. Blog
13. FERNANDES, C. S.; CAMARA NETO, C. S.; SANTOS, M A. Utilização dos conceitos de Física do Ensino Médio para explicação da proteção contra os raios ultravioletas provenientes do Sol. **Revista do Professor de Física**, v. 7, n. 1, p. 46-57, 2023. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/47764>  
Acesso em: 27 dez. 2023.
14. FILM. P, COMO SE PROTEGER DA RADIAÇÃO INFRAVERMELHA?, **PREMIERFILM do Brasil**, 2018. Disponível em: <https://premierfilm.com.br/blog/39/como-se-protger-da-radiacao-infravermelha#:~:text=QUAIS%20OS%20MALEF%3%8DCIOS%20DA%20RADIA%3%87%3O,at%3%A9%20a%20forma%3%A7%3%A3o%20de%20bolhas.>  
Acesso em: 27 de dezembro de 2023.
15. FORMIGHIERI, R. R.; KOEMPFER, R.; CENCI, R. A.; PAGNONCELLI, R. M., et al. Avaliação da irradiação com laser infravermelho (808nm) na cicatrização de feridas cutâneas de ratos. **Revista Da Faculdade de Odontologia - UPF**, v. 20, n. 3, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5335/rfo.v20i3.5497>
16. GOUVÊA M. M.; LIMA, G. S.; NETO, A. A. S. et al. Aplicação da radiação ultravioleta como forma de contribuição para a química verde e construção de um reator fotoquímico alternativo e de baixo custo, para pré-tratamento de amostras. **Quim. Nova**, v. 37, n. 2, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20140056> Acesso em: 18 mai. 2023.
17. HANSSON, T. L. Infrared laser in the treatment of craniomandibular disorders, arthrogenous pain. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 61, n. 5, p. 614-617, 1989. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(89\)90287-4](https://doi.org/10.1016/0022-3913(89)90287-4)
18. HELERBROCK, R. **Luz**. Brasil Escola, 2023. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/luz.htm>. Acesso em 28 de dezembro de 2023.
19. HELERBROCK, R. **Ondas de rádio**, PreParaEnem, 2024. Disponível em: <https://www.preparaenem.com/fisica/ondas-de-radio.htm> Acesso em: 05 jan. 2024
20. HENDERSON, T. A.; MORRIES, L. Near-infrared photonic energy penetration: can infrared phototherapy effectively reach the human brain? **Neuropsychiatric**

- Disease and Treatment*, v 11, p. (2191-2208), 2015. Disponível em:  
<https://doi.org/10.2147/NDT.S78182>
21. HIROMI, J., CONHEÇA OS BENEFÍCIOS DA CROMOTERAPIA E O SIGNIFICADO DE SUAS CORES, **JustForYou**, 2022. Disponível em:  
<https://www.justfor.com.br/blogs/lifestyle/beneficios-da-cromoterapia#:~:text=A%20cromoterapia%2C%20tamb%C3%A9m%20chamada%20de,febre%2C%20ins%C3%B4nia%20ou%20doen%C3%A7as%20psiqui%C3%A1tricas>
22. HOLANDA, I. **Microondas, o que são? Definição, utilidade e radiação eletromagnética**. Conhecimento Científico, 2023. Disponível em:  
<https://conhecimentocientifico.r7.com/micro-ondas-fisica-o-que-sao/> Acesso em: 18 jun. 2023.
23. HUANG, C; YANG, R.; KUO, T. et al. Phantom limb pain treated by far infrared ray. **2009 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society**, p.1589–1591,2009. Disponível em:  
<https://doi.org/10.1109/IEMBS.2009.5334124>
24. IFURGS, Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **A Descoberta dos Raios X**. Física Moderna, 2005. Disponível em:  
[https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod06/m\\_s01.html](https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod06/m_s01.html) Acesso em: 25 ago. 2023.
25. LIMA, A.; BAKKER, J. Espectroscopia no infravermelho próximo para a monitorização da perfusão tecidual. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 23, n. 3, p. 341–351, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-507X2011000300013> Acesso em: 27 de dezembro de 2023.
26. MATTEDE, H, **Diodo retificador! O que é? Pra que serve?** Mundo da Elétrica, 2024. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/diodo-retificador-o-que-e-para-que-serve/> Acesso em: 27 de dezembro de 2023.
27. MENDES JÚNIOR, J. J. A.; STEVAN JUNIOR, S. L. Ldr e sensores de luz ambiente: Funcionamento e aplicações. **Semana de Eletrônica e Automação, Paraná**, 2013. Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/publication/287958715\\_LDR\\_E\\_SENSORES\\_DE\\_LUZ\\_AMBIENTE\\_FUNCIONAMENTO\\_E\\_APLICACOES](https://www.researchgate.net/publication/287958715_LDR_E_SENSORES_DE_LUZ_AMBIENTE_FUNCIONAMENTO_E_APLICACOES) Acesso em: 27 de dezembro de 2023.
28. NHMFL, National High Magnetic Field Laboratory. **James Clerk Maxwell**. Science, Optics & You. Disponível em:  
<https://micro.magnet.fsu.edu/optics/timeline/people/maxwell.html>. Acesso em: 20 de dez. de 2023.
29. OLIVEIRA, R. A.; SILVA, A. P. B. William Herschel, os raios invisíveis e as primeiras ideias sobre radiação infravermelha. **Revista Brasileira de Ensino de**

- Física*, v 36, n.4, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000400022> Acesso em: 27 dez. 2023.
30. OPEL, D.R.; HAGSTROM, E.; PACE, A.K. et al. Light-emitting Diodes: A Brief Review and Clinical Experience. **J Clin Aesthet Dermatol**. V.8, n. 6, p. 36-44, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4479368/> Acesso em: 27 dez. 2023.
31. PACHECO, L. L.; FREITAS-REIS, I. Principais Contribuições responsáveis pela descoberta dos raios X: a estirpe coletiva da ciência, **Rev. Bras. Ensino Fís.** v. 45, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/LGnXVMWzqK5NtJpYkSMnWkj/?lang=pt#> Acesso em: 20 out. 2023.
32. PERUCH, T. **História do Rádio**. Espaço do Conhecimento UFMG, 2021. Disponível em: <https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/historia-do-radio/> Acesso em: 15 mai. 2023.
33. PINTO, G. T.; MARQUES, D. M. Uma proposta didática na utilização da história da ciência para a primeira série do Ensino Médio: A Radioatividade e o cotidiano. **História da Ciência e Ensino**, v. 1, p. 27-57, 2010. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/hcensino/article/download/3024/2037/0> Acesso em: 18 jun. 2023.
34. ROSINI, F.; NASCENTES, C. C.; NÓBREGA, J. A. Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas. **Revista Educação**, v. 27, n. 6, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000600028> Acesso em: 25 jun. 2023.
35. SANTANA, A. P. N.; REIS, M. J.; SILVA, M. C. C. Das Rosas Aos Repolhos: Uma Análise Sobre A Motivação Escolar Nas Séries Iniciais. **Acervo Faculdade São Luis de França**, 2016. Disponível em: [https://portal.fslf.edu.br/wp-content/uploads/2016/12/S31\\_Artigo6.pdf](https://portal.fslf.edu.br/wp-content/uploads/2016/12/S31_Artigo6.pdf) Acesso em: 15 mai. 2023.
36. SAROLA, J. **Sir Ferederick William Herschel, infrared light (IR) discoverer**. **NIRS Research**, 2020. Disponível em: <https://nirs-research.com/en/sir-frederick-william-herschel-discoverer-of-the-light-infraroja-2/#:~:text=On%2011th%20February%201800%20astronomer,light%20beyond%20he%20visible%20spectrum> Acesso em: 16 fev. 2023.
37. STScl, Space Telescope Science Institute. **The Electromagnetic Spectrum**. Hubblesite, 2022. Disponível em: <https://hubblesite.org/contents/articles/the-electromagnetic-spectrum> Acesso em: 20 dez. 2023.
38. TORRE, Juan Carlos. Apresentação: a motivação para a aprendizagem. In: TAPIA, J.A.; FITA, E.C. **A motivação em sala de aula: o que é, como se faz**, v. 4, p. 7-10, São Paulo: Loyola, 1999.
39. TSAI, S.; HAMBLIN, M. R. Biological effects and medical applications of infrared radiation. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 170, p.

197-207. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2017.04.014> Acesso em: 18 jun. 2023.

40. TUBIANA M. Wilhelm Conrad Röntgen and the discovery of X-rays. **Bulletin de L'academie Nationale de Medecine**. v. 180, n. 1, p. 97-108, 1996.
41. VILELLA, T.; FERREIRA, I.; WUENSCHÉ, C. A. Cosmologia observacional: a radiação cósmica de fundo em microondas. **Revista USP**, São Paulo, n. 262, p. 104-115, 2004.
42. ZENTI, L. Aulas que seus alunos vão lembrar por muito tempo: motivação é a chave para ensinar a importância do estudo na vida de cada um de nós. **Nova Escola**, v. 134, São Paulo: Abril, ago. 2000.

## **1. APÊNDICE**

### **1. ABSORÇÃO DO INFRAVERMELHO**

A radiação infravermelha foi descoberta pelo astrônomo William Herschel (1738-1822), ao refazer o experimento do físico, astronômico e matemático Isaac Newton, que seria incidir luz em um prisma gerando um arco íris, melhor dizendo ocorre um fenômeno de refração, pois cada cor tem um índice de refração diferente, com isso Herschel verificou as temperaturas de todas as cores em busca da maior, emitindo os feixes em um termômetro, foi quando chegou à conclusão que a cor de temperatura maior era a de frequência um pouco menor que a luz vermelha, mais conhecida como infravermelho. Desde então o infravermelho vem sendo estudado, e sendo cada vez mais aplicado na medicina, uma das suas melhores qualidades é por não ter efeitos biológicos significantes.

Diante disto vamos detectar o infravermelho e ver suas diferentes resistências em diversos materiais.

## **2. PARTE EXPERIMENTAL**

### **2.1 OBJETIVOS**

- Observar as diferentes resistências, de cada material utilizado.
- Analisar as diferentes resistências

### **2.2 MATERIAIS UTILIZADOS**

- 5 cubetas;
- Água destilada;
- Óleo vegetal;
- Açúcar comum;
- Sal comum;
- Cola quente um bastão fino e outro médio;
- Pistola de cola quente;
- 4 cabos;
- 1 multímetro (modelo DT830D);

- 1 multímetro (ET-2210 Minipa);
- 1 protoboard;
- 1 sensor LDR convencional;
- 3 LEDs emissores de radiação infravermelha (LED de alta potência, 3 W, 630 nm, 2.8 V e 700 mA);
- 1 resfriador (cooler);
- 1 fonte de alimentação de 5 V para ligar os LEDs;
- Caixa de sapato.

### 2.3 MONTAGEM

Preparação das amostras:

1. Lave todas as cubetas cuidadosamente e deixe secar;
2. Faça a mistura em outro recipiente de 8 gramas de sal para 25 ml de água destilada e em outro recipiente coloque 8 gramas de açúcar para 25 ml de água destilada;
3. Encha cada cubeta com os líquidos, uma com água destilada, uma com óleo vegetal, uma com a mistura saturada de água e sal e outra com a mistura saturada de água e açúcar;
4. Corte a cola quente mais grossa em formato de rolha, de aproximadamente 1 centímetro para fazer de tampa das cubetas;
5. Tampe todas as cubetas com as rolhas feitas de cola quente e vede os espaços que ficaram com cola quente para facilitar o manuseamento dos materiais.

Procedimento para a montagem do experimento:

1. Conecte o sensor LDR na protoboard;
2. Conecte dois cabos no multímetro (modelo DT830D) e na placa protoboard em cada extremo do LDR;
3. Utilize a solda para soldar os 3 LEDs juntos em série;
4. Acople os 3 LEDs no refrigerador utilizando cola térmica;
5. Conecte dois cabos em cada extremo dos leds e na fonte;
6. Conecte a fonte na tomada para ligar os LEDs;

7. Coloque tudo dentro de uma caixa de sapatos fazendo 2 furos para a passagem dos fios.

#### 2.4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1. Com o multímetro (modelo DT830D) ligado em sua maior escala para medir a resistência, afira qual o valor da resistência medida no multímetro;
2. Com os LEDs ligados afira o valor da resistência, faça isso por 5 minutos num intervalo de 20 segundos para cada medida e anote;
3. Coloque o multímetro (ET-2210 Minipa) e afira o valor inicial do LEDs ligados sem amostras;
4. Posicione uma cubeta por vez entre o LDR e os LEDs, afira a medida da resistência, repita esse processo duas vezes;
5. Retire a caixa e meça os valores da resistência no multímetro (modelo DT830D) para os LEDs;
6. Anote os valores de cada resistência para cada amostra;
7. Compare com os que estão dentro da caixa;
8. Esboce um gráfico para o item 02, da resistência em relação ao tempo.