

**UNIVERSIDADE BRASIL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA  
CAMPUS SÃO PAULO**

**FRANCISCO DO NASCIMENTO SILVA FILHO**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA MANTA DE LEDS EM FORMATO DE  
FITA AJUSTÁVEL PARA APLICAÇÕES DE TERAPIA DE  
FOTOBIMODULAÇÃO**

**DEVELOPMENT OF A LED CLUSTER IN ADJUSTABLE TAPE  
FORMAT FOR PHOTOBIMODULATION THERAPY APPLICATIONS**

São Paulo - SP

2020

**FRANCISCO DO NASCIMENTO SILVA FILHO**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA MANTA DE LEDS EM FORMATO DE  
FITA AJUSTÁVEL PARA APLICAÇÕES DE TERAPIA DE  
FOTOBIMODULAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Prof. Dr. Mardoqueu Martins da Costa  
**Orientador**

Prof. Dr. Cléber Ferraresi  
**Coorientador**

São Paulo– SP  
2020

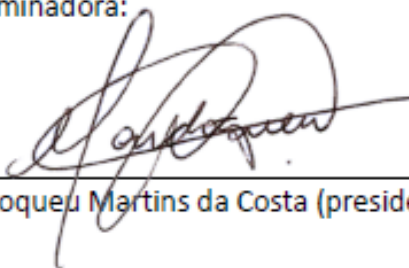
## Ficha catalográfica

## TERMO DE APROVAÇÃO

**FRANCISCO DO NASCIMENTO SILVA FILHO**

**“DESENVOLVIMENTO DE UMA MANTA DE LEDS EM FORMATO DE FITA  
AJUSTÁVEL PARA APLICAÇÕES DE FOTOBIMODULAÇÃO”**

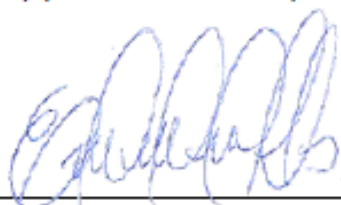
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica** da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:



Prof.(a). Dr.(a) Mardoqueu Martins da Costa (presidente-orientador)



Prof.(a). Dr.(a) Livia Assis Garcia (UNIVERSIDADE BRASIL)



Prof(a). Dr(a) Emery Cleiton Cabral Correia Lins (UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO)

São Paulo, 17 de dezembro de 2020

**Presidente da Banca Prof(a). Dr(a) Mardoqueu Martins da Costa**

Houve alteração do Título: sim ( x ) não ( ) :

DESENVOLVIMENTO DE UMA MANTA DE LEDS EM FORMATO DE FITA AJUSTÁVEL PARA  
APLICAÇÕES DE TERAPIA DE FOTOBIMODULAÇÃO

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Termo de Autorização

**Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respectivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES**

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: **“DESENVOLVIMENTO DE UMA MANTA DE LEDS EM FORMATO DE FITA AJUSTÁVEL PARA APLICAÇÕES DE FOTOBIMODULAÇÃO”**

Houve alteração do Título: sim (X) não ( )

DESENVOLVIMENTO DE UMA MANTA DE LEDS EM FORMATO DE FITA AJUSTÁVEL PARA  
APLICAÇÕES DE TERAPIA DE FOTOBIMODULAÇÃO

Autor(es):

Discente: **Francisco do Nascimento Silva Filho**

Assinatura: Francisco do Nascimento Silva Filho

Orientador(a): **Prof. Dr. Mardoqueu Martins da Costa**

Assinatura: Mardoqueu Martins da Costa

Coorientador(a):

Assinatura: Clélia Ferrarezi

Data: 17/12/2020

## **DEDICATÓRIA (opcional)**

Folha que pode ser utilizada para dedicar o trabalho a alguém.

## **DIVULGAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO**

O objetivo deste trabalho foi o desenvolver uma manta de LEDs em formato de fita ajustável para aplicações de fotobiomodulação e um aplicativo (App) para dispositivo móvel e controle do equipamento via Bluetooth. O dispositivo foi formado por uma Manta de irradiação, por um equipamento de controle eletrônico pela plataforma Arduino e o App de controle com interface do software MIT App Inventor for Android (Massachusetts Institute of Technology). Com base no que foi apurado na realização desse estudo, infere-se que o desenvolvimento de uma manta LED para tal finalidade mostrou-se viável. Observou-se também que as funcionalidades do App apresentaram compatibilidade com a plataforma em questão. Dessa forma, a presente pesquisa constatou que a manta LED desenvolvida a base de fotobiomodulação mostrou-se viável, sendo imprescindível a realização de trabalhos futuros, acrescentando novos recursos e funções, otimizando sua usabilidade aos profissionais que trabalham no ramo estético e da educação física.

## RESUMO

Os Diodos emissores de luz (LEDs) são dispositivos fotobiomodulatórios formados por semicondutores sólidos unidos entre si e que geram uma fonte de luz confiável e de elevada potência em intervalos estreitos de bandas de luz (entre 20-50 nm) e que vêm ganhando destaque no contexto da saúde e da estética. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi desenvolver uma manta de LEDs em formato de fita ajustável para aplicações de fotobiomodulação e um aplicativo (App) para dispositivo móvel e controle do equipamento via Bluetooth. O dispositivo foi formado por uma Manta de irradiação, por um equipamento de controle eletrônico pela plataforma Arduino e o App de controle com interface do software MIT App Inventor for Android (Massachusetts Institute of Technology). Com base no que foi apurado na realização desse estudo, infere-se que o desenvolvimento de uma manta LED para tal finalidade mostrou-se viável. Observou-se também que as funcionalidades do App apresentaram compatibilidade com a plataforma em questão. Dessa forma, a presente pesquisa constatou que a manta LED desenvolvida a base de fotobiomodulação mostrou-se viável, sendo imprescindível a realização de trabalhos futuros, acrescentando novos recursos e funções, otimizando sua usabilidade aos profissionais que trabalham no ramo estético e da educação física.

**Palavras chave:** Fotobiomodulação, LEDs, Manta, Aplicativos móveis.

## **ABSTRACT**

Light emitting diodes (LEDs) are photobiomodulatory devices formed by solid semiconductors joined together and that generate a reliable and high power light source in narrow ranges of light bands (between 20-50 nm) and that have been gaining prominence in the context of health and aesthetics. In this context, the objective of the work was to develop an LED strip in an adjustable ribbon format for photobiomodulation applications and an application (App) for mobile device and equipment control via Bluetooth. The device was formed by an irradiation blanket, electronic control equipment using the Arduino platform and the control app with an MIT App Inventor for Android software interface (Massachusetts Institute of Technology). Based on what was found in this study, it appears that the development of an LED mat for this purpose proved to be feasible. It was also observed that the features of the App were compatible with the platform in question. Thus, the present research found that the LED blanket developed with photobiomodulation proved to be viable, and future work is essential, adding new features and functions, optimizing its usability to professionals working in the aesthetic and physical education fields.

**Keywords:** Photobiomodulation, LEDs, Blanket, Mobile applications.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mecanismo de ação da fotobiomodulação.....	19
Figura 2 - Protótipo de manta de LED para atletas .....	25
Figura 3 - Ilustração do sistema completo.....	29
Figura 4 - Fita de LEDs .....	30
Figura 5 - Base e proteção.....	31
Figura 6 - Sistema de fixação com fecho de velcro.....	32
Figura 7 – Primeira manta do sistema com plug P4 Jack (fêmea) .....	32
Figura 8 - Cabo conector P4/Mike 4 vias .....	32
Figura 9 - Sistema para interligação das mantas .....	33
Figura 10 - Esquema eletrônico geral. ....	34
Figura 11 - Base Boarduino.....	35
Figura 12 - Interface da plataforma Arduino.....	36
Figura 13 - Módulo MOSFET .....	36
Figura 14 - Fonte de alimentação.....	37
Figura 15 - Módulo Bluetooth RS232 HC-05.....	38
Figura 16 - Display LCD 16x2 com módulo I2C .....	38
Figura 17 - Espectrômetro de fibra ótica USB4000 .....	39
Figura 18 - Interface do Software Ocean Optics SpectraSuite .....	40
Figura 19 - Medidor de Potência .....	41
Figura 20 - Interface do usuário software MIT App Inventor .....	43
Figura 21 - Sistema completo desenvolvido.....	44
Figura 22 - Manta .....	45
Figura 23 - Dispositivo de proteção.....	46
Figura 24 - Vista frontal .....	47
Figura 25 - Vista traseira .....	47
Figura 26 - Vista frontal .....	48
Figura 27 - Vista traseira .....	48
Figura 28 - Sistema de ligação.....	49
Figura 29 - Sistema de Fixação.....	50
Figura 30 - Instalação da manta.....	50
Figura 31 - Manta instalada em membro inferior (perna) .....	51

Figura 32 - Eletrônica do equipamento .....	51
Figura 33 - Painel de comandos.....	52
Figura 34 - Painel traseiro .....	53
Figura 35 - Painel Lateral .....	53
Figura 36 - Espectro do LED aferido .....	56
Figura 37 - Dispositivo Potência Óptica .....	57
Figura 38 - Dispositivo móvel .....	58
Figura 39 - Código desenvolvido em blocos.....	59
Figura 40 - Código-fonte .....	60
Figura 41 - Aplicativo.....	61
Figura 42 - Conectando o App IrradLED .....	62
Figura 43 - Interface para preenchimento e acionamento .....	63

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais cores utilizadas pelos LEDs.....	21
Tabela 2 - Custo de componentes para construção do protótipo.....	41
Tabela 3 - Dados Espectro do LED testados .....	57
Tabela 4 - Aferição da Potência do LED .....	58

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
1.1	MOTIVAÇÃO	16
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
<b>3</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>17</b>
3.1	FOTOBIMODULAÇÃO	17
3.2	USO DE LEDS NA FOTOBIMODULAÇÃO	20
3.3	FBM APLICADA AO EXERCÍCIO FÍSICO	22
3.4	USO DE MANTAS TÉRMICAS NAS PRÁTICAS DE SAÚDE E ESTÉTICA	24
3.5	TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TICS)	25
3.6	APLICATIVOS MÓVEIS NA ÁREA DE SAÚDE	27
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>29</b>
4.1	DESENVOLVIMENTO DO EQUIPAMENTO	29
4.1.1	<b>Sistema óptico</b>	<b>30</b>
4.1.2	<b>Sistema mecânico</b>	<b>30</b>
4.1.2.1	<i>Estrutura interna</i>	31
4.1.2.2	<i>Sistema de fixação</i>	31
4.1.2.3	<i>Montagem das Mantas</i>	32
4.1.3	<b>Sistema eletrônico</b>	<b>33</b>
4.1.3.1	<i>Arduino</i>	34
4.1.3.2	<i>Plataforma Arduino</i>	35
4.1.3.3	<i>Driver de controle de intensidade</i>	36
4.1.3.4	<i>Fonte de alimentação</i>	37
4.1.3.5	<i>Módulo bluetooth</i>	37
4.1.3.6	<i>Módulo display</i>	38
4.1.4	<b>Caracterização do sistema</b>	<b>39</b>
4.1.4.1	<i>Iluminação</i>	39

4.1.4.2	<i>Potência óptica</i> .....	40
4.2	CUSTO DO EQUIPAMENTO.....	41
4.3	DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO MÓVEL .....	42
4.3.1	<b>Software MIT App Inventor</b> .....	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>44</b>
5.1	DESENVOLVIMENTO DO EQUIPAMENTO.....	44
5.1.1	<b>Sistema óptico</b> .....	<b>45</b>
5.1.2	<b>Sistema Mecânico</b> .....	<b>46</b>
5.1.3	<b>Sistema Eletrônico</b> .....	<b>51</b>
5.1.3.1	<i>Painel frontal de controle</i> .....	52
5.1.3.2	<i>Painel traseiro</i> .....	52
5.1.3.3	<i>Painel Lateral</i> .....	53
5.1.3.4	<i>Utilizando o módulo eletrônico</i> .....	54
5.1.4	<b>Caracterização</b> .....	<b>56</b>
5.1.4.1	<i>Iluminação</i> .....	56
5.1.4.2	<i>Potência óptica</i> .....	57
5.2	APLICATIVO .....	58
5.2.1	<b>Utilizando o Aplicativo</b> .....	<b>60</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A terapia por fotobiomodulação promove-se a partir da ativação ou potencialização da atividade celular na presença da luz, ou seja, consiste em processos relacionados à utilização da luz para induzir reações bioquímicas (estímulo ou inibição) celulares através de fotorreceptores que absorvem as partículas de luz (BORSA; LARKIN; TRUE, 2013; HUANG et al., 2011).

Nesse contexto, existe uma gama de dispositivos fototerapêuticos baseados na luz visível (geralmente de cor vermelha) e não visível (infravermelho) a partir de Diodos emissores de luz (LEDs) ou LASERs (*Light Amplification of Stimulated Emission of Radiation* ou Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação) (HUANG et al., 2011), enquanto o laser é caracterizado por uma coloração pura e bem definida (monocromático), o LED pode apresentar diferente tons de cores de uma vez só (policromático) que coloca a fotobiomodulação como uma alternativa terapêutica em várias condições patológicas (BORSA; LARKIN; TRUE, 2013).

Uma das principais indicações efetivas da fotobiomodulação refere-se à reparação tecidual (FORTUNA et al., 2018); diminuição do processo inflamatório (BAYAT et al., 2005; GUIRRO et al., 2010); aceleração na produção de colágeno (MELO et al., 2011) e na cicatrização de feridas (KUBOTA, 2004; GAL et al., 2006; SILVA et al., 2010).

Como mencionado anteriormente, o LASER e o LED são as duas principais fontes de luz da fotobiomodulação (OLIVEIRA; AUGUSTO; MOREIRA, 2018). O LASER apresenta três características principais: monocromaticidade (fótons de mesma cor e comprimento de onda), a coerência (ondas percorrendo de forma ordenada em relação ao tempo e com mesma amplitude) e a unidirecionalidade (fluxo dos fótons é paralelo) (NEVES et al., 2005; PINHEIRO et al., 2012a; PINHEIRO et al., 2012b; SAMPAIO et al., 2012; MANOEL; PAOLILLO; MENEZES, 2014).

Os LEDs constituem dispositivos formados por semicondutores sólidos unidos entre si e que geram uma fonte de luz confiável e de elevada potência em intervalos estreitos de bandas de luz (entre 20-50 nm) e podem ser expandidos em painéis para iluminar uma superfície ampla e homogênea. O uso do LED relaciona-se também aos efeitos bioestimulatórios positivos, os quais podem ser semelhantes

aos obtidos com o uso do laser, exceto pela ausência da propriedade de coerência, além de serem de fácil utilização, acessíveis e com meia vida longa (FERRARESI, 2020; CALZAVARA-PINTON; VENTURINI; SALA, 2007).

A criação de equipamentos à base de LED vem ganhando destaque no contexto da saúde e da estética, sobretudo quando se fala em acoplamento a aplicativos móveis (SILVA; SANTOS, 2014). Dessa forma, a inserção da informática e o advento de aparelhos sofisticados como computadores, *notebooks*, *palmtops*, *tablets*, *smartphones* e os telefones portáteis, trouxeram vantagens e agilidade para a luta contra as doenças e o aperfeiçoamento do cuidado, garantindo aos profissionais de saúde o acesso ininterrupto de um arsenal de informações tanto do paciente, mediante seu registro de saúde, quanto das melhores práticas clínicas (MARIN, 2010).

O exercício regular é benéfico para a nossa saúde. No entanto, os indivíduos não acostumados a exercícios não familiares ou exaustivos podem desenvolver efeitos prejudiciais à saúde, como danos musculares, inflamação e / ou estresse oxidativo (DOS SANTOS et al., 2017). A fotobiomodulação também diminui o estresse oxidativo ao fornecer um reparo mais rápido do tecido muscular; como tal, o uso desta terapia antes do exercício retarda a fadiga muscular (VASSÃO e al, 2016).

Apesar de todas as evidências positivas da associação do exercício e da fotobiomodulação no aumento da força muscular e dos níveis de fadiga, faltam estudos que investiguem os efeitos do FBM do ponto de vista prático e clínico e essa interação poderia prevenir a fadiga muscular e aumentar a força musculares (DE PAULA GOMES et al., 2018). As lojas *online* proporcionam um vasto leque de opções de aplicativos que se disseminam diariamente e vão desde sistemas de prevenção de saúde, ao monitoramento e controle das mais variadas patologias, os quais são utilizados como ferramentas didáticas ao paciente e ao profissional da saúde (TIBES; DIAS; ZEM-MASCARENHAS, 2014).

## 1.1 MOTIVAÇÃO

A fotobiomodulação caracteriza-se por ser uma modalidade terapêutica não invasiva e de baixo custo, que vem sendo amplamente utilizada no controle das mais diversas afecções, dentre as quais as mioarticulares. Comumente empregada

na prática clínica fisioterápica para o alívio de dor e regeneração tecidual. Dentre os efeitos terapêuticos encontram-se anti-inflamatório, analgésico e modulador da atividade celular (DE AVELAR, 2020)

Optou-se pelo desenvolvimento de uma manta de LED com fácil ajuste a determinados partes do corpo, sendo útil para diversas pessoas de tamanhos distintos. Pretende-se adaptar o equipamento a um aplicativo de celular no sentido de levar ao mercado um produto de inovação tecnológica, no qual o indivíduo que faça uso do mesmo, tenha uma melhor autonomia e controle do dispositivo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver uma manta de LEDs em formato de fita ajustável para aplicações de fotobiomodulação.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Desenvolver um equipamento a base fotobiomodulação que possa ser utilizado em processos de reparação tecidual e inflamatórios como analgésico e modulador da atividade celular.
- Produzir um aplicativo para dispositivo móvel e controle do equipamento via Bluetooth.

## **3 REVISÃO DA LITERATURA**

### **3.1 FOTOBIMODULAÇÃO**

A fotobiomodulação (FBM) refere-se a uma modalidade terapêutica que faz uso da luz para a prevenção e/ou tratamento de uma gama de doenças, estando ligada a inúmeros segmentos inerentes à ciência da vida (BAGNATO, 2008). Segundo o mecanismo da fototerapia, a luz é capaz de penetrar os tecidos e os fotorreceptores, por meio dos cromóforos, absorvem os fótons (pacotes de energia presentes na luz). Na faixa visível, os cromóforos que absorvem luz são enzimas,

membranas celulares, substâncias extracelulares, citocromos, metais, entre outros que induzem ou inibem as reações químicas e enzimáticas que controlam o metabolismo celular, repercutindo em efeitos vasodilatadores, analgésicos (WHELAN et al., 2001; CASTANO et al., 2007; MAHMOUD et al., 2008).

A FBM é um método terapêutico que se baseia em resultados que revelam que a irradiação com determinados comprimentos de onda de luz vermelha ou infravermelha próxima gera diversos efeitos fisiológicos em células, tecidos, animais e seres humanos (HEISKANEN; HAMBLIN, 2018; ALVES; FURLAN; MOTTA, 2019).

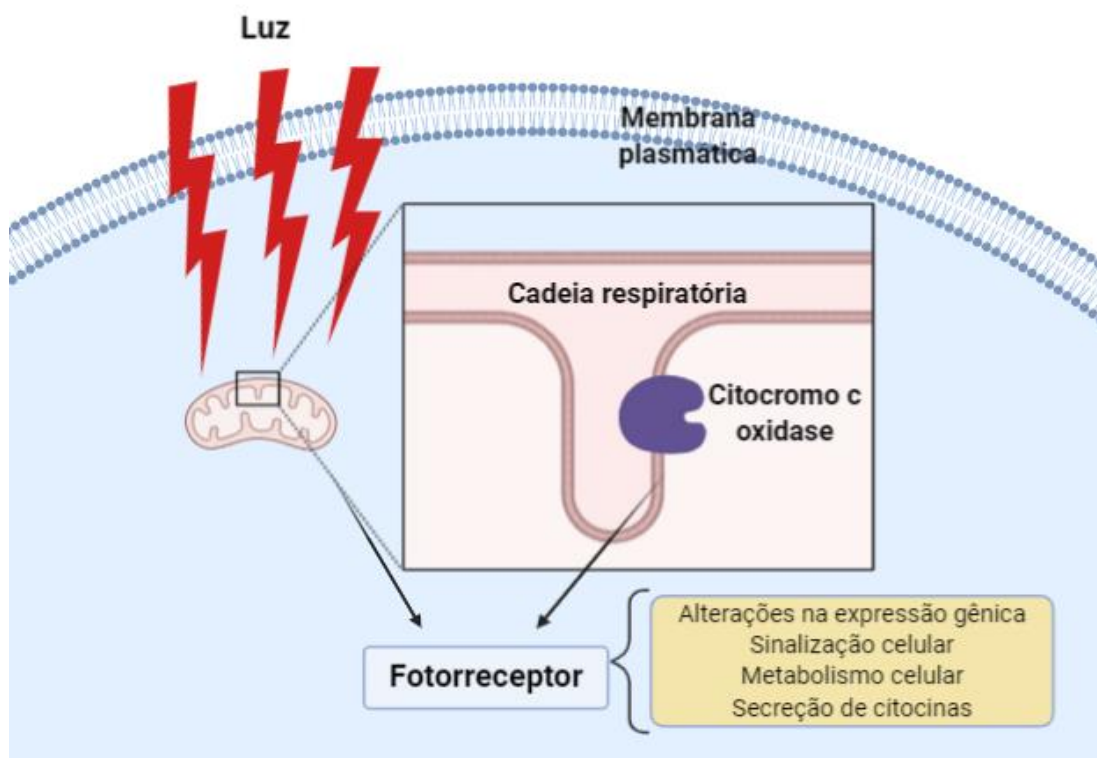
Em 1917, Albert Einstein através das definições da teoria quântica de Max Planck da terceira integração da matéria, denominada de Emissão Estimulada de Radiação, acabou desenvolvendo teoria da energia luminosa amplificada - LASER (EINSTEIN, 1917). Após essa teoria, o estímulo celular produzido pela irradiação disseminou por meio do estudo publicado em 1923, pelo biólogo russo Alexander Gurwitsch, que evidenciou que as células emitem radiação eletromagnética atômica (comprimento de ondas similares à radiação ultravioleta), estimulando um processo biológico similar à mitose (CORAZZA, 2005).

No decorrer dos anos, outras pesquisas foram realizadas e sugeriam o uso da irradiação laser na indução de reparo de feridas cutâneas (CORAZZA, 2005; MINATEL et al., 2009), regeneração de tecidos (tendinoso e muscular) (ENWEMEKA; REDDY, 2000; CRESSONI et al., 2008).

Reddy (2003) fez uma análise comparativa entre dois tipos de dispositivo laser (He-Ne e As-Ga) na cicatrização de feridas diabéticas, onde foi constatado que as diferenças entre ambos dependiam da resposta fotoquímica das células em cada comprimento de onda. Sendo assim, foi necessária uma padronização dos critérios de tratamento para diversas doenças. Com base em novos estudos, a Associação Mundial de Laserterapia (WALT - "*World Association of Laser Therapy*") confeccionou tabelas com recomendações padrões para o tratamento de doenças inflamatórias (WALT, 2010), contudo, as condições clínicas, sejam profiláticas ou ergogênicas, ainda requerem a definição de parâmetros de irradiação ideais (DELLAGRANA, 2018).

Com relação ao mecanismo de ação da FBM, a Figura 1 mostra que uma grande variedade de moléculas celulares tem a capacidade de absorver vários comprimentos de onda da luz.

Figura 1 - Mecanismo de ação da fotobiomodulação



Fonte: O autor, 2020.

Na FBM com luz vermelha visível e radiação infravermelha próxima, as evidências apontam que os fotorreceptores celulares primários são os centros de cobre da citocromo c oxidase (CCO), uma proteína complexa que age como unidade IV na cadeia transportadora de elétrons nas mitocôndrias. A primeira interação entre os fotorreceptores celulares e a luz (chamado “mecanismo fotorreceptor primário”) é seguida pela ativação de mediadores secundários, que levam a modificações na expressão gênica, sinalização celular, metabolismo celular e secreção de citocinas (KARU et al., 2005; PRINDEZE; MOFFAT; SHUPP, 2012).

Consoante Ferraresi et al. (2012) além da otimização da função mitocondrial, pois a absorção ocorre inicialmente nas mitocôndrias, existem outros mecanismos relacionados à ação da FBM em diminuir a fadiga e melhorar o desempenho muscular, abrangendo a modulação positiva dos canais de cálcio, a formação de pontes cruzadas entre as proteínas contráteis do musculoesquelético para gerar força contrátil, e possível ganho de atividade da bomba de cálcio no retículo sarcoplasmático para manter a contração muscular em exercícios contínuos. Além

disso, os efeitos da FBM na atividade elétrica muscular em exercícios contínuos de intensidades moderada e alta também parecem ser significativos.

De acordo com Leal-Júnior et al. (2015) a FBM pode ser importante para otimizar o desempenho funcional em atletas que requerem elevado gasto energético. Segundo os autores, em comprimentos de onda vermelhos e infravermelhos, a absorção ocorre essencialmente nas mitocôndrias e influencia diretamente no processo de respiração celular, garantindo o influxo imediato de oxigênio, a retomada da cadeia respiratória e, conseqüentemente, o aumento da síntese intracelular de adenosina trifosfato (ATP).

Em atividades onde o metabolismo oxidativo é preponderante, a FBM pode trazer repercussões positivas, visto que otimiza o transporte sanguíneo e a entrega de oxigênio para as células (MAK; CHEING, 2012), junto com a elevação da atividade dos complexos da cadeia transportadora de elétrons (CTE) da mitocôndria (KARU, 2010; SILVEIRA et al., 2009), e conseqüente melhora na cinética do consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) (FERRARESI et al., 2015) e síntese de ATP (ORON et al., 2007).

Miranda et al. (2014) analisaram os músculos do quadríceps em teste de força isométrica de mulheres com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). De acordo com os autores, a FBM proporcionou menor queda da força muscular durante um teste de resistência à 80% da contração isométrica voluntária máxima (CIVM) em comparação ao grupo sham (FBM não efetiva). Em contrapartida, pesquisas feitas com homens (ROSSATO et al., 2016) e mulheres jovens (HIGASHI et al., 2013) não revelaram diferenças significativas entre as variáveis durante protocolos de fadiga em um dinamômetro isocinético.

Os efeitos da FBM no corpo são medidos pelos parâmetros dosimétricos. A seleção adequada de variáveis físicas, como potência, dose, densidade de energia, irradiância, energia por pontos, tipo de emissão, modo de aplicação e comprimento de onda é essencial para atingir os resultados almejados (SOUSA, 2016).

### 3.2 USO DE LEDS NA FOTOBIMODULAÇÃO

Na FBM as duas fontes de luz de destaque são os LASERs e os Diodos Emissores de Luz ou Diodos Fotoemissores (LEDs) (BAGNATO et al., 2006;

SOUZA, 2008; KELENCZ et al., 2010). Os LEDs são semicondutores complexos formados pela combinação de semicondutores do tipo p e do tipo n, gerando uma junção p-n. Quando aplicada uma diferença de potencial elétrico positiva no lado p e negativa no lado n, o diodo passa ao estado polarizado, levando a uma recombinação de elétrons e lacunas na região da junção, cujo resultado é a emissão espontânea de energia sob a forma de elétrons, ou seja, transforma corrente elétrica em um espectro luminoso estreito incoerente (SEEGER, 1997). Os semicondutores contêm materiais dopantes na sua formulação (impurezas), e o tipo de dopante usado na produção dos LEDs é que determina a cor da emissão da luz. O LED que utiliza o Arseneto de Gálio e Alumínio emite luz na faixa do infravermelho (SOUZA, 2008).

A luz emitida vai do comprimento de onda do ultravioleta ao visível e ao infravermelho, que vai dos 247 aos 1300 nm. As cores mais utilizadas estão dispostas na Tabela 1 - Principais cores utilizadas pelos LEDs:

Tabela 1 - Principais cores utilizadas pelos LEDs

Cores	Faixa (nm)
<b>Azul</b>	400-470
<b>Verde</b>	470-550
<b>Âmbar</b>	550-600
<b>Vermelho</b>	630-700
<b>Infravermelho</b>	700-1200

Fonte: Barolet (2008).

Uma das características que diferencia o LED do LASER é a forma como a energia luminosa é liberada. Os LEDs não têm a capacidade de causar lesões aos tecidos humanos, além de não trazer riscos acidentais aos olhos como no caso do uso do LASER. Uma vantagem sobre o LASER incide na probabilidade de agrupar comprimentos de onda de diferentes tamanhos. O LED dispersa a luz por uma superfície maior quando se compara com o LASER, podendo ser usada onde grandes regiões são indicadas ao tratamento, repercutindo em diminuição do número de pontos de aplicação e o tempo total de irradiação para determinada área.

No tocante à segurança, o LED é bastante seguro, não é invasivo, é atóxico, indolor, rápida, sem desconforto e não há relatos de efeitos colaterais. Todavia, a

única ressalva consiste em pacientes com epilepsia ou com fotofobia que fazem uso de LEDs de modo pulsado, que devem ter uma atenção redobrada (DESMET et al., 2006; BAROLET, 2008; SOUZA, 2008; PINHEIRO et al., 2011). Ademais, a FBM LED no vermelho e infravermelho é considerada sem risco pela FDA e tem sido aprovada para uso em humanos (POSTEN et al., 2005).

Outra característica vantajosa dos LEDs consiste na entrega do comprimento de onda de forma mais amena e com uma densidade de potência substancialmente menor (PINHEIRO et al., 2011). O LED é uma fonte de luz monocromática que emite luz em uma faixa espectral relativamente pequena, considerada como uma banda estreita (POSTEN et al., 2005).

Embora a maioria dos estudos serem conduzidos com energia luminosa proveniente de fontes de LASER, evidências atuais apontam que o uso do LED promove efeitos terapêuticos similares (BARONI, 2010; MARCHI et al., 2012; PINHEIRO et al., 2012; SAMPAIO et al., 2012). A diferença crucial entre a radiação emitida por um laser e um LED é a coerência do feixe, além de que, os equipamentos de LED possuem menor tamanho e custo (ENWEMEKA, 2005). Conforme autores prévios, a irradiação com luz incoerente apresenta um custo mais acessível e é tão eficiente quanto a radiação coerente (LASER) (CORAZZA, 2005; CASALECHI et al., 2009).

Os LEDs podem ser úteis no tratamento de queimaduras, úlceras de origem venosa, arterial ou isquêmica, fraturas, dores de origem reumáticas ou articulares, aceleração da cicatrização (MANUAL CIENTÍFICO BIOS, 2012).

### 3.3 FBM APLICADA AO EXERCÍCIO FÍSICO

A fototerapia com LED possui efeitos semelhantes à laserterapia de baixa potência na atenuação da fadiga muscular e melhora da recuperação pós-exercício. A FBM consiste em uma terapia inovadora e não invasiva que pode ser bastante útil no tratamento da fadiga muscular induzida pelo exercício físico, de lesões teciduais e outros processos nos quais a atividade mitocondrial tenha papel central. A FBM também já se mostrou eficaz em evitar o estresse oxidativo após lesão muscular induzida por trauma mecânico em modelos animais (FILLIPIN et al., 2005; RIZZI et al., 2006).

Em uma investigação preliminar relacionando FBM e fadiga muscular, Lopes-Martins et al. (2006) apontaram um efeito protetor da FBM contra o dano muscular em ratos submetidos a um protocolo de contrações musculares produzidas por estimulação elétrica. Em estudos clínicos, Leal Junior et al. (2008; 2009a) evidenciaram que a FBM utilizando com comprimento de onda de 810 nm para laserterapia de baixa potência (LBP), quando aplicadas previamente ao exercício, pode trazer repercussões positivas na redução da fadiga muscular e na recuperação muscular pós-exercício (LEAL JUNIOR et al., 2010). Ademais, Leal Junior et al. (2009b; 2009c) também constataram que a FBM com LED apresentou efeitos similares à LBP na diminuição da fadiga muscular e otimização da recuperação pós-exercício.

Baroni et al. (2010) avaliaram os efeitos da terapia por LED na fadiga muscular do quadríceps através da dinamometria isocinética em 17 voluntários. Foram feitas duas sessões do teste de fadiga isocinética. A contração voluntária máxima foi realizada antes e depois do teste. O tratamento com LED foi realizado com cluster de múltiplos diodos em três regiões do quadríceps. Os resultados revelaram que não houve diferenças significativas na contração voluntária pré-terapia entre o grupo experimental e o controle. Contudo, no pós-terapia foram observados torques maiores no grupo experimental. Portanto, evidenciou-se que o tratamento com LED produziu um menor decréscimo no torque isométrico máximo após exercício isocinético concêntrico de alta intensidade, caracterizando-se como aumento no desempenho muscular humano.

Leal Junior et al. (2011) analisaram os efeitos da aplicação de LEDs previamente ao exercício de alta intensidade sobre a peroxidação lipídica, medida por meio dos níveis sanguíneos de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico. Dessa forma, a performance no protocolo de exercício adotado não esboçou diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as duas situações nas variáveis potência pico, potência média e índice de fadiga. Os resultados inerentes à peroxidação lipídica foram: na situação LED efetiva, não foi possível observar diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) entre os níveis pré e pós-exercício ( $6,98 \pm 0,81$  e  $7,02 \pm 0,47$ nmol/mL); na situação LBP placebo, houve diferença estatisticamente significativa ( $p = 0,05$ ) entre os valores pré e pós-exercício ( $7,09 \pm 1,28$  e  $8,43 \pm$

0,71nmol/mL). Sugere-se então que a aplicação efetiva de LED parece ser eficaz na regulação da peroxidação lipídica em atletas submetidos a exercício intenso.

Silva (2015) avaliou se a fototerapia e o programa de exercício físico em uma única aplicação pode elevar ou reduzir a sensibilidade da dor no paciente com fibromialgia (FM) associada à disfunção temporomandibular (DTM), além de avaliar o potencial do programa de exercício físico e da fototerapia na condição de dor crônica em mulheres com FM associado a DTM. Os grupos com intervenção ativa expuseram uma boa resposta sobre o grupo sem intervenção e ainda a aliança dos dois recursos terapêuticos mostrou ser mais eficaz nos dois momentos avaliados, havendo uma melhora significativa quanto ao ponto correspondente a DTM nos grupos de intervenção. Sendo assim, a fototerapia aliada ao programa de exercício físico específico melhora a condição dolorosa do paciente de FM com DTM.

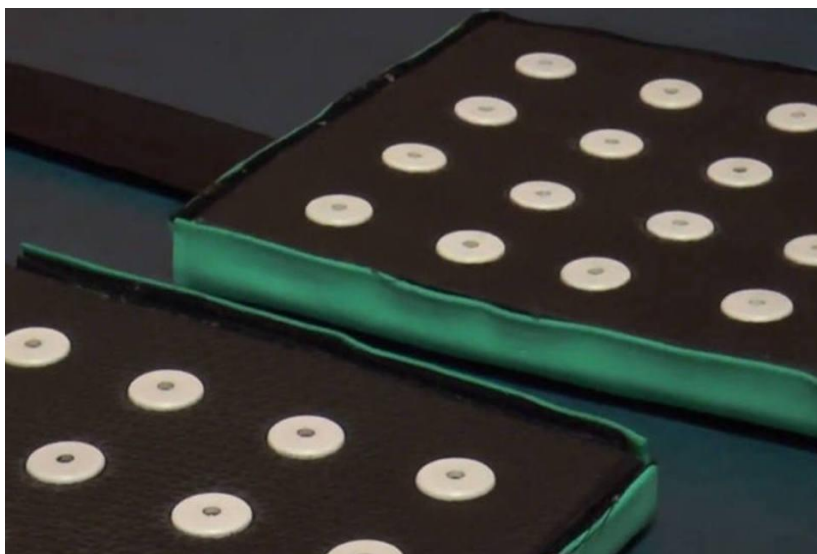
Vasconcelos (2017) fez uma análise comparativa entre o efeito de diferentes doses de uma FBM com LED (630 nm) na inflamação do músculo estriado esquelético induzida por exercício em ratos. Os animais foram divididos em cinco grupos experimentais: controle (CON), recuperação passiva (RP), animais que não receberam tratamento após a indução da inflamação e LED (1,2 J; 4,2 J ou 10,0 J), animais tratados com fototerapia após indução da inflamação.

### 3.4 USO DE MANTAS TÉRMICAS NAS PRÁTICAS DE SAÚDE E ESTÉTICA

Dispositivos e tecnologias parecem auxiliar na redução de peso, tratamento de celulite, remodelação corporal (redução de medidas), tratamentos de beleza e bem-estar. O infravermelho (IR) é um tipo de radiação eletromagnética que possui a capacidade de estimular tecidos vivos, acarretando em inúmeras respostas biológicas. Os estudos e revisões da literatura dos últimos anos foram analisados e verificou-se que os principais dispositivos que usam infravermelho são: cobertores térmicos infravermelhos, cobertores térmicos infravermelhos longínquos, laser infravermelho lipo, lâmpadas infravermelhas, saunas infravermelhas e capas infravermelhas. Um dos equipamentos alternativos que mais se destacam nesse contexto é a manta térmica, a qual atua otimizando a circulação sanguínea e o metabolismo de todo o corpo, agiliza o processo de desintoxicação, repercutindo no consumo de calorias e queima de gorduras (CRISTIANO, 2019).

Pesquisadores da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) produziram um protótipo de uma manta de LEDs (Figura 2 - Protótipo de manta de LED para atletas) que demonstrou, em testes clínicos e pré-clínicos, capacidade de elevar o ganho de força e de resistência muscular proporcionado pela atividade física, além de diminuir a inflamação e acelerar a regeneração do tecido após o treino. Segundo o autor, tais dados apontam que aplicar a FBM após a prática de atividade física é o ideal, uma vez que a luz ajuda a estimular células-satélites – um tipo de célula-tronco encontrado na periferia da fibra muscular, que se mantêm em estado quiescente (repouso) até serem ativadas pelo exercício físico. Elas então se proliferam, se diferenciam e ajudam a regenerar as fibras musculares lesionadas e a aumentar o tecido muscular (FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016).

Figura 2 - Protótipo de manta de LED para atletas



Fonte: Toledo (2014).

### 3.5 TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TICS)

As Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) na área da saúde apresentam ferramentas que servem de pilar para a estruturação e a organização dos dados e informações, gerando o armazenamento, processamento, acesso em tempo real e/ou remoto e compartilhamento dos dados, tanto pelos profissionais da assistência, quanto pelo paciente/usuário. As TICs são um recurso global, que interliga diversos computadores para formar uma rede de informações, auxiliando no

desenvolvimento e aprimoramento das profissões da saúde, na tomada de decisão clínica dos profissionais, na elaboração de diagnósticos precisos e orientações/conduas terapêuticas qualificadas direcionadas aos pacientes/ usuários (GUIMARÃES; GODOY, 2012; FILIPOVA, 2013; MATSUDA et al., 2015; BARRA et al., 2016; ROBERTS et al., 2017).

A inovação tecnológica é um processo que agrega novas funcionalidades a um produto ou método de produção, adequando um serviço à realidade do mercado. As TICs consistem em uma extensão da tecnologia de informação, em que o papel das telecomunicações é enfatizado, permitindo o acesso, armazenamento, transmissão e manipulação de informações. Tornaram-se sinônimo de produtividade, garantindo a comunicação em nível global, sendo úteis em diferentes contextos, principalmente no âmbito pessoal, educacional, empresarial e de saúde (ZUPPO, 2012).

A evolução das TICs interfere na sociedade como um todo, essencialmente no aspecto da “velocidade”. As crises na história foram, muitas vezes, resolvidas com a inclusão de pessoas que possuíam a informação e o conhecimento. Contudo, isso passa pelo domínio da competitividade (FELICIANO, 2008).

As TICs podem ainda ser consideradas cruciais para as profundas mudanças no mundo e, com a dinâmica da inovação, tornam-se essenciais para a economia global e seu desenvolvimento. Revela-se, então, a importância da utilização das TICs como dispositivos de geração do desenvolvimento com foco nas políticas públicas elaboradas com esse propósito e na relação existente entre tecnologia e desenvolvimento (PEREIRA; SILVA, 2012).

A expansão do setor de TICs traz bem-estar social, mediante melhores oportunidades que oferecem qualidade de vida, por intermédio da aplicação das TICs na educação e na saúde; promovem a melhoria dos serviços públicos oferecidos aos cidadãos e o aperfeiçoamento dos processos de tomada de decisão (LOPES, 2009).

A interatividade dos sistemas de inovação tecnológica e sua dependência de certos ‘ambientes’ propícios para troca de ideias, problemas e soluções são aspectos importantíssimos que podem ser entendidos da experiência da revolução passada para a atual”. Dessa forma, conclui-se que a interatividade e a dinâmica,

inerentes à trajetória das TICs, foram e são de relevantes para o desenvolvimento, seja em um âmbito mais amplo, seja em contexto local (CASTELLS, 2003).

No contexto da saúde, um caso bem-sucedido do uso de aplicativos móveis são o *e-health* e o *m-health*, dispositivos de computação móvel usados para expandir a cobertura e otimizar eficácia do atendimento de saúde (SALVI, 2015).

### 3.6 APLICATIVOS MÓVEIS NA ÁREA DE SAÚDE

Levando em conta tal aplicabilidade da tecnologia aplicada à saúde, constata-se a existência de estudos que ratificam o poder dessa nova tecnologia que é aplicada à saúde, uma vez que os benefícios para os profissionais da área que tal evolução detém, não somente a aparelhos eletrônicos e aplicativos digitais mas também incluem tecnologias alternativas que têm o intuito de melhorar a vida dos pacientes pois tais tecnologias aplicada à saúde e à medicina tem revolucionado os processos de diagnóstico e o tratamento de doenças (LOURENÇO, 2014).

Ressalta-se ainda que, o acesso em tempo real e/ou remoto às informações, favorece o processo de resolução de problemas/necessidades de saúde em diferentes zonas geográficas, fornecendo uma ampla cobertura da assistência à saúde especializada nos grandes centros urbanos (GUIMARÃES; GODOY, 2012). Neste âmbito, surge o fenômeno das tecnologias móveis (*tablets*, *smartphones*, etc.), sobretudo com o uso de aplicativos móveis (também conhecidos como *apps* – do inglês *application*) na sociedade. Os *apps* caracterizam-se como um conjunto de ferramentas esboçado para realizar tarefas e trabalhos determinados (BANOS et al., 2015).

Os *apps* buscam atender o acesso das pessoas à informação e ao conhecimento, sem limitação de tempo e espaço. A chance de eliminação de barreiras de tempo e espaço proporciona também novas maneiras de comunicação (CLAY, 2011; KEENGWE; BHARGAVA, 2014; BOULOS et al., 2014). Tais atributos agregam valor estratégico para a sociedade inovadora da Era da Informação (SACCOL; SCHLEMMER; BARBOSA, 2011).

Com o aparecimento dos *smartphones* e demais dispositivos móveis, emergiram também as aplicações *e-Health* disponíveis em plataformas móveis,

elaborando, assim, as aplicações *mobile Health* (ou *m-Health*), um relevante subgrupo de aplicações relacionadas ao setor da saúde (LIU et al. 2011).

Sendo *m-Health* o termo utilizado para a prática de medicina e saúde pública suportada por dispositivos *mobile*. O termo *m-Health*, dessa maneira, envolve computação móvel, sensores médicos e tecnologias de comunicação para cuidados com a saúde; a prestação direta de cuidados via telemedicina móvel. Medidas como o *m-Health* vêm sendo cada mais viáveis tendo em vista que já existem no mundo mais de cinco bilhões de usuários de rede sem fio, sendo que mais de 70% deles vivem em países de baixa renda ou renda média e a ubiquidade dos dispositivos móveis, incluindo zonas mais remotas, desperta o interesse de uso dessas tecnologias no processo de disseminação de informação e promoção da saúde (ISTEPANIAN; JOVANOVA; ZHANG, 2004; BILOTTI, 2017).

Diversas investigações denotam que tais aplicativos podem ser utilizados para otimização dos resultados e redução dos riscos em saúde, na compreensão dos fatores determinantes que promovem a saúde e/ou que levam à doença (PERES; MARIN, 2012; HABIB et al., 2014; BANOS et al., 2014; MARCANO et al., 2015).

Uma pesquisa realizada por Norris, Stockdale e Sharma (2009) propôs-se avaliar a eficácia da utilização de aplicações *m-Health*. Os autores entrevistaram vários profissionais da área da saúde e inferiram que as tecnologias móveis têm e permanecerão exercendo uma função imprescindível nos cuidados com a saúde.

Corroborando com o estudo supracitado, a *Vital Wave Consulting* (2009) analisou o potencial dos dispositivos móveis, sobretudo os *smartphones*, na otimização dos cuidados com a saúde. Os autores inferiram que as aplicações *m-Health* trazem vantagens na eficiência e eficácia da disponibilização de assistência médica. Ademais, a contínua evolução da quantidade e dos recursos dos *smartphones* promove a criação e adaptação de serviços, antes preconizados no contexto real, para um cenário virtual, elevando a abrangência e diminuindo custos. Esta plataforma é ideal para expandir os serviços de, por exemplo, um *personal trainer*, fazendo com que seus conhecimentos possam ser repassados de maneira positiva aos usuários mundialmente (KRANZ et al., 2013).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 DESENVOLVIMENTO DO EQUIPAMENTO

Uma visão geral do equipamento de fotobiomodulação por manta de LEDs pode ser visualizado na Figura 3, onde se destaca a Manta de irradiação, o equipamento de controle eletrônico e o aplicativo de controle.

Figura 3 - Ilustração do sistema completo



Fonte: O Autor, 2020.

O desenvolvimento do equipamento está dividido nas seguintes etapas:

- 1 – Sistema óptico;
- 2 - Sistema mecânico;
- 3 - Sistema eletrônico;
- 4 - Aplicativo Móvel.

Estas etapas serão detalhadas a seguir.

#### 4.1.1 Sistema óptico

Na Figura 4 é apresentada a fita de LED utilizada. Esse modelo foi ideal para o projeto já que possui o design necessário para a manta, possibilitando um limite de curvatura sem que haja o rompimento da mesma e contato com a pele.

As fitas são completamente envolvidas por uma proteção transparente (silicone) que a torna à prova d'água (IP65), sendo acessível apenas nas extremidades após a retirada dessa proteção para as ligações de alimentação, evitando assim, riscos de choques elétricos.

A cor vermelha foi escolhida devido a aplicação do projeto, por seu espectro de frequência e comprimento de onda de 630nm.

O LED é um componente eletrônico semicondutor, formado por uma junção p-n. Os semicondutores são materiais que funcionam a partir de uma determinada carga depositada, tornando-os discretamente carregados positivamente ou negativamente.

Figura 4 - Fita de LEDs



Fonte: <https://www.ledmax.com.br/fita-led-vermelho-5050-5m-12v-siliconada>

#### 4.1.2 Sistema mecânico

Para o desenvolvimento do sistema mecânico, a estrutura da manta de LEDs foi construída para possuir maleabilidade, conforto e estabilidade, sendo facilmente ajustável a membros do corpo humano, para tanto, foi confeccionado em tecido jeans com lycra elastano.

A estrutura desenvolvida em tecido jeans com Lycra elastano foi desenvolvida com processos de corte a laser para os furos nas dimensões do LED, costura em máquina industrial para a fixação das partes do tecido, velcro e acabamento.

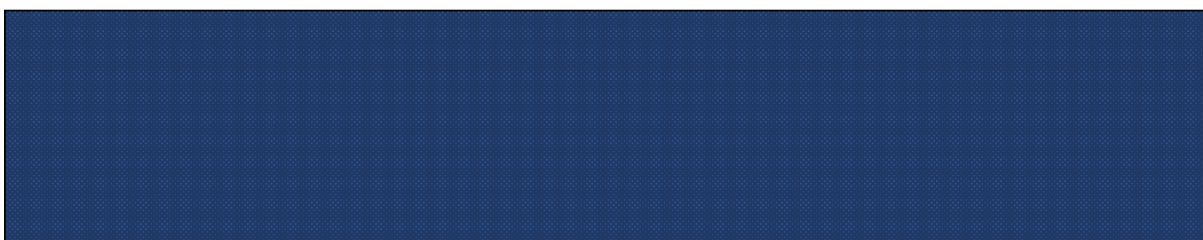
#### 4.1.2.1 *Estrutura interna*

Na Figura 5 é possível observar a estrutura da base e da proteção superior para a manta de LED.

Foi utilizado *software* de desenho a fim de dimensionar corretamente a manta e simular todas as partes, facilitando a visualização do sistema e diminuindo erros.

Figura 5 - Base e proteção

Tecido Base



Tecido Superior

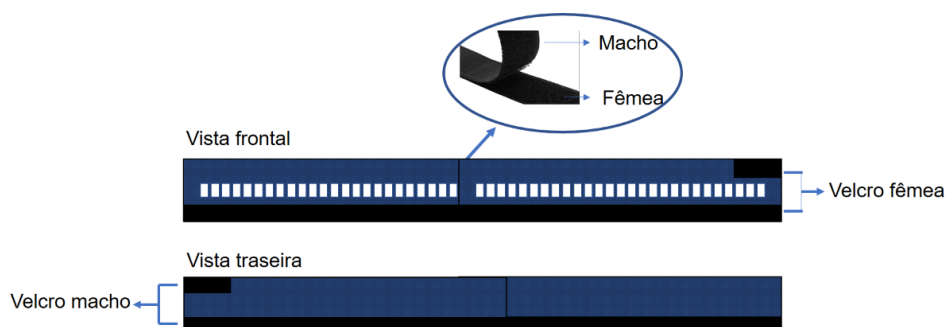


Fonte: O Autor, 2020

#### 4.1.2.2 *Sistema de fixação*

A Figura 6 ilustra o sistema de fixação utilizado para junção entre as mantas e o membro do corpo humano, sendo possível ajustar facilmente de acordo com a circunferência, dando a estabilidade e eficiência necessária para a aplicação.

Figura 6 - Sistema de fixação com fecho de velcro



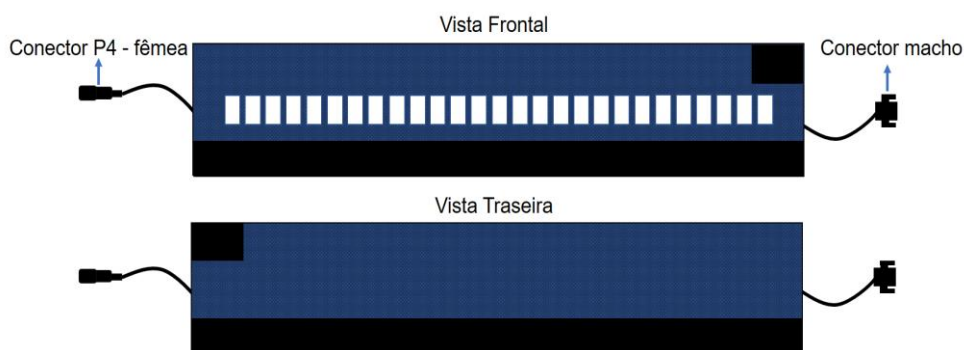
Fonte: O Autor, 2020

#### 4.1.2.3 Montagem das Mantas

Na Figura 7 é possível observar o esquema de ligação das primeiras mantas de cada canal. Nesse sistema são apresentadas as conexões necessárias para energizar os LEDs, através da eletrônica do equipamento.

O conector P4 (fêmea) da primeira manta, é conectado ao cabo (Figura 8) que interliga a eletrônica do equipamento, possibilitando que as demais mantas conectadas sejam energizadas com o mesmo controle.

Figura 7 – Primeira manta do sistema com plug P4 Jack (fêmea)



Fonte: O Autor, 2020

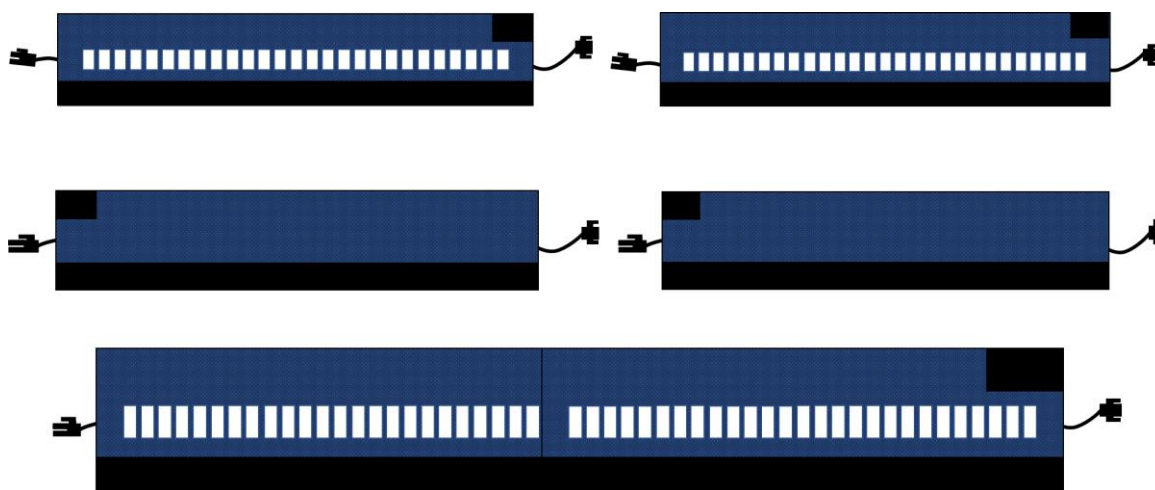
Figura 8 - Cabo conector P4/Mike 4 vias



Fonte: O Autor, 2020

As extremidades das demais mantas foram definidas conforme Figura 9 facilitando a interligação entre elas.

Figura 9 - Sistema para interligação das mantas



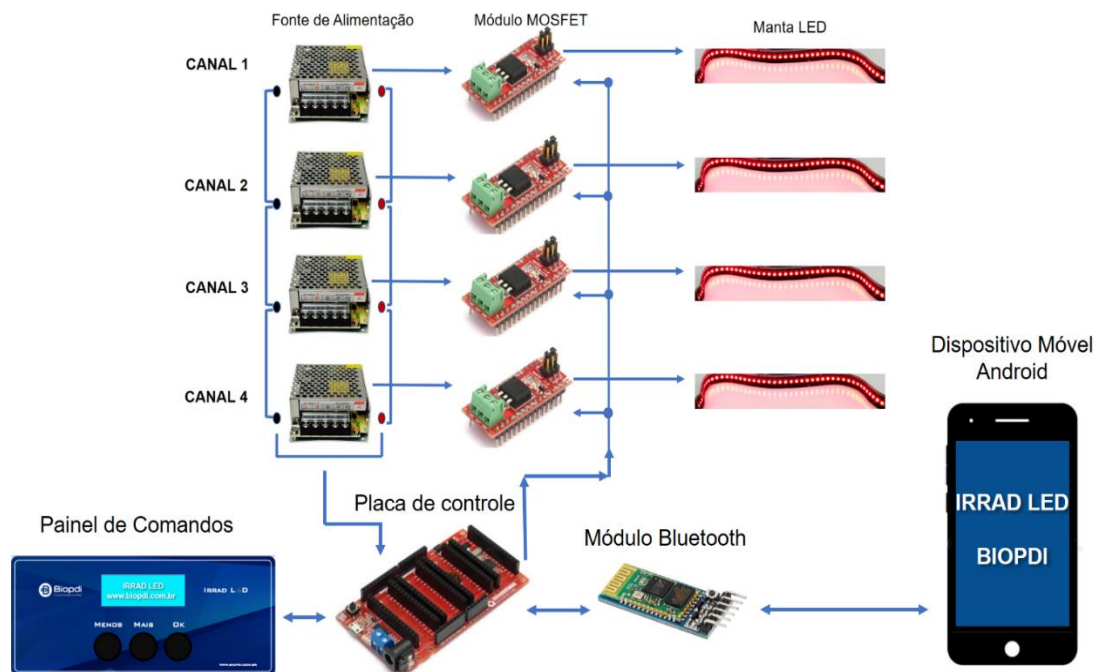
Fonte: O Autor, 2020.

#### 4.1.3 Sistema eletrônico

Na Figura 10 pode ser visualizado o esquema geral da eletrônica desenvolvida, sendo destacado os principais componentes da eletrônica como, fonte de alimentação, fita de LED, Arduino (boarduino), módulo MOSFET, módulo Bluetooth, celular e aplicativo.

De maneira geral a eletrônica foi desenvolvida para controlar a intensidade de emissão da luz e o tempo dessa aplicação.

Figura 10 - Esquema eletrônico geral.



Fonte: O Autor, 2020

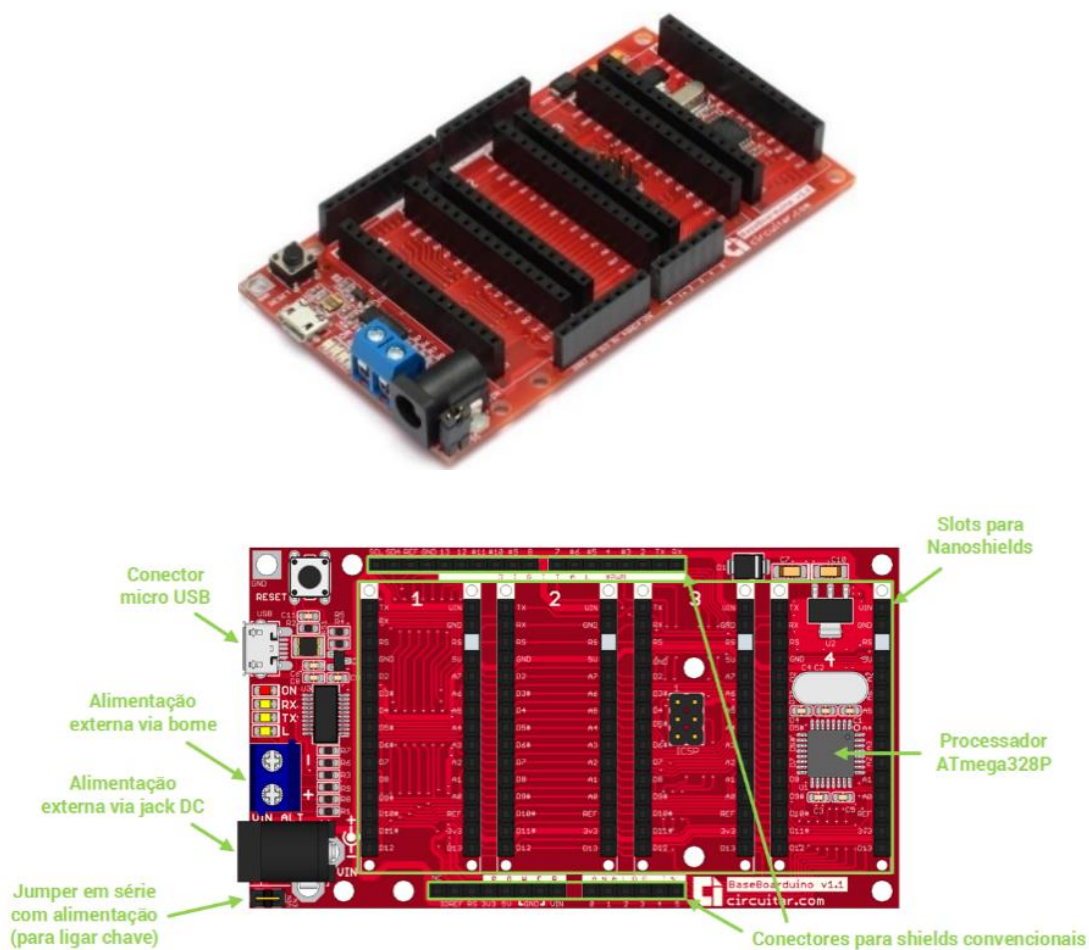
Abaixo estão descritos os principais dispositivos que foram selecionados no desenvolvimento eletrônico.

#### 4.1.3.1 Arduino

A Figura 11 mostra a base board arduino que foi utilizada na simplificação do circuito permitindo que até quatro slots (módulos) pudessem ser acoplados, eliminando assim o uso excessivo de jumpers e fios. Essa base funciona como placa mãe do sistema com direção e sentido identificados, a alimentação externa utilizada foi de 12 volts, porém trabalha com alimentação de 7 a 20V.

Essa placa foi ideal no projeto eletrônico por possibilitar que 4 módulos MOSFET pudessem ser acoplados.

Figura 11 - Base Boarduino



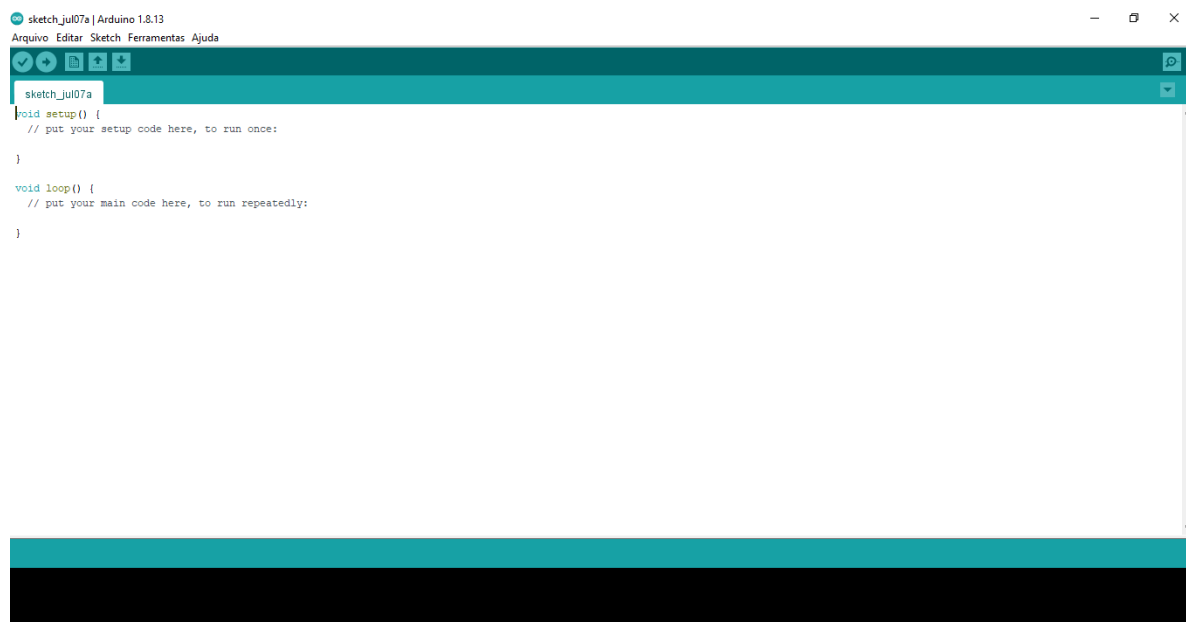
Fonte: <https://www.circuitar.com.br/nanoshields/modulos/base-boarduino/index.html>

#### 4.1.3.2 Plataforma Arduino

A Figura 12 apresenta a interface da plataforma Arduino, onde realizou-se a programação do equipamento para controle e ajuste de intensidade da fita de LED, bem como para enviar e receber comandos mediante dispositivo móvel.

O código de programação é realizado em linguagem C, essa linguagem é padronizada e estruturada. A plataforma Arduino disponibiliza diversas bibliotecas que norteiam o desenvolvedor na programação.

Figura 12 - Interface da plataforma Arduino



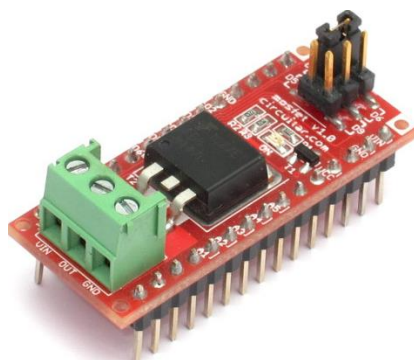
Fonte: O Autor, 2020

#### 4.1.3.3 Driver de controle de intensidade

A Figura 13 mostra o módulo MOSFET que foi utilizado para controlar as cargas DC com acionamento de estado sólido a partir de um sinal digital do circuito. A base boarduino fornece a corrente necessária para o acionamento do MOSFET que foi utilizado como um PWM (Pulse-Width Modulation) (Modulação por Largura de Pulso) para controlar a intensidade dos LEDs.

O chaveamento é realizado através desse MOSFET transistor de efeito de campo de potência canal N no modo low side (parte de baixo) utilizando uma fonte externa compartilhada com a placa boarduino.

Figura 13 - Módulo MOSFET

Fonte: <https://www.circuitar.com.br/nanoshields/modulos/mosfet/index.html>

#### 4.1.3.4 Fonte de alimentação

A Figura 14 mostra a fonte de alimentação de 12V – 5 A que tem por objetivo transformar a tensão de entrada da rede de energia 220V em corrente alternada AC, numa tensão de corrente contínua permitindo que o equipamento funcione em CC.

As fontes de alimentação são fundamentais para o funcionamento do circuito.

Figura 14 - Fonte de alimentação



Fonte: [https://http2.mlstatic.com/fonte-chaveada-5a-60w-12v-p-fita-de-led-som-automotivo-cftv-D\\_NQ\\_NP\\_853292-MLB40989519693\\_032020-F.web](https://http2.mlstatic.com/fonte-chaveada-5a-60w-12v-p-fita-de-led-som-automotivo-cftv-D_NQ_NP_853292-MLB40989519693_032020-F.web)

#### 4.1.3.5 Módulo bluetooth

Na Figura 15 é possível observar o módulo bluetooth RS232 HC-05 utilizado no projeto. Esse módulo oferece comunicação com o boarduino e trabalha tanto no modo mestre, como escravo, ou seja, enviando e recebendo informações para o equipamento a um alcance de 10 metros e frequência de 2,4GHZ banda ISM, a sincronia de transmissão possui velocidade assíncrona de 2,1 Mbps(Max)/160Kbps e velocidade síncrona é de 1Mbps (Máx)/160Kbps.

Figura 15 - Módulo Bluetooth RS232 HC-05



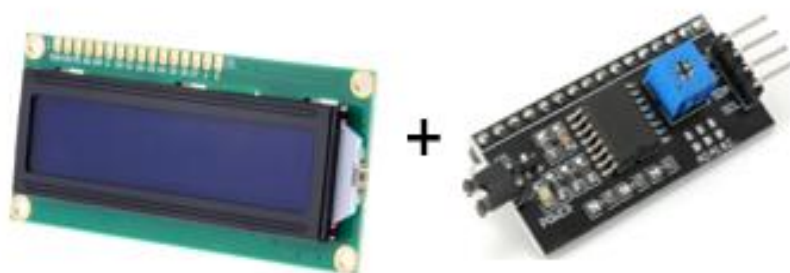
Fonte: <https://www.filipeflop.com/produto/modulo-bluetooth-rs232-hc-05/>

#### 4.1.3.6 Módulo display

A Figura 16 revela o módulo de *display* LCD (*Liquid Crystal Display*) (Tela de Cristal Líquido) 16 x 2 de caracteres alfanuméricos e o módulo I2C, esse módulo foi utilizado como interface de comunicação homem máquina (ihm). O display apresenta respostas de comandos executados a partir da programação realizada no equipamento de modo que seja possível visualizar e tomar nova decisão.

O módulo I2C simplifica a conexão entre o display LCD e o boarduino, sendo possível controlar o display utilizando apenas 2 pinos do boarduino pino (SDA) e pino (SLC), que formam a interface de comunicação I2C.

Figura 16 - Display LCD 16x2 com módulo I2C



Fonte: <https://www.circuitar.com.br/nanoshields/modulos/lcd/index.html>

#### 4.1.4 Caracterização do sistema

##### 4.1.4.1 Iluminação

A Figura 17 expõe um espectrômetro, esse dispositivo foi utilizado para verificação do comprimento de onda do LED.

O LED quando energizado emite certa luz, o espectrometro então é posicionado em frente ao LED e realiza a coleta da luz emitida convertendo o sinal óptico em um sinal digital. Cada pixel responde ao comprimento de onda da luz que atinge o detector, criando uma resposta digital. O espectrômetro transmite essa resposta digital para o aplicativo do proprio dispositivo espectrometro, onde é possível realizar a leitura do comprimento em forma de uma onda.

Figura 17 - Espectrômetro de fibra ótica USB4000

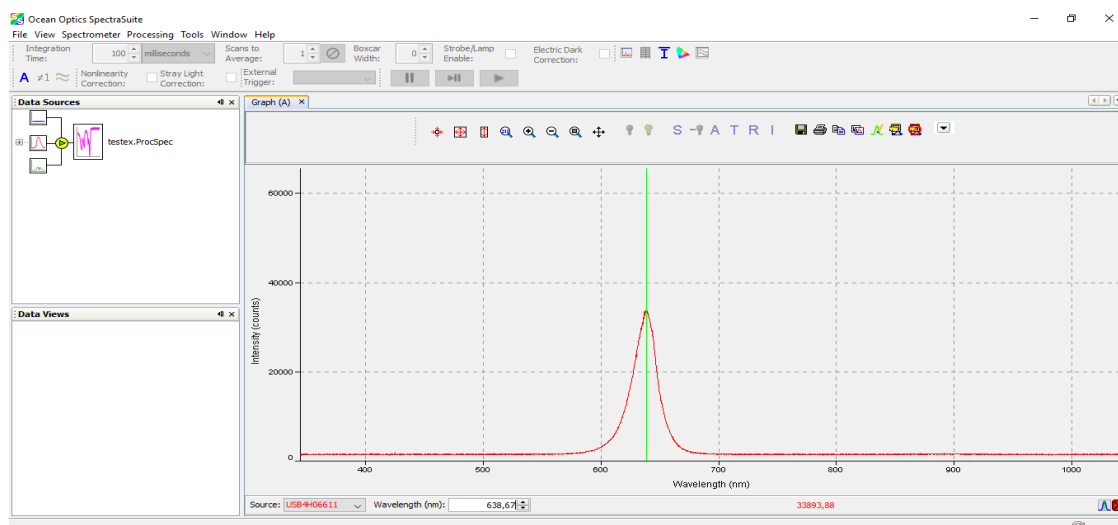


Fonte: O Autor, 2020

Na Figura 18 é possível observar a interface do software *Ocean Optics SpectraSuite* utilizado na projeção gráfica de dados colhidas em aferições do espectro do comprimento de onda.

A partir de dados capturados e gerados nesse software, é possível exportar os dados para o *Excel*, por exemplo, onde é possível comparar os diversos resultados.

Figura 18 - Interface do Software Ocean Optics SpectraSuite



Fonte: O Autor, 2020

#### 4.1.4.2 Potência óptica

A Figura 19 mostra o dispositivo medidor de potência óptica PM100D da empresa THORLABS – SN: P0004385. Esse dispositivo possui sensores compatíveis com todos os fotodiodos. Possui faixa de potência óptica 100 pW - 200 W e faixa de comprimento de onda do sensor disponível 185 nm - 25 µm e a faixa de temperatura -10 a 80 °C.

O dispositivo absorve o calor dissipado de uma determinada superfície, existe então uma diferença de temperatura entre o dispositivo e o calor flui por ele, essa diferença de temperatura gera uma tensão que é proporcional a diferença de temperatura que por sua vez é proporcional a potência do laser. O monitor lê essa tensão e apresenta o valor lido em watts.

Figura 19 - Medidor de Potência



Fonte: O Autor, 2020

#### 4.2 CUSTO DO EQUIPAMENTO

A Tabela 2 apresenta os principais custos dos componentes eletrônicos envolvidos no desenvolvimento do equipamento proposto. Para avaliar o custo final do equipamento seria necessário a inserção de outros custos como o de mão-de-obra, transporte, impostos, administrativos, entre outros, não sendo o objetivo do presente projeto.

Tabela 2 - Custo de componentes para construção do protótipo

Descrição	Preço
<b>Fita de LEDs 5050 – 5 mts</b>	R\$ 89,90
<b>Base Boarduino</b>	R\$ 89,90
<b>Módulo MOSFET</b>	R\$ 39,90
<b>Fonte de alimentação 5ª 60w</b>	R\$ 46,32
<b>Modulo Bluetooth RS232 HC-05</b>	R\$ 66,62
<b>DISPLAY LCD 16X2 COM MÓDULO I2C SOLDADO</b>	R\$ 62,88
<b>Total</b>	<b>R\$ 395,52</b>

Fonte: o autor

### 4.3 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO MÓVEL

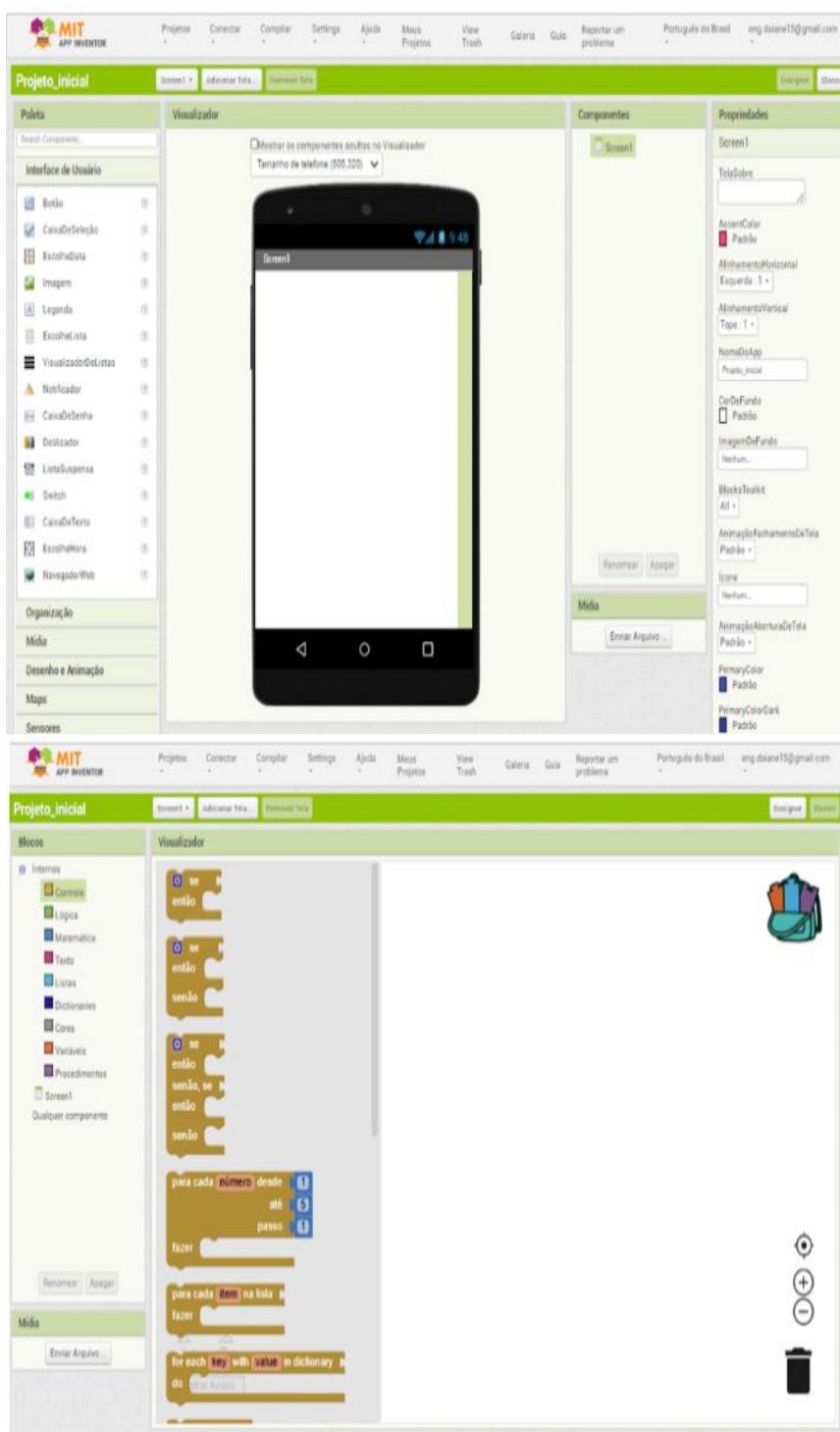
#### 4.3.1 Software MIT App Inventor

A Figura 20 apresenta a interface do software *MIT App Inventor for Android* (*Massachusetts Institute of Technology*). Esse software possui interface gráfica simples e uma linguagem visual em blocos semelhante a um quebra-cabeça facilitando a criação de aplicativos.

O software possui mecanismos que simulam um dispositivo móvel, nessa parte é criado o design da tela como botões e imagens essas ferramentas estão disponíveis a um clique do desenvolvedor com opções de importar direto do computador.

A linguagem em blocos é a parte lógica do aplicativo, é a função a ser executada a partir de uma ordem emitida pelo usuário. Para realizar a programação é necessário selecionar as funções necessárias para a aplicação do aplicativo clicar e arrastar até a área programável.

Figura 20 - Interface do usuário software MIT App Inventor



Fonte: O Autor, 2020

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 DESENVOLVIMENTO DO EQUIPAMENTO

Uma visão geral do equipamento desenvolvido pode ser visualizada na Figura 21, onde podemos observar a manta de irradiação, painel eletrônico de controle e o aplicativo de controle.

Figura 21 - Sistema completo desenvolvido



Fonte: O Autor, 2020

Podemos destacar que os resultados propostos por Vasconcelos et al (2017) revelaram que a aplicação de LED (630 nm) mostrou-se relevante na redução da lesão inflamatória nas fibras musculares de ratos submetidos ao exercício, sendo a dose de 4,2 J a que apresentou melhor efeito anti-inflamatório e antinociceptivo.

Lopes-Martins et al (2006) relataram os efeitos da terapia a laser (655 nm) na fadiga muscular em ratos. A fadiga do músculo tibial anterior foi induzida por estimulação elétrica neuromuscular e mediu a redução do torque e aumento do dano

muscular a partir dos níveis sanguíneos de creatina quinase. A terapia a laser foi aplicada em um único ponto do tibial anterior antes da indução da fadiga. Os resultados mostraram uma fadiga reduzida na dose de  $0,5 \text{ J / cm}^2$  e diminuição do dano muscular nas doses de  $1,0$  e  $2,5 \text{ J / cm}^2$ .

Vieira et al (2006) verificaram os efeitos da terapia a laser (780 nm) no metabolismo energético relacionado à fadiga muscular em ratos treinados em esteira com carga correspondente ao limiar anaeróbio por 30 dias consecutivos. Após cada treino, os ratos foram irradiados em um único ponto no quadríceps femoral, tibial anterior, sóleo e glúteo máximo. Os resultados mostraram uma maior inibição da atividade enzimática da lactato desidrogenase (LDH), principalmente da isoforma LDHA (piruvato redutase) nos músculos de ratos treinados e irradiados, incluindo também o músculo cardíaco (não irradiado), sugerindo haver efeitos sistêmicos da terapia de laser

### 5.1.1 Sistema óptico

Na Figura 22 é possível observar a manta desenvolvida com o sistema óptico, a fita de LED foi instalada no centro do tecido jeans com lycra elástico, cada manta possui 1 metro de comprimento por 10mm de largura.

Nas extremidade da fita de LED, foram instalados fios condutores com solda para receber o conector (macho/ fêmea/ P4).

Figura 22 - Manta



Fonte: O Autor, 2020

A Figura 23 mostra o adaptador que foi utilizado a fim de proteger a integridade da fita. Esse procedimento foi necessário devido a sensibilidade da fita de LED que, conforme é movimentada tende a romper com facilidade nas junções condutoras.

Figura 23 - Dispositivo de proteção



Fonte: O Autor, 2020

### 5.1.2 Sistema Mecânico

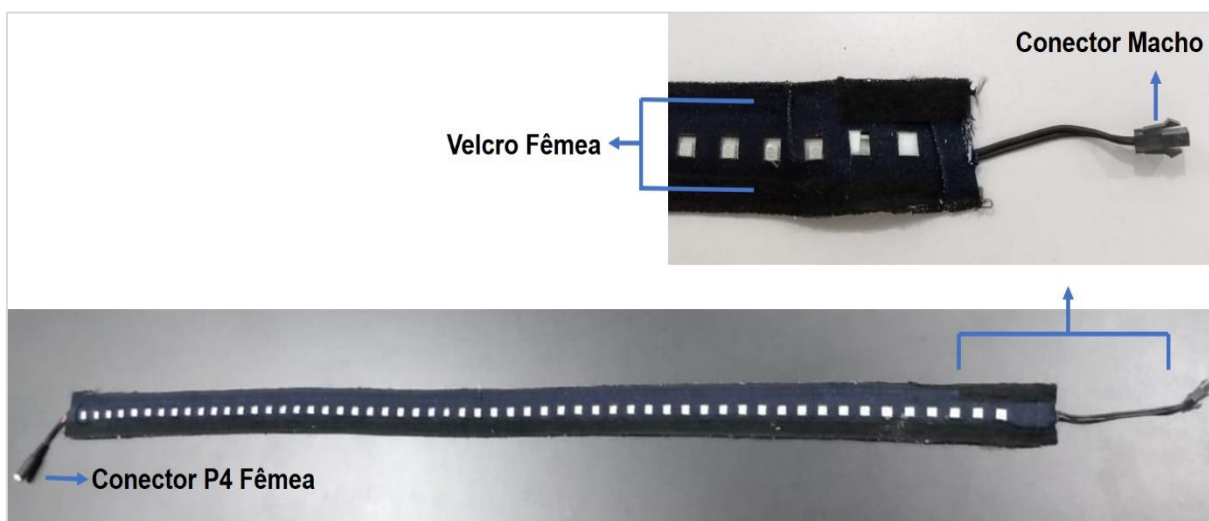
O desenvolvimento do sistema mecânico atingiu os objetivos propostos, a manta é maleável e pode ser facilmente ajustada e fixado ao corpo, além de possuir fácil interligação para aumento do comprimento total da manta, conforme necessidade da aplicação.

O sistema possibilita que a aplicação possa ser efetiva tanto com a utilização de uma manta quanto de 4 mantas, 1 por canal.

A Figura 24 e Figura 25 mostram as partes frontal e traseira da primeira manta do sistema desenvolvido. Nessa parte é possível observar o sistema de conexão (alimentação) e fixação com velcro.

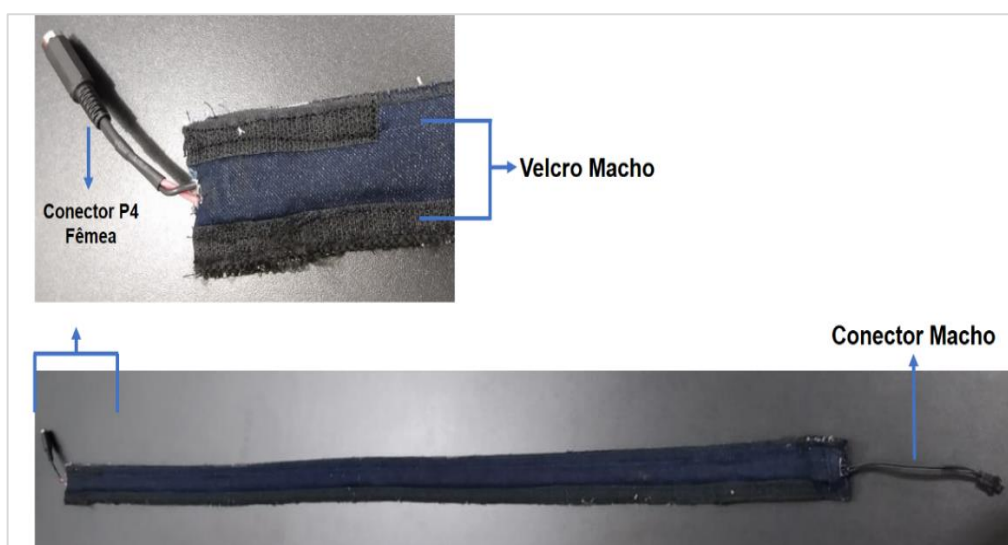
As mantas foram desenvolvidas para possuírem área de irradiação de 1 metro (comprimento) x 40 cm (largura).

Figura 24 - Vista frontal



Fonte: O Autor, 2020

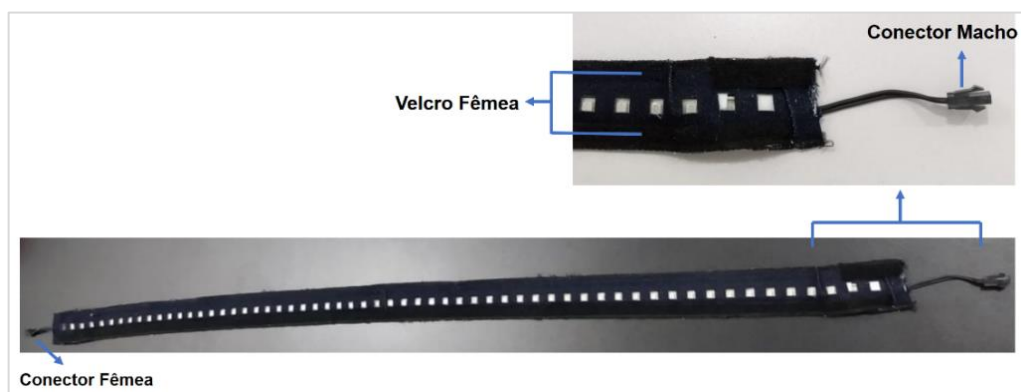
Figura 25 - Vista traseira



Fonte: O Autor, 2020

A Figura 26 e Figura 27 mostram as partes frontal e traseira das demais mantas do sistema.

Figura 26 - Vista frontal



Fonte: O Autor, 2020

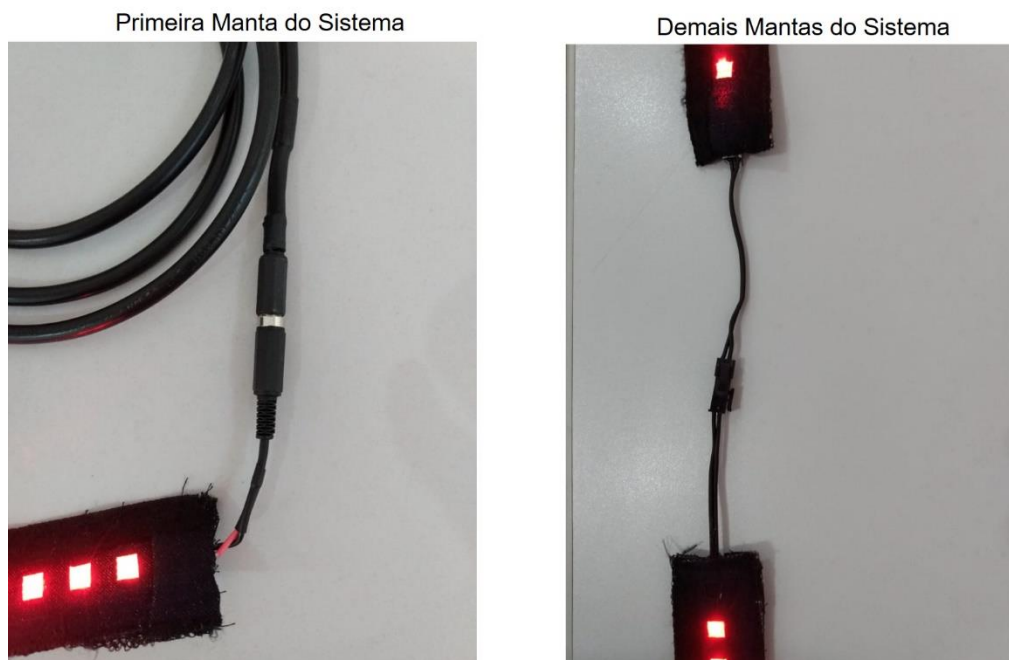
Figura 27 - Vista traseira



Fonte: O Autor, 2020

A Figura 28 mostra o sistema desenvolvido para ligação entre as mantas, esse sistema facilitou a união tanto da primeira manta ao equipamento de controle, quanto com as demais. Esse sistema permite que as mantas ligadas a ele possam ser energizadas.

Figura 28 - Sistema de ligação

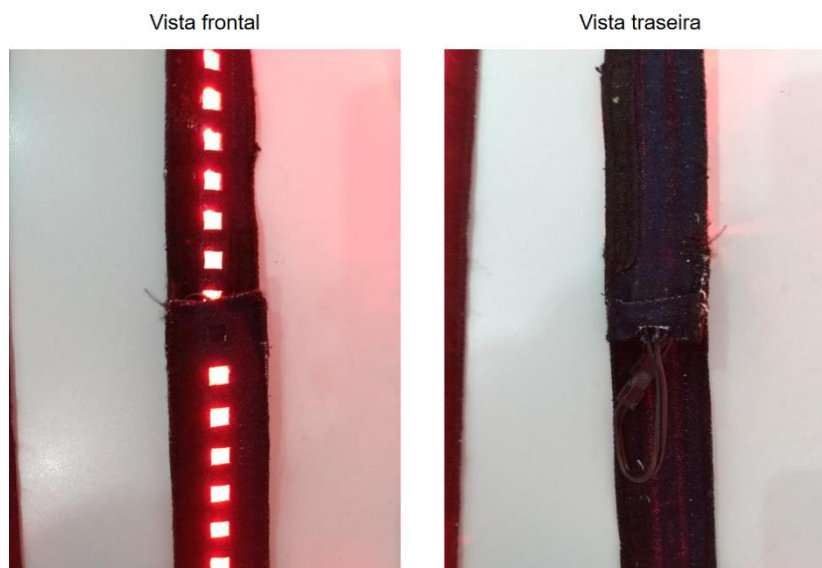


Fonte: O Autor, 2020

A Figura 29 mostra o sistema de fixação desenvolvido, esse sistema permite que as mantas possam ser fixadas aumentando o comprimento do sistema.

Nesse sistema, a fixação é realizada nas extremidades das mantas e nas laterais em conjunto com as ligações, isso facilita que, ao incluir mais de uma manta, aumente o comprimento total da manta sem que haja perdas no sistema de aplicação.

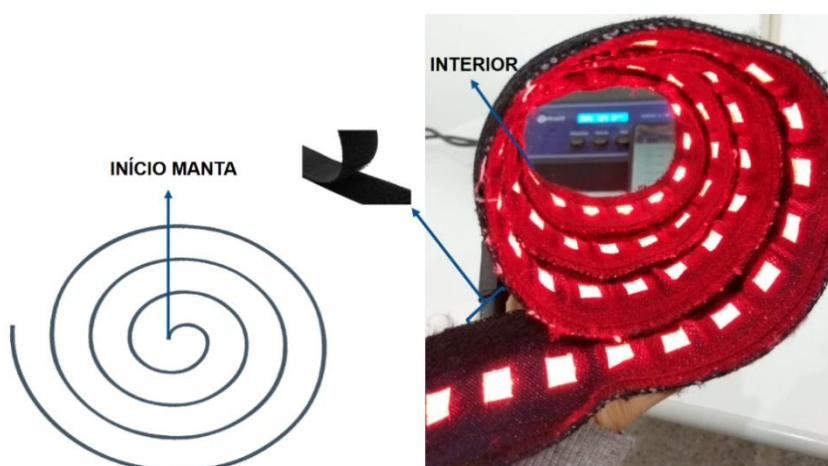
Figura 29 - Sistema de Fixação



Fonte: O Autor, 2020

A Figura 30 e Figura 31 apresentam como deve ser a instalação da manta no membro do corpo. A manta devera ser instalada da menor para a maior circunferencia, sendo o seu tamanho total o suficiente para abrager todo o membro, se necessario devera utilizar mais mantas para que a cobertura da area que se deseja realizar a aplicação por fotobiomodulação esteja completa.

Figura 30 - Instalação da manta



Fonte: O Autor, 2020

Figura 31 - Manta instalada em membro inferior (perna)

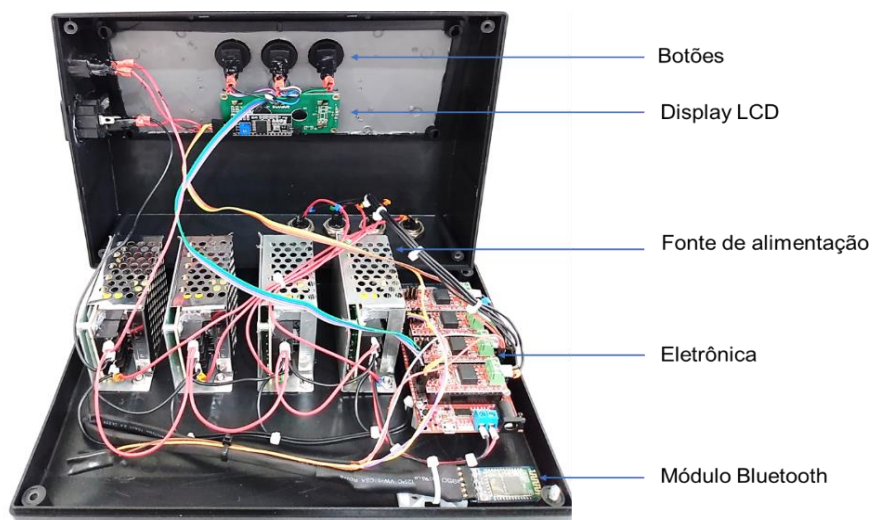


Fonte: O Autor, 2020

### 5.1.3 Sistema Eletrônico

Uma visão geral da eletrônica, pode ser observado na Figura 32, onde observa-se a ligação elétrica realizada no equipamento junto com os módulos eletrônicos a mostra.

Figura 32 - Eletrônica do equipamento



Fonte: O Autor, 2020

### 5.1.3.1 Painel frontal de controle

A Figura 33 apresenta o painel de comandos desenvolvido para realizar a operação do equipamento, através dele é possível programar as funções necessárias e acionar o equipamento com as seguintes funções:

- Botão Mais – Utilizado para dosar valores, tanto da intensidade quanto do tempo.
- Botão Menos – Utilizado para realizar o decremento de valores, tanto da intensidade quanto do tempo.
- Botão OK – Utilizado para gravar (registrar) os valores inseridos em cada canal e ao mesmo tempo mudar de tela. Pode ser utilizado para encerrar o teste a qualquer momento.

Figura 33 - Painel de comandos



Fonte: O Autor

### 5.1.3.2 Painel traseiro

Na Figura 34 é apresentado o painel traseiro do equipamento desenvolvido. Esse painel contém 4 conectores Mike 4 vias (macho) onde foi determinado através das ligações internas, a função de cada pino na comunicação entre o equipamento e a manta.

Cada conector representa um canal do equipamento que estão em ordem crescente da esquerda para a direita. Cada canal é independente, podendo ser utilizado quando desejado.

Figura 34 - Painel traseiro



Fonte: O Autor

### 5.1.3.3 Painel Lateral

A Figura 35 mostra a lateral do equipamento, onde estão localizados o Botão Chave (I/O) onde I = liga e 0 = desliga, e um conector tripolar (macho) com fusível.

Figura 35 - Painel Lateral



Fonte: O Autor, 2020

A tensão de alimentação do equipamento é realizada na rede em 220 volts. É necessário que o botão seja pressionado para o lado (I) para energizar o equipamento e assim a eletrônica fique disponível para utilização.

Para desligar o equipamento, o botão chave deverá ser pressionado para o lado (0).

#### 5.1.3.4 Utilizando o módulo eletrônico

1. Conectar o cabo de controle no conector Mike 4 vias do módulo eletrônico e a outra ponta (conector P4) na manta. O conector Mike possui um ressalto na parte “macho” e um rebaixo na parte “fêmea”. Atente-se para alinhá-los para que o conector possa encaixar com perfeição. Após encaixar até o final, rosqueie a porca de travamento em ambas as pontas.
2. Conecte uma ponta do cabo de alimentação em uma tomada 220V, preferencialmente com pino terra eficiente, e a outra no conector correspondente do módulo eletrônico.
3. Para ligar o equipamento pressione o botão localizado na lateral do módulo eletrônico para o lado (I).
4. Imediatamente o display acendera e carregara a tela de saudação com o site da empresa.
5. O equipamento está pronto para ser programado e utilizado.
6. Pressione o botão OK.
7. Em Intensidade Canal 1, insira o nível de intensidade do LED que deseja para realizar o teste, de 0 a 100, utilizando as botões “Mais” e “Menos”, para que o canal seja ativado, o valor da intensidade deverá ser maior que 0.
8. Pressione OK novamente.
9. Na tela de tempo Canal 1, entre com o tempo em segundos, utilizando as teclas “Mais” e “Menos”, de acordo com o tempo que deseja realizar as aplicações. Para que o canal seja ativado, o valor do tempo deverá ser maior que 0.
10. Pressione OK novamente.
11. Em Intensidade Canal 2, insira o nível de intensidade do LED que deseja para realizar o teste, de 0 a 100, utilizando os botões “Mais” e “Menos”, para que o canal seja ativado, o valor da intensidade deverá ser maior que 0.
12. Pressione OK novamente.

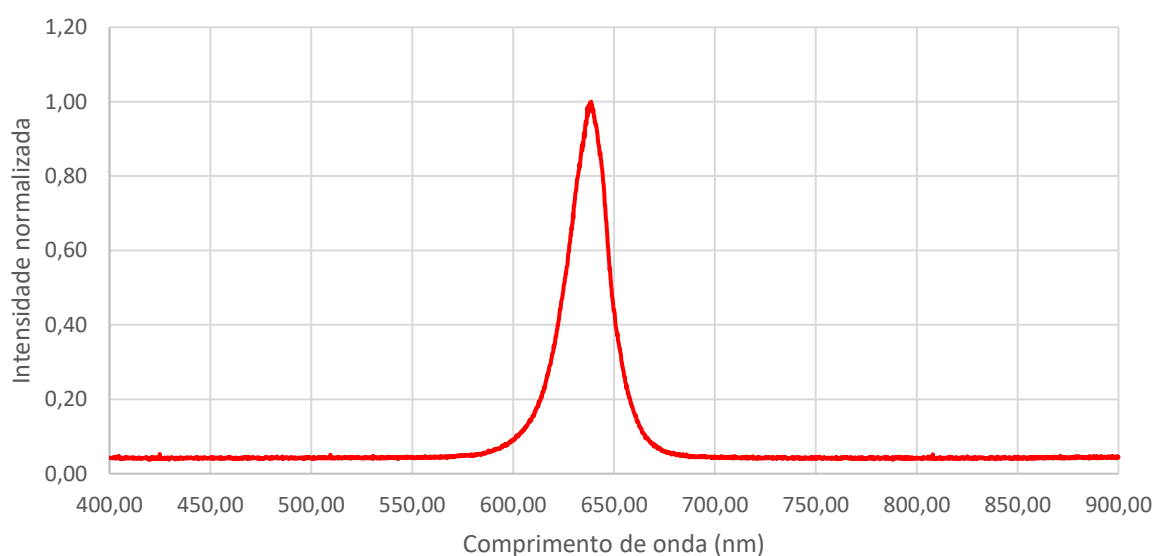
13. Na tela de tempo Canal 2, entre com o tempo em segundos, utilizando as teclas “Mais” e “Menos”, de acordo com o tempo que deseja realizar as aplicações. Para que o canal seja ativado, o valor do tempo deverá ser maior que 0.
14. Pressione OK novamente.
15. Em Intensidade Canal 3, insira o nível de intensidade do LED que deseja para realizar o teste, de 0 a 100, utilizando as botões “Mais” e “Menos”, para que o canal seja ativado, o valor da intensidade deverá ser maior que 0.
16. Pressione OK novamente.
17. Na tela de tempo Canal 3, entre com o tempo em segundos, utilizando as teclas “Mais” e “Menos”, de acordo com o tempo que deseja realizar as aplicações. Para que o canal seja ativado, o valor do tempo deverá ser maior que 0.
18. Pressione OK novamente.
19. Em Intensidade Canal 4, insira o nível de intensidade do LED que deseja para realizar o teste, de 0 a 100, utilizando os botões “Mais” e “Menos”, para que o canal seja ativado, o valor da intensidade deverá ser maior que 0.
20. Pressione OK novamente.
21. Na tela de tempo Canal 4, entre com o tempo em segundos, de 0 a 9999, utilizando as teclas “Mais” e “Menos”, de acordo com o tempo que deseja realizar as aplicações. Para que o canal seja ativado, o valor do tempo deverá ser maior que 0.
22. Pressionando OK e o equipamento passará a funcionar.
23. Para cancelar ou alterar as configurações, pressione o botão OK a qualquer momento durante os testes e todos os canais serão desligados.
24. Pressione OK novamente para ter acesso as configurações apresentadas anteriormente.

## 5.1.4 Caracterização

### 5.1.4.1 Iluminação

A Figura 36 mostra o gráfico gerado a partir da aferição do LED, os dados foram gerados a partir do software do equipamento *Ocean Optics*, utilizado no procedimento.

Figura 36 - Espectro do LED aferido



Fonte: O Autor

Para realizar a aferição do comprimento de onda do LED, acessamos o software *Ocean Optics SpectraSuite*, ligamos a fita de LED com máxima intensidade luminosa e ajustamos o espectrômetro em frente ao LED. O software gerou um gráfico (x,y) cruzando as informações de intensidade e comprimento de onda, esses valores foram exportados para o *Excel*.

A Tabela 3 mostra os valores dos três testes realizados para consistência das informações apresentadas.

Tabela 3 - Dados Espectro do LED testados

Espectro LED (nm)	
Teste	Valor
1	638,67
2	638,67
3	638,67
<b>Valor Médio</b>	638,67nm

Fonte: O Autor

#### 5.1.4.2 Potência óptica

A Figura 37 mostra o dispositivo utilizado para aferição da potência. Foram realizados 3 testes para consistência das informações e verificado que o LED aferido possui uma potência de 2,46 mW/LED. Como não há presença de infravermelho no feixe luminoso, a luz emitida pelos LEDs é fria, porém, os LEDs liberam a potência dissipada em forma de calor e este foi um fator relevante para a aplicação desejada já que o mesmo estará em contato direto com os membros do corpo humano.

Figura 37 - Dispositivo Potência Óptica



Fonte: O Autor, 2020

A Tabela 4 apresenta dos resultados das medidas de potência realizadas na fita de LEDs utilizados no protótipo.

Tabela 4 - Aferição da Potência do LED

Potência aferida no LED (W)	
	<b>2,463mW</b>
	<b>2,465mW</b>
	<b>2,464mW</b>
Valor Médio	2,464mW

Fonte: O Autor

## 5.2 APLICATIVO

A Figura 38 mostra o aplicativo móvel desenvolvido, a utilização se deu devido à necessidade de armazenar o aplicativo desenvolvido que deve ser executado pelo sistema operacional (SO) android.

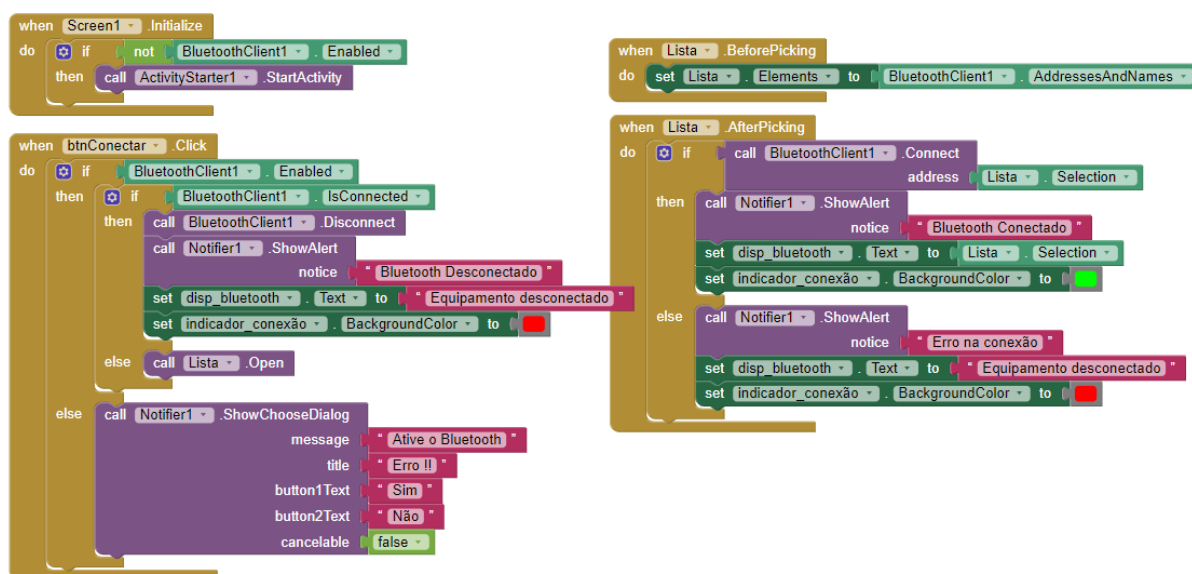
Figura 38 - Dispositivo móvel



Fonte: O Autor, 2020

A Figura 39 apresenta parte do código fonte desenvolvido em blocos no *software MIT App Inventor*. O aplicativo foi desenvolvido para facilitar a interação do operador com o equipamento de forma que todos os comandos estejam na palma da mão de forma simples com rápida comunicação. Esses comandos são os mesmos disponibilizados no painel eletrônico do equipamento, com o acréscimo do botão com função de reset.

Figura 39 - Código desenvolvido em blocos



Fonte: O Autor, 2020

A Figura 40 revela parte do código fonte da programação realizada através da plataforma *Arduino*.

O desenvolvimento dessa programação possibilitou a interação entre o aplicativo e o sistema eletrônico. A placa de controle quando energizada, realiza a leitura constante dos dados e a partir desses dados executa a função ordenada, podendo enviar e receber comandos.

Figura 40 - Código-fonte

```

Programa_IRRADLED_FITA_FINAL28-06-2020 | Arduino 1.8.12
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

Programa_IRRADLED_FITA_FINAL28-06-2020
55 lcd.setCursor(0, 1); //Posiciona o cursor na primeira coluna(0) e na segunda linha(0) do LCD
56 lcd.print("www.biopdi.com"); //Escreve no LCD "LabdeGaragem"
57
58 }
59
60 void loop() {
61
62   if(Serial.available())
63   {
64     bluetooth=Serial.read();
65     //Serial.println(bluetooth);
66     xRead = Serial.readString();
67     x1 = atoi(xRead.c_str());
68     //Serial.println(x1);
69     if(bluetooth == 48) {x = 0; ic1=x1; if((x1 > 100)|| (x1 < 0)){ic1 = 100;}}
70     if(bluetooth == 49) {x = 1; ts1=x1; if((x1 > 9999)|| (x1 < 0)){ts1 = 9999;}}
71     if(bluetooth == 50) {x = 2; ic2=x1; if((x1 > 100)|| (x1 < 0)){ic2 = 100;}}
72     if(bluetooth == 51) {x = 3; ts2=x1; if((x1 > 9999)|| (x1 < 0)){ts2 = 9999;}}
73     if(bluetooth == 52) {x = 4; ic3=x1; if((x1 > 100)|| (x1 < 0)){ic3 = 100;}}
74     if(bluetooth == 53) {x = 5; ts3=x1; if((x1 > 9999)|| (x1 < 0)){ts3 = 9999;}}
75     if(bluetooth == 54) {x = 6; ic4=x1; if((x1 > 100)|| (x1 < 0)){ic4 = 100;}}
76     if(bluetooth == 55) {x = 7; ts4=x1; if((x1 > 9999)|| (x1 < 0)){ts4 = 9999;}}
77     if(bluetooth == 56) {x = 8; desliga = desliga + 1;}
78     if(bluetooth == 57) {x = 0; desliga = 0; analogWrite(canal_1, 0); analogWrite(canal_2, 0); analogWrite(canal_3, 0
79     if(desliga > 2){desliga = 2;}
80     escrever = 1;
81   }
82
83   // put your main code here, to run repeatedly:
84   m_ok = digitalRead(b_ok);
85   m_mais = digitalRead(b_mais);
86   m_menos = digitalRead(b_menos);
87
88
89   if(m_ok==LOW) //Se botão OK for pressionado
90   {

```

1 Arduino Uno em COM3

Fonte: O Autor, 2020

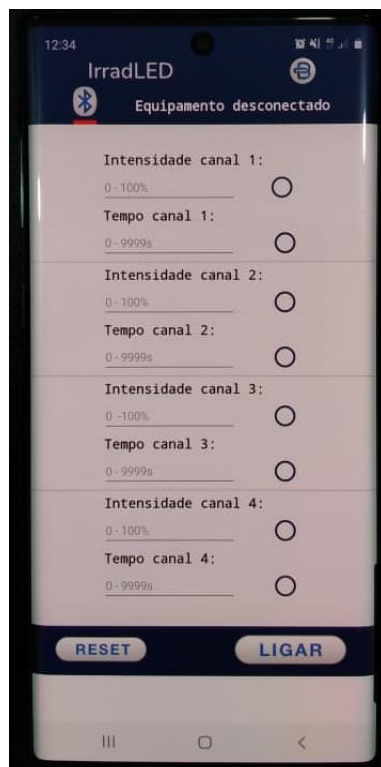
### 5.2.1 Utilizando o Aplicativo

Para utilização do Aplicativo Móvel (Figura 41) é necessário que o sistema eletrônico esteja ligado.

1. Instale o aplicativo em um dispositivo móvel com sistema operacional android.
2. Localize o ícone do aplicativo no dispositivo
3. Clique para abrir

4. Ative o comando bluetooth do aplicativo móvel para que seja possível localizar o endereço do módulo bluetooth instalado na plataforma eletrônica.

Figura 41 - Aplicativo



Fonte: O autor, 2020.

Na Figura 42 é possível observar que cada canal está identificado com sua respectiva Intensidade e Tempo, com uma linha a ser preenchida com range de valores e escalas identificadas em cada linha.

Após o registro dos valores, o usuário deverá clicar no ícone em formato circular localizado na lateral direita, esse clique, registra o valor informado no módulo eletrônico.

Caso um canal apresente o preenchimento de apenas uma informação (intensidade ou tempo), ou não seja preenchido nenhum campo, o canal permanecerá desligado.

Para alterar alguma informação de valor enviado ao equipamento, o usuário deverá clicar no ícone RESET, essa função limpa os dados registrados, sendo necessário o preenchimento de todos os canais novamente.

Para iniciar o teste da aplicação, basta clicar no ícone LIGAR.

Observação 1: É possível visualizar os valores enviados pelo dispositivo móvel no display do equipamento eletrônico.

Figura 42 - Conectando o App IrradLED



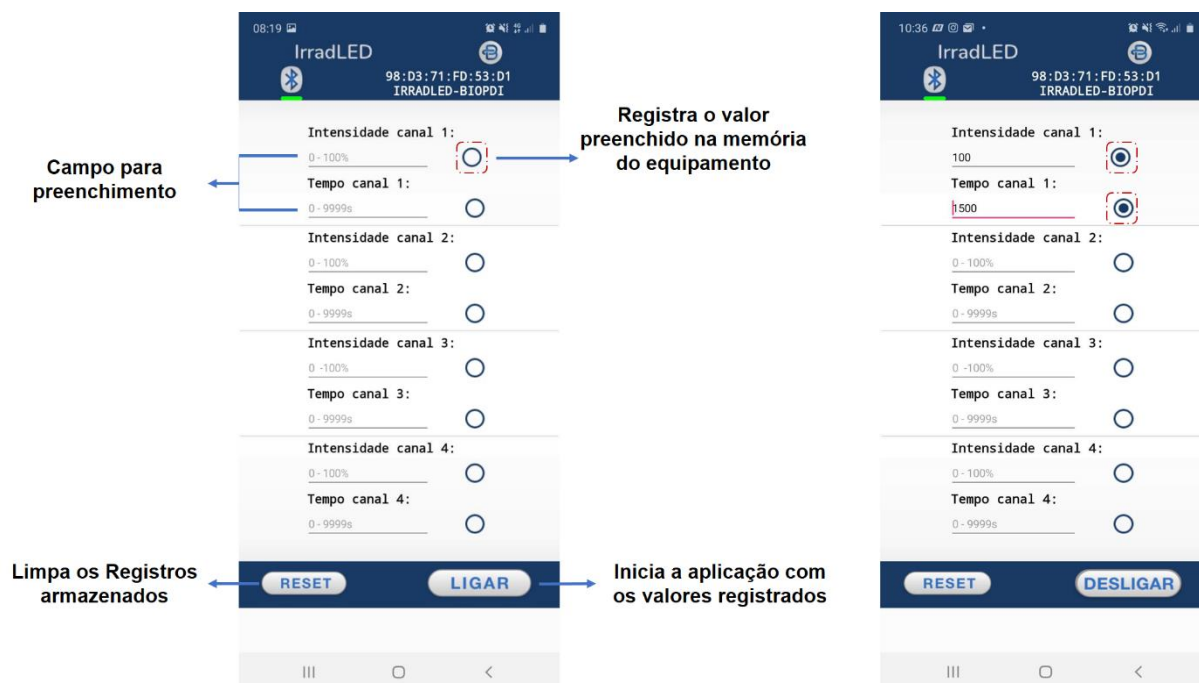
Fonte: O autor, 2020.

A Figura 43 indica as funções do aplicativo móvel. Do lado direito é possível observar que os campos do canal 1, foram preenchidos e registrados na memória do equipamento eletrônico, que já está executando os comandos pois o botão mudou do estado Ligar para Desligar.

Para cancelar ou alterar as configurações, clique no ícone do botão DESLIGAR a qualquer momento durante os testes e todos os canais serão desligados, na tela display do equipamento surgira a mensagem “TESTE CONCLUÍDO”, preencha os valores dos canais que deseja utilizar, registre e ligue.

Observação 2: O usuário deverá preencher o campo que deseja e em seguida registrar a informação para que não haja acúmulo de informações e divergências de valores.

Figura 43 - Interface para preenchimento e acionamento



Fonte: O autor, 2020.

É importante destacar o fundamento científico para o uso do comprimento de onda vermelho. Um estudo proposto por Ferraresi et al (2015) já relatou anteriormente que irradiações com comprimentos de onda vermelho possivelmente oferecem vantagens baseadas nas bandas de absorção dos cromóforos nas células que absorvem luz em especial o citocromo c oxidase na cadeia de transporte elétrico mitocondrial, resultando em ainda mais síntese de ATP.

Uma das questões principais é qual é o momento apropriado para irradiar o tecido muscular. A literatura atual mostra que existem duas estratégias principais relacionadas ao uso do Fotobiomodulação para aumentar o desempenho muscular e a recuperação do exercício em ensaios clínicos visando o desempenho esportivo. A primeira estratégia é um protocolo de pré-condicionamento muscular, ou seja, irradiação do tecido muscular geralmente cerca de 3 a 5 minutos antes da sessão de exercício (DE AVELAR et al., 2020; CRISTIANO et al., 2019) .

Alguns estudos sugeriram que, na verdade, tempos curtos antes do exercício, como 5 minutos, podem não ser o melhor. Portanto, um estudo recente conduzido

por nosso grupo de pesquisa relatou uma ampla janela de tempo (tempo de resposta) para FBM para produzir aumentos altamente significativos no metabolismo mitocondrial e síntese de ATP, com um melhor tempo ocorrendo entre 3-6 horas após a irradiação (FERRARESI et al., 2012; LEAL JUNIOR et al., 2013; FERRARESI et al., 2015).

O presente estudo corroborou também com os resultados citados, por Ferraresi et al (2015) que aplicaram um protocolo de pré-condicionamento muscular com FBM com comprimento de onda na luz vermelha em camundongos e mediram o desempenho (subir escadas carregando uma carga) após diferentes intervalos de tempo. Eles descobriram que o desempenho muscular aumentou mais de 300-600% (em comparação com a simulação) depois de esperar por 3-6 horas. No entanto, um grupo que recebeu FBM apenas 5 minutos antes do exercício não apresentou diferença significativa em relação ao grupo controle. Neste contexto, outros estudos também relataram uma resposta em tempo para FBM para aumentar a atividade da citocromo c oxidase em ratos com comprimento de onda vermelho.

## 6 CONCLUSÕES

Com base no que foi apurado na realização desse estudo, infere-se que o desenvolvimento de uma manta LED para essa finalidade mostrou-se viável, sendo formada por um sistema óptico, mecânico, eletrônico e com um sistema de controle por meio de um *app* móvel. Observou-se também que as funcionalidades do *app* apresentaram compatibilidade com a plataforma em questão. Dessa forma, constata-se que a presente investigação vem suprir uma necessidade real que se coaduna a uma sociedade que, hoje em dia, se encontra muito conectada e globalizada, sendo imprescindível a realização de trabalhos futuros, acrescentando novos recursos e funções, otimizando sua usabilidade aos profissionais que trabalham no ramo estético e na educação física.

## REFERÊNCIAS

AGNE, J. E. **Eu sei eletroterapia**. Santa Maria: Pallotti, 2009.

ALVES, V. M. N.; FURLAN, R. M. M. M.; MOTTA, A. R. Efeitos imediatos da fotobiomodulação com *laser* de baixa intensidade sobre o desempenho muscular: uma revisão integrativa da literatura. **Rev. CEFAC**, v. 21, n. 4, e12019, 2019.

BAGNATO, V. S. et al. New photonic technologies for the treatment and diagnosis of hepatic diseases. An overview of the experimental work performed in collaboration, between Physics Institute of São Carlos and Ribeirão Preto Faculty of Medicine of the University of São Paulo. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 21, Supl.1, p. 3-11, 2006.

BAGNATO, V. S. **Novas técnicas óticas para as áreas da saúde**. São Paulo: Física ELd, 2008.

BANOS, O. et al. Design, implementation and validation of a novel open framework for agile development of mobile health applications. **Biomed Eng Online**, v. 14, Suppl 2: S6, 2015.

BANOS, O. et al. Physiodroid: combining wearable health sensors and mobile devices for a ubiquitous, continuous, and personal monitoring. **Scientific World J**, v. 2014, n. 490824, p. 1-11, 2014.

BARRA, D. C. C. et al. Metodologia para modelagem e estruturação do processo de enfermagem informatizado em terapia intensiva. **Texto Contexto Enferm**, v. 25, n. 3, e2380015, 2016.

BAROLET, D. Light-emitting diodes (LED) in dermatology. **Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery**, v. 27, p. 227-238, 2008.

BARONI, M. B. **Efeito da fototerapia prévia ao exercício isocinético sobre a fadiga e o dano muscular**. 2010. Dissertação (Mestrado em ciências do movimento humano) - Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, 2010.

BARONI, B. M. et al. Effect of light-emitting diodes therapy (ledt) on knee extensor muscle fatigue. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 28, n. 5, p. 653-658, 2010.

BAYAT A. et al. Keloid disease: clinical relevance of single versus multiple site scars. **Br J Plast Surg**, v. 58, n. 1, p. 28-37, 2005.

BILOTTI, C. C. et al. m-Health no controle do câncer de colo do útero: pré-requisitos para o desenvolvimento de um aplicativo para smartphones. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 1-18, 2017.

BORSA, P. A.; LARKIN, K. A.; TRUE, J. M. Does phototherapy enhance skeletal muscle contractile function and postexercise recovery? A systematic review. **Journal of Athletic Training**, v.48, n.1, p.57-67, 2013.

BOULOS, M. N. K. et al. Mobile medical and health apps: state of the art, concerns, regulatory control and certification. **Online J Public Health Inform**, v. 5, n. 3, p. 229, 2014.

CALZAVARA-PINTON, P.G.; VENTURINI, M.; SALA, R. Photodynamic therapy: update 2006. Part 1: Photochemistry and photobiology. **J Eur Acad Dermatol Venereol**, v. 21, p. 293-302, 2007.

CASALECHI, H. L. et al. The effects of low-level light emitting diode on the repair process of Achilles tendon therapy in rats. **Lasers Med Sci**, London, v. 24, p.659–665, 2009.

CASTANO, A. P. et al. Low-level laser therapy for zymosaninduced arthritis in rats: importance of illumination time. **Lasers in Surgery and Medicine**, v. 39, p. 543-550, 2007.

CASTELLS, M. **A sociedade em rede: a era da informação: economia, sociedade e cultura**. 8 ed. São Paulo: Paz e Terra, 2003.

CLAY, C. A. Exploring the use of mobile technologies for the acquisition of clinical skills. **Nurse Educ Today**, v. 31, n. 1, p. 582- 6, 2011.

CONSULTING, VITAL WAVE. **mHealth for development: the opportunity of mobile technology for healthcare in the developing world**. Washington Dc and Berkshire, UK, 2009.

CORAZZA, A. V. **Fotobiomodulação comparativa entre Laser e LED de baixa intensidade na angiogênese de feridas cutâneas de ratos**. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos e Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CRESSONI, M. D. et al. The effects of a 785 nm AlGaInP laser on the regeneration of rat anterior tibialis muscle after surgically-induced injury. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 26, n. 5, p. 461-466, 2008.

CRISTIANO, L. Use of infrared-based devices in aesthetic medicine and for beauty and wellness treatments. **Infrared Physics & Technology**, v. 102, n. 102991, 2019.

DE AVELAR, M. L. O et al. Avaliação do efeito clínico da terapia de fotobiomodulação com uso do laser de baixa intensidade em rosácea eritemato-telangiectásica: Estudo piloto. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 50152-50175, 2020.

DELLAGRANA, R. A. **Efeitos da terapia com fotobiomodulação em parâmetros fisiológicos, eletromiográficos e de desempenho na corrida**. 143 f. 2018. Tese

(Doutorado em Educação Física). Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Desportos. Florianópolis, 2018.

DE PAULA GOMES, C. A. F et al. Incorporation of photobiomodulation therapy into a therapeutic exercise program for knee osteoarthritis: A placebo-controlled, randomized, clinical trial. **Lasers in Surgery and Medicine**, v. 50, n. 8, p. 819-828, 2018.

DOS SANTOS, S. A. et al. Photobiomodulation therapy associated with treadmill training in the oxidative stress in a collagen-induced arthritis model. **Lasers in Medical Science**, v. 32, n. 5, p. 1071-1079, 2017.

DESMET, K. D. et al. Clinical and experimental applications of NIR-LED photobiomodulation. **Photomed Laser Surg**, v. 24, n. 2, p. 121-128, 2006.

EINSTEIN, A. Z. Z. Quantentheorie der Strahlung. **Physik Zeitschr**, v. 18, p.121-128, 1917.

ENWEMEKA, C. S. Light is light. **Photomedicine and Laser Therapy**, v. 23, n. 2, p. 159-160, 2005.

ENWEMEKA, C. S.; REDDY, K. The biological effects of laser therapy and other physical modalities on consecutive tissue repair process. **Laser Therapy**, v. 12, p. 22-30, 2000.

FELICIANO, A. M. **Contribuições da gestão do conhecimento para ações empreendedoras de inclusão digital**. (Dissertação) Mestrado em Engenharia e Gestão do conhecimento, UFSC, Florianópolis, 2008.

FERRARESI, C.; HAMBLIN, M. R.; PARIZOTTO, N. A. Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: performance, fatigue and repair benefited by the power of light. **Photonics and Laser in Medicine**, v. 1, n. 4, p. 267-286, 2012.

FERRARESI, C., HUANG, Y.Y.; HAMBLIN, M. R. Photobiomodulation in human muscle tissue: an advantage in sports performance?. **Journal of biophotonics**, v. 9, n. 11-12, p. 1273-1299, 2016.

FERRARESI, C. et al. Muscular pre-conditioning using light-emitting diode therapy (LEDT) for high-intensity exercise: a randomized double-blind placebo-controlled trial with a single elite runner. **Physiotherapy Theory and Practice**, v. 31, n. 5, p. 354-361, 2015.

FILLIPIN, L. I. et al. Low-level laser therapy (LLLT) prevents oxidative stress and reduces fibrosis in rat traumatized Achilles tendon. **Lasers Surg Med.**, v. 37, p. 293-300, 2005.

FILIPOVA, A. A. Electronic health records use and barriers and benefits to use in skilled nursing facilities. **Comput Inform Nurs**, v. 31, n. 7, p. 305-18, 2013.

FORTUNA, T. et al. Effect of 670 nm laser photobiomodulation on vascular density and fibroplasia in late stages of tissue repair. **Int Wound J.** v. 15, n. 2, p. 274-282, 2018.

FREITAS, L. F.; HAMBLIN, M. R. Proposed mechanisms of photobiomodulation or low-level light therapy. **IEEE J Sel Top Quantum Electron**, v. 22, n. 3, 7000417, 2016.

GAL, P. et al. Histological assessment of the effect of laser irradiation on skin wound healing in rats. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 24, n. 4, p. 480-488, 2006.

GROSSI, M. **Utilização da manta térmica como complemento no tratamento estético.** In: terapia com aromas. Publicado 15 jan 2012. Disponível em: <<https://www.terapiacomaromas.com.br/intercambio-de-conhecimento-utilizacao-da-manta-termica-como-complemento-no-tratamento-estetico/>>. Acesso em 20 ago. 2020.

GUIMARÃES, E. M. P.; GODOY, S. C. B. Telenfermagem - recurso para assistência e educação em enfermagem. **Rev Min Enferm**, v. 16, n. 2, p. 157-8, 2012.

GUIRRO, E. C. O. et al. Effect of laser (670 nm) on healing of wounds covered with occlusive dressing: a histologic and biomechanical analysis. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 28, n. 5, p. 629–634, 2010.

HEISKANEN, V.; HAMBLIN, M. R. Photobiomodulation: LASERs vs. light emitting diodes? **Photochemical & Photobiological Sciences**, v. 17, n. 8, p. 1003- 1017, 2018.

HABIB, M. A. et al. Smartphone-based solutions for fall detection and prevention: challenges and open issues. **Sensors**, v. 14, n. 4, p. 7181-208, 2014.

HIGASHI, R. H. et al. Effects of low-level laser therapy on biceps braquialis muscle fatigue in young women. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.31, n.12, p.586-594, 2013.

HUANG, Y.; SHARMA, S. K.; CARROLL, J.; HAMBLIN, M. R. Biphasic dose response in low level laser therapy – An update. **Dose Response**, v. 9, p. 602-618, 2011.

ISTEPANIAN, R.; JOVANOVIĆ, E.; ZHANG, Y. T. Guest editorial introduction to the special section on m-health: Beyond seamless mobility and global wireless health-care connectivity. **IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine**, v. 8, n. 4, p. 405-414, 2004.

KARU, T. I. et al., Absorption measurements of a cell monolayer relevant to phototherapy: reduction of cytochrome c oxidase under near IR radiation. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 81, n. 2, p. 98–106, 2005.

KARU, T. Multiple roles of cytochrome c oxidase in mammalian cells under action of red and IR-A radiation. **IUBMB Life**, v. 62, n. 8, p. 607- 610, 2010.

KELENCZ, C. A. et al. Effect of low-power gallium-aluminumarseniummoncoherent light (640nm) on muscle activity: clinical study. **Photomedicine Laser Surgery**, v. 28, n. 5, p. 647-652, 2010.

KEENGWE, J.; BHARGAVA, M. Mobile learning and integration of mobile technologies in education. **Educ Inf Technol**, v. 19, n. 4, p. 737-46, 2014.

KRANZ, M. et al. The mobile fitness coach: Towards individualized skill assessment using personalized mobile devices. **Pervasive and Mobile Computing**, v. 9, n. 2, p. 203-215, 2013.

KUBOTA, J. Defocused diode laser therapy (830 nm) in the treatment of unresponsive skin ulcers: a preliminary trial. **J Cosmet Laser Ther**, v. 6, p. 96–102, 2004.

LEAL JUNIOR, E. C. P. et al. A fototerapia com diodo emissor de luz (LEDT) aplicada pré-exercício inibe a peroxidação lipídica em atletas após exercício de alta intensidade: um estudo preliminar. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 17, n. 1, p. 8-12, 2011.

LEAL JUNIOR, E. C. et al. Comparison between single-diode low-level laser therapy (LLLT) and LED multi-diode (cluster) therapy (LEDT) applications before high-intensity exercise. **Photomed Laser Surg**, v. 27, p. 617-23, 2009.

LEAL JUNIOR, E. C. et al. Effect of 655-nm low-level laser therapy (LLLT) on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. **Photomed Laser Surg**, v. 26, p. 419-24, 2008.

LEAL JUNIOR, E. C. et al. Effect of 830 nm low-level laser therapy (LLLT) in exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. **Lasers Med Sci**, v. 24, p. 425-31, 2009.

LEAL JUNIOR, E. C. et al. Effect of cluster multi-diode light emitting diode therapy (LEDT) on exercise-induced skeletal muscle fatigue and skeletal muscle recovery in humans. **Lasers Surg Med**, v. 41, p. 572-7, 2009.

LEAL JUNIOR, E. C. et al. Effects of lowlevel laser therapy (LLLT) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to post-exercise recovery. **J Orthop Sports Phys Ther**, v. 40, p. 524-32, 2010.

LEAL-JUNIOR, E. C. P. et al. Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: a systematic review with meta-analysis. **Lasers Med Science**, v. 30, n. 2, p. 925-39, 2015.

LIU, C. et al. Status and trends of mobile-health applications for iOS devices: A developer's perspective. **Journal of Systems and Software**, v. 84, n. 11, p. 2022-2033, 2011.

LOPES-MARTINS, R. Á. B. et al. Effect of low-level laser (Ga-Al-As 655 nm) on skeletal muscle fatigue induced by electrical stimulation in rats. **Journal of Applied Physiology**, v. 101, n. 1, p. 283-288, 2006.

LOPES, M. C. B. Redes, tecnologia e desenvolvimento territorial. In: Congresso de Desenvolvimento Regional de Cabo Verde: Redes De Desenvolvimento Regional, 1., 2009, Cabo Verde. **Anais...** Cabo Verde: APDR, 2009. p. 995-1015.

LOPES-MARTINS, R. A. et al. Effect of lowlevel laser (Ga-Al-As 655 nm) on skeletal muscle fatigue induced by electrical stimulation in rats. **J Appl Physiol.**, v. 101, p. 283-8, 2006.

LOPES-MARTINS, R. A. et al. Spontaneous effects of lowlevel laser therapy (650 nm) in acute inflammatory mouse pleurisy induced by carrageenan. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 23, n. 4, p. 377-381, 2005.

LOURENÇO, F. **Avanços tecnológicos na medicina: o poder da tecnologia aplicada à saúde.** 2014. Disponível em: <<http://blog.iclinic.com.br/o-poder-da-tecnologia-aplicada-a-saude/>>. Acesso em: 02 jul. 2020.

LOW, J.; REED, A. **Eletroterapia explicada princípios e terapia.** Manole: São Paulo, 2001.

MAHMOUD, B. H. et al. Effects of visible light on the skin. **Photochemistry and photobiology**, v. 84, n. 2, p. 450-462, 2008.

MAK, M. C. H.; CHEING, G. L. Y. Immediate effects of monochromatic infrared energy on microcirculation in healthy subjects. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.30, n.4, p.193-199, 2012.

MANOEL, C. A.; PAOLILLO F. R.; MENEZES, P. F. C. **Conceitos Fundamentais e práticos da fotoestética.** Ed. Compacta. São Carlos, 2014.

MARCANO, B. J. S. et al. Comparison of self-administered survey questionnaire responses collected using mobile apps versus other methods. **Cochrane Database Syst Ver**, v. 27, n. 7, MR000042, 2015.

MARCHI, T. et al. Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. **Lasers in medical science**, v. 27, n. 1, p. 231-236, 2012.

MARIN, H. F. Sistemas de informação em saúde: considerações gerais. **J Health Inform**, v. 2, n. 1, p. 20-4, 2010.

MATSUDA, L. M. et al. Informática em enfermagem: desvelando o uso do computador por enfermeiros. **Texto Contexto Enferm**, v. 24, n. 1, p. 178- 86, 2015.

MELO, V. A. et al. Effect of low level laser on sutured wound healing in rats. **Acta Cir Bras**, v. 26, n. 2, p. 129-34, 2011.

MINATEL, D. G. et al. Phototherapy promotes healing of chronic diabetic leg ulcers that failed to respond to other therapies. **Lasers in Surgery and Medicine**, v. 41, n. 6, p. 433-441, 2009.

MIRANDA, E. F. et al. Acute effects of light emitting diode therapy (LEDT) in muscle function during isometric exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease: preliminary results of a randomized controlled trial. **Lasers in Medical Science**, v.29, p.359-365, 2014.

NEVES, L. S. et al. A utilização do laser na Ortodontia. **Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial**, v. 10, n. 5, p. 149-156, 2005.

NORRIS, A. C.; STOCKDALE, R. S.; SHARMA, S. A strategic approach to m-health. **Health Informatics Journal**, v. 15, n. 3, p. 244-253, 2009.

OLIVEIRA, H. V.; AUGUSTO, D.; MOREIRA, J. A. R. O uso do laser e do led no tratamento de rejuvenescimento facial: revisa o da literatura. **Revista Científica da FHO|Uniararas**, v. 5, n. 2, p. 70-77, 2018.

ORON, U.; ILIC, S.; DE TABOADA, L.; STREETER, J. Ga-As (808 nm) laser irradiation enhances ATP production in human neural cells in culture. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.25, n.3, p.180-182, 2007

PEREIRA, D. M.; SILVA, G. S. **As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) como aliadas para o desenvolvimento**. 2012. Disponível em: <<http://periodicos.uesb.br/index.php/cadernosdeciencias/article/viewFile/884/891>>. Acesso em: 22 jul. 2020.

PERES, H. H. C.; MARIN, H. F. Informática em Enfermagem e Telenfermagem: desafios e avanços na formação e no cuidado. **J Health Inform**, v. 4, n. 1, I, 2012.

PINHEIRO, A. L. B. et al. Light microscopic description of the effects of laser phototherapy on bone defects grafted with mineral trioxide aggregate, bone morphogenetic proteins, and guided bone regeneration in a rodent model. **J Biomed Mater Res**, v. 98A, n. 2, p. 212-221, 2011.

PINHEIRO, A. L. B. et al. Effects of LED phototherapy on bone defects grafted with MTA, bone morphogenetic proteins and guided bone regeneration: a Raman spectroscopic study. **Lasers Med Sci**, v. 27, n. 5, p. 903-916, Sept. 2012a.

PINHEIRO, A. L. B. et al. Does LED phototherapy influence the repair of bone defects grafted with MTA, bone morphogenetic proteins, and guided bone regeneration? A description of the repair process on rodents. **Lasers Med Sci**, v. 27, n. 5, p. 1013-24, Sept. 2012b.

POSTEN, W. et al. Low-level laser therapy for wound healing: mechanism and efficacy. **Dermatol Surg**, v.31, n.3, p.334-340. 2005.

PRINDEZE, N. J.; MOFFATT, L. T.; SHUPP, J. W. Mechanisms of action for light therapy: a review of molecular interactions. **Experimental Biology and Medicine**, v. 237, n. 11, p.1241–1248, 2012.

REDDY, G. K. Comparison of the photostimulatory effects of visible He-Ne and infrared Ga-As lasers on healing impaired diabetic rat wounds. **Lasers in Surgery and Medicine**, v.33, n.5, p.344-351, 2003.

RIZZI, C. F. et al. Effects of low-level laser therapy (LLLT) on the nuclear factor (NF)-kappaB signaling pathway in traumatized muscle. **Lasers Surg Med.**, v. 38, p.704-13, 2006.

ROBERTS, S. et al. Using technology to engage hospitalised patients in their care: a realist review. **BMC Health Serv Res**, v. 17, n. 388, 2017.

ROSSATO, M. et al. Effect of pre-exercise phototherapy applied with different cluster probe sizes on elbow flexor muscle fatigue. **Lasers in Medical Science**, v. 31, n. 6, p. 1237-1244, 2016.

SACCOL, A.; SCHLEMMER, E.; BARBOSA, J. **m-learning e u-learning - novas perspectivas da aprendizagem móvel e ubíqua**. São Paulo: Pearson Prentice Hall; 2011.

SALVI, P. **Telemedicina: saída para redução de custos e melhoria na qualidade do atendimento na saúde brasileira**. 2015. Disponível em: <<http://convergecom.com.br/portal/telemedicina-saida-para-reducao-de-custos-e-melhoria-na-qualidade-doatendimento-na-saude-brasileira>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

SAMPAIO, S.C.P. et al. Effect of laser and LED phototherapies on the healing of cutaneous wound on healthy and iron-deficient Wistar rats and their impact on fibroblastic activity during wound healing. **Lasers in Med**, v.20. 2012. [Epub ahead of print].

SEEGER, K. **Semiconductor Physics – An introduction**. 6 ed. Austria: Springer, 1997.

SILVA, M. M. **Papel da fototerapia e de um programa de exercício físico na fibromialgia com disfunção temporomandibular: ensaio clínico controlado, randomizado e duplo-cego**. 2015. 76 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Biofotônica Aplicada às Ciências da Saúde) - Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2015.

SILVA, M. M.; SANTOS, M. T. Os paradigmas de desenvolvimento de aplicativos para aparelhos celulares. **Rev T.I.S.**, v. 3, n. 2, p. 162-70, 2014.

SILVA, J. P. et al. Laser Therapy in the tissue repair process: a literature review. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 28, n. 1, p. 17-21, 2010.

SILVEIRA, P. C. L.; SILVA, L. A.; FRAGA, D. B.; FREITAS, T. P.; STRECK, E. L.; PINHO, R. Evaluation of mitochondrial respiratory chain activity in muscle healing by

low-level laser therapy. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 95, p. 89-92, 2009.

SOUSA, M. V. P. What is low-level laser (light) therapy? In: HAMBLIN, M. R.; SOUSA, M. V. P.; AGRAWAL, T. (eds). **Handbook of low-level laser therapy**. New York: Pan Stanford; 2016. p. 1-16.

SOUZA, A.P.C. **Efeito das radiações laser e LED associadas ou não no reparo de feridas cutâneas em dorso de ratos: Estudo histológico**. 2008. 142 f. Tese (Doutorado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia, Programa Integrado de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2008.

TIBES, C. M.; DIAS, J. D.; ZEM-MASCARENHAS, S. H. Aplicativos móveis desenvolvidos para a área da saúde no brasil: revisão integrativa da literatura. **Rev Min Enferm**, v. 18, n. 2, p. 479-86, 2014.

TOLEDO, K. **Manta de LED melhora performance de atletas**. Publicado em 02 out. 2014. Disponível em: <<https://exame.com/ciencia/manta-de-led-melhora-performance-de-atletas/>>. Acesso em 20 ago. 2020.

TOMA, R. L. et al. Effect of 808 nm low-level laser therapy in exercise induced skeletal muscle fatigue in elderly women. **Lasers in Medical Science**, v. 28, n. 1375-1382, 2013.

TOMAZONI, S. S. et al. Isolated and combined effects of photobiomodulation therapy, topical nonsteroidal anti-inflammatory drugs, and physical activity in the treatment of osteoarthritis induced by papain. **Journal of Biomedical Optics**, v. 21, n. 10, p. 108001, 2016.

VASCONCELOS, A. B. S. **Efeito fotobiomodulador da terapia com diodo emissor de luz de baixa intensidade na inflamação muscular induzida por exercício em ratos**. 2017. 66 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2017.

VASSÃO, P. G. et al. Effects of photobiomodulation on the fatigue level in elderly women: an isokinetic dynamometry evaluation. **Lasers in medical science**, v. 31, n. 2, p. 275-282, 2016.

VIEIRA, W. H. B. et al. Adaptation of LDH enzyme in rats undergoing aerobic treadmill training and low intensity laser therapy. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 10, n. 2, p. 205-211, 2006.

WHELAN, H. T. et al. Effect of NASA light-emitting diode irradiation on wound healing. **J Clin Laser Med Surg**, v. 19, n. 6, p. 305-14, 2001.

WORLD ASSOCIATION OF LASER THERAPY - WALT. **Recommended antiinflammatory dosage for low level laser therapy**, 2010. Disponível em: <http://www.walt.nu/dosage-recommendations.html>. Acesso em 31 jul. 2020.

ZUPPO, C. M. Defining ICT in a boundary less world: the development of a working hierarchy. **International Journal of Managing Information Technology**, v. 4, n. 3, 2012.