

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor,
o texto completo desta dissertação será
será disponibilizado a partir de
05/08/2024.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

SARA MOREIRA MACEDO

**Desenvolvimento de um Equipamento de Fotobiomodulação com Matrizes
de Lasers e LEDs Infravermelhos de Baixa Potência**

Ilha Solteira
2024



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

SARA MOREIRA MACEDO

Desenvolvimento de um Equipamento de Fotobiomodulação com Matrizes de Lasers e LEDs Infravermelhos de Baixa Potência

Dissertação, apresentada à Faculdade de Engenharia – UNESP – Campus Ilha Solteira - SP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica. Área de Conhecimento: Automação.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto Assunção Sanches

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvida pelo Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

M141d Macedo, Sara Moreira.
Desenvolvimento de um equipamento de fotobiomodulação com matrizes de lasers e LEDs infravermelhos de baixa potência / Sara Moreira Macedo. --Ilha Solteira: [s.n.], 2024
61 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Automação, 2024

Orientador: Marcelo Augusto Assunção Sanches
Inclui bibliografia

1. Matriz de lasers e leds. 2. Equipamento de fotobiomodulação. 3. Laser e led de baixa potência.

Impacto potencial desta pesquisa

O impacto potencial desta pesquisa é vasto e interdisciplinar. Na medicina, a fotobiomodulação pode ser aplicada para tratar diversas condições, como lesões musculoesqueléticas, neuropatia, feridas crônicas e inflamações. Além disso, na odontologia, é utilizado para tratar doenças periodontais e acelerar a cicatrização pós-operatória. Além disso, essa tecnologia pode ter aplicações em áreas como dermatologia, fisioterapia e medicina esportiva. O desenvolvimento bem-sucedido deste dispositivo poderia ajudar significativamente a melhorar as opções de tratamento disponíveis, melhorar a eficácia do tratamento, reduzir o tempo de recuperação e fornecer benefícios clinicamente relevantes para uma diversidade de condições de saúde.

Potential impact of this research

The potential impact of this research is vast and interdisciplinary. In medicine, photobiomodulation can be applied to treat various conditions such as musculoskeletal injuries, neuropathy, chronic wounds, and inflammation. Additionally, in dentistry, it is used to treat periodontal diseases and accelerate postoperative healing. Furthermore, this technology may have applications in fields such as dermatology, physiotherapy, and sports medicine. The successful development of this device could significantly help improve the available treatment options, enhance treatment efficacy, reduce recovery time, and provide clinically relevant benefits for a variety of health conditions.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO DE FOTOBIMODULAÇÃO
COM MATRIZES DE LASERS E LEDS INFRAVERMELHOS DE BAIXA
POTÊNCIA

AUTORA: SARA MOREIRA MACEDO

ORIENTADOR: MARCELO AUGUSTO ASSUNÇÃO SANCHES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Engenharia Elétrica, área:
Automação pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. MARCELO AUGUSTO ASSUNÇÃO SANCHES (Participação Presencial)
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. APARECIDO AUGUSTO DE CARVALHO (Participação Presencial)
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. MATEUS FERNANDES RÉU URBAN (Participação Virtual)
Departamento de Ciência e Tecnologia / Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP

Ilha Solteira, 05 de fevereiro de 2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus e a minha família, em especial aos meus pais: Keila Moreira da Silva e Francisco Macedo da Silva Filho e ao meu irmão: John Lucas Leonidas Moreira Macedo, por estarem sempre me auxiliando e me motivando a realizar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre me orientando, nos momentos ideais e oportunos para desenvolver qualquer atividade na minha vida.

Agradeço aos meus pais, ao meu irmão, aos familiares e amigos pelas palavras de incentivo, carinho e compreensão em todos os momentos, sempre apoiando minha decisão de aperfeiçoar meus conhecimentos mesmo estando distante.

Grata aos meus orientadores, Prof. Dr. Aparecido Augusto de Carvalho e ao Prof. Dr. Marcelo Augusto Assunção Sanches, por abrir as portas do seu laboratório e de me acolher em sua equipe, os quais estão sendo de grande acréscimo científico na minha vida acadêmica. As suas orientações e suporte nos momentos de dúvida durante toda essa fase foram de grande ajuda, contribuindo de modo significativo para a minha formação como pesquisadora.

Ao professor Dr. Adalberto Vieira Corazza, que, com sua incomparável paciência e dedicação, administrou conceitos que colaboraram para o desenvolvimento e para o término deste estudo.

Aos colegas do LIEB (Laboratório de Instrumentação e Engenharia Biomédica) por não medir esforços para ajudar e apoiar uns aos outros.

Aos professores Prof. Dr. Fernando Yoiti Obana e Prof. Dr. Max Robert Marinho que colaboraram com suas sábias palavras para a evolução da minha didática acadêmica, me colocando no caminho para o mestrado e contribuindo de modo significativo para a minha formação acadêmica.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

“Melhor é o fim das coisas do que o princípio delas”.

Eclesiastes 7:8

RESUMO

Este estudo tem como foco o desenvolvimento de um dispositivo de fotobiomodulação utilizando matrizes de laser e LEDs infravermelhos de baixa potência. Sendo uma terapia não invasiva a fotobiomodulação faz a utilização da luz de baixa intensidade para modular processos biológicos. O dispositivo consiste em um conjunto cuidadosamente organizado de lasers e LEDs infravermelhos para fornecer uma distribuição uniforme de luz sobre a área alvo. A baixa potência dos lasers e LEDs pode penetrar mais profundamente no tecido biológico, atingindo áreas de difícil acesso. Esta propriedade é crítica para a eficácia da fotobiomodulação em diversas aplicações médicas e odontológicas. Por exemplo, na medicina, é usado para tratar lesões músculo-esqueléticas, neuropatia, feridas crônicas e inflamações. Na odontologia, é utilizado para tratar doenças periodontais e acelerar a cicatrização pós-operatória. O dispositivo tem potencial para se tornar uma ferramenta versátil e eficaz em diversas áreas da saúde, fornecendo opções avançadas de tratamento e ajudando a melhorar os resultados clínicos e o bem-estar do paciente.

Palavras-chave: matriz de Lasers e LEDs; equipamento de fotobiomodulação; laser e LED de baixa potência.

ABSTRACT

This study focuses on the development of photobiomodulation devices using arrays of low-power infrared lasers and LEDs. As a non-invasive therapy, photobiomodulation utilizes low-intensity light to modulate biological processes. The device consists of a carefully organized set of lasers and infrared LEDs to provide a uniform distribution of light over the target area. The low power of the lasers and LEDs can penetrate deeper into the biological tissue, reaching areas that are difficult to access. This property is critical for the effectiveness of photobiomodulation in various medical and dental applications. For example, in medicine, it is used to treat musculoskeletal injuries, neuropathy, chronic wounds, and inflammation. In dentistry, it is used to treat periodontal diseases and accelerate post-operative healing. The device has the potential to become a versatile and effective tool in various healthcare fields, providing advanced treatment options and helping to improve clinical outcomes and patient well-being.

Keywords: laser and LED Array; photobiomodulation equipment; low power laser and LED.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Componentes de um LED.....	16
Figura 2 - Distribuição dos LEDs em função dos comprimentos de ondas aplicados.	19
Figura 3 - Duração de cada fase da cicatrização de feridas.....	22
Figura 4 – Modelagem Malha Pequena.....	27
Figura 5 – Impressão Malhas Pequena.....	28
Figura 6 - Modelagem Malha Grande	29
Figura 7 – Impressão Malha Grande	30
Figura 8 – Modelagem Suporte Superior Flexível da Malha Grande	31
Figura 9 – Modelagem Suporte Superior Flexível da Malha Pequena.....	32
Figura 10 – Suporte em PLA da Malha Grande	33
Figura 11 – Suporte Tampa Laterais em PLA.....	34
Figura 12 – Gabarito Para Sensor de Fotodiodo	35
Figura 13 – Laser Infravermelho.....	36
Figura 14 – LED infravermelho	37
Figura 15 – Placa Laser e LED	37
Figura 16 - Cluster de Lasers e LEDs Malha Grande	40
Figura 17 – Cluster Lasers e LEDs Malha Pequena.....	40
Figura 18 – Ophir Photonics VEGA	42
Figura 19 – Processo de Medição – (a) Malha com Gabarito. (b) Malha desligada com o sensor acoplado.	43
Figura 20 – Processo de Aferimento e Ajuste dos Lasers.....	44
Figura 21 – Fonte Central (a) Frente. (b) Traseira. (c) Lateral Direita. (d) Lateral Esquerda.....	49
Figura 22 - Fonte Central (a) Aberta Desligada. (b) Aberta Ligada.	51
Figura 23 – Malha Grande Finalizada (a) Parte Posterior da Malha de Aplicação Grande. (b) Parte Frontal da Malha de Aplicação Grande.....	53
Figura 24 – Malha Pequena Finalizada (a) Malha de Aplicação Pequena. (b) Malha de Aplicação Pequena.	54
Figura 25 – Malha Grande Placebo (a) Malha Grande Placebo Aberta. (b) Malha Placebo Grande Fechada.	55
Figura 26 – Malha Pequena Placebo (a) Malha Placebo Pequena aberta. (b) Malha Placebo Pequena Fechada.	56
Figura 27 – Funcionamento (a) Malhas conectadas ao dispositivo desligadas. (b) Malhas conectadas ao dispositivo ligadas.....	57
Figura 28 – Malhas em Funcionamento (a) Malha grande em contato com a região femoral. (b) Malha pequena em contato com a região do tríceps Sural.	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Efeito nos tecidos em função da densidade de potência aplicada.	17
Tabela 2 - Especificações dos materiais PLA e TPU.	25
Tabela 3 – Malha Grande 2	44
Tabela 4 – Mínimo, Média e Máxima de Potência	47

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
He-Ne	<i>Laser Helium–neon laser</i>
LASER	<i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i>
LED	<i>Light Emitir Diodo</i>
LILT	<i>Low-level laser therapy</i>
PCL	<i>policaprolactona</i>
PLA	<i>Ácido Polilático</i>
TPU	<i>Poliuretano Termoplástico</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1.	INTRODUÇÃO GERAL.....	13
1.2.	OBJETIVOS	14
2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	15
2.1.	DÍODOS EMISSORES DE LUZ – LEDS	15
2.1.1.	Princípios de Funcionamento do LED	15
2.2.	APLICAÇÕES DOS LEDS NA TERAPIA COM LUZ DE BAIXA INTENSIDADE	17
2.3.	LASER.....	19
2.4.	BASES FÍSICAS DA RADIAÇÃO A LASER.....	20
2.5.	PROCESSO DE REPARO DO TECIDO.....	21
2.6.	FOTOTERAPIA	23
2.7.	IMPRESSÃO 3D	24
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
3.1.	MALHAS EM TPU	27
3.2.	PEÇAS EM PLA	33
3.3.	LASER E LED	35
3.3.1.	Laser	35
3.3.2.	Led Ir	36
3.4.	PLACA LASER LED	37
3.5.	CLUSTER DE LASER E LED	39
3.6.	AJUSTE E VERIFICAÇÃO DA POTÊNCIA DOS DIODOS	41
3.7.	DISPOSITIVO PARA LIGAR AS MALHAS	49
4	RESULTADOS	52
4.1.	MALHAS	52
4.2.	MALHAS PLACEBO	54
4.3.	FONTE CENTRAL	56
5	CONCLUSÃO	58
5.1.	TRABALHOS FUTUROS	58
	REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

1.1. INTRODUÇÃO GERAL

Uma das principais funções da pele são proteger o corpo, regular a temperatura e a sensação corporal. Este órgão complexo é composto por duas partes tais como a camada externa chamada de epiderme e a derme sendo a camada intermediária, e logo abaixo desta está a hipoderme, que embora não faça parte da pele, fornece suporte e interação com outros tecidos (Barbosa; Lima, 2019)

A epiderme dentre as suas principais funcionalidades tem a finalidade de criar uma barreira de proteção dos tecidos subjacentes evitando danos externos, protegendo a reserva de nutrientes (Baroli, 2010). Se houver algum tipo de lesão na epiderme o organismo estará sujeito a ficar susceptível infecções, a evolução de úlceras crônicas e a entrada de patógenos (Werner; Grose, 2003; Warriner, 2005).

Quando ocorre uma lesão epitelial, inicia-se uma sequência de eventos que tenta reconstruir a composição anatômica e a função da região afetada. A restauração tecidual é facilitada por eventos celulares que promovem a regeneração tecidual e a cura. Divididos em três fases esses eventos são a fase inflamatória fase de reprodução e fase de remodelação (Carvalho, 2003)

Na busca de novos tratamentos, a fototerapia tem sido particularmente significativa. O método fotobioestimulador de regeneração tecidual da pele, já empregado em procedimentos clínicos ou como componente adicional de outros procedimentos (Caetano *et al.*, 2009; Kaviani *et al.*, 2011; Minatel *et al.*, 2009)

A terapia fotobiomoduladora de baixa potência é uma técnica utilizada para facilitar a reparação de tecidos, explorando seus efeitos biomoduladores. Este método leva em consideração variáveis específicas, tais como comprimento de onda, tempo de tratamento e irradiância, fluência, densidade de energia, potência (Tuner; Hodes, 2010)

A fotobiomodulação, também conhecida como terapia de baixa potência, refere-se ao uso de luz não térmica de baixa intensidade para alterar e regular a função celular. Dois tipos de emissores de luz, como lasers ou LEDs, demonstraram ser fontes eficazes de fotobiomodulação, sugerindo que não apenas o tipo de luz, mas também os parâmetros do tratamento desempenham um papel crucial na determinação do sucesso do tratamento. (Wunsch; Matuschka, 2014)

Dessa forma, nesse estudo buscou-se desenvolver um equipamento de fotobiomodulação com matrizes de Lasers e LEDs infravermelhos de baixa potência.

1.2. OBJETIVOS

Desenvolver um equipamento com Matrizes de Lasers e LED's, ambos Infravermelhos e de Baixa Potência, para ser utilizado em aplicação de terapias de fotobiomodulação.

5 CONCLUSÃO

A conclusão do desenvolvimento do equipamento de fotobiomodulação com matrizes de lasers e LEDs infravermelhos de baixa potência revela avanços notáveis que poderão ser melhorados futuramente. Os resultados obtidos nesta pesquisa apontam para a eficácia promissora do dispositivo, destacando seu potencial impacto positivo para a aplicação em processos terapêuticos.

Futuramente serão realizados ensaios clínicos onde espera-se que sejam reveladas melhorias significativas em diversos parâmetros, além disso, a aplicação segura do dispositivo, marcada pelo uso de baixas potências e de usabilidade, ressalta sua viabilidade e conformidade com padrões de segurança estabelecidos.

A implementação de matrizes no design do equipamento demonstrou ser crucial, proporcionando uma distribuição uniforme da luz e, conseqüentemente, maximizando a eficácia de tratamentos futuros. A versatilidade do dispositivo sugere sua aplicação em uma variedade de campos, como dermatologia, fisioterapia e medicina esportiva, oferecendo uma alternativa não invasiva e potencialmente revolucionária para abordagens terapêuticas convencionais.

Em síntese, os resultados obtidos nesta pesquisa sugerem que o equipamento de fotobiomodulação representa uma contribuição significativa para a ciência médica, apresentando-se como uma ferramenta promissora para a promoção da saúde e recuperação de pacientes. A continuidade dos estudos e a exploração de novas aplicações clínicas consolidarão o papel do avanço do equipamento.

5.1. TRABALHOS FUTUROS

Esperasse desenvolver uma nova placa para que cada Laser e LED tenha seu próprio canal individual, na qual já está em andamento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. I. L. **Construção de uma matriz de díodos emissores de luz acoplada a um concentrador para fototerapia**. 2010. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010. Disponível em: <https://run.unl.pt/handle/10362/4330>. Acesso em: 21 jan. 2024.

ALMEIDA-LOPES, L.; LOPES, A. **Atualização clínica em odontologia: técnica de drenagem linfática ativada por laserterapia**. São Paulo: Artes Médicas, 2006.

BAGNATO, V. S. **Novas técnicas ópticas para as áreas de saúde**. São Paulo: Livraria da Física, 2008. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=wgCVjsI7pZ8C&oi=fnd&pg=PA1&dq=BAGNATO,+S,+V.+Novas+t%C3%A9cnicas+%C3%B3pticas+para+%C3%A1reas+da+sa%C3%BAde.+S%C3%A3o+Paulo:+Livraria+da+f%C3%ADsica,+2008.+239+p.&ots=fzEOW6cX66&sig=ux1lRezq9dQng2B6_rHIpSYsWKc. Acesso em: 21 jan. 2024.

BARBOSA, M. T. A.; LIMA, Y. A. **Análise temporal da morbidade hospitalar de lesões de pele no Brasil**. 2019. 26 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Enfermagem) - Universidade Tiradentes, Aracajú, 2019.

BAROLET, D. Light-emitting diodes (LEDs) in dermatology. *Em: SEMINARS IN CUTANEOUS MEDICINE AND SURGERY*, 2008, [s. l.]. **Anais [...]**. :Amsterdam: Elsevier, 2008 p. 227–238. Disponível em: <https://assets-us-01.kc-usercontent.com/9832d3f0-685b-0021-9fc3-0a88ee8dfc7a/2b937d88-db17-4b4b-b2f0-bcc65d339b83/LEDs%20in%20Dermatology%20Study.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2024.

BAROLI, B. M. Penetration of nanoparticles and nanomaterials in the skin: fiction or reality? **Journal of Pharmaceutical Sciences**, Easton, v. 99, n. 1, p. 21-50, 2010.

BAXTER, G. D. **Therapeutic lasers: theory and practice**. New York: Churchill Livingstone, 1994.

BESKO, M.; BILYK, C.; SIEBEN, P. G.. Aspectos técnicos e nocivos dos principais filamentos usados em impressão 3D. **Gestão Tecnologia e Inovação**, [s. l.], v. 1, n. 3, p. 9–18, 2017. Disponível em: <https://www.opet.com.br/faculdade/revista-engenharias/pdf/n3/Artigo2-n3-Bilyk.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2024.

BUENO, J. Led terapia na faixa do vermelho ao infravermelho: uma nova abordagem sob a visão quântica para a saúde. **Revista Brasileira de Práticas Integrativas e Complementares em Saúde**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 102–110, 2014. Disponível em: <https://www.revistasuninter.com/revistasauade/index.php/revista-praticas-interativas/article/view/334>.

CAETANO, K. S. *et al.* Phototherapy promotes healing of chronic diabetic leg ulcers that failed to respond to other therapies. **Lasers Surg Med**, [s. l.], v. 41, n. 6, p. 433-41, Aug 2009.

CALMON, W. J. **Verificação in vitro das temperaturas intra pulpare geradas pelo clareamento dental com o fotopolimerizador, laser de argônio, laser de diodo de baixa potência e LEDs com laser.** 2006. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2006.

CARVALHO, S. **Análise histológica nas diferentes fases de cicatrização induzida por radiação LASER Diodo GaAs de 904 nm.** 2003; São José dos Campos.

COLLINS, T.; KUMAR, V.; COTRAN, R. S. Robbins patologia estrutural e funcional. *In: COLLINS, T.; KUMAR, V.; COTRAN, R. S. Robbins Patologia estrutural e funcional.* [S. l.: s. n.], 2000. p. 1251–1251. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/crt-3272>. Acesso em: 25 jan. 2024.

DARREN STARWYNN, O. M. D. Laser and LED treatments: which is better? [S. l.]: Microlight Institute, 2008. p. 2. Disponível em: <http://www.microlightinstitute.com/sites/default/files/Laser%20and%20LED.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2024.

DUARTE, I.; BUENSE, R.; KOBATA, C. Fototerapia. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, Rio de Janeiro, v. 81, p. 74–82, 2006. ISSN: 0365-0596, 1806-4841. DOI: 10.1590/S0365-05962006000100010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abd/a/MRVLjY6yq9RjJN9HM3YvyyQ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 26 jan. 2024.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. Fundamentals of physics. [S. l.]: U.S. Department of Energy, 1988. Disponível em: <https://www.osti.gov/biblio/7125217>. Acesso em: 4 fev. 2024.

HAMBLIN, M. R.; DEMIDOVA, T. N. Mechanisms of low level light therapy. **Mechanisms for low-light therapy**, [s. l.], v. 6140, p. 614001, 2006. Disponível em: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/6140/1/Mechanisms-of-low-level-light-therapy/10.1117/12.646294.short>. Acesso em: 25 jan. 2024.

KARU, T. I. **Low-power laser therapy.** [S. l.]: Biomedical photonics handbook, 2003. v. 48, p. 1–25. Disponível em: <https://api.taylorfrancis.com/content/chapters/edit/download?identifierName=doi&identifierValue=10.1201/b17288-14&type=chapterpdf>. Acesso em: 25 jan. 2024.

KAVIANI, A. *et al.* A randomized clinical trial on the effect of low-level LASER therapy on chronic diabetic foot wound healing: a preliminary report. **Photomed LASER Surg**, v. 29, n. 2, p. 109-14, 2011.

LINS, R. D. A. U. *et al.* Efeitos bioestimulantes do laser de baixa potência no processo de reparo. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, Rio de Janeiro, v. 85, n. 6, p. 849–855, 2010. ISSN: 0365-0596. DOI: 10.1590/S0365-05962010000600011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-05962010000600011&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 25 jan. 2024.

MEDEIROS, A.C.; DANTAS-FILHO, A. M. Cicatrização das feridas cirúrgicas. **Journal of Surgical and Clinical Research**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 87–102, 2016. ISSN: 2179-7889. DOI: 10.20398/jscr.v7i2.11438. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/jscr/article/view/11438>. Acesso em: 25 jan. 2024.

MESTER, E. A laser sugar alkamazaea a gyogyaezatban. **Orv Hetilap**, Budapest, v.107, p.1012, 1966.

MINATEL D. G.; FRADE M. A.; FRANÇA S. C.; ENWEMEKA C. S. Phototherapy promotes healing of chronic diabetic leg ulcers that failed to respond to other therapies. **Lasers in Surgery and Medicine**, Hoboken, v. 41, n. 6, 433-41, 2009.

MOREIRA, Mauro Ceretta. **Utilização de conversores eletrônicos que alimentam LEDs de alto brilho na aplicação em tecido humano e sua interação terapêutica**. 2009. 190 f. PhD Thesis - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/3661>.

OLIAEI, E.; KAFFASHI, B; DAVOODI, S. Investigation of structure and mechanical properties of toughened poly(L-lactide)/thermoplastic poly (ester urethane) blends. **Journal of Applied Polymer Science**, Hoboken, v. 133, n. 15, p. 1-13, 2015.

OLIVEIRA R. F. *et al.* Comparison between the effect of low level LASER therapy and low intensity pulsed ultrasonic irradiation in vitro. **Photomedicine and LASER Surgery**, New Rochelle, v. 26, p. 6-9, 2008.

OLIVEIRA, A. L. *et al.* **Curso didático de estética**. 2 ed. São Caetano do Sul, 2014.

PINCHUK, Leonard. A review of the biostability and carcinogenicity of polyurethanes in medicine and the new generation of 'biostable' polyurethanes. **Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition**, Abingdon, v. 6, n. 3, p. 225-267, 1994.

POURZARANDIAN, A.; WATANABE, H.; RUWANPURA, S. M. P. M.; AOKI, A.; NOGUCHI, K.; ISHIKAWA, I. Er:YAG laser irradiation increases prostaglandin E₂ production via the induction of cyclooxygenase-2 mRNA in human gingival fibroblasts. **Journal of Periodontal Research**, Hoboken, v. 40, n. 2, p. 182–186, 2005. ISSN: 0022-3484, 1600-0765. DOI: 10.1111/j.1600-0765.2005.00789.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0765.2005.00789.x>.

PUGLIESE, L. S.; MEDRADO, A. P.; REIS, S. R. de A.; ANDRADE, Z. de A. The influence of low-level laser therapy on biomodulation of collagen and elastic fibers. **Pesquisa Odontológica Brasileira**, São Paulo, v. 17, p. 307-313, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pob/a/gFC5rByvNHk7RXnzzKMmMmr/?lang=en&format=html>. Acesso em: 25 jan. 2024.

RIGAU, J. **Acción de la luz láser a baja intensidad en la modulación de la función celular**. 1997. PhD Thesis - Universitat Rovira i Virgili, [s. l.], 1997. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=265729>.

SIQUEIRA, C. P. C. M. *et al.* Efeitos biológicos da luz: aplicação de terapia de baixa potência empregando LEDs (Light Emitting Diode) na cicatrização da úlcera venosa: relato de caso. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 37-46, 2009. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/2898>. Acesso em: 25 jan. 2024.

TPU Archives. Engenheiro de Materiais. [S. l.: s. n.], 2016. Disponível em: <http://engenheirodemateriais.com.br/tag/tpu/>. Acesso em: 26 jan. 2024.

TUNÉR, J.; HODE, L. **The new laser therapy handbook**. Estônia: Prima Books AB, 2010.

VEÇOSO, M. C. **Laser em fisioterapia**. São Paulo: Lovise 1993.

WARRINER, R.; BURRELL, R. Infection and the chronic wound: a focus on silver. **Adv Skin Wound Care**, Philadelphia, v. 18 Suppl 1, p. 2-12, 2005.

WERNER, S.; GROSE, R. Regulation of wound healing by growth factors and cytokines. **Physiol Rev**, Rockville, v. 83, n. 3, p. 835-70, 2003.

WUNSCH, A.; MATUSCHKA, K. A Controlled trial to determine the efficacy of red and near-infrared light treatment in patient satisfaction, reduction of fine lines, wrinkles, skin roughness, and intradermal collagen density increase. **Photomed Laser Surg.**, [s. l.], v. 32, n. 2, p. 93-100, 2014.

XAVIER, R. T. **Implementação de uma prótese ativa para membro superior de baixo custo**. [S. l.: s. n.], 2016.

YEH, N.; CHUNG, J.-P. High-brightness LEDs: energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 13, n. 8, p. 2175-2180, 2009. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032109000471?casa_token=ppPm-zQI6rkAAAAA:jdkXC0ywDvVT9ZSvO6T3By-2pcOY-UHSuFtHxPRXkWsdaysDSnIm_noOhAVijoNlwDCIWW1-mqpE. Acesso em: 25 jan. 2024.