

DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVOS QUE TORNAM A FOTOBIMODULAÇÃO MAIS PRÁTICA E EFICIENTE: APLICAÇÕES OROFACIAIS E OUTRAS

Development of devices that make photobiomodulation more practical and
efficient: orofacial and other applications

Desarrollo de dispositivos que hacen más práctica y eficiente la
fotobiomodulación: aplicaciones orofaciales y otras

Rosane de Fátima Zanirato Lizarelli¹, Nélio Aguiar Bísvaro¹, Vitória Rocha Felca¹, Daniel José Chianfrone², Vanderlei Salvador Bagnato².

RESUMO

Objetivo: A fotobiomodulação realizada com equipamentos lasers está muito bem estabelecida, tanto que pode ser utilizada em diferentes situações clínicas, entretanto nem sempre um único equipamento atende todos os protocolos pela dificuldade em acoplar, corretamente, e entregar a energia nas diversas regiões anatômicas orofaciais. Há uma necessidade premente no desenvolvimento de dispositivos que otimizem essa entrega, sem que o profissional necessite adquirir diferentes equipamentos. **Materiais e Método:** Após uma pesquisa de mercado, encontramos que o laser em caneta é o mais difundido entre os cirurgiões-dentistas, mas está muito limitado a aplicações pontuais unitárias. Visando sanar essa limitação e transformar um único equipamento laser em caneta num aparelho multifuncional, desenvolvemos diferentes dispositivos, com engenharias óptica e mecânica criteriosas, para ampliar a atuação desse laser na clínica odontológica. **Resultados e Discussão:** Aqui, apresentaremos esses novos acessórios, sugerindo as diferentes abordagens e protocolos para que possam ser replicadas e auxiliar todos os profissionais da área, bem como para outros equipamentos laser em caneta. **Conclusão:** esse trabalho pode otimizar um laser em caneta para diversas possibilidades agregando valor a laserterapia na HOF e na odontologia intraoral.

Palavras-Chave: fotobiomodulação, dispositivos, aplicações, laser, odontologia.

¹ NILO (Núcleo Integrado de Laser em Odontologia), Ribeirão Preto, SP.

² IFSC (Instituto de Física de São Carlos) da USP (Universidade de São Paulo).

SUBMETIDO EM: 8/2024

|

ACEITO EM: 10/2024

|

PUBLICADO EM: 11/2024

ABSTRACT

Objective: Photobiomodulation performed with laser equipment is very well established, so much so that it can be used in different clinical situations, however, a single equipment does not always meet all protocols due to the difficulty in correctly coupling and delivering energy to the different orofacial anatomical regions. There is a pressing need to develop devices that optimize this delivery, without the professional needing to purchase different equipment. **Materials and Method:** After market research, we found that the pen laser is the most widespread among dental surgeons but is very limited to single-point applications. Aiming to overcome this limitation and transform a single pen laser device into a multifunctional device, we developed different devices, with careful optical and mechanical engineering, to expand the performance of this laser in the dental clinic. **Results and Discussion:** Here, we will present these new accessories, suggesting different approaches and protocols so that they can be replicated and help all professionals in the field, as well as for other pen laser equipment. **Conclusion:** this work can optimize a laser pen for several possibilities, adding value to laser therapy in HOF and intraoral dentistry.

Key words: photobiomodulation, devices, applications, laser, dentistry.

RESUMEN

Objetivo: La fotobiomodulación realizada con equipos láser está muy bien establecida, tanto es así que puede ser utilizada en diferentes situaciones clínicas, sin embargo, no siempre un solo equipo cumple con todos los protocolos debido a la dificultad para acoplar y entregar correctamente la energía a los diferentes equipos orofaciales. regiones anatómicas. Existe una necesidad apremiante de desarrollar dispositivos que optimicen esta entrega, sin que el profesional tenga que adquirir equipos diferentes. **Materiales y Método:** Después de una investigación de mercado, descubrimos que el lápiz láser es el más extendido entre los cirujanos dentistas, pero está muy limitado a aplicaciones de un solo punto. Con el objetivo de superar esta limitación y transformar un dispositivo láser de un solo lápiz en un dispositivo multifuncional, desarrollamos diferentes dispositivos, con una cuidada ingeniería óptica y mecánica, para ampliar el rendimiento de este láser en la clínica dental. **Resultados y Discusión:** Aquí presentaremos estos nuevos accesorios, sugiriendo diferentes enfoques y protocolos para que puedan ser replicados y ayudar a todos los profesionales en el campo, así como para otros equipos láser tipo bolígrafo. **Conclusión:** este trabajo puede optimizar un lápiz láser para varias posibilidades, agregando valor a la terapia con láser en HOF y odontología intraoral.

Palabras clave: fotobiomodulación, dispositivos, aplicaciones, láser, odontología.

INTRODUÇÃO

A Fototerapia, agora chamada Fotobiomodulação (FBM) desde 2015, termo que engloba todas as fontes de luz que modulam respostas fisiológicas sistêmicas sem ablacionar (remover) os tecidos, tem demonstrado ser uma opção muito eficiente dentro da Odontologia e de outras profissões da área da Saúde. O alívio de dores agudas e crônicas, a drenagem de processos inflamatórios e no reparo tecidual podem ser realizadas ou complementadas com luz em baixa intensidade. Empregando protocolos e doses mais elevadas e controladas é também capaz de melhorar a qualidade de tecidos em reparo, evitando queloides e cicatrizes aparentes, clareando manchas em peles, mucosas e superfícies dentais, promovendo o controle microbiológico e tumoral de regiões afetadas por infecções ou por mitoses descontroladas, recuperando funções celulares danificadas pelo tempo¹.

Ocorre que, muitas situações clínicas demandam a adaptação diferenciada das pontas ativas dos equipamentos, que nem sempre acompanham os modelos disponíveis no mercado. Dessa forma, escolhemos um equipamento que tivesse grande aceitação no mercado nacional pelos profissionais da área

da saúde e então, desenvolvemos alguns acessórios que visam facilitar seu emprego para diversas condições corriqueiras do consultório ou ambulatório de atendimento.

O objetivo foi desenvolver dispositivos acessórios que permitam aplicações clínicas variadas, e que sejam reprodutíveis por todos os profissionais clínicos, facilitando o acoplamento nos pontos e locais anatômicos especificamente pré-determinados por estudos existentes. Após uma pesquisa de satisfação entre usuários dos equipamentos lasers sobre como poderíamos melhorar sua adaptação, e para maior variabilidade nas aplicações clínicas diárias para todos os pacientes, desenvolvemos, construímos e testamos alguns novos dispositivos que apresentamos aqui neste documento.

MÉTODOS

Após uma pesquisa de mercado, escolhemos um equipamento bastante difundido entre os cirurgiões-dentistas, um equipamento-laser cujo investimento de custo-benefício está muito adequado a realidade brasileira. Esse aparelho escolhido apresenta um formato de caneta, podendo emitir dois comprimentos de onda (Laser Duo, MMOptics, São Carlos, SP, Brasil) bastante difundido e utilizado nas áreas da saúde, sendo líder do mercado nacional. Trata-se de um equipamento desenvolvido para aplicações de Laserterapia na cavidade oral (intra e perioral), facial e na região do pescoço, dentro da orelha, cabeça, região cervical posterior e anterior, áreas de atuação odontológica. Entretanto, devido a curvatura da sua extremidade de aplicação, tem sido bem recomendada para outros profissionais da saúde, tais como Médicos, Fonoaudiólogos, Enfermeiras Obstétricas e Doulas. É um equipamento de fácil manipulação, com baixo custo de manutenção e com registro na ANVISA (**Figura 1**). Esse equipamento apresenta dois diodos lasers: um que emite no comprimento de onda de 660nm, ou seja, vermelho (L1, il.1, FD); outro que emite no comprimento de onda de 808nm, infravermelho (L2, il.2). Ambos apresentam 100mW de potência de saída. Também apresenta as opções L3 e il.3, quando ambos os lasers, 660nm e 808nm, são emitidos, então a potência de cada um cai pela metade, ou seja, cada diodo laser, nas opções L3 e il.3 apresenta a potência pico e média de 50mW, totalizando 100mW.



Figura 1. Laser em caneta com a ponteira convencional, encaixada no suporte onde carrega sua bateria quando for necessário e quando a fonte de alimentação estiver plugada na tomada elétrica (Laser Duo, MMO, São Carlos, SP, Brasil) (Arquivo pessoal dos autores).

O aparelho laser escolhido já possui, além da ponta rosqueável convencional em metal e janela vítrea transparente (área de 0,03cm²) alguns dispositivos amplamente aceitos pelos profissionais, tais como: fibras ópticas plásticas descartáveis com área ativa de 0,0177cm²; bico de acupuntura metálico com área de aplicação de 0,07cm²; e, uma pulseira com encaixe rosqueável (única do mercado nacional assim proposta) que permite estabilização e fácil direcionamento do feixe laser na região/ponto anatômico proposto para receber a irradiação. Entretanto, esses acessórios ainda não atendem a todas as demandas clínicas, o que inviabiliza seu uso amplo e seguro, nas regiões intraorais, periorais e faciais, onde os Cirurgiões-Dentistas atuam, seguindo as normativas do Conselho Federal de Odontologia, do Brasil.

Então, o maior desafio desse projeto foi desenvolver as engenharias óptica e mecânica, que fossem eficientes para concentrar a luz emitida em dois lasers, 660 e 808nm, em fibras e lentes difusoras a partir de um equipamento já existente.

Com relação aos Objetivo Específicos, foram desenvolvidos:

- 1- Vários dispositivos universais que acoplam a luz laser às fibras ópticas que entregarão a radiação tanto no comprimento de onda que caracteriza o vermelho (660nm) quanto o infravermelho (808nm) separadamente ou simultaneamente como desejado;
- 2- Dispositivos que possam ser acoplados a lasers em forma de caneta existentes no mercado, e que apresentam limitações em algumas situações clínicas, dificultando sua utilização (os dispositivos constituídos por fibras ópticas serão extensões de uso permitindo manter o emissor laser em um certo lugar enquanto o ponto de aplicação será atingido); e,
- 3- Dispositivos que apresentem a robustez e a durabilidade do sistema através de ensaios laboratoriais e clínicos-pilotos.

Abaixo, descrição de cada dispositivo desenvolvido e empregado clinicamente.

1 – Dispositivo Intranasal:

Intranasal é utilizado para tratamentos de inflamações nasais, nela consiste em um “split” de fibras de 1,5 mm de diâmetro obtida comercialmente, onde temos uma divisão de potências de luz, sendo que em cada extremidade haverá intensidades iguais para o tratamento. Observamos o acoplamento em um bico rosqueável em alumínio (**Figura 2**), com as fibras inseridas nesse bico, com acoplamentos ópticas especiais e finalizando com uma ponta em acrílico para facilitar e deixar mais cômodo na inserção do produto no nariz. Tudo isso, é sempre pensando para que não haja danos físicos maiores aos pacientes. A potência luminosa que atingimos com essa nova finalidade de aplicação em acessórios para o laser em caneta, foi de 25 mW em cada extremidade, considerando 25% de eficiência.

Utilizar a via intranasal para irradiação com lasers em baixa intensidade, tem apresentado muitos benefícios, desde a melhora localizada da circulação sanguínea e linfática, até o alcance no sistema límbico e lobo frontal, melhorando a cognição cerebral, estimulando a síntese de vários neurotransmissores e garantindo melhor atividade do sistema glinfático².

O dispositivo se apresentava apenas como uma forquilha composta por 2 fibras ópticas (**Figura 2a**) que tornava extremamente desconfortável seu uso clínico. Foi realizada uma readequação dele, acrescentado uma ponteira composta por 2 adaptadores anatômicos intranasais nas pontas das fibras (**Figura 2b**), reposicionando de forma muito mais facilitada as fibras, e, permitindo a entrega dos lasers sem muitas perdas (**Figura 2c**). Então, tornou-se mais confortável e os pacientes aprovaram a permanência do dispositivo pelo tempo necessário de 12 minutos (**Figura 2d**), totalizando 18J de energia entregues em cada narina, como sugerido nos artigos científicos publicados.

Esse acessório facilita muito a aplicação clínica, aplicação essa que vem ganhando grande credibilidade entre os cirurgiões-dentistas. Isso porque é uma via interessante para acessarmos o sistema límbico e o córtex pré-frontal, ou seja, além de permitir a fotobiomodulação localizada, também complementa a ação em nível de sistema nervoso central, melhorando a cognição, síntese de hormônios importante como serotonina e melatonina, bem como a resposta imunológica.

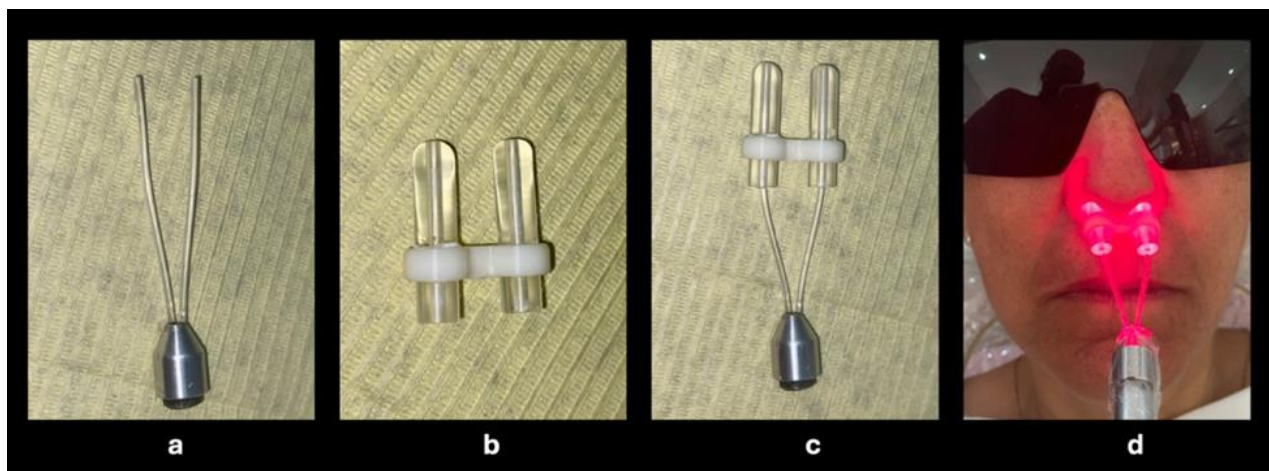


Figura 2 – Dispositivo Intranasal: forquilha de fibras ópticas (a); pontas anatômicas adaptadas nas extremidades das fibras ópticas da forquilha (b); e, dispositivo posicionado no equipamento (c) e sendo utilizado clinicamente (d) (Arquivo pessoal dos autores).

A figura 3 apresenta um caso clínico onde o emprego desse dispositivo intranasal facilitou o atendimento e resolução da queixa do paciente.

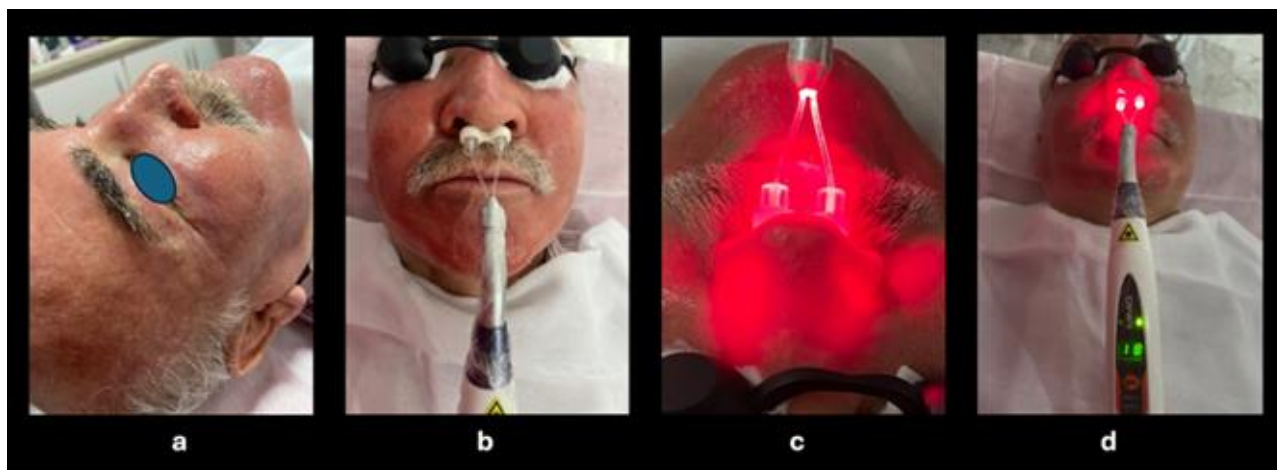


Figura 3 – Caso clínico com dispositivo intranasal: Paciente N. A. A., sexo masculino, 68 anos, administrador de empresa, casado, compareceu para sessão de pós-operatório de “peeling” ablativo com laser de CO₂ apresentando bastante eritema e sensibilidade (a); após realização da FBM localizada na face, ainda apresentava ardência no terço médio facial, então recebeu a FBM sistêmica vascular intranasal 660nm por 12 minutos (b, c, d), ao término reportou ausência da ardência (Arquivo pessoal dos autores).

2 – Dispositivo Intraoral para irradiação bucal geral:

Esse dispositivo Intraoral consiste em uma lente ou uma ponta difusora, fabricada em acrílico, com o objetivo de irradiar áreas maiores. Esse efeito óptico, é proporcionado pela difusão da lente, que tem como finalidade em espalhar a luz, homoganeamente, em uma determinada região e aumentado seu campo de difusão. Sendo assim, construímos essa lente em duas partes: a primeira parte é a metálica, para que seja rosqueada na ponta da caneta laser com o respectivo acoplamento e a segunda parte se constitui numa ponta em acrílica jateado, para que tenha com o objetivo de espalhar a luz (**Figura 4a**).

Muitas aplicações da fotobiomodulação, ou mesmo para terapia fotodinâmica antimicrobiana, intraoral demandam um tempo clínico grande para entregar a mesma quantidade de energia em diferentes pontos da mucosa gengival, palato mole e duro e elementos dentais. Um dispositivo que permita uma irradiação intraoral geral, facilita a aplicação, pelo cirurgião-dentista, e torna-se mais rápida, clinicamente, e mais confortável para o paciente. Alguns estudos já avaliação essa possibilidade como viável e eficiente³⁻⁵.

Esse dispositivo já teve pronta aceitação e perfeito uso clínico. Tempo de irradiação de 5 minutos e 33 segundos (9J) a 11 minutos e 7 segundos (18J), totalizando a entrega das energias suficientes para satisfazerem as aplicações clínicas, seja para realizar uma sessão de terapia fotodinâmica antimicrobiana (de 9 a 18J) ou seja, para desinflamação e bioestímulo da cicatrização (tempos de 37 segundos a 1 minuto e 51 segundos, 1 a 3J, respectivamente). A **figura 4** apresenta o dispositivo intraoral bucal geral. em detalhes e como ser utilizado (**Figuras 4a e 4b**), sendo excelente indicação para uso clínico: a terapia fotodinâmica em paciente idoso (**Figuras 4c a 4f**).

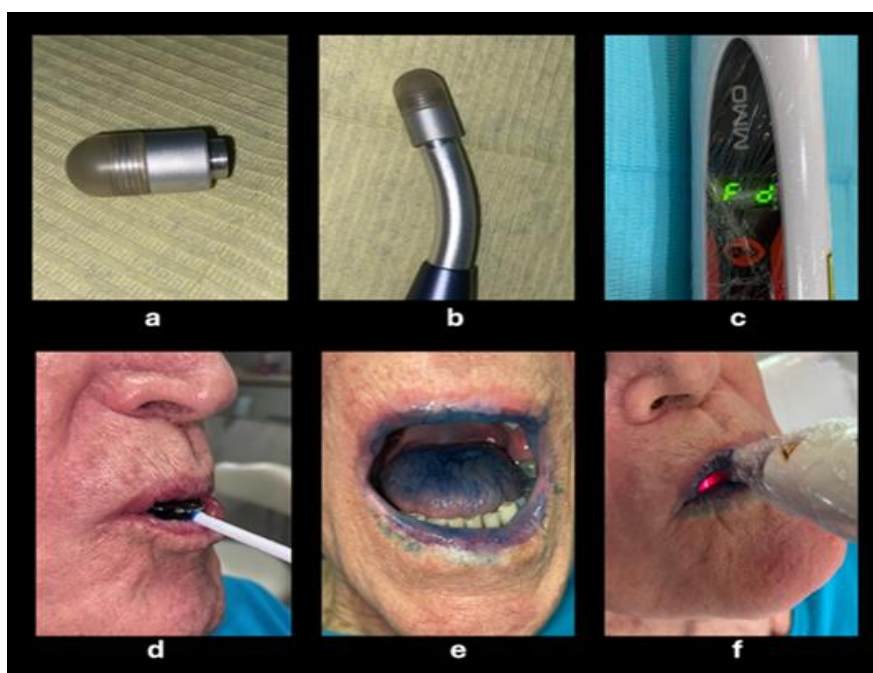


Figura 4 – Dispositivo Intraoral para difusão dos lasers na cavidade oral (a); dispositivo acoplado ao laser em caneta (Laser Duo, MMOptics, São Carlos, SP, Brasil) (b); Caso clínico: paciente J.L.L., 83 anos, sexo masculino, bancário aposentado, parkinsoniano há mais de 33 anos, recebeu limpeza dental associada a terapia fotodinâmica antimicrobiana semanalmente (c). Usou-se solução de azul de metileno 0,01% no formato de pirulito (d), para fotossensibilização da microbiota oral (e), para promover a descontaminação, o que facilitou enormemente o atendimento do paciente que apresenta limitações nos movimentos musculares orofaciais (f) (Arquivo pessoal dos autores).

3 – Suporte para Fotobiomodulação Sistêmica Vascular (FSV) na Artéria Radial:

Esse dispositivo foi pensado para aumentar a sua eficiência em sua ergonomia no tratamento com a fotobiomodulação sistêmica vascular na artéria radial, muito utilizada pelos profissionais da saúde, mas também para a fotobiomodulação remota das células-tronco em ossos longos do antebraço. Isso foi concebido em uma lente espelhada, com a finalidade de transmitir a luz perpendicularmente do laser até a região de tratamento. O dispositivo foi confeccionado e acoplado ao equipamento com uma cinta ergométrica para facilitar sua instalação no braço do paciente (**Figura 5d**).

Os efeitos sistêmicos dos lasers são observados há muito tempo. Apesar de uma enorme quantidade de evidências, seus fundamentos ainda estão sendo, sistematicamente, investigados com vários experimentos científicos. Como o metabolismo em animais é sistêmico por natureza, não é de surpreender que a excitação localizada de moléculas leve a reações generalizadas, que podem contribuir para a reabilitação de muitas doenças.

A opção clínica de irradiar, através da circulação sanguínea, todo o organismo, obtendo efeito “abscopal” ou mesmo remoto, proporciona facilidade para normalizar os pacientes rumo à homeostase sistêmica⁶.

Esse dispositivo permite a estabilização do equipamento, mesmo que o paciente movimente o seu braço, e tem um formato de cubo com as bordas arredondadas que se adapta a saída, por atrito, para fixar melhor o equipamento (**Figura 5**). Os lasers entregues refletem nas paredes internas espelhadas do cubo, atingindo a superfície da pele, não apresentando tantas perdas, lateralmente.

O suporte estabilizador com o cubo espelhado permite um maior conforto para os pacientes durante o atendimento e teve aprovação de 100% dos pacientes que o utilizaram, quando deitados na cadeira odontológica ou mesmo na maca ambulatorial.

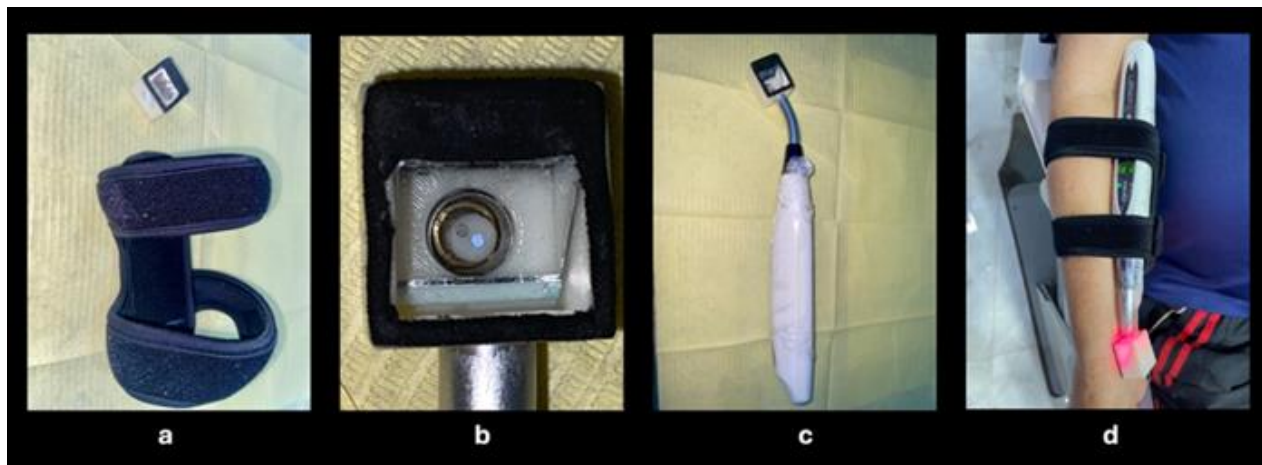


Figura 5 – Suporte para FSV na artéria radial: as partes do dispositivo (cubo espelhado e braçadeira) (a); cubo espelhado posicionado no equipamento laser (Laser Duo, MMOptics), numa vista mais próxima (b) e o conjunto todo (c); e, no paciente que se encontra em atendimento na cadeira odontológica (d) (Arquivo pessoal dos autores).

4 – Dispositivo côncavo para uso na aréola dos seios de mulheres lactantes:

Esse acessório foi construído todo em alumínio em um formato de um copinho, sendo que em seu interior consiste em um cone espelhado. Sua principal finalidade é como uma lente colimadora, que seria, em ampliar e direcionar a luz do laser em uma área maior, podendo assim ser utilizados em lesões de maior extensão. Apresenta em uma extremidade uma rosca para acoplar ao equipamento em caneta (**Figura 6**).

A Fotobiomodulação é uma alternativa terapêutica para prevenir e tratar traumas e fissuras mamilares, além disso, alivia dores permitindo a amamentação da lactante tratada⁷. Nosso dispositivo foi desenvolvido para ser utilizado em casos de fissuras mamilares, esse dispositivo, de 3,0cm de diâmetro, permite outras aplicações muito seguras, uma vez que, sendo confeccionado em metal, impede o escape de luz pelas laterais, e aumenta a área irradiada (7,0cm²) (**Figuras 6a e 6b**).

Dessa forma, pudemos também o empregar, clinicamente, nas seguintes indicações: facial¹ (**Figura 6c**), capilar⁸, corporal⁹ (**Figura 6d**), transcraniano¹⁰ (**Figura 6e**), transabdominal¹¹ (**Figura 6f**), nos linfonodos para drenagem linfática fotônica¹ (**Figura 6g**), e, intraoral iluminando uma área maior (**Figura 6h**).

Esse acessório é muito interessante porque, como “abre” a área de entrega da luz, diminuindo a densidade de energia e de potência, isso endereça a energia para porções mais superficiais do tecido, dessa forma pode ser utilizado para adaptar o equipamento tipo “caneta” num instrumento para aplicações, por exemplo, faciais, capilares e corporais, onde o tecido-alvo estiver mais superficial (tegumento), e assim, também irá otimizar o tempo clínico pela área maior.

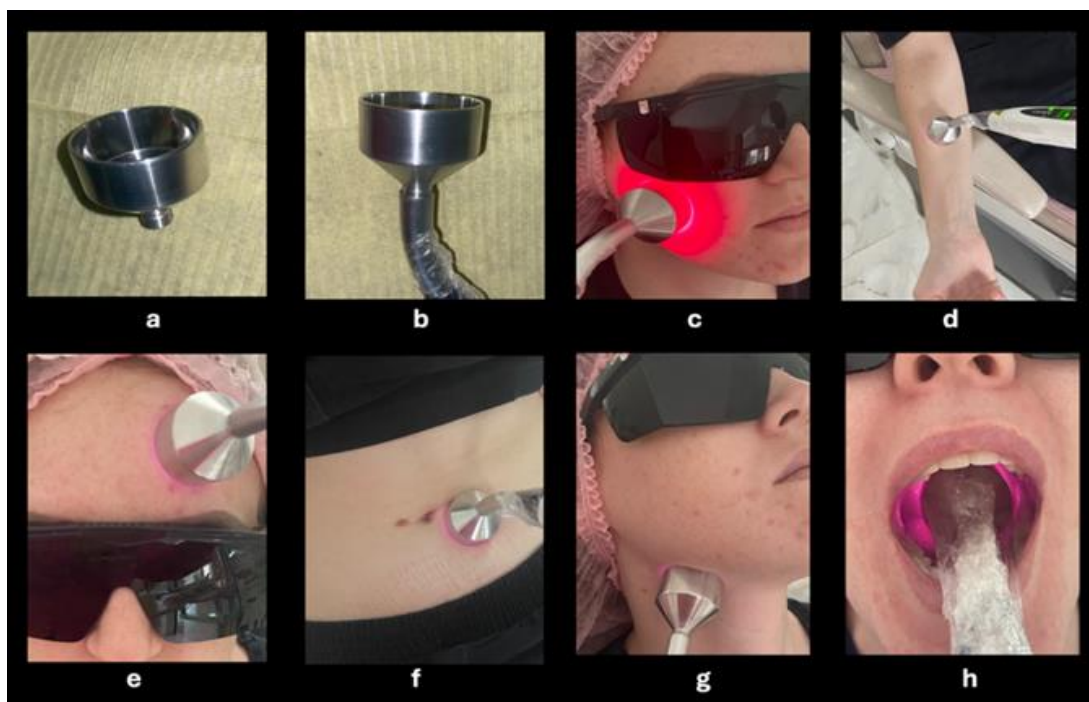


Figura 6 – Dispositivo Ponteira Côncava para irradiação de aréolas mamárias (traumas mamilares de lactantes) (a), adaptado no equipamento em caneta laser (Laser Duo, MMOptics, São Carlos, SP, Brasil) (b) sendo utilizado para aplicação Facial (c); Corporal (d); Transcraniana (e); Transabdominal (f); nos Linfonodos (g); e, Intraoral (h) (Arquivo pessoal dos autores).

A Figura 7 apresenta duas situações clínicas interessantes para emprego dessa ponteira côncava, demonstrando sua versatilidade para aplicações orais e faciais:

- 1- quando o endereçamento da energia do laser necessitava uma maior concentração nas camadas mais superficiais do tegumento, ou seja, quanto maior a área de tecido irradiado, mantendo a Energia total entregue, menor será a penetração da luz, dessa forma, trocando a ponta convencional pela ponteira côncava, foi possível otimizar a entrega do laser vermelho na derme da paciente, atendendo a demanda pós-operatória de tratamento estético facial (**Figuras 7a a 7c**), pois a ponteira convencional, concentrando mais a energia entregue, atingirá camadas mais profundas atingindo sistema neuro-muscular e tecido ósseo (**Figura 7c**);
- 2- Outra condição clínica é apresentada na figura 7 (**Figuras 7d a 7f**). Interessante indicação para essa ponteira côncava é a necessidade de cobrir toda a área do dorso da língua quando a paciente apresentou excesso de saburra e, conseqüentemente, presença de microrganismos. Então, foi instituída uma sessão de terapia fotodinâmica antimicrobiana, utilizando a combinação de uma solução de azul de metileno e posterior irradiação com laser vermelho 660nm. A ponteira côncava foi muito eficiente para essa aplicação clínica.



Figura 7 – Casos clínicos utilizando dispositivo ponteira côncava: 1) Paciente R.C.P., sexo feminino, 56 anos, psicóloga, compareceu ao atendimento para pós-operatório de 1 semana de procedimento estético facial (microagulhamento seco fotomodulado) (a); foi realizada fotobiomodulação com laser vermelho totalizando 2J de energia total por ponto (37 segundos por ponto) para estimular as funções dérmicas (fibroblastos, circulação) e induzir uma MEC mais organizada (b). Essa ponteira permite um ganho no endereçamento da luz em nível dérmico e aumenta a área iluminada. Sem ela, o tempo de irradiação seria de 20 segundos, porém seriam necessários 3 pontos para cobrir a mesma área e a densidade de energia seria concentrada em porções mais profundas e não dérmicas, como desejado (c). 2) Caso clínico

utilizando o dispositivo ponteira côncava: Paciente S.M.Y., sexo feminino, 85 anos, enfermeira aposentada, estava sob tratamento de reabilitação oral e apresentou a língua saburrosa (d). Foi oferecida solução de azul de metileno 0,01% em formato de pirulito (Lollypop Doctive Blue, Perland Pharmacos Ltda., Cornélio Procópio, PR, Brasil) que ela demorou sugando por 10 minutos (e). Então, a irradiação com laser vermelho foi realizada por 2 minutos e 10 segundos, entregando aproximadamente 9J de energia total (f) (Arquivo pessoal dos autores).

Visando a facilitação para a parametrização no uso clínico, construímos uma tabela para consulta rápida, detalhando o tipo de acessório (dispositivo), potência de emissão, intensidade entregue, tempo de irradiação por ponto considerando as principais energias totais empregadas nos tratamentos odontológicos. A potência óptica foi mantida a mesma em 100mW para cada comprimento de onda (660nm ou 808nm), exceto quando ambos os lasers, vermelho e infravermelho são acionados, pois a potência diminui para a metade (50mW), nessa condição.

A tabela 1, apresenta sugestões de parametrização para algumas doses mais frequentemente empregadas na clínica odontológica, considerando as diferentes pontas ativas, sendo a “Convencional” a ponta que acompanha regularmente o aparelho.

Tabela 1 – Parametrização para cada dispositivo/acessório desenvolvido

Acessório \ Parâmetros	Potência Óptica [mW]	Potência de Emissão [mW]	Intensidade [mW/cm ²]	Tempo de Irradiação para entregar 2J	Tempo de Irradiação para entregar 6J	Tempo de Irradiação para entregar 9J	Tempo de Irradiação para entregar 18J	Tempo de Irradiação para entregar 60J
Ponta Convencional	100	100	3.333	20 seg	60 seg	90 seg	3 min	10 min
Ponta Intraoral Difusora	100	27	35	1 min e 14 seg	3 min e 43 seg	5 min e 33 seg	11 min e 7 seg	37 min
Ponta Intranasal	100	25 (em cada extremidade)	30,6	1 min e 20 seg	4 min	6 min	12 min	40 min
Ponta em Taça (Aréola)	100	55	70	36 seg	1 min e 49 seg	5 min e 25 seg	10 min e 50 seg	18 min e 10 seg
Ponta Cubo Espelhado	100	75	96,8	27 seg	1 min e 20 seg	2 min	4 min	13 min e 20 seg

OBS: a ponta intranasal não permite o uso do laser infravermelho (808nm) por dificuldades de adequação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fotobiomodulação (FBM) se constitui numa terapia clínica odontológica muito presente nos planos de tratamentos atuais. Entretanto, essa modalidade terapêutica, bem estabelecida, muitas vezes demanda uma variabilidade de lasers para permitir entrega da luz em diferentes regiões, nem sempre a emissão puntual parece ser suficiente para atender a todas as necessidades clínicas.

Algumas situações exigem que a entrega dos lasers seja realizada em diferentes angulações, variadas profundidades no tecido biológico, áreas e tempos de irradiação que, com a ponta convencional,

que acompanha o equipamento laser em formato de caneta, pode inviabilizar a eficiência clínica para o profissional cirurgião-dentista executar com maestria o protocolo proposto. Então, desenvolver e construir novos dispositivos acessórios, que permitam uma melhor adequação dessa dosimetria, aproveitando um equipamento já consagrado no mercado, traz, ao clínico, um custo-benefício muito atraente, uma vez que, ao invés de adquirir um novo equipamento, pode adaptar o que já possui e, assim, otimizar seus ganhos.

Apesar dos tempos de irradiação aumentados quando da troca de ponteiros, necessitando de maior tempo no atendimento clínico, a eficácia de entrega dos lasers torna-se muito mais evidente, uma vez que esses dispositivos são mais bem adaptados a região anatômica de interesse, diminuindo as perdas de energia que, em algumas situações clínicas, podem comprometer o resultado esperado. Além disso, transformar um equipamento simples em forma de caneta num aparato terapêutico com aplicabilidades variáveis orofaciais, torna tal laser em um instrumento terapêutico multifuncional, ampliando as suas indicações e os planos de tratamentos viáveis.

A aceitação dos dispositivos, aqui desenvolvidos, atingiu 100%, entre os pacientes-participantes dos testes clínicos, aprovando a idealização de todos os acessórios, que poderão ser inseridos na fabricação e comercialização de todos os equipamentos lasers em formato de caneta, de diferentes empresas.

O mais interessante com esse projeto foi tornar um laser simples, em forma de caneta, com custo acessível a maioria dos profissionais cirurgiões-dentistas capacitados em laserterapia, em um equipamento multifuncional, sem perder suas seletividade e assertividade terapêutica, ampliando as indicações clínicas dele e agregando mais valor aos tratamentos propostos por esses profissionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de acessórios simples, porém específicos para determinadas e corriqueiras indicações clínicas, pode otimizar, grandemente, o emprego de um equipamento. O profissional agrega valor aos seus atendimentos, ampliando as abordagens possíveis e suas aplicações clínicas, tornando esse equipamento ainda mais necessário e presente nos tratamentos odontológicos empregando a fotobiomodulação-laser.

AGRADECIMENTOS E FINANCIAMENTO

Agradecemos a participação neste projeto de desenvolvimento da empresa MMOptics (São Carlos, SP, Brasil); a SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas); a empresa NILO (Núcleo Integrado de Laser em Odontologia), em Ribeirão Preto, SP, Brasil; a EMBRAPII (Empresa Brasileira para Inovação Industrial), pelo empreendedorismo; ao LAT/IFSC/USP (Laboratório de Apoio Tecnológico do Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo); a Fundação de Apoio à Física e a Química (São Carlos, SP, Brasil); Projeto EMBRAPII NILO-MMOptics; e, aos pacientes que concordaram em participar desse estudo.

REFERÊNCIAS

1. Lizarelli RFZ Reabilitação biofotônica orofacial – fundamentos e protocolos clínicos. São Carlos: Compacta, 2018.
2. Salehpour F, Gholipour-Khalili S, Farajdokht F, Kamari F, Walski T, Hamblin MR, DiDuro JO, Cassano P. Therapeutic potential of intranasal photobiomodulation therapy for neurological and neuropsychiatric disorders: a narrative review. **Rev Neurosci**. 2020; 8;31(3):269-286.
3. Leite DP, Paolillo FR, Parmesano TN, Fontana CR, Bagnato VS. Effects of photodynamic therapy with blue light and curcumin as mouth rinse for oral disinfection: a randomized controlled trial. **Photomed Laser Surg**. 2014;32(11):627-32.
4. Panhóca VH, Esteban Florez FL, Corrêa TQ, Paolillo FR, de Souza CW, Bagnato VS. Oral Decontamination of Orthodontic Patients Using Photodynamic Therapy Mediated by Blue-Light Irradiation and Curcumin Associated with Sodium Dodecyl Sulfate. **Photomed Laser Surg**. 2016;34(9):411-7.
5. Lizarelli RFZ, Freitas LM, Parmesano TN, Regalo SCH, Fontana CR, et al. (2017) Antimicrobial Photodynamic Therapy with Mouth Rinse for General Oral Disinfection. **J Ora Med** Vol.1 No.1:4

6. Lizarelli R de FZ, Cordon R, Bagnato VS. Cases reports applying vascular systemic photobiomodulation treatment [Internet]. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. 2023; 3 (7): 78-95.
7. Silva JI, Chagas ALG, Sena BO, Lima CA, Santos GV, Campelo MCD, Medeiros LP, et al. Effective interventions for treating nipple trauma resulting from breastfeeding: a systematic review. **Acta Paul Enferm** 2022;35:eAPE01367.
8. Avci P, Gupta GK, Clark J, Wikonkal N, Hamblin MR. Low-level laser (light) therapy (LLLT) for treatment of hair loss. **Lasers Surg Med**. 2014;46(2):144-51.
9. Alizadeh Z, Halabchi F, Bodaghabadi Z, Zarandi MM, Abolhasani M, Seifi V, Khazaei R, Ghanadi S, Mazaheri R, Tabesh MR. Non-invasive Body Contouring Technologies: An Updated Narrative Review. **Aesthetic Plast Surg**. 2024; 48(4):659-679
10. Salehpour F, Mahmoudi J, Kamari F, Sadigh-Eteghad S, Rasta SH, Hamblin MR. Brain Photobiomodulation Therapy: a Narrative Review. **Mol Neurobiol**. 2018; 55(8):6601-6636.
11. Bicknell B, Liebert A, Johnstone D, Kiat H. Photobiomodulation of the microbiome: implications for metabolic and inflammatory diseases. **Lasers Med Sci**. 2019; 34(2):317-327