

# Aplicações do Laser em Especialidades Odontológicas: um estudo prospectivo

## *Laser Application in Dental Specialties: a prospective study*

Thalia Ferreira da Silva<sup>1</sup>

Daniel de Paula<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR, Brasil

### Resumo

O laser surgiu como uma invenção disruptiva em diversos segmentos da economia, e não foi diferente na área médica, difundindo-se também nas especialidades odontológicas. Neste trabalho, mapeou-se o avanço tecnológico do laser, usando depósitos de patente como indicador de inovação, e foram analisados os usos clínicos atuais da laserterapia aplicada à odontologia. Foi realizada pesquisa de estudos clínicos na base de dados PubMed e busca patentária na plataforma Questel Orbit<sup>®</sup> nos últimos dez anos. O crescente avanço de depósitos patentários evidencia a China (600 depósitos) como país mais inovador, seguida pelos EUA (387) e Coreia do Sul (139). Todavia, as empresas americanas ocupam quatro das cinco primeiras colocações, sendo lideradas pela Align Technology (EUA, 22 depósitos), empresa revolucionária em ortodontia e odontologia digital. Bioestimulação, analgesia, descontaminação e coagulação sanguínea são benefícios da laserterapia na ortodontia, endodontia e cirurgias bucais, tornando o laser protagonista da odontologia moderna de alta resolutividade.

Palavras-chave: Laser. Odontologia. Fotobiomodulação.

### Abstract

The laser has emerged as a disruptive invention in various industries, and it was no different in the medical field, extending to the dental specialties as well. In this paper, we mapped the technological advance of the laser, using patent applications as an indicator of innovation, and analyzed the current clinical uses of laser therapy in dentistry. A search of clinical trials in the PubMed database and a patent search on the Questel Orbit<sup>®</sup> platform over the last ten years were performed. The increasing number of patent applications highlights China (600 applications) as the most innovative country, followed by the USA (387) and South Korea (139). Meanwhile, American companies occupy four of the top five places, led by Align Technology (USA, 22 applications), a revolutionary orthodontics and digital dentistry company. Biostimulation, analgesia, decontamination, and blood coagulation are benefits of laser therapy in orthodontics, endodontics, and oral surgery, rendering lasers a major role in modern high-resolution dentistry.

Keywords: Laser. Odontology. Photobiomodulation.

Área Tecnológica: Prospecção Tecnológica. Saúde. Odontologia.



# 1 Introdução

A invenção do laser, que surgiu há mais de um século, cresceu e avançou nos últimos anos. Essa tecnologia evoluiu por meio de melhorias, adaptações e atualizações, sendo aplicada nas mais variadas indústrias – desde semicondutores, telecomunicações e medicina, até computação, aviação e armas militares, além de dezenas de outros segmentos da economia (DOMPE *et al.*, 2020; LI *et al.*, 2023). A sigla LASER é constituída pelas letras iniciais da expressão “*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*”, que significa amplificação da luz por emissão estimulada de radiação (GROSS; HERRMANN, 2007). A partir dos estudos de Albert Einstein, em 1917, é que foram instituídos processos para a criação do laser e, por meio de sua publicação sobre teoria quântica, surgiu a conceito de que a amplificação fotoelétrica poderia emitir uma única frequência ou emissão estimulada (EINSTEIN, 1917).

Os aparelhos a laser possuem um feixe pequeno em que a luz é emitida de forma coerente, ou seja, as ondas de luz estão ligadas entre si no espaço e no tempo, e isso se deve ao processo de emissão estimulada (CARROLL; HUMPHREYS, 2006). Os lasers podem ser classificados de várias maneiras: como o meio de laser utilizado – laser sólido ou a gás, ou conforme a faixa de comprimento de onda e sua aplicação tecidual – tecidos moles ou tecidos duros (VERMA *et al.*, 2012). O efeito produzido depende da energia que será emitida e absorvida pelo tecido de interesse, isto é, a energia é a representação de uma luz monocromática que é alinhada em um feixe focado que se relaciona com o tecido alvo e após entrar no tecido biológico essa luz é refletida, absorvida, transmitida e espalhada (LIN; DEL AMO; WANG, 2018). Como exemplo, pode-se destacar as mucosas e a gordura corporal, em que a energia do laser penetra com mais facilidade do que nos músculos (SOL; TUNER, 2004).

Os lasers duros, conhecidos como laser de alta potência/alta intensidade, ou ainda lasers cirúrgicos, podem ser aplicados tanto em tecidos duros e moles, com a desvantagem do alto custo e potencial de lesão térmica – como exemplos, é possível citar o dióxido de carbono (CO), neodímio (Nd:YAG) e o érbio (Er:YAG) (VERMA *et al.*, 2012). Já os lasers de baixa intensidade (LLLT – *Low Level Laser Therapy*), atualmente conhecidos como fotobiomodulação, utilizam o diodo infravermelho (780 a 1100 nm) e o vermelho (600 a 700 nm). O efeito da fotobiomodulação ocorre quando os feixes de luz atingem as mitocôndrias das células e são absorvidos pelo cromóforo molecular, convertidos em energia química, devolvendo para o paciente alívio de dor, redução da inflamação e edema e cicatrização acelerada de feridas (HU; ZHAO; ZHAO, 2021).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2023), as doenças bucais afetam cerca de 3,5 bilhões de pessoas, sendo uma dificuldade para a saúde de muitos países. Na odontologia, o uso do laser é constante em todas as especialidades, atuando como principal ferramenta ou adjuvante a outros tratamentos. É considerado um equipamento odontológico moderno que proporciona bem-estar e conforto aos pacientes (SADIQ *et al.*, 2022). Segundo Sadiq *et al.* (2022), as vantagens da utilização de laser nos tratamentos odontológicos estão na segurança – mínima invasão; redução do grau de dor e tempo cirúrgico – mesa cirúrgica sem sangue e com boa visualização; capacidade de atingir um corte preciso promovendo no local cicatrização tecidual e regeneração, entre tantos outros benefícios. Devido às inúmeras vantagens, diferentes tipos de lasers estão sendo utilizados na prática odontológica para tratar vários tipos de doenças bucais, tantos em tecidos duros como em tecidos moles (BEHDIN *et al.*, 2015).

Nesse contexto, vislumbra-se a oportunidade de mapear as tecnologias emergentes do laser nas especialidades odontológicas, usando os depósitos de patentes como indicador de inovação, além de identificar os tratamentos odontológicos eficazes à base de laser por meio de estudos clínicos com evidência científica.

## 2 Metodologia

Este estudo foi realizado nos meses de janeiro a março de 2023 e consistiu em buscas bibliográficas e patentárias nas bases de dados PubMed (<https://PubMed.ncbi.nlm.nih.gov/>) e Questel Orbit® (<https://www.orbit.com/>), nos últimos dez anos (2013-2022). As buscas iniciais foram realizadas no PubMed com os operadores booleanos ‘AND’ e ‘OR’ como conectores de palavras e o símbolo \* como caractere de truncagem, a fim de recuperar resultados com variância de grau. A pesquisa bibliográfica foi realizada nos campos título e resumo, com filtro “clinical trails” para recuperar artigos sobre estudos clínicos. Os termos de busca utilizados foram: “laser\*”, como um método de busca geral, seguido dos termos “laser OR photobiomodul\*”, “odont\*” e “dent\* OR odont\*” até alcançar a estratégia de busca final que funcionou para a base de dados PubMed “(((laser\*[Title/Abstract]) OR (photobiomodul\*[Title/Abstract])) AND ((dent\*[Title/Abstract]) OR (odont\*[Title/Abstract])))”, conforme mostra a Tabela 1.

Seguindo o modelo de Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), adaptado de Moher *et al.* (2021), foi realizada a exclusão de: artigos duplicados; que não apresentavam resumo disponível; ou quando os testes de estudo clínico eram feitos em animais ao invés de humanos. Em seguida procedeu-se à análise de conteúdo organizada e estruturada por meio de: i) recurso de leitura flutuante com identificação de pontos de análise; ii) categorização semântica dos elementos; e iii) inferência e interpretações qualitativas com base nas categorias estabelecidas (BARDIN, 2009).

**Tabela 1** – Pesquisa bibliográfica e patentária da aplicação do laser em Odontologia (2013-2022)

ESTRATÉGIA DE BUSCA	PUBMED	QUESTEL ORBIT®
Campos	Título, Resumo	Título, Resumo, Reivindicações
Período	10 anos (2013:2022)	10 anos (2013:2022) – data de depósito
Filtros	Estudos clínicos	CPC/IPC A61C – Odontologia; Aparelhos ou Procedimentos de Higiene Oral ou Odontológica Patentes ativas (concedidas e em análise)
Termos	(Laser* OR Photobiomodul*) AND (Odont* OR Dent*)	Laser* OR Photobiomodul*
Código de busca	(((laser*[Title/Abstract]) OR (photobiomodul*[Title/Abstract])) AND ((dent*[Title/Abstract]) OR (odont*[Title/Abstract])))	((LASER+ OR PHOTOBIOBIMODUL+))/TI/AB/ CLMS AND (A61C)/IPC/CPC AND APD=2013- 01-01:2022-12-31 AND (STATE/ACT=ALIVE)
Documentos recuperados	<b>242</b>	<b>1.545</b>

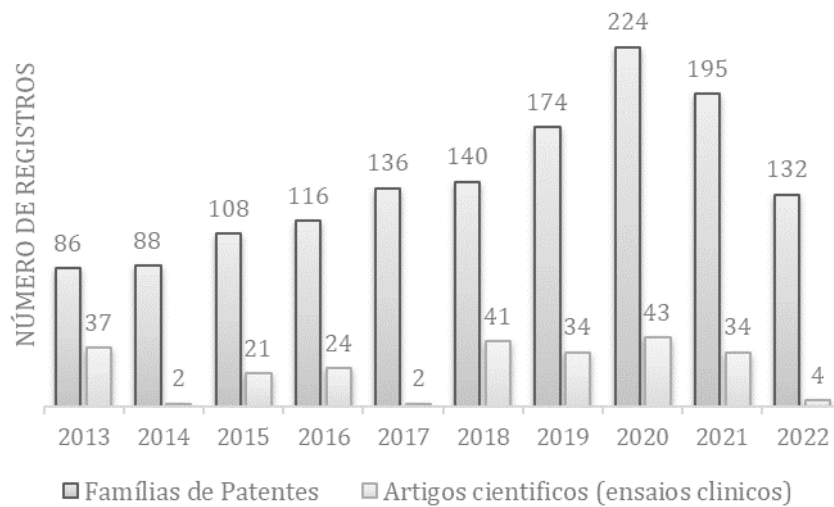
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo com dados do PubMed (2023) e Questel Orbit® (2023)

Para a realização da busca patentária, optou-se pela plataforma Questel Orbit®, a qual oferece um conjunto completo de serviços baseado na produtividade de pesquisa e na colaboração dedicada à propriedade intelectual com diversos recursos de análise, permitindo a geração e a visualização de gráficos, mapas e diagramas relativos a patentes, empresas depositantes e inventores. A cobertura geográfica dessa base compreende registros de quase uma centena de países e autoridades de patentes, incluindo pedidos referentes à mesma invenção e depositados em diferentes países, evitando, assim, a duplicidade dos dados e gerando resultados mais específicos para o estudo prospectivo (AXONAL CONSULTORIA TECNOLÓGICA; SUZUKI, 2016).

Dessa forma, foi possível analisar os resultados de maneiras variadas, por exemplo, depósitos por país, Classificação Cooperativa de Patentes (CPC, sigla em inglês) e Classificação Internacional de Patentes (IPC, sigla em inglês), por titularidade, *status* legal, entre outras correlações. A busca patentária foi realizada nos campos “título”, “resumo” e “reivindicações” com os seguintes termos, operador booleano e caractere de truncagem: *laser\** OR *photobiomodul\**, com o filtro por CPC A61C, que se refere à área de odontologia; o período delimitado para pesquisa de 10 anos (01-01-2013 a 31-12-2022) com os filtros “*alive*” para recuperar somente as patentes ativas com relação ao *status* legal, isto é, concedidas e em análise. A estratégia de busca final que alcançou os resultados foi apresentada na Tabela 1.

### 3 Resultados e Discussão

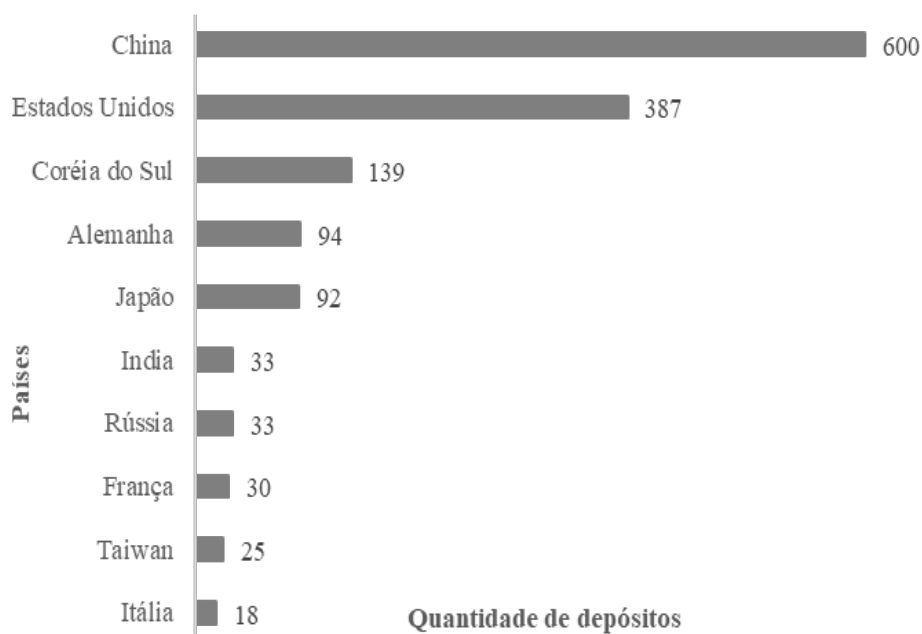
A prospecção patentária realizada na plataforma de dados Questel Orbit® (Figura 1) mostra que, nos últimos dez anos (2013-2022), há uma tendência de crescimento em inovações do laser na Odontologia. Entre os anos de 2021 e 2022, observou-se um decréscimo no número de depósitos, o que pode ser resultado do período de sigilo até a data de publicação, indicando que nesses dois últimos anos nem todos os depósitos foram incluídos na pesquisa. No tocante ao *status* legal, dos 1.545 depositados e solicitados, a maioria é de patentes concedidas (69,4%), e os outros 30,6% estão em análise, indicando a alta possibilidade de essas invenções chegarem ao mercado consumidor. Quanto às publicações científicas, os estudos clínicos que abordam a aplicação do laser na Odontologia perfazem um número reduzido de documentos recuperados quando comparados com os depósitos de patentes. Todavia, destaca-se que, no segundo quinquênio, o número de publicações (156 estudos clínicos) praticamente dobrou em relação ao primeiro período analisado (86 estudos clínicos).

**Figura 1** – Evolução temporal das publicações científicas e depósitos de patente da aplicação do laser na Odontologia (2013-2022)

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo com dados do PubMed (2023) e Questel Orbit® (2023)

A Figura 2 apresenta o quantitativo de registros de patentes por país, com destaque para os dez principais países que publicam tecnologia e inovação na área referida: China (600 patentes), Estados Unidos (387), seguido da Coreia do Sul (139); Alemanha (94). Na quinta colocação Japão com 92 e Índia (33); na sétima colocação a Rússia (33), a França (30) e Taiwan (25) e, por fim, Itália com 18 famílias de patentes. Vale destacar que o Brasil se encontra na 12ª posição, com 14 depósitos de patentes oriundos do país. A indústria da China é líder no mundo devido a seu papel de investimentos em tecnologia e inovação. Segundo Warner (2015), a expansão que a China apresenta sobre patentes se deve ao incentivo que o governo oferece aos seus criadores com o intuito de proteger suas criações. Por esse motivo, a China, desde a década de 2000, segue como líder dos países que mais protegem suas invenções. Em seguida, vem Estados Unidos, país que, devido ao seu mercado inovador e competitivo, oferece e exporta produtos de alta qualidade. Vale ressaltar que os escritórios de países pertencentes à Organização Europeia de Patentes (EPO em inglês) apresentam 143 depósitos.

Esses escritórios possuem a proteção nos países europeus e países parceiros fora da Europa que firmaram acordos de extensão ou validação com a Organização Europeia de Patentes. Contudo, a concessão da carta-patente não garante a proteção em todos os países abrangidos pela EPO, sendo necessária a solicitação da validade em cada país onde o requerente queira a proteção (USPTO, 2021). Já os depósitos realizados por meio da WIPO (459) são protegidos pelo Tratado de Cooperação de Patentes (PCT), apresentando, assim, a vantagem da proteção internacional da tecnologia em qualquer um dos 153 países signatários do tratado (WIPO, 2023). A Figura 2 apresenta os principais inventores de produtos a laser na área da Odontologia.

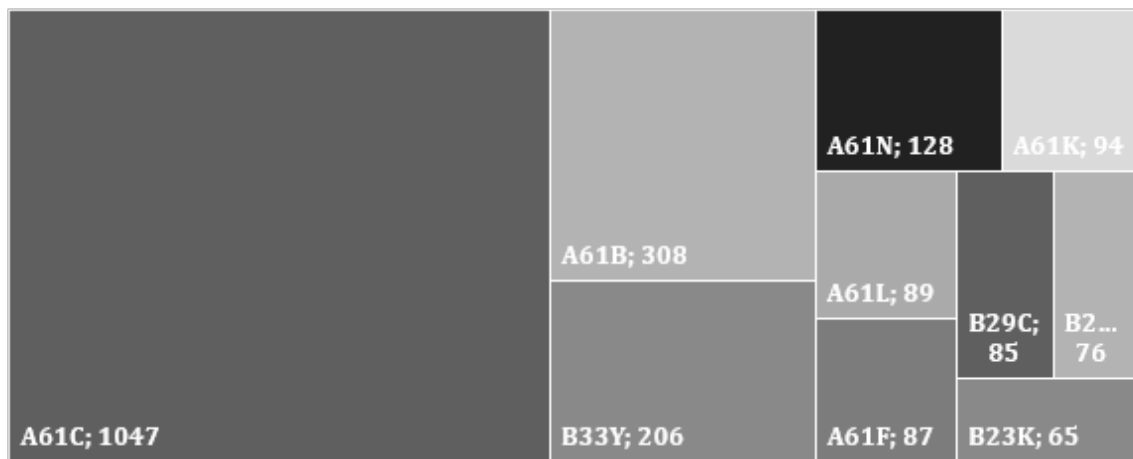
**Figura 2** – Principais países inventores na área de lasers odontológicos

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo com dados do Questel Orbit® (2023)

A Classificação Internacional de Patentes (CIP) possui relação direta com a qualidade da informação tecnológica por fornecer informações importantes para subsidiar análises dos pedidos de patentes (CARVALHO; SANTOS, 2019). A IPC é o sistema de classificação internacional que foi criada a partir do Acordo de Estrasburgo (1971), cujas áreas tecnológicas são divididas nas classes de A a H. Dentro de cada classe, há subclasses, grupos principais e grupos identificados por meio de um sistema hierárquico (BRASIL, 1996). A CPC é o sistema de classificação criado pelo EPO/USPTO, baseado na IPC, sendo apenas mais detalhado. Enquanto a IPC possui em torno de 70 mil grupos, a CPC possui em torno de 200 mil grupos (BRASIL, 2015). Isso justifica o uso da CPC neste trabalho, pela sua expansão em grupos. Na Figura 3, é possível notar que os lasers estão enquadrados na seção “A” que condiz com a área de “necessidades humanas”. Nessa seção, a classe A61 se refere à “Ciência médica ou veterinária; Higiene”, com subclasses A61C (1047) “Odontologia; aparelhos ou métodos para higiene oral ou higiene dental”; A61B (308) “Diagnóstico; cirurgia; identificação”; A61N (128) “Eletroterapia; magnetoterapia; radioterapia”; A61K (94) “Preparações para fins médicos; dentários ou de higiene”; A61L (89) “Métodos ou aparelhos para esterilizar materiais ou objetos em geral; desinfecção, esterilização ou desodorização do ar; aspectos químicos de bandagens, curativos, pontas absorventes ou artigos cirúrgicos; materiais para bandagens, pensos, pontas absorventes ou artigos cirúrgicos”; e A6F (87) “Filtros implantáveis nos vasos sanguíneos; próteses; dispositivos que fornecem potência ou previnem o colapso de estruturas tubulares do corpo, por exemplo, *stents*; dispositivos ortopédicos, de enfermagem ou contraceptivos; fomento; tratamento ou proteção dos olhos ou ouvidos; bandagens, curativos ou almofadas absorventes; *kits* de primeiros socorros”.

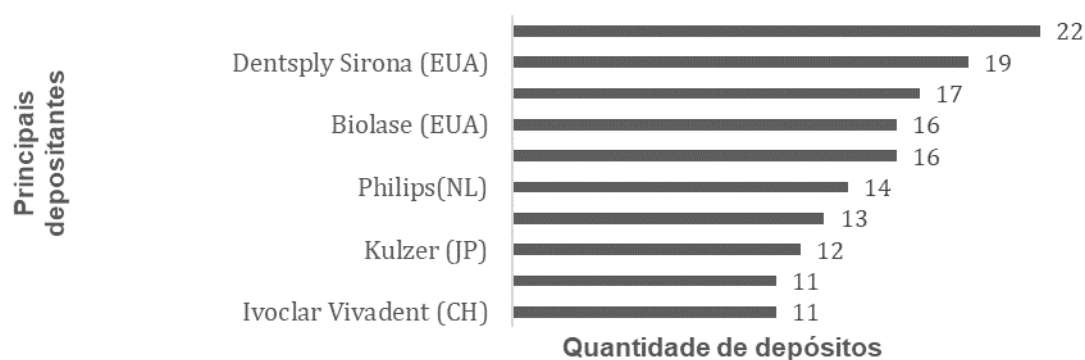
Ainda quanto à distribuição das famílias de patentes por CPC, a seção “B” se refere à “Realização de operações; Transporte”, com a classe B33Y (206) “Fabricação aditiva, ou seja, fabricação de objetos tridimensionais [3D] por deposição aditiva, aglomeração aditiva ou camada aditiva, por exemplo, por impressão 3D, estereolitografia ou sinterização a laser seletiva”, e a classe B29C (85) “Moldagem ou união de plásticos; moldagem de material em estado plástico, não fornecida de outra forma; pós-tratamento dos produtos moldados, por exemplo, reparação”; B22F (76) “Pó metálico de trabalho; fabricação de artigos de pó metálico; fabricação de pó metálico (fabricação de ligas por metalurgia do pó c22c); aparelhos ou dispositivos especialmente adaptados para pó metálico”; e B23K (65) “Soldar ou dessoldar; soldagem; revestimento ou plastificação por soldagem ou soldagem; corte aplicando calor localmente, por exemplo corte de chama; trabalho por feixe laser”.

**Figura 3** – Seções e Classes das CPCs mais frequentes nos depósitos de patentes aplicadas à laserterapia na Odontologia



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo com dados do Questel Orbit® (2023)

Na Figura 4 estão representados os principais depositantes de patentes na área de laser odontológico. No topo do *ranking*, com 22 depósitos, está a Align Technology (EUA), fundada em 1997, na Califórnia. Empresa pioneira com os alinhadores invisíveis chamados de *Invisalign*®, que revolucionaram a área de ortodontia e impulsionaram a odontologia digital, trazendo melhores resultados e práticas eficientes aos pacientes (ALIGN TECHNOLOGY, 2023). Em segundo lugar, com 16 depósitos, está a multinacional Dentsply Sirona, fundada em 1899, na cidade de Nova York, reconhecida como uma das maiores fabricantes de produtos e tecnologias odontológicas, com operações em mais de 40 países e presença de vendas em mais de 120 países, incluindo o Brasil. Essa empresa é apontada como a maior detentora de patentes no Brasil, com total de sete depósitos, a Dentsply Sirona oferta um conjunto completo de produtos odontológicos com qualidade e avanço tecnológico (DENTSPLY SIRONA, 2023).

**Figura 4** – Principais depositantes com publicações de patentes na área de laser em Odontologia

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo com dados do Questel Orbit® (2023)

Ainda sobre os depositantes, em terceiro lugar encontra-se a Peking University School of Stomatology (China, CN) com 17 depósitos. Já em quarto e quinto lugar, ambas com 16 depósitos, aparecem, respectivamente, Biolase (EUA) e Convergent Dental (EUA). Empresas líderes mundiais em inovação de lasers odontológicos. Philips (Holanda, NL), que foi fundada em 1891, pelo engenheiro físico Gerard Philips junto com seu irmão Anton, com 14 depósitos e Beijing Liannei Denture Technology (China, CN) com 13 depósitos. Kulzer com 12 depósitos faz parte da empresa japonesa Mitsui Chemicals Group Inc (MCI), com sua sede em Tóquio e atende a mais de 27 países. Percebe-se os depositantes de origem chinesa, como Guilin Woodpecker Medical Instrument (China, CN), e Suíça, como a Ivoclar Vivadent, uma empresa mundial que possui uma gama de produtos odontológicos para técnicos de próteses dentárias e dentistas, com 11 depósitos nessa ordem.

Quanto ao nível de interação entre as empresas, foi observado apenas vestígios de inovação aberta, haja vista que se identificou somente a colaboração da Dentsply Sirona com outra empresa do mesmo grupo, a Sirona Dental Systems, três famílias de patentes e duas famílias de patentes resultantes da colaboração entre a Align Tech e a empresa IO Tech, do ramo de tecnologia da informação. Quanto à dependência entre as empresas do ramo que foi analisada por meio do número de citações, observou-se coincidentemente que as cinco empresas do topo do *ranking* de patentes são as mais citadas, mantendo-se as mesmas posições, com a Align Tech na primeira posição (22 citações) e as empresas Biolase e Convergent Dental empatadas na quarta colocação, ambas com 16 citações.

A prospecção patentária apontou que, em âmbito nacional, os inventores brasileiros, na maioria das vezes, são pessoas físicas, mostrando que, pelo menos nesse setor tecnológico, o mecanismo de “tripla-hélice” governo-universidade-empresa ainda é incipiente, demonstrando falhas na atuação e na interação entre esses atores (ETZKOWITZ; ZHOU, 2017). Ressalta-se que as universidades são produtoras de conhecimento e, ao se ligarem com o setor empresarial e com o governo, elas podem intensificar o desenvolvimento tecnológico (SILVA; SABONARO, 2023; LOBO JÚNIOR; BADDAUY, 2021).

A Lei de Inovação, Lei n. 10.973/2004, vem tentando mudar esse cenário com o objetivo de estabelecer “[...] medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, com vistas à capacitação e ao alcance da autonomia tecnológica e ao desenvolvimento industrial do País, nos termos dos arts. 218 e 219 da Constituição” (BRASIL, 2004, art. 1º). Mais adiante, observou-se que o depósito da patente “*Osseointegrable Implants*



*and Screws Comprising Structurally Porous Surface, Process for Preparing the Implants and Screws and Uses thereof* (WO2021/243429, 2020) é o único de empresa brasileira solicitado em vários países e tem como objetivo fornecer dispositivos médicos implantáveis – dentários e ortopédicos osseointegráveis, texturizados pelo processo de fabricação aditiva. Tais implantes são preparados de forma a abranger maior área de superfície de contato entre implante/tecidos adjacentes, microestrutura porosa de geometria complexa com tamanho de poros controlado e diversificado, o que confere diversas vantagens técnicas.

Ao analisar as patentes, observa-se que a tecnologia dos equipamentos a laser vem evoluindo por meio de novas formas de uso. Por exemplo, o depósito protegido no Brasil (BR102014023883, 2014) “*Led-or laser-based light-emitting device for direct breakdown of dental pigments without the use of chemical agents and/or heat*”, concedido em 2023, refere-se à utilização de um dispositivo emissor de luz, que pode ser baseado em LED ou LASER, operando no comprimento de onda, potência e intensidade específicas para a quebra direta de pigmentos dentais e fins de clareamento estético sem o uso de agentes químicos em gel ou líquido forma e sem o uso de calor, sendo prático, rápido e simples de usar. Outro pedido de patente do interesse odontológico é a de número US 11338154 (2019) da empresa Ivoclar Vivadent (Suíça), intitulada “*Bacteria removal laser*”, que propõe o uso do laser para remover bactérias de cáries dentárias naturais ou protéticas. Já o pedido “*Soft-tissue laser surgery*”, US 2015/0140504 (2015), da empresa Sirona Sistemas Dentários (EUA), tem como objetivo cortar tecidos moles com ajuda do laser de diodo, sem causar superaquecimento, para fins cirúrgicos.

A pesquisa na base PubMed recuperou 242 artigos científicos por meio do filtro “*clinical trials*” referente a estudos clínicos. Seguindo a análise documental, foi realizada a leitura de títulos e resumos, aplicando-se os critérios predeterminados, sendo excluídos os trabalhos em duplicidade, os trabalhos com testes em animais e os artigos que não estavam disponíveis *on-line*. Após análise, foram selecionados 48 artigos para serem lidos e interpretados na íntegra, conforme apresentado na Tabela 2, e ficaram evidentes as variadas aplicações clínicas em especialidades odontológicas que se pode fazer da laserterapia. Entre elas, a hipersensibilidade dentinária, que acontece quando os túbulos dentinários são expostos para o meio bucal, deixando as fibras nervosas expostas e isso gera dor/sensibilidade ao paciente. Existem outros tratamentos, mas o laser vem se destacando pela rápida analgesia e conforto ao paciente (MAXIMIANO *et al.*, 2019). A terapia com a fotobiomodulação pode ser aplicada para possibilitar analgesia (vasodilatação, aumento dos níveis de adenosina trifosfato e cortisol e inibe a produção de causas inflamatórias), modulação da inflamação e cicatrização de tecidos, por meio da luz que estimula as células (GUERREIRO *et al.*, 2020). Após a extração dentária, há uma resposta inflamatória no local que gera dor, edema e trismo. Para aliviar esses sintomas, muitas vezes é feita a prescrição de analgésicos, anti-inflamatórios e antibióticos. Uma maneira eficaz de ajudar o organismo na estimulação de fibroblastos e osteoblastos na região é fazer a aplicação do laser logo após a sutura, isso ajuda o paciente na recuperação pós-operatória e cicatrização dos tecidos (ASAN *et al.*, 2021).

Segundo Chen *et al.* (2019), o tratamento com fotobiomodulação depende da dose, que precisa ter uma densidade de energia ideal de 2 J/cm<sup>2</sup>, e o comprimento de onda influencia a capacidade de penetração nos tecidos moles. Sua irradiação pode variar de acordo com o tamanho do ponto de feixe, ou seja, ao reduzir o tamanho, aumenta-se a irradiação (PARKER *et al.*, 2019).

**Tabela 2** – Principais estudos científicos envolvendo os tratamentos odontológicos com uso de laser (2013-2022)

ESPECIALIDADE	TIPO DE LASER	MEIO ATIVO	COMPRIMENTO DE ONDA	ATIVIDADE DO LASER	ESTUDOS CLÍNICOS
Hipersensibilidade Dentinária	Alta Potência	Nd:Yag Er,Cr:Ysgg Diodo	940 a 2780 nm	Analgesia nervosa, selamento de túbulos dentinários e alívio da hipersensibilidade.	Ozlem <i>et al.</i> (2018); Maximiano <i>et al.</i> (2019); Pourshahidi <i>et al.</i> (2019); Sgreccia <i>et al.</i> (2020); Moeintaghavie <i>et al.</i> (2021)
	Baixa Potência	Ingaalp Gaalas	660 a 810 nm	Combinam os efeitos analgésicos, anti-inflamatórios e de bioestimulação.	Sgreccia <i>et al.</i> (2020); Moeintaghavi <i>et al.</i> (2021)
Periodontia	Alta Potência	Er:Yag Nd:Yag Er,Cr:Ysgg Diodo	940 a 2780 nm	Redução bacteriana, ablação de tecidos moles, descontaminação da superfície radicular, condicionamento ósseo e remoção de cálculo e biofilme ou em reparo/regeneração.	Grzech-Leśniak <i>et al.</i> (2018); Ciurescu <i>et al.</i> (2019)
Ortodontia	Baixa Potência	Gaalas Diodo	808 a 980 nm	Movimento dentário menos doloroso, acelerado, eficiente, e menor reabsorção radicular.	Goymen e Gulec (2020); Ren <i>et al.</i> (2019); Giudice <i>et al.</i> (2019); Murakami-Malaquias-Silva <i>et al.</i> (2020)
Implantodontia	Baixa Potência	Gaalas Diodo	635 a 940 nm	Estabilidade do implante e na densidade óssea.	Matys <i>et al.</i> (2019); Bozkaya <i>et al.</i> (2021)
Cirurgia	Baixa Potência	Diodo Gaalas	635 a 830 nm	Reduz complicações pós-operatórias das cirurgias de terceiros molares.	Miloro e Criddle (2018); Singh <i>et al.</i> (2019)
Endodontia	Alta Potência	Er,Cr:Ysgg Arseneto de Gálio e Alumínio Diodo	915 a 2780 nm	Reduz quantidade de bactérias dos canais radiculares, melhor adesão do material obturador, hemostasia e coagulação em terapias de polpa vital.	Kivanç <i>et al.</i> (2017) Tozar e Almaz (2020); Saricam <i>et al.</i> (2021)

Legenda: Baixa potência: vermelho e infravermelho; Er:YAG: Érbio -Ítrio-Alumínio-Granada; Nd:YAG : Neodímio - Ítrio-Alumínio-Granada; Ga-Al-As: diodo; Er,Cr:YSGG: Érbio, C.

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo com dados da Pubmed (2023)

A periodontia é a área que trata os tecidos do periodonto, ou seja, os tecidos que dão sustentação aos dentes. A periodontite é uma infecção bacteriana dos tecidos que se instala na gengiva danificando a sustentação e causando reabsorção óssea, sendo a principal causa de perda dos dentes em adultos e idosos (OMS, 2022). A laserterapia auxilia no processo de estimulação e cicatrização, diminuindo a dor e a descontaminação da área afetada. Já a especialidade de ortodontia corrige a posição dos dentes e dos ossos maxilares posicionados de forma inadequada, sendo a especialidade com maior número de profissionais cadastrados no Conselho Federal de Odontologia (CFO), um total de 30.219 cirurgiões-dentistas especialistas (CFO, 2023). Devido a esses dados, percebe-se a demanda que a ortodontia tem no Brasil. O tratamento é longo e causa dor devido à movimentação dentária. O uso do laser nesses casos estimula os odontoblastos que aceleram a velocidade do tratamento e diminuem a pressão da movimentação (ASAN *et al.*, 2021).

Outra área que está em ascensão no mercado é a implantodontia. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos e Odontológicos (ABIMO, 2023), há 20 anos os implantes eram vendidos em dólar e custavam aproximadamente US\$ 2 mil por dente, o que corresponderia na atualidade a R\$ 10 mil, aproximadamente. Hoje, o preço médio é de R\$ 2.300, ou seja, com essa facilidade muitos usuários procuram pelo procedimento devido a inúmeras vantagens que ele possui (ABIMO, 2023). A indústria vem investindo na qualidade e na tecnologia e os implantes são fixos, o que melhora a mastigação e a higienização. Mas, como ponto negativo, o paciente pode sentir dor durante a colocação e no pós-operatório, então os efeitos da fotobiomodulação podem auxiliar na integração do implante ao osso (ROSS; ROSS, 2009).

## 4 Considerações Finais

A evolução do desenvolvimento tecnológico do laser na odontologia tem sido marcada por avanços significativos ao longo dos últimos anos. Inicialmente, o uso do laser na odontologia era limitado e restrito a poucas aplicações específicas. No entanto, com o avanço da pesquisa e da tecnologia, novas aplicações e melhorias nos equipamentos têm sido desenvolvidas, proporcionando cada vez mais benefícios para os profissionais e os pacientes. Com base neste estudo, foi constatado, por meio do mapeamento tecnológico, que o laser representa uma revolução comparado aos métodos tradicionais, impulsionando a área de tecnologia na odontologia.

A evolução das patentes revelou três picos de crescimento nos anos de 2019, 2020 e 2021, com 69,4% das patentes concedidas. Observou-se que a China lidera em número de depósitos, atribuindo-se aos incentivos governamentais a proteção da propriedade intelectual, enquanto o Brasil não alcançou o *ranking* dos dez primeiros países, evidenciando lacunas no mecanismo de tripla-hélice governo-universidade-empresa.

Além disso, as principais empresas depositantes estão situadas nos Estados Unidos e na China, consolidando esses países como líderes em inovação nessa área. Destaca-se que a maioria dos depósitos se refere à subclasse A61C, abrangendo aparelhos ou métodos para higiene oral/dental, o que pode gerar indicadores econômicos e tecnológicos relevantes. O desenvolvimento de lasers com diferentes comprimentos de onda, potências e modos de operação tem permitido uma ampla gama de aplicações na odontologia. As patentes mostraram progresso na tecnologia

dos equipamentos, com novas formas de uso, como emissor de luz LED ou LASER, remoção de bactérias em cáries dentárias e corte de tecidos para fins cirúrgicos.

Neste estudo, foram identificadas as especialidades odontológicas nas quais o laser pode ser utilizado e a quantidade de estudos clínicos em andamento. Percebe-se que os benefícios do laser para os pacientes incluem efeito analgésico, anti-inflamatório, bioestimulante e antibacteriano. Conclui-se, portanto, que essa tecnologia ainda trará importantes inovações, considerando o elevado número de patentes. No entanto, por se tratar da área da saúde, são necessários testes comprobatórios de segurança e eficácia, como estudos clínicos para conhecer os mecanismos, os locais de aplicação, as doses e as doenças em que a laserterapia pode beneficiar os tratamentos odontológicos.

## 5 Perspectivas Futuras

Para novas pesquisas, é importante considerar se a inclusão da laserterapia está incluída na odontologia digital, devido à sua capacidade de oferecer facilidade, conforto e segurança aos pacientes, por meio de equipamentos e de sistemas rápidos e precisos. A expectativa é a de que o mercado do laser proporcione equipamentos modernos, possibilitando tratamentos dentários cada vez mais indolores, atraindo o público que evita o dentista por medo de sentir dor. O objetivo é encontrar um equipamento ideal para substituir a tão temida alta rotação – “motorzinho do dentista”, que causa pânico e causa a abstenção de consultas odontológicas.

No contexto da rotina diária do consultório, é altamente recomendado que os profissionais disponham de um laser em suas bancadas de atendimento, possibilitando a aplicação imediata após os procedimentos convencionais, e otimizando, assim, o tratamento. O laser tem se mostrado um excelente coadjuvante nos procedimentos realizados.

Em âmbito nacional, é importante ressaltar que o Brasil apresenta uma baixa atividade inventiva quando comparado a outros países, evidenciando a urgente necessidade de se avançar nas pesquisas nessa área. Esse progresso impulsionará a inovação da tecnologia a laser, reduzindo a dependência de importação de equipamentos pelas empresas nacionais. Isso trará um impacto positivo nas opções disponíveis aos pacientes e na economia, promovendo maior competitividade e produtividade industrial.

Nesse contexto, torna-se relevante mapear os avanços tecnológicos do laser na área de odontologia e suas mais modernas aplicações, de forma a atualizar os protocolos de tratamento e excluindo-se o uso de técnicas obsoletas e pouco resolutivas.

## Referências

ABIMO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ARTIGOS E EQUIPAMENTOS MÉDICOS E ODONTOLÓGICOS. **A importância do implante dentário vai muito além da estética.** [2023]. Disponível em: <https://abimo.org.br/clipping/a-importancia-do-implante-dentario-vai-muito-alem-da-estetica/>. Acesso em: 9 mar. 2023.

ALIGN TECHNOLOGY. **A nossa história.** [2023]. Disponível em: <https://www.aligntech.com/about>. Acesso em: 8 mar. 2023.

ASAN, M. F. *et al.* Applications of Photobiomodulation Therapy in Oral Medicine – A Review. **European Journal of Therapeutics**, [s.l.], v. 27, n. 2, p. 177-182, 2021.

AXONAL CONSULTORIA TECNOLÓGICA; SUZUKI, H. **Orbit.com**: Visão Geral sobre o Sistema. 2016. Disponível em: <https://axonal.com.br/arquivos/PDF/OrbitVisaoGeralSistemaPARTES1a3BUSCAVISUALIZACAPOSELECAO.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2023.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2009.

BEHDIN, S. *et al.* Effectiveness of Laser Application for Periodontal Surgical Therapy: Systematic Review and Meta-Analysis. **Journal of Periodontology**, Estados Unidos, v. 86, n. 12, p. 1.352-1.363, 2015.

BOZKAYA, S. *et al.* The stability of implants and microbiological effects following photobiomodulation therapy with one-stage placement: A randomized, controlled, single-blinded, and split-mouth clinical study, **Clin Implant Dent Relat Res**, [s.l.], v. 23, n. 3, p. 329-420, 2021.

BRASIL. Lei n. 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 de maio de 1996, Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9279.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9279.htm). Acesso em: 22 nov. 2022.

BRASIL. **Classificação de patentes**. [Brasília, DF]: Ministério da Economia, 14 mar. 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/classificacao>. Acesso em: 8 mar. 2023.

BRASIL. Lei n. 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/110.973.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.973.htm). Acesso em: 8 mar. 2023.

CARROLL, L.; HUMPHREYS, T. R. LASER – Tissue Interactions. **Clinics in Dermatology**, [s.l.], v. 24, n. 1, p. 2-7, 2006.

CARVALHO, B. C. C. B.; SANTOS, M. R. M. C. A classificação internacional de patentes: descrição e importância. **Revista Geintec**, Aracaju, v. 9, n. 1, p. 4.798-4.808, jan.-fev.-mar. 2019. DOI: 10.7198/geintec.v9i1.1379. Disponível em: <http://revistageintec.net/index.php/revista/article/view/1379>. Acesso em: 17 jan. 2023.

CFO – CONSELHO FEDERAL DE ODONTOLOGIA. **Quantidade geral de cirurgiões dentistas especialistas**. 2023. Disponível em: <https://website.cfo.org.br/estatisticas/quantidade-geral-de-cirurgioes-dentistas-especialistas/>. Acesso em: 9 mar. 2023.

CHEN, Y. *et al.* Efficacy of low-level laser therapy in pain management after root canal treatment or retreatment: a systematic review. **Lasers in Medical Science**, China, v. 34, p. 1.305-1.316, 2019.

CIURESCU, C.E. *et al.* Adjunctive use of InGaAsP and Er,Cr:YSGG lasers in nonsurgical periodontal therapy: a randomized controlled clinical study. **Periodontology**, [s.l.], v. 50, n. 6, p. 436-447, 2019.

DENTSPLY SIRONA. **A história da Dentsply Sirona**. 2023. Disponível em: <https://www.dentsplysirona.com/pt-br/sobre-dentsply-sirona/historia.html>. Acesso em: 8 mar. 2023.

DOMPE, C. *et al.* Photobiomodulation – Underlying Mechanism and Clinical Applications. **J. Clin Med.**, [s.l.], v. 9, n. 6, p. 1.724, 3 de junho de 2020. DOI: 10.3390/jcm9061724.

EINSTEIN, A. The Quantum Theory of Radiation. **Physikalische Zeitschrift**, [s.l.], v. 18, n. 121, p. 1-15, 1917.

ETZKOWITZ, H.; ZHOU, C. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. **Estudos Avançados**, [s.l.], v. 31, n. 90, p. 23-48, 2017.

- GIUDICE, A. L. *et al.* Is Low-level Laser Therapy an effective method to alleviate pain induced by active orthodontic alignment arch-wire? A randomized clinical trial. **The Journal of Evidence-Based Dental Practice**, [s.l.], v. 19, n. 1, p. 71-78, 2019.
- GOYMEN, M.; GULEC, A. Effect of photobiomodulation therapies on the root resorption associated with orthodontic forces: a pilot study using micro computed tomography. **Clinical Oral Investigations**, [s.l.], v. 24, p. 1.431-1.438, 2020.
- GROSS, A. J.; HERRMANN, T. R. W. History of lasers. **World Journal of Urology**, [s.l.], v. 25, n. 3, p. 217-220, 2007.
- GRZECH-LEŃNIAK, K. *et al.* Laser reduction of specific microorganisms in the periodontal pocket using Er:YAG and Nd:YAG lasers: a randomized controlled clinical study. **Lasers in Medical Science**, [s.l.], v. 33, p. 1.461-1.470, 2018.
- GUERREIRO, M. Y. R. *et al.* Effect of low-level laser therapy on postoperative endodontic pain: An updated systematic review. **Complementary Therapies in Medicine**, [s.l.], v. 57, p. 1-9, 2020.
- HU, J.; ZHAO, H.; ZHAO, L. The effect of low-level laser therapy as an adjunct to periodontal surgery in the management of postoperative pain and wound healing: a systematic review and meta-analysis. **Lasers in Medical Science**, [s.l.], v. 36, p. 175-187, 2021.
- KIVANÇ, B. H. *et al.* Evaluation of Antimicrobial and Thermal Effects of Diode Laser on Root Canal Dentin. **Nigerian Journal of Clinical Practice**, [s.l.], v. 20, p. 1.527-1.530, 2017.
- LI, X. *et al.* Recent progress on mid-infrared pulsed fiber lasers and the applications. **Optics & Laser Technology**, [s.l.], v. 158, Part B, 2023.
- LIN, G. H.; DEL AMO, F. S. L.; WANG, H. L. Laser therapy for treatment of peri-implant mucositis and peri-implantitis: An American Academy of Periodontology best evidence review. **Journal of Periodontology**, [s.l.], v. 89, n. 7, p. 766-782, 2018.
- LOBO JÚNIOR, M. C.; BADDAUY, L. S. Política de Inovação, Proteção do Conhecimento e Empreendedorismo: um estudo da relação entre a Universidade Estadual de Londrina e o setor produtivo. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 14, n. 2, p. 430-440, 2021.
- MATYS, J. *et al.* Photobiomodulation by a 635nm Diode Laser on Peri-Implant Bone: Primary and Secondary Stability and Bone Density Analysis – A Randomized Clinical Trial. **BioMed Research International**, [s.l.], p. 1-8, 2019.
- MAXIMIANO, V. *et al.* Nd:YAG laser and calcium sodium phosphosilicate prophylaxis paste in the treatment of dentin hypersensitivity: a double-blind randomized clinical study. **Clinical Oral Investigations**, [s.l.], v. 23, p. 3.331-3.338, 2019.
- MILORO, M.; CRIDDLE, TR. Does Low Level Laser Therapy Affect Recovery of Lingual and Inferior Alveolar Nerve Injuries? **Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, [s.l.], v. 76, n. 12, p. 2.669-2.675, 2018.
- MOEINTAGHAVI, A. *et al.* Low level laser therapy, Er,Cr:YSGG laser and fluoride varnish for treatment of dentin hypersensitivity after periodontal surgery: A randomized clinical trial. **Lasers in Medical Science**, [s.l.], v. 36, p. 1.949-1.956, 2021.
- MOHER, D. *et al.* PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. **Research Methods And Reporting**, [s.l.], p. 1-36, 2021.

MURAKAMI-MALAQUIAS-SILVA, F. *et al.* Evaluation of the effects of photobiomodulation on orthodontic movement of molar verticalization with mini-implant: A randomized double-blind protocol study, **Medicine (Baltimore)**, [s.l.], v. 99, n. 13, p. 1-12, 2020.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Em 14 de março, 2023. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/oral-health>. Acesso em: 31 mar. 2023.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Doença periodontal é uma das principais causas de perda total de dentes; conheça outros tipos de infecções.** Em 3 de novembro, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2022/outubro/doenca-periodontal-e-uma-das-principais-causas-de-perda-total-de-dentes-conheca-outros-tipos-de-infecoes>. Acesso em: 1º abr. 2023.

OZLEM, K. *et al.* Efficiency of Lasers and a Desensitizer Agent on Dentin Hypersensitivity Treatment: A Clinical Study. **Niger J Clin Pract**, [s.l.], v. 21, n. 2, p. 225-30, 2018.

PARKER, S. *et al.* Systematic Review of Delivery Parameters Used in Dental Photobiomodulation Therapy. In Photobiomodulation. **Photomedicine, and Laser Surgery**, [s.l.], v. 37, n. 12, p. 784-797, 2019.

POURSHAHIDI, S. *et al.* Comparison of Er,Cr:YSGG and diode laser effects on dentin hypersensitivity: a split-mouth randomized clinical trial. **Clinical Oral Investigations**, [s.l.], v. 23, p. 4.051-4.058, 2019.

REN, C. *et al.* Low-level laser-aided orthodontic treatment of periodontally compromised patients: a randomised controlled trial. **Lasers in Medical Science**, [s.l.], v.35, p. 729-739, 2019.

ROSS, Gerry; ROSS, Alana. Photobiomodulation: An invaluable tool for all Dental Specialties, **J Laser Dent**, [s.l.], v. 17, n. 3, p. 117-124, 2009.

SADIQ, M. S. *et al.* The Effectiveness of Lasers in Treatment of Oral Mucocele in Pediatric Patients: A Systematic Review, **Recent Advances in Laser Technology for Dental Materials and Biomedical Engineering**, [s.l.], v. 15, n. 7, p. 1-11, 2022.

SARICAM, E. *et al.* Evaluation of EDTA, QMix, and Irritrol solutions activated with Er,Cr:YSGG and diode lasers on the push-out bond strength of filling material, **Microsc Res Tech**, [s.l.], v. 84, n. 4, p. 584-591, 2021.

SGRECCIA, P. C. *et al.* Low-power laser and potassium oxalate gel in the treatment of cervical dentin hypersensitivity – a randomized clinical trial. **Clinical Oral Investigations**, [s.l.], v. 24, p. 4.463-4.473, 2020.

SILVA, R. M.; SABONARO, D. Z. Agência de inovação e empreendedorismo da UNIFAL-MG: impactos na gestão da propriedade intelectual, transferência de tecnologia e inovação. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 16, n. 5, p. 1.512-1520, 2023.

SINGH, V. *et al.* Photobiomodulation Alleviates Postoperative Discomfort After Mandibular Third Molar Surgery, **American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons**, [s.l.], v. 77, n. 12, p. 2.412-2.421, 2019.

SOL, G.; TUNER, J. Low-level laser therapy in dentistry. **Dental Clinics of North America**, Los Angeles, v. 48, n.4, p. 1061-1076, 2004.

TOZAR, K. N.; ALMAZ, M. E. Evaluation of the Efficacy of Erbium, Chromium-doped Yttrium, Scandium, Gallium, and Garnet Laser in Partial Pulpotomy in Permanent Immature Molars: A Randomized Controlled Trial, **J Endod**, [s.l.], v. 46, n. 5, p. 575-583, 2020.

USPTO – UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE. **European Patent Office (EPO)**. [2021]. Disponível em: <https://www.uspto.gov/learning-and-resources/pursuing-international-ipprotection/european-patent-office>. Acesso em: 7 fev. 2023.

VERMA, S. K. *et al.* Laser in dentistry: An innovative tool in modern dental practice. **National Journal of Maxillofacial Surgery**, Índia, v. 3, n. 2, p. 124-132, 2012.

WARNER, E. **Patenting and Innovation in China**: incentives, policy, and outcomes. Santa Monica, CA: Rand Graduate School Santa Monica, 2015. Disponível em: [https://www.rand.org/pubs/rgs\\_dissertations/RGSD347.html](https://www.rand.org/pubs/rgs_dissertations/RGSD347.html). Acesso em: 7 mar. 2023.

WIPO – WORLD INTELLECTUAL PROPERTY. **PCT – Sistema Internacional de Patentes**. [2023]. Disponível em: <https://www.wipo.int/pct/pt/index.html>. Acesso em: 29 mar. 2023.

## Sobre os Autores

### Thalia Ferreira da Silva

*E-mail*: [thalia.odontologia@gmail.com](mailto:thalia.odontologia@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1993-0596>

Bacharela em Odontologia pelo Centro Universitário UniGuairacá em 2021.

Endereço profissional: Universidade Estadual do Centro-Oeste, Departamento de Farmácia (DEFAR/G), Setor de Ciências da Saúde, Alameda Élio Antonio Dalla Vecchia, n. 838, Bairro, Vila Carli, Guarapuava, PR. CEP: 85040-167.

### Daniel de Paula

*E-mail*: [ddepaula@unicentro.br](mailto:ddepaula@unicentro.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6464-4524>

Doutor em Ciências Farmacêuticas pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo em 2007.

Endereço profissional: Universidade Estadual do Centro-Oeste, Departamento de Farmácia (DEFAR/G), Setor de Ciências da Saúde, Alameda Élio Antonio Dalla Vecchia, n. 838, Bairro, Vila Carli, Guarapuava, PR. CEP: 85040-167.