



**CESPU**

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

# Efeito da fotobiomodulação na aceleração do movimento dentário ortodôntico com alinhadores: Uma revisão sistemática

Emilie Eva-Claude Sainte-Rose-Rosemond

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Gandra, 29 de maio de 2020



**CESPU**

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Emilie Eva-Claude Sainte-Rose-Rosemond

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

**Efeito da fotobiomodulação na aceleração do  
movimento dentário ortodôntico com alinhadores:  
Uma revisão sistemática**

Trabalho realizado sob a Orientação de Mestre Aline dos Santos Gonçalves

## Declaração de Integridade

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.



**CESPU**  
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

*« The only limit to the height of your accomplishments is the scope of your dreams and your willingness to work hard to achieve them. »*

(Michelle Obama).



## Comunicação Científica em Congresso na Forma de Póster



 **EVENTOS CIENTÍFICOS IUCS**    **JORNADAS CIENTÍFICAS AEIUCS**    **XXIX JORNADAS CIENTÍFICAS DE CIÊNCIAS DENTÁRIAS**

**DIPLOMA**

O Presidente das XXIX Jornadas Científicas de Ciências Dentárias certifica que:

**Sainte Rose Rosemond E., Pinho T., Gonçalves A.**

apresentaram um trabalho científico sob a forma de poster intitulado, "A FOTOBIMODULAÇÃO NA ACELERAÇÃO DO MOVIMENTO DENTÁRIO ORTIDÔNTICO COM ALINHADORES" no âmbito das XXIX Jornadas subordinadas ao tema "Abordagens multidisciplinares da Medicina Dentária", que decorreram nos dias 14 e 15 de maio de 2021.

  
PROF. DOUTOR JOAQUIM MOREIRA  
PRESIDENTE DAS XXIX JORNADAS CIENTÍFICAS DE CIÊNCIAS DENTÁRIAS

 **CESPU**     **CESPU**  
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE     **AEIUCS**  
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE     **NMD AEIUCS**  
NÚCLEO MEDICINA DENTÁRIA - AEIUCS





## Agradecimentos

Esta dissertação representa para mim o culminar de um dos meus muitos sonhos. A todos os meus familiares que sempre acreditaram em mim, os meus sinceros agradecimentos pelo apoio moral e emocional, mesmo sendo a mais de 8.000 km de casa e não sendo fácil todos os dias.

Queria agradecer de forma especial a minha mãe, por todo o apoio e a confiança desde o início do meu percurso. Obrigada pela educação e por todo o amor que ela me deu ao longo da minha vida e que me permitiu chegar onde estou. Esta vitória também é dela.

Os meus sinceros agradecimentos a Fátima Ramires pela sua gentileza, pelo tempo que me dedicou e pelos seus conselhos preciosos ao longo de toda a minha tese.

À minha orientadora Aline Gonçalves, pela sua disponibilidade, dedicação e supervisão iluminada ao longo da redação da minha dissertação. Obrigada pelos conselhos e sua grande generosidade, que contribuíram para a minha reflexão.

Desejo expressar minha gratidão ao conjunto pedagógico por esta formação excecional e pelos conhecimentos que me transmitiram ao longo desse curso.

Por último, gostaria de agradecer os meus amigos e as maravilhosas amizades criadas durante estes cinco anos em Portugal, pelo inestimável apoio, contribuindo diretamente ou indiretamente para a realização deste trabalho.

A todos os que me rodeiam, recebam meu respeito e meus mais sinceros agradecimentos.



## RESUMO

**Introdução:** Atualmente, a procura por tratamentos ortodônticos mais curtos e bem-sucedidos, levou à introdução de métodos que visam acelerar a movimentação dentária ortodôntica. A fotobiomodulação é possivelmente uma revolução e consiste na aplicação de luz de baixa intensidade no infravermelho, a fim de induzir efeitos biológicos estimulantes e inibidores nas células-alvo.

**Objetivos:** Dar a conhecer o mecanismo de fotobiomodulação na aceleração do movimento dentário ortodôntico em pacientes com alinhadores.

**Materiais e Métodos:** Formulou-se uma questão, segundo a estratégia PICOS e como orientação o PRISMA. Uma pesquisa bibliográfica foi realizada na base de dados PubMed, Scopus e Web of Science utilizando combinações das palavras-chave e abrangendo artigos entre 2010 e 2020 de idioma Inglês.

**Resultados:** A fotobiomodulação permitiu uma diminuição do tempo de tratamento dos pacientes tratados com alinhadores transparentes, com um comprimento de onda terapêutico entre 850 e 980 nm. Está descrito na literatura, que a absorção de luz infravermelha pelo recetor mitocondrial predominante, o Citocromo C Oxidase, aumenta a produção de adenosina trifosfato, que por sua vez, aumenta a atividade metabólica intracelular e a remodelação do tecido periodontal induzindo a proliferação de osteoblastos do lado da tensão e de osteoclastos do lado da pressão.

**Conclusões:** A fotobiomodulação oferece inúmeros benefícios e tem sido demonstrado que apresenta efeitos positivos na aceleração do movimento dentário com alinhadores. No entanto, o seu mecanismo de ação ainda não é totalmente compreendido, existindo resultados controversos na literatura, provavelmente devido à variabilidade de dosagem do laser aplicada.

**Palavras-chave:** Fotobiomodulação; Terapia de luz de baixo nível; Alinhadores transparentes; Invisalign; Movimento dentário ortodôntico acelerado.



## ABSTRACT

**Introduction:** Currently, the search for shorter and more successful orthodontic treatments has led to the introduction of methods that aim to accelerate orthodontic tooth movement. Photobiomodulation is possibly a revolution and consists of the application of low intensity light in the infrared, in order to induce biological stimulating and inhibitory effects on the target cells.

**Objectives:** To make known the mechanism of photobiomodulation in the acceleration of orthodontic tooth movement in patients with aligners.

**Materials and Methods:** A guiding question was formulated, according to the PICOS strategy and with PRISMA as a guideline. A bibliographic search was performed in the database: PubMed, Scopus and Web of Science using combinations of keywords and covering articles between 2010 and 2020 in English.

**Results:** Photobiomodulation allowed a reduction in the treatment time for patients treated with clear aligners, with a therapeutic wavelength between 850 and 980 nm. It is described in the literature that the absorption of infrared light by the predominant mitochondrial receptor, Cytochrome C Oxidase, increases the production of adenosine triphosphate, which in turn increases the intracellular metabolic activity and the remodeling of the periodontal tissue inducing the proliferation of osteoblasts of the tension side and osteoclasts on the pressure side.

**Conclusions:** Photobiomodulation offers numerous benefits and has been shown to have positive effects in accelerating tooth movement with aligners. However, its mechanism of action is not yet fully understood, with controversial results in the literature, probably due to the variability of laser dosage applied.

**Keywords:** Photobiomodulation; Low level light therapy; Clear aligners; Invisalign; Accelerated orthodontic tooth movement.



## Índice Geral

1- Introdução .....	1
2- Materiais e Métodos.....	3
2.1- Critérios de Elegibilidade .....	3
2.2- Fontes de informação .....	4
2.3- Seleção dos artigos.....	6
2.4- Processo de coleta de dados .....	7
3- Resultados .....	7
3.1- Seleção dos artigos .....	7
3.2- Características dos estudos incluídos .....	9
3.2.1- Ano de publicação.....	9
3.2.2-Tipo de estudo .....	9
3.3- Resultados de estudos individuais.....	10
4- Discussão .....	17
4.1- Velocidade do movimento dentário ortodôntico com alinhadores .....	17
4.2- Alinhadores invisíveis e simulação ClinCheck.....	18
4.3- Fotobiomodulação : Biologia e efeitos sobre o movimento dentário .....	20
4.4- Parâmetros da fotobiomodulação.....	21
5- Limitações .....	24
6- Conclusão.....	25
7- Referências Bibliográficas .....	26





## Índice de figuras e Gráficos

Figura 1- Diagrama de fluxo PRISMA.....	8
Figura 2- Distribuição por ano de publicação dos artigos incluídos .....	9
Figura 3- Distribuição quanto ao tipo de estudo.....	9



## Índice de tabelas

Tabela 1- Estratégia PICOS.....	3
Tabela 2- Estratégia de busca e as bases de dados utilizados.....	5
Tabela 3- Dados e resultados extraídos dos estudos incluídos .....	11



## Lista de SIGLAS e Abreviaturas

CAT- Tratamento com alinhadores transparentes

PBM- Fotobiomodulação

CCO- Citocromo C Oxidase

ATP- Adenosina trifosfato

NO- Óxido Nítrico

PDL- Ligamento periodontal

IL- Interleucina

IL-1 $\beta$ - Interleucina1  $\beta$

TNF- $\alpha$ - Fator de necrose tumoral  $\alpha$

TIMPs- Inibidores de tecido de metaloproteinases

RANKL-Ligante do Recetor Ativador do Fator Nuclear Kappa B

RANK-Recetor do Ativador do Fator Nuclear Kappa B

OPG- Osteoprotegerina

MMPs- Metaloproteinases da Matriz Extracelular

LLLT- Terapia laser de baixo nível

OTM- Movimento dentário ortodôntico

LED- Díodos emissores de luz



## 1- Introdução

Atualmente, a comunidade está mais sensibilizada e cativada por um sorriso harmonioso, recorrendo-se, cada vez mais, ao tratamento ortodôntico como uma solução. Simultaneamente, há uma ampla procura por alternativas mais estéticas e confortáveis, por parte dos pacientes, em relação aos aparelhos fixos convencionais.<sup>(1)</sup>

Ao longo da última década, é bastante notório a constante evolução e inovação científica da Ortodontia, realçando a introdução de alinhadores fabricados digitalmente para movimentar progressivamente os dentes em pequenas sequências.<sup>(2)</sup>

Em 1946, Kesling introduziu pela primeira vez, o conceito de dispositivos ortodônticos invisíveis para mover os dentes desalinhados. Em 1998, a Align Technology Inc revolucionou a Ortodontia, com o lançamento do Invisalign®. Inicialmente, este dispositivo era utilizado para o tratamento de pequenos apinhamentos. O desenvolvimento contínuo de novos materiais e o avanço tecnológico, permitiu expandir a sua indicação para o tratamento de outras maloclusões.<sup>(3)</sup>

Podemos depreender, que o tratamento com alinhadores transparentes (CAT), oferece inúmeras vantagens em relação aos tratamentos ortodônticos tradicionais com aparelhos fixos, destacando-se a melhoria da estética, da autoestima, do conforto, da higiene oral, da saúde periodontal, diminuição da dor, redução do número e da duração das consultas e entre outros.<sup>(4)(1)</sup>

Hoje em dia, o progresso tecnológico e a introdução de métodos terapêuticos modernos estão constantemente a mudar a ortodontia contemporânea.<sup>(5)</sup> Da mesma forma, a percepção e a exigência por parte dos pacientes por um tratamento ortodôntico mais curto, mas com o maior sucesso clínico, levou a que as pesquisas, cada vez mais, se concentrassem em estratégias para acelerar o movimento dentário ortodôntico, com a finalidade de melhorar a eficácia e diminuir o tempo de tratamento.<sup>(6)(2)</sup> Estas estratégias são altamente desejáveis e benéficas, pois, a literatura científica, apoia que encurtar a duração do tratamento permite reduzir a probabilidade de efeitos adversos, como a reabsorção radicular externa, lesões de cárie, doenças periodontais e entre outros.<sup>(7)(8)</sup>

Os métodos com o intuito de acelerar o movimento dentário ortodôntico podem ser descritos como técnicas cirúrgicas ou não-cirúrgicas. As técnicas cirúrgicas, durante décadas, revelaram-se eficazes na aceleração do movimento dentário,<sup>(9)</sup> porém, adotam uma abordagem mais invasiva e a aceleração só ocorre nos primeiros 3 a 4 meses, diminuindo com o tempo.<sup>(10)</sup>

Em contrapartida, as técnicas não cirúrgicas, são as prediletas, pois são mais conservadoras, menos invasivas e nocivas. Dentro destas, podemos destacar os métodos que recorrem a fatores farmacológicos ou físicos como a vibração de ressonância, as forças cíclicas, a fotobiomodulação (PBM) e outros.<sup>(9)(11)</sup>

A fotobiomodulação, também conhecida como terapia de luz de baixo nível, consiste na aplicação de luz visível no infravermelho, a fim de induzir efeitos biológicos estimulantes e inibidores nas células-alvo.<sup>(12)</sup> O mecanismo de ação exato da PBM ainda não é completamente compreendido, contudo, é descrito pela absorção da luz no infravermelho pelo recetor mitocondrial predominante, o Citocromo C Oxidase (CCO), aumentando assim, a produção de adenosina trifosfato (ATP). Pode-se presumir que o aumento da produção de ATP aumenta a atividade metabólica intracelular e a remodelação do tecido periodontal.<sup>(12)(2)(13)</sup> Para além, da aceleração do movimento dentário, esta abordagem demonstrou diminuir a reabsorção radicular e outros efeitos colaterais indesejáveis.<sup>(12)</sup>

É possível, constatar que, na literatura científica, existem inúmeras revisões sistemáticas integrativas, que abordam o tema da PBM como coadjuvante da aceleração do movimento com aparelhos fixos convencionais. Contudo, após extensa pesquisa na literatura, não encontramos uma revisão sistemática integrativa que discutisse a PBM associada aos alinhadores transparentes. Portanto, com a enorme procura por tratamentos mais estéticos e confortáveis, a realização desta revisão tornou-se pertinente, para desmistificar este tema e fornecer, através de uma perspetiva inovadora, conhecimentos apoiados nas evidências científicas atuais.

Assim, propusemo-nos a realizar esta revisão sistemática integrativa com o objetivo de responder à seguinte questão norteadora: “De que forma a literatura aborda os efeitos da fotobiomodulação na aceleração do movimento dentário ortodôntico com alinhadores transparentes?”



## 2- Materiais e Métodos

Para a realização desta revisão, foi utilizada como orientação a checklist com 27 itens do PRISMA ("The Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-analysis"). (<http://www.prisma-statement.org/>)

### 2.1- Critérios de Elegibilidade

Como ponto de partida desta revisão sistemática integrativa, formulou-se uma questão norteadora, segundo a estratégia PICOS "*Population, Intervention, Comparison, Outcomes and Study design*". (Tabela 1)

Tabela 1- Estratégia PICOS

<b>População</b>	Pacientes em tratamento ortodôntico com alinhadores invisíveis
<b>Intervenção</b>	Aplicação de um laser de baixa intensidade
<b>Comparação</b>	Grupo irradiado, grupo controle (não irradiado)
<b>Resultados</b>	Efeito da fotobiomodulação na aceleração do movimento dentário ortodôntico com alinhadores
<b>Desenho dos estudos</b>	Estudos randomizados controlados e relatos de casos

Questão norteadora:

De que forma a literatura aborda os efeitos da fotobiomodulação na aceleração do movimento dentário ortodôntico com alinhadores transparentes?

**- Critérios de inclusão:**

- Artigos publicados desde 2010 até 2020;
- Artigos *in vivo* realizados em humanos;
- Idioma: inglês;
- Artigos na íntegra que retratem a temática e fornecem informações relevantes;
- Estudos randomizados controlados e relatos de casos.

**- Critérios de exclusão:**

- Artigos anteriores a 2010;
- Artigos pré-clínicos (*in vitro* em animais);
- Artigos com idioma diferente do inglês;
- Artigos cujo título e/ou o resumo não se enquadram na temática;
- Artigos cujo título e/ou o resumo dizem respeito a dispositivos fixos;
- Teses e dissertações;
- Meta-análises e revisões sistemáticas.

## **2.2- Fontes de informação**

Uma pesquisa bibliográfica foi realizada na base de dados até março 2020: PubMed (via National Library of Medicine), Scopus e Web of Science. Foram analisados artigos publicados entre 2010 e 2020 de idioma Inglês. A pesquisa utilizou palavras-chave relacionados com o tema em questão. A expressão de pesquisa foi igual em todas as bases de dados e as estratégias de busca estão detalhadas na seguinte tabela: (Tabela2)

**Tabela 2-** Estratégia de busca e as bases de dados utilizados

Base de dados :	Estratégia de busca :	Artigos identificados :	Artigos selecionados :
Pubmed	("photobiomodulation"OR"photobiomodulation therapy" OR "low level light therapy" OR "LLLT " OR "laser therapy" OR "laser irradiation" OR "low power laser therapy" OR "low level laser therapy" OR "low power laser irradiation" OR "laser biostimulation" OR "laser phototherapy" OR "low intensity laser therapy" OR "PBMT"OR "laser" OR "laser light" OR "low-energy laser" OR "low-intensity laser" OR "photobiostimulation" OR "LED") AND ("Accelerated tooth movement" OR "orthodontic movement" OR "tooth movement" OR "orthodontic forces" OR "tooth acceleration" OR "dental acceleration" OR "accelerating dental movement" OR "Orthodontic treatment") AND ("clear aligner" OR invisalign OR "invisible aligners" OR "removable orthodontic" OR "removable orthodontic appliance" OR "clear aligner appliance" OR "aligner appliance" OR "transparent aligner" OR "orthodontic dental alignment" OR "invisible removal aligners" OR "invisible orthodontics").	55	11
Scopus	("photobiomodulation"OR"photobiomodulation therapy" OR "low level light therapy" OR "LLLT " OR "laser therapy" OR "laser irradiation" OR "low power laser therapy" OR "low level laser therapy" OR "low power laser irradiation" OR "laser biostimulation" OR "laser phototherapy" OR "low intensity laser therapy" OR "PBMT"OR "laser" OR "laser light" OR "low-energy laser" OR "low-intensity laser" OR "photobiostimulation" OR "LED") AND ("Accelerated tooth movement" OR "orthodontic movement" OR "tooth movement" OR "orthodontic forces" OR "tooth acceleration" OR "dental acceleration" OR "accelerating dental movement" OR "Orthodontic treatment") AND ("clear aligner" OR invisalign OR "invisible aligners" OR "removable orthodontic" OR "removable orthodontic appliance" OR "clear aligner appliance" OR "aligner appliance" OR "transparent aligner" OR "orthodontic dental alignment" OR "invisible removal aligners" OR "invisible orthodontics").	1	1



<b>Web of Science</b>	("photobiomodulation"OR"photobiomodulation therapy" OR "low level light therapy" OR "LLLT " OR "laser therapy" OR "laser irradiation" OR "low power laser therapy" OR "low level laser therapy" OR "low power laser irradiation" OR "laser biostimulation" OR "laser phototherapy" OR "low intensity laser therapy" OR "PBMT"OR "laser" OR "laser light" OR "low-energy laser" OR "low-intensity laser" OR "photobiostimulation" OR "LED") AND ("Accelerated tooth movement" OR "orthodontic movement" OR "tooth movement" OR "orthodontic forces" OR "tooth acceleration" OR "dental acceleration" OR "accelerating dental movement" OR "Orthodontic treatment") AND ("clear aligner" OR invisalign OR "invisible aligners" OR "removable orthodontic" OR "removable orthodontic appliance" OR "clear aligner appliance" OR "aligner appliance" OR "transparent aligner" OR "orthodontic dental alignment" OR "invisible removal aligners" OR "invisible orthodontics").	20	5
-----------------------	---	----	---

## 2.3- Seleção dos artigos

### Etapa I:

Foi realizada uma pesquisa avançada utilizando as palavras-chave na base de dados com uma única expressão de pesquisa. Foram removidos os artigos duplicados, usando a ferramenta de citações Mendeley. O título e o resumo dos artigos identificados e potencialmente relevantes foram submetidos a uma avaliação preliminar, realizada por dois autores (A.G.; E.R) para determinar se eles atendiam ao objetivo pretendido para o estudo.

### Etapa II:

Os estudos potencialmente elegíveis, que respeitam os critérios de inclusão, foram lidos na íntegra e avaliados quanto à sua elegibilidade.

### **Etapa III:**

Foi concluída a avaliação completa dos artigos. Os dados foram extraídos e organizados em forma de tabela.

## **2.4- Processo de coleta de dados**

As seguintes informações de cada artigo foram selecionadas e organizadas em forma de tabela: Nome do primeiro autor; Ano de publicação; Tipo de estudo; Participantes; Diagnóstico; Parâmetros de laser; Parâmetros do movimento ortodôntico; Principais resultados.

## **3- Resultados**

### **3.1- Seleção dos artigos**

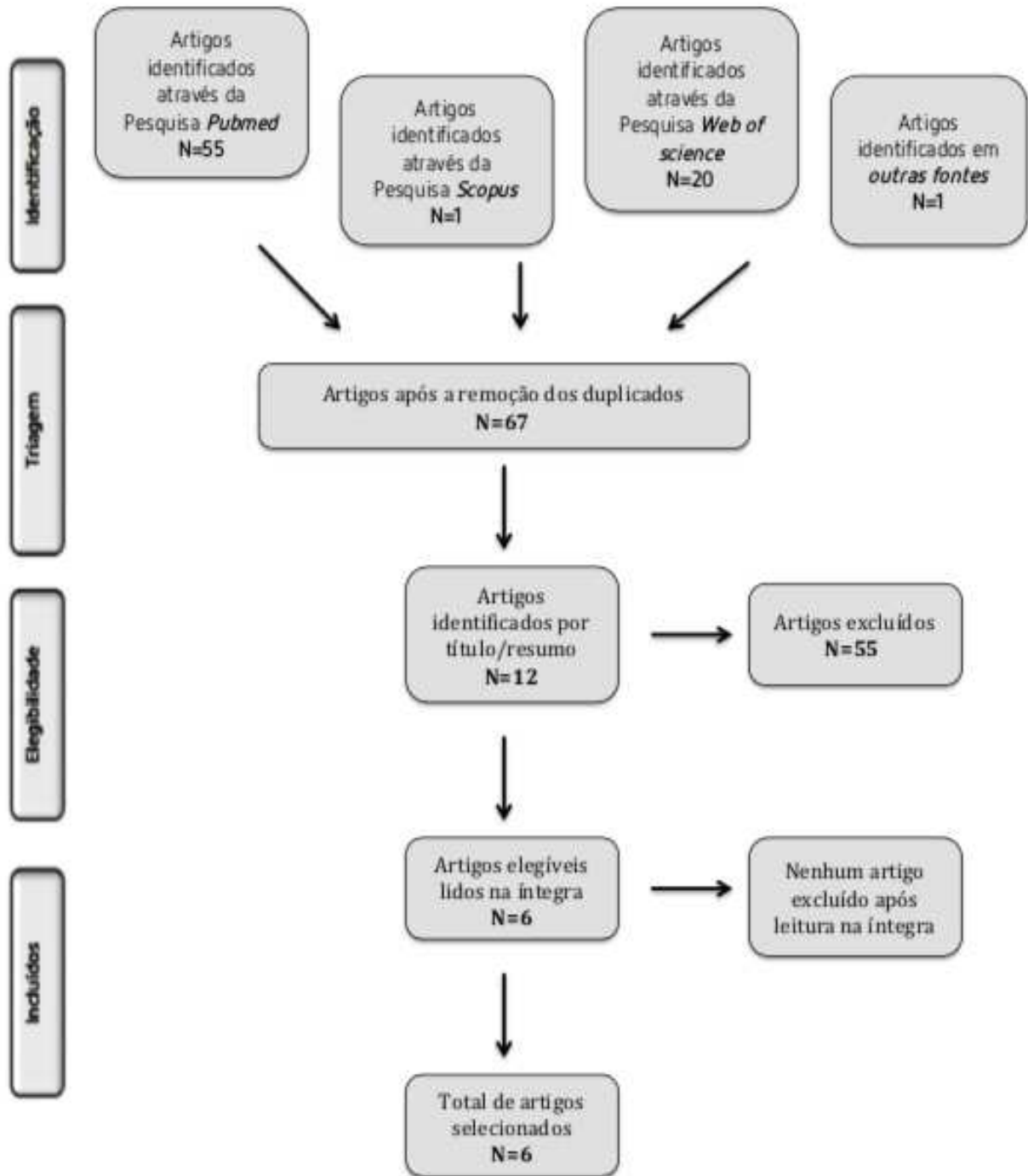
#### **Etapa I: Resultados da base de dados**

A partir das bases de dados de buscas bibliográficas e da pesquisa manual utilizada na presente revisão sistemática integrativa, foram encontrados no total 77 artigos. A remoção dos duplicados (critério de exclusão) resultou num total de 67 artigos. Após a leitura dos títulos e resumos 12 artigos foram selecionados para análise posterior, 55 artigos foram excluídos, porque foram considerados como irrelevantes ou porque não satisfizeram os critérios de inclusão, perfazendo assim um total de 6 artigos.

#### **Etapa II: Revisão dos artigos**

Os 6 artigos foram lidos na íntegra e avaliados individualmente quanto à elegibilidade, dos quais todos foram selecionados. (Figura 1)

Figura 1- Diagrama de fluxo PRISMA



## 3.2- Características dos estudos incluídos

### 3.2.1- Ano de publicação

Relativamente ao período de publicação, o ano de 2016 e 2017 registou maior número de artigos sobre o tema em questão. O Ano 2016 e 2017 com 2 artigos cada (33,33%), e por fim, o ano 2018 e 2020 com um artigo cada (16,7%).

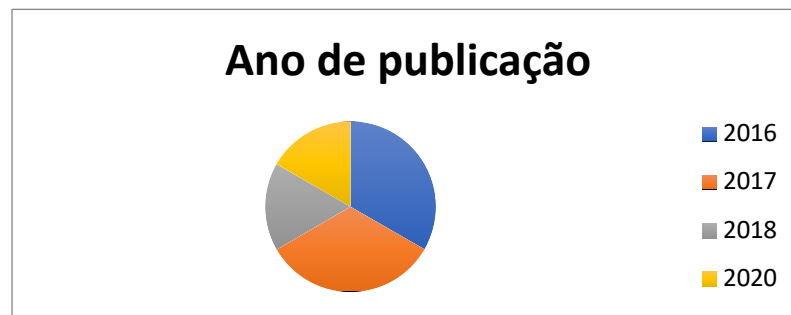


Figura 2- Distribuição por ano de publicação dos artigos incluídos

### 3.2.2-Tipo de estudo

Quanto ao tipo de estudos dos artigos avaliados, 1 é estudo clínico randomizado (16,7%) e 5 são relatos de casos (83,3%), em humanos.

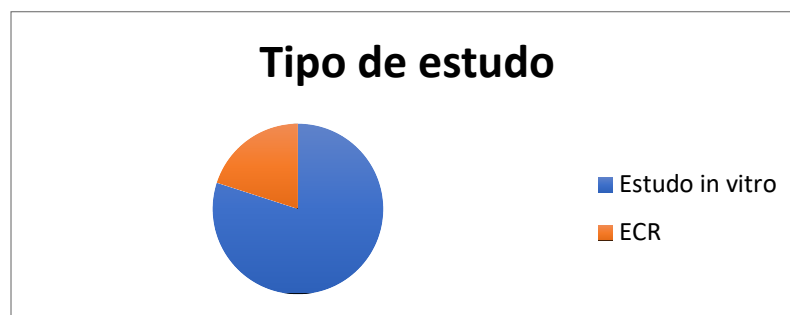


Figura 3- Distribuição quanto ao tipo de estudo

### 3.3- Resultados de estudos individuais

Os resultados mais pertinentes encontrados em cada estudo foram extraídos e agrupados em quatro categorias e subsequentemente foram organizados numa tabela de forma a propiciar uma análise mais dinâmica, interativa e estruturada. (Tabela 2)



Tabela 3- Dados e resultados extraídos dos estudos incluídos

Autor (ano) Tipo de estudo	Participantes	Diagnóstico	Parâmetros do laser	Parâmetros do movimento ortodôntico	Principais resultados
<p>Ojima et al. (2016) Relato de caso</p>	<p>1 paciente (40 anos)</p>	<p>-Mordida aberta anterior; -Mordida cruzada do incisivo lateral superior direito; -Apinhamento ântero-superior e ântero-inferior; -Arcada superior em forma de V; -Malocclusão de Classe I; -Incompetência labial.</p>	<p><b>-Tipo de Laser:</b> OrthoPulse® (LEDs infravermelhos); <b>-Comprimento de onda:</b> 850 nm; <b>-Densidade de energia:</b> NR; <b>-Potência de saída:</b> NR; <b>-Duração:</b> 10 min por dia (5 min por arcada); <b>-Método de aplicação/região anatômica:</b> O dispositivo foi entregue ao paciente e foi instruído que esta deveria morder levemente o dispositivo, sendo a luz direcionada para a gengiva ao redor das raízes dos dentes e trocar os alinhadores a cada três dias;  (Cooperação monitorada remotamente através de uma aplicação que comunica com o médico via internet : OrthoPulse® App).</p>	<p><b>-Tipo de alinhador:</b> Invisalign®; <b>-Tratamento/duração previsto:</b> 46 conjuntos de alinhadores ao longo de 21 meses. Troca dos alinhadores a cada 2 semanas. (Simulação ClinCheck); <b>-Redução interproximal:</b> Foi realizado para aliviar o apinhamento na região dos segundos molares superiores (adicionado 0,2 mm de espaço), nos primeiros molares superiores (0,3mm), nos segundos pré-molares superiores (0,5 mm), nos primeiros pré-molares superiores (0,7 mm) e nos caninos superiores (0,6 mm); <b>-Tratamento terapêutico periodontal:</b> NR; <b>-Tratamento terapêutico não periodontal:</b> NR.</p>	<p>-A PBM permitiu que os alinhadores fossem trocados a cada três dias (tratamento inicial previa a troca a cada duas semanas); -Paciente não relatou dor ou pressão excessiva ao trocar os alinhadores com maior frequência; -Tratamento concluído em 6 meses (originalmente planejado para 92 semanas).</p>

<p><b>Caccianiga et al. (2016)</b> Estudo clínico randomizado controlado</p>	<p>21 pacientes (17-41 anos)</p>	<p>-Maloclusão de Classe I; -Apinhamento moderado (4 até 6 mm) na arcada inferior.</p>	<p><b>-Tipo de Laser:</b> Laser de diodo; <b>-Comprimento de onda:</b> 980 nm; <b>-Densidade de energia:</b> 150 J/cm<sup>2</sup> por arcada; <b>-Potência de saída:</b> 1 W (modo contínuo); <b>-Duração:</b> 300 s (150 s por arcada), em semanas alternadas, controlado nos dias 0 e 14 (depois de 2 semanas); <b>-Método de aplicação/ região anatômica:</b> O laser foi aplicado fora da cavidade oral, sob a maçã do rosto, ao nível do maxilar e da mandíbula (3 aplicações em cada arcada).</p>	<p><b>-Tipo de alinhador:</b> Alinhador invisível; <b>-Tratamento/duração previsto:</b> 12 horas por dia no grupo irradiado e 12 ou 22 horas por dia no grupo controle, durante 2 semanas; <b>-Tratamento terapêutico periodontal:</b> NR; <b>-Tratamento terapêutico não periodontal:</b> NR.</p>	<p>-Diminuição da duração do tratamento no grupo irradiado (tratamento com alinhador de 12h por dia), em comparação ao grupo não irradiado, submetidos ao tratamento com alinhadores de 22h por dia.</p>
<p><b>Todd e Dickerson (2017)</b> Relato de caso</p>	<p>2 pacientes (14-25 anos)</p>	<p><i>Primeiro paciente:</i> -Aversão aos espaçamentos triangulares entre os incisivos centrais superiores; -Apinhamento mandibular leve a moderado com sobreerupção dos</p>	<p><b>-Tipo de Laser:</b> OrthoPulse® (LEDs infravermelhos); <b>-Comprimento de onda:</b> 850 nm; <b>-Densidade de energia:</b> NR; <b>-Potência de saída:</b> NR; <b>-Duração:</b> 10 min por dia (5 min por</p>	<p><b>-Tipo de alinhador:</b> Invisalign®; <b>-Tratamento/duração previsto:</b> <i>Primeiro paciente:</i> 45 conjuntos de alinhadores ao longo de 90 semanas. Troca dos alinhadores a cada 2 semanas; <i>Segundo paciente:</i> Alargar as arcadas, posicionar os dentes para</p>	<p>-A PBM permitiu que os alinhadores fossem trocados a cada 2,3 dias de acordo com o algoritmo de autoavaliação (tratamento inicial previa a troca a cada duas semanas); - Os pacientes não relataram nenhum evento adverso durante o</p>

		<p>incisivos; -Mordida moderada ; -Maxila e mandíbula levemente retrusivas e lábio superior curto.</p> <p><u>Segundo paciente:</u> -Tendência para a mordida aberta esquelética; -Níveis ósseos normais; -Arcadas constrictas; -Dentes inclinados para o palato; -Apinhamento anterior inferior moderado; -Mordida cruzada anterior dentária e relações molares e caninas de Classe I.</p>	<p>arcada);</p> <p><u>Segundo paciente:</u> Após o período inicial de estudo aumento dos tratamentos OrthoPulse® para duas vezes por dia;</p> <p><b><u>-Método de aplicação/região anatômica:</u></b> NR.</p>	<p>o enxerto gengival e também alinhar os dentes, aliviar o apinhamento mandibular e melhorar o arco do sorriso (Troca dos alinhadores a cada 7 dias);</p> <p>(Mudanças individualizadas do alinhador com o algoritmo de autoavaliação. A pressão de alinhamento avaliada em uma escala de 3 pontos. Quando atingiu 1 (pressão mais baixa), o paciente deveria passar para o próximo alinhador);</p> <p><b><u>-Tratamento terapêutico periodontal:</u></b> NR;</p> <p><b><u>-Tratamento terapêutico não periodontal:</u></b> NR.</p>	<p>tratamento;</p> <p><u>Primeiro paciente:</u> Tratamento concluído em 43 semanas (originalmente planejado para 90 semanas);</p> <p><u>Segundo paciente:</u> Tratamento concluído em 39 semanas (originalmente planejado para 84 semanas); -O paciente relatou sentir-se menos sensível à pressão e sentir menos dor no início do uso diário do OrthoPulse®. E depois (PBM para 2 vezes por dia) relatou maior redução da dor.</p>
--	--	--	---	--	---

<p><b>Ojima e Kau (2017)</b> Relato de caso</p>	<p>1 paciente (26 anos)</p>	<p>-Apinhamento anterior; -Maloclusão de Classe I e mordida cruzada anterior nos incisivos laterais superiores.</p>	<p><b>-Tipo de Laser:</b> OrthoPulse® (LEDs infravermelhos);</p> <p><b>-Comprimento de onda:</b> 850 nm;</p> <p><b>-Densidade de energia:</b> Menos de 50 mW/cm<sup>2</sup>;</p> <p><b>-Potência de saída:</b> NR;</p> <p><b>-Duração:</b> 10 min por dia (5 min por arcada);</p> <p><b>-Método de aplicação/região anatômica:</b> A luz é direcionada para a superfície alveolar quando o aparelho está na boca.</p>	<p><b>-Tipo de alinhador:</b> Invisalign®;</p> <p><b>-Tratamento/duração previsto:</b> 31 conjuntos de alinhadores ao longo de 16 meses. Troca dos alinhadores a cada 2 semanas. (Simulação ClinCheck);</p> <p><b>-Tratamento terapêutico periodontal:</b> NR;</p> <p><b>-Tratamento terapêutico não periodontal:</b> NR.</p>	<p>-A PBM permitiu que os alinhadores fossem trocados a cada três dias (tratamento inicial previa a troca a cada duas semanas);</p> <p>-Tratamento concluído em 4 meses (originalmente planejado para 62 semanas).</p>
---	---------------------------------	---	---	---	--

<p><b>Ojima et al. (2018)</b> Relato de caso</p>	<p>1 paciente (23 anos)</p>	<p>-Dentes anteriores superiores protruídos; -Incisivo lateral superior direito ausente (agenesia); -Primeiro pré-molar superior esquerdo extraído; -Mordida aberta anterior; -Relação canina classe II.</p>	<p><b>-Tipo de Laser:</b> Protótipo de OrthoPulse® (LEDs infravermelhos) com extensão distal;</p> <p><b>-Comprimento de onda:</b> NR;</p> <p><b>-Densidade de energia:</b> NR;</p> <p><b>-Potência de saída:</b> NR;</p> <p><b>-Duração:</b> 10 min duas vezes por dia (5 min por arcada);</p> <p><b>-Método de aplicação/região anatômica:</b> NR.</p>	<p><b>-Tipo de alinhador:</b> Invisalign®;</p> <p><b>-Tratamento/duração previsto:</b> Distalização sequencial dos molares superiores; Trocar de alinhadores a cada 3 dias;</p> <p><b>-Tratamento terapêutico periodontal:</b> A gengivoplastia foi realizada na região anterior superior direita para obter simetria estética das margens gengivais; reanatomização do canino superior direito em incisivo lateral;</p> <p><b>-Tratamento terapêutico não periodontal:</b> Extração do molar inferior esquerdo e dos dois terceiros molares superiores.</p>	<p>-A PBM permitiu que os alinhadores fossem trocados a cada três dias; - A PBM melhorou o rastreamento do alinhamento, melhorando a ancoragem anterior e, ao mesmo tempo, acelerando o movimento dos molares; -Tratamento concluído em 11 meses com 111 conjuntos de alinhadores.</p>
--	---------------------------------	--	---	--	--

<p>Ojima et al. (2020) Relato de caso</p>	<p>1 paciente (32 anos)</p>	<p>-Apinhamento severo e protusão dos dentes anteriores superiores; -Vestibuloversão do segundo pré-molar inferior esquerdo e do canino superior direito; -Incisivos laterais superiores em palatoversão; -Desvio da linha média superior para a direita; -Perfil reto; -Nenhuma alteração esquelética.</p>	<p><b>-Tipo de Laser:</b> OrthoPulse® (LEDs infravermelhos);</p> <p><b>-Comprimento de onda:</b> NR;</p> <p><b>-Densidade de energia:</b> NR;</p> <p><b>-Potência de saída:</b> NR;</p> <p><b>-Duração:</b> 10 min por dia (5 min por arcada);</p> <p><b>-Método de aplicação/região anatômica:</b> A parte arqueada do aparelho OrthoPulse® cobre os dentes do segundo pré-molar direito ao segundo pré-molar esquerdo.</p>	<p><b>-Tipo de alinhador:</b> Invisalign®;</p> <p><b>-Tratamento/duração previsto:</b> 8 meses previstos. (Simulação ClinCheck); Troca dos alinhadores a cada 3 dias;</p> <p><b>-Tratamento terapêutico periodontal:</b> Implante colocado no local de extração do primeiro molar inferior esquerdo no final do tratamento;</p> <p><b>-Tratamento terapêutico não periodontal:</b> Extração dos dois primeiros pré-molares superiores e do primeiro molar inferior esquerdo.</p>	<p>-A PBM permitiu que os alinhadores fossem trocados a cada três dias; -A radiografia panorâmica não mostrou reabsorção radicular ou alteração no nível do osso alveolar, indicando que o quadro era estável; -Tratamento concluído em 8 meses.</p>
---	---------------------------------	---	--	--	--

## 4- Discussão

Esta revisão sistemática integrativa teve como objetivo verificar se a fotobiomodulação é capaz de acelerar o movimento dentário em pacientes tratados ortodonticamente com alinhadores invisíveis, bem como analisar as diversas teorias atuais envolvidas na biologia e nos efeitos da terapia de baixo nível envolvidos no movimento ortodôntico, recorrendo a evidências recolhidas em estudos realizados em humanos.

### 4.1- Velocidade do movimento dentário ortodôntico com alinhadores

A velocidade do movimento dentário ortodôntico depende da remodelação óssea, que é o resultado de um processo inflamatório após a aplicação de forças ortodônticas nos dentes.<sup>(14)</sup>

A força ortodôntica aplicada à estrutura dentária resulta no movimento dentário por deposição e reabsorção do osso alveolar, denominada remodelação óssea. Essa força é convertida em atividade biológica<sup>(14)</sup>, e embora essa atividade não seja totalmente compreendida, existem duas teorias mais aceitas pela comunidade científica que ajudam a esclarecer os mecanismos envolvidos no movimento dentário ortodôntico, a teoria bioelétrica e a teoria pressão-tensão.<sup>(15)</sup>

A teoria pressão-tensão é a teoria mais aceita, segundo a qual a aplicação de uma força ortodôntica no dente provoca uma área de compressão dos vasos sanguíneos do PDL (área oposta à aplicação da força) e uma área de extensão das fibras do ligamento (do lado da aplicação da força).

A compressão e a tensão estão associadas aos fatores de sinalização específicos, estabelecendo gradientes locais para regular a remodelação do osso e do ligamento periodontal para o deslocamento dos dentes.<sup>(16)</sup>

Na área de tensão, há um aumento de mediadores de formação óssea, como IL-1, IL-1  $\beta$ , IL-6, TNF- $\alpha$ , TIMPs, e na área de compressão predomina o aumento de mediadores associados à reabsorção óssea como RANKL, RANK, OPG, MMPs.<sup>(17)</sup>

Como os outros meios de tratamento ortodôntico, os alinhadores movem os dentes aplicando forças de compressão e de tração sobre o periodonto.<sup>(18)</sup>

Os alinhadores são fabricados a partir de um plástico fino e transparente que se encaixa nas superfícies vestibular, lingual/palatina e oclusal dos dentes. São tradicionalmente usados por um mínimo de 20 horas por dia e são trocados sequencialmente a cada duas semanas.<sup>(19)(15)</sup>; no entanto, um período ideal para a utilização dos alinhadores ainda não foi estabelecido.<sup>(12)</sup>

O movimento dentário ideal ocorre quando forças leves e contínuas são aplicadas e mantidas. No entanto, as forças iniciais aplicadas por um alinhador diminuem e estabilizam à medida que os dentes se movem.<sup>(18)(20)</sup> Quando os dentes são movidos para as suas posições programadas, o alinhador não aplicará mais força e o paciente sentirá uma diminuição na pressão.<sup>(18)(20)</sup>

Também existe alguma variabilidade individual em termos da velocidade de movimento dos dentes.<sup>(18)</sup>

Todd e. Diskerson (2017) realizou um estudo em que a pressão do alinhador observada pelo paciente foi usada para determinar a taxa ideal de mudança do alinhamento.<sup>(18)</sup> Cada paciente foi solicitado a preencher um questionário diário, com a pressão de alinhamento avaliada em uma escala de três pontos. Quando atingiu a valor 1 (pressão mais baixa), o paciente teve que passar para o próximo alinhador.<sup>(18)</sup>

De fato, usando este novo algoritmo de autoavaliação, permite adaptar a nossa biomecânica à biologia única de cada paciente.<sup>(18)</sup>

## 4.2- Alinhadores invisíveis e simulação ClinCheck

Recentemente, com os avanços dos materiais termoplásticos transparentes e da tecnologia computadorizada, os alinhadores transparentes estão cada vez mais disponíveis e eficazes para alinhar dentes em uma variedade de maloclusões.<sup>(4)</sup>



O dispositivo CAT mais complexo disponível atualmente é o Invisalign, desenvolvido pela Align Technology® (Santa Clara, CA). Ele oferece a utilidade de digitalização ou de impressão, um plano de tratamento computadorizado ajustável pelo médico e uma manipulação de modelo 3D computadorizado com alto padrão de precisão.<sup>(4)</sup>

Na verdade, a linha condutora do sistema Invisalign® consiste em poder efetuar um planejamento de tratamento previsto antecipadamente. Um software denominado ClinCheck® permite visualizar as etapas do tratamento até o resultado final por meio de uma modelagem 3D dos movimentos dentários. Em seguida, para ser capaz de atingir os objetivos do tratamento escolhido, inicia-se a confecção de uma série de alinhadores que o paciente deverá usar.<sup>(21)(22)</sup> Um estudo interno da Align Technology revelou que aproximadamente 80% dos movimentos dentários observados no Clincheck eram esperados.<sup>(23)</sup>

Ojima et al. (2016), Ojima e Kau (2017) e Ojima e al. (2020), durante os seus estudos, usaram o modelo de pré-tratamento virtual para planejar o tratamento elaborado a partir do programa Align Technology ClinCheck.<sup>(12)(2)(24)</sup>

De fato, Ojima et al. (2016) realizaram um tratamento numa mulher de 40 anos com uma maloclusão de classe I usando alinhadores Invisalign® com ajuda da PBM. A simulação ClinCheck planejou 46 conjuntos de alinhadores ao longo de 21 meses.<sup>(12)</sup>

Ojima e Kau (2017) elaboram um tratamento num paciente de 26 anos que também apresentava maloclusão de Classe I, utilizando alinhadores Invisalign® com ajuda da PBM. A simulação ClinCheck planejou 31 alinhadores ao longo de 16 meses.<sup>(2)</sup>

Ojima et al (2020) realizaram um tratamento num paciente de 32 anos, com numerosos apinhamentos mas também dentes anteriores superiores protruídos, utilizando alinhadores Invisalign® com ajuda da PBM. A simulação ClinCheck planejou um tratamento por um total de 8 meses.<sup>(24)</sup>

Para os dois primeiros estudos citados anteriormente, o movimento dentário obtido não foi totalmente coerente com o movimento dentário elaborado por Clincheck, pois na realidade com a ajuda da fotobiomodulação o tratamento de Ojima et al. (2016) foi concluído em 6 meses <sup>(12)</sup> e o de Ojima e Kau (2017) em 4 meses.<sup>(2)</sup>

### 4.3- Fotobiomodulação : Biologia e efeitos sobre o movimento dentário

O uso de lasers em ortodontia é recente e tem demonstrado efeitos biológicos em tecidos moles e duros.<sup>(26)</sup> Envolve o uso de baixa energia, próximo à luz infravermelha, ou de díodos emissores de luz para estimular a remodelação óssea.<sup>(25)(26)(27)</sup>

Ao nível celular, pensa-se que a PBM ative o recetor mitocondrial predominante, o Citocromo C Oxidase, já que este último absorve luz próxima do espectro infravermelho. Por sua vez, os fotões excitariam os cromóforos específicos do comprimento de onda para iniciar as vias de sinalização. A ativação do CCO aumentaria diretamente a produção de adenosina trifosfato (ATP) por meio de um gradiente de alta concentração de protões através da membrana mitocondrial interna.<sup>(12)(13)</sup>

Estudos também descobriram que o CCO se dissocia do inibidor de óxido nítrico (NO), um radical livre e importante molécula de sinalização, para aumentar ainda mais a biodisponibilidade do ATP.<sup>(12)</sup> A produção de ATP aumentaria a atividade metabólica intracelular e a remodelação do tecido periodontal.<sup>(12)(2)(13)</sup>

Portanto, a melhoria do movimento dentário pode ser devido à bio estimulação da remodelação óssea.<sup>(28)</sup> De fato, o LLLT (Low level laser therapy) estimularia a remodelação óssea por indução da proliferação de osteoblastos (formação óssea) do lado da tensão e de osteoclastos (reabsorção óssea) do lado da pressão.<sup>(25)(26)</sup>

O LLLT, parece capaz de produzir o movimento dentário esperado, com tempo de uso reduzido, permitindo uma gestão mais fácil dos alinhadores invisíveis.<sup>(27)</sup>

De fato, Caccianiga et al (2016), realizaram um estudo sobre pacientes tratados ortodonticamente com alinhadores transparentes, utilizando um processo acelerado de PBM (Díodo Laser). Eles observaram uma redução na duração do tratamento no grupo irradiado, tratado com alinhador por 12 horas ao dia, em comparação ao grupo não irradiado submetido ao tratamento com alinhador por 22 horas ao dia.<sup>(27)</sup>

Além disso, estudos de caso publicados, sobre o tratamento usando Invisalign com a PBM, mostraram que os pacientes podem trocar de alinhadores mais rapidamente do que com o protocolo padrão Invisalign, reduzindo assim a duração do tratamento.<sup>(18)</sup>

Ojima et al (2016), Ojima e Kau (2017) e Ojima et al (2018), verificaram que a PBM possibilitou a troca de alinhadores a cada três dias em vez de duas semanas, portanto, os tratamentos foram concluídos vários meses antes.<sup>(12)(2)(13)</sup>

Outros pontos positivos são apresentados em relação à PBM. Pode acelerar o movimento dos dentes sem causar reabsorção radicular ou outros efeitos colaterais prejudiciais como a dor dentária.<sup>(18)(24)</sup>

Ojima et al (2020) e Todd e Dickerson (2017), em estudos com pacientes tratados com Invisalign, além de acelerar o movimento dentário, verificaram a ausência de efeitos adversos da fotobiomodulação.<sup>(24)(18)</sup> Ojima et al (2020) neste estudo de caso, demonstram que o uso da PBM não apresentou reabsorção radicular nem mudança no nível do osso alveolar, indicando condição estável.<sup>(24)</sup> Todd e Dickerson (2017) acrescentam que, um paciente apresentou redução da dor dentária através do uso de PBM.<sup>(18)</sup>

#### **4.4- Parâmetros da fotobiomodulação**

A irradiação laser tem uma variedade de efeitos nos tecidos, desde a bio estimulação até a fotoperturbação. A magnitude desses efeitos depende do comprimento de onda, densidade de energia, potência de saída, tempo de irradiação do laser <sup>(26)</sup> e dos diferentes sistemas de laser associados a diferentes efeitos bio estimuladores.<sup>(25)</sup>

Dentro do tecido, há uma "janela ótica" que se estende aproximadamente de 650 nm até 1200 nm, onde a penetração efetiva da luz no tecido é maximizada.

A fluência (densidade de energia) usada é geralmente entre 1 e 20 J cm<sup>2</sup> enquanto a irradiância (potência de saída) pode variar consideravelmente dependendo da fonte de luz real e do tamanho do ponto. Foi observado que valores entre 5 e 50 mW/cm<sup>2</sup> são comuns para estimulação e cicatrização, enquanto radiações muito maiores (até W/cm<sup>2</sup>) podem ser usadas para inibição nervosa e alívio da dor.<sup>(28)</sup>

Em relação ao efeito da terapia laser na quantidade do movimento dentário, existem resultados controversos na literatura.<sup>(25)</sup>

Acredita-se que a razão para esses vários resultados seja a dosagem do laser aplicada.<sup>(25)</sup>

Isso ocorre porque a PBM segue uma curva bifásica de dose-resposta, na qual pouca energia deixará de provocar uma resposta e, inversamente, muita energia inibirá a bio estimulação.<sup>(29)</sup>

Foi demonstrado que doses entre 2J e 8J por sessão pode acelerar o movimento dentário, enquanto uma dose de 18,4J por sessão não apresentou diferenças.

Além disso, em estudos com humanos, há evidências de qualidade baixa a moderada do que os comprimentos de onda entre 780nm e 940nm aceleram o OTM.<sup>(29)</sup>

O laser de díodo tem melhor penetração no tecido humano e é um dispositivo eficaz para uso na prática clínica ortodôntica.<sup>(27)</sup>

No estudo de Caccianiga et al. (2016), foi utilizado para o tratamento, alinhadores invisíveis em associação com a PBM, um díodo laser externo com fibra ótica de onda plana para o grupo irradiado (comprimento de onda contínua de 980 nm com potência de saída de 1 Watt e uma densidade de energia de 150 J/cm<sup>2</sup> por arco durante 300 segundos (150s por arco em semana alternada). Esta bio estimulação externa parece ter resultados positivos, pois foi observada redução do tempo de tratamento no grupo irradiado (tratamento com alinhadores 12 horas por dia), em comparação ao grupo não irradiado (tratamento com alinhadores 22 horas por dia).<sup>(27)</sup>

Estudos recentes mostraram que a PBM intraoral (IR), usando densidade de energia mais baixa, pode aumentar significativamente a taxa de movimento dentário, diminuindo o tempo de alinhamento.

O uso do dispositivo intraoral demonstrou um aumento semelhante na taxa de alinhamento do dispositivo extraoral. De fato, os tecidos moles e o sangue absorvem até 80 a 90% da irradiação de entrada.

Isso sugere que a aplicação de luz infravermelha na superfície do revestimento alveolar permite o contato direto com os tecidos periodontais e o osso alveolar, o que minimiza a absorção da luz pelos tecidos moles das bochechas.<sup>(30)</sup>

Os casos clínicos realizados por Ojima et al (2016), Todd e Dickerson (2017), Ojima e Kau (2017), Ojima et al. (2018) e Ojima et al. (2020), usaram o tratamento intraoral de PBM chamado OrthoPulse® com a associação de alinhadores Invisalign. O tempo de uso foi de 10 minutos por dia (5 minutos por arcada).<sup>(12)(18)(2)(13)(24)</sup>

O OrthoPulse® é um dispositivo PBM, aprovado pela U.S. Food and Drug Administration,<sup>(27)</sup> que usa díodos emissores de luz (LEDs) que produzem 850 nanômetros de luz (muito perto do espectro infravermelho)<sup>(12)</sup> com uma densidade de energia menor de 50 mW/cm<sup>2</sup><sup>(13)</sup> para acelerar, com segurança, o movimento dentário.<sup>(27)</sup>

Este aparelho sem fio, feito de silicone de uso médico e integra um conjunto de circuitos LED flexíveis. A luz é direcionada para a superfície alveolar, uma vez posicionado na boca.<sup>(13)</sup> Além disso, o OrthoPulse® demonstrou acelerar uma variedade de movimentos dentários em animais e humanos, incluindo nivelamento, alinhamento e fechamento do espaço, em até 2,3 vezes.<sup>(27)</sup>

Durante os estudos clínicos, usando o dispositivo OrthoPulse®, os pacientes puderam trocar os alinhadores a cada três dias, reduzindo assim consideravelmente a duração do tratamento<sup>(12)(18)(2)(13)(24)</sup>, sem qualquer perda de seguimento.<sup>(13)</sup>

Além disso, como os alinhadores transparentes são removíveis, a cooperação do paciente é particularmente importante. Usar um método simples e não invasivo como o OrthoPulse® também pode ajudar a melhorar a adesão, a motivação e a satisfação enquanto acelera o movimento dentário ortodôntico.<sup>(12)</sup>

## 5- Limitações

Esta revisão sistemática integrativa apresenta várias limitações. A primeira limitação deve-se ao fato do número de artigos selecionados ser reduzido, devido ao uso recente da fotobiomodulação em conjunto com alinhadores transparentes. Todos os estudos incluídos foram publicados entre 2016 e 2020. Portanto, é por isso que os artigos foram selecionados entre 2010 e 2020.

Além disso, nos estudos incluídos, não foram detalhados os mediadores envolvidos nas interações do movimento dentário que comprovam que a fotobiomodulação funcionaria. Pelo contrário, alguns estudos descreveram os mecanismos sobre a mudança biológica durante o uso da PBM em dispositivos fixos.

Outra limitação é o fato que as amostras da população neste reduzido número de estudos incluídos, não são suficientemente grandes.

Uma avaliação mais precisa dos parâmetros do dispositivo PBM deveria ser aprofundada, a fim de encontrar o mecanismo ideal para acelerar a movimento dentário com segurança. De fato, a escassez dos estudos clínicos disponíveis exige uma certa prudência na sua utilização. Devem ser realizados estudos sobre os efeitos a longo prazo para excluir qualquer risco grave indesejável.

Apesar das suas numerosas limitações, um vasto e completo conhecimento teórico ajuda e permite uma melhor compreensão dos processos utilizados e aplicados, representando um passo importante para uma melhor classificação e uma base para o êxito clínico.

## 6- Conclusão

De acordo com a evolução das pesquisas e estudos sobre esta temática, de facto, foi demonstrado que a PBM apresenta efeitos positivos reais na aceleração do movimento dentário ortodôntico com alinhadores, podendo assim ser uma alternativa a outros métodos de aceleração de movimento dentário mais invasivos e cujos efeitos colaterais são superiores aos benefícios proporcionados.

No entanto, o mecanismo de ação exato da PBM ainda não foi totalmente esclarecido, existindo resultados controversos na literatura, provavelmente devido à variabilidade de dosagem de laser aplicada.

Desta forma, mais estudos devem ser realizados de forma a descobrir um protocolo mais eficiente, melhorar seu efeito e reduzir a frequência de irradiação, de forma a tornar o método mais clinicamente aplicável.

## 7- Referências Bibliográficas

1. Tamer I, Öztas E, Marsan G. Orthodontic treatment with clear aligners and the scientific reality behind their marketing: A literature review [Internet]. Vol. 32, Turkish Journal of Orthodontics. AVES; 2019 [cited 2021 Mar 13]. p. 241–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32110470/>
2. Ojima K, Kau CH. A perspective in accelerated orthodontics with aligner treatment. Semin Orthod. 2017 Mar 1;23(1):76–82.
3. Ke Y, Zhu Y, Zhu M. A comparison of treatment effectiveness between clear aligner and fixed appliance therapies. BMC Oral Health [Internet]. 2019 Jan 23 [cited 2021 Mar 13];19(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30674307/>
4. Weir T. Clear aligners in orthodontic treatment. Aust Dent J [Internet]. 2017 Mar 1 [cited 2021 Mar 13];62:58–62. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28297094/>
5. Kacprzak A, Strzecki A. Methods of accelerating orthodontic tooth movement: A review of contemporary literature [Internet]. Vol. 55, Dental and Medical Problems. Wroclaw Medical University; 2018 [cited 2021 Mar 13]. p. 197–206. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30152625/>
6. Nimeri G, Kau CH, Abou-Kheir NS, Corona R. Acceleration of tooth movement during orthodontic treatment - a frontier in Orthodontics [Internet]. Vol. 14, Progress in Orthodontics. Elsevier Masson s.r.l.; 2013 [cited 2021 Mar 13]. p. 1–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24326040/>
7. Yi J, Xiao J, Li H, Li Y, Li X, Zhao Z. Effectiveness of adjunctive interventions for accelerating orthodontic tooth movement: a systematic review of systematic reviews [Internet]. Vol. 44, Journal of Oral Rehabilitation. Blackwell Publishing Ltd; 2017 [cited 2021 Mar 14]. p. 636–54. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28301678/>
8. Goymen M, Gulec A. Effect of photobiomodulation therapies on the root resorption associated with orthodontic forces: a pilot study using micro computed tomography. Clin Oral Investig [Internet]. 2020 Apr 1 [cited 2021 Mar 14];24(4):1431–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31773372/>



9. Almpani K, Kantarci A. Nonsurgical Methods for the Acceleration of the Orthodontic Tooth Movement. *Front Oral Biol* [Internet]. 2015 [cited 2021 Mar 13];18:80–91. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26599121/>
10. Impellizzeri A, Horodynski M, Fusco R, Palaia G, Polimeni A, Romeo U, et al. Photobiomodulation therapy on orthodontic movement: Analysis of preliminary studies with a new protocol. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2020 May 2 [cited 2021 Mar 13];17(10). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32438716/>
11. Jedliński M, Romeo U, Del Vecchio A, Palaia G, Galluccio G. Comparison of the effects of photobiomodulation with different lasers on orthodontic movement and reduction of the treatment time with fixed appliances in novel scientific reports: A systematic review with meta-analysis [Internet]. Vol. 38, *Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery*. Mary Ann Liebert Inc.; 2020 [cited 2021 Mar 13]. p. 455–65. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32678697/>
12. Ojima K, Dan C, Kumagai Y, Schupp W. Invisalign Treatment Accelerated by Photobiomodulation. *J Clin Orthod*. 2016 May 1;50(5).
13. Ojima K, Dan C, Watanabe H, Kumagai Y. Upper molar distalization with Invisalign treatment accelerated by photobiomodulation. *J Clin Orthod*. 2018 Dec 1;52(12):675–83.
14. Asiry MA. Biological aspects of orthodontic tooth movement: A review of literature [Internet]. Vol. 25, *Saudi Journal of Biological Sciences*. Elsevier B.V.; 2018 [cited 2021 Apr 17]. p. 1027–32. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30174498/>
15. Zainal Ariffin SH, Yamamoto Z, Zainol Abidin LZ, Megat Abdul Wahab R, Zainal Ariffin Z. Cellular and molecular changes in orthodontic tooth movement. *ScientificWorldJournal* [Internet]. 2011 [cited 2021 Apr 17];11:1788–803. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22125437/>
16. Li Y, Jacox LA, Little SH, Ko CC. Orthodontic tooth movement: The biology and clinical implications. Vol. 34, *Kaohsiung Journal of Medical Sciences*. Elsevier (Singapore) Pte Ltd; 2018. p. 207–14.
17. Ling C, Cai R, Gong Y, Ding X. DR3 and its ligands take roles in periodontium remodeling during orthodontic tooth movement. *J Dent Sci* [Internet]. 2021 Jan 1 [cited 2021 Apr 17];16(1):356–64. Available from:

- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33384820/>
18. Dickerson TE. Invisalign with Photobiomodulation: Optimizing Tooth Movement and Treatment Efficacy with a Novel Self-Assessment Algorithm. *J Clin Orthod*. 2017 Mar 1;51(3):157–65.
  19. Lagravère MO, Flores-Mir C. The treatment effects of Invisalign orthodontic aligners: A systematic review. *J Am Dent Assoc [Internet]*. 2005 [cited 2021 Apr 17];136(12):1724–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16383056/>
  20. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Forces and moments generated by removable thermoplastic aligners: Incisor torque, premolar derotation, and molar distalization. *Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet]*. 2014 [cited 2021 Apr 17];145(6):728–36. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24880843/>
  21. Krieger E, Seiferth J, Marinello I, Jung BA, Wriedt S, Jacobs C, et al. Invisalign®-Behandlungen im Frontzahnbereich: Wurden die vorhergesagten Zahnbewegungen erreicht? *J Orofac Orthop [Internet]*. 2012 Sep [cited 2021 Apr 17];73(5):365–76. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22890691/>
  22. Dai FF, Xu TM, Shu G. Comparison of achieved and predicted tooth movement of maxillary first molars and central incisors: First premolar extraction treatment with Invisalign. *Angle Orthod [Internet]*. 2019 [cited 2021 Apr 17];89(5):679–87. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30920875/>
  23. Houle JP, Piedade L, Todescan R, Pinheiro FHSL. The predictability of transverse changes with Invisalign. *Angle Orthod [Internet]*. 2017 Jan 1 [cited 2021 Apr 17];87(1):19–24. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27304231/>
  24. Ojima K, Dan C, Watanabe H, Kumagai Y, Nanda R. Accelerated extraction treatment with the Invisalign system and photobiomodulation. *J Clin Orthod*. 2020 Mar 1;54(3):151–8.
  25. Yassaei S, Aghili H, Afshari JT, Bagherpour A, Eslami F. Effects of diode laser (980 nm) on orthodontic tooth movement and interleukin 6 levels in gingival crevicular fluid in female subjects. *Lasers Med Sci [Internet]*. 2016 Dec 1 [cited 2021 Apr 18];31(9):1751–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27680969/>
  26. Chiari S. Photobiomodulation and Lasers. *Front Oral Biol [Internet]*. 2015 [cited 2021 Apr 18];18:118–23. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26599125/>
  27. Caccianiga G, Crestale C, Cozzani M, Piras A, Mutinelli S, Lo Giudice A, et al. Low level

- laser therapy and invisible removal aligners. *J Biol Regul Homeost Agents*. 2016;30(2):107–13.
28. Hamblin MR, Huang YY, Sharma SK, Carroll J. Biphasic dose response in low level light therapy - an update. *Dose-Response [Internet]*. 2011 [cited 2021 Apr 19];9(4):602–18. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22461763/>
  29. Mistry D, Dalci O, Papageorgiou SN, Darendeliler MA, Papadopoulou AK. The effects of a clinically feasible application of low-level laser therapy on the rate of orthodontic tooth movement: A triple-blind, split-mouth, randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet]*. 2020 Apr 1 [cited 2021 Apr 19];157(4):444–53. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32241351/>
  30. Shaughnessy T, Kantarci A, Kau CH, Skrenes D, Skrenes S, Ma D. Intraoral photobiomodulation-induced orthodontic tooth alignment: A preliminary study. *BMC Oral Health [Internet]*. 2016 [cited 2021 Apr 19];16(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26762247/>