JAIR CARNEIRO LEÃO FILHO

Alteração da morfologia de superfície do esmalte dental e temperatura intrapulpar no descolamento de dispositivos cerâmicos com lasers de alta potência: revisão sistemática e meta-análise

> São Paulo 2021

JAIR CARNEIRO LEÃO FILHO

Alteração da morfologia de superfície do esmalte dental e temperatura intrapulpar no descolamento de dispositivos cerâmicos com lasers de alta potência: revisão sistemática e meta-análise

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia (Dentística) para obter o título de Mestre em Ciências.

Orientador: Profa. Dra. Patricia Moreira de Freitas

São Paulo 2021 Catalogação da Publicação Serviço de Documentação Odontológica Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Leão Filho, Jair Carneiro.

Alteração da morfologia de superfície do esmalte dental e temperatura intrapulpar no descolamento de dispositivos cerâmicos com lasers de alta potência: revisão sistemática e metaanálise / Jair Carneiro Leão Filho; orientador Patricia Moreira de Freitas -- São Paulo, 2021. 62 p. : fig., tab. graf. ; 30 cm.

Dissertação (Mestradp) -- Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de concentração: Dentística. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo. Versão corrigida.

1. Esmalte dentário. 2. Braquete ortodôntico. 3. Laser. I. Freitas, Patricia Moreira de. II. Título.

Fábio Jastwebski – Bibliotecário - CRB8/5280

Leão Filho JC. Alteração da morfologia de superfície do esmalte dental e temperatura intrapulpar no descolamento de dispositivos cerâmicos com lasers de alta potência: revisão sistemática e meta-análise. Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Aprovado em: 22 / 11 / 2021

Banca Examinadora

Profa. Dra. Marina Stella Bello Silva Instituição: Externo

Julgamento: Aprovado

Profa. Dra. Tamara Kerber Tedesco Instituição: Universidade Ibirapuera

Julgamento: Aprovado

Prof. Dr. Carlos de Paula Eduardo Instituição: Faculdade de Odontologia da USP Julgame

Julgamento: Aprovado

A meus pais, Jair e Ana, e minhas irmãs, Aninha e Bia, por todo apoio financeiro e emocional para realização de um sonho.

A meus avós, Edir, Melinha e Lurdinha, por serem minha fonte de inspiração diária.

A meus tios e primos por todo incentivo ao longo desses anos.

À minha namorada e parceira, Samar, pelo carinho, paciência e companheirismo.

À minha orientadora, Profa. Patricia Moreira de Freitas, por abrir as portas e me incentivar a cada dia. A senhora é uma inspiração acadêmica e pessoal.

A meus amigos do colégio, natação, graduação e do grupo sqnta, pela amizade, carinho e apoio.

À Ju e Lu, por terem se tornado minha família em SP e obrigado por todo carinho, acolhimento e dividir todos os perrengues.

À minhas amigas de entrada de pós-graduação, Bruninha, Mari, My, Isa, Taina, Lala, Cami por tornarem meus dias mais divertidos e leves.

Aos orientados e ex-orientados da Profa. Patricia, Fernanda, Eric, Camila, Juliana e Yael pelo acolhimento.

Aos amigos da pós-graduação pela ajuda na adaptação em uma nova Faculdade e por tornarem o dia-dia mais alegres.

Ao meu bom Deus por fazer pessoas incríveis cruzarem meu caminho!

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, representada pelo diretor Prof. Dr. Rodney Garcia Rocha, que me proporcionou uma estrutura excepcional contribuindo para meu conhecimento.

Ao Departamento de Dentística, representada pelo chefe do departamento, Prof. Dr. Celso Luiz Caldeira, e vice chefe do departamento, Profa. Dra. Adriana Bona Matos, e a todos os professores do Departamento, pela dedicação em ensinar e compartilhar todo conhecimento adquirido ao longo dos anos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

À minha orientadora Profa. Dra. Patricia Moreira de Freitas pela ajuda e paciência durante execução da pesquisa.

À Pedro Sales, Gustavo Escudeiro, Profa. Tamara Tedesco e Profa. Karen Müller, pela ajuda na execução da pesquisa e sempre disponíveis para tirar as minhas dúvidas, sem vocês não seria possível.

" O amor como essência da vida" Edir Carneiro Leão

RESUMO

Leão Filho. Alteração da morfologia de superfície do esmalte dental e temperatura intrapulpar no descolamento de dispositivos cerâmicos com lasers de alta potência: revisão sistemática e meta-análise [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2021. Versão Corrigida.

A alta demanda por estética trouxe um aumento na procura por materiais cerâmicos na Odontologia, resultando na predileção entre os pacientes por braquetes ortodônticos cerâmicos. A baixa resistência à fratura e alta força de união desses dispositivos cerâmicos ao esmalte pode provocar danos irreversíveis à estrutura dental sadia durante o processo de descolamento. Nesse contexto, os lasers de alta potência, devido a sua capacidade de interação com os materiais resinosos que unem o braquete ao esmalte, têm sido estudados para contornar esses possíveis danos ao tecido dental. O objetivo da presente revisão sistemática é comparar os lasers de alta potência com os alicates ortodônticos no descolamento de braquetes cerâmicos, com enfoque na alteração da morfologia de superfície do esmalte e aumento de temperatura intrapulpar. Foi realizada uma busca sistematizada nas bases de dados Pubmed, Cochrane Central, Scopus, Lilacs e Single via Open Grey até agosto de 2020 (seguindo o protocolo estabelecido pelo PRISMA) e realizado o processo de avaliação do risco de viés. 1.134 artigos foram identificados e doze deles foram incluídos para avaliação final baseados nos critérios de inclusão e exclusão. Os lasers foram divididos em dois subgrupos para melhor análise dos dados: subgrupos "lasers interaction by ablation" (formado pelos lasers Er:YAG, Er,Cr:YSGG e Tm:YAP) e "lasers interaction by termal softening" (formado pelos lasers de diodo e CO2). As análises de alteração de surperfície do esmalte envolveram os testes de Adhesive Remanant Index (ARI) e Shear Bond Strengh (SBS); além disso, foi avaliado o aumento de temperatura intrapulpar durante a irradiação dos braquetes. Para o teste de ARI, o subgrupo lasers interaction by ablation apresentou melhor resultado do que o grupo controle (p=0.005); entretanto, em uma análise geral de todos os lasers de alta potência, não houve diferença estatisticamente significante em relação ao grupo controle (p=0.12); da mesma forma, não houve diferença estatisticamente significante entre os subgrupos testados (p=0.111). Na análise de SBS todos os lasers de alta

potência reduziram a força de união (8.91 MPa), com menores valores para os lasers do subgrupo *lasers interaction by ablation* (9.28 MPa). Adicionalmente, a análise de temperatura mostrou que nenhum laser nos estudos selecionados atingiu o limiar crítico de 5,5°C. Mesmo havendo uma tendência aos lasers do subgrupo "*interaction by ablation*" sobre os do subgrupo "*interaction by termal softening*" de melhores resultados, não é possível afirmar qual o melhor comprimento de onda e parâmetros para descolamento de braquetes ortodônticos cerâmicos devido à pouca quantidade de estudos primários.

Palavras-chave: Esmalte. Braquete ortodôntico. Laser.

ABSTRACT

Leão Filho. Alteration of dental enamel surface morphology and intrapulpal temperature in the debonding of ceramic devices with high-power lasers: systematic review and meta-analysis [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2021. Versão Corrigida.

The high aesthetic demand of the population brought an increase in the demand for ceramic materials in dentistry resulting in the predilection among patients for ceramic orthodontic brackets. The low fracture resistance and the need for greater bonding strength of these ceramic devices can cause irreversible damage to the healthy dental structure during the debonding process. With this, high-power lasers have been studied during the last decades to overcome these possible damages to dental tissue due to their capacity to interact with the resin materials responsible for bonding the bracket to the enamel. The objective of this systematic review is to compare highpower lasers with orthodontic pliers in the debonding of ceramic brackets by evaluating enamel surface alteration and temperature increase. A systematic search was performed in the Pubmed, Cochrane Central, Scopus, Lilacs, and Single databases via Open Grey until August 2020, following the protocol established by Prisma and the assessment process risk of bias. 1,134 articles were identified and twelve of them were included for final evaluation based on inclusion and exclusion criteria. The lasers were divided into two subgroups for better data analysis. First subgroup lasers interaction by ablation formed by lasers Er:YAG, Er,Cr:YSGG and Tm:YAP, and the second subgroup lasers interaction by thermal softening formed by the diode and CO₂ lasers. The enamel surperficial alteration analyses involved the Adhesive Remanant Index (ARI) and Shear Bond Strengh (SBS) tests, and intrapulpal temperature increase was evaluated during bracket irradiation. For the ARI test, the subgroup lasers interaction by ablation presented better than the control group (p=0.005); however, in a general analysis of all high-power lasers there was no statistically significant difference concerning the control group (p=0.12) in the same way there was no statistically significant difference between the subgroups tested (p=0.111). In the SBS analysis, all high-power lasers reduced the shear bond strength (8.91 MPa), with favoritism to lasers of the subgroup lasers interaction by ablation (9.28 MPa). Additionally,

temperature analysis showed that no laser in the selected studies reached the critical threshold of 5.5°C. Even though there is a tendency to laser interaction by ablation on lasers interaction by thermal softening, we cannot affirm the best wavelength and parameters for debonding of ceramic orthodontic brackets due to the limited amount of primary studies.

Keywords: Enamel. Orthodontic brackets. Laser.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Fluxograma do processo de seleção dos artigos	6
Figura 3.2 - <i>Forest plot</i> da meta-análise do ARI4	.3
Figura 3.3 - <i>Funnel plot</i> da meta-análise do ARI4	4
Figura 3.4 - <i>Forest plot</i> da meta-análise do SBS4	-5
Figura 3.5 - <i>Funnel plot</i> da meta-análise do SBS4	-6
Figura 3.6 - <i>Forest plot</i> da meta-análise de temperatura4	7
Figura 3.7 - <i>Funnel plot</i> da meta-análise de temperatura48	8
Figura 4.1 - Gráfico de absorção dos diferentes comprimentos de onda52	2

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 -	Termos de pesquisa específicos para cada banco de dados
Tabela 3.1-	Parâmetros dos lasers incluídos no subgrupo lasers interaction by ablation
Tabela 3.2-	Parâmetros dos lasers incluídos no subgrupo lasers interaction by thermal softening
Tabela 3.3-	Resultados dos testes de ARI, SBS e temperatura dos artigos dos lasers incluídos no subgrupo lasers interaction by ablation40
Tabela 3.4-	Resultado dos testes de ARI, SBS e temperatura dos artigos dos lasers incluídos no subgrupo lasers interaction by thermal softening41

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ARI	adhesive remnant index
CO ₂	dióxido de carbono
GES	Gustavo Escudeiro da Silva
Er:YAG	érbio: ítrio-alumínio-granada
Er,Cr:YSGG	érbio-cromo: ítrio-escândio-gálio-granada
Hz	hertz
JCLF	Jair Carneiro Leão Filho
J/cm ²	joule por centímetro quadrado
KMR	Karen Müller Ramalho
MeSH	Medical Subject Heading
mJ	milijoule
MPa	megapascal
mm	milímetros
Ν	não
PHHS	Pedro Henrique da Hora Sales
PICOS	Pacientes, Intervenção, Comparação, Variáveis, Desenho do estudo
PMF	Patricia Moreira de Freitas
PRISMA	Preferred Reporting Itens for Systematic Reviews and Meta-analysis
PROSPERO	International prospective register of systematic reviews
S	sim
S	segundo(s)
SBS	shear bond strength
W	watts
μm	micrometros

μs microssegundo(s)

LISTA DE SÍMBOLOS

- % porcentagem
- °C graus Celsius
- ® marca registrada
- = igual
- > maior
- < menor

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO	25
2	MATERIAL E MÉTODOS	29
3	RESULTADOS	35
4	DISCUSSÃO	51
5	CONCLUSÃO	57
6	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a alta demanda por estética trouxe um aumento na procura por materiais cerâmicos na Odontologia (Fabbri et al., 2014). A introdução dos braquetes cerâmicos para realização dos tratamentos ortodônticos surgiu em meados da década de 80 para suprir o aumento da procura desses procedimentos por adultos vinculado a uma alta exigência estética (Bishara; Trulove, 1990; Azzeh; Feldon, 2003; Ahrari et al., 2012).

A superioridade estética que os braquetes cerâmicos oferecem comparado aos dispositivos metálicos fazem dele o preferido entre os pacientes (Ahrari et al., 2012). A maioria dos braquetes cerâmicos são feitos de alumina em forma policristalina ou monocristalina, dependendo do método de fabricação. Os materiais cerâmicos estão associados à alta resistência de união (após colagem) e estética (Sarp; Gulsoy, 2011), mas têm significativamente menor resistência à fratura, quebrando durante o processo de remoção (Tehranci et al., 2011). Comparados aos braquetes metálicos, os dispositivos cerâmicos podem resultar em uma maior incidência de danos irreversíveis ao esmalte, em forma de trincas e fraturas, durante a remoção mecânica com alicates ortodônticos (técnica convencional); em alguns casos, pode haver a necessidade de realização de uma restauração para devolver função e estética ao dente danificado (Azzeh; Feldon, 2003).

Por outro lado, a fratura dos braquetes cerâmicos - que ocorrem em 10 a 30% quando são removidos com alicates ortodônticos - pode causar injúrias aos olhos, aspiração ou ingestão de fragmentos dos braquetes pelo paciente (Ahrari et al., 2012). Além disso, a base fragmentada remanescente do dispositivo cerâmico necessita ser removida com pontas diamantadas em alta rotação, levando a um maior tempo clínico e também a um aumento significativo no risco de comprometimento à estrutura do esmalte dental hígido (Ahrari et al., 2012). Com o objetivo de evitar problemas, como trincas e fraturas, durante o processo de remoção, diversas técnicas de descolamento vêm sendo estudadas, como: descolamento com ultrassom, descolamento por um processo termoelétrico e uso de instrumentos especiais projetados para remoção mecânica (Hayakawa, 2005). Entretanto, a falta de controle sobre a quantidade exata de energia térmica entregue por essas técnicas pode ocasionar um aumento de temperatura durante a remoção do braquete, resultando em possível comprometimento do complexo dentino-pulpar (Tehranci et al., 2011). Nesse contexto, a utilização dos lasers de alta potência surge como uma alternativa para a remoção de dispositivos cerâmicos, visto a possibilidade de controle da quantidade de energia transmitida (Ma et al., 1997).

A utilização dos lasers na odontologia é diversa, sendo classificados como lasers de baixa potência e de alta potência. Terapias com lasers de baixa potência são conhecidas por seus efeitos biomoduladores, incluindo analgesia, modulação do processo inflamatório e aceleração da cicatrização (Dos Santos et al., 2011), enquanto os lasers de alta potência surgem com sua capacidade de corte e ablação dos tecidos e compósitos. Estudos recentes reportam as vantagens dos lasers de baixa potência na ortodontia afim de acelerar a movimentação ortodôntica e na redução da dor durante o tratamento. Em contrapartida, os lasers de alta potência, com diferentes comprimentos de onda, vêm sendo testados para tornar o processo de descolamento de braquetes ortodônticos cerâmicos mais simples e seguro ao tecido dental (Ge et al., 2015; Hayakawa, 2005).

Os lasers de alta potência com diferentes comprimentos de onda vêm sendo estudados para o descolamento de braquetes ortodônticos cerâmicos desde 1992, quando foram primeiramente descritos por Strobl et al. (1992) e continuam até os dias atuais. A energia do laser é transmitida através da cerâmica, interage e altera o material de união, resultando em um fácil descolamento e exigindo uma menor força mecânica de remoção do braquete (Demirkan et al., 2016).

A alteração do agente de união braquete-esmalte, através da irradiação com lasers de alta potência, pode ocorrer por amolecimento térmico (*thermal softening*) ou por ablação (*ablation*) (Letokhov, 1988). O amolecimento térmico acontece por dano térmico do agente de união de forma lenta até amolecer, resultando em um deslize do braquete sobre a estrutura do dente; a ablação, por sua vez, consiste em um processo de transmissão de energia rápido o suficiente para o material resinoso atingir o nível de vaporização antes de ocorrer o amolecimento térmico; ou seja, na ablação existe uma interação da energia transmitida com o grupo hidroxila e moléculas de água presente no compósito. Além disso, o descolamento por amolecimento térmico é ocasionado por baixas densidades de potência, tornando o processo lento e podendo resultar em um aumento significativo da temperatura no braquete e no tecido dental; em contrapartida, a ablação ocorre em densidades de potência elevadas e de forma

rápida, levando a pouca difusão do calor e, consequentemente, poucas alterações de temperatura nos braquetes e no esmalte (Letokhov, 1988; Chiriila et al., 1990).

Diferentes comprimentos de onda vêm sendo estudados em busca do parâmetro de irradiação ideal para reduzir a força necessária de descolamento, diminuir os possíveis danos ao esmalte, minimizar os riscos de comprometimento dentino-pulpar, reduzir a incidência de fraturas de braquetes e estabelecer um tratamento menos traumático e menos doloroso para os pacientes. Portanto, o objetivo desta revisão é realizar de forma sistemática a análise de todos os trabalhos já publicados na literatura sobre o assunto, com o objetivo de comparar os diferentes comprimentos de onda de lasers de alta potência com alicates ortodônticos para realização do descolamento de dispositivos ortodônticos cerâmicos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente revisão sistemática foi relatado de acordo com o *Preferred Reporting Itens for Systematic Reviews and Meta-analysis* (PRISMA), registrado no PROSPERO com o protocolo CRD42020201316, e o processo de elaboração seguiu a seguinte estratégia do PICOS: **P** - Pacientes necessitando a remoção do braquete ortodôntico cerâmico; **I** - Uso dos lasers de alta potência para descolamento de braquetes ortodônticos cerâmicos; **C** - Uso de alicates ortodônticos para remoção de braquetes ortodônticos cerâmicos; **O** - Alterações morfológicas na superfície do esmalte e análise de temperatura; **S** - Estudos *in vitro*.

2.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A busca foi realizada nos seguintes bancos de dados: PubMed, Cochrane Central, Scopus, Lilacs e a literatura cinzenta via Open Grey, até 14 de agosto de 2020.

Nos bancos de dados citados foram utilizadas estratégias de busca específicas para cada base, criada através dos seguintes descritores extraídos do *Medical Subject Heading (MeSH): "Enamel", "Orthodontic bracket"* e *"Laser"*. Adicionalmente, foi realizada uma busca manual nas referências dos artigos selecionados e nos principais periódicos disponíveis sobre laser. A estratégia de busca completa utilizada pode ser visualizada abaixo, na tabela 2.1.

Eletronic Database	Search strategy used	Items found
Keywords	Enamel; Orthodontic bracket; Laser.	
PubMed	<pre>((((("Enamel") OR "teeth") OR "tooth") OR "orthodontic bracket") OR "orthodontic brace") AND ((((((("Laser") OR "Lasers") OR "Plier") OR "Pliers") OR "Er:YAG") OR "erbium") OR "energy level") OR "ultrasonic tool") OR "hand instrument") AND ((((((("adhesive removal") OR "roughness") OR "wear") OR "debonding") OR "restoration removal") OR "composite removal") OR "adhesive remnant") OR "tooth structure removal") OR "residual composite")</pre>	706
COCHRANE CENTRAL	 ID Search Hits #1 "Enamel" (Word variations have been searched) #2 "Laser" (Word variations have been searched) #3 "Orthodontic bracket" (Word variations have been searched) #4 #1 AND #2 AND #3 	43
Scopus	ALL ((enamel OR teeth OR tooth OR "veneer" OR "ceramic" OR "orthodontic bracket" OR "orthodontic brace") AND (plier OR pliers OR er:yag OR erbium OR laser OR lasers OR "energy level" OR "hand instrument" OR er OR cr:ysgg OR echromium:yttriumscandiumgallium garnet OR "rotary instrumentation") AND (temperature OR roughness OR wear OR debonding OR "restoration removal" OR "composite removal" OR "adhesive remnant" OR "tooth structure removal" OR "tooth loss" OR "residual composite" OR "adhesive removal"))	315
LILACS	(tw("Enamel" OR "teeth" OR "tooth" OR "orthodontic bracket" OR "orthodontic brace")) AND (tw: ("Laser " OR "Lasers" OR "hand instrument" OR "rotatory instrumentation"	70
Grey literature Open grey	Enamel and Laser and Orthodontic Bracket	0

Tabela 2.1 Termos de pesquisa específicos para cada bando de dados

Fonte: O autor.
2.2 SELEÇÃO DOS ESTUDOS

O processo de busca pelos artigos foi realizado em duas etapas. Na primeira foi realizada uma busca abrangente nas bases de dados e leitura dos títulos e resumos dos artigos, de modo a selecionar os possíveis artigos a serem lidos da íntegra e avaliados quanto a sua elegibilidade para esta revisão. Essa etapa foi realizada de modo independente por dois revisores (GES) e (KMR), e o nível de concordância analisado através do índice de Kappa. Na segunda etapa, outros dois revisores (JCLF) e (PHHS), em conjunto, realizaram a leitura na íntegra dos artigos selecionados anteriormente de modo a selecionar aqueles que, através dos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos, iriam compor este estudo. Esses últimos dois pesquisadores foram responsáveis também pela extração dos dados e avalição do risco de viés dos estudos incluídos. Um quinto revisor experiente (PMF) foi consultado para os casos de discordância em que não houvesse consenso entre os revisores. Foram buscados estudos in vitro que compararam o descolamento de braquetes ortodônticos cerâmicos realizados com lasers de alta potência e alicates ortodônticos, e que avaliaram a alteração morfológica na superfície do esmalte dental após remoção e/ou aumento de temperatura intrapulpar.

2.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Estudos *in vitro* que compararam o descolamento de braquetes ortodônticos cerâmicos realizados com lasers de alta potência e alicates ortodônticos; não houve restrição de tempo de publicação ou idioma do trabalho publicado; os estudos incluídos precisavam apresentar grupo controle.

2.4 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Estudos que não avaliaram a alteração a morfologia de superfície do esmalte dental após remoção ou descolamento dos braquetes ortodônticos cerâmicos; estudos que utilizaram apenas braquetes metálicos; estudos que não utilizaram lasers de alta potência como grupo experimental; estudos sem grupo controle; estudos nos quais o objetivo foi comparar o comportamento de diferentes tipos de cimentos e/ou braquetes; e estudos que compararam diferentes intervalos de tempo entre a irradiação e a aplicação da força mecânica.

2.5 VARIÁVEIS

2.5.1 Variável primária

A variável primária desse estudo foi avaliar as alterações na superfície do esmalte dental, após a remoção de braquetes ortodônticos com laser de alta potência e instrumento manual (alicate ortodôntico). Essa alteração foi quantificada através de magnificação e classificada de acordo com o *Adhesive Remnant Index* (ARI), determinado por escores, e *Shear Bond Strengh* (SBS), mensurado por valores em MPa. O índice ARI calcula a quantidade de adesivo remanescente na superfície dental através de escores que vão do 0 até o 3, onde: escore "0" indica que não houve adesivo remanescente na área cimentada, "1" indica que menos de 50% do adesivo permaneceu no dente, "2" indica que mais de 50% do adesivo permaneceu no dente e "3", que todo o adesivo permaneceu no esmalte dental.

2.5.2 Variável secundária

A variável secundária do estudo foi avaliar o aumento da temperatura intrapulpar, em graus Celsius (°C), gerado durante a irradiação dos braquetes ortodônticos cerâmicos com os lasers de alta potência no processo de descolamento desses dispositivos ortodônticos

2.6 AVALIAÇÃO DO RISCO DE VIÉS

A avaliação do risco de viés foi baseada no estudo de Montagner et al. (2014), que apresenta uma adaptação da avaliação utilizada em um estudo prévio (Sarkis-Onofre et al., 2014). No referido trabalho, se avalia a qualidade dos estudos de acordo com os seguintes critérios: randomização dos dentes, uso de dentes livres de lesões de cárie ou restauração, material utilizado de acordo com as instruções do fabricante, colagem do braquete operado por um único operador, descrição do cálculo amostral, e cegamento do operador no processo de quantificar o remanescente de adesivo no teste ARI. Os estudos que reportaram o critério específico receberam "S" (sim), e aqueles que não relataram receberam "N" (não). Artigos que reportaram 1 ou 2 itens foram classificados como "alto risco de viés", 3 ou 4 como "moderado risco de viés" e 4 a 6 como "baixo risco de viés".

2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados extraídos dos trabalhos foram tabulados em uma planilha padrão no Excel® (Microsoft Corporation, **Washington**, **EUA**) e exportados para o RevMan® (https://revman.cochrane.org) para meta-análise. As médias e desvio-padrão de SBS e de temperatura foram analisadas por meio de meta-análise de dados contínuos e cálculo da diferença de médias combinada. Como o cálculo de temperatura de cada laser era em relação ao controle, considerou-se a temperatura dos grupos controle como zero. Para os escores ARI foi calculado o risco relativo combinado de obter escores "0" (*sem adesivo remanescente no substrato dental*). Todas as meta-análises foram realizadas utilizando o método de variância inversa e efeitos randômicos. A heterogeneidade foi calculada utilizando os coeficientes l² e Tau² e foi realizada análise *one-of-out* para verificar o peso de cada trabalho na meta-análise.

Adicionalmente, foram construídos *funnel plot* e utilizados os testes de Eggs e Begg para avaliar o risco de viés de publicação.

3 RESULTADOS

Utilizando as estratégias de busca elencadas na área de materiais e métodos, foram encontrados um total de 1.134 de trabalhos: 706 no PubMed, 70 no Lilacs, 43 no Central Cochrane, 315 no Scopus e 0 no single via Open Grey. Desses, foram excluídos 303 duplicados e 795 após a leitura do título e resumo. Trinta e seis trabalhos foram lidos na íntegra e 24 foram excluídos. Os motivos foram: revisões da literatura = 3; não apresentavam grupo controle = 6; não avaliaram alteração da superfície do esmalte = 3; apresentavam o objetivo de avaliar o descolamento em diferentes intervalos pós irradiação = 2; e apresentavam o objetivo de avaliar diferentes tipos de braquetes e/ou tipos de cimentos = 12. Ao final dessa etapa de seleção, 12 artigos foram selecionados para compor a presente revisão sistemática. Os detalhes do processo de seleção podem ser vistos abaixo, na figura 3.1 (fluxograma). Ao final do processo inicial de seleção onde apenas o título e resumo dos trabalhos foram lidos o índice Kappa entre os revisores (GES) e (KMR) foi de 1.0 apresentando 100% no nível de concordância.



Figura 3.1 - Fluxograma do processo de seleção dos artigos

3.1 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS INCLUÍDOS

Os doze trabalhos selecionados para esta revisão sistemática utilizaram diferentes comprimentos de onda, o que resulta em interações distintas com o agente de união. Portanto, os artigos foram divididos em dois subgrupos para melhor compreensão dos resultados, sendo eles: *Lasers interaction by ablation* (interação do laser por ablação) e *lasers interaction by thermal softening* (interação do laser por amolecimento térmico). O subgrupo *lasers interaction by ablation* é composto pelos lasers Er:YAG, Er,Cr:YSGG e Tm:YAP, enquanto o subgrupo *lasers interaction by thermal softening* é composto pelos lasers de diodo e CO₂. Os detalhes quanto aos

comprimentos de onda e parâmetros dos lasers de cada estudo podem ser observados abaixo, nas tabelas 3.1 e 3.2.

Dos 12 trabalhos incluídos para análise qualitativa, 10 avaliaram a alteração de no substrato através do teste de *Adhesive Remnant Index (ARI)* e 10 através do teste de resistência de união por cisalhamento (SBS - *shear bond strengh*). Adicionalmente, o aumento da temperatura intrapulpar foi mensurada em 5 estudos. Os detalhes quanto aos testes e resultados obtidos nos estudos podem ser observados abaixo, nas tabelas 3.3 e 3.4. Para realização das meta-análises, 2 estudos foram excluídos, um deles por utilizar uma forma diferente de avaliação do ARI (por uma média da porcentagem de adesivo remanescente de todos os espécimes) e por não apresentar desvio padrão das médias obtidas no teste de SBS (Tehranci et al., 2011); outro, por não informar o número de amostras (Demirkan et al., 2016).

Hoteit et al. (2020)		Mirhasheni et al. (2019)	Nalbantgil et al. (2018)	Demirkan et al. (2016)	Alakus-sabuncuoglu et al. (2016)	Nalbantgil et al. (2011)	Oztoprak et al. (2010)	Autor e Ano
Er:YAG	Er,Cr:YSGG	Er:YAG Er,Cr:YSGG	Er:YAG	Tm:YAP	Er:YAG	Er:YAG	Er: YAG	Laser
a	3W 4W 5W	3W	2W 4W	2.5W 3W	ЗW	4.2W	4.2W	Potência
20Hz 40Hz	20Hz 40Hz	20Hz nd	20HZ	a	10Hz	30Hz	nd	Frequência
80mJ 100mJ 120mJ 140mJ	đ	nd nd	100mJ 200mJ 300mJ	a	120mJ	140mJ	nd	Energia
ଝ	ß	10s 10s	ß	7s 10s	20	3,6,9s	S6	Tempo
50µs	60µs	100µs 60µs	300Ls	ā	100µs	n d	nd	Comprimento do pulso
0,9mm	0,7mm	1mm 800µm	1mm	400µm	D.	1mm	1mm	Diâmetro da ponteira
a	a	2mm 2mm	2mm	2	1mm	2mm	2mm	Distância focal

Tabela 3.1 - Parâmetros dos lasers incluídos no subgrupo lasers interaction by ablation

Sinaee et al. (2018)	Stein et al. (2018)	Stein et al. (2017)	Yassaeie et al. (2015)	Tehranci et al. (2011)	Autor e Ano
Diodo	Diodo	Diodo	Diodo	CO2	Laser
nd	2W	2W	2.5W	50W	Potência
nd	nd	nd	nd	400Hz	Frequência
nd	30J/cm2	30J/cm2	n d	nd	Densidade de Energia
35	3x 5s	3x 5s	10s	5s	Tempo
nd	nd	nd	nd	500µs	Comprimento do pulso
nd	320µm	320µm	nd	1mm	Diâmetro da ponteira
nd	nd	nd	5mm	nd	Distância focal

Tabela 3.2 - Parâmetros dos lasers incluídos no subgrupo lasers interaction by thermal softening

Fonte: O autor.

Er,Cr:YSGG Hoteit et al. (2020)	()	(2019) Er,Cr:YSGG	Mirhasheni et al Er:YAG			Nalhanteil et al (2018) Er:VAG						Demirkan et al. (2016) Tm:YAP					al. (2016)	Alakus-sabuncuoglu et Fr:YAG			Nalballtgli et al. (2011)			Oztopiak et al. (2010) ELTAG	Ottomer at al (2010) Erivan	Autor e Ano Laser
12		12			20 (temp.)	20 (ARI/ SBS)						nd					ł	10			10 (temp.)	20 (ARI/ SBS)		2	20	5
Controle 3W/ 20Hz 3W/40Hz 4W /20Hz 4W /40Hz 5W/20Hz 5W/40Hz 80mJ/20Hz 80mJ/20Hz 100mJ/20Hz 100mJ/20Hz 120mJ/20Hz 120mJ/20Hz	Er, Cr: YSGG	Er:YAG	Controle	6W (300mJ)	4W (200mJ)	2W (100mJ)	Controle	3W 10s	2.5W 10s	3W 7s	2.5W 7s	3W 10s	2.5W 10s	3W 7s	2.5W 7s	Controle			Controle	9s	6s	3S	Controle	Laser	Controle	Grupos
	1	0	ω	0	0	0	2										c	1 C	c	0	0	0	Ъ	0	ω	ARI Score 0
2	9	8	6	2	2	ω	4					n					ŀ	<u>ب</u> د	Д	0	5	з	თ	1	11	ARI Score 1
٩	0	2	2	4	8	7	11					ď						4	Д	б	6	∞	10	10	12	ARI Score 2
	2	2	ч	14	10	10	ω										ţ	лс	D	16	9	9	4	19	4	ARI Score 3
21.07± 1.80 10.57± 5.18 14.35± 2.17 7.80±3.95 17.56± 2.47 5.30± 5.26 14.65± 3.96 16.24± 9.14 16.09± 5.34 17.27± 9.35 9.06± 5.21 16.14± 4.44 8.02± 4.36	18.03± 6.46	17.01± 5.22	16.61± 6.73	2.46±0.54	3.28±0.73	8.79±2.47	21.35± 3.43				estão no gráfico)	mensurar (dados	Não foi possível					2 47+ 0 71	13 40+ 1 23	8.81± 2.32	10.75± 3.26	12.38± 3.58	22.76± 2.99	9.52± 3.06	20.75± 3.96	SBS
2		nd		2.36± 0.23	1.25 ± 0.16	0.67± 0.12	nd	3.92± 0.89	5.57± 2.06	4.82± 3.10	3.86± 1.20	6.21± 3.45	4.27±0.89	3.56± 0.92	5.02± 1.67	nd		рц		4.59± 0.48	2.79±0.71	1.27 ± 0.3	nd	Ē	5	Temperatura

Tabela 3.3 – Resultado dos testes de ARI, SBS e temperatura dos artigos dos lasers incluídos no subgrupo lasers interaction by ablation

Sinaee et al. (2018)	Stein et al. (2017) Stein et al. (2018)	Yassaeie et al. (2015)	Autor e Ano Tehranci et al. (2011)
Diodo	Diodo	Diodo	Laser CO ₂
თ	15	15	15 ⁿ
Controle 1W 3W	Controle Laser Controle Laser	Controle Laser	Grupos Controle Laser
1 0 2	0082	1 1	ARI Score 0
ω ο μ	7 0 1 5	7	ARI Score 1 11.53/ 30.63/ 3
0 4 0	1 4 14 7	σ ∞	ARI Score 2 8.93% 22.07%
N U 3	1 2 7	2 3	ARI Score 3
26.55± 3.66 19.37± 2.83 17.89± 5.92	nd nd 12.6± 1.65 10.08± 2.14	nd	SBS 23.760 9.914
0.6± 0.16 2.35± 0.76	nd nd	1.46± 0.64	Temperatura nd

Tabela 3.4 – Resultado dos testes de ARI, SBS e temperatura dos artigos dos lasers incluídos no subgrupo *lasers interaction by thermal softening*

Fonte: O autor.

3.2 ANÁLISE DO REMANESCENTE DE ADESIVO APÓS DESCOLAMENTO

Com relação aos escores ARI, 241 espécimes controle e 212 espécimes testes foram incluídos na meta-análise. Esses espécimes foram subdivididos em dois subgrupos, um subgrupo *lasers interaction by thermal softening* - com 57 espécimes controle e 57 espécimes teste - e um subgrupo *lasers interaction by ablation* - com 184 espécimes controle e 155 espécimes teste.

No subgrupo de *lasers interaction by thermal softening* não houve redução significativa na incidência de escores ARI-0 (p=0.900), não houve heterogeneidade significante entre os trabalhos (p=0.170, $l^2 = 17\%$, Tau²=0.79), e a análise *one-of-out* demonstrou que a remoção de cada resultado individual não interferiu significantemente nos resultados (p>0.05). Detalhes das análises podem ser observados na figura 3.2.

No subgrupo *lasers interaction by ablation* houve uma redução de 3.59 [CI95% = 1.46 to 8.85] na incidência de escores ARI-0 (p=0.005), não houve heterogeneidade significativa (p=1.000, $I^2 = 0\%$, Tau² = 0.00) e a análise *one-of-out* demonstrou que a remoção de cada resultado individual não interferiu significantemente nos resultados (p<0.05). Detalhes das análises podem ser observados na figura 3.3.

	Contr	ol	Experime	ental		Risk Ratio	Risk Ratio
Study or Subgroup	Events	Total	Events	Total	Weight	IV, Random, 95% Cl	IV, Random, 95% Cl
2.2.1 Lasers interaction by thermal s	oftening						
Sinaee, 2018 (1w)	2	6	0	6	5.5%	5.00 [0.29, 86.43]	
Sinaee, 2018 (3w)	2	6	1	6	9.9%	2.00 [0.24, 16.61]	
Stein et al 2017	2	15	8	15	23.6%	0.25 [0.06, 0.99]	
Stein et al 2018	0	15	0	15		Not estimable	
Yassaeie, 2015	1	15	1	15	6.2%	1.00 [0.07, 14.55]	
Subtotal (95% CI)		57		57	45.2%	0.92 [0.23, 3.66]	
Total events	7		10				
Heterogeneity: Tau ² = 0.79; Chi ² = 5.0	0, df = 3 (F	P = 0.17	?); I² = 40%				
Test for overall effect: Z = 0.12 (P = 0.9	30)						
2.2.2 Lasers interaction by ablation							
Alakus-sabuncuoglu, 2016	2	10	0	10	5.2%	5.00 [0.27, 92.62]	
Mirhasheni et al, 2019 (Er,Cr:YSGG)	3	12	1	12	9.9%	3.00 [0.36, 24.92]	
Mirhasheni et al, 2019 (Er:YAG)	3	12	0	12	5.4%	7.00 [0.40, 122.44]	
Nalbantgil, 2018 (2W)	2	20	0	10	5.1%	2.62 [0.14, 49.91]	
Nalbantgil, 2018 (4W)	2	20	0	10	5.1%	2.62 [0.14, 49.91]	
Nalbantgil, 2018 (6W)	2	20	0	10	5.1%	2.62 [0.14, 49.91]	
Nalbantgil et al, 2011 (3s)	1	20	0	20	4.5%	3.00 [0.13, 69.52]	
Nalbantgil et al, 2011 (6s)	1	20	0	20	4.5%	3.00 [0.13, 69.52]	
Nalbantgil et al, 2011 (9s)	1	20	0	21	4.5%	3.14 [0.14, 72.92]	
Oztoprak et al, 2010	3	30	0	30	5.2%	7.00 [0.38, 129.93]	
Subtotal (95% CI)		184		155	54.8%	3.59 [1.46, 8.85]	-
Total events	20		1				
Heterogeneity: Tau ² = 0.00; Chi ² = 0.6	5, df = 9 (F	e = 1.00	0); I² = 0%				
Test for overall effect: Z = 2.78 (P = 0.0	005)						
Total (95% CI)		241		212	100.0%	1 70 [0 87 3 31]	
Total evente	27	241	11	212	100.070		\sim
Totar events Hotorogopoity: Touã - 0.00: Chiã - 11	27 40. df = 10	/D = 0	67\:IZ= 00	x.			
Therefore every indicate $T = 1.000$, CHF = 11.	40, ur – 13 19)	(F = 0	.57), i = 01	~			0.01 0.1 İ 10 100
Test for overall effect. $Z = 1.30$ (F = 0.1	12) 262 df=1	1 /0 = (111 8-6	1.004			Favours [Control] Favours [Experimental]
restion subgroup differences. Chir =	2.02, ui =	i (r = (л. н.), I [_] = б	1.970			

Figura 3.2 - <i>Forest plot</i> da meta-análise do ARI
--

Considerando os dois subgrupos, não houve aumento significativo na incidência de escores ARI-0 (p=0.120) e não houve diferença significante entre os dois subgrupos (p=0.110, $l^2 = 61.9\%$). Os testes de Eggs (p=0.001) mas não o teste de Begg (p=0.330) demonstrou viés de publicação. Detalhes podem ser observados na figura 3.3.



3.3 ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO AO ENSAIO DE CISALHAMENTO

Um total de 379 espécimes teste e 379 espécimes controle foram utilizados nessa meta-análise, oriundos de nove estudos. Esses espécimes foram subdivididos em dois subgrupos, um subgrupo *lasers interaction by thermal softening* com 27 espécimes por grupo e outro subgrupo *lasers interaction by ablation* com 352 espécimes por grupo. No subgrupo *lasers interaction by thermal softening* houve uma redução significante de -5.56 [CI95% = -9.70 to -1.43] MPa na força necessária para remoção dos braquetes (p=0.008), houve heterogeneidade significante entre os trabalhos (p=0.01, l² = 78%, Tau²=9.97) e a análise *one-of-out* demonstrou que a remoção de cada resultado individual não interferiu significantemente nos resultados (p<0.001). Detalhes das análises podem ser observados na figura 3.4.

No subgrupo *lasers interaction by ablation* houve uma redução significante de -9.28 [Cl95% = -11.45 to -7.10] MPa na força necessária para remoção dos braquetes (p<0.001), houve uma alta heterogeneidade significante entre os trabalhos (p<0.001, $l^2 = 96\%$, Tau²=27.31) e a análise *one-of-out* demonstrou que a remoção de cada resultado individual não interferiu significantemente nos resultados (p<0.001). Detalhes das análises podem ser observados na figura 3.5.

	Expe	erimen	tal	С	ontrol			Mean Difference	Mean Difference
Study or Subgroup	Mean	SD	Total	Mean	SD	Total	Weight	IV, Random, 95% Cl	IV, Random, 95% Cl
1.2.1 Lasers interaction by thermal s	oftening								
Sinaee, 2018 (1w)	19.37	2.83	6	26.55	3.66	6	3.6%	-7.18 [-10.88, -3.48]	
Sinaee, 2018 (3w)	17.89	5.92	6	26.55	3.66	6	3.1%	-8.66 [-14.23, -3.09]	
Stein et al 2017	10.08	2.14	15	12.6	1.65	15	3.9%	-2.52 [-3.89, -1.15]	-
Subtotal (95% CI)			21	700		21	10.7%	-5.50 [-9.70, -1.45]	
Test for overall effect: $Z = 2.64$ (P = 0.0)	2, af = 2 (1 08)	P = 0.0	1); 1*=	/8%					
1.2.2 Lasers interaction by ablation									
Alakus-sabuncuoqlu, 2016	8.47	0.71	10	13.42	1.23	10	4.0%	-4.95 [-5.83, -4.07]	+
Hoteit. 2020 (Er.Cr:YSGG - 3W/20Hz)	10.57	5.18	12	21.07	1.8	12	3.7%	-10.50 [-13.60, -7.40]	
Hoteit, 2020 (Er.Cr:YSGG - 3W/40Hz)	14.35	2.17	12	21.07	1.8	12	3.9%	-6.72 [-8.32, -5.12]	
Hoteit, 2020 (Er.Cr:YSGG - 4W/20Hz)	7.8	3.95	12	21.07	1.8	12	3.8%	-13.27 [-15.7310.81]	_ _
Hoteit, 2020 (Er.Cr:YSGG - 4VW40Hz)	17.56	2.47	12	21.07	1.8	12	3.9%	-3.51 [-5.24, -1.78]	
Hoteit, 2020 (Er.Cr:YSGG - 5W/20Hz)	5.3	5.26	12	21.07	1.8	12	3.7%	-15.77 [-18.92, -12.62]	<u> </u>
Hoteit, 2020 (Er.Cr:YSGG - 5VW40Hz)	14.65	3.96	12	21.07	1.8	12	3.8%	-6.42 [-8.88, -3.96]	_ —
Hoteit, 2020 (Er:YAG - 100mJ/20Hz)	17.27	9.35	12	21.07	1.8	12	3.2%	-3.80 [-9.19, 1.59]	
Hoteit, 2020 (Er:YAG - 100mJ/40Hz)	9.06	5.21	12	21.07	1.8	12	3.7%	-12.01 [-15.13, -8.89]	
Hoteit, 2020 (Er:YAG - 120mJ/20Hz)	16.14	4.44	12	21.07	1.8	12	3.8%	-4.93 [-7.64, -2.22]	
Hoteit, 2020 (Er:YAG - 120mJ/40Hz)	8.02	4.36	12	21.07	1.8	12	3.8%	-13.05 [-15.72, -10.38]	_ -
Hoteit, 2020 (Er:YAG - 140mJ/20Hz)	13.77	3.57	12	21.07	1.8	12	3.8%	-7.30 [-9.56, -5.04]	
Hoteit, 2020 (Er:YAG - 140mJ/40Hz)	10.68	6.36	12	21.07	1.8	12	3.6%	-10.39 [-14.13, -6.65]	
Hoteit, 2020 (Er:YAG - 80mJ/20Hz)	16.24	9.14	12	21.07	1.8	12	3.2%	-4.83 [-10.10, 0.44]	
Hoteit, 2020 (Er:YAG - 80mJ/40Hz)	16.09	5.34	12	21.07	1.8	12	3.7%	-4.98 [-8.17, -1.79]	_ -
Mirhasheni et al, 2019 (Er,Cr:YSGG)	17.01	5.22	12	16.61	6.73	12	3.3%	0.40 [-4.42, 5.22]	
Mirhasheni et al, 2019 (Er:YAG)	18.03	6.46	12	16.61	6.73	12	3.2%	1.42 [-3.86, 6.70]	-
Nalbantgil, 2018 (2W)	8.79	2.47	20	21.35	3.43	20	3.9%	-12.56 [-14.41, -10.71]	
Nalbantgil, 2018 (4W)	3.28	0.73	20	21.35	3.43	20	3.9%	-18.07 [-19.61, -16.53]	
Nalbantgil, 2018 (6W)	2.46	0.54	20	21.35	3.43	20	3.9%	-18.89 [-20.41, -17.37]	
Nalbantgil et al, 2011 (3s)	12.38	3.58	20	22.76	2.99	20	3.9%	-10.38 [-12.42, -8.34]	
Nalbantgil et al, 2011 (6s)	10.75	3.26	20	22.76	2.99	20	3.9%	-12.01 [-13.95, -10.07]	
Nalbantgil et al, 2011 (9s)	8.81	2.32	20	22.76	2.99	20	3.9%	-13.95 [-15.61, -12.29]	
Oztoprak et al, 2010 Subtotal (95% Cl)	9.52	3.06	30 352	20.75	3.96	30 352	3.9% 89.3 %	-11.23 [-13.02, -9.44] -9.28 [-11.45, -7.10]	 ◆
Heterogeneity: $Tau^2 = 27.31$; $Chi^2 = 57$	5.68 df=	23 (P	< 0.00	001) 12:	= 96%				•
Test for overall effect: Z = 8.36 (P < 0.0)	0001)	20 (,	0.00						
Total (95% CI)			379			379	100.0%	-8.91 [-11.01, -6.81]	◆
Heterogeneity: Tau ² = 28.61; Chi ² = 67	5.99, df =	: 26 (P	< 0.00	001); P	= 96%				-20 -10 0 10 20
Test for overall effect: Z = 8.31 (P < 0.0)	0001)								Favours (experimental) Favours (control)
Test for subgroup differences: Chi ² = 2	2.43, df =	1 (P =	0.12), I	² = 58.8	%				· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·

Figura 3.4 - Forest plot da meta-análise do SBS

Fonte: O autor.

Em média houve redução -8.91 [CI95% = -11.01 to -6.81] MPa na força necessária para remoção dos braquetes (p<0.001) e não houve diferença significante entre os dois subgrupos (p=0.12, $l^2 = 58.8\%$) apresentando *lasers interaction by ablation* menor força necessária para remoção dos braquetes que os lasers do subgrupo *lasers interaction by thermal softening*. Os testes de Eggs (p<0.001) e Begg (p<0.001) demonstraram viés de publicação. Detalhes podem ser observados na figura 3.4.



3.4 ANÁLISE DO AUMENTO DE TEMPERATURA INTRAPULPAR

Já a avaliação de temperatura contou com 147 testes. No subgrupo *lasers interaction by termal softening* houve um aumento significante de 1.43 [Cl 95% = 0.53 to 2.33] °C (p=0.002), houve heterogeneidade significante entre os trabalhos (p<0.001, $l^2 = 96\%$, Tau²=0.59) e a remoção dos dados de Yassaeie et al diluiu a diferença significante (p=0.100) na análise *one-of-out*. Detalhes da análise podem ser observados na figura 3.6.

No subgrupo lasers interaction by ablation houve um aumento significante de 2.15 [Cl95% = 1.33 to 2.97] °C na temperatura relativa dos espécimes testes (p<0.001), houve uma alta heterogeneidade significante entre os trabalhos (p<0.001, $l^2 = 100\%$, Tau²=1.19) e a análise *one-of-out* demonstrou que a remoção de cada resultado individual não interferiu significantemente nos resultados (p<0.001). Detalhes da análise podem ser observados na figura 3.6.

	Control Experimental						Mean Difference	Mean Difference	
Study or Subgroup	Mean	SD	Total	Mean	SD	Total	Weight	IV, Random, 95% Cl	IV, Random, 95% Cl
3.1.1 Lasers interaction by	therma	l softe	ning						
Sinaee, 2018 (1w)	0.6	0.16	6	0.00001	0.0000001	6	11.3%	0.60 [0.47, 0.73]	•
Sinaee, 2018 (3w)	2.35	0.76	6	0.00001	0.0000001	6	10.3%	2.35 [1.74, 2.96]	
Yassaeie, 2015	1.46	0.64	15	0.00001	0.0000001	15	11.0%	1.46 [1.14, 1.78]	—
Subtotal (95% CI)			27			27	32.6%	1.43 [0.53, 2.33]	◆
Heterogeneity: Tau ² = 0.59;	Chi² = 5	0.13, d	f= 2 (P	< 0.00001	I); I² = 96%				
Test for overall effect: Z = 3.1	11 (P = 0).002)							
3.1.2 Lasers interaction by	ablatior	1							
Nalbantgil, 2018 (2W)	0.67	0.12	20	0.00001	0.0000001	20	11.3%	0.67 [0.62, 0.72]	•
Nalbantgil, 2018 (4W)	1.25	0.16	20	0.00001	0.0000001	20	11.3%	1.25 [1.18, 1.32]	· · ·
Nalbantgil, 2018 (6W)	2.36	0.23	20	0.00001	0.0000001	20	11.3%	2.36 [2.26, 2.46]	•
Nalbantgil et al, 2011 (3s)	1.27	0.3	20	0.00001	0.0000001	20	11.3%	1.27 [1.14, 1.40]	•
Nalbantgil et al, 2011 (6s)	2.79	0.71	20	0.00001	0.0000001	20	11.0%	2.79 [2.48, 3.10]	+
Nalbantgil et al, 2011 (9s)	4.59	0.48	21	0.00001	0.0000001	20	11.2%	4.59 [4.38, 4.80]	+
Subtotal (95% CI)			121			120	67.4%	2.15 [1.33, 2.97]	•
Heterogeneity: Tau ² = 1.04;	Chi² = 2	043.92	2, df = 5	(P < 0.000	001); P= 100	%			
Test for overall effect: Z = 5.1	14 (P < 0	0.0000	1)						
Total (95% CI)			148			147	100.0%	1.92 [1.28, 2.55]	•
Heterogeneity: Tau ² = 0.93;	Chi ² = 2	150.23), df = 8	(P < 0.000	001); P = 100	%		-	
Test for overall effect: Z = 5.9	91 (P < 0	0.0000	1)						-4 -2 U 2 4 Eavours (Control) Eavours (Evnerimental)
Test for subgroup difference	es: Chi ^z :	= 1.34,	df = 1	(P = 0.25),	I² = 25.6%				r avours toontroit in avours texperimental

Figura 3.6 - Forest plot da meta-análise de temperatura

Em média houve aumento de 1.92 [CI95% = 1.28 to 2.55] °C na temperatura relativa dos grupos testes (p<0.001) e não houve diferença significante entre os dois subgrupos (p=0.470, $l^2 = 0$ %). Os testes de Eggs (p<0.001) e Begg (p=0.003) demonstraram viés de publicação. Detalhes podem ser observados na figura 3.7.



Figura 3.7 - Funnel plot de meta-análise de temperatura

3.5 RISCO DE VIÉS DOS ESTUDOS

O risco de viés dos estudos selecionados foi definido baseado no estudo de Montagner et al. (2014), que apresenta uma adaptação da avaliação utilizada em um estudo prévio (Sarkis-Onofre et al., 2014). Esta avaliação foi realizada por dois pesquisadores de maneira conjunta (JCLF) e (PHHS) e os itens em discordância foram resolvidos por um terceiro avaliador (PMF). O processo detalhado da avaliação pode ser observado na tabela 3.5.

Ao final do processo, os trabalhos foram classificados de acordo com os critérios baseado no estudo de Montagner et al. (2014) em alto risco de viés, moderado risco de viés e baixo risco de viés. Cinco estudos foram classificados como moderado risco de viés e sete como alto risco de viés.

	Pandomização	Dontos livros	Matariais urados	Colorom do broqueto	Descrição do	Commento de enerador
Estudo	Dos dentes	de cárie/ resturação	de acordo com o fabricante	realizado por um único operador	cálculo amostral	na análise do ARI
Oztoprak et al. (2010)	s	s	S	S	N	N
Tehranci et al. (2011)	N	S	N	N	N	N
Nalbantgil et al. (2011)	s	S	S	5	N	N
Yassaeie et al. (2015)	S	s	N	N	N	N
Alakus- Sabuncuoglu et al. (2016)	S	S	N	N	N	N
Demirkan et al. (2016)	N	N	S	N	N	N
Stein et al. (2017)	s	S	N	S	N	N
Stein et al. (2018)	s	S	N	S	N	N
Nalbantgil et al. (2018)	S	s	S	S	N	N
Sinaee et al. (2018)	s	s	N	N	N	N
Mirhasheni et al. (2019)	N	S	N	S	N	N
Hoteit et al. (2020)	s	5	N	N	N	N

Tabela 3.5 - Análise do risco de viés dos artigos selecionados

Legenda: "S" (sim): artigos relataram tais critérios; "N" (não): artigos não relataram tais critérios. Fonte: O autor.

.

4 DISCUSSÃO

A alta demanda por estética, nas últimas décadas, trouxe um aumento na procura por materiais cerâmicos na Odontologia (Fabbri et al., 2014) resultando na predileção entre os pacientes por braquetes ortodônticos cerâmicos (Bishara e Trulove, 1990; Azzeh; Feldon, 2003; Ahrari et al., 2012). A introdução dos materiais cerâmicos na ortodontia gerou uma preocupação quanto ao seu processo de remoção. A baixa resistência à fratura e alta resistência de união ao esmalte dental, comparado aos braquetes metálicos, pode levar a danos irreversíveis no tecido dental. Para minimizar esse risco, os lasers de alta potência têm sido testados ao longo dos últimos anos afim de encontrar uma forma mais simples e mais segura na remoção de materiais cerâmicos, fazendo com que os dentistas possam praticar uma Odontologia minimamente invasiva (Sarp; Gulsoy, 2011; Tehranci et al., 2011).

A remoção dos braquetes ortodônticos cerâmicos através da utilização dos lasers de alta potência é possível devido à transmissão de energia através do material cerâmico e sua ação no agente de união (Nalbantgil et al., 2011). Entretanto, diferentes comprimentos de onda interagem de formas distintas com os materiais (Figura 4.1) e podem resultar em maiores ou menores danos ao tecido dental, levando em consideração a alteração de superfície do esmalte e comprometimento à temperatura intrapulpar (Yassaeie et al., 2015; Nalbantgil et al., 2018). Lasers ablativos, com comprimentos de onda altamente absorvidos por água (ou grupo hidroxila), tendem a provocar o mínimo de comprometimento à estrutura dental. Por outro lado, lasers não ablativos, classificados na presente revisão como *lasers interaction by thermal softnening*, devido à não absorção por componentes do cimento, agem apenas por ação térmica, podendo ter maiores chances de provocar danos à superfície dental durante o processo de descolamento de braquetes (Yassaeie et al., 2015; Nalbantgil et al., 2015; Nalbantgil et al., 2015;



Figura 4.1 - Gráfico de absorção dos diferentes comprimentos onda.

Fonte: Zezell et al. (2005).

Para avaliar de forma quantitativa os possíveis danos à superfície do esmalte no descolamento de braquetes cerâmicos ortodônticos com lasers de alta potência, os estudos utilizaram os testes *Adhesive Remnant Index (ARI)* e o *Shear Bond Strengh* (SBS). Enquanto o ARI mensura, através de escores, a quantidade remanescente de adesivo no dente, o SBS quantifica (em MPa) a resistência ao cisalhamento do adesivo após irradiação.

O teste de *Adhesive Remnant Index* (ARI) é importante para avalição do potencial risco causado pelo descolamento (Tehranci et al., 2011). A falha de adesão pode ocorrer nas interfaces esmalte-adesivo, braquete-adesivo ou no adesivo. Um elevado escore de ARI mostra que houve uma falha na interface braquete-adesivo deixando grandes quantidades de adesivo remanescente e resultando em baixa probabilidade de comprometimento na superfície do esmalte. Em contrapartida, baixo escore de ARI revela que a falha ocorreu mais próximo à interface esmalte-adesivo resultando em maiores chances de provocar trincas e rachaduras no tecido dental (Yassaeie et al., 2015). Além disso, o teste de *Shear Bond Strengh* (SBS) tem uma correlação negativa com os escores do teste ARI, ou seja, maiores valores de MPa levam a menores quantidades de adesivo remanescente e vice-versa (Oztoprak et al., 2010).

A força ideal para o descolamento de braquetes cerâmicos sem promover danos à superfície do tecido dental hígido, é em torno de 6 a 8 MPa, (Reynolds, 1975) entretanto, os estudos mostram que braquetes removidos com alicates ortodônticos podem atingir uma força de até 20 MPa (Gwinnett, 1988; Joseph; Rossouw, 1990). Além disso, a remoção de braquetes utilizando alicates ortodônticos envolve a aplicação de pressão e forças de tração (Stein et al., 2017). As análises realizadas sobre os dados de SBS dos estudos selecionados mostram que os lasers de alta potência, independentemente do comprimento de onda e parâmetros utilizados, foram capazes de reduzir a força de união dos agentes cimentantes ao esmalte, favorecendo na redução de impactos à superfície do esmalte. Nesse contexto, pode ser observado um leve benefício em utilizar os lasers de Er:YAG e Er,Cr:YSGG, presentes no subgrupo *lasers interaction by ablation,* na redução da força de união mesmo que não tenha sido observada uma diferença estatística comparando com o subgrupo *interaction by thermal softening*.

A relação negativa entre os resultados dos testes de SBS e ARI (quanto menor os valores de força de união obtidos maiores os escores no teste de ARI e consequentemente menor capacidade de alterar o tecido dental sadio) podem explicar os achados na análise do remanescente de adesivo após descolamento (Tehranci et al., 2011). Enquanto na análise da força de união não houve diferença entre os subgrupos experimentais, na análise do remanescente de adesivo, o subgrupo *lasers interaction by ablation* mostrou ter uma menor capacidade de causar danos ao esmalte comparado ao outro subgrupo experimental e ao grupo controle. Em contrapartida, o subgrupo *lasers interaction by thermal softening* mostra não ter diferença comparado ao grupo controle. Vale ressaltar, porém, que alguns estudos que utilizam esses lasers (que não interagem com o substrato dental ou resinoso) revelam uma maior chance em causar danos ao tecido dental comparado com o uso do alicate ortodôntico (Stein et al., 2017).

Um possível motivo para esses resultados é que os lasers do subgrupo *lasers interaction by ablation* emitem um comprimento de onda que corresponde ao pico de absorção do grupo hidroxila, elemento este presente nas moléculas constituintes dos agentes de união braquete-esmalte (Tocchio et al., 1993). Contudo, os lasers do subgrupo *lasers interaction by thermal softening,* com comprimentos de onda não absorvidos por nenhum componente presente no agente de união, tornam a decomposição do material relacionada estritamente ao aumento de temperatura, resultando em um amolecimento do material. Essa hipótese é uma das mais aceitas no meio acadêmico para explicar a menor capacidade em reduzir as forças de união dos cimentos e não sendo tão minimamente invasivo ao dente quanto os lasers Er:YAG e Er,Cr:YSGG (Tocchio et al., 1993).

Em contrapartida, o estudo de Stein et al. (2017) relata que não podemos confirmar as desvantagens de menores escores do ARI em relação ao comprometimento da estrutura dental, visto que em seu trabalho, ainda que o laser de diodo mostre escores de ARI menores do que o grupo controle, não foi observado nenhuma fratura na superfície de esmalte. Adicionalmente, o estudo expõe que o alto risco ao esmalte vem da remoção do adesivo remanesce pós-descolamento e afirma que menores quantidades de adesivo remanescente são uma vantagem tanto na questão de tempo clínico quanto na questão da probabilidade de danificar a estrutura dental. Contudo, a remoção do remanescente de adesivo após descolamento do braquete cerâmicos, em relação a danos ao esmalte, depende majoritariamente do instrumento selecionado e não diretamente da quantidade de adesivo remanescente (Janiszewska-Olszowska et al., 2014).

Além disso, a forma de interação dos diferentes comprimentos de ondas com os adesivos pode repercutir de formas distintas no aumento da temperatura intrapulpar. Zach e Cohen (1965), em um experimento de modelo animal, mostrarou que um aumento em 5.5°C na temperatura intrapulpar causa danos consideráveis resultando em uma perda de vitalidade em 15% dos dentes. Serebro et al. (1987) e Goodis et al. (1988) relatam que o aumento da temperatura pulpar em 5,5°C é aceitável. Tendo isso em vista, nenhum dos estudos independentemente do comprimento de onda e dos parâmetros utilizados, chegou próximo ao aumento de temperatura crítico. Tal achado não condiz com os resultados esperados dos lasers do subgrupo *lasers interaction by thermal softening* mas que pode ser explicado por variações na metodologia dos trabalhos durante a avaliação da temperatura. A interação térmica e lenta com o agente de união, somado a seu contínuo modo de irradiação e não refrigeração durante irradiação dos *lasers interaction by thermal softening* pode levar a aumentos significativos de temperatura quando aplicados em materiais cujo comprimento de onda não é absorvido (Nalbantgil et al., 2011).

É observado nas análises que o descolamento de braquetes ortodônticos cerâmicos com lasers de alta potência é uma alternativa interessante levando em consideração o comprometimento ao tecido dental, quanto a alteração da superfície do esmalte e ao aumento de temperatura intrapulpar. Além disso, é de extrema importância um vasto conhecimento na área de lasers em Odontologia e no manejo

do equipamento para correto descolamento do braquete ortodôntico cerâmico evitando dessa forma danos à superfície dental e aumento de temperatura intrapulpar.

5 CONCLUSÃO

Analisando os resultados dos estudos há uma forte tendência na utilização dos lasers de alta potência para realização do descolamento de braquetes ortodônticos cerâmicos por obterem melhores resultados nas análises de remanescente de adesivo pós descolamento e de redução a força de união sem comprometer a vitalidade à estrutura pulpar comparados aos alicates ortodônticos. Entretanto, há limitações na presente revisão sistemática devido à pouca quantidade de estudos primários publicados na literatura até o momento atual e por isso a necessidade de serem realizados mais estudos envolvendo o tema para melhor entendimento.
REFERÊNCIAS

Ahrari F, Heravi F, Fekrazad R, Farzanegan F, Nakhaei S. Does ultra-pulse CO2 laser reduce the risk of enamel damage during debonding of ceramic brackets? Lasers Med Sci. 2012 May;27(3):567-74. doi: 10.1007/s10103-011-0933-y.

Alakus Sabuncuoglu F, Ersahan S, Erturk E. Debonding of ceramic brackets by Er:YAG laser. J Istanb Univ Fac Dent. 2016 Apr 1;50(2):24-30. doi: 10.17096/jiufd.39114.

Azzeh E, Feldon PJ. Laser debonding of ceramic brackets: a comprehensive review. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2003 Jan;123(1):79-83. doi: 10.1067/mod.2003.2.

Bishara SE, Trulove TS. Comparisons of different debonding techniques for ceramic brackets: an in vitro study. Part II. Findings and clinical implications. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1990 Sep;98(3):263-73. doi: 10.1016/S0889-5406(05)81604-X.

Chirila TV, Constable IJ, van Saarloos PP, Barrett GD. Laser-induced damage to transparent polymers: chemical effect of short-pulsed (Q-switched) Nd:YAG laser radiation on ophthalmic acrylic biomaterials. I. A review. Biomaterials. 1990 Jul;11(5):305-12. doi: 10.1016/0142-9612(90)90106-z.

Demirkan I, Sarp AS, Gülsoy M. Ceramic bracket debonding with Tm:fiber laser. J Biomed Opt. 2016 Jun 1;21(6):65007. doi: 10.1117/1.JBO.21.6.065007.

dos Santos Lde F, Carvalho Ade A, Leão JC, Cruz Perez DE, Castro JF. Effect of low-level laser therapy in the treatment of burning mouth syndrome: a case series. Photomed Laser Surg. 2011 Dec;29(12):793-6. doi: 10.1089/pho.2011.3016.

Fabbri G, Zarone F, Dellificorelli G, Cannistraro G, De Lorenzi M, Mosca A, Sorrentino R. Clinical evaluation of 860 anterior and posterior lithium disilicate restorations: retrospective study with a mean follow-up of 3 years and a maximum observational period of 6 years. Int J Periodontics Restorative Dent. 2014 Mar-Apr;34(2):165-77. doi: 10.11607/prd.1769.

Ge MK, He WL, Chen J, Wen C, Yin X, Hu ZA et al. Efficacy of low-level laser therapy for accelerating tooth movement during orthodontic treatment: a systematic review and meta-analysis. Lasers Med Sci. 2015 Jul;30(5):1609-18. doi: 10.1007/s10103-014-1538-z.

Goodis HE, Schein B, Stauffer P. Temperature changes measured in vivo at the dentinoenamel junction and pulpodentin junction during cavity preparation in the Macaca fascicularis monkey. J Endod. 1988 Jul;14(7):336-9. doi: 10.1016/S0099-2399(88)80194-8.

Gwinnett AJ. A comparison of shear bond strengths of metal and ceramic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1988 Apr;93(4):346-8. doi: 10.1016/0889-5406(88)90165-5.

Hayakawa K. Nd: YAG laser for debonding ceramic orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2005 Nov;128(5):638-47. doi: 10.1016/j.ajodo.2005.03.018.

Hoteit M, Nammour S, Zeinoun T. Evaluation of Enamel Topography after Debonding Orthodontic Ceramic Brackets by Different Er,Cr:YSGG and Er:YAG Lasers Settings. Dent J (Basel). 2020 Jan 9;8(1):6. doi: 10.3390/dj8010006.

Janiszewska-Olszowska J, Szatkiewicz T, Tomkowski R, Tandecka K, Grocholewicz K. Effect of orthodontic debonding and adhesive removal on the enamel - current knowledge and future perspectives - a systematic review. Med Sci Monit. 2014 Oct 20;20:1991-2001. doi: 10.12659/MSM.890912.

Joseph VP, Rossouw E. The shear bond strengths of stainless steel and ceramic brackets used with chemically and light-activated composite resins. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1990 Feb;97(2):121-5. doi: 10.1016/0889-5406(90)70084-P.

Letokhov VS. Laser-inducef chemistry-basic nonlinear processes and application. Applies Physics B. 1988; (46): 237-51.

Ma T, Marangoni RD, Flint W. In vitro comparison of debonding force and intrapulpal temperature changes during ceramic orthodontic bracket removal using a carbon dioxide laser. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1997 Feb;111(2):203-10. doi: 10.1016/s0889-5406(97)70217-8.

Mirhashemi AH, Hossaini SMH, Etemadi A, Kharazifard MJ, Bahador A, Soudi A. Effect of Er:YAG and Er,Cr:YSGG Lasers on Ceramic Bracket Debonding from Composite Blocks. Front Dent. 2019 Mar-Apr;16(2):88-95. doi: 10.18502/fid.v16i2.1359.

Montagner AF, Sarkis-Onofre R, Pereira-Cenci T, Cenci MS. MMP Inhibitors on Dentin Stability: A Systematic Review and Meta-analysis. J Dent Res. 2014 Aug;93(8):733-43. doi: 10.1177/0022034514538046.

Nalbantgil D, Oztoprak MO, Tozlu M, Arun T. Effects of different application durations of ER:YAG laser on intrapulpal temperature change during debonding. Lasers Med Sci. 2011 Nov;26(6):735-40. doi: 10.1007/s10103-010-0796-7.

Nalbantgil D, Tozlu M, Oztoprak MO. Comparison of Different Energy Levels of Er:YAG Laser Regarding Intrapulpal Temperature Change During Safe Ceramic Bracket Removal. Photomed Laser Surg. 2018 Apr;36(4):209-213. doi: 10.1089/pho.2017.4397.

Oztoprak MO, Nalbantgil D, Erdem AS, Tozlu M, Arun T. Debonding of ceramic brackets by a new scanning laser method. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010 Aug;138(2):195-200. doi: 10.1016/j.ajodo.2009.06.024.

Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. British Journal of Orthodontics. 1975; (2) 171-178.

Sarkis-Onofre R, Skupien JA, Cenci MS, Moraes RR, Pereira-Cenci T. The role of resin cement on bond strength of glass-fiber posts luted into root canals: a systematic review and meta-analysis of in vitro studies. Oper Dent. 2014 Jan-Feb;39(1):E31-44. doi: 10.2341/13-070-LIT.

Sarp AS, Gülsoy M. Ceramic bracket debonding with ytterbium fiber laser. Lasers Med Sci. 2011 Sep;26(5):577-84. doi: 10.1007/s10103-010-0817-6.

Serebro L, Segal T, Nordenberg D, Gorfil C, Bar-Lev M. Examination of tooth pulp following laser beam irradiation. Lasers Surg Med. 1987;7(3):236-9. doi: 10.1002/lsm.1900070306.

Sinaee N, Salahi S, Sheikhi M. Evaluation of the effect of diode laser for debonding ceramic brackets on nanomechanical properties of enamel. Dent Res J (Isfahan). 2018 Sep-Oct;15(5):354-360.

Stein S, Hellak A, Schauseil M, Korbmacher-Steiner H, Braun A. Effects of 445-nm Diode Laser-Assisted Debonding of Self-Ligating Ceramic Brackets on Shear Bond Strength. Photomed Laser Surg. 2018 Jan;36(1):31-36. doi: 10.1089/pho.2017.4314.

Stein S, Kleye A, Schauseil M, Hellak A, Korbmacher-Steiner H, Braun A. 445-nm diode laser-assisted debonding of self-ligating ceramic brackets. Biomed Tech (Berl). 2017 Oct 26;62(5):513-520. doi: 10.1515/bmt-2016-0027. PMID: 28076292

Strobl K, Bahns TL, Willham L, Bishara SE, Stwalley WC. Laser-aided debonding of orthodontic ceramic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1992 Feb;101(2):152-8. doi: 10.1016/0889-5406(92)70007-w.

Tehranchi A, Fekrazad R, Zafar M, Eslami B, Kalhori KA, Gutknecht N. Evaluation of the effects of CO2 laser on debonding of orthodontics porcelain brackets vs. the conventional method. Lasers Med Sci. 2011 Sep;26(5):563-7. doi: 10.1007/s10103-010-0820-y.

Tocchio RM, Williams PT, Mayer FJ, Standing KG. Laser debonding of ceramic orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1993 Feb;103(2):155-62. doi: 10.1016/S0889-5406(05)81765-2.

Zach L, Cohen G. Pulp Response To Externally Applied Heat. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1965 Apr;19:515-30. doi: 10.1016/0030-4220(65)90015-0.

Zezell DM, Ribeiro MS, Maldonado EP. Apostila interação da luz laser com tecidos biológicos: aplicações [Curso Mestrado Profissionalizante "Lasers em Odontologia"]. São Paulo: IPEN; 2005.

Yassaei S, Soleimanian A, Nik ZE. Effects of Diode Laser Debonding of Ceramic Brackets on Enamel Surface and Pulpal Temperature. J Contemp Dent Pract. 2015 Apr 1;16(4):270-4. doi: 10.5005/jp-journals-10024-1674.