



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Rafael Wallace Cordeiro Manso

**Caracterização e aplicação de laser diodo 980nm para descimentação de
cerâmicas CAD/CAM: um estudo *in vitro***

Araraquara

2024



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Rafael Wallace Cordeiro Manso

**Caracterização e aplicação de laser diodo 980nm para descimentação de
cerâmicas CAD/CAM: um estudo *in vitro***

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara para obtenção do título de Doutor em Ciências Odontológicas, na Área de Dentística Restauradora

Orientador: Edson Alves de Campos

Araraquara

2024

M289c	Manso, Rafael Caracterização e aplicação de laser diodo 980nm para descimentação de cerâmicas cad/cam: um estudo in vitro / Rafael Manso. -- Araraquara, 2024 30 p. : il., tabs., fotos Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Odontologia, Araraquara Orientador: Edson Alves de Campos 1. Lasers semicondutores. 2. Desenho assistido por computador. 3. Resistência ao cisalhamento. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

Rafael Wallace Cordeiro Manso

**Caracterização e aplicação de laser diodo 980nm para descimentação de
cerâmicas CAD/CAM: um estudo *in vitro***

Comissão julgadora

**Comissão julgadora para obtenção do título de doutor em Dentística
Restauradora**

Presidente e orientador: Edson Alves de Campos

2º Examinador: José Roberto Cury Saad

3º Examinador: Marcelo Ferrarezi de Andrade

4º Examinador: Aryvelto Miranda Silva

5º examinador: João Felipe Besegato

Araraquara 10 de dezembro de 2024

Rafael Wallace Cordeiro Manso

Nascimento 05/05/1992 - Xambrê/PR - Brasil

Nome em citações bibliográficas MANSO, R. W. C.; Manso, Rafael Wallace Cordeiro; MANSO, RAFAEL WALLACE CORDEIRO

Formação acadêmica/titulação

2023 Aperfeiçoamento em Prótese fixa convencional e sobre implante.
Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas, APCD, São Paulo, Brasil

2020 Mestrado em Odontologia (Dentística Restauradora).
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, São Paulo, Brasil
Título: Avaliação da dureza e rugosidade superficial, após diferentes protocolos de queima em cerâmicas CAD/CAM
Orientador: Edson Alves de Campos
Co-orientador: André Afif Elossais
Bolsista do(a): Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil.

Palavras-chave: cerâmicas, CAD/CAM, polimento, glaze.

Grande área: Ciências da Saúde / Área: Odontologia

Grande área: Ciências da Saúde / Área: Odontologia

Grande área: Ciências da Saúde / Área: Odontologia

2017 - 2019 Especialização em Dentística Restauradora.
SOCIEDADE EDUCACIONAL HERRERO LTDA. - SS,
SEHLS_PPROV, Curitiba, Brasil
Título: INFLUÊNCIA DO PADRÃO DE CARGA MICRO E NANOMÉTRICAS NA RUGOSIDADE SUPERFICIAL DE DENTES

HUMANOS CLAREADOS E SUBMETIDOS A DIFERENTES
TRATAMENTOS SUPERFICIAIS

Orientador: André Afif Elossais

- 2012 - 2016** Graduação em Odontologia.
Centro Universitário da Grande Dourados, UNIGRAN, Dourados,
Brasil
- 2007 - 2009** Ensino Médio (2º grau).
ESCOLA ESTADUAL ELDORADO, ELDORADO, Brasil

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha esposa Ranielle Nogueira da Silva Vilela, que esteve do meu lado desde o início da minha jornada que hoje se tornou nossa. Minha maior realização é estar ao seu lado.

À minha filha Catarina Vilela Manso e meu filho Vicente Vilela Manso, meu maior presente são vocês!

À toda minha família, dando todo amparo em busca dessa realização.

Amo vocês!

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Durante o processo de Graduação em odontologia conheci um professor, que mais tarde se tornou meu orientador, um exemplo de caráter e paixão pela profissão demonstrando como é ser um professor. Ao meu grande amigo Prof. Dr. **André Afif Elossais** que sempre me apoiou e me incentivou a buscar meus objetivos, você faz parte desse sonho.

Ao longo do curso de mestrado tive o privilégio de ter dois grandes professores e amigos: Prof. Dr. **Marcelo Ferrarezi de Andrade** e Prof. Dr. **José Roberto Cury Saad**, pessoas ímpares de extrema capacidade e competência. Ambos permitiram e me ajudaram para que tivesse grandes experiências almejando chegar cada vez mais longe.

Durante o curso de doutorado fui abençoado com mais um professor que se tornou um grande amigo e também um orientador, auxiliando-me a realizar e concretizar este sonho. Ao grande amigo Prof. Dr. **Hermes Pretel**, você foi um dos principais inspiradores para criação deste trabalho.

Ao meu orientador: Prof. Dr. **Edson Alves de Campos**.

No decorrer do curso de mestrado e os anos vividos em Araraquara, você e sua família abraçaram e compartilharam grandes momentos comigo, minha mulher e nossa filha. Hoje além de orientador você se tornou um grande amigo e com o nascimento da Catarina nos tornamos família. Você foi muito importante durante a etapa do mestrado, seu apoio e incentivo me ajudou a buscar objetivos maiores e superar todas dificuldades encontradas. Exemplo de caráter e conduta no ensino e orientação, um grande exemplo para todos que estão ao seu redor, você fez toda diferença em minha vida que não poderia seguir outro caminho a não ser buscar sua orientação novamente para a realização do sonho do doutorado.

À CAPES:

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

“Uma coisa é você achar que está no caminho certo, outra é achar que o seu caminho é o único. Nunca podemos julgar a vida dos outros, porque cada um sabe da sua própria dor e renúncia.”

Paulo Coelho*

*Coelho P. Na margem do rio Piedra eu me sentei e chorei. Rio de Janeiro: Rocco, 1994

Manso RWC. Caracterização e aplicação de laser diodo 980nm para descimentação de cerâmicas CAD/CAM: um estudo *in vitro* [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2024.

RESUMO

Objetivo: Analisar a efetividade do diodo laser de 980 nm para remoção de cerâmicas CAD/CAM cimentadas adesivamente. **Materiais e métodos:** foram utilizadas cerâmicas vítreas à base de Dissilicato de Lítio (DIS), Silicato de Lítio reforçado com Zircônia (SLZ) e Feldspática reforçada com Leucita (LEU). Para cada material foram obtidos 10 espécimes, seccionados e padronizados em 1,5mm de espessura. A cor e translucidez foram mensuradas e então os espécimes foram cimentados com cimento resinoso de dupla cura sobre discos de resina epóxi com 3mm de espessura sob pressão de 7,5N. Após a cimentação dos corpos de prova (n=10) eles foram mantidos imersos em água destilada à 37°C durante 10 dias. Cinco espécimes de cada material foram submetidos a mimetização com corante orgânico de cor negra, e então expostos a irradiação do laser 980 nm, CW, com 9W de potência por 120 segundos. Após tratamento (com ou sem laser), os espécimes foram então submetidos ao teste de resistência de união ao cisalhamento em máquina de ensaio universal com velocidade de carregamento de 0,5mm/minuto e avaliação morfológica em microscopia de varredura. **Resultados:** Os espécimes submetidos a aplicação do laser apresentaram significativamente redução na resistência de união ao cisalhamento ($p<0,05$) para todos os materiais. **Conclusão:** é fundamental mapear os níveis de transmitância dos materiais avaliados criando um protocolo específico para cada material. A aplicação do laser foi efetiva para a descimentação das cerâmicas vítreas.

Palavras-chave: Lasers Semicondutores. Desenho Assistido por Computador. Resistência ao Cisalhamento.

Manso RWC. Characterization and application of 980nm diode laser for debonding of CAD/CAM ceramics: an in vitro study [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2024.

ABSTRACT:

Objective: To analyze the effectiveness of the 980 nm diode laser for removing adhesively cemented CAD/CAM ceramics. Materials and methods: glass ceramics based on Lithium Disilicate (DIS), Lithium Silicate reinforced with Zirconia (SLZ) and Feldspathic reinforced with Leucite (LEU) were employed in this study. For each material, 10 standardized specimens were obtained (1.5mm thickness). Color and translucency were measured and then the specimens were cemented with double curing resin cement on 3mm thick epoxy resin discs under pressure of 7.5N. After cementing the specimens (n=10), they were kept immersed in distilled water at 37°C for 10 days. Five specimens of each material were subjected to mimicking with a black organic dye, and then exposed to 980 nm, CW laser irradiation, with 9W power for 120 seconds. After treatment (with or without laser), the specimens were then subjected to the microshear bond strength test in a universal testing machine at a speed of 0.5mm/minute, and morphological evaluation using scanning microscopy. Results: Specimens subjected to laser application had a significantly reduced shear force ($p<0.05$) for all materials. Conclusion: it is essential to map the transmittance levels of the evaluated materials, creating a specific protocol for each material. The application of the laser was effective for the debonding of glass ceramics.

Key words: Lasers, Semiconductor. Computer-Aided Design. Shear Strength.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 PROPOSIÇÃO.....	4
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	5
4 MATERIAL E MÉTODO	8
5 RESULTADO	13
6 DISCUSSÃO	19
7 CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS	26

1 Introdução

As cerâmicas odontológicas são amplamente utilizadas e suas características possibilitam a confecção de coroas totais, facetas e restaurações parciais. Sua resistência e propriedades ópticas são muito semelhantes ao esmalte dentário e sua biocompatibilidade é semelhante aos tecidos orais e longevidade clínica^{1,2}. No entanto, por ser um material altamente friável, principalmente quando inadequadamente preparados e cimentados adesivamente, apresentam um potencial de falha muito alto, com taxas de fracasso de 2 a 4% em boca após 2 anos, aumentando para 25% após 5 anos³.

Instrumentos rotatórios refrigerados a ar/água são comumente usados para remover cerâmicas insatisfatórias seccionando essas restaurações até sua remoção total^{4,5}. Pontas diamantadas de aproximadamente 1 mm de diâmetro em alta velocidade e cuja velocidade de rotação varia de 300.000 a 400.000 rpm são geralmente utilizadas durante essas remoções de restauração. Elas criam um sulco até a remoção ou o desgaste da linha de cimentação, de modo que o instrumento de ponta romba cause uma fratura mecânica da cerâmica, que é uma fratura por clivagem⁶.

Uma possibilidade que tem sido investigada é a remoção de vitrocerâmicas por lasers de alta potência, como os de érbio e YAG projetados especificamente para a remoção de restaurações cerâmicas insatisfatórias⁷, pois o laser de érbio/YAG interage com a matriz cerâmica e o cimento resinoso adesivo. Como esses dispositivos são caros e projetados especificamente para remover essas restaurações, eles podem ser inviáveis para o dia a dia de um consultório odontológico⁸. Após a remoção da restauração, devido ao tipo de quebra na linha cerâmica ou de cimentação, podem ocorrer restos de adesivo e podem ser observadas características de falha adesiva ou coesiva^{9,10}.

Uma das principais causas de falhas de cimentação ocorre durante um preparo dentário insatisfatório, causando altas tensões com concentrações mais intensas em algumas partes do material restaurador e da interface adesiva¹¹. Falhas coesivas são mais favoráveis, pois envolvem moléculas do mesmo tipo e a restauração pode se manter em função em condições favoráveis¹². As fraturas adesivas são geralmente relacionadas a diferentes moléculas de diferentes substratos envolvidos no processo de cimentação¹³. Essa falha adesiva é mais complexa, pois a fratura começa na

interface adesiva e pode causar fraturas no substrato ou na restauração, levando a uma fratura catastrófica¹⁴.

Nesse contexto, o laser de alta potência de 980nm é altamente versátil e pode ser utilizado em cirurgia periodontal, desinfecção de condutos endodônticos, remoção de tecidos e outras possibilidades, possui alta afinidade por tecidos pigmentados com hematoxilina, sendo frequentemente utilizada em cirurgias¹⁵.

No entanto, estudos *in vitro* com pigmentos escuros trouxeram importantes informações pois, a partir de um comprimento de onda entre 945 e 1035nm e mais perpendicular à matriz cerâmica e sua microestrutura, o laser de 980nm pode ser um auxiliar para a remoção dessas restaurações insatisfatórias, além de acessível e versátil, pode ser incluído nas práticas odontológicas cotidianas, oferecendo diversos benefícios¹⁶.

Devido à expansão da tecnologia CAD/CAM e evolução dos aspectos estéticos dos materiais, a busca por procedimentos estéticos restauradores tem chamado a atenção tanto de pacientes quanto de profissionais para utilização desse sistema¹⁷. A busca por lentes de contato dentárias em consultório odontológico tem se tornado cada vez mais frequente, necessitando de retratamentos como a remoção desses materiais¹⁸.

Os blocos cerâmicos utilizados para as restaurações são produzidos industrialmente, garantindo assim melhores propriedades em comparação com a técnica convencional, e o método de cimentação adesiva garante alta resistência de união entre o material cerâmico e o substrato dentário, garantindo a longevidade dessas restaurações¹⁹.

Sua produção a partir do sistema CAD/CAM tem se popularizado devido à alta precisão dos scanners e possível implementação integral no consultório odontológico através da digitalização das imagens captadas, favorecendo a comunicação com o paciente e agilizando o procedimento restaurador. No entanto, devido a uma ligação tão forte, o processo de remoção dessas cerâmicas torna-se complexo e lento e demanda tempo e cuidados com o remanescente dentário²⁰.

Os métodos convencionais para a remoção de restaurações cerâmicas relatados na literatura são simples e requerem instrumentos rotativos com brocas específicas. Entretanto, eles representam altos riscos para o substrato dentário²¹. Um método alternativo e menos invasivo é o uso do laser de érbio para o enfraquecimento

da interface adesiva, reduzindo assim o tempo gasto na remoção dessas restaurações²².

O uso do laser em Odontologia é amplamente difundido em tecidos duros e moles e vem sendo utilizado para a remoção de vitrocerâmicas²³⁻²⁴. Sua ação com a cimentação restauradora baseia-se na interação da luz com a superfície, promovendo a desnaturação do cimento resinoso, seja ele dual ou fotossensível²⁵.

O laser Er:YAG interage com a água e a hidroxiapatita presentes no tecido dentário. Seu comprimento de onda é de 2,94µm e pode gerar ablação tanto para o esmalte quanto para a dentina, causando pouco ou quase nenhum dano térmico à dentina e sua área adjacente²⁶. Seu uso para a remoção de aparelhos ortodônticos é muito comum, favorecendo sua descolagem. No entanto, por ser um equipamento utilizado com o propósito apenas para remoção de peças coladas adesivamente torna-se geralmente inviável pelo seu alto custo²⁷.

O laser de diodo de alta potência de comprimento de onda de 980 nm pode auxiliar em diferentes etapas durante o processo de restaurações indiretas. Tem um custo mais acessível e diversas aplicações dentro das especialidades odontológicas^{28,29}.

O presente estudo tem como objetivo avaliar a influência do laser de diodo 980nm, realizando maquiagem extrínseca na superfície externa da cerâmica, sobre a resistência de união ao cisalhamento de peças cerâmicas cimentadas adesivamente. Este estudo também analisou as características morfológicas e os tipos de fraturas em vitrocerâmicas CAD/CAM.

2 Proposição

O propósito desse trabalho é avaliar a utilização do laser de diodo 980nm, realizando maquiagem extrínseca na superfície externa da cerâmica a fim de promover uma ablação com sistema adesivo e cimento resinoso diminuindo a resistência de união ao cisalhamento em diferentes materiais CAD/CAM.

Hipóteses a serem testadas:

H0= O laser de diodo de alta potência não diminui a resistência de união ao cisalhamento em cerâmicas vítreas utilizadas no sistema CAD/CAM

H1= O laser de diodo de alta potência promove a diminuição da resistência de união ao cisalhamento em cerâmicas vítreas utilizadas no sistema CAD/CAM

3 Revisão de literatura

Problemas funcionais e estéticos decorrentes de desgaste dentário têm acometido cada vez mais a população mundial. Vários são as causas relacionadas a esta patologia como: dieta realizada a partir de comidas e bebidas ácidas, erosão dentária, desgaste por atrição e hábitos parafuncionais e atualmente distúrbios de ansiedade³⁰.

O impacto causado pelos desgastes dentários causa grande preocupação aos pacientes, gerando baixa estima e uma qualidade de vida menos favorável. Desgastes dentários acentuados, além de promover certa deficiência musculoesquelética, também podem impactar na falta de harmonia oclusal e uma estética desagradável³¹.

Uma solução que pode reduzir este problema ou mesmo reverter esta situação é o tratamento reabilitador protético. Essas restaurações podem envolver o substrato dental de forma parcial ou total, tornando-se uma opção viável e conservadora para reestabelecer estas estruturas dentais perdidas³³.

. Neste contexto surgem novas opções restauradoras aliadas à prática clínica diária como o sistema CAD/CAM que vem sendo amplamente difundido, este sistema permite a confecção de restaurações indiretas de forma rápida e extremamente eficiente, assim como as restaurações obtidas a partir do sistema analógico³³. Entretanto, a confecção de forma convencional pode promover alterações na criação das restaurações devido a sensibilidade da técnica demandando um maior tempo de trabalho para sua produção³⁴.

Restaurações obtidas a partir do sistema CAD/CAM promovem maior conforto ao paciente devido à facilidade de sua execução e rapidez no processo de fresagem, essas restaurações são cimentadas adesivamente, o que facilita a execução de projetos de restaurações finas e ou ultrafinas podendo ser acrescentadas sobre os dentes afetados pelo desgaste³⁵⁻³⁷.

Para obtenção destas restaurações indiretas desenvolvidas no CAD/CAM os materiais comumente utilizados são as vitrocerâmicas como o dissilicato de lítio, silicato de lítio e cerâmicas feldspáticas à base de leucita ou pura que apresentam estética excelente e propriedades mecânicas adequadas para suprir estas funções³⁸.

Outros materiais denominados híbridos também vêm sendo estudados para execução de restaurações totais ou parciais, esses materiais possuem adequada estabilidade de cor, dureza superior às resinas compostas e estética aceitável³⁹.

Casos de facetas oclusais ou laminados cerâmicos finos e ultrafinos dependem de um preparo do substrato dental adequado, pois em casos de fraturas do material ou mesmo do remanescente torna-se impossível sua recuperação, sendo necessária a confecção de uma nova restauração³⁹. Além destes fatores, podem surgir cáries recorrentes e manchamentos marginais, e preparos insatisfatórios com desgastes além do necessário podem levar à necessidade de tratamentos endodônticos futuros mesmo após a cimentação das restaurações⁴⁰.

Com a evolução dos sistemas adesivos, a união entre os substratos e cimentos resinosos promove uma interface adesiva excelente entre monômeros adesivos e o remanescente dental quando todos os passos da adesão são respeitados. Essa resistência de união garante uma superfície altamente unida ao substrato tornando sua remoção bastante trabalhosa⁴¹.

O método mais utilizado para remoção destas restaurações ainda é a secção das restaurações com auxílio de pontas diamantadas acopladas a turbinas de alta rotação⁴¹. Essa remoção consiste em um processo demorado e cansativo para o paciente e para o operador, além da dificuldade da remoção devido à cor da restauração e cimento serem semelhantes podendo gerar um desgaste além do necessário da estrutura remanescente⁴².

A partir do avanço das restaurações estéticas cimentadas adesivamente, casos com diagnósticos inadequados e preparos insatisfatórios também cresceram de forma exponencial⁴³. Com isso, métodos auxiliares para remoção destas restaurações insatisfatórias vêm sendo investigados com o intuito de reduzir ou evitar danos adicionais ao remanescente dental já comprometido⁴³.

Com o avanço do laser na odontologia, inicialmente para remoção de bráquetes ortodônticos e sua evolução, surge uma opção viável para remoção de restaurações indiretas⁴⁴. O processo para ruptura de materiais indiretos cimentados adesivamente pode ocorrer por alguns fatores: relaxamento térmico, ablação térmica ou foto ablação. Nesse sentido, o processo de ablação é o mais rápido, eficiente e favorável causando menos variações térmicas na polpa dentária⁴⁵.

A partir do aperfeiçoamento do laser para remoção das restaurações cerâmicas vítreas, o laser de érbio é o mais utilizado pois possui afinidade por diversos tecidos presentes na cavidade oral, principalmente pelas moléculas de água. Seu comprimento varia de 2780nm a 2940nm e quanto maior a quantidade disponível de água presente no material cimentante, maior será sua absorção favorecendo sua

ruptura⁴⁶. A partir deste fator, os cimentos resinosos que apresentam moléculas de água em sua composição e monômeros residuais são suscetíveis à ablação térmica em níveis de energia relativamente baixo, gerando pouco calor aos tecidos dentários evitando assim possíveis irritações pulpares⁴⁷.

É importante ressaltar que atualmente o laser de érbio já é uma realidade em clínicas odontológicas, estando amplamente difundido devido principalmente ao seu uso tanto em tecidos duros quanto em tecidos moles⁴⁷. A remoção de restaurações cerâmicas CAD/CAM com o auxílio do laser depende de muitos fatores como sua microestrutura, propriedades ópticas, composição química e espessura da restauração⁴⁸.

Um fator bastante relevante é o cimento utilizado e os parâmetros do laser configurados para determinado tipo de cerâmica odontológica, com ênfase principalmente na microestrutura do material que está sendo irradiado e a transmissão de luz que chega até o cimento adesivo⁴⁹.

Vários estudos já comprovaram a efetividade da remoção de restaurações indiretas utilizando os lasers de érbio em geral, dependendo do tipo de material e sua microestrutura, quantidade de cimento resinoso, espessura da cerâmica e espaçamento marginal e área de molhamento da superfície adesiva aderida⁵⁰.

Ao fazer o levantamento bibliográfico para construção dessa revisão de literatura sobre a remoção de cerâmicas vítreas a partir da utilização do laser odontológico, pode-se afirmar que mais pesquisas são necessárias para avaliar o efeito da irradiação do laser sobre restaurações cerâmicas com objetivo de descimentação. A necessidade de mais pesquisas se torna ainda mais evidente com a evolução de novos materiais cerâmicos.

4 Material e método

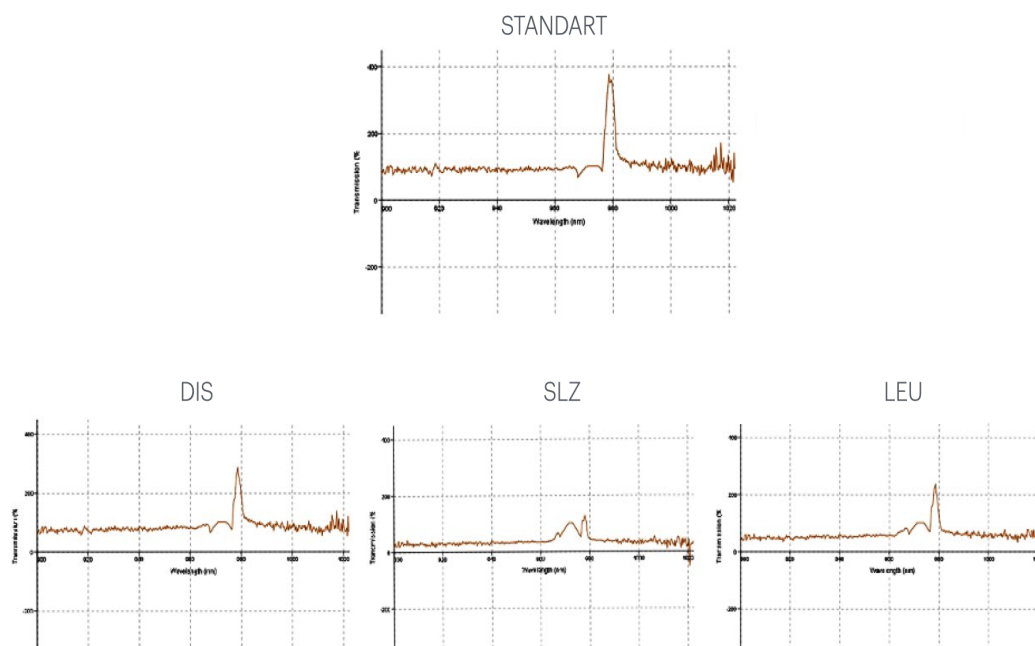
4.1 Obtenção dos espécimes

Para a obtenção dos 30 espécimes, foram utilizados blocos cerâmicos A2 disponíveis comercialmente no tamanho C14 e nas dimensões 12x14x18mm (n=10) dos materiais: Dissilicato de lítio Emax CAD (DIS), silicato de lítio reforçado com zircônia Suprinity (ZLS) e feldspato reforçado com leucita Empress CAD (LEU) (**Figura 1**). Os blocos foram seccionados por uma máquina de corte (Isomet Buehler 1000, Lake Bluff, IL, EUA), resultando em corpos de prova de 1,5 mm de espessura. As medidas foram confirmadas por um paquímetro analógico (Mitutoyo, série 530-104/Brasil) de precisão de $\pm 0,05$ mm. A cor dos espécimes foi verificada por um espectrofotômetro (BYK GARDNER color-guide 45°/0°, Alemanha) e sua taxa de transmitância foi avaliada por um espectrofotômetro Ocean Optics USB 2000 + UV-VIS - Ocean Insight - Florida, EUA. A análise das cores foi proposta para que a taxa de transmissão da luz fosse semelhante de acordo com os materiais avaliados e não houvesse interferência na passagem da luz do laser de alta potência (**Figura 2**).

Figura 1: Distribuição dos materiais segundo fabricante e composição e código dos materiais

Cerâmica	Fabricante	Composição	Lote	Cor	Microestrutura	Código
IPS e.max CAD	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	SiO ₂ , Li ₂ O, K ₂ O, MgO, ZnO, Al ₂ O ₃ , P ₂ O ₅ e outros óxidos	Y25092	A2	Lithium disilicate glass ceramic. When fully crystallized: lithium disilicate crystals (Li ₂ Si ₂ O ₅) ≈70% vol surrounded by a glassy matrix	DIS
IPS Empress CAD	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , K ₂ O, Na ₂ O, CaO e outros óxidos e pigmentos	Y26515	A2	Leucite glass ceramic. Leucite crystals (K ₂ O·Al ₂ O ₃ ·4SiO ₂) ≈35– 45% vol surrounded by a glassy matrix	LEU
Vita Suprinity	Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Na ₂ O, K ₂ O, B ₂ O ₃ , CaO, ZrO ₂	48522	A2	Zirconia reinforced lithium silicate glass ceramic. When fully crystallized: lithium disilicate (Li ₂ Si ₂ O ₅) and lithium metasilicate crystals (Li ₂ SiO ₃)	SLZ

Figura 2. Taxa de transmitância e passagem de luz através das cerâmicas CAD/CAM.



Discos de resina epóxi (EpoxyglassTM; NEMA Grau FR4) foram utilizados para a cimentação dos corpos de prova. Este material está disponível comercialmente em uma forma cilíndrica de 12 mm de diâmetro e foi seccionado por uma máquina de corte de precisão (Isomet Buehler 1000, Lake Bluff, IL, EUA) com lâmina diamantada de 3 mm de espessura para simular a dentina.

4.2 Tratamento da superfície interna dos espécimes

Os espécimes foram limpos em limpador ultrassônico por 5 minutos com álcool isopropílico 70% e depois secos com spray de ar por 20 segundos. O tratamento da superfície interna foi realizado variando o tempo de condicionamento de acordo com a composição de cada material: condicionamento com ácido fluorídrico (porcelana Condac 10% FGM, Joinville, BR) por 20s para (DIS), 30s para (SLZ) e 60s para (LEU), seguido de lavagem e secagem com spray de ar/água por 30s. O silano (Prosil, FGM Joinville BR) foi então aplicado ativamente por 60s segundos e o ar foi aplicado por 5s para a evaporação do solvente, seguido da aplicação do adesivo (AdperTM ScotchbondTM Multiuso 3M ESPE, ST PAUL, EUA) com um microaplicador (Points SDI, AU) por 20s e leve spray de ar por 5s para fornecer uma camada adesiva uniforme.

Os discos de resina epóxi foram preparados para a cimentação da seguinte forma: condicionamento com ácido fluorídrico Condac a 10% por 60s, lavagem completa com spray ar/água por 30s, aplicação ativa do agente silano por 30s com auxílio de microaplicador descartável, spray de ar suavemente por 5s para a evaporação do solvente e aplicação do adesivo.

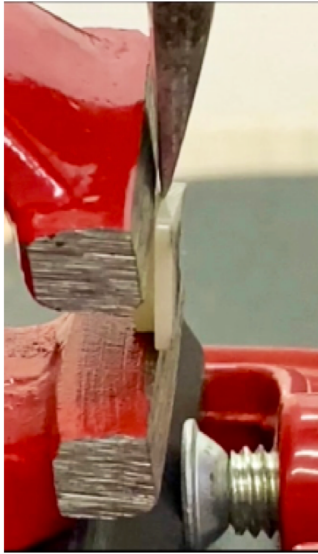
Os materiais foram posicionados em uma plataforma estável e plana para a cimentação dos corpos de prova. O cimento resinoso utilizado (Relyx ARC A1 3M ESPE, ST PAUL, EUA) foi manuseado uniformemente com uma espátula n. 20 por um único operador por 10s e aplicado na superfície da cerâmica. O disco de resina epóxi foram colocados perpendicularmente sobre a cerâmica e uma placa de vidro com pressão de 7,5N manteve comprimindo o conjunto cimentado. Após a retirada do excesso, uma fonte de luz LED (Radii-cal, SDI, Bayswater, AU) foi colocada sobre a placa de vidro e sua fotoativação foi realizada por 60s. Após a fotoativação, foi realizada uma segunda polimerização por 60s com a ponta do aparelho diretamente apoiada na cerâmica. Na sequência, todos os corpos de prova foram armazenados em água destilada à 37°C durante 10 dias.

Os espécimes foram pigmentados por uma técnica de maquiagem extrínseca na superfície cerâmica com corante de carbono orgânico para aumentar a absorção do laser de diodo de 980nm (Thera Lase Surgery, DMC, São Carlos, Brasil). O laser foi ajustado para uma potência de 9W e exposto continuamente por 120s, ou até a descolagem do conjunto cimentado. Uma fibra óptica de 600µm acoplada a uma peça de mão garantiu a padronização da aplicação.

Após a aplicação do laser nos corpos de prova do grupo experimental, eles foram imediatamente submetidos a uma máquina de ensaio universal EMIC® DL 2000 de velocidade de 5mm/min para o ensaio de resistência de união ao cisalhamento

Os espécimes foram fixados a um dispositivo de prensa e, em seguida, colocados perpendicularmente à célula de carga de 200 N equipada com um instrumento pontiagudo posicionado na interface adesiva do conjunto cimentado até o seu rompimento (**Figura 3**). Uma vez fraturados, os espécimes foram levados para avaliação em microscópio eletrônico de varredura (JEOL JSM-6610LV Tóquio, Japão) e o caráter morfológico das imagens foi analisado.

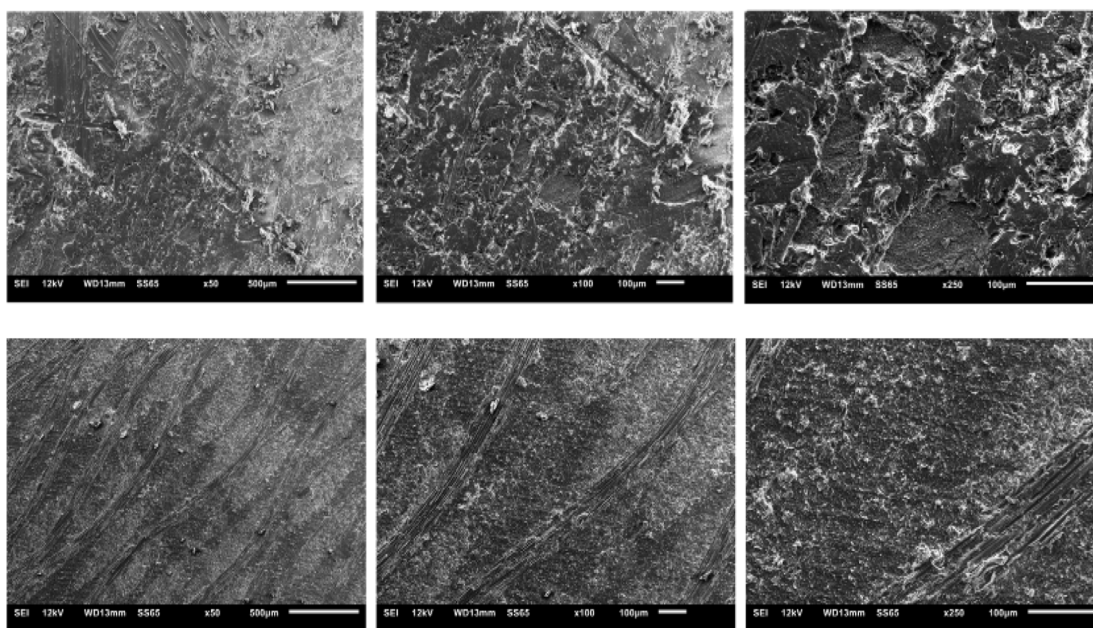
Figura 3. Teste de resistência de união ao cisalhamento.



5 Resultados

Após a aplicação do laser de alta potência por 120s, características morfológicas analisadas microscopicamente sugerem que devido ao deslocamento das vitrocerâmicas cimentadas adesivamente sobre a resina epóxi demonstraram um aspecto de resistência de união inferior aos corpos de prova que não foram irradiados pelo laser como é visto na **Figura 4** a seguir.

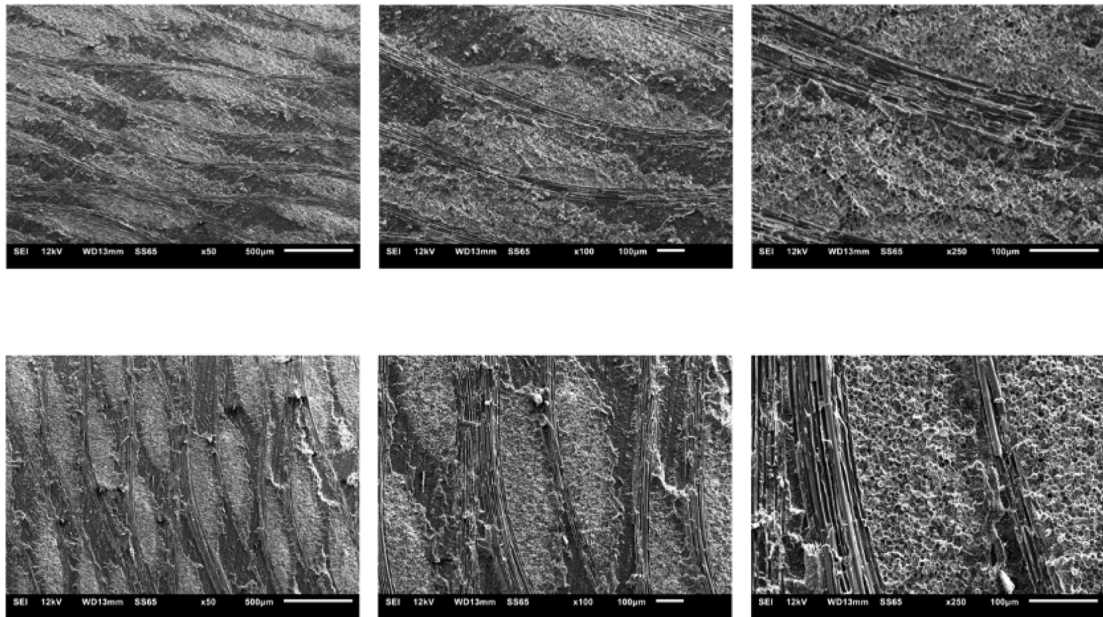
Figura 4. Dissilicato de lítio com irradiação e sem irradiação a partir do laser de diodo 980nm expostas em três ampliações diferentes (50X, 100X e 250X) respectivamente.



A representação dos sulcos onde o laser foi exposto ilustra que o material cimentado adesivamente deslocou-se mais facilmente sobre a resina quando comparado ao grupo controle.

As imagens na **Figura 5** mostram exposição ao laser de 980nm e rastros de deslocamento. Várias trilhas de deslocamento apresentam características de arrasto mais profundas, sugerindo uma falha adesiva, com moléculas sendo deslocadas de diferentes substratos, tanto cerâmicos quanto cimentados com adesivo.

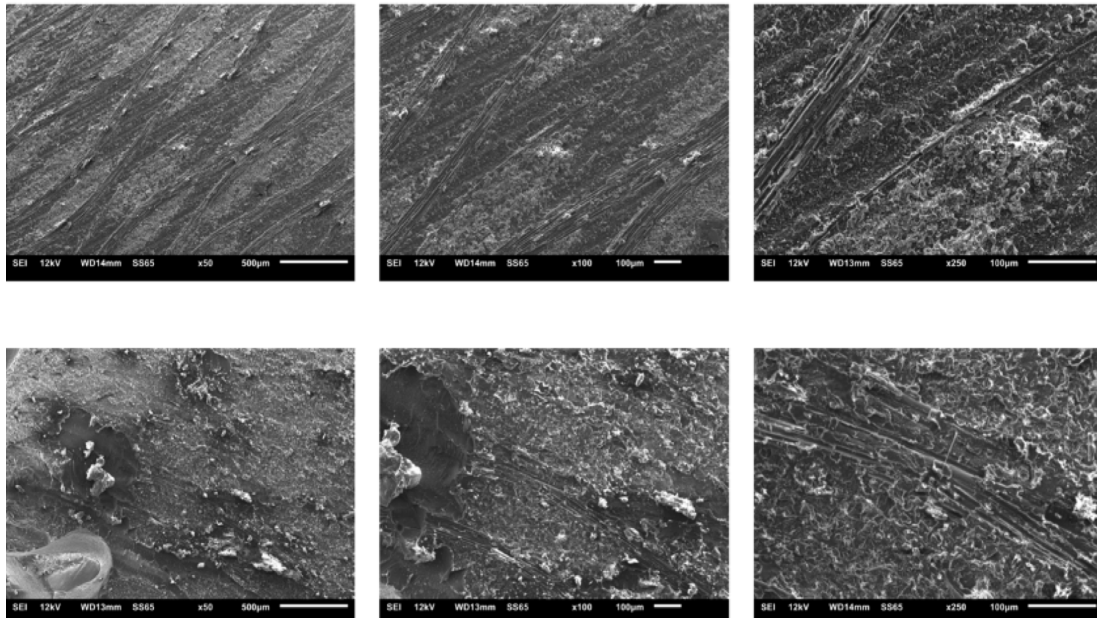
Figura 5. Silicato de lítio reforçado por zircônia com e sem irradiação do laser respectivamente em 3 aumentos distintos, grupo experimental e controle.



De acordo com as características morfológicas, principalmente com aumento de 250X, o tipo de rota de deslocamento em ambas as imagens com e sem irradiação é semelhante, o que pode caracterizar uma falha coesiva. No entanto, o laser não causou nenhuma alteração significativa na interface de ligação adesiva, facilitando assim o movimento do corpo de prova sobre o substrato cimentado.

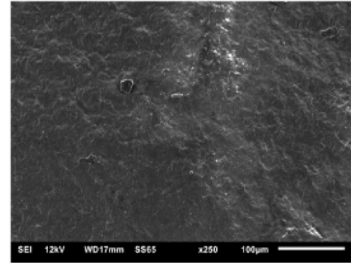
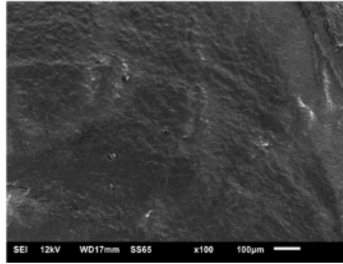
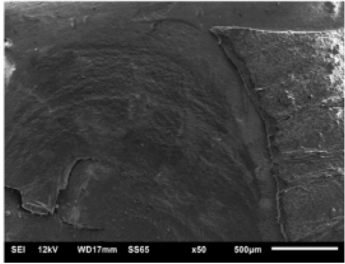
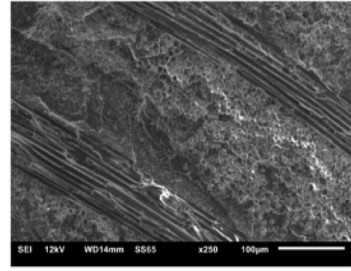
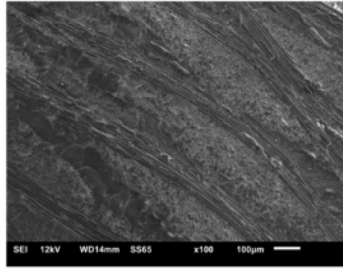
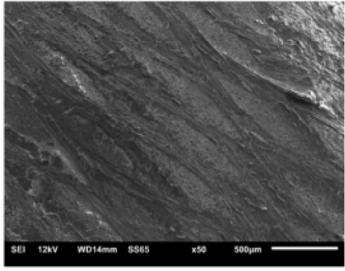
A imagem na **Figura 6** mostra um trilho de deslocamento havendo ou não exposição ao laser.

Figura 6. Feldspática reforçada por leucita na devida ordem, com e sem exposição ao laser.



No entanto, quando o corpo de prova não foi exposto ao laser de alta potência (como método auxiliar) para reduzir a resistência à ligação, foi observada uma fratura adesiva no modelo, caracterizada como falha mista (**Figura 7**), uma vez que tanto a cerâmica quanto o substrato foram fraturados.

A ligação adesiva fortemente unida entre os materiais promoveu uma fratura entre a cerâmica e o substrato como pode ser visto na imagem ampliada em 50x.



Foi analisado o efeito da aplicação do laser aos diferentes materiais CAD/CAM de 1,5mm de espessura sobre a resistência de união ao ensaio de cisalhamento. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para identificar a normalidade dos conjuntos de resultados. (**Tabela 1**)

Tabela 1: Teste Shapiro-Wilk para identificação de normalidade dos espécimes avaliados.

	<i>DIS</i>	<i>dis</i>	<i>slz</i>	<i>SLZ</i>	<i>leu</i>	<i>LEU</i>
W-stat	0,8981	0,9361	0,9954	0,8972	0,8868	0,8871
P valor	0,4000	0,6390	0,9947	0,4176	0,3413	0,3431
alfa	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Normalidade	sim	sim	sim	sim	sim	sim

(Letras maiúsculas representam a exposição ao laser)

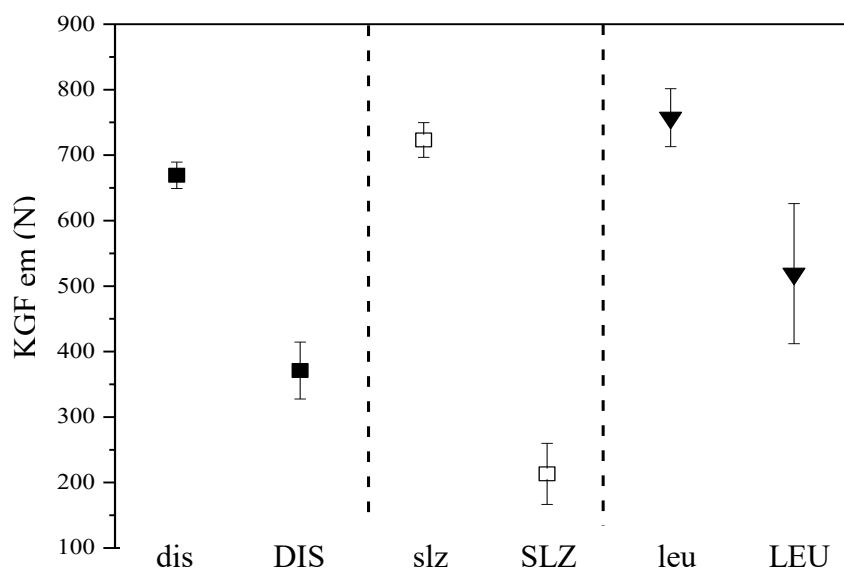
A ANOVA de uma via revelou um efeito do laser na força de cisalhamento para a descolagem de materiais [$F(5, 23) = 13,584$; $p = 0,000003142$] (**tabela 2**).

Tabela 2: Anova fator único

Origem	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq
Entre os grupos	1053816,82	5	210763,36	13,584	3,14201E-06	0,7470
Dentro dos grupos	356856,35	23	15515,49			
Total	1410673,17	28	50381,18			

O post-hoc de Tukey HSD mostrou que existem diferenças entre as pressões médias dos grupos, como mostra a figura abaixo. As diferenças são representadas de forma que os intervalos não sejam sobrepostos (**Figura 8**).

Figura 8. Intervalo de confiança 95% resistência de união (Força X cisalhamento).



(Letras maiúsculas representam a exposição ao laser 980nm).

Não foi observada diferença estatisticamente significativa quando a pigmentação extrínseca dos espécimes foi realizada com pigmento orgânico escuro. No entanto, durante a avaliação por um espectrofotômetro calibrado (D/6510°- L = 0,77; a = 0,04; b = 0,01), o SLZ apresentou os maiores valores, seguido por DIS e LEU, respectivamente.

De acordo com os resultados e, como surge uma diferença significativa entre os grupos quando não há sobreposição dos intervalos de confiança, a irradiância com laser de alta potência juntamente com a composição extrínseca da superfície externa das cerâmicas CAD/CAM reduziu a resistência ao cisalhamento, rejeitando assim H0.

6 Discussão

O laser de alta potência de 980nm mostrou-se um fator coadjuvante na remoção de cerâmicas vítreas, uma vez que já é utilizado em diversos tratamentos odontológicos devido à sua versatilidade¹⁶.

Em nosso estudo, apresentamos outro possível uso para este laser, como visto nas imagens do microscópio eletrônico de varredura, onde o laser possibilitou uma redução na força exercida sobre o espécime promovendo o deslocamento do corpo de prova sobre a resina epóxi utilizada como base de cimentação quando comparado aos materiais que não foram expostos ao laser, consequentemente de acordo com as características morfológicas observadas favorecendo a redução a resistência de união ao cisalhamento de materiais cimentados adesivamente.

A principal característica observada durante os ensaios foi a liberação do conjunto cimentado (força X cisalhamento), promovendo uma quebra nas moléculas e ligação de vanderwalls, que pode ser relatada como falha adesiva, entretanto, falhas adesivas podem promover ou estar ligadas a uma fratura no substrato, na cerâmica ou em ambos (mistos)²⁷.

Porém, o laser contribuiu para remoção de restaurações cerâmicas cimentadas adesivamente. Quando analisamos os três grupos isoladamente (DIS/SLZ/LEU), a microestrutura que mais favoreceu a transmitância da energia que passa para a interface de cimentação foi o DIS. A microestrutura em forma de agulha do DIS gerou uma dispersão de energia mais uniforme, favorecendo a descimentação em comparação com o mesmo material não irradiado²⁸.

Quando analisamos o conjunto cimentado SLZ, sua microestrutura em forma de bastão pode ter afetado moderadamente os resultados no descolamento do conjunto durante o ensaio de cisalhamento, apresentando uma interação com a irradiação do laser de alta potência, porém inferior ao DIS, possivelmente por estar relacionada a uma microestrutura maior reduzindo a passagem de luz sobre o corpo de prova²⁹.

Para o grupo LEU, a microestrutura da Leucita prejudicou a passagem de energia e sua transmitância de luz, sendo o grupo menos afetado pela irradiação do laser. No entanto, o laser contribuiu para a remoção da cerâmica LEU em comparação com a mesma estrutura não irradiada pelo laser de alta potência de 980 nm, o uso de lasers de alta potência pode facilitar a remoção de cerâmicas vítreas, dependendo de sua microestrutura³⁰.

Embora, novos estudos em que restaurações cerâmicas cimentadas adesivamente sobre os tecidos dentários devem ser avaliados devido a sua crescente escalada onde pacientes buscam reabilitar dentes desgastados e ou esteticamente inadequado prejudicando sua auto-estima, o diagnóstico correto e indicação destes tratamentos é fundamental. Nesse sentido é indispensável que o profissional se aprimore e que não realize preparos inadequados para estas restaurações cerâmicas cimentadas adesivamente³¹.

Portanto, a remoção de cerâmicas à base de vidro com lasers de alta potência, lasers de érbio e YAG, projetados especificamente para remover restaurações cerâmicas insatisfatórias, tem sido investigada. Esses lasers interagem com a matriz cerâmica e o cimento adesivo resinoso, o laser interage com as moléculas de água presentes no sistema adesivo e cimento resinoso, também pode ser utilizado em tecidos duros e moles na cavidade oral, tornando-os uma opção mais viável no dia a dia da clínica odontológica, entretanto ainda é um aparelho de valor quando comparado ao laser de diodo por exemplo^{27,32}.

O laser tem alta afinidade por tecidos pigmentados com hematoxilina, razão pela qual é mais comumente usado em cirurgia. Com base em estudos *in vitro* utilizando pigmentos pretos, o laser de 980nm pode ser um coadjuvante para a remoção dessas restaurações insatisfatórias¹⁵.

Em conclusão, os lasers de alta potência, projetados especificamente para a remoção de restaurações cerâmicas insatisfatórias, podem fornecer uma solução mais eficiente e eficaz com menor risco para o remanescente dentário, evitando desgastes adicionais como observado nas remoções de restaurações insatisfatórias pelo método tradicional (desgaste com turbinas de alta velocidade).

A partir dos resultados obtidos, e sabendo que quando não há sobreposição dos intervalos de confiança, uma diferença estatística significativa entre os grupos estudados é observada, pode-se afirmar que a irradiação com o laser de alta potência juntamente com a mimetização extrínseca da superfície externa das cerâmicas CAD/CAM resultou em diminuição da força de cisalhamento, rejeitando assim H0.

A remoção de laminados cerâmicos já é uma realidade no consultório odontológico, com o aumento da procura por restaurações estéticas do tipo facetas indiretas extremamente finas, esse tipo de restauração minimamente invasiva, realiza preparos dentários com pequeno desgaste de 0,1 a 0,5mm de espessura, resultando

em laminados cerâmicos muito finos²⁰. No entanto, quando há necessidade de remoção desses laminados, a intervenção comum mais utilizada é o desgaste com pontas diamantadas acopladas a turbinas de alta velocidade. Esse procedimento geralmente causa desconforto ao paciente, perda da restauração, desgaste dentário além da interface adesiva, e um tempo clínico maior^{21,22}.

Na busca de otimizar o tempo clínico e reduzir o desgaste adicional durante a remoção de restaurações cerâmicas, a família de lasers Érbio trouxe os métodos menos invasivos utilizados atualmente²². Nesse sentido, o laser de diodo de 980nm pode ser um método auxiliar para a remoção dessas restaurações devido à sua versatilidade, sendo o laser mais utilizado na clínica odontológica atualmente²³.

O laser de diodo opera a partir de um semicondutor infravermelho com comprimento de onda que pode variar de 808 a 980nm, permitindo que o laser atue seletivamente sobre tecidos moles, sendo capaz de cortar tecidos e reduzir a hemostasia, sendo um recurso cirúrgico e pós-cirúrgico, podendo ser utilizado em tecidos duros como nos processos de descontaminação de canais radiculares^{23,24}.

A interação do laser de diodo de alta potência com os cromóforos presentes nos tecidos é o que permite sua aplicação, diferentemente da família dos lasers Érbio em que tecidos sem nenhum tipo de pigmento (água e hidroxiapatita) podem ser afetados¹⁹.

Esta limitação da aplicação do laser de diodo em tecidos duros não pigmentados pode ser contornada realizando uma técnica de maquiagem extrínseca na área a ser irradiada, esta maquiagem deve apresentar uma interação com o comprimento de onda equivalente ao laser de diodo para que possa absorver e transmitir luz através da área de interesse, esta técnica de maquiagem e mimetismo é apresentada e investigada em nosso trabalho.

A partir dos resultados obtidos, percebe-se que a técnica de maquiagem promoveu a interação entre o laser de diodo e as cerâmicas vítreas mimetizadas, promovendo assim um enfraquecimento do conjunto cimentado adesivo.

O corante orgânico utilizado para mimetizar todas as cerâmicas vítreas promoveu a absorção da energia do laser, promovendo um enfraquecimento da ligação covalente de todos os conjuntos cimentados. essa dissociação das ligações covalentes ocorre quando a água em sua fase líquida se torna gasosa, gerando um

relaxamento térmico a ponto de enfraquecer as ligações adesivas conforme descrito por Moshonov et.al²⁷ e van Gemert M et.al²⁸, o que pode explicar os resultados de menor resistência de união ao cisalhamento em todos os grupos que interagiram com o laser de 980nm.

Quando comparamos a interação do laser de diodo com a cerâmica vítrea, encontramos um maior valor de resistência de união ao cisalhamento para o material (LEU). A cerâmica feldspática reforçada com leucita teve uma transmitância de luz mais baixa quando comparada ao DIS. Durante a avaliação dos corpos de prova pigmentados via espectrofotômetro, foram observados os menores valores médios obtidos para o LEU, reduzindo a passagem de luz e consequentemente reduzindo a interação com o cimento resinoso, dificultando a descolagem do material cerâmica cimentada adesivamente.

A espessura do material (1,5mm) também pode ser um fator determinante durante o procedimento de descolamento, podendo ser a possível explicação para os maiores valores obtidos no ensaio de cisalhamento. Morford et al¹¹ e Sari et al²⁹ apresentaram estudos de 0,5mm de espessura em cerâmicas de dissilicato de lítio e feldspato reforçadas com leucita e a transmitância da energia do laser através dos espécimes favoreceu a passagem da luz laser Er:YAG, promovendo sua descolagem.

Os menores valores de resistência de união foram observados nas cerâmicas à base de dissilicato e silicato de lítio, com o silicato apresentando os menores valores de resistência ao cisalhamento. Os resultados encontrados podem estar relacionados à microestrutura dessas cerâmicas, devido à sua estrutura cristalina de 1µm para (DIS) e 0,5µm para (SLZ) conforme relatado por Belli et al³⁰.

Para o dissilicato de lítio com espessura de 0,5mm, Sari et al²⁹ descreveram uma taxa de transmitância de 88%, garantindo a transmissão de luz para a interface adesiva, (DIS) possui apenas 1 tipo de cristal em sua composição, favorecendo a transmitância da luz, o que pode sugerir os menores valores de resistência ao cisalhamento encontrados em nosso estudo quando comparado ao (LEU).

No caso do silicato de lítio, sua microestrutura é menor que a do (DIS), além disso, o material (SLZ) possui duas estruturas cristalinas diferentes, forma e volume, caracterizando a principal diferença entre a translucidez desses materiais³¹, essa diferença pode estar relacionada a uma maior absorção do laser, sendo uma possível

explicação para os menores valores médios obtidos no ensaio de resistência ao cisalhamento.

O uso do laser de diodo de 980nm em vez de turbinas de alta velocidade para a remoção de restaurações cerâmicas, pode reduzir a chance de desgaste do substrato dentário remanescente como apresentamos os resultados em nosso estudo. Embora seja um estudo *in vitro*, ficou claro que a irradiação do laser de diodo associada à mimetização da superfície cerâmica pode permitir que tecidos sem nenhum pigmento interajam com o laser de diodo, aumentando ainda mais sua versatilidade e aplicação clínica.

Em relação ao uso do laser de alta potência, é fundamental mapear os níveis de translucidez e grau de absorbância das cerâmicas utilizadas, e a espessura do material que será irradiado pelo laser, o profissional deve conhecer a estrutura da cerâmica utilizada e assim definir os parâmetros para uso do laser de acordo com o caso específico. Amplificadores de comprimento de onda através de fibra óptica, como érbio e itérbio, permitem a absorção em vidros de oxifluoreto na faixa de 980nm, bem como vitrocerâmicas³².

Vitrocerâmicas com nanocristais ricos em flúor ou oxifluoreto de Er/Yb distribuídos na matriz vítrea podem aumentar o potencial de amplificação do comprimento de onda, vitrocerâmicas que possuem érbio e itérbio em sua composição são geralmente excitadas em uma faixa de 808 nm, a emissão da faixa de comprimento Yb^{3+} apresenta uma faixa de relaxamento e transmitância de energia neste comprimento de onda³². A taxa de transmissão de energia para sistemas vitrocerâmicos é mais estreita, exigindo uma irradiação mais prolongada, sugerindo um comprimento de onda variando entre 945 e 1038 nm³³.

Nesse sentido, é possível afirmar que as cerâmicas vítreas que possuem érbio independentemente da concentração ou mistura Er^{3+} Yb^{3+} apresentam uma taxa de relaxamento mais favorável quando comparadas às cerâmicas vítreas fundidas, sendo caracterizadas por um tempo consideravelmente maior. Os íons érbio incorporados em diferentes fases cristalinas podem promover uma taxa de relaxamento de íons ativos, e seu caráter simétrico é um fator determinante para seu relaxamento³².

No entanto, por se tratar de um estudo *in vitro*, são necessárias mais investigações para consolidar a técnica, e sua aplicação clínica em estudos *in vivo*

onde a temperatura transmitida pelo laser um fator importante devido à sua interação com a polpa dentária.

7 Conclusão

1. A partir desse estudo foi possível analisar que não somente o laser de alta potência projetados especificamente para a remoção de restaurações cerâmicas insatisfatórias podem fornecer uma solução mais eficiente e eficaz com menor risco para o remanescente dentário, evitando desgastes adicionais, como observado na remoção de restaurações insatisfatórias pelo método tradicional (desgaste com turbinas de alta velocidade).

2. O laser de 980nm é uma opção versátil e acessível que pode ser incluída na prática odontológica diária, oferecendo diversos benefícios, conforme demonstrado neste estudo.

3. É essencial mapear os níveis de transmitância e espessura dos materiais cerâmicos cimentados adesivamente, criando um protocolo de irradiação laser específico para cada vitrocerâmica.

4. O laser de diodo de alta potência associado à técnica de maquiagem cerâmica extrínseca mostrou-se uma técnica capaz de reduzir a força de cisalhamento em cerâmicas vítreas utilizadas no sistema CAD/CAM.

Referências*

1. Fernández BE, Bessone LM, Cabanillas G. Aesthetic all-ceramic restorations CAD-CAM System. *Int. J. Odontostomat.* 2013; 7(1): 139-47.
2. Hirata R, Sampaio CS, de Andrade OS, Kina S, Goldstein RE, Ritter AV. Quo vadis, esthetic dentistry? Ceramic veneers and overtreatment-A cautionary tale. *J Esthet Restor Dent.* 2022; 34(1):7-14.
3. Öztürk E, Bolay Ş, Hickel R, Ilie N. Shear bond strength of porcelain laminate veneers to enamel, dentine and enameldentine complex bonded with different adhesive luting systems. *J Dent.* 2013; 41(2):97-105.
4. Samra B, Postiglione A, Morais E, Mazur RF, Vieira SR, Rached RN. "CAD/CAM in dentistry – a critical review. *Rev Odonto Cienc* 2016;31(3):140-4.
5. Blatz MB, Chiche G, Bahat O, Roblee R, Coachman C, Heymann HO. Evolution of Aesthetic Dentistry. *J Dent Res.* 2019; 98(12):1294-1304.
6. Ghazanfari R, Azimi N, Nokhbatolfoghahaei H, Alikhasi M. Laser Aided Ceramic Restoration Removal: A Comprehensive Review. *J Lasers Med Sci.* 2019; 10(2):86-91.
7. Raigrodski AJ, Chiche GJ, Potiket N, Hochstedler JL, Mohamed SE, Billiot S. et al. The efficacy of posterior three-unit zirconium-oxide-based ceramic fixed partial dental prostheses: a prospective clinical pilot study. *J Prosthet Dent.* 2006; 96(4): 237-44.
8. Whitehead SA, Aya A, Macfarlane TV, Watts DC, Wilson NH. Removal of porcelain veneers aided by fluorescing luting cement. *J Esthet Dent.* 2000; 12(1):38-45.
9. Gurney ML, Sharples SD, Phillips WB, Lee DJ. Using an Er,Cr:YSGG laser to remove lithium disilicate restorations: A pilot study. *J Prosthet Dent.* 2016; 115(1):90-4.
10. Spath A, Smith C. Removal of Modern Ceramics. *Compend Contin Educ Dent.* 2017; 38(5):326-33.

* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

11. Morford CK, Buu NC, Rechmann BM, Finzen FC, Sharma AB, Rechmann P. Er:YAG laser debonding of porcelain veneers. *Lasers Surg Med.* 2011; 43(10):965-74.
12. Verma SK, Maheshwari S, Singh RK, Chaudhari PK. Laser in dentistry: An innovative tool in modern dental practice. *Natl J Maxillofac Surg.* 2012; 3(2):124-32
13. Rajan JS, Muhammad UN. Evolution and advancement of lasers in dentistry - A literature review. *Int J Oral Health Sci* 2021; 11:6-14
14. Bahrololoomi Z, Razavi F, Soleymani AA. Comparison of Micro-Leakage from Resin-Modified Glass Ionomer Restorations in Cavities Prepared by Er:YAG (Erbium-Doped Yttrium Aluminum Garnet) Laser and Conventional Method in Primary Teeth. *J Lasers Med Sci.* 2014; 5(4):183-7.
15. Kellesarian SV, Ros Malignaggi V, Aldosary KM, Javed F. Laser-assisted removal of all ceramic fixed dental prostheses: A comprehensive review. *J Esthet Restor Dent.* 2018; 30(3):216-22.
16. Silva AC, Melo P, Ferreira JC, Oliveira T, Gutknecht N. Adhesion in dentin prepared with Er,Cr:YSGG laser: systematic review. *Contemp Clin Dent.* 2019; 10(1): 129-34.
17. Grazioli G, Hardan L, Bourgi R, Nakanishi L, Amm E, Zarow M, et al. Residual Adhesive Removal Methods for Rebonding of Debonded Orthodontic Metal Brackets: Systematic Review and Meta-Analysis. *Materials (Basel).* 2021; 14(20):6120.
18. Derikvand N, Chinipardaz Z, Ghasemi S, Chiniforush N. The Versatility of 980 nm Diode Laser in Dentistry: A Case Series. *J Lasers Med Sci.* 2016; 7(3):205-8.
19. Saydjari Y, Kuypers T, Gutknecht N. Laser Application in Dentistry: Irradiation Effects of Nd:YAG 1064 nm and Diode 810 nm and 980 nm in Infected Root Canals-A Literature Overview. *Biomed Res Int.* 2016; 8421656.
20. Iseri U, Oztoprak MO, Ozkurt Z, Kazazoglu E, Arun T. Effect of Er:YAG laser on debonding strength of laminate veneers. *Eur J Dent.* 2014; 8(1):58-62.
21. Akar, Gulcan & Ozdemir, Niler & Uluer, H. & Aksoy, G. A clinical evaluation of fixed partial dentures. *Acta Stomatologica Croatica.* 2009; 43(2): 99-109.

22. Vasudeva G, Bogra P. The effect of occlusal restoration and loading on the development of abfraction lesions: A finite element study. *J Conserv Dent*. 2008; 11(3):117–20.
23. Pirnat S. Versatility of an 810 nm diode laser in dentistry: An overview. *J Laser Health Acad*. 2007; 4:1-9
24. Maturo P, Perugia C, Docimo R. Versatility of an 810 Nm Diode Laser in Pediatric Dentistry. *Int J Clin Dent*. 2013; 6(2):161-172.
25. Goharkhay K, Moritz A, Wilder-Smith P, Schoop U, Kluger W, Jakolitsch S, et al. Effects on oral soft tissue produced by a diode laser in vitro. *Lasers Surg Med*. 1999; 25(5):401-6.
26. Kaplan T, Sezgin GP, Sönmez KS. Effect of a 980-nm diode laser on post-operative pain after endodontic treatment in teeth with apical periodontitis: a randomized clinical trial. *BMC Oral Health*. 2021; 21(1):41.
27. Moshonov J, Stabholz A, Leopold Y, Rosenberg I, Stabholz A. Lasers in dentistry. Part B-Interaction with biological tissues and the effect on the soft tissues of the oral cavity, the hard tissues of the tooth and the dental pulp]. 1993; 18,3-4. 2001; 21-8, 107-8.
28. van G, M J et al. "Time constants in thermal laser medicine: II. Distributions of time constants and thermal relaxation of tissue." *Physics in medicine and biology* .1996;41(8) 1381-99.
29. Belli R, Wendler M, de Ligny D, Cicconi MR, Petschelt A, Peterlik H, et al. Chairside CAD/CAM materials. Part 1: Measurement of elastic constants and microstructural characterization. *Dent Mater*. 2017; 33(1):84-98.
30. El-Sheikh NA, Wahsh MM, Hussein GA. Laser debonding of ultrathin occlusal veneers fabricated from different CAD/CAM ceramic materials. *BMC Oral Health*. 2024;24(1):570.
31. Shalaby MM, Abo-Eittah MR. Influence of the preparation design and aging on the vertical marginal gap of occlusal veneers constructed of different ceramic materials. *Egypt Dent J*. 2020;66:1261–74.
32. Magne P, Stanley K, Schlichting LH. Modelagem de facetas oclusais ultrafinas. *Dent Mater*. 2012;28(7):777–82.
33. Christel P, Meunier A, Heller M, Torre JP, Peille CN. Mechanical properties and short-term in vivo evaluation of yttrium-oxide-partially-stabilized zirconia. *J Biomed Mater Res*. 1989;23(1):45–61

34. Awada A, Nathanson D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. *J Prosthet Dent*. 2015;114(4):587–93.
35. Dunne SM, Millar BJ. A longitudinal study of the clinical performance of porcelain veneers. *Br Dent J*. 1993;175(9):317–21.
36. McCulloch AJ. Dental demolition. *Dent Update*. 1992;19(6):255–6
37. 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 Dentofac Orthop*. 1990;98(3):263–73.
38. Bishara SE, Ortho D, Truiove TS. Comparisons of different debonding techniques for ceramic brackets: an in vitro study: Part I. background and methods. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1990;98(2):145–53.
39. Capriotti L et al. Removal of fiber posts during endodontic retreatments using ultrasonic tips: A comparison between two different endodontic fiber posts. *Giornale italiano di endodonzia* 32.1 (2018): 47–50.
40. Tocchio RM, Williams PT, Mayer FJ, Standing KG. Laser debonding of ceramic orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1993;103(2):155–62.
41. Rechmann P, Buu NC, Rechmann BM, Finzen FC. Laser all-ceramic crown removal—a laboratory proof-of-principle study—phase 2 crown debonding time. *Lasers Surg Med*. 2014;46(8):636–43
42. Karagoz-Yildirak M, Gozneli R. Evaluation of rebonding strengths of leucite and lithium disilicate veneers debonded with an Er: YAG laser. *Lasers Med Sci*. 2020;35(4):853–60
43. Kellesarian SV, Ros Malignaggi V, Aldosary KM, Javed F. Laser-assisted removal of all ceramic fixed dental prostheses: a comprehensive review. *J Esthetic Restor Dentistry*. 2018;30(3):216–22.
44. Parker S, Cronshaw M, Anagnostaki E, Mylona V, Lynch E, Grootveld M. Current Concepts of Laser-Oral Tissue Interaction. *Dent J*. 2020;8(3):61.
45. Deeb JG, Grzech-Leśniak K, Brody ER, Matys J, Bencharit S. Erbium laser-assisted ceramic debonding: a scoping review. *J Prosthodont*. 2022;31(9):e100–24.
46. Zhang X, Dong H, Guo C, Zhang X, Zhang D, Wu X, Zhao J. Effects of laser debonding treatment on the optical and mechanical properties of all-ceramic restorations. *Lasers Med Sci*. 2021; 36:1497–504

47. Subaşı MG, Alp G, Johnston WM, Yilmaz B. Effect of thickness on optical properties of monolithic CAD-CAM ceramics. *J Dent.* 2018; 71:38-42.
48. Mavriqi L, Valente F, Murmura G, Sinjari B, Macrì M, Trubiani O, et al. Lithium disilicate and zirconia reinforced lithium silicate glass-ceramics for CAD/CAM dental restorations: biocompatibility, mechanical and microstructural properties after crystallization. *J Dent.* 2022; 119:104054
49. Lisiecki R., Augustyn E., Ryba-Romanowski W., Zelechower M. Er-doped and Er, Yb co-doped oxyfluoride glasses and glass-ceramics, structural and optical properties. *Optical Materials.* 2011; 33(11):1630-7
50. Grzech-Leśniak K, Bencharit S, Skrzanc L, Kanduti D, Matys J, Deeb JG. Utilization of Er: YAG laser in retrieving and reusing of lithium disilicate and zirconia monolithic crowns in natural teeth: an in vitro study. *Appl Sci.* 2020;10(12):4357.

Autorizo a reprodução deste trabalho após a data de defesa

(Direitos de Publicação reservado ao autor)

Araraquara, 09 de dezembro de 2024.

Rafael Wallace Cordeiro Manso