



AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO



BR0645452

INIS-BR--4033

**ESTUDO *IN VITRO* DA MICROINFILTRAÇÃO MARGINAL EM
CAVIDADES CLASSE V PREPARADAS COM LASER DE
Er:YAG E CONDICIONADAS COM ÁCIDO OU COM
LASER DE Er:YAG E ÁCIDO**

HENRIQUE DUTRA SIMÕES TAVARES

Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Mestre Profissional na área de Lasers em
Odontologia.

Orientador:

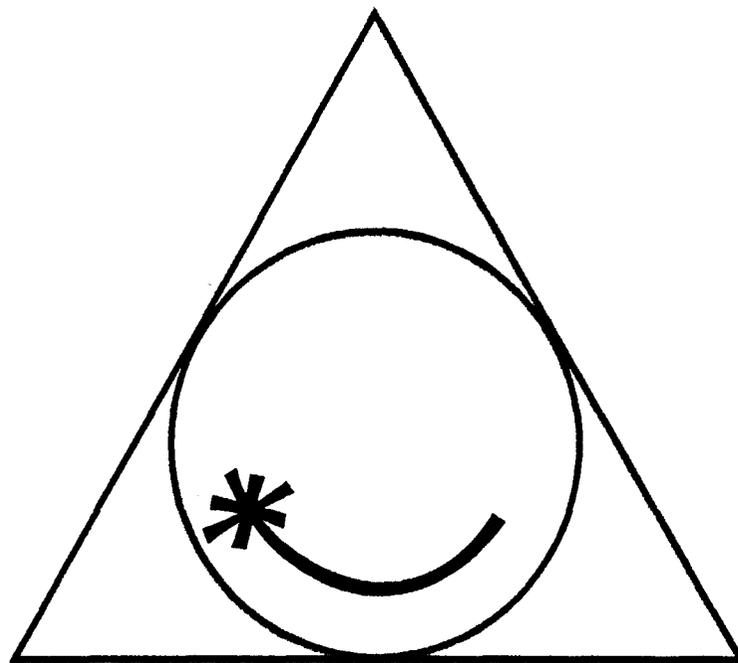
Prof. Dr. Carlos de Paula Eduardo

Co-orientadora:

Profa. Dra. Martha Marques Ferreira Vieira

**São Paulo
2001**





**MESTRADO PROFISSIONALIZANTE DE LASER EM
ODONTOLOGIA**



Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

**ESTUDO *IN VITRO* DA MICROINFILTRAÇÃO MARGINAL
EM CAVIDADES CLASSE V PREPARADAS COM LASER DE Er:YAG
E CONDICIONADAS COM ÁCIDO OU COM LASER DE Er:YAG E ÁCIDO**

Henrique Dutra SimõesTavares

Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para a obtenção do título de Mestre
Profissional na área de Lasers em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos de Paula Eduardo

Co-Orientadora: Prof^a. Dr^a. Martha Marques
Ferreira Vieira

São Paulo
2001



Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

**ESTUDO *IN VITRO* DA MICROINFILTRAÇÃO MARGINAL
EM CAVIDADES CLASSE V PREPARADAS COM LASER DE Er:YAG
E CONDICIONADAS COM ÁCIDO OU COM LASER DE Er:YAG E ÁCIDO**

Henrique Dutra SimõesTavares

Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para a obtenção do título de Mestre
Profissional na área de Lasers em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos de Paula Eduardo

Co-Orientadora: Prof^a. Dr^a. Martha Marques
Ferreira Vieira

São Paulo
2001

DEDICATÓRIA

"Tudo posso n. Aquele que me fortalece."

(Carta de São Paulo aos Filipenses, 4:13)

A Nosso Senhor Jesus Cristo e à Maria, nossa Mãe, obrigado pela vida e por mais esta conquista.

*"Há homens que lutam um dia e são bons,
Há outros que lutam muitos dias e são melhores.
Mas há aqueles que lutam toda a vida
E estes são os imprescindíveis."*

(Bertold Brecht)

À Prof.^a Dr.^a Rosangela Almeida Ribeiro. Uma mulher imprescindível em nossas vidas como Mestre, pessoa e amiga. Obrigado por compartilhar de todos os momentos da realização deste trabalho.

Aos meus pais, *Domingos Tavares de Souza Júnior* e *Vânia Dutra Simões Tavares*, pelo amor, carinho e dedicação. Abriram as portas do meu futuro, iluminaram o meu caminho com a luz mais brilhante que puderam encontrar: o estudo.

À Alessandra, ao Helder e à Adriana, pela compreensão nos momentos difíceis desta jornada, minha eterna gratidão.

"O que ensina, esmere-se no fazê-lo."

(Carta de São Paulo aos Romanos, 12:7b)

Ao meu Orientador, *Prof. Dr. Carlos de Paula Eduardo*, o maior conhecedor das aplicações do laser na Odontologia. Agradeço a sua contribuição e o seu incentivo na realização deste trabalho.

À minha Co-Orientadora, *Prof.^a Dr.^a Martha Marques Ferreira Vieira*, obrigado por sua valiosa colaboração na realização deste trabalho, atenção dispensada e sugestões apresentadas.

AGRADECIMENTOS

1. Aos amigos *Leonardo Santos Picinini* e *Rodrigo Guerra de Oliveira*, pela companhia e pelo estímulo. Este momento feliz também é de vocês!
2. Ao *Prof. Edgar Yugi Tanji*, pela sugestão do tema deste trabalho e pela imprescindível colaboração para a sua elaboração.
3. À *Prof.^a Dr.^a Sheila Gouw-Soares*, pelo carinho e pela amizade durante todo o Curso.
4. Aos *meus colegas* do Mestrado Profissionalizante, pela convivência enriquecedora, por compartilharem das mesmas dificuldades e alegrias, e, principalmente, pela união estabelecida.
5. A todos os *professores* do Mestrado Profissionalizante, pelos conhecimentos transmitidos durante todo o Curso.
6. Às secretárias *Sandra, Cida e Liliane*, pela paciência e dedicação com todos os que necessitam de seus préstimos.
7. A todos os *meus familiares e amigos* que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!

**ESTUDO *IN VITRO* DA MICROINFILTRAÇÃO MARGINAL
EM CAVIDADES CLASSE V PREPARADAS COM LASER DE Er:YAG
E CONDICIONADAS COM ÁCIDO OU COM LASER DE Er:YAG E ÁCIDO**

Henrique Dutra SimõesTavares

RESUMO

A microinfiltração na interface dente-material restaurador continua sendo um problema em restaurações com resina composta. A microinfiltração nas margens gengivais de restaurações de cavidades classe V continua sendo um desafio pelo fato de essas superfícies se encontrarem em dentina e/ou cimento. Estudos anteriores demonstraram que o preparo de cavidades com laser de Er:YAG é possível. Tem sido defendido que o laser de Er:YAG tem a capacidade de criar superfícies irregulares promovendo uma retenção micromecânica para materiais adesivos e melhorar o selamento marginal. O propósito deste estudo foi avaliar *in vitro* o grau de microinfiltração marginal nas paredes oclusal e gengival de restaurações classe V em cavidades preparadas com laser de Er:YAG, condicionadas com ácido ou com laser de Er:YAG e ácido, em comparação com cavidades preparadas e restauradas convencionalmente. Trinta molares humanos foram divididos em três grupos: grupo I - cavidades preparadas com laser de Er:YAG (*KaVo KEY Laser II* - Alemanha) e condicionadas com ácido fosfórico a 37%; grupo II - cavidades preparadas com laser de Er:YAG e condicionadas com laser de Er:YAG e ácido fosfórico a 37%; grupo III (grupo controle) - cavidades preparadas com alta rotação e condicionadas com ácido fosfórico a 37%. Todas as cavidades foram tratadas com o mesmo sistema adesivo (*Single Bond* - 3M) e restauradas com resina composta (*Z100* - 3M), de acordo com as instruções do fabricante. Os espécimes

foram armazenados em água a 37°C por 24 horas, polidos com discos Sof-Lex (3M), submetidos à ciclagem térmica, selados com um esmalte cosmético, exceto na área da restauração e 1mm ao seu redor, e imersos em solução de nitrato de prata a 50% por 24 horas. Os espécimes foram, então, lavados em água corrente e imersos em solução fotorreveladora sob luz fluorescente por 8 horas. Os dentes foram incluídos em resina quimicamente ativada e seccionados com um disco de diamante sob refrigeração com água. Os cortes foram fotografados. A microinfiltração nas paredes oclusal e gengival das cavidades foi avaliada por escores (0-3) atribuídos por três examinadores calibrados. Tanto na parede oclusal quanto na parede gengival, os resultados não demonstraram uma diferença estatisticamente significativa entre os três grupos avaliados ($p>0,05$). O laser de Er:YAG demonstrou ser tão efetivo quanto os métodos convencionais de preparo cavitário e condicionamento, podendo ser utilizado no preparo de cavidades classe V e no pré-condicionamento do esmalte.

**MARGINAL MICROLEAKAGE *IN VITRO* STUDY ON CLASS V CAVITIES
PREPARED WITH Er:YAG LASER AND ETCHED WITH ACID OR ETCHED
WITH Er:YAG LASER AND ACID**

Henrique Dutra Simões Tavares

ABSTRACT

Microleakage at the interface between the teeth and the restorative materials remains a problem with composite resin restorations. Microleakage at the gingival margins of class V cavities restorations still challenge as they are usually placed in dentin and/or cementum. Previous studies have shown that the cavity preparation with Er:YAG laser is possible. It has been reported that Er:YAG laser has ability to create irregular surface providing micromechanical retention for adhesive dental restorative materials and to improve marginal sealing. The purpose of this *in vitro* study was to evaluate the marginal microleakage on class V cavities prepared with Er:YAG laser and etched with acid or with Er:YAG laser and acid, in compared to those prepared and etched conventionally. Thirty human molars were divided into three groups, namely: group I - prepared with Er:YAG laser (KaVo KEY Laser II - Germany) and etched with 37% phosphoric acid; group II - prepared with Er:YAG laser and etched with Er:YAG laser and 37% phosphoric acid; group III (control group) - prepared with high speed drill and etched with 37% phosphoric acid. All cavities were treated with same adhesive system (Single Bond - 3M) and restored with the composite resin (Z100 - 3M), according to the manufacturer's instructions. The specimens were stored at 37°C in water for 24 hours, polished with Sof-Lex discs (3M), thermally stressed, sealed with a nail polish coating except for the area of the restoration and 1mm around it, and immersed in a 50% aqueous solution of silver nitrate for 24 hours. After that, the

specimens were rinsed in water, soaked in a photodeveloping solution and exposed to a fluorescent light for 8 hours. The teeth were embedded in an autopolymerizing resin and sectioned longitudinally using a diamond saw microtome under running water. The sections were photographed. The microleakage at the occlusal cavity and at the gingival margins of each specimen was evaluated with scores (0-3) by three calibrated examiners. Both results on occlusal and gingival margins have shown no statistically significant difference among the three groups evaluated ($p>0.05$). The Er:YAG laser has shown to be as effective as the conventional methods for cavity preparation and etching, suggesting its use for the class V cavity preparation and enamel etching.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISÃO DA LITERATURA	4
3.1 Microinfiltração marginal	4
3.2 Laser de Er:YAG em esmalte e dentina	11
3.3 Microinfiltração em cavidades preparadas com laser de Er:YAG	33
4. MATERIAIS E MÉTODOS	43
4.1 Materiais	43
4.1.1 Equipamentos	44
4.2 Métodos	45
4.2.1 Seleção dos dentes	45
4.2.2 Preparo das cavidades	46
4.2.3 Procedimento restaurador	47
4.2.4 Ciclagem térmica	48
4.2.5 Impermeabilização	48
4.2.6 Imersão e fixação	49
4.2.7 Inclusão	49
4.2.8 Seccionamento	49
4.2.9 Avaliação do grau de microinfiltração	49
4.2.10 Análise estatística	52
5. RESULTADOS	53
5.1 Concordância entre os examinadores	53

5.2 Comparação dos graus de microinfiltração entre os grupos	53
6. DISCUSSÃO	56
7. CONCLUSÕES	66
8. ANEXO	67
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 5.1 - Distribuição dos graus de microinfiltração na parede oclusal segundo os três grupos experimentais (Grupo I: laser de Er:YAG + ácido; Grupo II: laser de Er:YAG + laser de Er:YAG + ácido; Grupo III: alta rotação + ácido)	54
Tabela 5.2 - Distribuição dos graus de microinfiltração na parede gengival segundo os três grupos experimentais (Grupo I: laser de Er:YAG + ácido; Grupo II: laser de Er:YAG + laser de Er:YAG + ácido; Grupo III: alta rotação + ácido)	55

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIG. 4.1 Laser de Er:YAG, modelo <i>KaVo KEY Laser II</i> (<i>KaVo Co.- Biberach - Alemanha</i>)	44
FIG. 4.2 Microinfiltração grau 0 na parede oclusal e grau 1 na parede gengival de espécime do grupo I	50
FIG. 4.3 Microinfiltração grau 1 nas paredes oclusal e gengival de espécime do grupo I	50
FIG. 4.4 Microinfiltração grau 1 na parede oclusal e grau 2 na parede gengival de espécime do grupo II	51
FIG. 4.5 Microinfiltração grau 0 na parede oclusal e grau 3 na parede gengival de espécime do grupo I	51
FIG. 5.1 Representação da distribuição dos graus de microinfiltração na parede oclusal segundo os três grupos experimentais	54
FIG. 5.2 Representação da distribuição dos graus de microinfiltração na parede gengival segundo os três grupos experimentais	55

LISTA DE ABREVIATURAS

- Ca: cálcio
- cm^2 : centímetro quadrado
- CO_2 : dióxido de carbono
- HClO_4 : ácido perclórico
- Hz: hertz
- h: hora
- J: joule
- M: molar
- MET: microscopia eletrônica de transmissão
- MEV: microscopia eletrônica de varredura
- min: minuto
- mJ: milijoule
- ml: mililitro
- mm: milímetro
- MPa: megapascal
- ms: milissegundo
- MO: microscopia óptica
- NaOCl: hipoclorito de sódio
- Nd: neodímio
- nm: nanometro
- O: oxigênio
- OH: hidroxila
- P: fósforo
- pH: potencial hidrogeniônico
- ppm: parte por milhão

- pps: pulso por segundo
- rpm: rotações por minuto
- s: segundo
- W: watt
- μm : micrometro
- μs : microssegundo

LISTA DE SÍMBOLOS

- °C: grau centígrado
- =: igual a
- >: maior do que
- <: menor do que
- +: mais
- ±: mais ou menos
- α : nível de significância
- #: número
- p : valor de p (nível descritivo)
- X: vezes

1. INTRODUÇÃO

O aperfeiçoamento das propriedades de adesão dos materiais dentários à estrutura dental tem sido o propósito de inúmeras investigações conduzidas a partir de 1955, quando Buonocore utilizou um método de tratamento químico sobre a superfície do esmalte dental, o condicionamento ácido, capaz de promover uma melhor adesão aos agentes resinosos. Além disso, na Odontologia atual, vem sendo buscado um aprimoramento das propriedades de biocompatibilidade, insolubilidade e similaridade dos materiais dentários à estrutura dental, especialmente em relação às suas características físicas, mecânicas e cromáticas.

Entretanto, a microinfiltração, continua sendo uma das causas de insucesso das restaurações, podendo promover a descoloração marginal, cárie recorrente, hipersensibilidade pós-operatória e injúrias ao complexo dentino-pulpar.

Estudos realizados com o objetivo de minimizar os efeitos da microinfiltração ao redor das restaurações de cavidades classe V, especialmente nas paredes gengivais, devido à ausência de esmalte nesta região, têm apontado para o desenvolvimento de novos materiais e técnicas, entre as quais inclui-se a irradiação laser.

Desde que Einstein relatou a hipótese de um *quantum* de luz e, posteriormente, apresentou a sua teoria, cientistas concentraram seus esforços na síntese de luz artificial. Finalmente, em 1960, Maiman, nos Estados Unidos, colocou em prática a teoria de Einstein construindo o que seria o primeiro LASER (acrônimo de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* - amplificação da luz por emissão estimulada de radiação), utilizando um cristal de rubi. Começavam, então, inúmeras pesquisas relacionadas com a utilização da luz laser, sendo criadas oportunidades para a construção de lasers com diferentes comprimentos de onda.

Na Odontologia, o marco inicial foi em 1964, com os primeiros relatos publicados por Stern e Sognaes, usando um laser de rubi para vaporização do

esmalte dental, e produção de crateras mais definidas na dentina, com indícios de carbonização, indicando, dessa forma, um potencial para redução da desmineralização sub-superficial. Posteriormente, outros estudos foram desenvolvidos com os lasers de rubi, CO₂ e Nd:YAG. No entanto, consideráveis danos foram observados ao tecido dental, tornando necessárias mudanças radicais nos equipamentos e na conduta de aplicação do laser para viabilizar a sua utilização clínica em substituição aos instrumentos rotatórios (Stern, 1974).

A primeira descrição sobre a utilização do laser de Er:YAG (Érbio:ítrio-alumínio-granada) na área da Odontologia foi feita por Hibst *et al.*, em 1988, *apud* Ramos (1998). Estes autores definiram o laser de Er:YAG como um sistema promissor, capaz de promover boa absorção nos tecidos biológicos, incluindo esmalte e dentina.

O uso do laser de Er:YAG em Dentística Restauradora está baseado principalmente na sua habilidade em realizar preparos cavitários sem contato mecânico. A ablação dos tecidos duros resulta em preparos cavitários com superfícies irregulares, proporcionando uma forma adicional de retenção micromecânica e, talvez, um melhor selamento marginal (Keller e Hibst, 1993; Wright *et al.*, 1993; Khan *et al.*, 1998; Miserendino, 1998; Niu *et al.*, 1998; Araujo, 2000).

Contudo, ainda é reduzido o número de investigações científicas que avaliam a qualidade de restaurações em cavidades preparadas e condicionadas com o laser de Er:YAG, em comparação com as técnicas convencionais, especialmente quanto ao aspecto da microinfiltração, justificando-se, dessa forma, a realização de estudos sobre este tema, que possam confirmar a viabilidade desta nova tecnologia na clínica odontológica.

2. OBJETIVOS

Considerando o exposto no capítulo anterior, o presente estudo se propôs especificamente a avaliar *in vitro* o grau de microinfiltração marginal nas paredes oclusal e gengival de restaurações classe V em cavidades preparadas com laser de Er:YAG, condicionadas com ácido ou com laser de Er:YAG e ácido, em comparação com cavidades preparadas e restauradas convencionalmente.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo pretende revisar a literatura disponível sobre Microinfiltração marginal, Laser de Er:YAG em esmalte e dentina e Microinfiltração em cavidades preparadas com o laser de Er:YAG, objetivando uma melhor abordagem dos temas relacionados ao estudo idealizado.

3.1 Microinfiltração marginal

A microinfiltração marginal pode ser definida como a passagem de bactérias, fluidos, moléculas e íons na interface dente-material restaurador, sendo considerada um fenômeno de grande influência na longevidade das restaurações (Going, 1972; Kidd, 1976; Taylor e Lynch, 1992; Alani e Toh, 1997).

Fraser (1929) utilizou a penetração bacteriana na interface dente-material restaurador para a análise da adaptação de alguns materiais da época. A partir deste estudo, inúmeras investigações têm sido conduzidas com o objetivo de verificar o selamento marginal e minimizar os efeitos da microinfiltração.

Alguns métodos têm sido empregados para o estudo da microinfiltração.

Going (1972) relatou a existência de diversas técnicas como a utilização de isótopos radioativos, íons radioativos, penetração bacteriana, resistência à pressão do ar, corantes, percolação marginal e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Para o autor, a presença de *gaps* (fendas) entre a estrutura dental e o material restaurador favorece a recorrência de cárie, a sensibilidade pós-operatória e a agressão ao complexo dentino-pulpar. Além disso, a diferença entre o coeficiente de expansão térmica das resinas compostas e o da estrutura dental facilita a microinfiltração marginal.

Em 1983, Wu *et al.* utilizaram o nitrato de prata para detectar a microinfiltração em restaurações de resina composta, comparando este método com o método que utiliza radioisótopos. Concluíram que o nitrato de prata como traçador fornece uma definição superior, sendo possível determinar os escores de infiltração em números precisos. Além disso, o método apresentou vantagem em termos de segurança e tempo, pois os espécimes podem ser observados diretamente em microscópio.

Em um estudo de revisão, no qual discutiram as técnicas de avaliação da microinfiltração na interface dente-material restaurador, suas vantagens e desvantagens, Taylor e Lynch (1992) relataram que a técnica mais utilizada é a penetração por corante, havendo uma grande variação na escolha deste agente.

Alani e Toh (1997) analisaram a utilização de corantes para a avaliação de microinfiltração marginal. Para os autores, a permeabilidade dentinária é um fator a ser considerado, uma vez que o diâmetro e o número de túbulos dentinários por unidade de superfície aumentam à medida que se aproxima da polpa. Desse modo, sugeriram que as partículas dos corantes tenham um diâmetro menor que o diâmetro interno dos túbulos dentinários (de 1 a 4 μ m). Ressaltaram, ainda, a dificuldade em se avaliar a microinfiltração em cavidades classe V e o fato de muitos pesquisadores, na maioria das vezes, utilizarem um único corte, no plano sagital, no ponto médio da restauração, impedindo que outras regiões envolvidas pela infiltração sejam evidenciadas.

O procedimento de ciclagem térmica, freqüentemente adotado nos experimentos, também tem sido discutido quando os diferentes métodos de estudo da microinfiltração marginal são avaliados.

Em 1976, Kidd afirmou que, quase invariavelmente, quando espécimes são submetidos a alterações de temperatura, o grau de microinfiltração aumenta.

Crim e Garcia-Godoy (1987) avaliaram a influência da termociclagem no selamento marginal de cavidades classe V restauradas com resina composta. Os autores compararam a termociclagem durante 100 e 1500 ciclos, imediatamente após ou 24 horas após o polimento da restauração dos espécimes, mantidos em

temperatura ambiente. Os resultados não demonstraram diferenças estatisticamente significantes entre os métodos, sugerindo que um número maior de ciclos não tem influência para os estudos de microinfiltração. Contudo, os grupos de dentes termociclados imediatamente após o polimento das restaurações apresentaram uma tendência não significativa a resultados mais desfavoráveis.

Os diversos métodos existentes para se avaliar a microinfiltração na interface dente-material restaurador confirmam a grande preocupação em se conservar a estrutura dental e melhorar a adesividade, visando à eliminação da infiltração marginal.

Grandes marcos da Odontologia Restauradora são o surgimento do condicionamento ácido do esmalte (Buonocore, 1955) e do conceito de adesão à dentina (Nakabayashi *et al.*, 1982).

No seu clássico estudo, Buonocore (1955) utilizou um método de tratamento químico sobre a superfície do esmalte dental, o condicionamento ácido, para promover o aumento da adesão a materiais acrílicos. O autor verificou que a superfície dental se apresentava alterada após o condicionamento ácido, propiciando uma melhor adesão aos agentes resinosos.

A adesão ao esmalte em procedimentos preventivos, restauradores e ortodônticos é clinicamente aceitável há algum tempo, eliminando quase totalmente a microinfiltração. A adesão à dentina, contudo, tem sido o maior desafio (Barkemeier e Cooley, 1992).

A diferença entre a infiltração nas margens oclusal e gengival de uma restauração pode ser atribuída à falta de homogeneidade da dentina, que pode ter influência na efetividade da adesão. A dentina apresenta variações na sua estrutura e composição, bem como nas suas características de permeabilidade, ou seja, a dentina proximal é mais permeável que a oclusal e a profunda é mais permeável que a superficial (Nakabayashi *et al.*, 1991; Pashley, 1991; Pashley e Pashley, 1991; Gordan *et al.*, 1998). Além disso, na dentina, quando preparos cavitários são realizados, ocorre a formação da *smear layer* (Pashley, 1990; Pashley, 1992), de fundamental importância nos estudos sobre adesão à dentina.

Segundo Carvalho (1998), a ausência de infiltração marginal em esmalte é verificada na clínica devido à simplicidade dos procedimentos adesivos neste substrato dental e por sua estrutura favorecer, sobremaneira, uma maior uniformidade dos resultados. Pelo fato de a dentina ser um substrato morfológicamente heterogêneo e fisiologicamente dinâmico, a adesão à estrutura dentinária é uma técnica sujeita a variáveis que não podem ser controladas pelo profissional.

Nos anos sessenta, iniciou-se um novo tempo na Odontologia Restauradora, com o surgimento das resinas compostas, após várias pesquisas de Bowen (1963). Desde então, alguns fatores que interferem na adaptação entre este material restaurador e o dente têm sido investigados.

De acordo com Tortenson e Brännström (1988), a contração de polimerização e a contração térmica das resinas compostas podem criar uma fenda na interface dente-restauração possibilitando a infiltração. Embora, para os autores, existissem evidências de que o condicionamento ácido do esmalte e a adesão das resinas compostas formam uma forte união micromecânica que resiste à infiltração, a capacidade da dentina, ou do cimento aderido à resina composta, serem resistentes à microinfiltração, ainda permanecia, até aquela época, bastante controversa.

Segundo Araújo *et al.* (1993), lesões cervicais por cárie ou por abrasão em dentes anteriores requerem restaurações estéticas, normalmente realizadas com resinas compostas. Embora o resultado estético imediato seja excelente, a localização cervical destas cavidades conduz a uma suscetibilidade à infiltração marginal, agravada pelas características do esmalte nesta região. Quando presente na parede cervical, o esmalte é fino, aprismático e não apresenta as características adequadas ao perfeito condicionamento ácido. Quando ausente na parede cervical, a retenção da resina é ainda mais dificultada. Com a contração de polimerização, um afastamento da restauração e a formação de fendas na parede cervical poderão ocorrer.

Retief (1994) afirmou que nenhum dos materiais restauradores adesivos existentes, até aquela época, teria conseguido eliminar completamente a

microinfiltração marginal nas paredes gengivais em cavidades classes II e V, cujos preparos se estendessem além da junção esmalte-cimento. O selamento na interface esmalte-material restaurador pode ser facilitado pela técnica do condicionamento ácido. Porém, nas paredes em dentina, a microinfiltração marginal dificilmente poderia ser eliminada.

Em 1996, Carvalho *et al.* relataram que há uma competição entre as forças de contração de polimerização e a resistência de adesão à estrutura dental. Esta competição é uma das principais causas da falha marginal e da subsequente microinfiltração observada em restaurações de resinas compostas. De acordo com os autores, o grau de desenvolvimento deste estresse pode ser controlado, em alguma extensão, pelo desenho da cavidade, o uso de bases, o tamanho, a forma e a posição dos incrementos de resina colocados na cavidade e se a ativação da resina é realizada quimicamente ou por luz.

A introdução dos adesivos dentinários na Odontologia tem possibilitado um melhor desempenho das restaurações realizadas com resina composta devido a uma melhor adaptação às paredes das cavidades, diminuindo a microinfiltração e suas conseqüências indesejáveis.

Em 1982, Nakabayashi *et al.* introduziram uma geração de adesivos, com um *primer* composto por uma molécula denominada 4-META, com dois grupos funcionais - um hidrofílico, com afinidade pela superfície dentinária, e um hidrofóbico, com afinidade pela resina. Os ácidos utilizados para remover a *smear layer* tinham baixa concentração (cítrico, maléico e fosfórico, de 10 a 37%), sendo aplicados por curto período de tempo (de 10 a 15 segundos). Estes ácidos, ao mesmo tempo, promoviam a desmineralização seletiva da hidroxiapatita. A associação do ácido cítrico a 10% e de cloreto férrico a 3% possibilitou a manutenção da integridade das fibras colágenas. Um novo substrato, parte de dente e parte de resina, foi denominado de camada híbrida, formada por certos monômeros que podem infiltrar-se na dentina e combinar com colágeno e hidroxiapatita.

Segundo Nakabayashi *et al.* (1991), para a formação da camada híbrida seria necessário que o colágeno não fosse desnaturado por ácidos do condicionamento, que a resina adesiva apresentasse monômeros hidrofóbicos e

hidrofílicos que pudessem penetrar na dentina e combinar-se com ela, e, ainda, que o catalisador permitisse a polimerização em presença de água e oxigênio. Com a formação de uma camada híbrida de dentina e resina, altamente ácido-resistente, haveria o selamento superficial contra a microinfiltração, o qual aumentaria a longevidade da restauração.

Em 1992, Swift Jr. e Le Valley avaliaram a microinfiltração marginal utilizando condicionamento ácido da dentina e adesivos de terceira geração. Concluíram que esta técnica realmente causa uma redução na microinfiltração marginal, embora não tenha havido uma eliminação completa, principalmente nas margens em dentina.

Titley *et al.* (1994) afirmaram que o sucesso clínico das restaurações em resinas compostas depende dos sistemas adesivos que promovem uma adesão duradoura do material restaurador à dentina, com o efetivo selamento dos túbulos dentinários, prevenindo a sensibilidade pós-operatória e a microinfiltração.

Nakabayashi e Pashley (1998) relataram que, anteriormente ao desenvolvimento do conceito da camada híbrida, materiais dentários foram alterados para que pudessem remover a *smear layer*. A adaptação foi fraca no melhor dos casos, e, geralmente, deixava uma fenda entre o material e a estrutura dental, que era rapidamente colonizada por bactérias e produtos de sua deterioração. Com a hibridização dos tecidos duros dentais, seriam eliminadas as fendas, prevenindo muitas das conseqüências clínicas da microinfiltração. Os autores observaram que isto conduziria à realização de preparos cavitários mais conservadores, preservando-se uma maior quantidade de estrutura dental sadia.

Mais recentemente, foram introduzidos adesivos de quinta geração nos quais o *primer* e o adesivo são colocados num frasco único. Estes adesivos utilizam o ácido fosfórico como agente condicionante.

Em 1999, Cardoso *et al.* avaliaram a microinfiltração em esmalte e dentina de restaurações classe V realizadas com a resina composta Z100 (3M) em dentes humanos extraídos, utilizando cinco sistemas adesivos: *Single Bond*, *Etch & Prime 3.0*, *PQ1*, *Prime & Bond NT* e *Experimental BEH*. Todos os adesivos foram aplicados em substratos condicionados, exceto o material auto-condicionante *Etch & Prime 3.0*.

Os dentes foram termociclados (700 ciclos entre 5° e 55°C, e 60 segundos em cada temperatura). Foram colocados em solução de nitrato de prata, seccionados longitudinalmente e avaliados segundo escores de 0 a 4. A análise estatística revelou um aumento da infiltração nas margens em esmalte com o *Etch & Prime 3.0* em comparação com os outros sistemas. Nas margens em dentina, o *PQ1* resultou em menor infiltração que o *Single Bond* e o *Etch & Prime 3.0* ($p < 0,05$).

Garone Neto (1999) avaliou a microinfiltração entre restaurações de resina composta (Z100 - 3M) em cavidades classe V de 10 molares humanos, utilizando-se um sistema adesivo de passo único (*Single Bond*) e um sistema auto-condicionante (*Clearfil Liner Bond 2*). As cavidades classe V foram preparadas nas faces vestibular e lingual de cada dente, sendo a margem oclusal localizada em esmalte e a margem gengival em dentina. No grupo 1, utilizou-se o sistema *Single Bond*, aplicado após condicionamento do esmalte e da dentina com ácido fosfórico a 37% por 15 segundos. No grupo 2, aplicou-se o sistema adesivo auto-condicionante. Os corpos de prova foram mantidos em água destilada a 37°C por 48 horas e, após o polimento, foram submetidos à ciclagem térmica (700 ciclos entre 5° e 55°C, e 60 segundos em cada temperatura). Em seguida, foram imersos em solução de nitrato de prata a 50% por 8 horas e seccionados longitudinalmente. A microinfiltração foi avaliada utilizando-se escores de 0 a 3. O autor concluiu que os adesivos foram efetivos no selamento das margens em esmalte, porém não eliminaram de maneira eficaz a penetração do corante nas margens em dentina.

Pilo e Ben Amar (1999) compararam a habilidade de diferentes sistemas adesivos de frasco único em reduzir a infiltração em restaurações de classe V confeccionadas com resina composta. As cavidades foram preparadas na junção esmalte-cimento nas faces vestibular e lingual de 48 molares divididos em seis grupos. Em três grupos, foram aplicados adesivos de quarta geração: *Scotchbond Multipurpose*, *All Bond 2* e *Optibond FL*. Nos outros três grupos, foram aplicados sistemas adesivos de frasco único: *Single Bond*, *One-Step* e *Solobond*. Todas as cavidades foram restauradas com a resina composta Z100 e, logo após, realizou-se o procedimento de ciclagem térmica (1400 ciclos, entre 5° e 55°C, por 10 segundos em cada temperatura). Após a imersão em fucsina básica a 0,5%, os dentes foram seccionados em cinco cortes e a infiltração foi avaliada com lupa estereomicroscópica, através de escores de 0 a 4, para as paredes oclusais e

gingivais. Os autores observaram que o *Scotchbond Multipurpose* e o *Single Bond* promoveram os melhores selamentos para as margens em esmalte e os adesivos *One-Step* e *Optibond FL* foram os melhores para as margens em cimento.

3.2 Laser de Er:YAG em esmalte e dentina

Como citado anteriormente, a utilização de diferentes lasers nas estruturas duras do dente tem sido investigada há algumas décadas. As primeiras descrições da aplicação do laser em Odontologia foram publicadas em 1964 por Stern e Sognaes, os quais relataram que o esmalte dental poderia ser vaporizado pelo laser de rubi. No entanto, foram observados sérios danos ao tecido dental, com a formação de cavidades nas quais o esmalte se apresentava fundido e vitrificado e a dentina com sinais de carbonização.

A primeira descrição sobre a utilização do laser de Er:YAG na área odontológica foi feita por Hibst *et al.*, em 1988, *apud* Ramos (1998), que definiram o sistema como promissor por emitir comprimento de onda de 2,94 μ m, coincidente com o pico máximo de absorção da água, assim como com o dos radicais OH⁻ presentes nos minerais do tecido duro, resultando em boa absorção nos tecidos biológicos, incluindo esmalte e dentina.

Hibst e Keller (1989) investigaram a eficiência de um laser pulsado de Er:YAG (*Quantronix 294*, 2,94 μ m de comprimento de onda - 250 μ s de duração do pulso) na remoção de esmalte, dentina e lesões de cárie de dentes humanos extraídos. A irradiação utilizada foi de 30mJ a 360mJ por pulso, com taxa de repetição de 1Hz. Para comparação, cavidades do mesmo tamanho foram preparadas com laser de CO₂ (*Sharplan 1060* - 10,6 μ m de comprimento de onda - 1J de energia total - combinação de potência e tempos de exposição de 2W/50ms e 2W/500ms). Os espécimes foram avaliados através de microscopia óptica. A temperatura foi medida através de uma termocâmera. A remoção tecidual foi efetiva tanto no esmalte quanto na dentina. De acordo com os autores, o esmalte e a dentina são removidos, em parte, por um processo de vaporização contínua e, em parte, na forma de microexplosões. As medidas de temperatura indicaram que, durante a irradiação com o laser de Er:YAG, somente uma pequena quantidade de calor é

transmitida aos tecidos adjacentes por difusão térmica em comparação com o laser de CO₂.

Também em 1989, Keller e Hibst avaliaram os efeitos do laser de Er:YAG em irradiação focalizada e em pequenos pulsos sobre os tecidos mineralizados adjacentes, em comparação com o laser de CO₂. Os autores utilizaram 30 dentes humanos extraídos e o mesmo equipamento, nos mesmos parâmetros, do estudo descrito no parágrafo anterior. O laser de CO₂ (*Sharplan 1060* - 10,6µm de comprimento de onda - 1J de energia total - combinação de potência e tempos de exposição de 2W/50ms e 2W/500ms) foi focalizado com o auxílio de uma peça de mão (distância focal de 125mm). Os espécimes irradiados foram observados através de microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura. Ao microscópio óptico, os espécimes tratados com o laser de Er:YAG não apresentaram nenhuma zona de carbonização ou fusão como as observadas nos espécimes tratados com o laser de CO₂, nem tampouco fissuras ou fraturas ao redor dos tecidos duros. Ao microscópio eletrônico de varredura, as cavidades produzidas com o laser de Er:YAG se apresentaram com aspecto rugoso sem sinais de injúrias sérias ou modificações na disposição dos cristais de hidroxiapatita do esmalte e da dentina. As imagens obtidas deram a impressão de que a substância dura do dente teria sido eliminada por um processo de explosão.

Matsumoto *et al.* (1991) estudaram as alterações morfológicas no esmalte e na dentina após preparo cavitário com laser de Er:YAG (*HOYA Co.* - Japão - 2,94µm - 10Hz - 10W) em 10 dentes humanos extraídos, pintados, ou não, com tinta preta antes da irradiação. O tecido irradiado foi observado ao microscópio óptico e ao microscópio eletrônico de varredura. Os resultados obtidos revelaram que: o laser de Er:YAG tem capacidade para cortar estrutura dentária e remover esmalte e dentina cariada; a profundidade do preparo cavitário depende da energia utilizada, do tempo de exposição e do tipo de tecido irradiado; as cavidades de dentes pintados foram mais profundas e as margens mais definidas quando comparadas com os dentes não pintados; ao microscópio eletrônico de varredura, as margens e o assoalho da cavidade pareciam anéis de cebola, enquanto algumas áreas isoladas pareciam lava.

O efeito do laser de Er:YAG sobre a resistência ácida do esmalte dental foi investigado por Morioka *et al.* (1991). Dentes permanentes recentemente extraídos foram utilizados no experimento. Utilizou-se um laser de Er:YAG pulsado (*NEC Inc.*

Modelo *SL 137A* - Japão - 0,2ms de pulso - de 0,39J/pulso a 0,92J/pulso de energia). O esmalte foi irradiado com 10Hz, 2Hz e 1Hz de taxa de repetição. Com exceção de uma área de 3mm de diâmetro, a superfície do esmalte foi coberta com esmalte de unha. Os espécimes foram desmineralizados em 1ml de HClO₄ (0,5M) por 30 segundos. A resistência do esmalte foi determinada pela dissolução do cálcio na superfície do esmalte, através de microrradiografias, examinadas em microscópio óptico e microscópio eletrônico de varredura. Após exposição por vários dias em 50ml de um gel tampão de lactato (0,1M), foram produzidas lesões de cárie artificial em esmalte. Os autores concluíram que o laser de Er:YAG promoveu um aumento significativo na resistência do esmalte ao ácido.

O objetivo do estudo de Burkes *et al.* (1992) foi observar as alterações da estrutura dental e da temperatura pulpar em dentes humanos extraídos submetidos a um laser de Er:YAG pulsado (*ER 3000 - Schwartz Electro-Optics* - EUA). Dois dentes secos foram irradiados com uma energia de 58mJ. Três dentes foram irradiados com uma energia de 56mJ, 60mJ e 95mJ, sob refrigeração de um fino *spray* de água. Foi observado que houve uma mínima ablação no esmalte quando os dentes secos foram irradiados. A microscopia eletrônica de varredura revelou fusão do esmalte e fraturas. A temperatura intra-pulpar medida pelo sensor térmico aumentou mais do que 27°C. Quando o laser foi usado sob refrigeração, a ablação do esmalte e da dentina foi eficiente. A microscopia eletrônica de varredura mostrou fissuras e crateras cônicas com projeções agudas no esmalte. Estes resultados indicaram que o laser de Er:YAG pulsado usado com um fino *spray* de água remove esmalte e dentina sem produzir alterações pulpares significantes.

Gross *et al.* (1992) compararam a superfície do esmalte e da dentina após irradiação com laser de Er:YAG e preparo mecânico. Os autores utilizaram 150 dentes humanos extraídos, livres de cárie. As cavidades foram preparadas convencionalmente em esmalte e dentina. A energia variou entre 50mJ e 400mJ. Metade dos dentes foi tratada sem *spray* de água. Os resultados foram comparados àqueles de preparos convencionais realizados com instrumentos rotatórios de fissura, em dentina, e diamantados, em esmalte. A morfologia superficial foi analisada através de microscopia eletrônica de varredura. Os resultados demonstraram que no esmalte, o tratamento com o laser de Er:YAG permite técnicas adicionais de condicionamento. Um padrão microrretentivo foi obtido após o tratamento com laser.

Na dentina, o laser de Er:YAG e o preparo convencional mostraram resultados semelhantes.

Hibst e Keller (1992a) avaliaram o efeito de uma fina camada de água sobre a temperatura e a eficiência da ablação no esmalte e na dentina ao se utilizar um laser de Er:YAG (*Quantronix 294*), com uma duração de pulso de 250 μ s. As amostras dos tecidos foram obtidas de dentes humanos extraídos, cujas superfícies foram secas e umedecidas, respectivamente. Os autores observaram que a perda de energia devido ao filme de água é proporcional à sua espessura. Se a exposição à irradiação varia entre 50Jcm⁻² a 100Jcm⁻², a perda de energia devida ao fino filme (10 μ m a 20 μ m) é desprezível. Em concordância com este resultado, a eficiência da ablação na dentina e no esmalte para pulsos únicos é muito pouco influenciada pelo umedecimento. A camada de água é evaporada pela parte inicial do pulso e a maioria da energia é usada para a ablação da substância dura. O filme de água reduz o efeito do calor tanto para pulsos únicos ou múltiplos. Uma vez que a superfície é seca após o pulso, a diminuição de temperatura poderia ser explicada pela proteção da superfície do dente contra as partes mais externas do feixe.

Numa outra investigação, Hibst e Keller (1992b) quantificaram o efeito térmico do laser de Er:YAG de pulsos únicos para, primeiramente, compreender melhor o mecanismo básico do aquecimento e, secundariamente, calcular o efeito de parâmetros do laser de acordo com o tipo de tecido. Os experimentos foram realizados em dentes humanos extraídos. Utilizou-se o laser de Er:YAG *Quantronix 294*. Na primeira fase, superfícies de esmalte e dentina de dentes cortados ao meio, foram irradiadas por pulsos únicos com uma energia de 5mJ a 500mJ. O diâmetro da ponta foi 1,6mm. Na segunda fase, a luz laser foi dirigida sobre cortes de 2mm ou 4mm de espessura. Nesta fase, o diâmetro da ponta foi 0,8mm. Os resultados demonstraram que para pulsos de 37mJ, a queda de temperatura é mais rápida no esmalte do que na dentina, em concordância com a mais alta difusão térmica no esmalte. Entretanto, quando o limiar de ablação é ultrapassado (225mJ, 435mJ), o efeito da temperatura é mais pronunciado no esmalte em comparação à dentina. Os resultados demonstraram que para pulsos abaixo de 1,5Jcm⁻², a energia de irradiação é completamente convertida em energia de aquecimento. Quando se ultrapassa o limiar de ablação (1,5Jcm⁻²), a energia de aquecimento na dentina aumenta apenas levemente com o aumento da energia de irradiação. Para o esmalte, no entanto, há

uma aumento posterior de até 15Jcm^{-2} , possivelmente devido à transferência de calor dos fragmentos aderidos ao fundo da cratera. Foi ainda observado que, para pulsos repetidos, o efeito vai aumentar de acordo com o intervalo de tempo entre dois pulsos. As medidas com o termopar revelaram que, para seqüências de pulsos, a taxa de repetição é o parâmetro mais importante para se determinar o aquecimento acumulado.

Um primeiro estudo clínico com laser de Er:YAG foi realizado por Keller e Hibst (1992), no qual 67 dentes de 33 pacientes foram tratados. Lesões de classes I, II, III e IV foram tratadas com o laser de Er:YAG (*Quantronix 294*) focalizado com 0,8mm de diâmetro de foco, taxa de repetição de 1Hz a 4Hz, energia variando de 150mJ/pulso, e sob refrigeração com *spray* de água. Após o tratamento com laser, os dentes foram convencionalmente restaurados com resina composta. Com exceção de um caso, não houve necessidade de anestesia local. Os resultados mostraram que nenhum dos dentes perdeu a vitalidade, nem ocorreu sensibilidade à percussão. Os autores concluíram que o laser de Er:YAG é capaz de realizar preparos cavitários sem danos térmicos à polpa, sendo indicado para a remoção de cárie na prática diária.

Em 1992, Kumazaki avaliou a capacidade do laser de Er:YAG condicionar o esmalte dental. No estudo, o autor utilizou incisivos inferiores bovinos, o agente adesivo *Clearfil New Bond* (Kuraray) e a resina composta *Clearfil*. Foi utilizado o laser de Er:YAG tipo ML12 (*Hoya* - Japão), com comprimento de onda de $2,94\mu\text{m}$, energia de 1J, taxa de repetição de pulso de 10Hz e duração do pulso de 200 μs . Os testes de resistência à força de tração foram conduzidos com o aparelho *Intesco* tipo IM-20, com uma força máxima de 500kg. Após a irradiação com o laser em várias energias (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 e 1000mJ), a superfície dos esmalte foi examinada através de microscopia eletrônica de varredura. Foram realizados sete corpos de prova para cada irradiação (100mJ ~ 1000mJ). Como controle, um grupo de dentes foi condicionado com ácido por 30 segundos. O autor conclui que o condicionamento do esmalte com laser de Er:YAG foi efetivo, tanto quanto, se não melhor, do que o condicionamento ácido. A melhor energia de irradiação foi 600mJ (densidade de energia de $8,5\text{J/cm}^2$). Para Kumazaki, a resistência à força de tração está muito mais relacionada à natureza e à condição das colunas criadas pela irradiação laser sobre a superfície do esmalte.

Li *et al.* (1992) determinaram a profundidade de ablação de um laser de Er:YAG (*Quantronix Co.* - EUA) em esmalte e dentina de dentes humanos extraídos, utilizando uma energia por pulso de 25mJ a 365mJ, duração de pulso de 200 μ s e taxa de repetição de 2Hz e 5Hz. O diâmetro do feixe foi de 580 μ m. Utilizou-se *spray* de água para minimizar a alteração térmica durante a ablação, a qual foi medida com uma ocular micrométrica. As alterações causadas pelo aumento de temperatura também foram avaliadas. Os resultados sugeriram que o laser de Er:YAG utilizado pode remover efetivamente a superfície do esmalte e da dentina. No esmalte, a eficiência do laser foi maior a 5Hz do que a 2Hz. A escolha entre 2Hz e 5Hz depende da velocidade de ablação desejada. Os efeitos térmicos também foram mais acentuados a 5Hz. Fotografias das áreas irradiadas indicaram efeitos térmicos mínimos no esmalte a uma densidade de energia inferior a 80J/cm² e, na dentina, a uma densidade de energia inferior a 74J/cm². De acordo com os autores, a superfície irregular observada no esmalte sugere uma superfície micromecânica que poderia ser benéfica para procedimentos adesivos.

Em 1992, Vickers *et al.* propuseram-se a formular um modelo para entender o processo de ablação usando um laser de Er:YAG e a determinar os efeitos da ablação sobre o esmalte e a dentina de dentes humanos extraídos. Formulou-se um modelo usando-se produtos de gesso odontológico para permitir uma aproximação à ablação dental. O gesso foi irradiado com um laser de Er:YAG focalizado perpendicularmente, através de uma lente biconvexa, com um tamanho de foco de 0,6mm de diâmetro, utilizando energia de 0,0025J/pulso a 0,58J/pulso, e numa seqüência de 10, 20, 30, 40 e 50 pulsos. Os dentes foram armazenados em solução salina estéril ou em formol a 10%. Os dentes foram irradiados com o laser de Er:YAG focalizado perpendicularmente da mesma forma que a descrita para os espécimes de gesso, porém a energia de irradiação foi atenuada de 0,63J/pulso para 0,011J/pulso, em taxas de repetição de 10, 20, 30, 40 e 50 pulsos. Todos os espécimes foram examinados em um microscópio de dissecação e o diâmetro e a profundidade das crateras foram medidos e relacionados à energia total através de regressão linear. A análise ao microscópio eletrônico de varredura foi realizada nos dentes irradiados para determinar os efeitos da ablação. Os autores concluíram que nos modelos em gesso odontológico, o laser com alta energia não melhorou a eficiência de ablação. Nos dentes estocados em formol a 10%, a eficiência de

ablação diminuiu e nos dentes estocados em solução salina, foram criadas linhas de fissura ao redor do esmalte nos mais baixos níveis de irradiação.

Superfícies condicionadas com laser de Er:YAG foram investigadas por Hibst *et al.* (1993). Superfícies de esmalte e dentina de dentes humanos extraídos e de dentes de gatos foram tratadas com laser pulsado de Er:YAG em diferentes parâmetros. A morfologia do esmalte e da dentina foi examinada através de microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura. Adicionalmente, resinas compostas foram fotopolimerizadas nas áreas tratadas com o laser, com ou sem agentes adesivos. A resistência ao cisalhamento foi determinada pela força de tração necessária para deslocar a resina composta. O laser de Er:YAG produziu padrões retentivos limitados pela mínima rugosidade superficial dada pelo tipo de ablação por microexplosão. A resistência ao cisalhamento das resinas compostas dependeu significativamente das condições de irradiação e do padrão de condicionamento resultante. Para o esmalte, obteve-se uma resistência superior a 70% da resistência obtida com a técnica de condicionamento ácido. Os resultados foram considerados promissores.

Keller e Hibst (1993) investigaram se seria possível aumentar a resistência à tração entre resinas compostas e a superfície de esmalte irradiada com laser de Er:YAG, em comparação com uma superfície condicionada por ácido. Cilindros de resina composta microparticulada fotopolimerizável (Heliomolar[®]) foram unidos à superfície vestibular de incisivos bovinos que tinham sido previamente submetidos a diferentes tratamentos com laser. Uma parte das superfícies foi tratada somente no modo desfocalizado (250 μ s de duração do pulso e 1Hz de taxa de repetição), enquanto a outra parte foi tratada com diferentes padrões de pulsos focalizados. Os espécimes foram termociclados e a adesão da resina foi determinada através de teste de resistência à tração. Os melhores resultados foram obtidos com o condicionamento da superfície do esmalte com o laser desfocalizado. Foi demonstrado que o laser de Er:YAG tem um potencial para a produção de superfície de esmalte microrretentiva que permite uma melhor adesão de resinas compostas e melhor resistência à tração, em comparação com o condicionamento ácido. Além disso, segundo os autores, possíveis danos à polpa decorrentes do ácido fosfórico poderiam ser evitados se o laser de Er:YAG fosse utilizado para o condicionamento do esmalte.

Os efeitos de três diferentes tipos de laser (CO₂, Nd:YAG e Er:YAG) sobre os tecidos dentais foram relatados por Wigdor *et al.* (1993). Para a avaliação dos efeitos do laser de Er:YAG, foi usado o equipamento *Schwartz Electro-Optics* (EUA), com os parâmetros de 500mJ de energia, 250µs de duração do pulso e 3Hz de taxa de repetição. O experimento incluiu uma parte *in vitro* (dentes humanos extraídos) e uma parte *in vivo* (dentes de cães). O laser de Er:YAG causou o menor dano entre os lasers estudados. Foi também o mais efetivo na remoção do esmalte e da dentina. A microscopia eletrônica de varredura mostrou que o laser de Er:YAG causa alterações semelhantes às aquelas observadas com o uso de peça de mão convencional. A aparência histológica da polpa dos dentes tratados com o laser de Er:YAG não mostrou alterações anormais. Para os autores, um resultado de grande interesse foi a formação de uma camada de dentina adjacente à área irradiada. Isto ocorreu apenas quatro dias após o tratamento com o laser e, possivelmente, sugere um potencial estimulador para a formação de dentina reparativa.

Gimble *et al.*, em 1994, realizaram um estudo clínico controlado, com o propósito de determinar a eficácia de um laser de Er:YAG (*Premier Laser Systems* - EUA), comparando-o aos tratamentos convencionais para tecidos dentais. Especificamente, tratamento de sulcos e fissuras, remoção de cárie, condicionamento e preparo de cavidade foram examinados neste estudo. Realizou-se um total de 352 procedimentos, sendo que 165 espécimes foram tratados com o laser e 187 com métodos convencionais. Os resultados dos procedimentos indicaram que o laser foi tão eficaz quanto o uso de instrumento cortante rotatório para a remoção de cárie e para a realização de preparos cavitários. A análise, ao microscópio eletrônico de varredura, mostrou que, nos testes de tração, o condicionamento com laser combinado com o condicionamento ácido é melhor do que o condicionamento ácido apenas (31MPa *versus* 20MPa, respectivamente). Os dados histológicos e os estudos de temperatura da polpa indicaram que não houve danos devido à utilização do laser. As opiniões subjetivas dos pacientes foram muito favoráveis ao tratamento com laser.

Altshuler *et al.* (1996) compararam a eficiência da irradiação com um laser de Er:YAG (2,94µm), nos modos contato e não contato, na remoção de esmalte e dentina de dentes humanos extraídos. Os parâmetros de irradiação usados no estudo foram: 200µs de duração do pulso, 10Hz de taxa de repetição e potência de 10W. No

modo não contato, o foco de irradiação foi verificado com lente de 50mm e no modo contato, com lente de 100mm. A remoção dos tecidos duros dentais foi definida pelo volume de tecido removido. O tecido removido foi avaliado por peso e ao microscópio óptico. Os autores concluíram que o modo contato para a remoção do esmalte foi três a quatro vezes mais eficiente que o modo não contato, enquanto que na dentina, a eficiência da remoção é de cerca de 0,25 vezes maior, sem refrigeração. No modo contato com refrigeração, a eficiência da remoção no esmalte manteve-se no mesmo nível, enquanto na dentina, foi 0,5 vezes maior.

Em 1996, Eduardo *et al.* avaliaram, através de microscopia eletrônica de varredura, as alterações morfológicas na superfície do esmalte após irradiação com laser de Er:YAG em diferentes energias. Adicionalmente, compararam a resistência ao cisalhamento de uma resina composta após condicionamento com laser de Er:YAG ou ácido fosfórico a 37%. Os espécimes foram divididos em três grupos. No grupo 1, os espécimes foram tratados com ácido fosfórico a 37% por 30 segundos. No grupo 2, os espécimes foram tratados com laser de Er:YAG, focalizado com energia de 140mJ/pulso. No grupo 3, utilizou-se o laser com uma energia de 300mJ/pulso. Nos grupos 2 e 3, utilizou-se uma taxa de repetição de 1Hz, sob refrigeração. A irradiação foi mantida a uma distância de 13mm do esmalte. Uma camada de adesivo *Heliobond* foi aplicada e a resina composta *TPH (Dentsply)* foi aplicada numa matriz de teflon. A análise das fotomicrografias demonstrou que o laser de Er:YAG produziu alterações significantes na superfície do esmalte. Com respeito ao teste de resistência ao cisalhamento, notou-se que o grupo submetido ao condicionamento ácido mostrou valores estatisticamente maiores do que o grupo tratado com o laser de Er:YAG.

O objetivo de um estudo *in vitro* conduzido por Groth *et al.* (1996) foi avaliar e comparar a resistência ao cisalhamento de uma resina composta (*TPH - Dentsply*) unida ao esmalte dental condicionado por três diferentes técnicas: 1 - somente com laser de Er:YAG (*KaVo Key Laser II - KaVo - Alemanha - 60mJ/pulso, 300mJ/pulso e 500mJ/pulso*); 2 - ácido fosfórico; 3 - laser e ácido fosfórico. Aplicou-se o sistema adesivo (*Pro-Bond - Dentsply*) e, em seguida, cones de resina composta foram aderidos ao esmalte condicionado. Após a termociclagem, a resistência ao cisalhamento foi testada. A superfície de esmalte condicionada foi analisada através de microscopia eletrônica de varredura. Os valores de resistência ao cisalhamento

dos grupos que foram exclusivamente condicionados com o laser mostraram ser estatisticamente menores do que aqueles dos outros grupos (laser + ácido e somente ácido). Quanto maior a energia, menor a resistência ao cisalhamento. A modificação da superfície do esmalte causada pela irradiação com laser de Er:YAG antes do condicionamento ácido pode ser vista como uma técnica alternativa para a adesão de resinas compostas.

Em 1996, Matsumoto *et al.* utilizaram um laser de Er:YAG (2,94 μ m de comprimento de onda), desenvolvido pela *Luxar Co.*, para o preparo de cavidades classe V. Os parâmetros de irradiação foram 8Hz e 250mJ/pulso. Sessenta dentes de 40 pacientes foram avaliados neste estudo clínico. O laser de Er:YAG usado foi considerado um sistema adequado para aplicação clínica. Nenhuma reação adversa foi observada. O preparo cavitário foi realizado sem indução de dor em 80% dos casos (48/60). Todos os 12 casos nos quais houve reclamação de dor operatória leve ou moderada tinham história de hipersensibilidade dentinária cervical durante o exame pré-operatório. O preparo cavitário foi terminado com este sistema laser em 91,7% dos casos (58/60). Nenhum problema clínico relacionado ao tratamento foi observado durante um período de acompanhamento de aproximadamente 30 dias após o preparo e a restauração com resina composta. O tempo necessário para o preparo cavitário situou-se entre 10 segundos e 3 minutos e relacionou-se com o tamanho e a profundidade da cavidade. A avaliação clínica global não mostrou nenhum problema relacionado à segurança do laser, como reações de alergia local ou sistêmica.

Oudhof *et al.* (1996) determinaram se havia diferença nos resultados de resistência adesiva obtidos com condicionamento convencional e com aplicação do laser de Er:YAG. Quarenta peças de dentina bovina foram preparadas para o teste de resistência à tração, para o qual foi utilizada a máquina *Hounsfield*. No primeiro grupo, a dentina foi tratada com a técnica de condicionamento ácido (3M). No segundo grupo, a dentina foi tratada com o laser de Er:YAG (*KaVo Key Laser - KaVo - Alemanha*), utilizando de 60mJ/pulso a 250mJ/pulso, com profundidade de 200 μ s a 250 μ s. A energia mais alta necessária para a remoção da resina composta foi 160mJ. A força de cisalhamento foi 7MPa. Com base nos resultados, os autores concluíram que o laser de Er:YAG confere uma microrretenção aceitável aos materiais restauradores adesivos. A energia de 160mJ proporcionou a maior resistência ao

cisalhamento, a qual não aumentou com a utilização de condicionamento ácido depois da aplicação do laser.

Tanji *et al.* (1996a) avaliaram o aspecto micromorfológico da superfície dentinária com o laser de Er:YAG em três diferentes energias. Trinta e cinco dentes humanos recém-extraídos, incluídos em blocos de resina acrílica, com a superfície dentinária da face vestibular exposta, foram utilizados. Os dentes foram divididos em sete grupos com cinco espécimes cada. Os espécimes dos grupos 1 e 2 foram irradiados com energia de 60mJ (densidade de energia de $8,46\text{J}/\text{cm}^2$) do laser de Er:YAG (*KaVo Key Laser II* - Alemanha - $2,94\mu\text{m}$ de comprimento de onda - 500ms de duração de pulso), no modo desfocalizado em 20mm, refrigerados com água destilada. Os espécimes dos grupos 3 e 4 foram irradiados com 80mJ (densidade de energia de $11,29\text{J}/\text{cm}^2$) e os espécimes dos grupos 5 e 6 com 100mJ ($14,11\text{J}/\text{cm}^2$ de densidade de energia). O espécimes do grupo 7 foram condicionados com ácido fosfórico a 35%. Os espécimes dos grupos 2, 4 e 6, após irradiados, foram também condicionados com ácido. Observou-se ao microscópio eletrônico de varredura que a energia de 100mJ produziu maiores áreas de ablação e que o condicionamento ácido, após as irradiações, provocou um aspecto semelhante ao do grupo controle, apenas em áreas onde a dentina foi removida pela ablação. A irradiação com o laser de Er:YAG foi capaz de remover a *smear layer*, expondo os túbulos dentinários. Os autores concluíram que a irradiação com o laser de Er:YAG poderia promover um aumento da resistência ao ácido na dentina remanescente, prevenindo recidiva de cárie. Além disso, foi concluído que a energia de 100mJ promoveria um melhor padrão de microrretenção mecânica para os materiais restauradores.

Tanji *et al.* (1996b) procuraram avaliar o aspecto micromorfológico de preparos cavitários classe I realizados com laser de Er:YAG ($2,94\mu\text{m}$ de comprimento de onda) em diferentes densidades de energia. Foram utilizados 21 molares humanos recém-extraídos e conservados em solução salina. As densidades de energia de $79,61\text{J}/\text{cm}^2$, $89,57\text{J}/\text{cm}^2$ e $99,52\text{J}/\text{cm}^2$ foram depositadas sobre as superfícies oclusais dos espécimes, divididos em três grupos, respectivamente. Os espécimes foram avaliados em microscopia óptica (MO) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). A MO revelou a eficiência do laser de Er:YAG na realização de preparos cavitários através do processo físico de ablação, gerando cavidades com margens irregulares. A microscopia eletrônica de varredura indicou a eficácia da atuação no

tecido adamantino, com aspecto de superfície condicionada. Houve exposição de túbulos dentinários com a remoção da *smear layer*. Não houve fusão e recristalização de material, nem variação do aspecto micromorfológico nas diferentes densidades de energia utilizadas. Durante a realização do preparo cavitário, foi criado um padrão de condicionamento a laser que sugere a possibilidade de adesão a resinas compostas.

Em 1996, Visuri *et al.* compararam a adesão de resina composta à dentina após preparo da superfície dentinária com o laser de Er:YAG ou com alta rotação, seguido ou não de condicionamento ácido da superfície. Foi utilizado um laser de Er:YAG (*Schwartz Eletro-Optics Modelo 1-2-3 - EUA*), com parâmetros de 350mJ/pulso e 6Hz. A rugosidade das superfícies bem como a adesão da resina composta à dentina foram observadas e comparadas entre os grupos. As imagens da microscopia eletrônica de varredura mostraram a exposição dos túbulos dentinários nos grupos tratados com o laser e com condicionamento ácido, o que poderia eliminar a necessidade de condicionamento ácido da dentina como um pré-tratamento para resinas compostas. O teste de cisalhamento demonstrou que houve melhor resistência nos espécimes apenas irradiados com o laser ($12,9 \pm 7,3$ MPa) em comparação com os espécimes irradiados e condicionados com ácido ($7,1 \pm 5,0$ MPa), preparo com alta rotação ($8,1 \pm 4,1$ MPa), e preparo com alta rotação e condicionamento ácido ($7,3 \pm 4,3$ MPa), diferença estatisticamente significativa ($p=0,007$). Segundo os autores, o tratamento com o laser de Er:YAG forneceu resultados melhores do que aqueles alcançados com tratamentos realizados com alta rotação seguidos ou não de condicionamento ácido.

Cozean *et al.* (1997) avaliaram clinicamente a utilização do laser de Er:YAG para o preparo de cavidade classes I, II, III, IV e V restauradas com amálgama e resina composta. O estudo foi dividido em duas fases. Na fase I, os pesquisadores trataram dentes indicados para extração, os quais foram avaliados histologicamente após as extrações em diferentes intervalos de tempo. Na fase II, os investigadores acompanharam clinicamente pacientes por um período de 18 meses. Nas duas fases, os pacientes foram divididos em grupo de tratamento com laser e grupo controle, baseado na disponibilidade da instrumentação com o laser. Foi avaliada a eficiência do laser de Er:YAG na remoção de cárie, no preparo cavitário e no condicionamento, em comparação com os métodos convencionais. Na fase I, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre o tratamento com laser e

o tratamento convencional. Na fase II, os resultados indicaram que o laser pode realizar os procedimentos clínicos testados tão bem quanto instrumentos rotatórios em alta rotação. Tanto na fase I quanto na fase II, alguns pacientes no grupo laser sentiram algum desconforto durante o preparo cavitário, mas menos de 2% solicitaram o uso de anestesia. A avaliação histológica mostrou uma correta interação laser-tecido, confirmando resultados de estudos anteriormente conduzidos em animais. Com base nos resultados alcançados, os autores concluíram que o uso do laser de Er:YAG é seguro e efetivo para remoção de cárie, preparo cavitário e condicionamento do esmalte.

O objetivo do estudo de Dostálová *et al.* (1997) foi determinar o real efeito de ablação do laser de Er:YAG em dentes humanos *in vivo*. Foram avaliados pré-molares humanos indicados para extração por razões ortodônticas. Antes da extração, uma cavidade oval foi preparada com um laser especialmente desenvolvido (parâmetros utilizados: 700mJ de energia, 200µs de duração do pulso). Após a extração, os dentes foram desmineralizados por seis semanas e processados, com procedimentos de rotina, para avaliação ao microscópio óptico. Cento e setenta e dois cortes foram avaliados. Sob irradiação com o laser de Er:YAG, foi observada uma redução na camada de dentina. Os túbulos dentinários tinham uma curso radial até à superfície. Não foram observadas fraturas ou injúrias estruturais, nem tampouco reação inflamatória da polpa. A vascularização da polpa estava normal. Os odontoblastos mantiveram a sua forma característica. O cemento e o ligamento periodontal apresentaram aspecto de normalidade. Nenhuma alteração de estrutura ou indicativa de inflamação foi observada. Para os autores, os resultados deste estudo *in vivo* confirmaram a segurança da ablação com laser de Er:YAG no esmalte e na dentina nas condições descritas.

Em 1997, Pelagalli *et al.* determinaram se irradiação com o laser pulsado de Er:YAG (*Premier Laser System* - EUA - 2,94m de comprimento de onda) seria satisfatória para a remoção de cárie, preparo cavitário e condicionamento prévio ao condicionamento ácido. A avaliação incluiu exame histológico da polpa, microscopia eletrônica de varredura da morfologia da superfície do dente, penetração de corante e habilidade do laser em remover cárie e preparar cavidades. Neste estudo, foram avaliados 60 pacientes e 106 dentes indicados para exodontia, por um período de um ano. Os dentes foram tratados *in vivo* e extraídos após dois dias, um mês e um ano,

para a verificação da resposta pulpar, morfologia superficial, qualidade do preparo e da restauração e indução de dor. O laser de Er:YAG foi utilizado com os seguintes parâmetros: 80mJ e 5Hz a 10Hz para a remoção de cárie, e 120mJ e 5Hz a 10Hz para o preparo, sob refrigeração com água. Os preparos com alta rotação (grupo controle) foram feitos com instrumentos rotatórios de tungstênio ou pontas diamantadas a 400.000rpm. Os resultados demonstraram que o tratamento com laser foi igual ou melhor que os métodos convencionais para remoção de cárie, preparo cavitário e condicionamento ácido. As observações ao microscópio eletrônico de varredura não revelaram microrrachaduras. Os autores observaram ainda túbulos abertos e efetivo condicionamento com o laser.

Zeziel *et al.* (1997), apud Ramos (1998), avaliaram o aspecto micromorfológico de cavidades classe I preparadas com o laser de Er:YAG, assim como as alterações da composição da dentina, analisadas com fluorescência de raios-X. Os autores observaram que a irradiação com o laser de Er:YAG é eficiente para promover a ablação no esmalte e na dentina, apresentando margens cavitárias irregulares. Ao microscópio eletrônico de varredura, o esmalte dental apresentou uma superfície com aspecto de condicionamento e a dentina apresentou túbulos abertos. O padrão da superfície encontrado apresentou-se propício para a adesão de materiais restauradores e nenhuma mudança no conteúdo mineral foi observada.

Em 1998, Aoki *et al.* examinaram as alterações morfológicas e histológicas do esmalte cervical e da dentina radicular de cavidades tratadas com um laser pulsado de Er:YAG (ML22 - Erwin - Japão). Dezesesseis dentes humanos com cárie radicular foram usados. Na borda de cada lesão, foram marcados dois pontos ao longo da linha central, dividindo a lesão em duas partes de tamanhos aproximados. Numa metade da lesão cariada de cada dente, aplicou-se o laser de Er:YAG (parâmetros: 145mJ/pulso de energia e 10Hz) através dos modos contato e não contato. Após o tratamento com laser, a metade remanescente da lesão foi removida usando o método convencional. Os resultados obtidos demonstraram a efetividade do laser de Er:YAG na remoção do tecido cariado. O laser foi capaz de promover ablação de lesões de cárie radicular, sem causar danos térmicos consideráveis. Entretanto, as superfícies micromorfológicas do esmalte e da dentina tratadas com o laser foram completamente diferentes daquelas tratadas com o método convencional. A camada sub-superficial dos tecidos irradiados mostrou vários

graus de alterações térmicas e não térmicas. Especialmente, o esmalte irradiado exibiu muito mais alterações do que a dentina irradiada.

A resistência ácida da dentina irradiada pelos lasers de Er:YAG e de CO₂ foi investigada por Arimoto *et al.* (1998). Incisivos inferiores bovinos foram utilizados neste estudo. Os aparelhos *Key Laser (KaVo - Alemanha)* e *Panalas C10 (Matsushita - Japão)* foram empregados. A superfície experimental de cada espécime foi irradiada com o laser de Er:YAG com uma frequência de 1Hz/pulso e 60mJ/pulso e 2Hz/pulso e 200mJ/pulso. Para o laser de CO₂, utilizou-se uma potência de 2W no modo de pulso repetido por 1 segundo. De acordo com os resultados, a irradiação com laser de Er:YAG e a irradiação com laser de CO₂ causaram uma alteração nos cristais e perda de substância orgânica. Uma vez que as áreas irradiadas não sofreram desmineralização na solução desmineralizante empregada, os autores concluíram que a irradiação dos lasers de Er:YAG e de CO₂ aumentou a resistência ácida da dentina bovina.

Em 1998, Dostálová *et al.* avaliaram a qualidade da ablação com laser de Er:YAG em comparação com preparo cavitário clássico. Para o experimento, superfícies de esmalte e dentina (5mm a 7mm de espessura) de 20 dentes humanos extraídos foram irradiadas com um laser de Er:YAG (parâmetros: 300µm a 350µm de tamanho de ponta, 1Hz a 4Hz de taxa de repetição e 100mJ a 400mJ de energia), sob refrigeração. O experimento foi dividido em três partes de acordo com os critérios de avaliação da ablação do laser de Er:YAG no modo não contato, a saber: forma da cavidade em comparação com o método clássico; tempo do preparo; e influência da forma da cavidade na retenção de materiais restauradores. Foi observada uma cavidade de forma irregular. Cárie em esmalte e dentina foi tratada com o modo não contato. Foi possível remover restaurações antigas insuficientes, com exceção de restaurações metálicas ou de amálgama. O número médio de pulsos foi $111,22 \pm 67,57$. As vibrações das microexplosões foram sentidas por pacientes em 14 cavidades, entretanto, ninguém reclamou de dor. As propriedades dos materiais restauradores nas cavidades preparadas com o laser foram muito estáveis. Contudo, uma descoloração da margem cavo-superficial de 82% a 86% poderia ser um problema. Alterações de cor e na forma anatômica do dente foram observadas em 4% a 8% dos casos. Para os autores, em comparação com o tratamento clássico, a retenção e a qualidade dos materiais restauradores em cavidades preparadas com

laser de Er:YAG são as mesmas ou muito semelhantes àquelas obtidas com o preparo convencional com instrumentos rotatórios.

Eduardo *et al.* (1998) relataram três casos clínicos nos quais foi utilizado um laser de Er:YAG (2,94 μ m de comprimento de onda). No caso 1, os parâmetros foram: 300mJ/pulso, 30Hz e 42,32J/cm² para um preparo tipo túnel restaurado com o sistema adesivo *All Bond (Bisco)* e resina composta Z100 (3M). No caso 2, os parâmetros foram: 350mJ/pulso, 30Hz e 49,38J/cm², para preparo de cavidade classe V. O preparo foi condicionado com o mesmo laser (parâmetros: 60mJ/pulso, 10Hz e 8,46J/cm²) e restaurado com os mesmos materiais já mencionados. No caso 3, os parâmetros foram: 350mJ/pulso, 3Hz e 49,38J/cm², para preparo classe V. Para o preparo do esmalte cavo-superficial, os parâmetros foram: 60mJ/pulso, 10Hz e 8,46J/cm². Foram utilizados os mesmos materiais restauradores. Nos três casos, os pacientes foram avaliados clínica e radiograficamente após três e seis meses, com resultados satisfatórios. De acordo com os autores, se o laser for cuidadosamente utilizado sobre o tecido duro sob refrigeração, não induzirá reações adversas e danos térmicos que poderiam causar problemas particulares tais como carbonização ou fraturas. As vantagens desta técnica são sua efetividade para execução de preparos conservadores com a eliminação do ruído ou da vibração desconfortáveis, devidos ao modo não contato, e, na maioria dos casos, a eliminação da necessidade de anestesia durante o procedimento.

A eficiência do laser de Er:YAG na remoção de cárie e no preparo cavitário em esmalte e dentina, em comparação com o método mecânico convencional, foi investigada por Hansen (1998). Neste estudo, foram realizados 70 procedimentos com o laser e 69 procedimentos com alta rotação. Aproximadamente, um terço dos dentes irradiados foi extraído imediatamente. O outro terço foi extraído dois dias após o tratamento com laser. O último terço foi extraído um mês e até um ano após o procedimento com laser. Uma avaliação histológica das alterações na polpa e na dentina induzidas pelo laser de Er:YAG ou pela alta rotação foi realizada nos dentes extraídos imediatamente após o procedimento odontológico e em vários intervalos de tempo até um ano após o tratamento. O estudo incluiu também testes de resistência ao cisalhamento e penetração de corante. A análise dos resultados indicou que não houve diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos.

Em 1998, Matsumoto examinou as alterações morfológicas de dentes irradiados com laser de Er:YAG (*Luxar Co.* - EUA) através de microscopia óptica, microscopia eletrônica de varredura (MEV), energia dispersa de raios-X e microscopia eletrônica de transmissão (MET). Na análise ao microscópio eletrônico de varredura, uma estrutura em forma de escama foi observada no esmalte irradiado. Na análise por energia dispersa, demonstrou-se pequena diferença entre o esmalte irradiado e o não irradiado, em relação à distribuição de fósforo (P) e cálcio (Ca). A superfície de dentina cortada sob refrigeração mostrou túbulos abertos. A análise da dentina através de MET demonstrou produção de muitas micropartículas como resultado da ablação, forte explosão e efeitos acústicos. A medida da elevação de temperatura, a termografia e o exame histopatológico do tecido pulpar confirmaram que não houve nenhum problema quando da utilização de *spray* de água. Para o autor, os resultados demonstraram que o laser de Er:YAG pode ser utilizado na remoção de cárie em dentina em cavidades classe V não tão profundas.

Tanji (1998) analisou as alterações morfológicas do esmalte e da dentina em microscopia eletrônica de varredura, em cavidades classe I preparadas com um laser de Er:YAG (*KaVo Key Laser - KaVo - Alemanha*), utilizando três diferentes parâmetros de energia. Além disso, analisou as alterações da dentina quanto à composição de cálcio (Ca), fósforo (P) e oxigênio (O). Vinte e nove terceiros molares humanos foram divididos em quatro grupos, a saber: grupo 1 - cavidades preparadas com energia de 400mJ/pulso, taxa de repetição de 2Hz e densidade de energia de 128,38J/cm²; grupo 2 - 450mJ/pulso, 2Hz e 144,43J/cm²; grupo 3 - 500mJ/pulso, 2Hz e 160,48J/cm²; grupo 4 - cavidades classe I preparadas com instrumentos rotatórios em alta rotação (ponta diamantada cilíndrica KGS #1091), com dimensões aproximadas às das cavidades dos grupos preparados com o laser. Para a análise das concentrações de Ca, P e O, antes e após a irradiação com o laser, foram preparados três discos de dentina. O laser de Er:YAG mostrou-se eficiente para a ablação de esmalte e dentina nos três parâmetros de energia utilizados, deixando as margens da cavidade irregulares. A superfície dentinária apresentou-se com túbulos abertos, com apenas algumas áreas de fusão e recristalização. Na dentina, a análise de Ca, P e O, através de fluorescência de raios-X, revelou que a quantidade de cálcio diminuiu após a irradiação com 400mJ e a quantidade de fósforo aumentou após a irradiação com 450mJ. Não houve diferença estatisticamente significativa na

quantidade de oxigênio antes e após a irradiação com as três energias do laser de Er:YAG utilizadas.

A suscetibilidade do esmalte dental à dissolução ácida foi estudada por Watanabe *et al.* (1998) usando um modelo de cárie artificial após irradiação com laser de Er:YAG. Vinte e cinco incisivos e pré-molares humanos extraídos, livres de cárie, foram usados no experimento. A superfície do esmalte de cada amostra foi irradiada pelo laser de Er:YAG (*Hoya Co.* e *J. Morita Co.* - Japão) com uma energia de 25mJ, 50mJ, 100mJ e 150mJ e 5 pulsos, sob refrigeração, usando uma fibra de contato e um ângulo de irradiação de 45°. Após terem sido colocados numa solução para desmineralização, os espécimes foram observados ao microscópio de dissecação, através de microrradiografia, microscopia eletrônica de varredura e análise da energia dispersa de raios-X. O esmalte irradiado apresentou-se sem defeito ou fratura. A resistência ácida foi observada na superfície do esmalte exposta à irradiação laser. Este fenômeno foi acentuado na condição de 50mJ. Nenhuma diferença estatisticamente significativa entre as áreas irradiada e controle foi detectada pela análise da energia dispersa de raios-X, sugerindo a utilização do laser de Er:YAG na prevenção e no tratamento da cárie, uma vez que poderia possibilitar a obtenção de uma superfície de esmalte ácido-resistente.

Arimoto *et al.* (1999) investigaram as influências das alterações microestruturais na dentina irradiada pelo laser de Er:YAG, a fim de explicar o fenômeno pelo qual este laser produz resistência ácida na dentina. Dentes bovinos foram obtidos para este estudo. Somente a dentina foi usada como espécime. Foram obtidas placas de dentina de 5mm x 5mm. Toda a superfície dos espécimes foi irradiada com o laser de Er:YAG (*Key Laser - KaVo* - Alemanha), com uma energia de 60mJ e frequência de 1Hz/pulso ou com 200mJ e 2Hz/pulso. Antes e depois da irradiação, os espécimes foram analisados por difractometria de raios-X (*XRD*) e por espectroscopia infra-vermelha. Os resultados mostraram que os tamanhos dos cristais de apatita nos espécimes não irradiados e nos irradiados com 60mJ/1Hz e 200mJ/2Hz foram: $20,9 \pm 4,5\text{nm}$; $32,3 \pm 5,1\text{nm}$; e $27,7 \pm 7,5\text{nm}$, respectivamente. A espectroscopia mostrou que as substâncias orgânicas foram decompostas. Este fenômeno ocorreu devido ao calor gerado pela irradiação laser. Concluiu-se que as alterações no tamanho do cristal de apatita e a decomposição da substância orgânica na dentina afetaram a resistência ácida da dentina.

Em 1999, Domingues *et al.* conduziram um estudo com o objetivo de avaliar a resistência ao cisalhamento de resinas compostas adaptadas ao esmalte condicionado com laser de Er:YAG. Trinta molares humanos extraídos foram usados. Superfícies planas de esmalte foram preparadas. As amostras foram divididas em três grupos experimentais: grupo 1 (grupo controle) - condicionamento com ácido fosfórico a 37% por 30 segundos; grupo 2 - irradiação com laser de Er:YAG (parâmetros: 60mJ e 10Hz); grupo 3 - irradiação com laser de Er:YAG (parâmetros: 60mJ e 10Hz) e condicionamento com ácido fosfórico a 36% por 30 segundos. Após a aplicação do sistema adesivo e da restauração com resina composta (*ProBond - TPH*), os espécimes foram armazenados em água a 37°C por 24 horas. A análise estatística permitiu concluir que o grupo 3 apresentou uma retenção semelhante ao grupo 1 e em ambos os grupos, a retenção foi melhor do que no grupo 2.

Hossain *et al.* (1999) determinaram as taxas de ablação e avaliaram as alterações morfológicas no esmalte e na dentina de dentes humanos irradiados com o laser de Er:YAG (*Key Laser 1242 - KaVo - Alemanha - 2,94µm* de comprimento de onda), com ou sem água. A energia utilizada variou entre 100mJ e 400mJ a uma frequência de 2Hz por 5 segundos. As taxas de ablação em diferentes energias foram medidas e as alterações morfológicas no esmalte e na dentina foram também investigadas em estereomicroscópio e microscópio eletrônico de varredura. A relação entre profundidade de ablação e energia foi quase linear tanto nas amostras de esmalte quanto nas de dentina. A irradiação sob refrigeração reduziu as profundidades da ablação, mas apenas minimamente, quando comparada àquelas da irradiação sem refrigeração. Os achados morfológicos da microscopia eletrônica de varredura indicaram que a irradiação com o laser de Er:YAG sob refrigeração poderia produzir cavidades sem sinais de danos térmicos aos tecidos adjacentes. De acordo com os autores, os resultados sugeriram que a adição de água dirigida aos locais de ablação não diminui muito a ablação e não causa uma carbonização nos tecidos duros dentais.

Latta *et al.* (1999) compararam a microestrutura da interface resina-dentina em cavidades preparadas com laser de Er:YAG ou com instrumentos rotatórios (*carbide*), utilizando-se dois diferentes sistemas adesivos. Em molares humanos recentemente extraídos e livres de cárie, foram preparadas duas cavidades

classe I, com instrumento rotatório ou com laser. A profundidade da parede pulpar foi a mesma para todos os dentes. Os dentes foram restaurados da seguinte forma: grupo I - condicionamento ácido seguido da aplicação de *Prime & Bond 2.1* e resina *TPH*; grupo II - nenhum condicionamento ácido antes da aplicação do *Prime & Bond 2.1*; grupo III - condicionamento ácido seguido da aplicação de *Single Bond* e resina composta. Após armazenamento em água, os dentes foram seccionados através das restaurações, polidos e imersos em HCl a 8% por 20 segundos, seguidos da imersão em NaOCl a 5% por 20 minutos. Depois de secos, os espécimes foram cobertos com ouro e examinados através de microscopia eletrônica de varredura. De acordo com os resultados, os preparos realizados com instrumentos rotatórios dos grupos I e II mostraram uma camada híbrida definida e profundos *tags* de resina dentro dos túbulos dentinários. Os preparos realizados com laser nos grupos I e II exibiram *tags* de resina menos pronunciados e camada híbrida imperfeita. Os preparos realizados com instrumentos rotatórios do grupo III também demonstraram formação de camada híbrida e *tags* de resina, enquanto os preparos realizados com laser, neste grupo, revelaram uma ausência total de camada híbrida e nenhuma penetração de resina nos túbulos. Para os autores, os resultados indicaram que o uso do laser de Er:YAG em preparos cavitários pode afetar negativamente a atuação de alguns sistemas adesivos, como os dois utilizados neste estudo. Contudo, sugeriram a realização de outras pesquisas para se entender as mudanças causadas pelo laser na estrutura dentinária.

O objetivo do estudo de Bispo (2000) foi avaliar a resistência à tração de uma resina composta, aderida ao esmalte, que recebeu irradiação laser, laser mais ácido fosfórico a 35% e apenas ácido fosfórico. Após a utilização do sistema adesivo escolhido, cones de resina foram confeccionados na face condicionada e todos os espécimes foram termociclados antes da realização dos testes. Observou-se em microscopia eletrônica de varredura, o esmalte condicionado com diversos parâmetros, nos modos focalizado e desfocalizado, com várias densidades de energia. Foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre o uso ou não de ácido nos grupos irradiados com 4Hz e 60mJ ($p < 0,05$), 4Hz e 80mJ ($p < 0,01$), 6Hz e 60mJ ($p < 0,01$), 6Hz e 80mJ ($p < 0,01$), 10Hz e 60mJ ($p < 0,05$) e 4Hz e 250mJ desfocalizado ($p < 0,01$). A associação laser + ácido fosfórico demonstrou valores de resistência à tração superiores à aplicação exclusiva do laser na maioria dos parâmetros utilizados. Houve diferença estatisticamente significativa entre as médias

de resistência à tração do grupo controle com os resultados levemente superiores dos grupos 2Hz e 80mJ com ácido, 4Hz e 250mJ desfocalizado com ácido e 4Hz e 80mJ com ácido. Através de microscopia eletrônica de varredura, observou-se que o esmalte condicionado apresentou uma morfologia superficial heterogênea, com algumas áreas com aspecto favorável para adesão de resina composta.

Eguro *et al.* (2000) estudaram o efeito do condicionamento ácido e o tempo de aplicação do laser de Er:YAG na superfície do esmalte humano usando o teste de força de adesão e a microscopia eletrônica de varredura. Para definir a ordem da superfície, fitas de alumínio cortadas com um diâmetro de 2,4mm, foram colocadas em 21 incisivos humanos extraídos. O laser de Er:YAG (*KaVo KEY Laser 1242*) foi irradiado nas seguintes condições: 300mJ, 4Hz, distância focal de 12mm, uso de refrigeração e energia total de 50J. Os espécimes foram divididos em três grupos: 1 - sem uso de condicionamento ácido (somente irradiação com laser de Er:YAG) e aplicação do sistema adesivo *Single Bond* e posterior restauração com resina composta Z100 (grupo ER); 2 - condicionamento com ácido fosfórico a 35% por 15 segundos, aplicação do sistema adesivo *Single Bond* e posterior restauração com resina composta Z100 (grupo 15PH); 3 - condicionamento ácido por 60 segundos, aplicação do sistema adesivo *Single Bond* e posterior restauração com resina composta Z100 (grupo 60PH). Após 24 horas de armazenamento, foi medida a força de adesão. As superfícies tratadas foram observadas ao microscópio eletrônico de varredura. Os resultados da força de adesão em MPa foram: grupo ER = $4,2 \pm 1,7$; grupo 15PH = $7,5 \pm 2,8$; grupo 60PH = $9,1 \pm 3,2$. A força de adesão dos grupos 15PH e 60PH foi significativamente mais alta do que a do grupo ER. Os resultados indicaram que o condicionamento ácido foi necessário para o esmalte irradiado com laser de Er:YAG.

Numa investigação realizada por Hossain *et al.* (2000), avaliou-se o efeito da irradiação com laser de Er:YAG sobre a resistência ácida dos tecidos duros dentais sadios à formação de cárie artificial através de espectrofotometria, bem como a ultraestrutura de áreas irradiadas através de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Um laser de Er:YAG (*Key Laser 1242 - KaVo - Alemanha*) foi usado para irradiar amostras de esmalte e dentina de 20 molares humanos extraídos, com uma de energia de 400mJ/pulso, com ou sem *spray* de água. As amostras foram imersas em 2 μ l de solução de ácido láctico (0,1M - pH = 4,8) a 36°C por 24 horas. As partes

por milhão (ppm) dos íons cálcio (Ca^{2+}) dissolvidas na solução foram determinadas através de espectrofotometria de absorção atômica e as alterações morfológicas foram investigadas através de MEV. A média mais baixa da concentração de Ca^{2+} (em ppm) foi registrada nas amostras de esmalte e dentina irradiadas sem *spray* de água ($1,12 \pm 0,18$ e $1,27 \pm 0,19$, respectivamente), seguida pelas amostras irradiadas com *spray* de água ($2,92 \pm 0,18$ e $3,07 \pm 0,17$, respectivamente) e pela amostras não irradiadas com *spray* de água ($3,42 \pm 0,23$ e $3,84 \pm 0,50$, respectivamente). Houve uma diferença estatisticamente significativa entre a média de Ca^{2+} das amostras irradiadas com ou sem *spray* de água e aquelas amostras não irradiadas do grupo controle ($p < 0,01$). A observação ao microscópio eletrônico de varredura mostrou que as áreas irradiadas tinham se fundido e pareciam ter sido termicamente degeneradas quando irradiadas sem refrigeração, tornando o esmalte e a dentina mais altamente resistentes à desmineralização ácida. Após a desmineralização, as superfícies de esmalte e dentina degeneradas quase não sofreram alterações. Os autores sugeriram que a irradiação com laser de Er:YAG com ou sem *spray* de água parece ser mais efetiva para a prevenção de cárie. Todavia, os autores ressaltaram que, para confirmar os resultados obtidos, é necessária uma análise mais completa da relativa importância das várias alterações químicas e morfológicas sobre o mecanismo da resistência ácida.

Namekawa *et al.* (2000) examinaram a força de adesão de um sistema adesivo à dentina radicular humana irradiada com laser de Er:YAG (*IRD*) e na dentina radicular saudável (*SRD*) usando o aparelho de teste de adesão portátil (*PAT*), desenvolvido pelos autores. O sistema adesivo utilizado foi o *Single Bond* (3M), seguindo-se as instruções do fabricante. Vinte pré-molares humanos inferiores foram usados. Uma área de 2,4mm de diâmetro de 10 elementos foi irradiada com laser de Er:YAG (*KaVo KEY Laser 1242 - KaVo - Alemanha*) nas seguintes condições: 160mJ, 4Hz, distância focal de 12mm, uso de refrigeração e energia total de 8J. Os outros dentes foram usados como controle ($n=10$). A resina foi fotopolimerizada por 60 segundos. Os valores medidos da força de tração, em MPa, foram 9,40 (*IRD*) e 12,15 (*SRD*), diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). Foi concluído que a organização da dentina radicular foi afetada pelo laser de Er:YAG.

O propósito do estudo de Ramos *et al.* (2000) foi investigar a influência da aplicação de um sistema adesivo auto-condicionante e de um sistema adesivo convencional na dentina irradiada pelo laser de Er:YAG, usando ou não o

condicionamento ácido, *primer* e adesivos resinosos. Trinta terceiros molares humanos extraídos armazenados em solução salina a 0,9% foram usados neste estudo. Em todos os dentes, o esmalte oclusal foi removido usando um disco diamantado em baixa velocidade sob refrigeração. As amostras foram igualmente divididas em dois grupos: grupo convencional (G1) e grupo laser (G2) e cada grupo foi então sub-dividido em cinco sub-grupos. Os dentes do grupo 2 foram preparados pelo laser de Er:YAG (*KaVo Key Laser - KaVo - Alemanha*) com um nível de energia de 250mJ/pulso e taxa de repetição de 2Hz, sob refrigeração, focalizado a uma distância de 12mm. Os sistemas adesivos (*Clearfil Liner Bond 2 - Kuraray - Japão* e *Scotchbond Multipurpose - 3M*) foram então usados de acordo com o seguinte protocolo: G1a e G2a - *Clearfil* (*primer* + adesivo); G1b e G2b - condicionamento com ácido fosfórico a 35% + *primer* + adesivo; G1c e G2c - condicionamento com ácido fosfórico a 35% + adesivo; G1d e G2d - *primer* + adesivo; e G1e e G2e - somente adesivo. Todos os espécimes foram restaurados com uma resina composta (Z250 - 3M). Os espécimes foram seccionados e preparados para observação ao microscópio eletrônico de varredura. No grupo convencional, o melhor resultado foi observado no sub-grupo G1b, no qual o condicionamento ácido + *primer* + adesivo foram aplicados. No grupo laser, o melhor resultado foi observado no sub-grupo G2a, no qual o sistema adesivo auto-condicionante (*Clearfil*) foi aplicado.

3.3 Microinfiltração em cavidades preparadas com o laser de Er:YAG

Até o início da década de 90, os estudos sobre a utilização do laser de Er:YAG eram principalmente relacionados à eficiência do corte e ao conforto do paciente. Pouca informação estava disponível, até aquela época, sobre a qualidade da restauração quando a cavidade é preparada e condicionada com este tipo de laser, quanto ao aspecto da microinfiltração.

Em 1993, Keller e Hibst conduziram uma investigação para esclarecer se há uma microinfiltração semelhante entre materiais restauradores após preparo com laser como há após preparo mecânico. As investigações foram conduzidas em dentes humanos extraídos usando um laser de Er:YAG pulsado com um comprimento de onda de 2,94 μ m e uma duração total do pulso de cerca de 250 μ s. As cavidades foram preparadas de forma retangular e divididas em grupos: margens das cavidades em esmalte não tratadas; e margens que foram biseladas mecanicamente e

adicionalmente condicionadas com laser ou com ácido fosfórico. Para comparação, dois grupos de dentes foram preparados somente mecanicamente com ou sem condicionamento ácido. Os dentes preparados foram restaurados com amálgama ou resinas compostas e termociclados. Examinou-se a microinfiltração colocando-se os dentes em solução de fucsina a 0,5% ou em solução de nitrato de prata a 50% por 24 horas. Depois do seccionamento dos dentes, avaliou-se a penetração do corante ao microscópio óptico e através de microrradiografia. Quase a mesma profundidade de penetração do corante foi observada nos dentes restaurados com amálgama após preparo com laser em comparação com preparo mecânico. As cavidades tratadas com laser, biseladas, com margens condicionadas com laser e restauradas com resina composta mostraram nenhuma ou mínima microinfiltração. Entretanto, os autores sugeriram que outros estudos fossem realizados com diferentes tipos de materiais restauradores para se alcançar uma qualidade ótima de impermeabilidade marginal.

Wright *et al.* (1993) realizaram um estudo com o propósito de comparar a microinfiltração em cavidades classe V preparadas com alta rotação e condicionadas com ácido, com aquelas preparadas e condicionadas com laser de Er:YAG (*Aesculap Meditec* - Alemanha - 2,94 μ m de comprimento de onda). Para o estudo foram divididos 15 molares humanos extraídos em três grupos, com cinco dentes cada. No grupo 1, os dentes foram preparados com alta rotação e condicionados com ácido fosfórico a 37%; no grupo 2, os dentes foram preparados com alta rotação e o esmalte cavo-superficial foi condicionado com laser de Er:YAG (parâmetros: 200mJ e 2Hz); e no grupo 3, os dentes foram preparados com o laser de Er:YAG (parâmetros: 300mJ e 2Hz) e toda a superfície da cavidade foi condicionada com o laser (parâmetros: 200mJ e 2Hz). O método utilizado para determinar o grau de infiltração foi a utilização de escores de 0 a 3, onde: escore 0 - ausência de infiltração; escore 1 - infiltração até a junção esmalte-dentina; escore 2 - infiltração na dentina, mas não na parede axial; e escore 3 - infiltração na dentina e nas paredes axial ou pulpar. A análise das amostras revelou a presença de rugosidades na margem cavo-superficial produzida pelo laser de Er:YAG quando comparada com a margem de esmalte produzida pela alta rotação. Como consequência, as margens tratadas com laser poderiam apresentar um aumento nos microespaços e maior microinfiltração. Entretanto, a rugosidade das paredes tratadas com o laser poderiam promover uma adesão mecânica maior. Os resultados revelaram que a microinfiltração em

restaurações de cavidades preparadas e condicionadas com laser de Er:YAG não é influenciada adversamente, sugerindo que a tecnologia a laser pode ser empregada como técnica convencional.

Com a finalidade de comparar a qualidade do selamento marginal e medir a força de tração nas restaurações de resinas compostas realizadas em cavidades preparadas com alta rotação e com um laser de Er:YAG (2,94 μ m de comprimento de onda e 250 μ s de duração do pulso), Hibst e Keller, em 1994, utilizaram molares humanos extraídos para o teste de microinfiltração e incisivos bovinos para o teste de tração. A microinfiltração foi avaliada pelo método de penetração de corante, observando-se que as margens cavitárias biseladas com o laser não apresentaram vantagens quando comparadas com as margens biseladas com pontas diamantadas. Entretanto, sobre a superfície biselada com essas pontas, quando o laser foi usado para criar uma microestrutura na superfície do esmalte, houve um bom selamento marginal e uma alta força de adesão excedendo 10MPa. De acordo com os autores, o desenvolvimento de uma peça de mão especial poderia tornar a irradiação com laser de Er:YAG uma alternativa mais rápida e conveniente para o condicionamento ácido.

Jean *et al.* (1998) compararam a microinfiltração na interface dentina-resina composta e esmalte-resina composta, após o tratamento com o laser de Er:YAG ou com o condicionamento ácido. Foram realizados preparos classe V nas superfícies vestibular e lingual de 15 dentes humanos extraídos recentemente, divididos aleatoriamente em três grupos de 10 cavidades cada. As cavidades tinham 3mm de diâmetro e 2mm de profundidade. No primeiro grupo, as superfícies foram tratadas com ácido fosfórico a 37% durante 30 segundos para o esmalte e 15 segundos para a dentina e com *primer* (MPS - 3M). No segundo grupo, os dentes foram irradiados com laser de Er:YAG (2,94 μ m de comprimento de onda, energia de 140mJ/pulso e 4Hz de taxa de repetição sobre a dentina, e 200mJ e 4Hz para o esmalte). O terceiro foi o grupo controle. Após a restauração com resina composta Z100 (3M), armazenamento em solução salina fisiológica por sete dias e termociclagem (500 ciclos; temperaturas entre 5°C e 55°C), os dentes foram imersos em solução de fucsina básica a 0,5% por 48 horas, incluídos em resina e seccionados, para avaliar o grau de penetração do corante na interface dente-material restaurador. Foi observado que a microinfiltração obtida na interface dentina-

resina composta e esmalte-resina composta com o tratamento com o laser de Er:YAG foi significativamente maior do que a encontrada nos espécimes tratados com ácido fosfórico.

Em 1998, Khan *et al.* conduziram um estudo *in vitro* com o objetivo de investigar a microinfiltração em cavidades classe I restauradas com amálgama, resina composta ou cimento de ionômero de vidro após preparo com laser de Er:YAG (Key Laser 1242 - KaVo - Alemanha - 2,94 μ m de comprimento de onda) e comparar os resultados com aqueles de um método convencional usando alta rotação. Noventa e seis pré-molares e molares humanos extraídos foram usados neste estudo. Quarenta e oito cavidades classe I foram preparadas pelo laser de Er:YAG (parâmetros: 6Hz e 400mJ/pulso) sob refrigeração, e 48 cavidades foram preparadas com alta rotação (ponta diamantada #211) sob refrigeração. Após o preparo, cada um dos dois grupos foi sub-dividido em três sub-grupos e as cavidades destes sub-grupos foram restauradas por um dos três materiais restauradores citados. A microinfiltração nas cavidades restauradas foi verificada pela penetração de corante e através de microscopia eletrônica de varredura. Infiltração mínima ou moderada foi evidente na maioria das restaurações com resina composta ou com cimento de ionômero de vidro, enquanto infiltração moderada ou grave foi observada na maioria das restaurações com amálgama. Houve uma diferença significativa entre os três materiais restauradores ($p < 0,05$), mas não houve uma diferença significativa na microinfiltração entre as cavidades preparadas pelo laser de Er:YAG e aquelas preparadas por turbina de ar ($p > 0,05$). A microscopia eletrônica de varredura demonstrou boa adaptação para a maioria das restaurações com resina composta e cimento de ionômero de vidro, mas restaurações com amálgama mostraram uma adaptação um pouco mais pobre. De acordo com os autores, os resultados sugerem que, em relação à microinfiltração, o laser de Er:YAG é útil para o preparo de cavidade classe I.

Kusaka *et al.* (1998) avaliaram a microinfiltração de cavidades preparadas com laser de Er:YAG. Em ambos os lados (vestibular-lingual ou mesial-distal) de molares humanos extraídos, foram preparadas cavidades com 3mm de largura, 2mm de altura e 1,5mm de profundidade em três diferentes localizações da área da coroa (margens oclusal e gengival em esmalte; margem oclusal em esmalte e gengival em dentina; margens oclusal e gengival em dentina). Um lado foi preparado com laser de

Er:YAG (parâmetros: 200mJ e 5Hz para o esmalte; 100mJ e 5Hz para a dentina) e o outro lado foi preparado com ponta diamantada (#311). Cada par de cavidades foi restaurado com um dos seguintes materiais: grupo 1 - *Clearfil AP-X* com *Clearfil Liner Bond 2* (Kuraray - Japão); grupo 2 - *Clearfil AP-X* com *Clearfil Photo Bond* após condicionamento com *HEMA* a 35%; e grupo 3 - *Fuji tipo II LC* (GC - Japão). Após a termociclagem a 37°C, os espécimes foram imersos em solução de fucsina básica a 5% por 24 horas. Cada dente foi seccionado no sentido axial através da restauração. Os cortes foram examinados em um aumento de 40X e a penetração do corante foi medida com escores de 0 a 3. Cada grupo constituiu-se de seis espécimes e um total de 12 medidas de microinfiltração foi colhido. No grupo 1, nas margens gengivais das cavidades em esmalte, foi observada menor infiltração para o grupo do laser; nas margens gengivais das cavidades cervicais, foi observada maior infiltração para o grupo do laser. No grupo 2, não houve diferença significativa entre nenhum par de cavidades. No grupo 3, na margem gengival das cavidades em esmalte e na margem oclusal das cavidades cervicais, foi observada menor infiltração para o grupo do laser; na margem oclusal das cavidades em raiz e na margem gengival das cavidades cervicais, foi observada maior infiltração no grupo do laser.

Miserendino (1998) estudou as modificações da superfície do esmalte humano após condicionamento para o selamento de fóssulas e fissuras, e para adesão de restaurações com resina composta. Além disso, compararam os padrões de infiltração ao redor dos selantes e das restaurações. Quarenta e quatro dentes humanos indicados para extração por razões ortodônticas, problema periodontal ou por outras razões foram tratados para remoção de cárie, preparo cavitário e restauração ou para condicionamento do esmalte para selamento de fóssulas e fissuras. Os dentes foram aleatoriamente divididos em um dos dois grupos de tratamento: A - laser de Er:YAG; B - ácido fosfórico e alta rotação. Na primeira parte, foram analisados, através de microscopia eletrônica de varredura, os dentes extraídos sem selante ou restauração. Na segunda parte, os dentes foram selados ou restaurados antes da extração e medida a infiltração marginal. Os resultados indicaram que a interação do laser com o esmalte e a dentina não induziu danos na forma de fraturas ou recristalização. A infiltração marginal ao redor das restaurações de fóssulas e fissuras foi estatisticamente equivalente entre as duas modalidades de tratamento. Com base nas observações, o autor concluiu que o laser de Er:YAG para

o tratamento de fósulas e fissuras e preparo cavitário constitui-se numa alternativa viável aos métodos de tratamento convencionais.

Niu *et al.* (1998) realizaram um estudo cujos objetivos foram investigar a microinfiltração após restauração com resina composta em cavidades classe V preparadas com laser de Er:YAG e comparar os resultados com aqueles obtidos por um método convencional usando alta rotação, *in vitro*. Quarenta e oito dentes unirradiculares humanos extraídos foram usados neste estudo. Os dentes foram divididos em três grupos de 16 cada e cavidades classe V de mesmo tamanho foram preparadas com laser de Er:YAG (*Pharos Optics* - 2,94 μ m de comprimento de onda e uma fibra flexível de 0,32mm de diâmetro) para dois grupos e com alta rotação para o grupo controle. Os parâmetros utilizados para os dois grupos preparados com laser foram: 2W; 10Hz, 200mJ/pulso por 60 segundos; tamanho da ponta de 0,7mm e duração de pulso 140 μ s. Para um dos grupos preparados com o laser de Er:YAG e para o grupo controle, os dentes foram tratados com ácido fosfórico a 30%. As cavidades foram restauradas com resina composta (*Silux* - *Shofu* - Japão), após tratamento com adesivos (*Clearfil Photo Bond* - *Kuraray* - Japão). Os dentes foram colocados em Rodamina B a 0,6% a 36°C por 48 horas e então seccionados transversalmente a uma espessura de 2mm. Os cortes foram avaliados através de estereomicroscopia e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Microinfiltração nas margens da cavidade foi observada em todos os três grupos, mas não houve diferença estatisticamente significativa entre os três grupos, pelo método de penetração de corante. A análise da MEV mostrou resultados semelhantes ao método de penetração de corante. Para os autores, estes resultados sugerem que microinfiltração em cavidades preparadas com laser de Er:YAG está no mesmo nível daquela observada para cavidades preparadas com turbina de alta rotação.

Ramos, em 1998, avaliou *in vitro* a infiltração marginal em cavidade preparada com laser de Er:YAG (*Key Laser II* - *KaVo* - Alemanha; 2,94 μ m de comprimento de onda). Trinta e seis terceiros molares humanos extraídos foram divididos em três grupos. No grupo 1, foram realizados preparos cavitários com alta rotação (preparo: ponta diamantada #1021; bisel: ponta diamantada #3125F) e condicionamento com ácido fosfórico a 35%; no grupo 2, foram realizados preparos cavitários e bisel com laser de Er:YAG (preparo: 400mJ, 6Hz e 56,53J/cm²; bisel: 60mJ, 10Hz e 8,43J/cm²) e condicionamento com ácido fosfórico a 35%; e no grupo

3, foram realizados preparo cavitário (preparo: 400mJ, 6Hz e 56,53J/cm²; bisel: 60mJ, 10Hz e 8,43J/cm²) e condicionamento com laser (60mJ, 10Hz e 8,43J/cm²). A cavidade foi restaurada com *Single Bond* (3M) e resina composta fotopolimerizável (Z100 - 3M). Após a termociclagem, os espécimes foram imersos em solução de nitrato de prata a 50%, seccionados e observados em estereomicroscópio (aumento de 40X), através de microscopia eletrônica de varredura (duas amostras representativas de cada grupo) e energia dispersa de raios-X (*EDX*), para indicar com precisão o caminho da microinfiltração. Foi observada uma diferença significativa no grau de infiltração nas margens gengivais entre os três grupos. Nenhuma diferença significativa foi observada na margem oclusal entre os três grupos. A análise da energia dispersa de raios-X (*EDX*) demonstrou maior microinfiltração nos espécimes do grupo 3.

A efetividade do laser de Er:YAG no condicionamento do esmalte dental foi avaliada por Souza *et al.* (1998). Foram confeccionadas cavidades classe V em 30 pré-molares humanos, recentemente extraídos e livres de cárie, divididos em três grupos de 10 elementos e restaurados com o sistema adesivo *Prime & Bond* (*Dentsply*) e resina composta *TPH Spectrum* (*Dentsply*), da seguinte forma: no grupo 1, os preparos cavitários foram executados com instrumento rotatório diamantado em alta rotação e o condicionamento foi feito com ácido fosfórico a 37% por 20 segundos; no grupo 2, tanto os preparos quanto o condicionamento foram executados com laser de Er:YAG operado a uma frequência de 3Hz e energia de 126mJ; no grupo 3, o preparo foi executado com laser de Er:YAG operado a uma frequência de 3Hz e energia de 122mJ e o condicionamento foi feito com ácido fosfórico a 37% por 20 segundos. Após a realização dos procedimentos restauradores, as amostras foram submetidas ao processo de termociclagem (500 ciclos - variação térmica entre 5°C e 55°C, 20 segundos para cada ciclo). As amostras foram imersas em solução aquosa de fucsina básica a 0,5% e, posteriormente, seccionadas no sentido vestibulo-lingual. O grau de penetração do corante foi avaliado por três examinadores calibrados, segundo critério pré-estabelecido. Os resultados demonstraram presença de infiltração em todos os grupos, decrescente na seguinte ordem: grupo 1 > grupo2 > grupo 3. A análise estatística demonstrou que o grupo 3 foi superior aos demais ($p=0,001$). Em conclusão, os autores consideraram o laser de Er:YAG efetivo para o condicionamento do esmalte dental.

Blankenau *et al.* (1999) propuseram-se a avaliar a microinfiltração em cavidades classe V preparadas com laser de Er:YAG em comparação com cavidades preparadas com instrumentos rotatórios. Quarenta dentes humanos extraídos foram aleatoriamente distribuídos em quatro grupos de 10 dentes. Cavidades em forma de caixa, com a margem oclusal em esmalte (E) e a margem gengival em cimento (C), foram preparadas com alta rotação em 20 dentes e com laser nos outros 20 dentes. No grupo I, 10 dentes preparados com instrumentos rotatórios foram condicionados com ácido antes da aplicação do adesivo (*Optibond Solo*) e restaurados com resina composta. No grupo II, os outros 10 dentes preparados com instrumentos rotatórios não foram condicionados com ácido antes da aplicação do adesivo e da restauração. Os dentes nos quais as cavidades foram preparadas com laser foram também restaurados com condicionamento ácido (grupo III) ou sem condicionamento ácido (grupo IV). Os dentes foram termociclados (2460 ciclos - temperaturas entre 5°C e 55°C), colocados em solução de nitrato de prata por duas horas, seccionados e avaliados segundo o grau de infiltração (0 = nenhuma infiltração; 1 = infiltração somente em esmalte e cimento; 2 = infiltração na parede proximal; 3 = infiltração na parede axial). Os escores médios para o esmalte (E) e para a dentina (D), por grupo foram: grupo I E = 0 - grupo I D = 2; grupo II E = 2 - grupo II D = 2; grupo III E = 0 - grupo III D = 2; grupo IV E = 1 - grupo IV D = 3. Os escores de infiltração para todas as margens gengivais foram estatisticamente equivalentes ($p > 0,05$), porém menores do que todas as margens oclusais, exceto para o grupo II. As margens em esmalte das cavidades preparadas com instrumentos rotatórios e não condicionadas sofreram menor infiltração do que aquelas de cavidades preparadas com laser e não condicionadas.

Em 2000, Araujo avaliou a microinfiltração, através da microscopia óptica, e a nanoinfiltração, através da microscopia eletrônica de varredura (MEV), em cavidades classe V, preparadas por dois métodos: 1 - irradiação com laser de Er:YAG e condicionamento ácido; e 2 - turbinas de alta rotação. Foi analisada também a influência da irradiação com laser de Nd:YAG em dois sistemas de adesivos dentinários: *Single Bond* (3M) e *Prime & Bond NT* (Dentsply). As cavidades foram restauradas com a resina composta Z100, quando se utilizou o adesivo *Single Bond*, e com TPH, quando se utilizou o adesivo *Prime & Bond NT*. O laser de Er:YAG (KaVo Key - KaVo - Alemanha - 2,94µm de comprimento de onda) foi utilizado com os

seguintes parâmetros: 350mJ de energia, 4Hz de taxa de repetição e 116,7J/cm² de densidade de energia. Para o pré-tratamento dentinário com o laser de Nd:YAG (*Pulse Master 1000 - ADT - EUA*), os parâmetros foram: 60mJ, 10HZ, 0,6W durante 10 segundos e 74,6J/cm². Foram utilizados 80 dentes bovinos. Os preparos foram realizados nas faces vestibular e lingual, totalizando 160 preparos divididos em oito grupos de 20 dentes cada um, a saber: grupo 1 (LNT) - preparo com laser de Er:YAG + *Prime Bond NT + TPH*; grupo 2 (LS) - preparo com laser de Er:YAG + *Single Bond + Z100*; grupo 3 (LSNd) - preparo com laser de Er:YAG + *Single Bond* + laser de Nd:YAG + Z100; grupo 4 (LNTNd) - preparo com laser de Er:YAG + *Prime & Bond NT* + laser de Nd:YAG + *TPH*; grupo 5 (CNT) - preparo convencional + *Prime & Bond NT + TPH*; grupo 6 (CS) - preparo convencional + *Single Bond + Z100*; grupo 7 (CSNd) - preparo convencional + *Single Bond* + laser de Nd:YAG + Z100; grupo 8 (CNTNd) - preparo convencional + *Prime & Bond NT* + laser de Nd:YAG + *TPH*. Depois de restaurados, os dentes foram submetidos à termociclagem (300 ciclos - temperaturas entre 5°C ± 2°C e 55°C ± 2°C, por 30 segundos em cada temperatura). Os dentes foram colocados em nitrato de prata a 50% por 24 horas em total ausência de luz e numa solução fotorreveladora sob luz fluorescente por 6 horas. Foram seccionados no sentido inciso-gengival, obtendo-se três cortes. A avaliação da microinfiltração na margem gengival foi feita através de lupa estereomicroscópica segundo escores de 0 a 4. O corte mediano foi polido e preparado para a avaliação da nanoinfiltração em MEV. De acordo com a análise estatística, o grupo 3 (LSNd), preparo com laser de Er:YAG + *Single Bond* + laser de Nd:YAG, apresentou os menores valores quanto à microinfiltração e à nanoinfiltração.

Navarro *et al.* (2000) avaliaram, *in vitro*, a microinfiltração em cavidades preparadas com laser de Er:YAG e restauradas com resina composta. Cavidades classe V de tamanho idêntico foram preparadas nas superfícies vestibulares de 25 dentes bovinos com laser de Er:YAG (*Fidelis 320A - Fotona - Eslovênia*). Os parâmetros de irradiação foram: 350mJ e 4Hz ou 400mJ e 2Hz. A duração do pulso variou de acordo com os grupos: grupo 1 (VSP) - pulso muito curto; grupo 2 (SP) - pulso curto; grupo 3 (LP) - pulso longo; grupo 4 (VLP) - pulso muito longo; e grupo 5 (controle) - cavidades preparadas com alta rotação. Todas as cavidades foram condicionadas com ácido fosfórico a 35% por 15 segundos, lavadas com água e tratadas com sistema adesivo *Single Bond* (3M) e restauradas com resina composta Z250 (3M). Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C e polidos 24

horas após com discos Sof-Lex (3M) e sofreram estresse térmico de 700 ciclos (variação de temperatura entre 5°C e 55°C). Os dentes foram impermeabilizados, imersos em nitrato de prata a 50% por 8 horas, incluídos em resina acrílica, seccionados longitudinalmente e expostos à luz *Photoflood* (G. E.) por 10 minutos para a revelação do corante. A infiltração foi observada em estereomicroscópio e microscópio eletrônico de varredura. A avaliação da infiltração foi realizada por três examinadores segundo escores de 0 a 3. De acordo com a análise estatística, não houve diferença significativa entre os grupos ($p < 0,05$). A morfologia das cavidades preparadas com o laser mostrou irregularidades no esmalte cavo-superficial e nas paredes internas, com um padrão mais conservador do que aquele de cavidades preparadas convencionalmente. Os parâmetros de irradiação e a duração do pulso usados neste estudo para o preparo cavitário com laser de Er:YAG não tiveram influência sobre a microinfiltração.

Frente aos trabalhos revisados, parece oportuno avaliar *in vitro* o grau de microinfiltração marginal nas paredes oclusal e gengival de cavidades classe V preparadas com laser de Er:YAG e condicionadas com ácido ou condicionadas com o laser e ácido, em comparação com preparos cavitários realizados com alta rotação seguidos de condicionamento ácido.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

Para a realização do presente estudo, foram necessários 30 molares humanos extraídos (Anexo) e os seguintes materiais:

- Sistema adesivo *Single Bond* (3M Co. - St. Paul - MN - EUA - Número do lote - 7AX)
 - Condicionador - Ácido fosfórico a 37% (FGM produtos odontológicos, Joinville, Santa Catarina);
 - *Primer* - HEMA, Bis-GMA, ácido polialcenoico, dimetacrilatos, água e etanol.
- Resina composta fotoativada Z100 (3M Co. - St. Paul - MN - EUA)
 - Matriz orgânica - Bis-GMA, TEGDMA;
 - Matriz inorgânica - Zircônia/Sílica;
 - Cor - A3,5.
- Soro fisiológico;
- Água destilada (Sderpal);
- Cera utilidade (Horus-Herpo);
- Taças de borracha;
- Pasta de pedra pomes (S. S. White);
- Instrumento cortante rotatório diamantado #1091 (K. G. Sorensen);
- Instrumento cortante rotatório diamantado #3195 (K. G. Sorensen);
- Seringa Centrix (3M Co. - St. Paul - MN, EUA);
- Disco Sof-Lex (3M Co. - St. Paul - MN, EUA);
- Esmalte cosmético de cor vermelha (Colorama);
- Éster de cianoacrilato (Super bonder - Loctite Brasil Ltda);
- Solução aquosa de nitrato de prata a 50%;
- Solução fotorreveladora (Kodak);
- Lâmpada Photoflood de 250W (G. E. do Brasil S. A.);

- Resina quimicamente ativada (Redefibra);
- Lixas de granulação de número 400 e 600.

4.1.1 Equipamentos

Foi utilizado o laser de Er:YAG, modelo *KaVo KEY Laser II* (*KaVo Co.- Biberach - Alemanha - Projeto FAPESP nº. 97/10.823-0 - LELO-FOUSP - FIG. 4.1*), emitindo comprimento de onda de $2,94\mu\text{m}$, energia por pulso variável entre 60mJ e 500mJ, taxa de repetição variando entre 1Hz e 15Hz, duração de pulso variável entre 250Ms a 500Ms e diâmetro do feixe na região de focalização de 0,63mm. Foi considerado o diâmetro na região correspondente a 86% da energia transmitida.

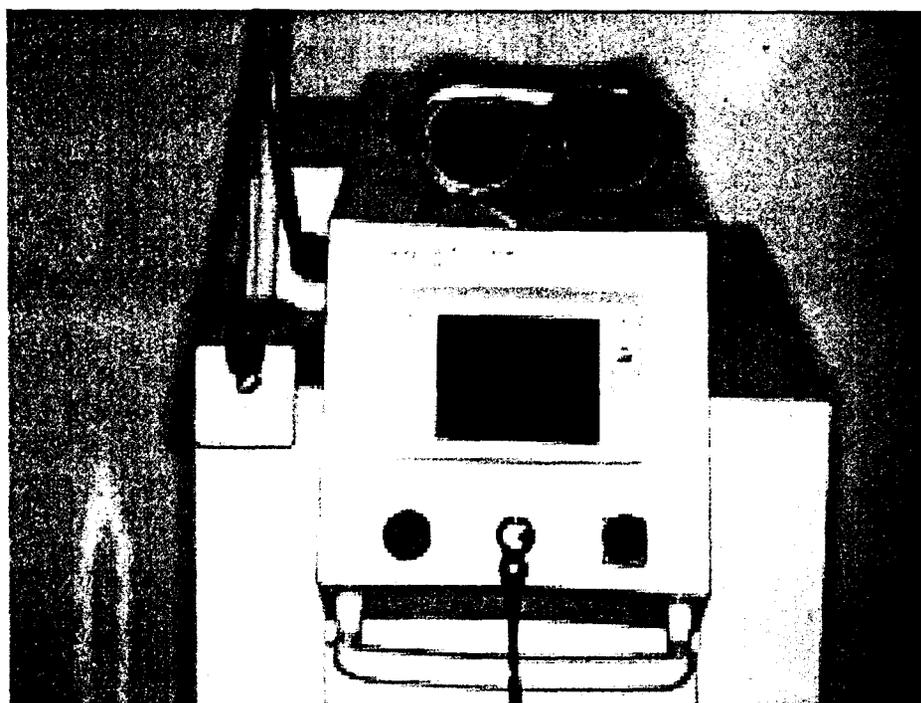


Figura 4.1 Laser de Er:YAG, modelo *KaVo KEY Laser II* (*KaVo Co.- Biberach - Alemanha - Projeto FAPESP nº. 97/10.823-0 - LELO-FOUSP*)

O aparelho possui um sistema de entrega do feixe de fibra óptica ao qual está acoplada uma peça de mão (número 2051) semelhante a uma caneta de alta rotação. O feixe (luz) laser é conduzido através da fibra e incide em um espelho na peça de mão propiciando emissão lateral. Este laser trabalha na forma não contato, sendo o foco ideal estabelecido entre as distâncias de 12mm a 15mm da lente de saída do feixe até o tecido que será irradiado. O diâmetro da região de focalização é aproximadamente constante entre 12mm e 15mm da lente de saída. Possui um sistema de refrigeração através de *spray* de água, com fluxo de 5ml/min, o qual irá atuar no processo de ablação.

Uma vez que o comprimento de onda deste laser não está localizado na região do visível do espectro eletromagnético, mas do infra-vermelho, um laser de diodo com comprimento de onda de 635nm (vermelho) atua como feixe guia.

Foram ainda utilizados os seguintes equipamentos:

- Instrumento de alta rotação modelo super torque 625, refrigeração através de *spray* triplo, 350.000rpm (*KaVo* do Brasil);
- Instrumento multiplicador de rotação 23 A, 120.000rpm (*KaVo* do Brasil);
- Contra-ângulo modelo 20 A (*KaVo* do Brasil);
- Sugador de alta potência (*Dabi Atlante*);
- Aparelho fotopolimerizador (3M do Brasil Ltda - divisão de produtos dentais), com intensidade de luz acima de 400mW/cm²;
- Máquina para ciclagem térmica MCT 2 - Amm* instrumental;
- Cortador de tecido duro Labcut 1010 - Extec;
- Máquina politrax Ecomet 3 - Buehler;
- Aparelho de ultra-som;
- Máquina fotográfica (Câmera digital Sony Cybershot - F-55-2.1 Mega Pixels).

4.2 Métodos

4.2.1 Seleção dos dentes

Trinta molares humanos extraídos, livres de cárie e esmalte defeituoso ou trincado, com superfície vestibular íntegra, armazenados em solução salina a 0,9% por um período não superior a seis meses. Os dentes foram limpos com pasta de

pedra pomes e água, com auxílio de taças de borracha montadas em contra-ângulo de baixa rotação. Após a limpeza e exame em lupa (3,5X), os dentes foram divididos em três grupos especificados adiante.

As próximas fases deste estudo, do preparo das cavidades ao seccionamento dos espécimes, foram realizadas por um único pesquisador, previamente treinado, para a utilização dos diversos equipamentos e materiais.

4.2.2 Preparo das cavidades

Todos os espécimes foram fixados em lâminas de cera utilidade com as faces vestibulares voltadas para cima e as cavidades de classe V foram dimensionadas em 3mm de largura, 2mm de altura e 2mm de profundidade com um auxílio de uma lapiseira grafite de 0,5mm de diâmetro. Estas medidas foram avaliadas durante o procedimento com o auxílio de uma sonda milimetrada. Em todos os grupos, a margem cavitária oclusal foi mantida em esmalte e a cervical localizou-se na junção dentina-cimento.

Após a realização dos preparos, um novo exame com lupa foi realizado para detectar novas trincas marginais. Caso fossem encontradas, o dente era descartado.

O preparo das cavidades em cada grupo obedeceu o seguinte protocolo:

- Grupo I
 - preparo cavitário: laser de Er:YAG, de alta densidade de potência, focalizado entre 12 a 15mm da superfície dental;
 - esmalte: 350mJ de energia/pulso, 2Hz de frequência, 112,34J/cm² de densidade de energia;
 - dentina: 250mJ de energia/pulso, 2Hz de frequência, 80,24J/cm² de densidade de energia;
 - bisel cavo-superficial: instrumento rotatório diamantado #3195F em alta rotação.
 - condicionamento: ácido fosfórico a 37%.

- Grupo II

- preparo cavitário: laser de Er:YAG, de alta densidade de potência, focalizado entre 12 a 15mm da superfície dental;
 - esmalte: 350mJ de energia/pulso, 2Hz de frequência, 112,34J/cm² de densidade de energia;
 - dentina: 250mJ de energia/pulso, 2Hz de frequência, 80,24J/cm² de densidade de energia;
 - pré-condicionamento do esmalte cavo-superficial: laser de Er:YAG, com 60mJ de energia por pulso, 4Hz de frequência, 19,26J/cm² de densidade de energia.
 - condicionamento: ácido fosfórico a 37%.
- Grupo III
 - preparo cavitário: instrumento rotatório diamantado #1091, em alta rotação, refrigerado com *spray* de água.
 - bisel cavo-superficial: instrumento rotatório diamantado #3195F em alta rotação.
 - condicionamento: ácido fosfórico a 37%.

4.2.3 Procedimento restaurador

Para a execução do procedimento restaurador, foram obedecidos os seguintes passos: aplicação do sistema adesivo, confecção das restaurações em resina composta e polimento das restaurações.

- Aplicação do sistema adesivo

As superfícies de esmalte e dentina dos grupos I, II e III foram condicionadas com ácido fosfórico a 37%, em forma de gel durante 15 segundos. Após o procedimento do condicionamento ácido, as cavidades foram lavadas por 10 segundos com jato de água. O excesso de água foi retirado com ponta de papel absorvente, deixando a superfície úmida.

A partir desta etapa, nos espécimes dos grupos I, II e III foram aplicadas duas camadas consecutivas de *Single Bond* sobre as superfícies, com o auxílio de um pincel. As superfícies foram secas levemente por 2 segundos e polimerizadas com luz halógena por 10 segundos.

- Confecção das restaurações em resina composta

As cavidades foram restauradas com resina composta fotopolimerizável Z100, cor A3,5, inserida com o auxílio de uma seringa Centrix, utilizando-se a técnica incremental (Hansen, 1986). A primeira camada foi inserida de forma oblíqua nas paredes cervical e distal da cavidade e acomodada com o auxílio de uma espátula condensadora antiaderente de teflon; a segunda camada foi também inserida de forma oblíqua em contato com as paredes oclusal e mesial da cavidade e acomodada com a mesma espátula condensadora. A última camada foi colocada preenchendo-se totalmente a cavidade e alisada como auxílio de um pincel de ponta chata, com a finalidade de promover uma superfície lisa que necessite o mínimo de acabamento. Cada incremento foi polimerizado por 40 segundos com luz halógena.

- Acabamento e polimento das restaurações

Após a confecção da restauração, os dentes foram armazenados em água destilada em estufa a 37°C por 24 horas antes do processo de acabamento. O processo de acabamento e polimento foi realizado com pontas diamantadas de granulação fina em alta rotação e discos Sof-Lex de menor granulação (cor azul claro) em baixa rotação. Após esta etapa, os espécimes foram armazenados em água destilada por sete dias até a ciclagem térmica.

4.2.4 Ciclagem térmica

Todos os espécimes foram colocados em um recipiente e identificados para inserção no aparelho de ciclagem térmica. O processo realizou 600 ciclos alternados entre 5°C e 55°C, com 3 segundos de intervalo e 1 minuto de imersão, por aproximadamente 24 horas.

4.2.5 Impermeabilização

Após a ciclagem térmica, os dentes foram secos e impermeabilizados com três camadas de esmalte cosmético vermelho em toda a superfície dental, excetuando-se a região da restauração e 1,0mm ao seu redor. Na área do ápice dental, foi aplicada uma camada de cianoacrilato para evitar a penetração do corante.

4.2.6 Imersão e fixação

Após a impermeabilização, os espécimes foram imersos em uma solução de nitrato de prata a 50% por 24 horas em temperatura ambiente e total ausência de luz. Os dentes foram colocados por 1 minuto em água corrente para remover o excesso da solução de nitrato de prata e secos com papel absorvente. Os espécimes foram, então, imersos em solução fotorreveladora (Kodak) sob luz fluorescente por 8 horas para promover a redução dos íons de prata para prata metálica (Wu *et al.*, 1983; Wieczkowski Jr. *et al.*, 1991; Yu *et al.*, 1992).

4.2.7 Inclusão

Para facilitar o processo de seccionamento e avaliação, os dentes foram incluídos em cubas plásticas e resina quimicamente ativada.

4.2.8 Seccionamento

Cada espécime foi seccionado em três cortes de 1mm no sentido vestibulo-lingual com um disco de diamante sob refrigeração com água.

4.2.9 Avaliação do grau de microinfiltração

Os cortes de todos os espécimes foram fotografados a uma distância padronizada. As imagens, armazenadas e ordenadas em um microcomputador (Pentium III) através de um *software* (Corel Photopaint) e visualizadas em um monitor de tela plana de 14 polegadas, foram, então, avaliadas, de forma cega e independente, por três examinadores (A, B e C), previamente treinados, os quais determinaram o grau de microinfiltração nas paredes oclusal e gengival de cada corpo de prova, segundo uma escala de escores de 0 a 3 (da FIG. 4.2 à FIG. 4.5), onde:

- 0 = nenhuma infiltração;
- 1 = mínima infiltração (menos de 1/3 do comprimento da parede);
- 2 = infiltração moderada (1/3 a 2/3 do comprimento da parede);
- 3 = infiltração extensa (mais que 2/3 do comprimento da parede).

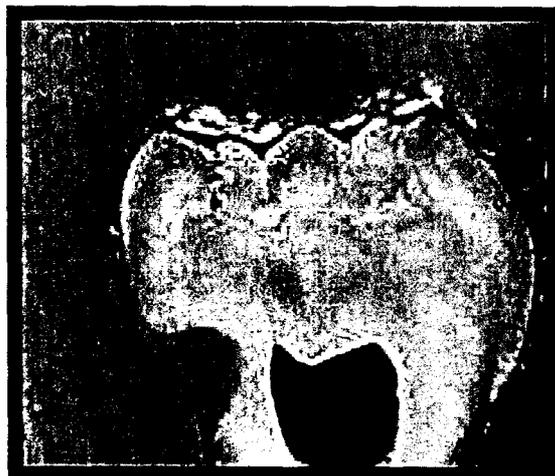


Figura 4.2 Microinfiltração grau 0 na parede oclusal e grau 1 na parede gengival de espécime do grupo I



Figura 4.3 Microinfiltração grau 1 nas paredes oclusal e gengival de espécime do grupo I



Figura 4.4 Microinfiltração grau 1 na parede oclusal e grau 2 na parede gengival de espécime do grupo II



Figura 4.5 Microinfiltração grau 0 na parede oclusal e grau 3 na parede gengival de espécime do grupo I

Cada examinador fez a leitura dos três cortes obtidos para cada espécime. Foi determinado que o número que mais se repetisse seria considerado como resultado final de um determinado espécime, caso se confirmasse estatisticamente a concordância entre os examinadores.

Para o cálculo da concordância entre os três examinadores utilizou-se o Teste de Kappa ($\alpha=0,05$), interpretado numa escala de seis pontos descrita por Landis e Koch (1977), onde:

- abaixo de 0 = pobre concordância;
- de 0,00 a 0,20 = concordância leve;
- de 0,21 a 0,40 = concordância média;
- de 0,41 a 0,60 = concordância moderada;
- de 0,61 a 0,80 = concordância substancial;
- acima de 0,81 = concordância quase perfeita.

4.2.10 Análise estatística

Para avaliar a existência de diferenças significantes entre os três grupos experimentais, os dados obtidos foram submetidos à análise estatística, utilizando-se o Teste da razão de verossimilhança ($\alpha=0,05$).

5. RESULTADOS

5.1 Concordância entre os examinadores

O Teste de Kappa demonstrou existir associação entre os resultados dos três examinadores para o grau de microinfiltração determinado na parede oclusal. A concordância média dos examinadores A, B e C foi substancial.

Para o grau de microinfiltração determinado na parede gengival, o Teste de Kappa também demonstrou existir associação entre os três examinadores. A concordância média dos examinadores A, B e C foi também substancial.

5.2 Comparação dos graus de microinfiltração entre os grupos

Na TAB. 5.1, são apresentados os dados relativos à distribuição de freqüência dos graus de microinfiltração registrados na parede oclusal entre os espécimes dos três grupos, representados graficamente na FIG. 5.1. A análise estatística permite afirmar que a distribuição é semelhante nos três grupos, não existindo diferença significativa nos graus de microinfiltração registrados na parede oclusal entre os grupos experimentais avaliados ($p=0,449$).

Tabela 5.1 - Distribuição dos graus de microinfiltração na parede oclusal segundo os três grupos experimentais (Grupo I: laser de Er:YAG + ácido; Grupo II: laser de Er:YAG + laser de Er:YAG + ácido; Grupo III: alta rotação + ácido)

GRUPO	ESCORE								TOTAL	
	0		1		2		3			
Grupo I	8	88,89%	1	11,11%	0	0,00%	0	0,00%	9	30,00%
Grupo II	8	72,73%	3	27,27%	0	0,00%	0	0,00%	11	36,67%
Grupo III	6	60,00%	3	30,00%	1	10,00%	0	0,00%	10	33,33%
TOTAL	22	73,33%	7	23,33%	1	3,33%	0	0,00%	30	100,00%

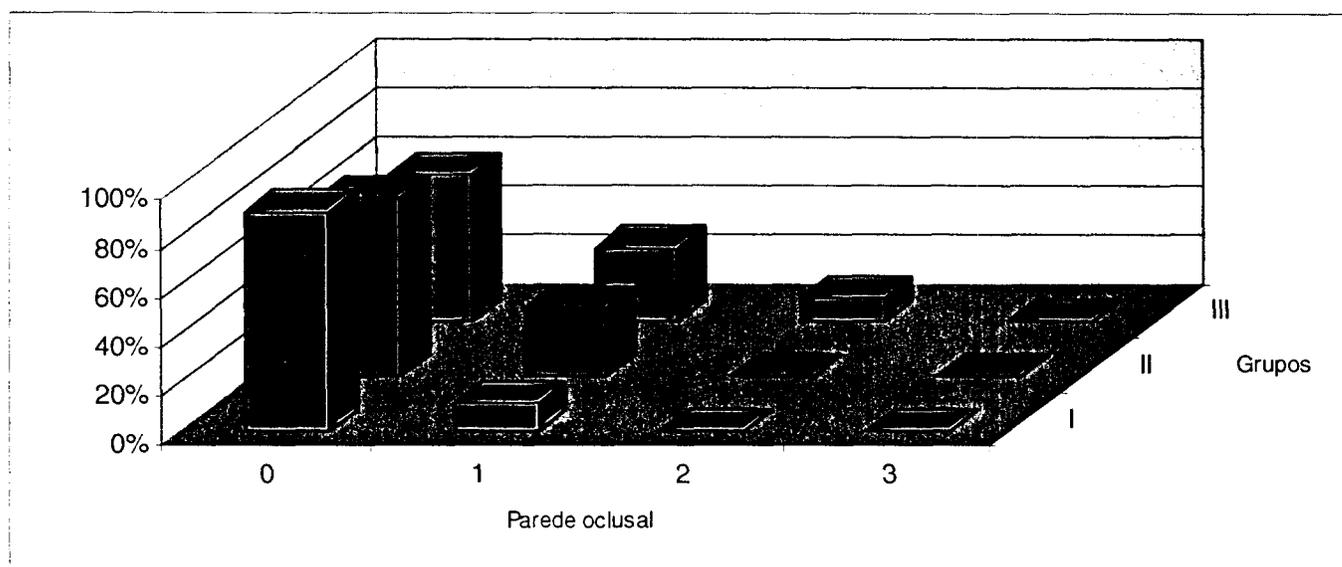


Figura 5.1 Representação da distribuição dos graus de microinfiltração na parede oclusal segundo os três grupos experimentais

Na TAB. 5.2, são apresentados os dados relativos à distribuição de freqüência dos graus de microinfiltração registrados na parede gengival entre os espécimes dos três grupos, representados graficamente na FIG. 5.2. A análise estatística permite afirmar que a distribuição é semelhante nos três grupos, não existindo diferença significativa nos graus de microinfiltração registrados na parede gengival entre os grupos experimentais avaliados ($p=0,265$).

Tabela 5.2 - Distribuição dos graus de microinfiltração na parede gengival segundo os três grupos experimentais (Grupo I: laser de Er:YAG + ácido; Grupo II: laser de Er:YAG + laser de Er:YAG + ácido; Grupo III: alta rotação + ácido)

GRUPO	ESCORE								TOTAL	
	0	1	2	3	0	1	2	3		
Grupo I	0	0,00%	6	66,67%	2	22,22%	1	11,11%	9	30,00%
Grupo II	2	18,18%	5	45,45%	3	27,27%	1	9,09%	11	36,67%
Grupo III	0	0,00%	4	40,00%	2	20,00%	4	40,00%	10	33,33%
TOTAL	2	6,67%	15	50,00%	7	23,33%	6	20,00%	30	100,00%

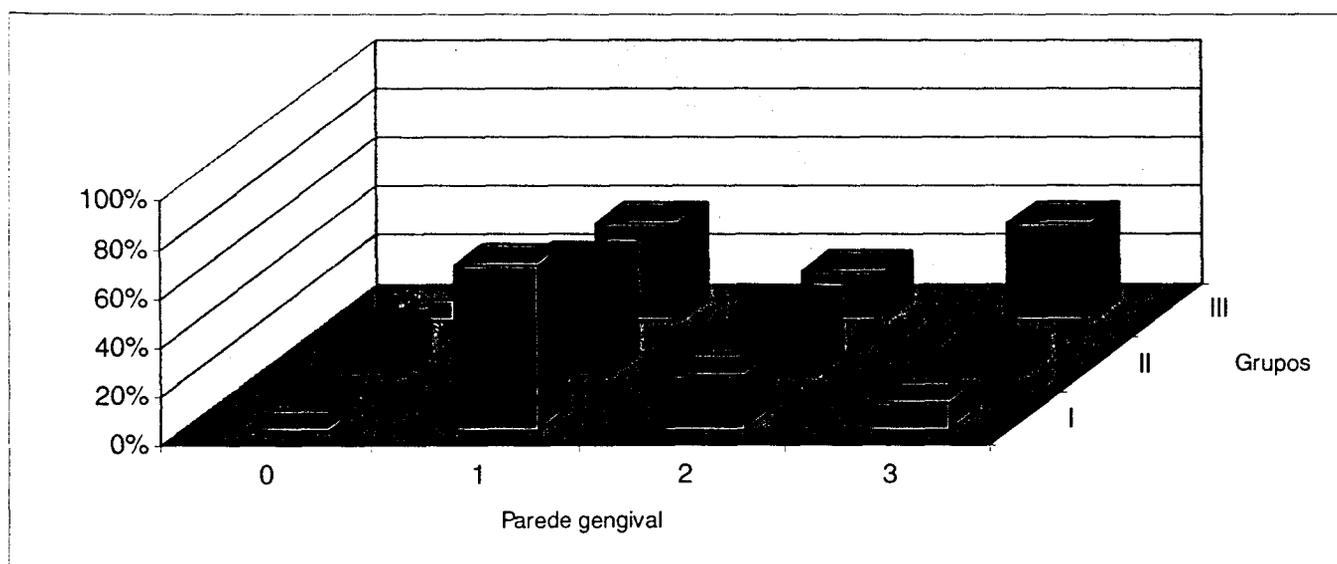


Figura 5.2 Representação da distribuição dos graus de microinfiltração na parede gengival segundo os três grupos experimentais

6. DISCUSSÃO

A partir de 1988, muitos estudos têm sido conduzidos para se verificar a viabilidade da utilização do laser de Er:YAG na Odontologia. A efetividade do laser de Er:YAG em preparos cavitários, promovendo remoção tecidual através de vaporização contínua e microexplosões foi anteriormente comprovada em estudos *in vitro* (Hibst *et al.*, 1988, *apud* Ramos, 1998; Hibst e Keller, 1989; Matsumoto *et al.*, 1991; Burkes *et al.*, 1992; Keller e Hibst, 1992; Li *et al.*, 1992; Wigdor *et al.*, 1993; Wright *et al.*, 1993; Gimble *et al.*, 1994; Tanji *et al.*, 1996b; Visuri *et al.*, 1996; Zezell *et al.*, 1997; Aoki *et al.*, 1998; Hansen, 1998; Tanji, 1998) e em estudos *in vivo* (Matsumoto *et al.*, 1996; Cozean *et al.*, 1997; Pelagalli *et al.*, 1997; Dostálová *et al.*, 1998; Eduardo *et al.*, 1998).

As alterações morfológicas no esmalte e na dentina após preparo cavitário com laser de Er:YAG incluem aspecto rugoso sem sinais de injúrias ou modificações na disposição dos cristais de hidroxiapatita do esmalte e da dentina (Keller e Hibst, 1989). Vickers *et al.* (1992) observaram fissuras ao redor do esmalte. Porém, zonas de carbonização, fusão, fissuras ou fraturas não foram observadas por Keller e Hibst (1989), Tanji *et al.* (1996b), Dostálová *et al.* (1997), Pelagalli *et al.* (1997) e Hossain *et al.* (1999).

O laser de Er:YAG é capaz de realizar preparos cavitários sem danos térmicos à polpa quando usado com *spray* de água, como têm demonstrado estudos sobre o aumento de temperatura (Hibst e Keller, 1989; Burkes *et al.*, 1992; Hibst e Keller, 1992a; Hibst e Keller, 1992b; Gimble *et al.*, 1994).

Algumas investigações têm comprovado que o tratamento com o laser de Er:YAG no esmalte é eficaz. Após o tratamento com o laser, a superfície do esmalte exhibe um aspecto de superfície condicionada, podendo ser obtido, assim, um padrão microrretentivo (Gross *et al.*, 1992; Kumazaki, 1992; Li *et al.*, 1992; Tanji *et al.*,

1996a; Tanji *et al.*, 1996b; Visuri *et al.*, 1996; Cozean *et al.*, 1997; Pelagalli *et al.*, 1997; Zezell *et al.*, 1997). Na dentina, verifica-se a presença de túbulos abertos e remoção da *smear layer* (Gross *et al.*, 1992; Tanji *et al.*, 1996a; Tanji *et al.*, 1996b; Visuri *et al.*, 1996; Pelagalli *et al.*, 1997; Zezell *et al.*, 1997).

O laser de Er:YAG tem demonstrado ser capaz também de promover um significativo aumento na resistência ácida do esmalte (Morioka *et al.*, 1991; Tanji *et al.*, 1996a; Watanabe *et al.*, 1998; Hossain *et al.*, 2000) e da dentina (Arimoto *et al.*, 1998; Arimoto *et al.*, 1999; Hossain *et al.*, 2000). Alguns estudos têm também demonstrado melhores resultados nas superfícies de esmalte condicionadas com laser de Er:YAG, quanto ao aspecto da resistência à tração (Hibst *et al.*, 1993; Keller e Hibst, 1993; Gimble *et al.*, 1994; Bispo, 2000).

A ablação dos tecidos duros, que resulta em preparos cavitários com superfícies irregulares, proporcionando uma forma adicional de retenção micromecânica, bem como a efetividade do tratamento com o laser sobre o esmalte e a dentina, parecem sugerir um melhor selamento marginal em restaurações de cavidades preparadas e condicionadas com o laser de Er:YAG, que apresentariam um menor grau de microinfiltração, em comparação com restaurações de cavidades preparadas e condicionadas convencionalmente.

A microinfiltração na interface dente-material restaurador é considerada um dos fatores que mais influenciam a longevidade de uma restauração. A possibilidade de se obter um perfeito selamento entre o material restaurador e as paredes cavitárias ainda é um desafio para os pesquisadores. Estudos mostram que as técnicas e os materiais restauradores convencionais não promovem um completo selamento marginal e que a infiltração de fluidos, bactérias e produtos de sua decomposição poderá ocorrer entre a superfície do dente e a restauração (Ramos, 1998; Araujo, 2000).

Tem sido sugerido que a microinfiltração é o resultado da contração de polimerização e da diferença entre os coeficientes de expansão térmica do dente e do material restaurador, os quais podem resultar em fracasso na adesão e formação de *gaps*, com implicações clínicas que incluem sensibilidade pós-operatória, cárie recorrente, e/ou a possibilidade de perda da restauração (Fichie *et al.*, 1999).

Vários métodos foram propostos para detectar a microinfiltração, porém a utilização de corante tem sido o mais freqüentemente utilizado pelos pesquisadores. Neste método, corantes fluorescentes são particularmente úteis como traçadores para demonstrar infiltração ao redor de restaurações, pois são detectáveis em concentrações diluídas, sensíveis à luz ultra-violeta, fáceis de fotografar, baratos, fornecem resultados que podem ser reproduzidos, contrastam com a fluorescência natural dos dentes, requerem períodos curtos de imersão e permitem observação direta da totalidade da interface marginal durante a avaliação de registro de infiltração marginal (Going, 1972; Taylor e Lynch, 1992).

No presente estudo, optou-se pela utilização do nitrato de prata para a evidenciação da microinfiltração marginal através de escores. O nitrato de prata tem sido aceito por grande parte dos pesquisadores, sendo, atualmente, o corante mais utilizado e o que proporciona uma visão melhor da microinfiltração (Wu *et al.*, 1983; Araujo, 2000).

O procedimento de ciclagem térmica é muito empregado no estudo da microinfiltração marginal. O processo é usado para simular as alterações de temperatura as quais as restaurações estão sujeitas no meio bucal. Como o coeficiente de expansão térmica do dente difere do coeficiente do material restaurador, a microinfiltração pode ser esperada (Grobler *et al.*, 1999).

Parece não haver uma padronização para o procedimento de ciclagem térmica em relação ao número de ciclos, temperaturas utilizadas e tempo de duração de cada ciclo. Neste estudo, optou-se pela utilização de 600 ciclos alternados entre 5°C (frio) e 55°C (quente), com 3 segundos de intervalo e 1 minuto de imersão em cada temperatura, por aproximadamente 24 horas, também utilizados por Ramos (1998). O procedimento foi, portanto, realizado em condições que excedem os desafios sofridos pelo material restaurador na cavidade bucal. De acordo com Grobler *et al.* (1999), a flutuação de temperatura *in vivo* sobre as superfícies dentais varia entre 15°C e 45°C quando água gelada e café quente são bebidos alternadamente.

Como anteriormente mencionado, no presente estudo, o grau de microinfiltração marginal foi avaliado através do método da penetração de corante, o

nitrate de prata. A microinfiltração marginal foi avaliada qualitativamente, através do estabelecimento de escores, atribuídos por três examinadores. Este método está sujeito à subjetividade dos examinadores, que se procurou minimizar através de treinamento prévio. Posteriormente, o Teste de Kappa demonstrou uma concordância substancial entre os examinadores, conferindo confiabilidade ao método de avaliação.

Neste estudo, verificou-se a presença de microinfiltração em todos os grupos experimentais, seja nos preparos realizados com laser de Er:YAG e condicionados com ácido fosfórico a 37%, ou nos preparos realizados e condicionados com o laser e ácido fosfórico a 37%, ou nos preparos realizados com o método convencional com alta rotação e condicionados com ácido. Estes resultados estão de acordo com investigações anteriores (Keller e Hibst, 1993; Wright *et al.*, 1993; Hibst e Keller; 1994; Jean *et al.*, 1998; Khan *et al.*, 1998; Kusaka *et al.*, 1998; Niu *et al.*, 1998; Ramos, 1998; Souza *et al.*, 1998; Blankenau *et al.*, 1999; Araujo, 2000; Navarro *et al.*, 2000).

O Teste da razão de verossimilhança não demonstrou diferença estatisticamente significativa nos graus de microinfiltração registrados através da penetração do nitrato de prata entre os espécimes dos três grupos experimentais propostos, tanto na parede oclusal ($p=0,449$), quanto na parede gengival ($p=0,265$).

Embora a análise estatística não tenha demonstrado uma diferença significativa entre os grupos na parede oclusal ($p>0,05$), pelos dados da TAB. 5.1, representados graficamente na Fig. 5.1, verifica-se que 88,89% (8/9) dos espécimes do grupo I, 72,73% (8/11) dos espécimes do grupo II e 60,00% (6/10) dos espécimes do grupo III alcançaram escore 0, ou seja, nenhuma infiltração. Estes dados sugerem um melhor desempenho para o tratamento com o laser de Er:YAG e ácido, seguido pelo tratamento com o laser de Er:YAG + laser de Er:YAG + ácido, em comparação com o tratamento convencional. Provavelmente, em um outro estudo, utilizando-se um maior número de amostras, esta diferença de desempenho possa ser estatisticamente evidenciada.

O Teste da razão de verossimilhança também não demonstrou diferença estatisticamente significativa entre os grupos na parede gengival ($p>0,05$). Contudo, os dados da TAB. 5.2, representados graficamente na FIG. 5.2, demonstram que

18,18% (2/11) dos espécimes do grupo II alcançaram escore 0 (nenhuma infiltração). Verifica-se também que 66,67% (6/9) dos espécimes do grupo I, 45,45% (5/11) dos espécimes do grupo II e 40,00% (4/10) dos espécimes do grupo III alcançaram escore 1, ou seja, mínima infiltração (menos de 1/3 do comprimento da parede). Estes dados sugerem um melhor desempenho para os espécimes dos grupos I e II. Além disso, apenas 11,11% (1/9) dos espécimes do grupo I e 9,09% (1/11) dos espécimes do grupo II alcançaram escore 3, ou seja, infiltração extensa (mais que 2/3 do comprimento da parede). Entre os espécimes do grupo III, no entanto, 40,00% (4/10) alcançaram escore 3, sugerindo, assim, um pior desempenho para o tratamento convencional de preparo cavitário e condicionamento ácido. Talvez, com um maior número de amostras, estes resultados pudessem ter sido estatisticamente evidenciados.

De qualquer forma, outros autores também não encontraram diferenças significantes entre tratamento com laser e tratamento convencional (Keller e Hibst, 1993; Wright *et al.*, 1993; Hibst e Keller, 1994; Khan *et al.*, 1998; Miserendino, 1998; Niu *et al.*, 1998; Navarro *et al.*, 2000).

Ramos (1998) também não observou diferença estatisticamente significativa no grau de infiltração na margem oclusal. Porém, a autora observou uma diferença significativa no grau de infiltração na margem gengival entre o grupo tratado apenas com o laser e os grupos nos quais foi realizado condicionamento ácido. Em seu estudo, as superfícies condicionadas com o ácido apresentaram menor microinfiltração do que aquelas condicionadas apenas com o laser de Er:YAG.

Resultados semelhantes aos de Ramos (1998) foram observados por Jean *et al.* (1998). A microinfiltração observada pelos autores na interface dentina-resina composta e esmalte-resina composta com o tratamento com o laser de Er:YAG foi significativamente maior do que a encontrada nos espécimes tratados com ácido fosfórico.

Por outro lado, Souza *et al.* (1998) encontraram melhores resultados para o tratamento com laser de Er:YAG e condicionamento com ácido fosfórico a 37%, em comparação com o método convencional e com o tratamento com o laser para preparo cavitário e condicionamento. Porém, os autores consideraram o laser de

Er:YAG efetivo para o condicionamento do esmalte dental, uma vez que este tratamento foi estatisticamente superior ao método convencional.

No estudo de Araujo (2000), constatou-se melhora no selamento marginal com a utilização do laser de Er:YAG para a confecção do preparo cavitário. Entretanto, cumpre salientar que os melhores resultados foram observados no grupo no qual se realizou o pré-tratamento dentinário com o laser de Nd:YAG, sugerindo que este procedimento talvez venha dar maior longevidade às restaurações de resina composta.

A análise dos resultados relatados nos diversos estudos já realizados sobre microinfiltração em restaurações de cavidades preparadas e condicionadas com laser de Er:YAG, ou pelo método convencional, permite observar ora uma superioridade para o tratamento com o laser, ora para o tratamento convencional, ou mesmo nenhuma diferença entre os tratamentos, como nesta investigação.

A divergência entre os resultados talvez possa ser explicada pelo fato de que os estudos sobre microinfiltração comentados anteriormente foram conduzidos seguindo variadas metodologias, diferentes da proposta para a execução deste trabalho, especialmente no que concerne aos parâmetros do laser de Er:YAG utilizados para o preparo cavitário e para o pré-condicionamento.

Neste estudo, os parâmetros utilizados para o preparo cavitário dos espécimes dos grupos I e II foram: para o esmalte, 350mJ de energia/pulso, 2Hz de frequência ($112,34\text{J}/\text{cm}^2$ de densidade de energia); para a dentina, 250mJ de energia/pulso, 2Hz de frequência ($80,24\text{J}/\text{cm}^2$ de densidade de energia). No grupo II, para o pré-condicionamento do esmalte cavo-superficial, foram utilizados os seguintes parâmetros: 60mJ de energia por pulso e 4Hz de frequência, resultando em $19,26\text{J}/\text{cm}^2$ de densidade de energia.

Estes parâmetros diferem daqueles utilizados pelos autores revisados. Na literatura, foram relatados os seguintes parâmetros de utilização do laser de Er:YAG em estudos de microinfiltração: 300mJ/2Hz para preparo cavitário e 200mJ/2Hz para pré-condicionamento (Wright *et al.*, 1993); 200mJ/4Hz para o esmalte e 140mJ/4Hz para a dentina (Jean *et al.*, 1998); 200mJ/5Hz para o esmalte e 100mJ/5Hz para a dentina (Kusaka *et al.*, 1998); 200mJ/10Hz para a realização do preparo (Niu *et al.*,

1998); 400mJ/6Hz para a realização do preparo e 60mJ/10Hz para o pré-condicionamento (Ramos, 1998); e 126mJ/3Hz para o preparo cavitário e pré-condicionamento (Souza *et al.*, 1998).

Ao avaliar a resistência à tração de uma resina composta unida ao esmalte dental condicionado com ácido fosfórico, comparado com vários parâmetros do laser de Er:YAG mais associação laser + ácido, Bispo (2000) observou que os melhores resultados foram os dos grupos com 80mJ/2Hz exclusivamente com laser de Er:YAG, 80mJ/4Hz e 250mJ/4Hz desfocalizado, sendo os dois últimos associados ao ácido fosfórico a 35%.

Futuros estudos talvez possam ser conduzidos para se avaliar a microinfiltração em restaurações de cavidades preparadas e condicionadas com o laser de Er:YAG, empregando-se os melhores parâmetros observados por Bispo (2000).

O comportamento do sistema adesivo utilizado neste estudo (*Single Bond* - 3M) também pode ter influenciado os resultados encontrados. Segundo Fichie *et al.* (1999), muitas variáveis que afetam os experimentos tornam difícil compará-los. Especificamente sobre os sistemas adesivos, os autores consideram que alguns adesivos dentinários podem atuar de forma diferente quando testados sob condições semelhantes. Entretanto, testes laboratoriais com adesivos dentinários fornecem informação básica que pode ser usada quando as propriedades dos materiais são comparadas.

No sistema adesivo escolhido, o *primer* e adesivo estão contidos em um único frasco, a fim de simplificar a técnica adesiva, diminuindo-se os passos necessários e o tempo consumido. Na utilização deste sistema, ainda se faz necessário o condicionamento do esmalte e da dentina, além de ser essencial a presença de uma superfície úmida para uma melhor adesão.

No estudo de Araujo (2000), o menor grau de microinfiltração foi observado no grupo no qual foram realizados preparo cavitário com laser de Er:YAG e aplicação do *Single Bond* seguida de tratamento com laser de Nd:YAG. O melhor selamento marginal foi atribuído à aplicação do laser de Nd:YAG.

Resultados controversos, entretanto, foram encontrados por Latta *et al.* (1999), quando compararam preparos realizados com o laser de Er:YAG com preparos convencionais, utilizando os sistemas adesivos *Single Bond* e *Prime & Bond 2.1*. Os autores verificaram através de microscopia eletrônica de varredura, uma formação imperfeita e mesmo uma ausência de camada híbrida, concluindo que preparos cavitários realizados com laser de Er:YAG podem afetar negativamente a atuação desses dois adesivos. Estes resultados podem ter sido causados pelos parâmetros do laser de Er:YAG utilizados pelos autores.

Os sistemas adesivos de frasco único, como o *Single Bond*, removem, penetram ou alteram a *smear layer*. Incorporam monômeros hidrofílicos no *primer*, o qual penetra na dentina tratada. A retenção micromecânica é alcançada através dos *tags* de resina dentro dos túbulos dentinários e impregnação de resina nas fibras colágenas e na dentina intertubular desmineralizada. Esta zona modificada, chamada de camada híbrida, promove uma superfície que se polimeriza com o componente adesivo da resina. Embora os valores da força de adesão da dentina tenham se aproximado dos valores do esmalte, a microinfiltração não foi ainda eliminada totalmente por estes adesivos dentinários (Fichie *et al.*, 1999).

Entretanto, o sistema adesivo utilizado neste estudo é capaz de reduzir a microinfiltração marginal, pois remove a *smear layer* pela aplicação do condicionamento com ácido fosfórico a 37% (Nakabayashi *et al.*, 1982; Nakabayashi *et al.*, 1991) e forma a camada híbrida pela aplicação do *primer* e adesivo hidrofóbico e hidrofílico, melhorando o selamento marginal (Nakabayashi *et al.*, 1982; Nakabayashi e Pashley, 1998).

No presente estudo, os menores graus de microinfiltração foram observados na parede oclusal de todos os grupos, com vários espécimes não exibindo nenhuma infiltração (TAB. 5.1 e FIG. 5.1). A ausência de infiltração marginal em esmalte pode ser devida à simplicidade dos procedimentos adesivos neste substrato dental e por sua estrutura favorecer, sobremaneira, uma maior uniformidade dos resultados (Carvalho, 1998).

Na parede gengival, entretanto, foram observados os maiores graus de microinfiltração em todos os grupos (TAB. 5.2 e FIG. 5.2), confirmando resultados do estudo de Ramos (1998). O maior grau de infiltração pode ser devido à ausência de esmalte nas margens gengivais das cavidades classe V. O ângulo cavo-superficial se encontra em dentina e/ou cimento (Fitchie *et al.*, 1990; Reid *et al.*, 1991; Araújo *et al.*, 1993; Gordan *et al.*, 1998).

Em restaurações adesivas, a área crítica é, sem dúvida, a interface entre a resina composta e a dentina e/ou o cimento. Enquanto a força de adesão das resinas compostas ao esmalte alcança altos valores, a adesão à dentina é inconsistente. A diferença na composição entre o esmalte (cerca de 95% inorgânico) e a dentina (75% inorgânica) pode ser responsável pela maior infiltração na dentina (Nakabayashi *et al.*, 1991; Gordan *et al.*, 1998).

Em relação ao sistema adesivo utilizado, estudos anteriores não demonstraram um completo selamento nas restaurações confeccionadas com o *Single Bond* e a resina composta Z100 em cavidades terminadas em dentina e/ou cimento. O sistema adesivo não foi capaz de eliminar de maneira eficaz a microinfiltração nas paredes gengivais (Cardoso *et al.*, 1999; Garone Netto, 1999; Pilo e Ben-Amar, 1999). Para Cardoso *et al.* (1999), a adesão obtida com o sistema *Single Bond* provou ser mais sensível nesta região. No estudo de Pilo e Ben-Amar (1999), o *Single Bond* promoveu melhor selamento nas margens em esmalte do que nas margens em cimento.

Necessário se torna ainda ressaltar que este foi um estudo que procurou avaliar *in vitro* a microinfiltração marginal. Segundo Fichie *et al.* (1999), em estudos sobre microinfiltração, deve-se considerar se testes *in vitro* e *in vivo* podem ser comparados, e, ainda, se resultados de estudos *in vitro* podem ser extrapolados para situações clínicas.

Tem sido relatado que a penetração de corante na interface dente-resina composta é maior em testes laboratoriais, indicando que estudos *in vitro* podem superestimar o problema, além de não duplicarem a eficácia do material clínico (Fichie *et al.*, 1999; Grobler *et al.*, 1999).

Resultados de estudos *in vitro* podem, portanto, acontecer sob condições clínicas, porém não deveriam ser vistos como uma conclusão absoluta do que irá acontecer em estudos clínicos.

Nas condições experimentais estabelecidas para este estudo *in vitro* e frente aos resultados obtidos, o laser de Er:YAG demonstrou ser tão efetivo no preparo de cavidades classe V e no pré-condicionamento do esmalte quanto os métodos convencionais. Estudos clínicos longitudinais poderiam ser sugeridos, a fim de se comprovar a efetividade do laser de Er:YAG *in vivo*, relacionando os efeitos deste laser no preparo de cavidades e no pré-condicionamento do esmalte com a adesão dos diversos sistemas adesivos e materiais restauradores e o conseqüente selamento marginal na interface dente-restauração.

7. CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia utilizada e frente aos resultados encontrados, foi possível concluir que:

- 7.1 As paredes oclusais dos três grupos experimentais apresentaram graus de microinfiltração semelhantes, não havendo diferença estatisticamente significativa entre os grupos;
- 7.2 As paredes gengivais dos três grupos experimentais apresentaram graus de microinfiltração semelhantes, não havendo diferença estatisticamente significativa entre os grupos;
- 7.3 Os graus de microinfiltração entre os grupos preparados com laser de Er:YAG cujas superfícies de esmalte foram tratadas com ponta diamantada ou laser de Er:YAG não apresentaram diferenças estatisticamente significantes;
- 7.4 O laser de Er:YAG demonstrou ser tão efetivo quanto os métodos convencionais de preparo cavitário e condicionamento, podendo ser utilizado no preparo de cavidades classe V e no pré-condicionamento do esmalte.

8. ANEXO



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

PARECER nº 20/01
Ref. Protocolo 08/01

O Grupo de Trabalho indicado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, **APROVOU** o protocolo de pesquisa "**Microinfiltração em restaurações classe V preparadas com laser de érbio: YAG**", de responsabilidade do pesquisador **Henrique Dutra Simões Tavares**, sob orientação do Professor Doutor **Carlos de Paula Eduardo**.

São Paulo, 12 de março de 2001


Profa.Dra. **Célia Regina Martins Delgado Rodrigues**
Coordenadora do CEP-FOUSP

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

1. ALANI, A.H.; TOH, C.G. Detection of microleakage around dental restorations: a review. **Oper Dent**, v. 22, n. 2, p. 173-185, mar./abr. 1997.
2. ALTSHULER, G.B.; BELIKOV, A.V.; EROFEEV, A.V. Comparative study of noncontact operation mode of hard tooth tissues Er-laser processing. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1996, Jerusalem. **Proceedings...** Bologna: Monduzzi, 1996. p. 21-26.
3. AOKI, A.; YAMADA, T.; OTSUKI, M.; KATAUMI, M.; WATANABE, H.; TAGAMI, J.; ISHIKAWA, I. Evaluation of cervical enamel and root dentin after Er:YAG laser treatment of root caries. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1998, Maui. **Proceedings...** Maui: International Society for Lasers in Dentistry, 1998. p. 192-193.
4. ARAUJO, R.M. **Avaliação da microinfiltração e nanoinfiltração em restaurações de resina composta. Influência do laser no preparo cavitário e no pré-tratamento dentinário.** São José dos Campos, 2000. 220p. Tese (Livre-Docência em Dentística) - Faculdade de Odontologia - Campus de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho.
5. ARAÚJO, M.A.M.; MELLO, J.B.; MENDES, A.J.D. Restauração de classe V: avaliação da infiltração marginal com diferentes procedimentos e materiais. **Rev Odontol UNESP**, v. 22, n. 2, p. 239-247, jul./dez. 1993.
6. ARIMOTO, N.; SUZAKI, A.; KATADA, H.; SENDA, A. Acid resistance in lased dentin. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1998, Maui. **Proceedings...** Maui: International Society for Lasers in Dentistry, 1998. p. 61-62.
7. ARIMOTO, N.; SUZAKI, A.; SAKUMA, K.; KASHIHARA, S.; YAMADA, M.; SENDA, A. Microstructural changes in dentin irradiated by Er:YAG laser. **J Dent Res**, v. 78, p. 318, 1999. [Abstract 1703].

* De acordo com a NBR-6023 da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989. Abreviaturas dos periódicos segundo o *Index to Dental Literature*.

8. BARKMEIRER, W.W.; COOLEY, R.L. Laboratory evaluation of adhesive systems. **Oper Dent**, suppl. 5, p. 50-61, 1992.
9. BISPO, L.B. **Condicionamento do esmalte com Er:YAG laser e ácido fosfórico: resistência à tração e microscopia eletrônica de varredura**. São Paulo, 2000. 179p. Dissertação (Mestrado em Dentística) - Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo.
10. BLANKENAU, R.J.; MOSES, K.D.; CHERUBNI, M.L.; LATTA, M.A. Effects of Er:YAG laser on enamel and dentin microleakage. **J Dent Res**, v. 78, 1999. [Abstract 2299].
11. BOWEN, R.L. Properties of silica reinforced polymer for dental restorations. **J Am Dent Assoc**, v. 66, n. 1, p. 57-62, Jan. 1963.
12. BUONOCORE, M.G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. **J Dent Res**, v. 34, n. 6, p. 849-853, Dec. 1955.
13. BURKES, E.J.; HOKE, J.; GOMES, E.; WOLBARSHT, M. Wet tissue *versus* dry enamel ablation by Er:YAG laser. **J Prosthet Dent**, v. 67, n. 6, p. 847-851, June 1992.
14. CARDOSO, P.E.C.; PLÁCIDO, E.; FRANCCI, C.E.; PERDIGÃO, J. Microleakage of class V resin-based composite restorations using five simplified adhesive systems. **Am J Dent**, v. 12, n. 6, p. 291-294, Dec. 1999.
15. CARVALHO, R.M. Adesivos dentinários: fundamentos para aplicação clínica. **Rev Dentística Restauradora**, v. 1, n. 2, p. 62-96, abr./jun. 1998.
16. CARVALHO, R.M.; PEREIRA, J.C.; YOSHIYAMA, M.; PASHLEY, D.H. A review of polymerization contraction: the influence of stress development *versus* stress relief. **Oper Dent**, v. 21, n. 1, p. 17-24, Jan./Feb. 1996.
17. COZEAN, C.; ARCORIA, C.J.; PELAGALLI, J.; POWELL, G.L. Dentistry for the 21st century? Erbium:YAG laser for teeth. **J Am Dent Assoc**, v. 128, n. 8, p. 1080-1087, Aug. 1997.
18. CRIM, G.A.; GARCIA-GODOY, F. Microleakage: the effect of storage and cycling duration. **J Prosthet Dent**, v. 57, n. 5, p. 574-576, May 1987.
19. DOMINGUES, L.A.; VERONEZI, M.C.; PEGORARO, C.N.; LEGRAMANDI, D.B.; FRANCISCHONE, C.E.; RAMOS, A.C.B. Shear bond strength of composite resin to enamel conditioned by Er:YAG laser. **J Dent Res**, v. 78, 1999. [Abstract 2300].
20. DOSTÁLOVÁ, T.; JELÍNKOVÁ, H.; KREJSA, O.; HAMAL, K.; KUBELKA, J.; PROCHÁZKA, S.; HIMMLOVÁ, L. Dentin and pulp response to Erbium:YAG laser ablation: a preliminary evaluation of human teeth. **J Clin Laser Med Surg**, v. 15, n. 3, p. 117-121, 1997.

21. DOSTÁLOVÁ, T.; JELÍNKOVÁ, H.; KUCEROVÁ, H.; KREJSA, O.; HAMAL, K.; KUBELKA, J.; PROCHÁZKA, S. Noncontact Er:YAG laser ablation: clinical evaluation. **J Clin Laser Med Surg**, v. 16, n. 5, p. 273-282. 1998.
22. EDUARDO, C.P.; MYAKI, S.I.; OLIVEIRA Jr., W.T.; ARANA-CHAVEZ, V.E.; TANJI, E.Y. Micromorphological evaluation of enamel surface and shear bond strength of a composite resin after Er:YAG irradiation. An "in vitro" study. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1996, Jerusalem. **Proceedings...** Bologna: Monduzzi, 1996. p. 41-44.
23. EDUARDO, P.L.P.; RAMOS, A.C.B.; EDUARDO, C.P. The use of Er:YAG laser in cavity preparation - clinical cases. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1998, Maui. **Proceedings...** Maui: International Society for Lasers in Dentistry, 1998. p. 202-205.
24. EGURO, T.; OTSUKI, M.; MAEDA, T.; TANAKA, H. Bond strength to Er:YAG laser irradiated enamel: effects of acid etching and that time. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 2000, Brussels. **Resumos...** Brussels: International Society for Lasers in Dentistry, 2000. p. 12.
25. EINSTEIN, A. Zur quantum theorie der strhlung. **Phis Z**, v. 18, p. 121, 1917.
26. FITCHIE, J.G.; PUCKETT, A.D.; COBB Jr., G. Microleakage of two new combined primer/adhesive resin systems. **Gen Dent**, v. 47, n. 3, p. 302-307, May 1999.
27. FICHIE, J.G.; REEVES, G.W.; SCARBROUG, A.R.; HEMBREE, J.H. Microleakage of two new dentinal bonding systems. **Quintessence Int**, v. 21, n. 9, p. 749-752, Sept. 1990.
28. FRASER, C.J. A study of the efficacy of dental fillings. **J Dent Res**, v. 9, n.4, p. 507-17, Aug. 1929.
29. GARONE NETO, N.; Santos, M.G.; kuramoto Jr.,M.; Macedo, T.N. Microinfiltração em restaurações de resina composta variando-se o sistema adesivo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 13, 1996, Águas de São Pedro. **Anais...** São Paulo: SBPqO, 1999. p. 163. [Resumo 13248].
30. GIMBLE, C.; HANSEN, R.; SWETT, A.; WINN, D.; PELAGALLI, J.; COZEAN, C. Er:YAG clinical studies for hard tissue applications. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1994, Singapore. **Proceedings...** Bologna: Monduzzi, 1994, p. 267-271.
31. GOING, R.E. Microleakage around dental restorations: a summarizing review. **J Am Dent Assoc**, v. 84, n. 6, p. 1349-1357, June 1972.

32. GORDAN, V.V.; VARGAS, M.A.; COBB, D.S.; DENEHY, G.E. Evaluation of acidic primers in microleakage of class V composite resin restorations. **Oper Dent**, v. 23, n. 5, p. 244-249, Sept. 1998.
33. GROBLER, S.R.; ROSSOUW, R.J.; VAN WYK KOTZE, T.J. *In vitro*, relative microleakage of five restorative systems. **Int Dent J**, v. 49, n. 1, p. 47-52, Jan. 1999.
34. GROSS, D.; RAAB, W.H-M.; KELLER, U.; HIBST, R. Surface morphology of dental hard tissues after Er:YAG laser treatment. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1992, Salt Lake City. **Proceedings...** Salt Lake City: International Society of Lasers in Dentistry, 1992. p. 133-134.
35. GROTH, E.B.; TANJI, E.Y.; ZECELL, D.M.; MATSON, E.; EDUARDO, C.P. The pre-treatment of enamel surface *in vitro* with Er:YAG laser for bonding composite resin. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1996, Jerusalem. **Proceedings...** Bologna: Monduzzi, 1996. p. 53-57.
36. HANSEN, E.K. Effect of three dentin adhesives on marginal adaptation of two light-cured composites. **Scand J Dent Res**, v. 94, n. 1, p. 82-86, Feb. 1986.
37. HANSEN, R. Er:YAG clinical results on hard tissues: phase I. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1998, Maui. **Resumos...** Maui: International Society for Lasers in Dentistry, 1998. p. 63.
38. HIBST, R.; KELLER, U. Bond strength and microleakage of composite restorations after Er:YAG laser preparation and conditioning. In: INTERNATOINAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1994, Singapore. **Resumos...** Singapore: International Society for Lasers in Dentistry, 1994. p. 81.
39. HIBST, R.; KELLER, U. Dental Er:YAG laser application: effect of water spray on ablation. In: INTERNATOINAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1992, Salt Lake City. **Proceedings...** Salt Lake City: International Society of Lasers in Dentistry, 1992a. p. 229-230.
40. HIBST, R.; KELLER, U. Dental Er:YAG laser application: evaluation of thermal side effects. In: INTERNATOINAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1992, Salt Lake City. **Proceedings...** Salt Lake City: International Society of Lasers in Dentistry, 1992b. p. 231-232.
41. HIBST, R. KELLER, U. Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances: I. Light microscopic and SEM investigations. **Lasers Surg Med**, v. 9, n. 4, p. 338-344, 1989.
42. HIBST, R.; KELLER, U.; STEINER, R. Die wirkung gepulster Er:YAG laserstrahlung auf zahngewebe. **Lasers Surg Med**, v. 4, p.163-165, 1988.

43. HIBST, R.; KELLER, U.; BRAUN, A.; SCHRODER, D. Er:YAG laser etching of dental hard substances. In: ANNUAL MEETING OF AMERICAN SOCIETY FOR LASER MEDICINE AND SURGERY, 1993, New Orleans. **Abstracts...** New Orleans: American Society for Laser Medicine and Surgery, 1993, p. 17. [Abstract 71].
44. HOSSAIN, M.; NAKAMURA, Y.; YAMADA, Y.; KIMURA, Y.; NAKAMURA, G.; MATSUMOTO, K. Ablation depths and morphological changes in human enamel and dentin after Er:YAG laser irradiation with or without water mist. **J Clin Laser Med Surg**, v. 17, n. 3, p. 105-109, 1999.
45. HOSSAIN, M.; NAKAMURA, Y.; KIMURA, Y.; YAMADA, Y.; ITO, M.; MATSUMOTO, K. Caries-preventive effect of Er:YAG laser irradiation with or without water mist. **J Clin Laser Med Surg**, v. 18, n. 2, p. 61-65, 2000.
46. JEAN, A.; ARMENGOL, V.; ASSOUMOU, M.; HAMEL, H. Microleakage along composite restoration following Er:YAG laser irradiation *versus* acid-etched. **J Dent Res**, v. 77, p. 937, 1998. [Resumo n. 2447].
47. KELLER, U.; HIBST, R. Effects of Er:YAG laser on enamel bonding of composite materials. **Laser in Dentistry (SPIE)**, p. 02-08, 1993.
48. KELLER, U.; HIBST, R. Erbium:YAG laser in caries therapy: indications and first clinical results. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASER IN DENTISTRY, 1992, Salt Lake City. **Proceedings...** Salt Lake City: International Society of Laser in Dentistry, 1992. p.151-152.
49. KELLER, U.; HIBST, R. Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances: II. Light microscopic and SEM investigations. **Lasers Surg Med**, v. 9, n. 4, p. 345-351, 1989.
50. KELLER, U.; HIBST, R. Marginal tightness of dental fillings materials following tooth preparation with Er:YAG laser. In: ANNUAL MEETING OF AMERICAN SOCIETY FOR LASER MEDICINE AND SURGERY, 1993, New Orleans. **Abstracts...** New Orleans: American Society for Laser Medicine and Surgery, 1993, p. 17. [Abstract 72].
51. KHAN, M.F.R.; YONAGA, K.; KIMURA, Y.; FUNATO, A.; MATSUMOTO, K. Study of microleakage at class I cavities prepared by Er:YAG laser using three types of restorative materials. **J Clin Laser Med Surg**, v. 16, n. 6, p. 305-308, 1998.
52. KIDD, E.M.A. Microleakage: a review. **J Dent**, v. 4, n. 5, p. 199-206, Set. 1976.
53. KUMAZAKI, M. Results of etching with the Er:YAG laser. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1992, Salt Lake City. **Proceedings...** Salt Lake City: International Society of Lasers in Dentistry, 1992. p. 141-142.

54. KUSAKA, T.; ISHIMARU, K.; TAKAMIZU, M.; KOHNO, A. Microleakage of cavities prepared by Er:YAG laser. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1998, Maui. **Resumos...** Maui: International Society for Lasers in Dentistry, 1998. p. 187-188.
55. LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observing agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, p. 159-174, 1977.
56. LATTA, M.A.; BLANKENAU, R.J.; ELLIS, R.W. Hibrid zone microstructure of Er:YAG treated dentin. **J Dent Res**, v. 78, p. 110, 1999. [Abstract 36].
57. LI, Z.; CODE, J.E.; Van De MERWE, W. Er:YAG laser ablation of enamel and dentin of human teeth: determination of ablation rates at various fluences and pulse repetition rates. **Laser Surg Med**, v. 12, p. 625-630, 1992.
58. MAIMAN, T.H. Stimulated optical radiation in ruby. **Nature**, v. 187, n. 4736, p. 493-494, Aug. 1960.
59. MATSUMOTO, K. Basic and clinical research on Er:YAG laser in Dentistry. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1998, Maui. **Proceedings...** Maui: International Society for Lasers in Dentistry, 1998. p. 235-236.
60. MATSUMOTO, K.; NAKAMURA, Y.; WAKABAYASHI, H.A. A morphological study on the cavity preparation by Er:YAG laser. **J Japan Soc Conserv Dent**, v. 34, n. 3, p. 729-733, June 1991.
61. MATSUMOTO, K.; NAKAMURA, Y.; MAZEKI, K.; KIMURA, Y. Clinical dental application of Er:YAG laser for class V cavity preparation. **J Clin Laser Med Surg**, v. 14, n. 3, p. 123-127, 1996.
62. MISERENDINO, J.L. SEM and dye penetration comparison of Er:YAG laser *versus* traditional treatment. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASER IN DENTISTRY, 1998, Maui. **Resumos...** Maui: International Society for Lasers in Dentistry, 1998. p. 34.
63. MORIOKA, T.; TAGOMORI, S.; OHO, T. Acid resistance of lased human enamel with Erbium:YAG laser. **J Clin Laser Med Surg**, p. 215-217, June 1991.
64. NAKABAYASHI, N.; PASHLEY, D.H. Hybridization of dental hard tissue. Tokyo: **Quintessence Int**, v. 29, n. 1, p. 125, Jan. 1998.
65. NAKABAYASHI, N.; NAKAMURA, M.; YASUDA, N. Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism. **J Esthet Dent**, v. 3, n. 4, p. 133-138, July/Aug. 1991.
66. NAKABAYASHI, N.; KOJIMA, K.; MASUHARA, E. The promotion of adhesion by infiltration monomers into tooth substrates. **J Biomed Mater Res**, v. 16,n.3, p. 265-273, May 1982.

67. NAMEKAWA, H.; TANAKA, H. Bond strength of Er:YAG laser irradiated root dentin. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 2000, Brussels. **Resumos...** Brussels: International Society for Lasers in Dentistry, 2000. p. 34.
68. NAVARRO, R.S.; GOUW-SOARES, S.C; HAYPEK, P.; ZECELL, D.M.; YOUSSEF, M.N.; EDUARDO, C.P. Er:YAG laser cavity preparation with variable pulsewidth: a microleakage study. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 2000, Brussels. **Resumos...** Brussels: International Society for Lasers in Dentistry, 2000. p. 16.
69. NIU, W.; ETO, J.N.; DIMURA, Y.; TAKEDA, F.H.; MATSUMOTO, K. Study on microleakage after resin filling of class V cavities prepared by Er:YAG laser. **J Clin Laser Med Surg**, v. 16, n. 4, p. 227-231, 1998.
70. OUDHOF, H.A.J.; BEART, M.; SAMY, C.; De GEE, A.J.; Van De KUIJ, P. The comparison of adhesive dentin bonding with Er:YAG laser and conventional techniques. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1996, Jerusalem. **Proceedings...** Bologna: Monduzzi, 1996. p. 103-105.
71. PASHLEY, D.H. Clinical considerations of microleakage. **J Endod**, v. 16, n. 2, p. 70-77, Feb. 1990.
72. PASHLEY, D.H. Clinical correlations of dentin structure and function. **J Prosthet Dent**, v. 66, n. 6, p. 777-781, 1991.
73. PASHLEY, D.H. Smear layer: an overview of structure and function. **Proc Finn Dent Soc**, v. 88, Suppl. 1, p. 215-224, 1992.
74. PASHLEY, D.H.; PASHLEY, E.L. Dentin permeability and restorative dentistry: a status report for the American Journal of Dentistry. **Am J Dent**, v. 4, n. 1, p. 5-9, Feb. 1991.
75. PELAGALLI, J.; GIMBLE, C.B.; HANSEN, R.T.; SWETT, A.; WINN II, D.W. Investigational study of the use of Er:YAG laser versus dental drill for caries removal and cavity preparation - phase I. **J Clin Laser Med Surg**, v. 15, n. 3, p. 109-115, 1997.
76. PILO, R.S.; BEN AMAR, A. Comparison of microleakage for three one-bottle and three step dentin bonding agents. **J Prosthet Dent**, v. 82, n. 2, p. 209-213, Aug. 1999.
77. RAMOS, A.C.B. **Microinfiltração em cavidades de classe V preparadas com alta-rotação e com laser de Érbio:YAG: estudo *in vitro***. São Paulo, 1998. 136p. Dissertação (Mestrado em Dentística) - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

78. RAMOS, A.C.B.; ROBLES, F.; ZECELL, D.M.; EDUARDO, C.P. The interaction of two different adhesive systems with the irradiated human dentin by Er:YAG laser. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 2000, Brussels. **Resumos...** Brussels: International Society for Lasers in Dentistry, 2000. p. 41.
79. REID, J.S.; SAUNDERS, W.P.; CHEN, Y.Y. The effect of bonding agent and fissure sealant on microleakage of composite resin restoration. **Quintessence Int**, v. 22, n. 4, p. 295-298, Apr. 1991.
80. RETIEF, D.H. Do adhesives prevent microleakage? **Int Dent J**, v, 44, n. 2, p. 19-26, Feb. 1994.
81. SOUZA, A.L.A.; MENEZES, M.R.A.; MENEZES, A.F. Efetividade do Er:YAG laser no condicionamento do esmalte dental: estudo *in vitro*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 15, 1998, Águas de São Pedro. **Anais...** São Paulo: SBPqO, 1998. p. 26. [Resumo A-061].
82. STERN, R.H. The laser in Dentistry: a review of the literature. **J Dent Assoc South Afr**, v. 29, n. 3, p. 173-179, Mar. 1974.
83. STERN, R.H.; SOGNAES, R.F. Laser beam on dental hard tissue. **J Dent Res**, v. 43, n. 5, p. 873, 1964. [Resumo n. 307].
84. SWIFT Jr., E.; Le VALLEY, B. Microleakage of etched dentin composite resin restorations. **Quintessence Int**, v. 23, n. 7, p. 505-508, July 1992.
85. TANJI, E.Y. **Alterações morfológicas do esmalte e dentina de cavidades classe I preparadas com o laser de Er:YAG. Estudo *in vitro***. São Paulo, 1998. 60p. Dissertação (Mestrado em Dentística) - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.
86. TANJI, E.Y.; MATSUMOTO, K.; EDUARDO, C.P. Estudo do condicionamento da superfície dentinária com Er:YAG laser. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 13, 1996, Águas de São Pedro. **Anais...** São Paulo: SBPqO, 1996a. p. 142. [Resumo 213].
87. TANJI, E.Y.; HAYPEK, P.; GROTH, E.B.; ZECELL, D.M. Microscopia eletrônica de varredura de cavidades preparadas com Er:YAG laser. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 13, 1996, Águas de São Pedro. **Anais...** São Paulo: SBPqO, 1992b. p. 143. [Resumo 217].
88. TAYLOR, M.J.; LYNCH, E. Microleakage. **J Dent**, v. 20, n. 1, p. 3-10, 1992.
89. TITLEY, K.; CHERNECKY, R.; MARIE, B.; SMITH, D.C. Penetration of a dentin bonding agent into dentin. **Am J Dent**, v. 7, n. 4, p. 190-194, Aug. 1994.

90. TORTENSON, B.; BRÄNNSTRÖM, M. Contraction gap under composite resin restorations: effect of hygroscopic expansion and thermal stress. **Oper Dent**, v. 13, n. 1, p. 24-31, Jan./Fev. 1988.
91. VICKERS, V.A.; JACQUES, S.L.; POWERS, J.M.; MARTIN, J.W. Ablation of hard dental tissue with the ErYAG laser. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASER IN DENTISTRY, 1992, Salt Lake City. **Proceedings...** Salt Lake City: International Society of Laser in Dentistry, 1992. p. 257-258.
92. VISURI, S.R.; GILBERT, J.L.; WRIGHT, D.D.; WIGDOR, H.A.; WALSH Jr., J.T. Shear strength of composite bonded to Er:YAG laser-prepared dentin. **J Dent Res**, v. 75, n. 1, p. 599-605, Jan. 1996.
93. WATANABE, H.; YAMAMOTO, H.; KAWAMURA, M.; OKAGAMV, Y.; KATAOKA, K.; ISHIKAWA, I. Acid resistance of the human teeth enamel irradiated by Er:YAG laser. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1998, Maui. **Resumos...** Maui: International Society for Lasers in Dentistry, 1998. p. 68-69.
94. WIECZKOWSKY Jr., G; YU, X.; JOYNT, R.B.; DAVIS, E.L. Microleakage pathway in restorations using a smear layer-mediated dentin bonding agent. **J Dent Res**, v. 70, p. 396, 1991. [Resumo n. 1041].
95. WIGDOR, H.; ELLIOT, A.B.T.; ASHRAFI, S.; WALSH Jr., J.T. The effects of lasers on dental hard tissues. **J Am Dent Assoc**, v. 124, n. 2, p. 65-70, Feb. 1993.
96. WRIGHT, G.Z.; McCONNELL, R.J.; KELLER, U. Microleakage of class V composite restorations prepared conventionally with those prepared with an Er:YAG laser. A pilot study. **Pediatr Dent**, v. 15, n. 6, p. 425-426, Nov./Dec. 1993.
97. WU, W.; COBB, E.; FERMANN, K.; RUPP, N.W. Detecting margin leakage of dental composite restorations. **J Biomed Mater Res**, v. 17, n. 1, p. 37-48, Jan. 1983.
98. YU, X.Y.; DAVIS, E.L.; JOYNT, R.B.; WICZKOWSKI Jr., G. Origination and progression of microleakage in a restoration with a smear layer-mediated dentinal bonding agent. **Quintessence Int**, v. 23, n. 8, p. 551-555, Aug. 1992.
99. ZECELL, D.M.; CECCHINI, S.C.M.; EDUARDO, C.P.; MATSUMOTO, K.; De ROSSI, W.; NOGUEIRA, G.E.C.; BERRETTA, J.R.; VIEIRA, N.D.; MORATO, S.P. Experimental studies of the applications of the holmium laser in Dentistry. **J Clin Laser Med Surg**, v. 13, n. 4, p. 283-289, 1995.



M22 602



Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Diretoria de Ensino & Informação Científica e Tecnológica
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 Cidade Universitária CEP: 05508-000
Fone/Fax(0XX11) 3816 - 9148
SÃO PAULO - São Paulo - Brasil
[http: //www.ipen.br](http://www.ipen.br)

O Ipen é uma autarquia vinculada à Secretaria de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo, gerida técnica, administrativa e financeiramente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, órgão do Ministério da Ciência e Tecnologia, e associada à Universidade de São Paulo.