



BR0645265



INIS-BR—3986

AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO

**AVALIAÇÃO *IN VITRO* DOS EFEITOS DA IRRADIAÇÃO
LASER DE Er:YAG E Nd:YAG NA PAREDE DENTINÁRIA
DO CANAL RADICULAR, SOB OBSERVAÇÃO DO
ESTEREOSCÓPIO, DA MICROGRAFIA ELETRÔNICA
E DA CÂMERA TERMOGRÁFICA**

CLÁUDIA GOYA

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. Denise Maria Zzell

**São Paulo
2001**





INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

**AVALIAÇÃO *IN VITRO* DOS EFEITOS DA IRRADIAÇÃO LASER DE Er:YAG e
Nd:YAG NA PAREDE DENTINÁRIA DO CANAL RADICULAR, SOB
OBSERVAÇÃO DO ESTEREOSCÓPIO, DA MICROGRAFIA ELETRÔNICA E
DA CÂMERA TERMOGRÁFICA**

CLÁUDIA GOYA



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

Orientador: Prof. Titular Dr. Carlos de Paula Eduardo

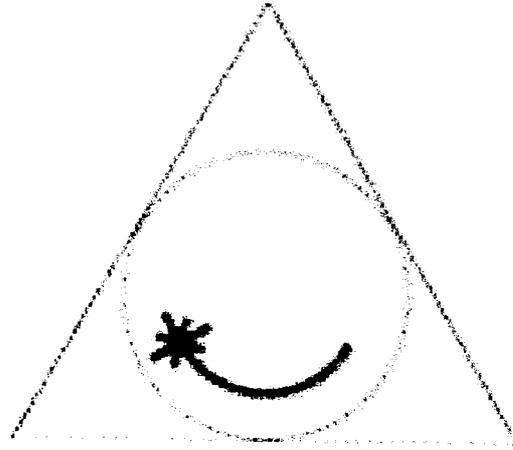
Co-orientadora: Professora Dra. Denise Maria Zzell

São Paulo

2001

Faculdade de Odontologia
Universidade de São Paulo





MESTRADO PROFISSIONALIZANTE

“LASERS EM ODONTOLOGIA”

A DEUS

*“Não sou nada, eu bem sei
Tão pequeno, um grão de areia em tuas mãos
Barco à vela que se abandona
Segue o rumo e vai buscando o alto mar
Assim me encontro diante de ti
Um Deus imenso que por amor se deixa alcançar
Te adorarei, meu Deus, enquanto eu existir
Proclamarei as maravilhas que fizeste em mim
O teu calor me envolve, o teu olhar me acalma
E em teus braços o teu amor
Inflama minha alma
Que posso mais dizer se o coração já disse:
Te amo!”*

Walmir Alencar

DEDICATÓRIA

A meus queridos pais Alberto e Irene, de quem recebi carinho, amor e muita dedicação durante todos os momentos de minha vida. Que souberam me compreender, sempre me apoiando, especialmente, naqueles momentos de difíceis decisões.

Se hoje estou aqui, é porque vocês lutaram e transformaram meu sonho em realidade. Sou muito grata a Deus por vocês, Ele que nos ama infinitamente e permite que grandes obras aconteçam em nossas vidas.

“Por mais árdua que seja a luta, por mais difícil que seja a caminhada, existe sempre uma maneira de vencer. Andar sempre nas pegadas do mestre dos mestres (Jesus Cristo). Quão formoso são os pés dos que anunciam as boas novas do amor de Deus.”

Isaías 52:7

AGRADECIMENTOS

A meus adoráveis professores e orientadores Prof. Dr. Carlos de Paula Eduardo e Prof.^a Dr.^a Denise Maria Zezell, deixo aqui toda a minha admiração e gratidão.

“...Mas, ao lado de vós está a Sabedoria que conhece vossas obras, ela estava presente quando fizestes o mundo, ela sabe o que vos é agradável, e o que se conforma às vossas ordens. Fazei-a, pois, descer de vosso santo céu, e enviái-a do trono de vossa glória. Para que, junto de mim, tome parte de meus trabalhos, e para que eu saiba o que vos agrada.”

Sabedoria 9:9-10

A meus parentes e amigos oraram a Deus, me apoiaram e compreenderam as minhas ausências para a realização deste trabalho.

À Comunidade Católica Shalom de Curitiba, pelas orações e pela descoberta de uma vida totalmente guiada por Deus.

A meus amigos do Mestrado Profissionalizante “Lasers em Odontologia”, que me acompanharam e colaboraram de alguma forma com idéias, incentivos.....etc.

Aos professores e monitores das Disciplinas do Mestrado de “Lasers em Odontologia” do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, que de alguma forma direta ou indiretamente colaboraram para este estudo.

Aos professores e monitores das Disciplinas do Mestrado de “Lasers em Odontologia” da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo – USP, e em especial ao Edgar.

Aos meus queridos secretários Fernando, Sandrinha, Cida, Liliane e Regina que não pouparam esforços para ajudar na produção deste trabalho.

A minha professora Marili, que se dispôs com muito carinho para a finalização desta dissertação.

A meu professor Matsumoto sensei, e seus assistentes, o qual, com muita disponibilidade e gentileza, aceitou que parte da pesquisa (laboratorial) fosse realizada em seu departamento.

**AVALIAÇÃO IN VITRO DOS EFEITOS DA IRRADIAÇÃO LASER DE ER:YAG E
ND:YAG NA PAREDE DENTINÁRIA DO CANAL RADICULAR, SOB
OBSERVAÇÃO DO ESTEREOSCÓPIO, DA MICROGRAFIA ELETRÔNICA E
DA CÂMERA TERMOGRÁFICA**

CLÁUDIA GOYA

“RESUMO”

Este estudo teve como objetivo comparar os efeitos da irradiação dos lasers do Nd:YAG e do Er:YAG na parede do canal radicular, em relação às técnicas helicoidal e vertical, em termos de infiltração marginal apical e elevação da temperatura na superfície externa do dente.

Foram utilizados 70 dentes humanos, instrumentados e divididos em sete grupos de dez dentes cada. Os parâmetros da irradiação utilizados pelo laser de Nd:YAG foram 100mJ/p, 15Hz, e os do Er:YAG foram 160mJ/p, 10Hz, no painel. Foram 4 irradiações a uma velocidade aproximada de 2mm/s, com 20 segundos de intervalo. Nos dentes tratados pelo laser de Nd:YAG isolado ou em combinação com o Er:YAG, a infiltração marginal apical não foi observada, já nos dentes tratados somente pelo laser de Er:YAG observou-se uma pequena infiltração do corante. Sob o microscópio eletrônico de varredura observaram-se, nos dentes dos grupos irradiados pelo laser de Nd:YAG, fusão e ressolidificação da camada dentinária vedando túbulos dentinários, e nos dos grupos tratados pelo laser de Er:YAG observou-se uma superfície limpa de detritos, com túbulos abertos, e, finalmente, nos grupos irradiados pela combinação dos dois lasers, verificou-se uma camada do material fundido cobrindo alguns túbulos dentinários. A avaliação do perfil térmico durante a irradiação pela câmera termográfica mostrou que o aumento da temperatura não foi superior a 6° C. Este trabalho determinou as condições de irradiação para a utilização segura e eficiente dos lasers de Nd:YAG e do Er:YAG, tanto isoladamente como em associação de ambos no tratamento de canal, de forma a não causar injúrias térmicas ao tecido periodontal.

**EVALUATION IN VITRO OF EFFECTS OF ER:YAG AND Nd:YAG LASERS
IRRADIATION ON ROOT CANAL WALL,
BY STEREOSCOPY, SCANNING ELECTRON MICROGRAPHY AND THERMOGRAPHIC CAMERA**

CLÁUDIA GOYA

"ABSTRACT"

This study was carried out to evaluate *in vitro* the effects of Nd:YAG laser and Er:YAG laser irradiation in the root canal wall by SEM, evaluating the apical leakage and the temperature changes during the laser irradiation.

Seventy four extracted human teeth were used, they were instrumented and divided into seven groups of 10 teeth each. The teeth were evaluated through stereoscopy, by SEM, and with the thermographic camera. The Nd:YAG laser irradiation parameters were 100mJ/p, 15Hz, and Er:YAG laser were 160mJ/p and 10Hz, the irradiation was 4 times at 2 mm/sec speed, with 20 sec interval. The apical leakage wasn't observed in the teeth irradiated by Nd:YAG laser alone or in association with Er:YAG laser. However in the teeth irradiated only by the Er:YAG laser we observed a little leakage. By SEM observation the Nd:YAG laser irradiation showed melting and recrystalization in the dentin surface closing dentinal tubules, and in the samples irradiated by Er:YAG laser a clean surface, opened dentinal tubules, and the combination by two lasers, showed melting covering some dentinal tubules. The thermographic study found the temperature increase was not more than 6°C. This study showed the safety parameters applications of Er:YAG laser in association with Nd:YAG laser in root canal treatment, in order to not cause thermal damages to the periodontal tissues.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1. Introdução	1
2. Objetivos	4
3. Revisão da literatura	5
3.1 – Alteração morfológica dentinária.....	5
3.2 – Infiltração apical.....	12
3.3 – Redução bacteriana intracanal.....	20
3.4– Mudanças termográficas.....	23
4. Material e métodos	25
4.1 – Preparo dos dentes.....	25
4.2 – Sistemas laser.....	26
4.3– Técnicas de irradiação utilizados.....	27
4.4– Análise morfológica pela microscopia eletrônica de varredura.....	28
4.5– Infiltração apical.....	28
4.6 – Avaliação da temperatura.....	29
5. Resultados	30
5.1– Infiltração apical.....	30
5.2– Observação pela MEV.....	33
5.3– Distribuição da temperatura.....	33
6. Discussão	36
7. Conclusões	43
APÊNDICE.....	44
ANEXO.....	54
Referências Bibliográficas	55

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Figura ilustrativa da irradiação do laser pela técnica helicoidal, fibra dentro do canal radicular com movimento circular de ápice à coronal.....44
- Figura 2 - Figura ilustrativa da irradiação do laser pela técnica vertical, fibra dentro do canal radicular com movimento retilíneo de ápice à coronal.....44
- Figura 3 - grupo-controle, sem irradiação, infiltração apical de 1,5mm.....45
- Figura 4 - grupo tratado pelo laser de Er:YAG, infiltração apical a 0,7m.....45
- Figura 5 - grupo tratado pelo laser de Nd:YAG, não houve infiltração do corante46
- Figura 6- grupo tratado pelos lasers de Er:YAG e Nd:YAG, sem infiltração marginal, observa-se vedamento do canal acessório.....46
- Figura 7 - Observação pela MEV do grupo-controle, verifica-se a presença de camada de esfregaço cobrindo túbulos dentinários.....47
- Figura 8 - Observação pela MEV, alteração estrutural da parede do canal radicular tratado pelo laser de Er:YAG, superfície irregular e rugosa.....47
- Figura 9 - Aumento da superfície ablacionada pelo laser de Er:YAG, verificar ausência de camada de esfregaço e túbulos dentinários abertos.....48
- Figura 10 - Observação pela MEV do grupo irradiado pelo laser de Nd:YAG, observar formação da camada de fusão.....48
- Figura 11 - Presença de glóbulos em virtude da irradiação do laser de Nd:YAG, fusão e ressolidificação da dentina.....49
- Figura 12 - Observação pela MEV do grupo irradiado pelo laser de Er:YAG e Nd:YAG, verificar formação da camada de fusão cobrindo alguns túbulos dentinários.....49
- Figura 13 - Fotos da câmera termográfica do dente irradiado pelo laser de Nd:YAG, na técnica helicoidal. Verificar a elevação da máxima temperatura de 6° C, na região apical durante a irradiação (fotoc).....50

- Figura 14 - Fotos da câmera termográfica do dente irradiado pelo laser de Nd:YAG, na técnica vertical. Observar a máxima elevação de 5° C, no terço médio da raiz (fotoc).....51
- Figura 15 - Fotos da câmera termográfica do dente irradiado pelo laser de Er:YAG, na técnica helicoidal. Verificar a máxima elevação da temperatura no terço apical de 5° C (foto c).....52
- Figura 16 - Fotos da câmera termográfica do dente irradiado pelo laser de Er:YAG, na técnica vertical. Observar o maior aumento da temperatura em alguns pontos externos do terço médio a 4° C (fotoc).....53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Divisão dos 74 quatro dentes, para avaliação da infiltração marginal apical, alteração morfológica na parede dentinária e temperatura na superfície externa do dente.....	25
Tabela 2 - Medida da infiltração apical.....	30
Tabela 3 - Comparação entre as amostras, que relacionam os valores da penetração do corante, realizadas através do teste estatístico de Kruskal-Wallis.....	31
Tabela 4 – Resultado do teste estatístico de Kruskal-Wallis aplicado aos valores das porcentagens de penetração do corante, encontrados nos terços radiculares.....	32
Tabela 5 - Aumento da temperatura nos dentes irradiados pelos lasers de Er:YAG e Nd:YAG.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ag(NH₃)₂F : fluoreto de prata – amônia

CT : comprimento de trabalho

Er:YAG : érbio: ítrio – alumínio - granada

FOUSP : Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Ga-Al-As : arseneto de gálio – alumínio

° C : graus Celsius

Ho:YAG : hólmio: ítrio – alumínio - granada

Hz : hertz

IPEN : Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

Kw : quillowatz

MEV : microscopia eletrônica de varredura

mJ : milijoule

mm : milímetro

mm/s : milímetro por segundo

N° - número

Nd:YAG : laser de neodímio: ítrio - alumínio -granada

NaOCl : hipoclorito de sódio a 1%

nm : nanômetro

µm : micrômetro

s : segundo

vs : versus

W : watt

µs : microssegundo

1. INTRODUÇÃO

A odontologia passou por um grande avanço nos últimos tempos. No passado com frequência os dentes eram extraídos em virtude da falta de recursos e de dificuldades de tratamento na época. Atualmente busca-se cada vez mais a preservação dos dentes na cavidade bucal. Isso é possível graças aos avanços tecnológicos e científicos, sendo a endodontia a grande responsável, pois apresenta uma ótima alternativa ao elemento dental, por meio do tratamento dos canais radiculares, possibilitando devolver a capacidade funcional e estética ao dente. Para isso se tem buscado incessantemente avaliar de forma correta todas as fases no tratamento endodôntico, e, em especial, a fase final da obturação para que o selamento marginal seja perfeito, impedindo que bactérias, seus produtos e exsudatos passem ao interior do canal endodôntico e desse para os tecidos periapicais, o que comprometeria o sucesso do tratamento.

A história da endodontia demonstra que os pesquisadores têm buscado materiais de melhor qualidade e técnicas menos dispendiosas que permitam a realização do tratamento endodôntico e com resultados mais satisfatórios. E o laser é um dos avanços que se destaca não só na medicina, como também hoje na odontologia.

Desde o laser de rubi desenvolvido por Maiman (1960), os pesquisadores têm pesquisado o uso do laser na odontologia. O laser é um mecanismo que transforma a luz de várias frequências numa irradiação cromática do espectro visível, infravermelho e ultravioleta, com todos os comprimentos de onda em fase, capazes de incidir um imenso calor e energia quando focalizado em determinada área.

Stern & Sognaes (1964) e Goldman et al. (1964) foram os primeiros a investigar o potencial do laser de rubi na odontologia. Iniciaram seus estudos no tecido duro dental investigando a possibilidade de uso do laser de rubi para redução da desmineralização da subsuperfície. Além disso, constataram uma redução na permeabilidade, à desmineralização ácida, do esmalte após a irradiação com o laser.

Após os experimentos iniciais com o laser de rubi, os clínicos iniciaram o uso de outros lasers, como o argônio, dióxido de carbono, Nd:YAG, e Er:YAG. O

primeiro laser a ser usado na endodontia foi relatado por Weichman & Johnson (1971) que desejaram selar o forame apical *in vitro* com o uso do laser de CO₂. Embora seu objetivo não tenha sido alcançado, os dados foram suficientemente relevantes e interessantes para encorajar outros estudos. Desde então, muitos trabalhos da aplicação dos lasers tem sido publicados (Pick et al., 1993, Widgor et al., 1993,1995), com um interessante crescimento desse tópico nos últimos cinco anos.

Há inúmeros estudos (Zakariassen et al., 1985, Saunders et al., 1995, Carvalho 1999, Goya et al., 2000, Silva 2000 e Gekelman 2000) sobre os materiais e as técnicas de obturação no intuito de obter o selamento na região apical dos dentes, e mais especificamente estudos com a utilização dos lasers na endodontia. Graças ao aparecimento da fibra óptica a luz laser pode ser transmitida ao canal radicular como no caso do laser de neodímio, e também o laser de érbio. Em virtude de suas particularidades de redução bacteriana e vaporização do material residual no interior dos canais, sua utilização clínica está sendo muito promissora como coadjuvante no tratamento endodôntico.

A irradiação com o laser de Nd:YAG na parede do canal radicular provoca uma alteração morfológica de derretimento e ressolidificação de toda a camada dentinária, até mesmo da camada de esfregaço, formando pequenos glóbulos que cobrem os túbulos dentinários, representando assim fator condicionante ao isolamento do canal com o material obturador (Dederich et al., 1984).

A modificação morfológica causada pelo laser de Er:YAG na parede do canal está determinada pela vaporização do material residual e pela abertura dos túbulos dentinários, evidenciando um aumento na permeabilidade dentinária após obturação do canal radicular, embora o processo de redução bacteriana seja efetivo em razão de sua alta temperatura (Takeda et al., 1998b).

A raiz do dente está em contato com o osso alveolar pela membrana e pelo ligamento periodontal. Durante o uso do laser intracanal, os danos térmicos ao tecido periodontal é preocupante. Muitos estudos sobre a investigação dos efeitos térmicos na polpa têm sido publicados, porém poucos, quanto aos efeitos dos tecidos perirradiculares do dente. Muitos autores têm se esforçado para encontrar um limite seguro que permita o uso dos lasers sem causar danos térmicos ao tecido periodontal. Ericksson & Albretsson (1983) constataram que o limiar da

sobrevida do tecido ósseo alveolar é de 47° C, ou seja, 10° C de aumento durante um minuto. Um aquecimento superior a 60° C resulta numa suspensão permanente do fluxo sanguíneo e, portanto, na necrose do tecido ósseo.

Por fim, diante das numerosas características dos lasers, concernentes à finalização do preparo do canal radicular, vale ressaltar o estudo da modificação morfológica da parede intrarradicular após a irradiação dos lasers de Nd:YAG e de Er:YAG, isoladamente e em associação, além da infiltração marginal apical assim como o monitoramento da mudança da temperatura na superfície externa da raiz.

2. OBJETIVOS

De acordo com o tipo de laser, seja o Nd:YAG ou o Er:YAG, utilizado no canal radicular, isoladamente ou na associação de ambos, diferenciando seu emprego em relação à técnica helicoidal ou vertical, os objetivos são:

- Através da MEV, verificar alteração morfológica na parede do canal radicular após a irradiação com o laser.
- Avaliar a infiltração marginal apical após a obturação dos dentes irradiados.
- Determinar as variações da temperatura na superfície externa radicular mediante monitoração com câmera termográfica durante a irradiação dos lasers intracanal.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Esta revisão apresenta a revisão da literatura com os lasers de Nd:YAG e Er:YAG irradiando-se paredes intracanaís, e a posterior avaliação quanto à sua ação sobre os tecidos dentários, a remoção de debris, a camada de esfregaço, a redução bacteriana, a infiltração apical, e ainda a avaliação termográfica na superfície externa dos dentes irradiados com laser intracanal.

3.1. Alteração morfológica dentinária

Dederich et al., (1984) buscaram quantificar os parâmetros necessários para que o laser de Nd:YAG fosse capaz de promover a fusão das paredes dentinárias dos canais radiculares. Para isso, utilizaram 18 dentes que foram seccionados e divididos em áreas circulares, coradas por tinta da Índia. Os espécimes foram irradiados por laser de Nd:YAG, variando entre 5 a 90W e 0,1 a 1,0s. Com o uso da MEV, verificaram as rachaduras causadas pelo calor e a quantidade de fusão dentinária, concluindo que tanto a potência quanto a duração de pulso, quando consideradas individualmente, influenciaram no aparecimento de rachaduras causadas pelo calor e, quando consideradas associadas, apresentaram resultados mais significantes do que individualmente.

Zakariasen et al., (1985) avaliaram a capacidade do laser de Nd:YAG em promover a fusão da parede dentinária do canal radicular. Para isso, utilizaram oito primeiros e segundos molares inferiores humanos extraídos, que foram instrumentados até a lima 25. A dentina apical e a circundante foram pintadas com uma tinta de cor preta para melhorar a absorção do laser. Foi utilizado um laser de Nd:YAG com níveis de potência de 25, 37 e 50W e fibra óptica de 600µm de diâmetro, a 3mm da dentina apical, com um tempo de aplicação de 0,5 segundo ou menos. Após a avaliação dos espécimes pela MEV, eles constataram que ocorreu uma fusão e ressolidificação tanto da dentina apical quanto da dentina circundante em uma massa contínua onde o grau de fusão variava de mínimo a completo. Observaram também a presença de vazios e trincas em

alguns espécimes, sendo portanto necessário mais estudos para determinar parâmetros de exposição capazes de promover a fusão da dentina sem produzir vazios, trincas e produção de calor na dentina.

Goodis et al., (1992) estudaram *in vitro* o laser de Nd:YAG quanto à sua utilização como um meio alternativo para a preparação dos canais radiculares. Para isso, utilizaram 60 dentes unirradiculares humanos, divididos em dois grupos. Um grupo foi preparado pelo método convencional, utilizando-se brocas e limas, e no outro grupo foi realizado um preparo combinado de instrumentos manuais e irradiação por laser através de uma fibra de contato de quartzo com 100, 200 e 320 μ m. Os dentes foram avaliados por MEV, em que se levou em consideração a limpeza conseguida pelo uso dos dois sistemas. Os resultados demonstraram que os dentes tratados convencionalmente apresentaram um aumento no espaço do canal de 37% (sentido vestibulo-lingual) e 53% (sentido méso-distal), quando comparados com as medidas iniciais conseguidas por radiografias e imagens previamente realizadas. Foi evidenciada também a presença de camada de esfregaço e de tecidos remanescentes. Quanto ao grupo combinado de instrumentação manual e laser, o aumento nas dimensões foi de 41% (sentido vestibulo-lingual) e 34% (sentido méso-distal) demonstrando ainda a ausência de camada de esfregaço e de tecidos remanescentes. Eles concluíram portanto que ambos os métodos conseguiram dar uma forma adequada aos canais radiculares.

Pagdhiwala et al., (1993) estudou a capacidade de corte de tecidos duros pelo laser de Er:YAG sem causar danos às estruturas adjacentes. Para isso, utilizou 13 dentes unirradiculares tratados endodonticamente e, em seguida, procedeu-se à ressecção de 12 dentes com uso de irradiação por laser Er:YAG, pulsado de 2,94 μ m, com energia em torno de 50 a 90mJ/pulso, com taxa de repetição de 6Hz. Um dente foi usado como controle, e foi realizada a ressecção com broca de alta rotação e com *spray* de ar-água. Após a ressecção dos dentes, estes foram analisados pela MEV, concluindo assim que, nos espécimes que receberam irrigação, a superfície da raiz seccionada apresentava-se limpa, polida, o que indica que o laser de Er:YAG tem potencial para ser utilizado em procedimentos periapicais endodônticos. Os melhores resultados foram obtidos com nível de energia de 70mJ/pulso. Uma avaliação por microscópio óptico

revelou um aspecto superficial granular e irregular nas amostras que permaneceram secas durante a irradiação pelo laser.

Saunders et al., (1995), em seu estudo experimental com o laser de Nd:YAG pulsado nos valores de potência média de 0,75W a 1,7W, a 15Hz, desejaram verificar a capacidade de remover debris da parede do canal preparado bem como, remover tecido pulpar de canais não preparados e criar uma dentina apical fusionada de dentina e hidroxiapatita. Eles utilizaram 60 raízes, divididas em grupos. Um deles, como grupo-controle, os outros dentes foram irradiados durante 60 segundos nos diferentes níveis de potência: 1W, 1,25W, 1,5W e 1,7W, a 15Hz. A fibra tocava a parede, do ápice à coroa, com movimentos lineares, num total de 60 segundos. Os resultados mostram que a limpeza do canal não aumentou pela aplicação do laser, assim como não foi possível criar uma dentina apical fusionada.

Lage Marques et al., (1995), em estudo preliminar no Japão, realizaram o estudo das mudanças morfológicas nas paredes dos canais radiculares com o laser de Nd:YAG pulsado. Eles utilizaram 24 raízes unirradiculares, irradiadas no ápice e na parede do canal, divididas em grupos:

	Ápice	Intracanal
G1	1W, 20Hz, 10s	1,0W, 20Hz, 10s
G2	2,25W, 20Hz, 10s	1,0W, 20Hz, 20s
G3	3,0W, 20Hz, 10s	2,25W, 20Hz, 20s

Em quase todos os casos houve carbonização observada pela MEV. Resultados no ápice: as alterações morfológicas tiveram presença de áreas derretidas e ressolidificadas, com aspecto de crateras e sem a presença de camada de esfregaço. Em virtude do acréscimo de energia, perceberam que essas características eram mais fortemente observadas. Resultados intracanal: em alguns casos a 1,0W, 20Hz, 20 segundos, muitos debris e a camada de esfregaço foram evaporados. No caso de 2,25W, 20Hz e 20 segundos, praticamente não se observou a presença de debris, com a superfície fusionada e ressolidificada, bem como constatou-se a ausência de camada de esfregaço e túbulos dentinários fechados.

De acordo com os resultados, os autores chegaram à seguinte conclusão: se o laser de Nd:YAG for usado na condição de 1,0W, 20Hz e 10 segundos na dentina apical, e na condição de 2,25W, 20Hz e 20 segundos na parede do canal, os debrís e a camada de esfregaço serão removidos e os túbulos dentinários serão fusionados e fechados.

Anic et al., (1996), estudaram as mudanças térmicas, morfológicas e de permeabilidade nas paredes dentinárias de canais, induzidas pelos lasers argônio, CO₂ e Nd:YAG. A avaliação foi realizada de acordo com a presença ou ausência de camada de esfregaço. Houve diferenças estatisticamente significativas na permeabilidade, entre os grupos irradiados com e sem camada de esfregaço no terço cervical do canal radicular. No terço médio, nos grupos com camada de esfregaço os três tipos de lasers induziram a aumento de permeabilidade. No terço apical, foi observada diminuição, estatisticamente significativa, da permeabilidade entre o laser CO₂ e o de Nd:YAG, em comparação ao grupo-controle. A temperatura variou entre 10,1° C (laser de CO₂) e 54,8 ° C (laser de argônio). Os autores concluíram que os três lasers são capazes de produzir superfície vitrificada e presença de crateras.

Harashima et al., (1997) avaliaram a eficácia do laser de Nd:YAG intracanal na remoção de debrís e camada de esfregaço. Eles utilizaram 36 raízes de incisivos instrumentados e divididos em três grupos:

G1- controle

G2-irradiados pelo laser de Nd:YAG a 1W, 20Hz, sendo 2 segundos na porção apical e quatro aplicações de 10 segundos na parede, do canal de ápice à coroa.

G3 - mesmo procedimento do grupo 2, sendo os parâmetros 2W, 20Hz.

Os resultados mostraram depósito de camada de esfregaço na parede do canal cobrindo os orifícios dos túbulos dentinários, porém no grupo 3 verificou-se uma superfície limpa, sem debrís e camada de esfregaço vaporizado, fusionada e ressolidificada em muitos casos.

Takeda et al., (1998) observaram as mudanças morfológicas na parede do canal radicular após instrumentação e irrigação, e a eficácia da limpeza convencional e a efetividade do laser de Er:YAG na remoção de debrís e camada

de esfregaço da parede do canal radicular. Os dentes foram assim divididos:

G1 - grupo-controle sem irradiação

G2- os dentes foram irradiados pelo laser de Er:YAG a 1W, 100mJ, durante 3 segundos, na região apical e mais 3 segundos no terço médio, sendo constantemente refrigerados com jato de *spray* de água e ar.

G3- os dentes foram irradiados pelo mesmo método do grupo 2, sendo o tempo de 5 segundos.

Os resultados mostraram que a irradiação do laser nas paredes fez com que estas permanecessem limpas, sem a presença de debris e de camada de esfregaço, ou seja, com os túbulos dentinários abertos. Os autores concluíram que o tempo de 3 segundos foi bastante reduzido para obter os resultados efetivos, e o de 5 segundos foi ideal, porém, em alguns casos, houve uma remoção excessiva de dentina.

Zhang et al., (1998) estudaram, *in vitro*, a irradiação do laser de Nd:YAG na parede do canal radicular de diferentes iniciadores. Os dentes foram divididos em quatro grupos:

G1- serviu de controle sem irradiação

G2- os dentes receberam quatro aplicações de 10 segundos

G3- os canais foram pintados com tinta preta e irradiados como os do grupo 2.

G4- os canais foram tratados com $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{F}_3$ e irradiados como os do grupo 2.

O laser utilizado foi um Nd:YAG pulsado a 2W, 20Hz, e duração de pulso de 150 μs . As superfícies irradiadas com tinta preta ou $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{F}_3$ revelaram fusão e ressolidificação, evaporação da camada de esfregaço e túbulos dentinários abertos. A tinta preta mostrou-se mais eficiente do que 38% $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{F}_3$, indicando um ativador ao laser de Nd:YAG. Os autores concluíram que usando-se uma potência de 2W, sem o agente iniciador, a energia absorvida pela dentina não é suficiente para evaporar ou ressolidificar a camada de

esfregação e a dentina. Após a aplicação da tinta preta a energia recebida foi suficiente para ressolidificar e evaporar os componentes orgânicos.

Tanji et al., (1998) analisaram as alterações na superfície dentinária de canais radiculares irradiados pelos lasers de Er:YAG e de Nd:YAG. Os canais foram instrumentados e, em seguida, secos com cones de papel e divididos em três grupos de dez dentes cada.

G1-irradiação pelo laser de Er:YAG a 54mJ, 15 Hz, com movimentos helicoidais do ápice à cervical, durante 10 segundos, com quatro repetições.

G2-irradiação pelo laser de Nd:YAG, a 100mJ e 15Hz, usando-se o mesmo método do G1

G3-irradiação pelo laser de Er:YAG, como o grupo 1, e subseqüentemente pelo laser de Nd:YAG como no grupo 2. Na MEV eles constataram que os túbulos dentinários apresentavam-se abertos, em virtude do processo de ablação quando utilizado o laser de Er:YAG. Nos espécimes irradiados com o laser de Nd:YAG foi evidenciada a presença de fusão e ressolidificação da dentina com obliteração de alguns túbulos dentinários. Para o grupo 3, foi notada a obliteração de alguns túbulos dentinários.

Jitosho et al., (1998) variando a fluência entre 2,2 e 2,0J/cm², bem como a duração da irradiação entre 30 e 60 segundos, e ainda a densidade energética entre 60, 120 e 66J/cm², aplicaram laser de Nd:YAG, sob freqüência constante de 10Hz, em três grupos experimentais:

G1 – preparo químico cirúrgico até a lima N° 45.

G2 – apenas esvaziamento do canal com limas N°10 e N°15.

G3 – canais sem instrumentação.

Observaram, pela MEV, efeitos tais como a remoção parcial ou total da camada de esfregação e alterações estruturais da dentina nos grupos cujo canal sofreu tratamento; eles constataram ausência de alterações no grupo no qual os canais não receberam quaisquer intervenções endodônticas, e relacionaram estes resultados às variações do protocolo da irradiação.

Matsuoka et al., (1998), em sua pesquisa na avaliação de limpeza

intra canal com o laser de Er:YAG, utilizaram um fibra microscópica para verificar o remanescente dentinário na parede do canal radicular. E, para isso, foram utilizadas 80 raízes unirradiculares humanas divididas em quatro grupos.

G1-50mJ, 1W , 20Hz, por 5 segundos no ápice e quatro aplicações de 10 segundos, percorrendo o canal do ápice à coroa

G2-100mJ, 2W, 20Hz, por 3 segundos no ápice e mais quatro aplicações de 5 segundos.

G3-150mJ, 3W, 20Hz, por 1 segundo e mais quatro aplicações de 2 segundos.

G4-controle.

Os resultados foram estes:

G1-remanescente dentinário cobrindo a região apical.

G2-presença de debris na parede do canal radicular.

G3-pouca quantidade de debris no ápice.

G4-remanescente parcial de debris na parede do canal.

Os resultados da verificação do remanescente dentinário pela fibra microscópica coincidiram com os resultados obtidos pelo microscópio eletrônico de varredura. Neste estudo, o debris intra canal foi evaporado sem que se alterasse a parede do canal, sugerindo ser efetiva a utilização do laser de Er:YAG intra canal na remoção de debris da região apical e a fibra microscópica, viável na avaliação do remanescente dentário próximo a região apical em dentes intactos.

Matsuoka et al., (2000) realizaram um estudo com o laser de Er:YAG, para avaliar morfológicamente a capacidade do laser em preparo do canal radicular. Foram usados dois parâmetros:

G1-2Hz, 400mJ/pulso, tempo de 60 a 120 segundos;

G2-2Hz, 500mJ/pulso, tempo de 30 a 75 segundos.

Os autores concluíram que o laser de Er:YAG é capaz de realizar preparos intracanaís se os parâmetros forem apropriados, sendo os parâmetros do G1 ideais para os preparados da área apical, e os do G2, para o preparo do canal, exceto na área apical.

3.2 . Infiltração apical

Goodis et al., (1992), estudaram os efeitos do laser de Nd:YAG sobre a permeabilidade dentinária. Eles utilizaram para essa pesquisa 150 terceiros molares recém-extraídos que tiveram a sua permeabilidade dentinária aferida antes de ser realizada a aplicação do laser, usando-se o soro do feto de bezerro num aparelho capaz de simular o fluxo do fluido dentinário. O laser de Nd:YAG usado possuía um sistema de entrega por contato, com uma fibra de quartzo de 200 e 320 μ m . A aplicação sobre a dentina seguiu parâmetros de potência média de 0,5 a 1W, freqüência de 10 a 30Hz e energia de 33 a 100mJ/pulsos durante 2 minutos. Após a irradiação pelo laser, foi realizada uma nova aferição da permeabilidade dentinária. Os resultados comprovaram que a diminuição da permeabilidade dentinária não foi estatisticamente significativa. A potência não foi significativa na redução da permeabilidade. Todavia, notou-se que o aumento da freqüência diminuiu a permeabilidade, sendo que 30mJ/p e 30Hz reduziram esta permeabilidade em 60% quando utilizada uma fibra de 320 μ m, e em 35%, com a de 200 μ m.

Stabholz et al, (1992) investigaram os efeitos da irradiação do laser de Nd:YAG sobre a permeabilidade dentinária, seguida de apicectomia e obturação retrógrada. Para isso, eles usaram 70 dentes humanos unirradiculados divididos em seis grupos de 10 dentes cada. Os seis grupos foram divididos em três pares de grupos experimentais e grupos-controles. No primeiro par, grupos A e B, foi realizado o preparo biomecânico até a lima K N° 35 com CT. a 1mm aquém do ápice e irrigação com NaOCl 2,5%. Foram, então, obturados pela técnica da condensação lateral e, em seguida, procedeu-se ao corte do ápice e preparação apical com 2mm de profundidade. No segundo par, grupos C e D, foram realizados os mesmos procedimentos dos grupos A e B, entretanto sem preparação dos canais radiculares, somente a preparação para a obturação retrógrada. A aplicação do laser de Nd:YAG foi realizada nos grupos B, D e F, e nas superfícies internas dos grupos B e F ela foi realizada em dois estágios: no primeiro, potência de 3W, freqüência de 20Hz e energia de 150mJ/p; no segundo, a 1,9W, 20Hz e 95mJ/pulsos. Após a obturação com amálgama dos grupos A, B e F, os espécimes foram colocados no corante azul de metileno a 0,5%, e foi avaliada a penetração do corante por uma câmera paralelamente montada em

microscópio cirúrgico. O resultado comprovou que a quantidade de penetração do corante foi significativamente menor nas raízes irradiadas pelo laser, em comparação com os não irradiados. Concluiu-se portanto, que o laser de Nd:YAG reduz a permeabilidade em raízes resseccionadas.

Miserendino et al., (1995) estudaram os efeitos do Nd:YAG na permeabilidade da parede do canal radicular. Os dentes foram divididos em:

G1 – grupo-controle

G2 –os espécimes receberam três aplicações de 15 segundos, num total de 45 segundos.

Os parâmetros utilizados foram 5W, 50 Hz, sob refrigeração a spray. Os dentes foram colocados em solução de azul de metileno a 2% durante 24 horas. A combinação destas avaliações revelou um selamento dos túbulos dentinários por um material vítreo. Em um dos espécimes, um canal lateral foi parcialmente obliterado. Os autores concluíram que a permeabilidade dos dentes tratados com laser foi menor que a dos dentes não irradiados.

Gutknecht et al., (1996) avaliaram clinicamente 517 dentes portadores de alterações periapicais observadas ao exame radiográfico, nos quais se realizou o tratamento endodôntico, tendo as paredes dos condutos recebido, após o preparo dos canais, a irradiação de laser de Nd:YAG com 1,5W e 15 Hz, com movimentos circulares, do ápice à coronal, repetidos cerca de três a quatro vezes, não ultrapassando um tempo máximo de 45 segundos.

Em 1996, Gouw Soares et al., realizaram um estudo *in vitro* para avaliar, pela MEV, os efeitos da irradiação a laser de Er:YAG sobre a estrutura morfológica da dentina superficial apical, bem como para medir por microscopia óptica a quantidade de penetração de corante azul de metileno. Para isso, foram utilizados três grupos de dez espécimes cada:

G1- dentes irradiados a 250mJ, 6 Hz e 56,50 J/cm²

G2 - dentes irradiados a 400mJ, 6 Hz e 35,31 J/cm²

G3 - dentes cortados com brocas montadas em peça de mão de alta velocidade.

Após a apicectomia das raízes em 3mm aquém do ápice e perpendicular ao longo eixo, os espécimes foram impermeabilizados e mergulhados em solução de azul de metileno a 0,5% numa temperatura de 36°C durante 68 horas. Os dentes foram seccionados em quatro partes de 1mm de espessura, de apical para cervical, e a infiltração do corante foi medida de acordo com as áreas manchadas. Eles verificaram que as penetrações menores ocorreram no grupo 1, em comparação ao grupo 2. A MEV revelou um corte limpo na superfície, exposição dos túbulos dentinários, ausência da camada de esfregaço, ausência de danos morfológicos, bem como de fendas, fusão ou carbonização.

Komori et al., (1997b) realizaram um trabalho para verificar a aplicação clínica do laser sobre os tecidos duros dentários por meio de ressecções radiculares em dentes humanos extraídos. Para isso utilizaram o laser de Er:YAG, com 8Hz e 350mJ/p, e um laser de Ho:YAG com 10Hz e 1mJ/p, sendo que os lasers foram aplicados sob irrigação. Um laser de CO₂, com comprimento de onda contínuo e potência de 10 W (sem irrigação) e uma broca mecânica foram usados em 16 dentes-controle, os quais, foram obturados pela técnica da condensação lateral. Os resultados obtidos pela MEV foram:

Do laser de Er:YAG :

- não promoveu o aparecimento de sinais de derretimento na área cirúrgica;
- a abertura de túbulos dentinários era parcialmente visível;
- a completa obturação do canal foi mantida.

Do laser de Ho:YAG:

- promoveu o aparecimento de muitas fendas e espaços vazios entre a guta percha e as paredes do canal radicular;
- uma área de derretimento foi observada numa intensidade maior;
- alguns túbulos dentinários estavam obturados pelo derretimento, mas a maior parte deles apresentava-se aberta.

A broca permitiu um acúmulo da camada de esfregaço e lascas de dentina, assim como de espaços vazios entre a guta percha e as paredes do canal radicular.

A microscopia óptica revelou para o laser de Er:YAG uma limpeza da superfície e a ausência de destruição por alterações térmicas, a obturação do

canal foi mantida, e o laser de Ho:YAG apresentou descoloração, fendas e espaços vazios entre a guta percha e as paredes do canal radicular.

Inamoto et al., (1998) avaliaram o efeito do laser de Nd:YAG intracanal na lesão apical de dentes de rato, irradiados a 150mJ, 10Hz por 5 segundos com movimentos de sobe-e-desce do ápice à coroa. Os animais foram sacrificados respectivamente, 3, 7, 14, 21 e 35 dias em seguida. A observação histológica aos 14 dias mostrou uma redução no número de osteoclastos, menor reabsorção óssea e um aumento na formação óssea comparada com o grupo controle (3 dias). Eles concluíram portanto que os bons resultados com o laser de Nd:YAG são efetivos no tratamento endodôntico.

Koba et al., (1998) investigaram histopatologicamente, em cães, os efeitos da radiação laser de Nd:YAG pulsado, durante o tratamento de canal radicular de dentes infectados. A irradiação foi feita de duas formas: de 1W, 30Hz por 1s, 2s e 3s; e 2W, 30Hz, por 1s e 2s; e foram controlados por 2, 4 e 8 semanas. Como resultado, obteve-se a efetiva remoção de debris em todos os casos dos grupos tratados com laser. Não houve vaporização, exceto nas condições de 2W por 2 segundos. A inflamação da região periapical nos grupos irradiados foi similar à do grupo-controle, de duas semanas, mas foi menor do que no grupo-controle, de oito semanas. Esses resultados sugerem que o laser de Nd:YAG pulsado é útil nos tratamentos de canais realizados numa sessão de dentes de cães infectados; se forem selecionados os parâmetros apropriados, esta é uma terapia potencial em lesões apicais de dentes humanos.

Koba et al., (1999) estudaram, *in vivo*, os sintomas pós-operatórios e a cicatrização após o tratamento endodôntico de dentes infeccionados usando o laser pulsado de Nd:YAG. Quarenta e quatro dentes em 38 pacientes, diagnosticadas como periodontite apical crônica, foram tratados endodonticamente. Vinte e dois dentes foram irradiados pelo laser a 1W, 15Hz durante 1 segundo, e em seguida obturados. A ocorrência de dor espontânea foi observada um dia após o tratamento. A dor em relação à percussão foi significativamente menor no grupo tratado com laser, comparando-se ao grupo-controle. Os resultados sugerem que a aplicação clínica do laser de Nd:YAG pulsado é vantajosa para o tratamento de uma sessão de canais radiculares,

imediatamente após a pulpectomia e a instrumentação, e para reduzir a dor pós-operatória.

Cussioli et al., (1999) estudaram a permeabilidade dentinária das paredes dos canais radiculares após o tratamento endodôntico e a aplicação do laser de Er:YAG a 15Hz, 140mJ, energia total de 42J e 300 pulsos. Para isso, utilizaram 25 incisivos superiores extraídos que foram divididos em cinco grupos:

G1 – irrigante: água destilada deionizada.

G2 – irrigante: hipoclorito de sódio a 1%.

G3 – água destilada deionizada e laser.

G4 – hipoclorito de sódio e laser.

G5 - somente laser.

Foi usada uma solução de sulfato de cobre a 2% para evidenciar a permeabilidade dentinária; a penetração de íons cobre no interior dos túbulos dentinários foi detectada pelo ácido rubiânico a 1%. Os resultados demonstraram que o uso de água mais laser de Er:YAG promoveu o maior aumento da permeabilidade dentinária, os grupos 5, 4 e 2 demonstraram uma capacidade intermediária de aumento da permeabilidade dentinária, enquanto a água promoveu uma menor permeabilidade dentinária.

Carvalho (1999) realizou um estudo aplicando-se os lasers de Nd:YAG e Er:YAG intracanal para verificação da infiltração marginal apical. Os dentes foram divididos em três grupos:

G1 – EDTA agitado por 3 minutos no interior do canal.

G2 – canal seco e irradiado pelo laser de Nd:YAG a 100mJ, 15Hz, 1,5W.

G3 – canal seco e irradiado pelo laser de Er:YAG a 120mJ, 10Hz, 1,2W.

Utilizou-se a técnica helicoidal em toda a extensão do canal, repetindo-se por 4 vezes e após obturado. Os dentes foram imersos em solução aquosa de azul de metileno a 2%. Os valores médios da infiltração em cada grupo foram divididos em três grupos; G1: 1,6mm, G2: 0,6mm e G3: 7,3mm.

A maior infiltração linear do corante ocorreu no grupo em que foi utilizado o

laser de Er:YAG; entre os grupos 1 e 2 não houve diferença estatisticamente significativa.

Kimura et al.,(1999) compararam os efeitos de três diferentes tipos de lasers na região apical e a infiltração apical após a obturação dos dentes. Escolheram 75 dentes humanos extraídos unirradiculares, divididos em cinco grupos e instrumentados até a lima N° 60.

G1 - controle, sem irradiação.

G2 - laser de argônio a 0,3W por 3 segundos na região apical.

G3 - laser de Nd:YAG a 2W e 20Hz por 4 segundos sem tinta preta.

G4 - laser de Nd:YAG com tinta.

G5 – laser de Er:YAG a 50mJ, 4Hz, por 5 segundos.

Os dentes para avaliação da infiltração foram imersos em Rhodamina B por 48 horas a 37° C. Os resultados mostraram a diminuição da infiltração apical dos dentes irradiados pelo laser de Nd:YAG com o auxílio da tinta preta, apresentando paredes limpas, com debris e camada de esfregaço vaporizados, fusionados e ressolidificados em muitos casos. Os autores constataram a efetividade do uso do laser de Nd:YAG para redução da infiltração apical.

Em 2000, GOYA et al. compararam os efeitos estruturais na parede do canal radicular pelo uso do laser de Nd:YAG com e sem a tinta preta, incluindo a remoção da camada de esfregaço e o grau da infiltração apical após a obturação. Escolheram-se os dentes os quais foram divididos em três grupos:

G1- grupo-controle sem laser.

G2- irradiado com laser de Nd:YAG sem tinta preta, nankin.

G3- irradiado com laser de Nd:YAG com tinta preta, nankin.

Os parâmetros usados foram de 2W, 20Hz, com duas aplicações de 2 segundos no ápice da raiz, com intervalos de 30 segundos entre as aplicações. Os resultados mostraram a quase totalidade da camada de esfregaço evaporada nas amostras irradiadas pelo laser, a avaliação da infiltração apical foi maior no grupo 1, e não houve registros de infiltração no grupo 3. Pela avaliação feita ao

microscópio eletrônico de varredura comprovou-se o aparecimento da superfície vitrificada na parede do canal radicular, sugerindo que o uso do laser de Nd:YAG intracanal, com o auxílio da tinta preta, é efetivo na remoção da camada de esfregaço e diminui a infiltração apical após a obturação.

Yokoyama et al., (2000) atestaram um decréscimo da permeabilidade dentinária à impregnação por prata, ao realizarem a irradiação de laser Nd:YAG no canal após seu preparo, quando comparam essa técnica com o método da iontoforese. Além desse achado, notaram também que o laser Nd:YAG propiciava um aumento da dureza "Vicker's" da dentina.

Silva (2000) avaliou a permeabilidade dentinária da dentina radicular, através da infiltração de corante azul de metileno em raízes de dentes humanos unirradiculares, submetidas à irradiação de laser Nd:YAG sob densidade energética de 100mJ/p, potência de 1,5W, frequência de 15Hz, tendo sido esta realizada com movimentos helicoidais no interior do canal, iniciando no terço apical, ascendente em direção à região coronária durante 10 segundos, numa velocidade média de 2mm/s, repetindo-se este procedimento por quatro vezes, com intervalos de 20segundos entre as aplicações. Posteriormente ao preparo do canal, em que se variou o uso do creme de Endo-PTC, neutralizado pelo hipoclorito de sódio a 0,5%, como substância química auxiliar, os dentes foram imersos no corante por 48 horas. Os resultados mostraram que, nos grupos em que se realizou o preparo do canal seguido de irradiação de laser, houve menores taxas de infiltração do corante, quando comparadas aos dos grupos nos quais o laser não foi irradiado.

Gekelman (2000) avaliou *in vitro* os efeitos da irradiação do laser de Nd:YAG no selamento do terço apical dos canais radiculares, quando de seu emprego previamente à obturação, na presença ou não de tampão de pó de dentina (*plug*). Para isso foram utilizados 45 dentes humanos: 15 foram usados para preparar o pó de dentina, e os demais foram instrumentados e divididos em três grupos de dez dentes cada:

G1 - dentes preparados e obturados convencionalmente.

G2 - dentes irradiados pelo laser de Nd:YAG a 100mJ/p, 10Hz, 1W durante 3segundos com 60s de intervalo.

G3 - compactação apical do pó de dentina de 1mm de espessura, o tampão foi irradiado como no G2, e os canais obturados como no G1.

O G2 apresentou menor média de infiltração, seguido pelo G1, e a maior média foi no G3.

Em avaliação pela MEV, observou-se:

G1-túbulos dentinários abertos.

G2-derretimento e ressolidificação da dentina radicular apical e presença de núcleos de ressolidificação.

G3-derretimento e ressolidificação da região superior do tampão de dentina.

Concluiu-se que o uso do Nd:YAG no terço apical sem o tampão de dentina, contribuiu significativamente para melhorar a qualidade ao selamento apical.

Mello (2000) estudou *in vitro* a influência da aplicação do laser de Er:YAG com 200mJ/p, 4Hz, tempo de 40s e 2,25W, após o preparo químico-cirúrgico no selamento marginal apical, determinando o selamento mediante através da penetração do corante azul de metileno na infiltração apical. Os resultados mostraram que estatisticamente não houve diferença entre os dentes submetidos à irradiação laser e os dentes que não receberam este tratamento.

Kimura et al., (a) realizaram um trabalho com preparo intracanal com laser de Er:YAG, avaliando um estudo de infiltração apical, seguido de obturação. Trabalharam com 24 raízes únicas divididas em dois grupos de 12 dentes. Um grupo serviu de controle, e os dentes foram instrumentados convencionalmente até a lima N° 50, o outro grupo foi preparado pelo laser a 2Hz, 170mJ/p a 230mJ/p, com movimentos verticais do ápice a coronal, durante um minuto. Após a obturação, os dentes foram imersos em Rhodamina B por 48horas, a vácuo. Os achados morfológicos mostraram que o contato entre a parede do canal radicular e o material obturador foi hermético em ambos os grupos, mas as paredes dos canais tratados com laser estavam rugosas e irregulares. Os resultados mostraram que o preparo do canal radicular não afeta a infiltração apical após a obturação, comparado-se à infiltração em canais preparados convencionalmente.

3.3 - Redução bacteriana intracanal

Eduardo et al., (1993), relataram um caso clínico de retratamento de canal radicular com lesão apical, no qual foram realizadas aplicações de laser Nd:YAG com a finalidade de obter redução microbiana. Também foi utilizado o laser de baixa intensidade Ga-Al-As vestibularmente na região apical. Eles concluíram que a associação dos lasers de Nd:YAG e Ga-Al-As pode representar um passo à frente no tratamento de complicações endodônticas, com a possibilidade de um melhor prognóstico.

Hardee et al., (1994) inocularam *Bacteroides stearothermophilus* em dentes humanos unirradiculares que tiveram seus canais preparados com água estéril. Foram divididos, então, em grupos experimentais nos quais se testou a eficácia do hipoclorito de sódio a 0,5% em função do tempo; a ação bacteriana do Nd:YAG obedecendo à regulagem de 3W de potência, a 20Hz, sendo utilizado isoladamente, e a associação da presença do hipoclorito ao laser. Eles obtiveram 99% de redução bacteriana nos dentes em que se associou o hipoclorito de sódio à irradiação de laser durante 2 minutos. No que concerne aos efeitos térmicos, observaram uma elevação da temperatura nos espécimes em que o laser foi utilizado e especialmente no grupo em que sua aplicação não foi associada à presença intracanal da substância química; em ambos os casos, os dentes tornaram-se extremamente quentes ao final da irradiação.

Moshonov et al., (1995) avaliaram a eficácia da radiação laser Nd:YAG na desinfecção do sistema de canais radiculares. A radiação laser reduziu significativamente o número de bactérias, enquanto a irrigação com hipoclorito de sódio desinfetou de forma efetiva os canais.

Fegan & Steiman (1995), inoculando *Bacillus sttearothermophilus*, em dentes humanos unirradiculares, após o preparo químico-cirúrgico e esterilização dos canais, observaram o crescimento de colônias bacterianas posterior à reinstrumentação com diversos recursos, tais como água estéril; hipoclorito de sódio a 5,25%; instrumentação ultrassônica associada à água estéril; instrumentação ultrassônica associada ao hipoclorito de sódio; irradiação do laser Nd:YAG a 3W, 20Hz, durante um minuto, tanto associado à água estéril quanto ao hipoclorito de sódio. Obtiveram 100% de inibição do crescimento bacteriano nos grupos em que se utilizou hipoclorito de sódio e menores números de

colônias bacterianas nos grupos submetidos à irradiação laser associado à água, tomados em relação aos grupos sujeitos à instrumentação manual e ultra-sônica com água estéril.

Gutknecht et al., (1996) verificaram *in vitro*, o efeito bactericida do laser de Nd:YAG com 100mJ/p e 15Hz com quatro aplicações de 10 segundos na parede do canal radicular com movimentos helicoidais, do ápice à coroa. Usaram para esse estudo a bactéria *Enterococcus faecalis*, e verificaram que em média 99,91% das bactérias podem ser eliminados do canal, sugerindo o efeito bactericida, portanto este método ser usado clinicamente.

Moritz et al., (1997) trataram canais radiculares infectados com laser Nd:YAG, usando parâmetros e procedimentos padronizados. Após a examinação microbiológica, encontraram o mínimo crescimento de *estreptococos* e *estafilococos*.

Ramskold et al., (1997) estudaram os efeitos térmicos e as propriedades antibacterianas de um laser Nd:YAG, para estabelecer, clinicamente, energias de emissão ao mesmo tempo compatíveis no interior de canais radiculares e na medida necessárias para desinfetá-los. Os resultados indicaram que 3mJ, por 15 segundos, numa frequência de 15Hz, não causam riscos de danos térmicos aos tecidos adjacentes. Quanto à desinfecção, a irradiação de canais radiculares inoculados com bactérias mostrou que duas aplicações nas condições de irradiação acima desinfetaram alguns canais, enquanto quatro repetições desinfetaram quase todos os canais. Portanto, para cada caso, existem dados básicos para calcular a energia apropriada.

Klinke et al., (1997) estudando o efeito bactericida do laser Nd:YAG em fatias de dentina de diferentes espessuras inoculadas com *Streptococcus mutans* e tratadas com irradiação de 1,5W, 15Hz, durante 4 vezes entre 10 e 20s, obtiveram uma eliminação bacteriana deveras significativa: os valores médios chegaram a até 95,7%, sendo aquela reduzida à medida que a fatia de dentina tornava-se mais espessa.

Moritz et al., (1999) compararam a efetividade bacteriana intracanal dos lasers de Nd:YAG, Ho:YAG e Er:YAG inoculando fatias de dentina *Escherichia coli* e *Enterococcus faecalis* e, então, irradiadas pelos lasers. A população bacteriana diminuiu com o uso dos três lasers. Com potência média de 1,5W, os

melhores resultados obtidos foram de 99,64% de redução bacteriana com o laser de Er:YAG, seguido pelo laser de Nd:YAG (99,16%) e pelo laser de Ho:YAG (99,05%).

Jelinková et al., (1999) compararam o efeito na redução bacteriana entre os lasers de Er:YAG e Alexandrita. Os parâmetros de irradiação do laser de Er:YAG foram de 50 a 200mJ, de comprimento de pulso de 200 μ s, e com o laser de Alexandrita foram de 80 a 100mJ, com comprimento de pulso de 70 μ s. Os resultados demonstraram que por causa da absorção da hidroxiapatita e da água contida na dentina, a irradiação do Er:YAG na parede do canal é completamente absorvida. Esta influência direta da radiação pode ser esperada somente na ponta da fibra. Descobriu-se que aquele tecido, o qual não foi diretamente afetado pela radiação laser, não pode ser desinfetado pelo efeito da radiação do Er:YAG. Na segunda parte do experimento o efeito real bactericida pela energia do laser de Er:YAG (300mJ) pode ser observado. E também constatou-se que a irradiação do laser de Alexandrita deixa através do sistema de canal, fendas e espaços ao tecido circundante. Os autores concluíram que ambos os lasers são eficientes na redução bacteriana intracanal.

Aun et al., (1999), irradiando laser Nd:YAG, sob regulagem de 100mJ, 1,5W por 10, 20 e 30s em canais radiculares esterilizados em autoclave e posteriormente inoculados com *Streptococcus sanguis*, observaram, pela da contagem das colônias bacterianas, a presença do microorganismo em todos os grupos experimentais; constatou-se, porém, uma expressiva redução do número de bactérias à medida que aumentava o tempo de exposição ao laser.

Moritz et al., (2000) realizaram um estudo avaliando o efeito específico da irradiação com o laser de Nd:YAG com parâmetros de 1W de potência média a 15Hz, 1,5W a 10Hz, através da dentina em bactérias gram-positivas com respeito a sua estrutura celular. Os resultados mostraram que o teste dos gram-negativos apresentaram imediata injúria estrutural, enquanto o teste dos gram-positivos mostraram necessidade de repetição da irradiação. O exame microbiológico mostrou redução na quantidade de ambos os tipos de bactérias. Concluíram portanto que a estrutura da parede celular é crítica para a sensibilidade individual ao tratamento do laser.

3.4 . Mudanças termográficas

Cecchini et al., (1998) por intermédio da irradiação de laser Er:YAG, sob energia de 40 e 80mJ e frequência constante de 10Hz, em dentes cujo canal foi preparado, observaram um remoção de debris mais efetiva naqueles que sofreram a irradiação e, ademais, constataram grande quantidade de túbulos dentinários abertos na parede do canal, sendo estes efeitos proporcionais à energia emitida. Com relação à temperatura, obtiveram um aumento de 2° a 4° C na dentina remanescente de espessura maior ou igual a 1mm, sendo esta elevação considerada segura para utilização no canal radicular.

Lan et al., (1999) estudaram a elevação da temperatura na superfície radicular durante a irradiação pelo laser de Nd:YAG intracanal. E para isso usaram 90 raízes unirradiculares e irradiadas a 50, 80, 100, 150 e 200mJ/pulso; 20, 25 e 30Hz. Eles concluíram que a elevação da temperatura não excedeu a 10°C, na superfície irradiada pelo laser de Nd:YAG nos parâmetros de 100mJ a 20Hz, 80mJ a 25Hz e 60mJ a 30Hz. Os autores mostraram assim que a elevação da temperatura estava correlacionada com a duração da irradiação laser, e a diminuição do tempo da irradiação é outro método para prevenir o aquecimento na superfície radicular.

Strefezza et al., (2000) monitoraram, com o auxílio de um termopar, a temperatura na superfície radicular externa durante a irradiação intracanal do laser de Nd:YAG. Utilizaram 32 dentes unirradiculares preparados até a lima Nº45, tomando o cuidado de manter a espessura da dentina apical superior a 1mm. Esses espécimes foram divididos em grupos de acordo com os seguintes parâmetros: energias de 60 ou 100mJ/pulso e 10 ou 15Hz. Foram, então, irradiados em quatro períodos de 3s, com intervalos de 20s entre eles, com a fibra óptica em posição estacionária a 1mm do forame apical ou em movimentos helicoidais ápico-cervicais. Eles verificaram que essas condições são seguras e podem ser usadas clinicamente, sem causar danos térmicos biológicos, pois não houve aumentos de temperatura superiores a 10° C.

Bachmann et al., (2000) estudaram as mudanças da temperatura enquanto o laser de Nd:YAG irradiava a parede do canal radicular. Os dentes foram divididos em dois grupos; no primeiro, os dentes foram irradiados com 10Hz e no segundo com 15Hz. A energia foi de 100mJ/p em ambos os grupos. As amostras

foram irradiadas com quatro repetições, com 20s de intervalo entre elas. A cada período a fibra era inicialmente estacionada no forame apical e irradiada por 3 vezes e em seguida seqüencialmente, com irradiação helicoidal pela parede do canal com velocidade aproximada de 1mm/s até a superfície coronária. A temperatura foi monitorada por um termopar posicionado no forame apical. Para a irradiação com 100mJ, 10Hz, a temperatura máxima foi de $3,2 \pm 0,4^{\circ} \text{C}$, e para 100mJ, 15Hz, foi de $4,3 \pm 0,8^{\circ} \text{C}$.

Kimura et al. (2000), com a utilização do laser de Er:YAG e preparos do canal radicular verificaram o efeito termográfico na região periodontal. Usaram 20 raízes humanas unirradiculares divididas em dois grupos de dez dentes. Foram utilizados parâmetros de 2Hz, 136-184mJ e 170-230mJ/pulso. A fibra foi introduzida no orifício do comprimento de trabalho e movida paralelamente à parede do canal radicular com suave movimento vertical durante um minuto, com spray de água. A temperatura na superfície radicular não ultrapassou 6°C na área apical, bem como não se elevou a 3°C na área central. Esse trabalho sugere que o aumento da temperatura quando o laser é utilizado intracanal, é mínimo para o tempo de um minuto.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Preparo dos dentes

O projeto do presente estudo, após seu completo detalhamento, foi apresentado ao Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo e do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, tendo sido aprovado em 22/03/01, parecer N° 27/01 (anexo).

Foram utilizados 74 dentes humanos unirradiculares extraídos nas clínicas da Faculdade de Odontologia da USP, e logo após a extração foram armazenados numa solução de timol a 0,1%, fazendo parte assim do banco de dentes da disciplina de dentística da faculdade.

Os dentes foram seccionados na junção cimento-esmalte por discos de carburundum. O canal radicular foi explorado em toda a sua extensão, com uma lima tipo K N° 10, as raízes tiveram seus canais preparados biomecanicamente em toda a sua extensão até a lima N° 45 k-file a 1mm de distância do forame apical.

Durante o preparo químico cirúrgico, todos os canais foram abundantemente irrigados com 5ml de solução de hipoclorito de sódio a 1%, a cada troca de instrumento.

Foram então divididos em sete grupos com dez dentes cada, sendo trinta e cinco dentes de cada grupo considerados para avaliação no microscópio eletrônico de varredura, trinta e cinco dentes para verificação da infiltração apical e quatro para avaliação da temperatura superficial. (tabela 1)

Tabela 1 – Divisão dos 74 dentes, para avaliação da infiltração marginal apical, alteração morfológica na parede dentinária e temperatura na superfície externa do dente.

Total N=74	controle	Nd:YAG		Er:YAG		Nd:YAG+Er:YAG	
		helic./ vertic					
infiltração	5	5	5	5	5	5	5
alt. morfol.	5	5	5	5	5	5	5
temperatura		1	1	1	1		

Divisão dos grupos:

G1 – grupo-controle, sem aplicação de laser.

G2 – dentes irradiados pelo laser de Nd:YAG com a técnica helicoidal, canal mantido a seco.

G3 – dentes irradiados pelo laser de Nd:YAG com a técnica vertical, canal mantido a seco.

G4 – dentes irradiados pelo laser de Er:YAG com a técnica helicoidal, canal irrigado com hipoclorito de sódio.

G5 – dentes irradiados pelo laser de Er:YAG com a técnica vertical, canal irrigado com hipoclorito de sódio.

G6 – dentes irradiados pelo laser de Er:YAG, canal úmido e, após Nd:YAG, com a técnica helicoidal, canal mantido a seco.

G7 – dentes irradiados pelo laser de Er:YAG, canal úmido e, após Nd:YAG, com a técnica vertical, canal mantido a seco.

4.2 . Sistemas laser

Laser de Nd:YAG (d Laser, American Dental Laser, Birmingham, MI, EUA).

Obedecendo ao seguinte protocolo:

- ❖ comprimento de onda: 1064nm
- ❖ fibra: flexível de quartzo de diâmetro interno de 0,32mm (correspondente ao calibre de uma lima endodôntica número 30)
- ❖ laser pulsado: com a ponta ativa em contato com as paredes do canal
- ❖ energia: 100mJ/p
- ❖ frequência: 15Hz
- ❖ potência: 1,5 W
- ❖ densidade de energia: 0,5J/cm²
- ❖ largura de pulso: 100μ

O Nd:YAG é um laser que apresenta emissão na região do infravermelho, ou seja, dentro da faixa do espectro magnético não visível; portanto, a este laser acopla-se um laser-guia de baixa potência, de comprimento de onda de 632nm, que emite luz vermelha, possibilitando a visualização do local de incidência.

Utilizou-se uma tinta preta, nankin, como agente iniciador intracanal, em virtude da baixa absorção do comprimento de onda do neodímio pelo tecido duro. De acordo com os resultados obtidos por Zhang et al., 1998 e Goya et al., 2000, os melhores resultados com o laser de Nd:YAG foram quando as paredes dos canais eram pintados com a tinta nanquim.

Laser de Er:YAG (Key Laser 1242, Kavo Dental GmbH, Jena, Alemanha)
Obedecendo ao seguinte protocolo:

- ❖ comprimento de onda: 2,94 μ m.
- ❖ laser pulsado: com a ponta ativa em contato com as paredes do canal
- ❖ energia: 160mJ/p (no painel)
- ❖ frequência: 10Hz
- ❖ densidade de energia: 0,9J/cm²
- ❖ duração de pulso: variável entre 250 e 500 μ s,
- ❖ dimensão da fibra: diâmetro de 0,470mm
- ❖ fibra: 50/10
- ❖ fator de transmissão: 0,54
- ❖ laser pulsado: com ponta ativa em contato com as paredes do canal radicular
- ❖ velocidade de movimentação da fibra: 2mm/s

4.3 Técnicas de irradiação utilizadas

Técnica helicoidal - a fibra foi introduzida no comprimento total do canal radicular irradiandoa partir do ápice do dente subindo em direção à região cervical, realizando suaves movimentos helicoidais, numa velocidade ascendente de aproximadamente 2mm/s. Este procedimento foi repetido por quatro vezes, com intervalos de 20 segundos entre as aplicações. (Gutknecht et al.,1996).
Figura 1.

Técnica vertical – a fibra foi introduzida no comprimento total do canal radicular irradiando do ápice do dente à região cervical, realizando suaves movimentos verticais ascendente, a uma velocidade aproximada de 2mm/s, repetindo-se por quatro vezes com intervalo de 20 segundos entre as aplicações. (Matsumoto et al.,1992) Figura 2.

4.4 Análise morfológica pela microscopia eletrônica de varredura

Cinco dentes de cada grupo foram cortados longitudinalmente em duas partes simétricas. Os cortes foram desidratados por uma série de solução graduada de álcool, e então cobertos com uma camada de 15µm de platina.

Áreas representativas de cada grupo foram fotografadas pela MEV (JSM - 1220A, JEOL, Tóquio, Japão) a 20 kv.

4.5. Infiltração apical

Após a irradiação com laser, as amostras para avaliação no estereoscópio foram irrigadas com solução salina fisiológica para evitar o ressecamento das paredes dentinárias, e em seguida foi feita a secagem dos canais radiculares com pontas de papel absorvente. Foi selecionado o cone principal de guta percha de N° 45 o qual atingiu toda a extensão do canal radicular, travando no limite apical. Após a adaptação do cone principal procedeu-se à manipulação do cimento endodôntico (canais N, Showa Yakuhin, Tóquio, Japão). O excesso de material obturador foi cortado com instrumento aquecido. As raízes foram impermeabilizadas com duas camadas de esmalte de unha, exceto na região apical.

Realizada a impermeabilização, as amostras foram imersas em solução aquosa de azul de metileno a 0,5%, ph 7,2, por 48 horas em temperatura ambiente. O ar foi eliminado por uma bomba a vácuo a uma pressão absoluta de 150torr. Após lavados com água destilada, os dentes foram cortados longitudinalmente usando um disco de diamante (Isomet--Buehler, Lake Bluff, IL) de modo a dividir a raiz em 2 segmentos mesial e distal, seguindo a trajetória do canal radicular até o forame dando ênfase ao terço apical da obturação dos canais radiculares, e observados ao estereoscópio (SMZ - 10, Nikon, Tóquio, Japão), a infiltração linear do corante foi medido através de um espessímetro..

A análise estatística dos dados foi representada usando-se o teste de Kruskal-Wallis entre os grupos, com um valor de significância $p < 0,01$.

4.6. Avaliação da temperatura

As mudanças da temperatura na superfície radicular durante e imediatamente após a irradiação foram medidas usando-se uma câmera termográfica (AGEMA; Infrared System AB, Danderyd, Suécia) ligada a um computador. A temperatura da sala foi mantida constante, a 24° C.

Foram utilizados quatro dentes, dois para cada grupo de laser, divididos quanto à técnica.

	Nd:YAG	Er:YAG
Técnica helicoidal	1	1
Técnica vertical	1	1

As amostras foram fixadas num suporte de modo que este não alterasse a temperatura na superfície externa. A fibra foi introduzida e percorria o canal de acordo com as técnicas já descritas, e a imagem da variação da temperatura na superfície externa durante a irradiação laser era captada pela câmera termográfica e registrada no monitor do computador. Uma escala gradual de cores evidenciava a alteração da temperatura na superfície externa da raiz. As imagens foram registradas a cada 2 segundos, durante e após as irradiações, até que a temperatura das amostras retornasse ao seu valor inicial.

Nos grupos 6 e 7 não foram realizados a tomada da temperatura, pois os lasers foram usados isoladamente, tendo como os mesmos resultados dos grupos 2 ao 5.

Este trabalho foi desenvolvido numa cooperação entre Showa University School of Dentistry, no Departamento de Endodontia, com o professor Koukichi Matsumoto – Tóquio – Japão e o Mestrado Profissionalizante “Lasers em Odontologia”, IPEN / FOUSP (São Paulo, – Brasil).

5. RESULTADOS

5.1 Infiltração Apical

Após a secção dos dentes, estes foram avaliados quanto à infiltração linear entre as paredes dos canais radiculares e o material obturador, utilizando um estereoscópio e medido através de um espessímetro. Dos valores medidos das infiltrações nos espécimes, foram obtidas as médias dos valores máximos das infiltrações para os grupos em estudo (tabela 2).

Tabela 2. Medida da infiltração apical

GRUPOS	1	2	3	4	5	6	7
VALORES MÉDIOS (MM)	1,16	0,0	0,0	0,28	0,44	0,0	0,0

As Figuras 3, 4, 5 e 6 ilustram uma infiltração representativa ocorrida em cada grupo experimental.

Os resultados da infiltração apical mostraram que os grupos tratados com o laser de Nd:YAG (figura 4).

A figura 5 mostra os grupos tratados com Er:YAG, onde a infiltração foi mínima, ou seja de 0,7mm,. Na figura 6, nos grupos irradiados pela associação dos lasers de Er:YAG e Nd:YAG, os resultados mostraram que em quase todos os dentes não houve infiltração do corante (0,0mm), e somente algumas amostras tiveram infiltração de 0,7mm. (tabela 2)

Análise Estatística

Uma vez realizados os testes de normalidade na amostragem do experimento, o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis foi eleito para efetivação das comparações estatísticas.

Tabela 3 - Resultado do teste estatístico de Kruskal-Wallis aplicado aos valores das porcentagens de penetração do corante, encontrados nos terços radiculares

Teste Estatístico de Kruskal-Wallis
<i>Valor de H de Kruskal-Wallis calculado : 18,7</i>
<i>Valor de X^2 para 6 graus de liberdade: 18,7</i>
<i>Probabilidade de H o para esse valor: 0,22 %</i>
<i>Significante ao nível de 1% ($\alpha=0,01$)</i>

Tabela 4 – Comparação entre as amostras, que relacionam os valores da penetração do corante, realizadas através do teste estatístico de Kruskal-Wallis

GRUPOS	SIGNIFICÂNCIA
G1 x G2	0,1%
G1 x G3	0,1%
G1 x G4	0,1%
G1 x G5	1%
G1 x G6	0,1%
G1 x G7	0,1%
G2 x G3	ns
G2 x G4	1%
G2 x G5	0,1%
G2 x G6	ns
G2 x G7	ns
G3 x G4	1%
G3 x G5	0,1%
G3 x G6	ns
G3 x G7	ns
G4 x G5	ns
G4 x G6	1%
G4 x G7	1%
G5 x G6	0,1%
G5 x G7	0,1%
G6 x G7	ns

A distribuição amostral testada não foi normal, embora tenha sido realizado a transformação dos dados originais (logaritmos dos dados, raiz quadrada, transformação angular, raiz quadrada (dado +1/2), logaritmos (dados + 1), raiz cúbica, de ângulo à percentual inverso do número, hiperbólica de 2º grau, valores de $z (x-m)/s$).

5.2. Observação em MEV

As amostras do grupo 1, grupo-controle, que não foram irradiadas pelos lasers, observa-se uma espessa camada de camada de esfregaço cobrindo toda a parede dentinária. (Figura 7)

Tanto no grupo 2 como no grupo 3, onde as amostras foram irradiadas pelo laser de Nd:YAG, a estrutura da parede dentinária apresentou uma camada de fusão e ressolidificação da superfície, algumas vezes observou-se a camada de esfregaço também fusionada ao material ressolidificado, a aparência final era de uma superfície vitrificada com aparecimento de glóbulos cobrindo total ou parcialmente os túbulos dentinários (Figuras 10 e 11). Comparando-se as alterações morfológicas entre as técnicas preconizadas, não houveram diferenças no produto final da superfície do canal radicular pela MEV.

Nos grupos cujas amostras foram irradiados com o laser de Er:YAG, grupos 4 e 5, pela MEV, a visualização específica da área onde o laser atingiu a parede, onde o material foi ablacionado pelo laser apresentou uma superfície dentinária completamente com irregularidades, formando várias crateras, aparentando uma superfície com rugosidades. Porém a amostra esteve livre de debris e camada de esfregaço, evidenciando uma parede limpa com os túbulos dentinários abertos. (Figuras 8 e 9). Assim como nos grupos do laser de Nd:YAG, também nestes não observou-se diferenças morfológicas quanto a comparação do uso das técnicas helicoidal e vertical.

Nas amostras irradiadas pelos lasers de Er:YAG, e após estes, pelo laser de Nd:YAG, (grupos 7 e 8), as paredes dentinárias apresentaram uma superfície limpa, com o surgimento de glóbulos de fusão e ressolidificação cobrindo alguns túbulos dentinários (Figura 12). Não foi possível diferenciar os efeitos das diferentes técnicas por meio de alterações morfológicas.

5.3 . Distribuição da temperatura

A distribuição da temperatura na superfície radicular foi registrada de 2 em 2 segundos; primeiramente antes de cada irradiação, durante a irradiação e após

a irradiação. As mudanças da temperatura na superfície radicular de cada grupo são mostradas na Tabela 5.

No grupo 2, as amostras irradiadas pelo laser de Nd:YAG, com a técnica helicoidal, mostraram após a primeira irradiação, elevação de temperatura de 4°C no terço apical, e de 1° C, no terço médio. Após os 20s de intervalo para o resfriamento do canal, na segunda irradiação a variação da temperatura foi de 5° C no terço apical, embora em determinado ponto da superfície fosse possível verificar a elevação da temperatura de 6° C. No terço médio a maior área irradiada teve aumento de temperatura de apenas 1° C, evidenciando que o aumento máximo da temperatura neste grupo foi de 6° C (Figura 13). O tempo necessário para a amostra retornar à temperatura inicial foi de 2 minutos.

O grupo 3, em que as amostras foram irradiadas pelo laser de Nd:YAG com a técnica vertical, mostrou elevação de temperatura de 4° C na maior área da raiz, localizada no terço médio. No terço apical houve um menor aumento de temperatura, apenas 2° C. Após os 20s de intervalo, na segunda irradiação o aumento de temperatura foi de 4° C com alguns pontos no terço apical atingindo elevação de 5° C. Para este grupo foi verificado um aumento máximo de 5° C (Figura 14). O tempo necessário para a amostra retornar à temperatura inicial foi de 2 minutos.

No grupo 4, em que as amostras foram irradiadas pelo laser de Er:YAG com a técnica helicoidal, a elevação da temperatura foi de 2° C no terço médio, e o maior aumento, de 3° C, ocorreu no terço apical. Após intervalo de 20s, na segunda irradiação a elevação da temperatura foi de 5° C em alguns pontos do terço apical, sendo que no terço médio a maior área atingiu apenas elevação de 2° C, evidenciando para este grupo um aumento máximo de 5° C (Figura 15). O tempo necessário para a amostra retornar à temperatura inicial foi de 1min15s.

No grupo 5, as amostras foram irradiadas pelo laser de Er:YAG com a técnica vertical, e a elevação da temperatura foi de 2° C no terço apical, apesar da presença de algumas pequenas elevações com aumento de 2,6° C. Após o intervalo de 20s, a elevação da temperatura foi de 4° C (Figura 17). O tempo necessário para a amostra retornar à temperatura inicial foi de 1min19s minutos.

Nos grupos 6 e 7 a temperatura não foi monitorada, pelo fato de utilizar os lasers separadamente, em tempos diferentes.

Tabela 5. Aumento da temperatura nos dentes irradiados pelos lasers de Er:YAG e Nd:YAG

Grupo	técnica	laser	irradiação	terço apical	terço médio	tempo para retorno da temp. inicial
2	helicoidal	Nd:YAG	1 ^a	3° C	1° C	2:00
			2 ^a	6° C	1° C	
3	vertical	Nd:YAG	1 ^a	2° C	4° C	2:00
			2 ^a	5° C	4° C	
4	helicoidal	Er:YAG	1 ^a	3° C	2° C	1:15
			2 ^a	5° C	2° C	
5	vertical	Er:YAG	1 ^a	2,6° C	2° C	1:19
			2 ^a	4° C	2° C	

6. DISCUSSÃO

O sucesso num tratamento endodôntico depende de vários fatores, desde o preparo químico cirúrgico adequado, na utilização das limas endodônticas, da solução irrigante, do material obturador, até a técnica preconizada para a obturação, sendo que o produto final de um trabalho concluído é a obturação final, exigindo um hermético selamento tridimensional, impedindo trocas de líquidos, microrganismos e produtos metabólicos entre o canal e os tecidos periapicais. Criando condições favoráveis para a instalação dos mecanismos de reparação dos tecidos apicais. (Paiva & Antoniazzi, 1988)

A presença da camada de esfregaço nas paredes dentinárias dos canais radiculares submetidas ao tratamento endodôntico é muito discutida, uma vez que alguns autores afirmam que sua presença auxilia no vedamento dos túbulos dentinários, como coadjuvante no selamento dos materiais obturadores; outros autores discordam, pois argumentam que essa camada pode alterar o vedamento marginal formando um espaço vazio entre a parede dentinária e a obturação. (Takeda et al., 1998)

McComb & Smith (1975), por meio do estudo de microscopia eletrônica de varredura, verificaram que a camada de esfregaço é constituída por componentes orgânicos e inorgânicos, apresentando uma camada superficial e outra compactada contra as paredes dentinárias, penetrando nos túbulos dentinários numa extensão de até 40µm. A remoção do magma dentinário se torna oportuna por possibilitar a desobturação da entrada dos túbulos dentinários. Além disso esta manobra tem sido preconizado por eliminar microrganismos que possam eventualmente estar mediados no interior dos túbulos dentinários e produzir lacunas na interface cimento/parede do canal, o que acarretaria uma microinfiltração e conseqüente colonização bacteriana (Pashley, 1984, Meryon & Brook, 1990, Sem et al., 1996, Mello, 2000) culminando em um insucesso no tratamento endodôntico.

Na atualidade pode usar-se a aplicação do laser com grande eficácia para a remoção deste magma (Matsuoka et al., 1998; Takeda et al., 1998; Cussioli, 1999; Takeda et al., 1999)

O laser de Er:YAG tem se mostrado bastante útil na endodontia, quer aumentando a permeabilidade dentinária radicular, (Pécora et al., 2000) , atuando como bactericida (Melo et al., 1999), como auxiliar em cirurgias apicais. (Paghdiwala, 1993, Gouw-Soares et al., 1996) ou limpando e removendo o magma das paredes dos canais. (Tanji et al., 1996, Takeda et al., 1998; Matsuoka et al., 1998, Cussioli, 1999)

Nas aplicações endodônticas, o laser de Nd:YAG pode cessar o sangramento após a pulpectomia ou a apicectomia (White et al., 1991); promove desinfecção e redução bacteriana (Dederich et al., 1984; Moshonov et al., 1995, 1997; Gutknecht et al., 1996; Ramskold et al., 1997; Moritz et al., 1997,1999, 2000); o Nd:YAG previne dor pós-tratamento (Morita, 1984; Koba, 1999), sela túbulos dentinários (Dederich et al., 1983,1984; Lage-marques et al., 1995; Harashima et al., 1997; Tanji et al., 1998), diminui a infiltração apical (Stabholz et al., 1992; Miserendino et al., 1995; Cussioli et al., 1999; Kimura et al., 1999; Goya et al., 2000; Carvalho, 2000; Silva, 2000; Gekelman, 2000).

Como relata Berger, em 1998, a ocorrência de canais laterais acessórios, secundários e mesmo das foraminas apicais mostra que a formação da dentina e do cimento respeita a presença de vasos e nervos preexistentes, fixando outras vias de comunicação entre a polpa e o periodonto, além do forame. Esse conjunto de comunicações constitui a base de um relacionamento funcional entre os dentes e os tecidos de suporte, mas enseja também a influência de processos patológicos de uma estrutura sobre a outra. Com a utilização do laser é possível obter um campo com a máxima redução no número de bactérias no terço apical, pelo aumento da temperatura, reforçando a idéia de que esta é uma das áreas mais difíceis de serem trabalhadas convencionalmente.

Os canais irradiados pelo laser de Er:YAG, os quais que receberam irrigação, em observação pela MEV verificou-se que a superfície da parede apresentava-se de forma irregular com aspecto granular, mas sem a presença de debris e remanescente dentinário. Os resultados desta dissertação diferem dos de Paghdiwala et al., (1993), que realizou um estudo com Er:YAG, 70mJ/p e 6Hz, verificando uma superfície limpa e polida nas amostras de canal com o uso de irrigação, e o canal irradiado a seco revelou superfície ondulada e irregular.

Ao se comparar os resultados desta dissertação com os de Paghdiwala conclui-se que o irrigante é efetivo na remoção do tecido ablacionado pelo laser.

Gouw Soares et al., (2000), comparando diferentes densidades de energia sobre os efeitos da irradiação laser do Er:YAG na superfície da dentina apical, verificaram que a energia de 250mJ a 6Hz obteve a menor infiltração, em relação a 400mJ, 6Hz, indicando a possível remoção excessiva do material da parede do canal formando irregularidades e alterando o selamento marginal. Já o estudo de Komori et al., (1997) utilizou 350mJ/p e 8Hz, obtendo melhores resultados após a obturação, concluindo-se portanto que com maiores valores de frequência ocorre melhor distribuição da energia durante a irradiação.

Kimura (a) não obteve diferenças na infiltração marginal de dentes preparados com o laser de Er:YAG de 170 a 230mJ/p, 2Hz, em relação aos dentes preparados convencionalmente. É provável que se aumentasse a frequência, a superfície da parede não seria tão irregular, melhorando as margens de obturação.

O combate aos microrganismos presentes na luz do canal radicular é conseguido pelo preparo químico cirúrgico. No entanto, este preparo, mesmo utilizado uma substância irrigadora dotada de atividade germicida, não é capaz de eliminar estes microrganismos presentes nas demais áreas de propagação bacteriana. (Buyston et al., 1987; Sjogren et al., 1997), sendo necessário a colocação de uma medicação intracanal, dotada de ação antimicrobiana, a fim de atingir áreas inacessíveis pela instrumentação do canal. Este procedimento leva a uma melhor reparação tecidual e, conseqüentemente, a um maior índice de sucesso da terapia endodôntica.

Entretando, o curativo de demora quando colocado no interior do canal necessita de um período de espera para a difusão e conseqüente atuação em todo o sistema de canais radiculares, postergando o término do tratamento endodôntico (Tronstad et al., 1981, Estrela et al., 1998).

Apesar que o intuito desta pesquisa não foi de avaliar a redução bacteriana, é válido ressaltar a eficácia dos lasers contra as bactérias. (Rooney et al., 1994, Tseng et al., 1991)

Para a potencialização do laser de neodímio foi utilizada uma tinta preta, nankin, como agente ativador. Como comprovado por Zhang et al., 1998, Goya et

al., (2000), após a aplicação da tinta preta, nankin, a energia recebida foi suficiente para fundir, ressolidificar e evaporar os componentes orgânicos, resultando na característica de dentina fundida com aspecto de lava.

Os parâmetros de irradiação utilizados no experimento desta dissertação foram determinados em razão dos inúmeros trabalhos já realizados com o laser de Nd:YAG intracanal a 100mJ, 15Hz, 1,5W, observando-se a fusão da camada de esfregaço e a ressolidificação da parede dentinária caracterizando uma superfície vitrificada.

Goodis et al., (1992), Stabholz et al. (1992) e Miserendino et al., (1995) verificaram a diminuição da permeabilidade dentinária dos canais irradiados pelo laser de Nd:YAG intracanal após a obturação. Trabalhos comparativos com o laser de Nd:YAG e outros lasers mostram a eficácia do Nd:YAG emitindo 2W, 20Hz, 4s no ápice, com o uso da tinta preta como iniciador, obtendo os melhores resultados na diminuição da infiltração no selamento apical. Silva (2000), utilizando Nd:YAG a 100mJ/p, 1,5W, 15Hz, com movimentos circulares intracanal, verificou menores taxas de infiltração nos dentes irradiados pelo laser.

Em nossa pesquisa, no que tange à redução da permeabilidade dentinária observada no terço apical, o exame da tabela 1, sugere que a irradiação do laser de Nd:YAG, quando realizada após o preparo do canal, promoveu significativa redução da permeabilidade ao corante azul de metileno nos grupos 2, 3, 6 e 7. Essa redução da permeabilidade teria possivelmente ocorrido graças ao selamento dos túbulos dentinários realizado pela irradiação do laser de Nd:YAG, fato já observado e divulgado por Gutknecht et al., (1996 a), Tanji et al., (1998), Carvalho (1999), Goya et al., (2000) e Silva (2000) e Yokoyama et al., (2000).

Elegeu-se o corante azul de metileno como agente de contraste, dado o seu firmado uso, calcado em pesquisas de renome (Moura et al., (1978); Robazza et al, (1981); Prokopowitsch et al., (1989), e graças à simplicidade que sua formulação oferece para a manipulação, bem como à facilidade de ser encontrado.

Carvalho (1999), em seu estudo com a aplicação do laser de Er:YAG emitindo 120mJ/p, 10Hz, 1,2W e com o laser de Nd:YAG emitindo 100mJ/p, 15 Hz, 1,5W, verificou que a infiltração apical após a obturação dos canais foi maior nos dentes irradiados pelo laser de Er:YAG, lembrando que o autor utilizou os

lasers no canal a seco, e sabendo que o laser de Er:YAG causa a ablação de material, este material removido pode ficar depositado no ápice do canal formando uma camada porosa, impedindo uma completa obturação radicular. Os resultados desta dissertação para o laser de érbio, em nossa pesquisa, foram diferentes dos de Carvalho, em virtude do uso da irrigação durante as aplicações do laser, permitindo que o material ablacionado pelo laser fosse removido do canal, melhorando a qualidade final da obturação.

Conhecendo as propriedades do laser de Er:YAG na remoção da camada de esfregaço, limpando os túbulos dentinários, e sabendo da utilização do laser de Nd:YAG causando a obliteração total ou parcial dos túbulos dentinários, havia a curiosidade de verificar a alteração morfológica final no uso combinado dos dois lasers no canal radicular, bem como verificar se haveria mudanças na obturação final após a aplicação dos lasers. Os resultados encontrados, de acordo com a MEV, foram que a superfície irradiada pelo laser de Er:YAG seguido pelo laser de Nd:YAG, estava limpa, ausente de debris e da camada de esfregaço, alguns túbulos abertos e outros fechados, cobertos pela dentina fusionada e ressolidificada.

Todos os dentes obturados após a aplicação do laser de Nd:YAG, isoladamente ou em combinação com o laser de Er:YAG, mostraram uma obturação hermética, impedindo a penetração do corante para dentro do canal.

Com o surgimento do laser de Nd:YAG, que a princípio não foi desenvolvido para a área de odontologia, mas graças aos contínuos experimentos e estudos, verificando a possibilidade de sua aplicação na odontologia, chegou-se a um protocolo rigoroso, incluindo parâmetros ideais, tempo de aplicação, técnica utilizada, viabilizaram o uso do laser na odontologia.

Clinicamente a aplicação dos lasers, parece ser bastante promissora, auxiliando na reparação apical de dentes infectados e diminuindo a dor pós-operatória. Inamoto et al., (1997) realizou um estudo em ratos com o laser de Nd:YAG em dentes com lesão apical a 150mJ, 10Hz, por 5 segundos, com bons resultados na reparação tecidual. Koba et al., (1998), utilizou o laser de Nd:YAG em cães e verificou que, a 2W, 30Hz por 2s, em tratamento numa única sessão, o laser é um potencializador da reparação, e, em 1999, Koba continuou o estudo

em humanos, com 1W, 15Hz por 1s, e obturação na mesma sessão, reduzindo consideravelmente a dor pós-operatória.

Para a determinação da redução bacteriana, segundo Ramskold et al., (1997) e Klinke et al., (1999), com 4 irradiações laser intracanal uma eliminação deveras significativa no número de bactérias existentes no canal radicular foi obtida. Por essa razão, esta dissertação determinou quatro repetições ao longo do canal radicular, percorrendo todas as paredes dos canais, tanto com a técnica helicoidal como com a vertical.

Neste estudo verificou-se que o aumento da temperatura na superfície externa do dente quando o laser irradiava não excedeu os 10°C, temperatura suportada pelos tecidos adajacentes ao dente.

Constatamos que o maior aumento da temperatura, quando aplicado o laser de Nd:YAG foi de 5°C na técnica vertical e 6°C na técnica helicoidal, sabendo que estes foram os maiores valores encontrados na extensão de toda a raiz. E a máxima temperatura atingida com o laser de Er:YAG foi 4°C na técnica vertical e 5 °C na técnica helicoidal.

Existem poucos registros sobre monitoração contínua do aumento da temperatura na superfície radicular causada pela irradiação dos lasers de Er:YAG e Nd:YAG nos canais radiculares. Machida et al., (1998) relataram que o aumento da temperatura foi inferior a 2° C quando o laser de Er:YAG foi combinado com o spray de água para preparação do orifício do canal radicular. Kimura et al., (2000b), avaliaram que o aumento da temperatura na área apical durante 1 minuto de irradiação pelo laser foi inferior a 6° C e no terço médio, a 3° C. Strefezza et al., em 2000, monitoraram o aumento da temperatura durante a irradiação com laser de Nd:YAG, verificando um aumento máximo de 10° C, utilizando a técnica estacionária e a helicoidal. Bachmann, em 2000, verificou que a técnica helicoidal de irradiação apresentou os menores valores de aumento da temperatura de 1 a 3° C comparados às técnicas estacionária e mista.

Considera-se que o aumento de 6°C para o laser de Nd:YAG e 5°C para o laser de Er:YAG não é deletéria aos tecidos circunvizinhos. Eriksson & Albretsson (1983) demonstraram que o limiar para a sobrevivência do tecido ósseo é um aumento da temperatura de até 10° C durante um minuto de irradiação, *in vivo*. Durante as irradiações a temperatura se eleva de forma cumulativa, resultando

numa temperatura maior a cada irradiação, porém, neste estudo, verifica-se que um intervalo de 20s entre as irradiações é suficiente para que as amostras retornem a seus valores iniciais de temperatura, evitando um aquecimento excessivo da superfície radicular. Verificou-se também que o tempo transcorrido entre o maior aumento de temperatura e a retomada da temperatura inicial é de aproximadamente 2 minutos.

A chave do sucesso para o uso clínico dos lasers na endodontia depende da entrega da energia, do tempo de irradiação, da duração do pulso, da área de focalização e do tipo de tecido irradiado. Uma vez que os resultados apresentados neste trabalho, não indicaram obtenção de temperaturas acima de temperatura máxima suportado pelo tecido periodontal, é possível um estudo *in vivo*, nas mesmas condições de irradiação como extensão natural deste trabalho e para assegurar o uso clínico desta técnica.

7. CONCLUSÕES

Quanto à infiltração marginal:

- a utilização do laser de Nd:YAG isoladamente ou em associação com o laser de Er:YAG , foi capaz de reduzir a infiltração apical .
- o resultado final da obturação não sofreu influências em relação às técnicas preconizadas, helicoidal e vertical.

Quanto à alteração morfológica:

- não foi observado diferenças quanto à área total de irradiação em todo o canal radicular, concluindo que tanto com a técnica helicoidal como a vertical, o laser irradia as paredes internas igualmente.

Quanto à elevação da temperatura:

- o maior aumento observado não excedeu os 10°C, tanto com a técnica vertical como a helicoidal, utilizando o laser de Er:YAG ou o Nd:YAG, não sendo significativo.
- concluindo que ambos os lasers, assim como a técnica preconizada, se exercitados sob os protocolos deste trabalho, são eficientes e não causam injúrias aos tecidos adjacentes ao dente.

APÊNDICE

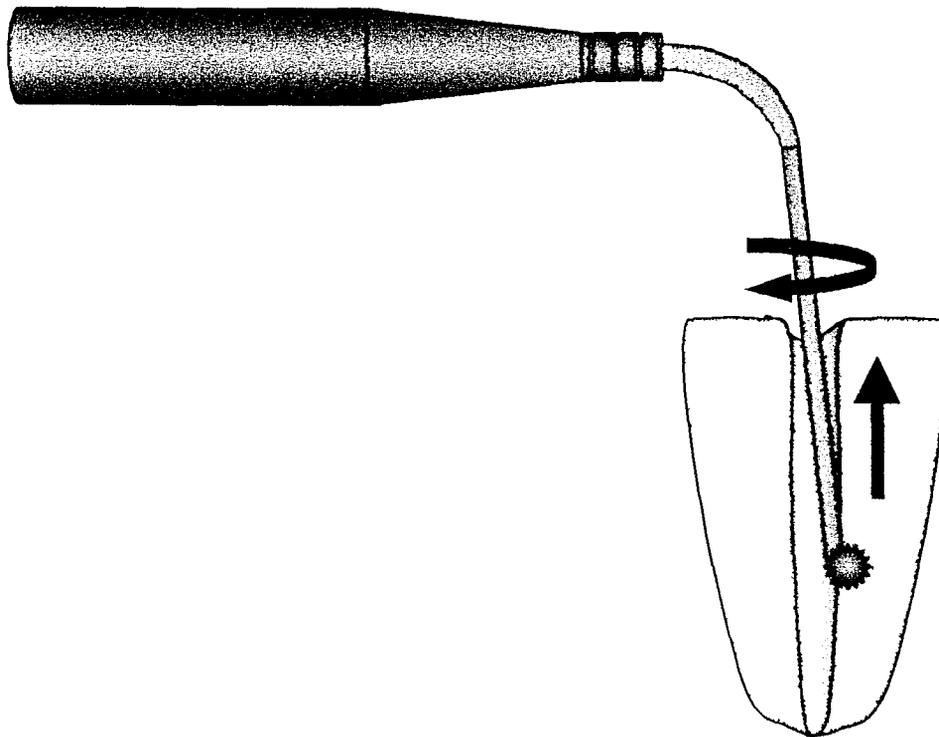


Figura 1 – Figura ilustrativa da irradiação do laser pela técnica helicoidal, fibra dentro do canal radicular com movimento circular de ápice à coronal.

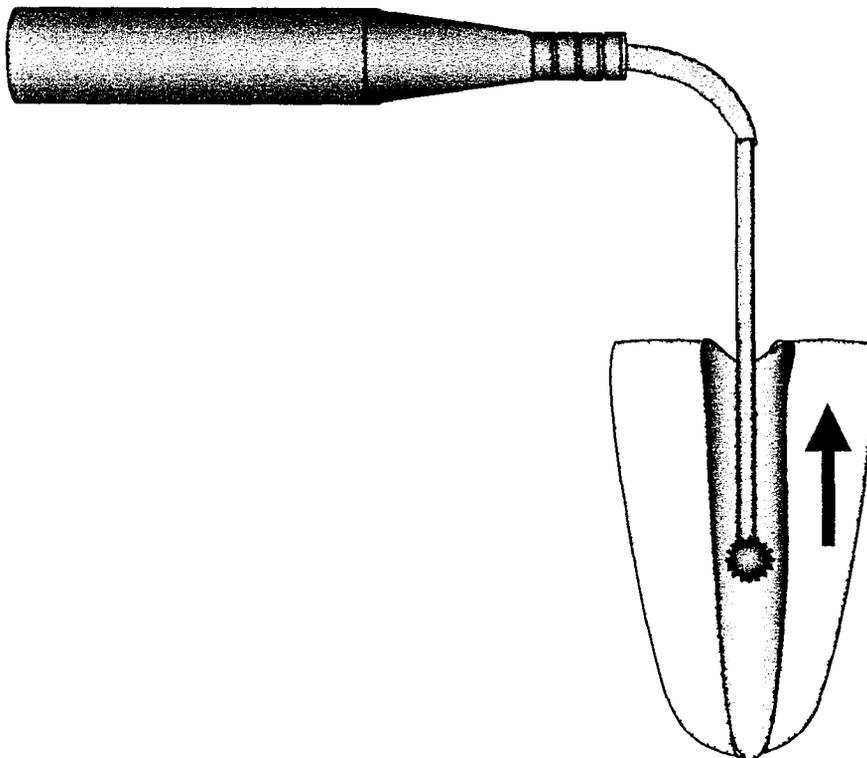


Figura 2 – Figura ilustrativa da irradiação do laser pela técnica vertical, fibra dentro do canal radicular com movimento retilíneo de ápice à coronal



Figura 3 – Grupo-controle, sem irradiação, infiltração apical de 1,5mm

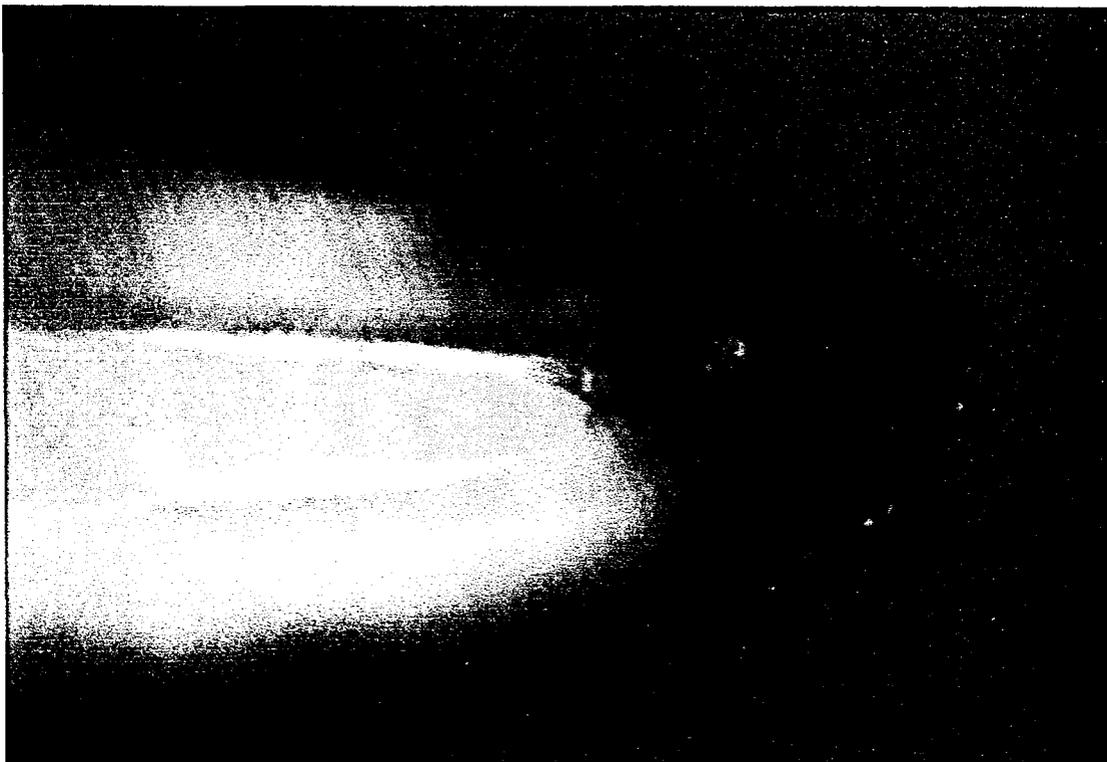


Figura 4 – Grupo tratado pelo laser de Er:YAG, infiltração apical de 0,7mm

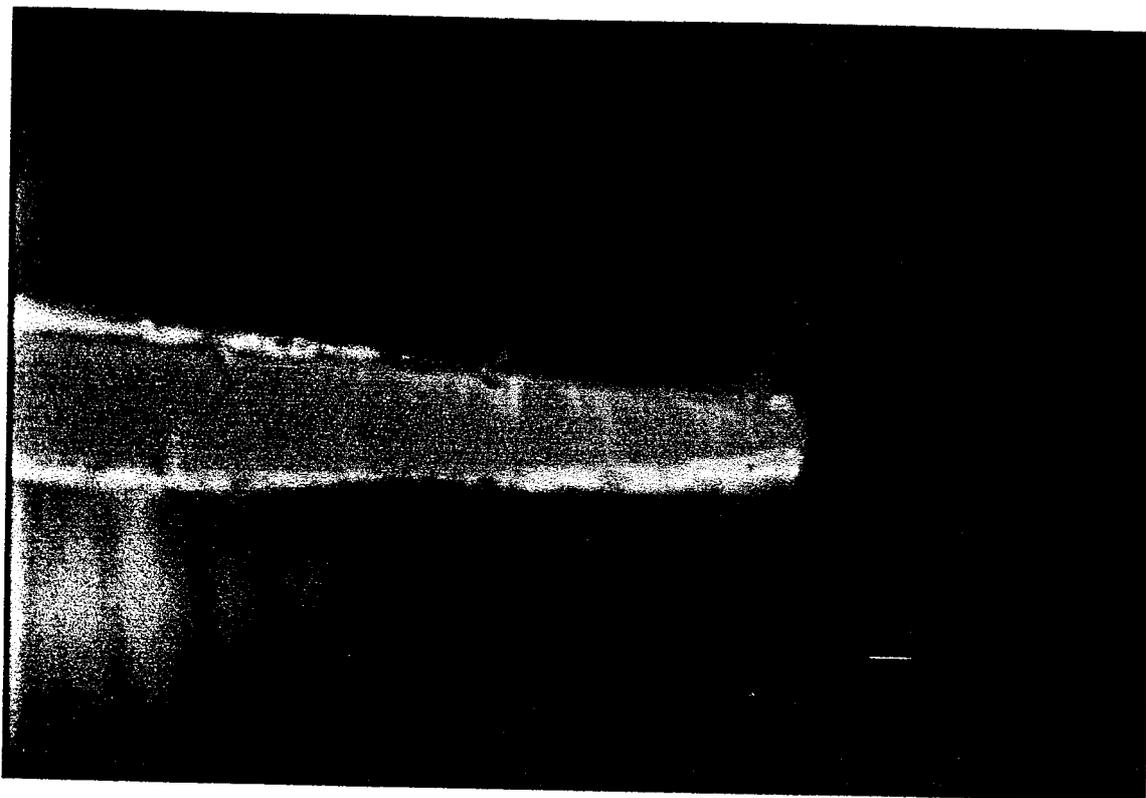


Figura 5 – Grupo tratado pelo laser de Nd:YAG, não houve infiltração do corante



Figura 6 - Grupo tratado pelos lasers de Er:YAG e Nd:YAG, sem infiltração marginal, observa-se vedamento do canal acessório

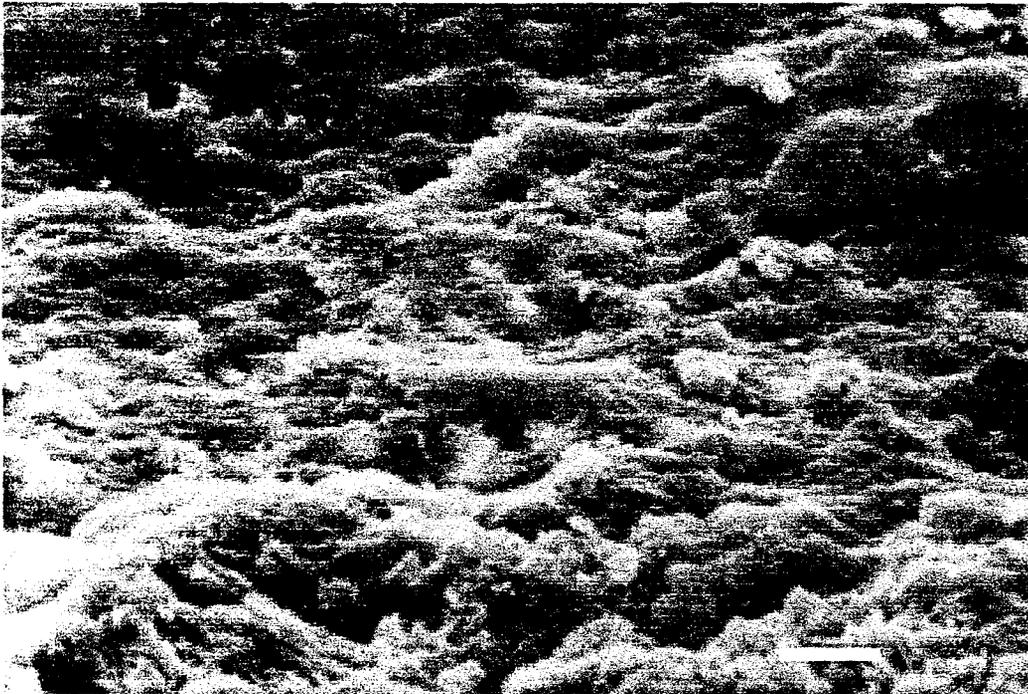


Figura 7 – Observação pela MEV do grupo controle, verificar a presença de camada de esfregaço cobrindo túbulos dentinários (barra dimensional 10µm)

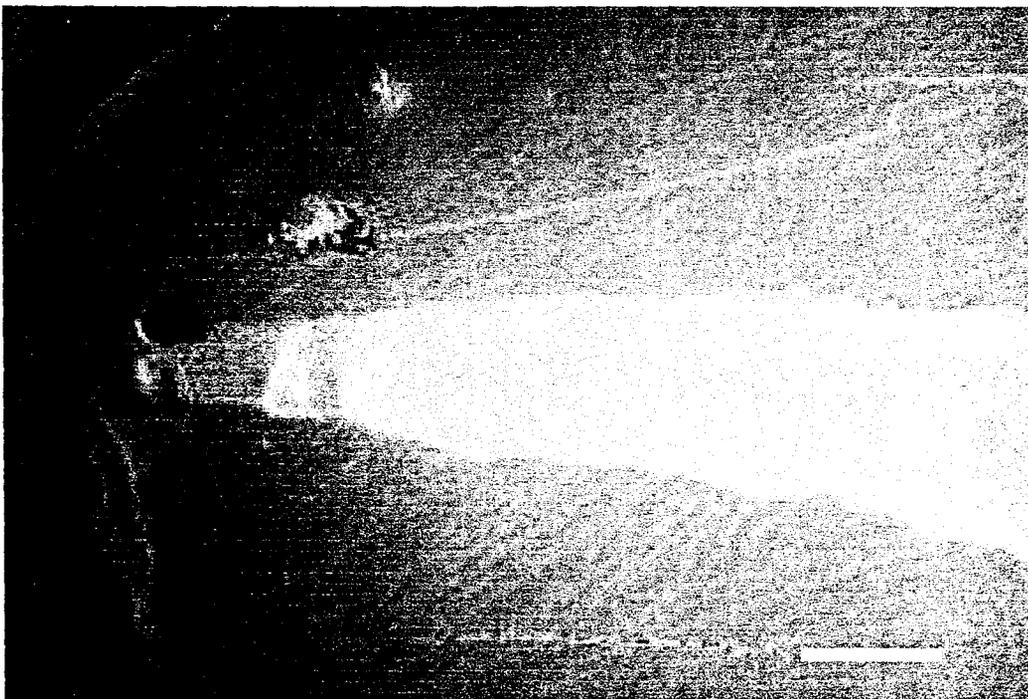


Figura 8 – Observação pela MEV, alteração estrutural da parede do canal radicular tratado pelo laser de Er:YAG, superfície irregular e rugosa (barra dimensional 500µm)

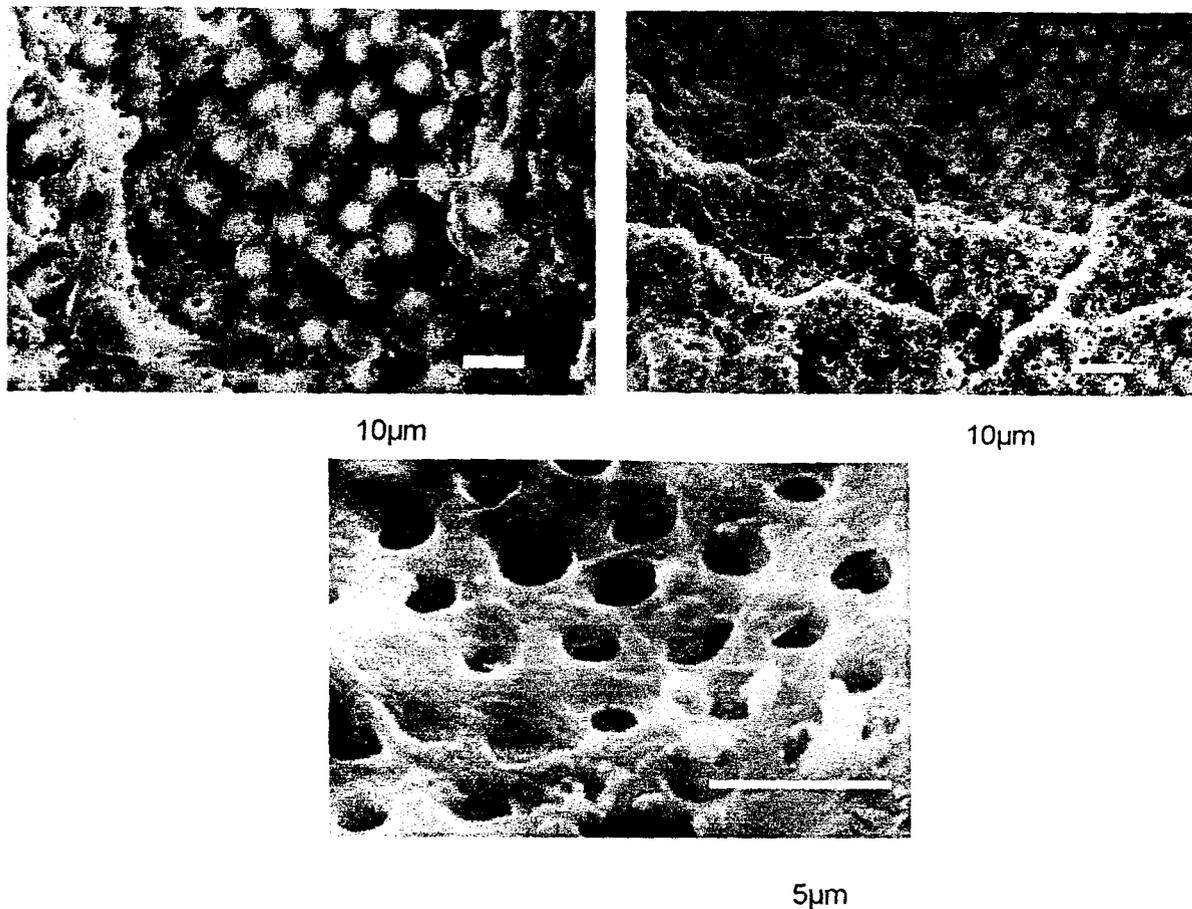


Figura 9 – Aumento da superfície ablacionada pelo laser de Er:YAG, verificar ausência de camada de esfregaço e túbulos dentinários abertos

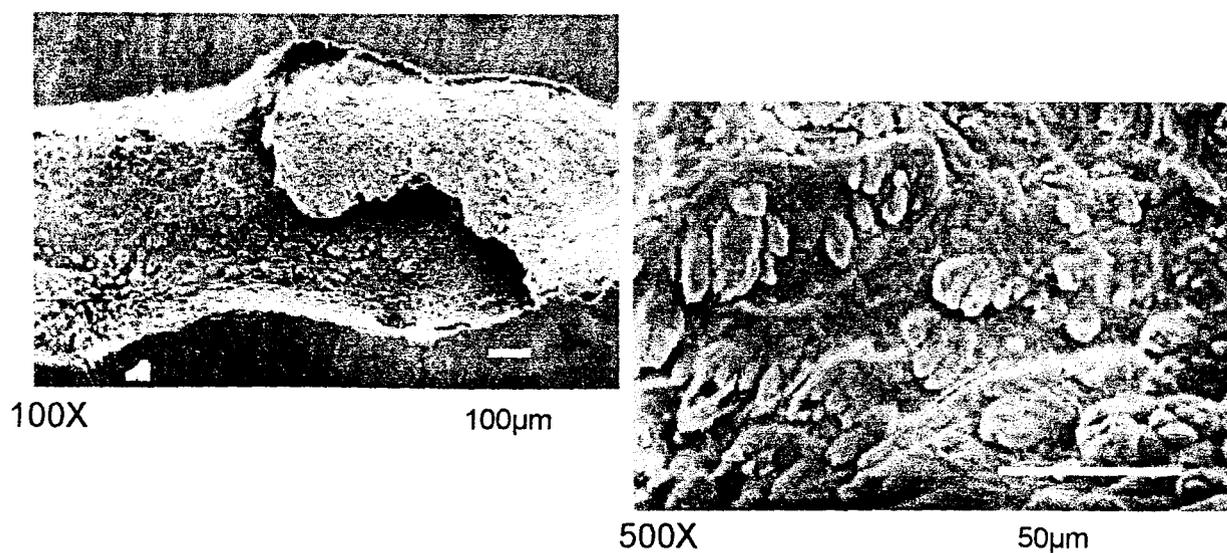
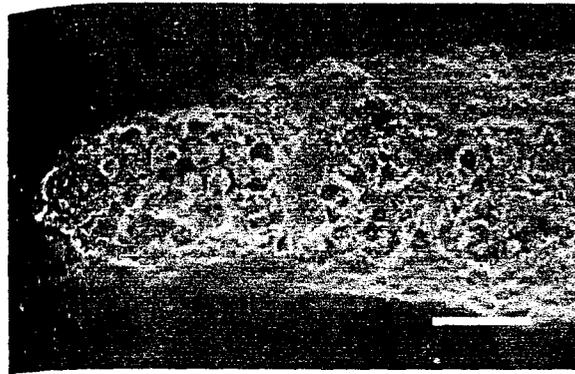
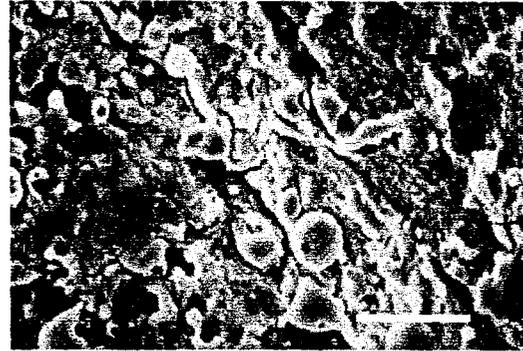


Figura 10 – Observação pela MEV do grupo irradiado pelo laser de Nd:YAG, observa-se formação da camada de fusão



200X

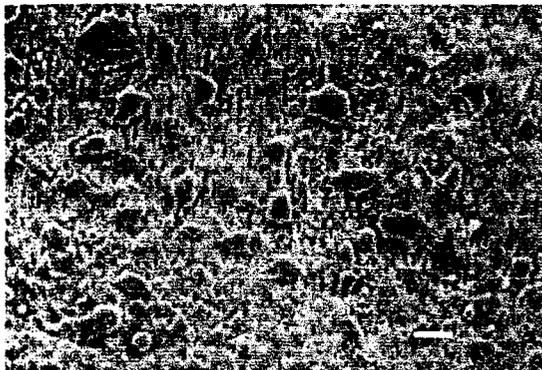
100µm



500X

50µm

Figura 11– Presença de glóbulos em virtude da irradiação do laser de Nd:YAG, fusão e ressolidificação da dentina



750X

10µm



1000X

10µm

Figura 12 – Observação pela MEV do grupo irradiado pelo laser de Er:YAG e Nd:YAG, verifica-se formação da camada de fusão cobrindo alguns túbulos dentinários

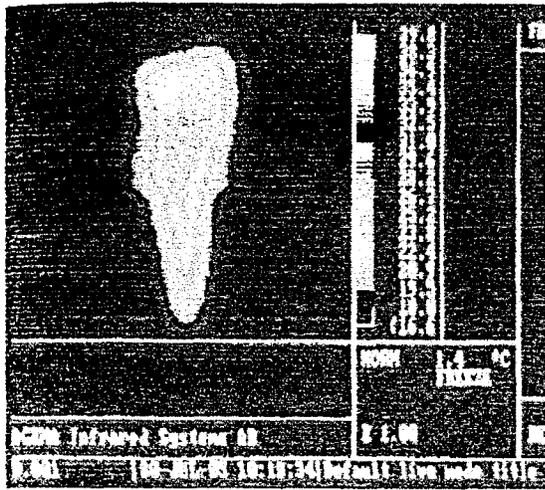


Foto a - Temperatura inicial : 26° C

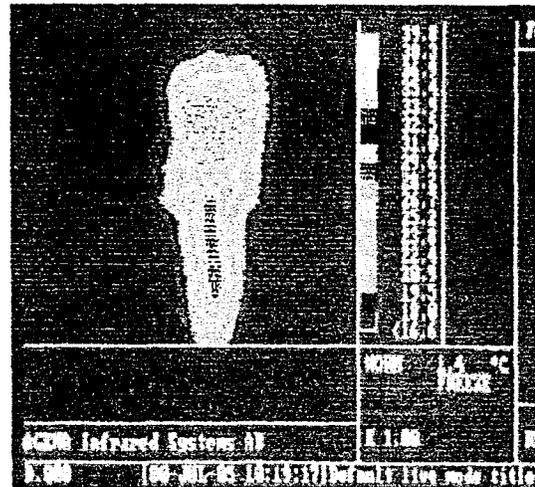


Foto b- Elevação da temperatura a 30° C

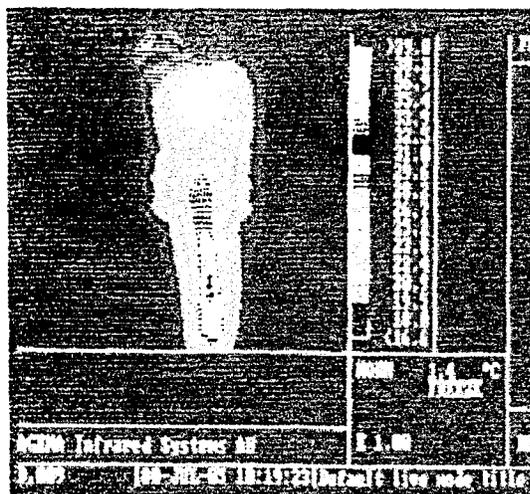


Foto c – Elevação da temperatura a 32°

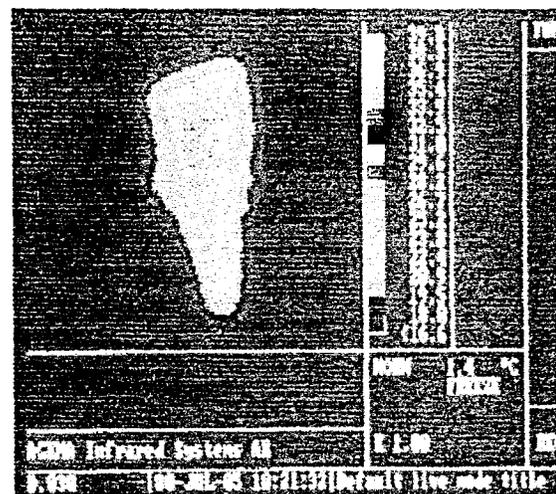


Foto d – Temperatura final do dente
resfriado após 2 minutos

Figura 13 – Fotos da câmera termográfica do dente irradiado pelo laser de Nd:YAG, na técnica helicoidal. Verificar elevação da máxima temperatura de 6° C, na região apical durante a irradiação (fotoc)

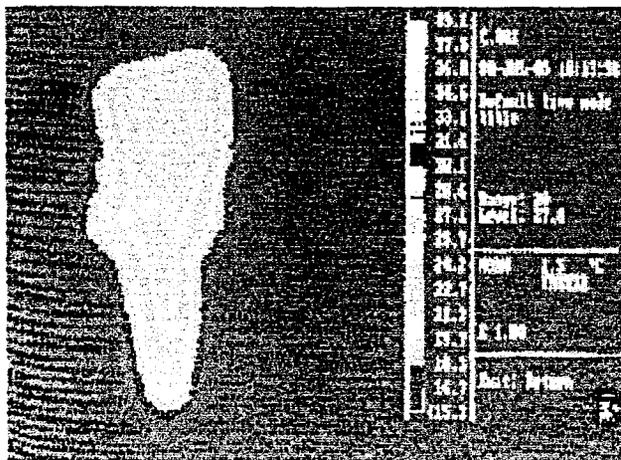


Foto a – Temperatura inicial a 26° C

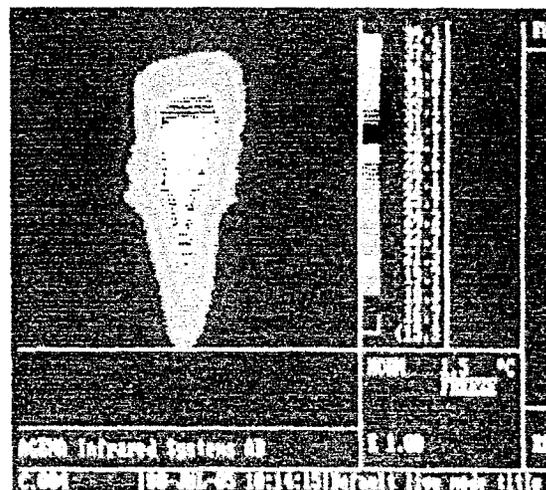


Foto b – Temperatura elevada a 30° C

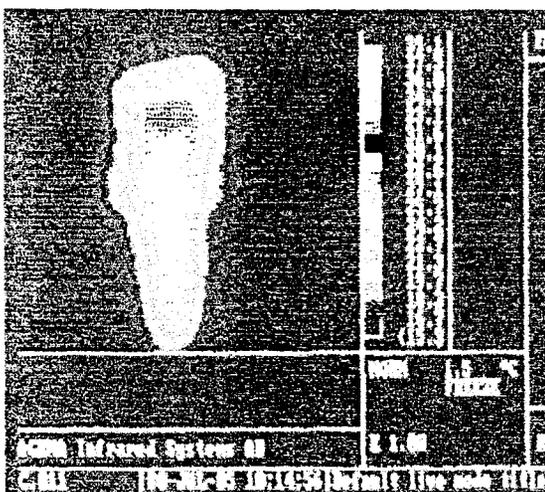


Foto c – Máxima elevação da temperatura a 31° C

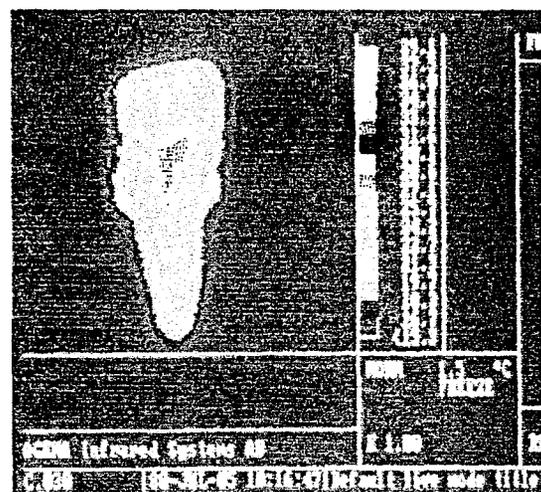


Foto d – Temperatura final após 2 minutos de resfriamento do dente

Figura 14 – Fotos da câmera termográfica do dente irradiado pelo laser de Nd:YAG, na técnica vertical. Observar a máxima elevação de 5°C, no terço médio da raiz (foto c)

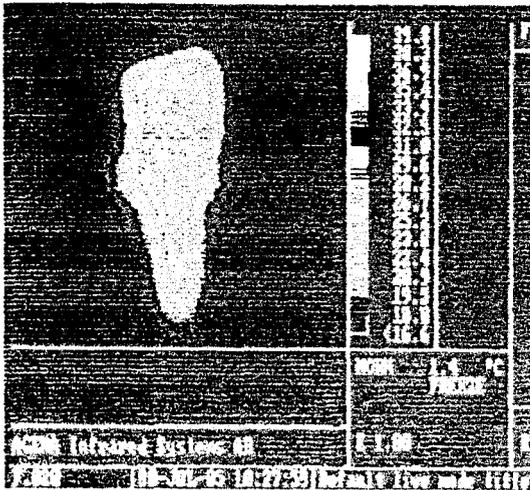


Foto a – Temperatura inicial : 27° C

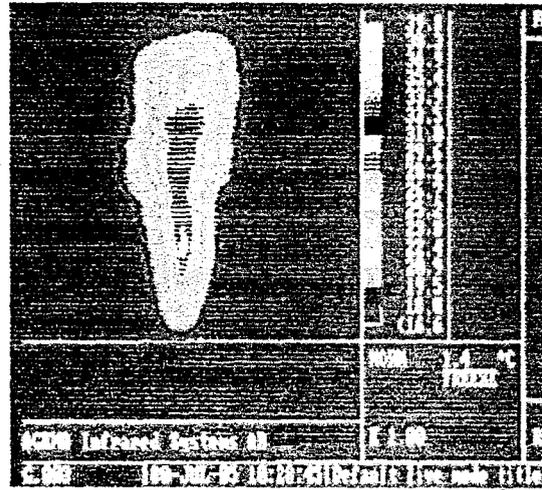


Foto b – Elevação da temperatura a 30° C

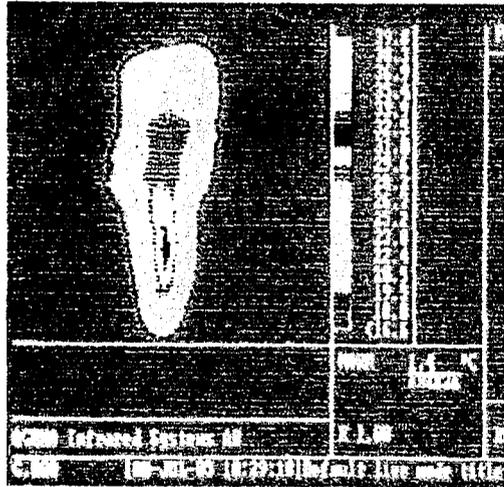


Foto c – Máxima elevação da temperatura a 32° C

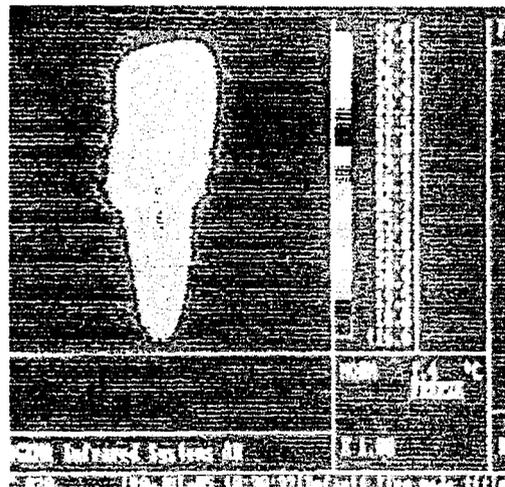


Foto d – Temperatura final após 1min e 15s, de resfriamento

Figura 15 – Fotos da câmera termográfica do dente irradiado pelo laser de Er:YAG, na técnica helicoidal. Verificar a máxima elevação da temperatura no terço apical de 5° C (foto c).

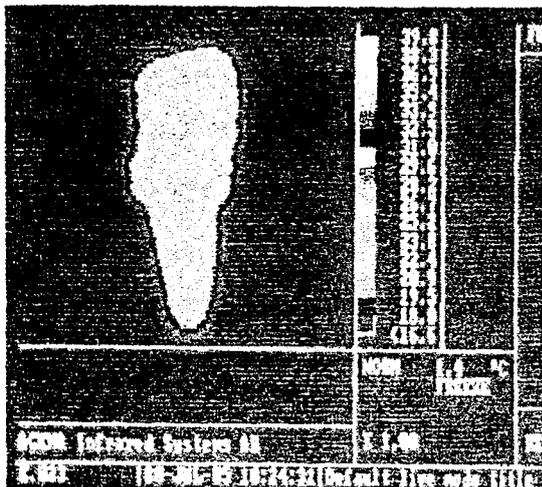


Foto a- Temperatura inicial : 27° C

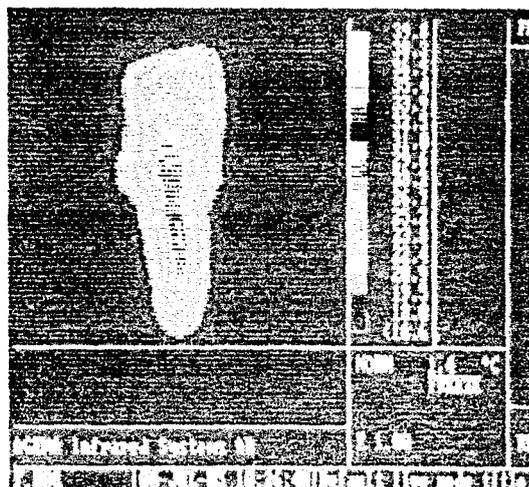


Foto b – Elevação máxima da temperatura a 29,6°C , em alguns pontos do terço médio

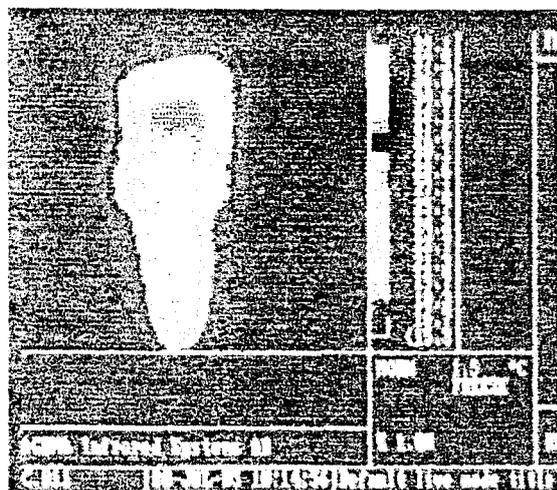


Foto c – Elevação máxima da temperatura a 31° C, após a segunda irradiação.

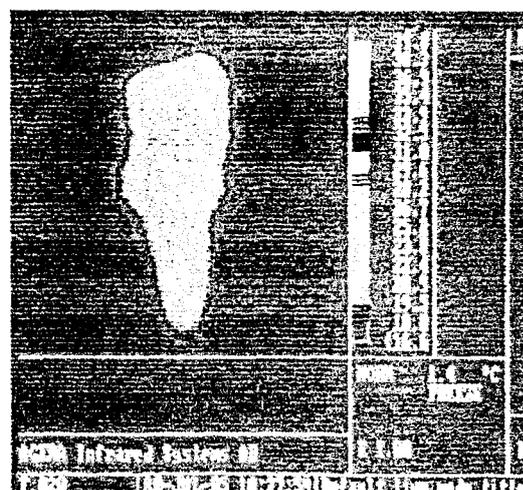


Foto d – Temperatura final após o tempo de 1min e 19s, de resfriamento do dente

Figura 16 – Fotos da câmera termográfica do dente irradiado pelo laser de Er:YAG, na técnica vertical. Observar o maior aumento da temperatura em alguns pontos externos do terço médio a 4° C (fotoc).

ANEXO



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

PARECER nº 27/01
Ref. Protocolo 12/01

O Grupo de Trabalho indicado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, **APROVOU** o protocolo de pesquisa ***“Comparação da infiltração apical em dentes irradiados pelos lasers de Er: YAG e Nd: YAG e avaliação termográfica”***, de responsabilidade da pesquisadora **Cláudia Goya**, sob orientação do Professor Doutor **Carlos de Paula Eduardo**.

São Paulo, 22 de março de 2001


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

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. STERN, R.H., & SOGNAES, R.F. Laser beam effect on dental hard tissues. *J. of Dent. Research*, n. 43, p. 873, 1964.
2. GOLDMAN, L.; HORNBY, P.; MEYER, R. & GOLDMAN, B. Impact of the laser on dental caries. *Nature* 203, p 417, 1964.
3. WEICHMAN, J.A., & JOHNSON, F.M. Laser use in endodontics. A preliminary investigation. *Oral Surgery* v. 31, pp.416-20, 1971.
4. PICK, R.M. Using lasers in clinical dental practice. *J. Am. Dent. Assoc.* v.124, p. 37-47, 1993
5. WIDGOR, H.A.; ABT, E.; ASHRAFI, S.; WALSH, J.T.; The effects of lasers on dental hard tissues. *J. Am. Dent. Assoc.* v; 124, pp.65-70, 1993.
6. WIDGOR, H.A.; WALSH, J.T.; FEATHERSTONE, D.B.; VISURI, S.R.; FRIED, D., & WALDVOGEL, J.L. Lasers in dentistry. *Laser Surg. Med.* v.16, pp. 103-33, 1995.
7. ZAKARIASEN, K.L. et al. Laser fusion of dentin plugs in root canals *J. Dent. Res.*, v. 64, p. 239, 1985. (Abstract 579)
8. SAUNDERS, W.P.; WHITTERS, C.J.; STRANG, R.; MOSELEY, H. PAYNE, A.P.; & MCGADEY, J. The effect of an Nd:YAG pulsed laser on the cleaning of the root canal and the formation of a fused apical plug. *Int. Endod. J.*, v. 28, pp. 213-20, 1995.
9. CARVALHO, C.A.T. **Efeito dos lasers de Nd:YAG e de Er:YAG na adaptação das obturações de canais radiculares: análise do selamento marginal apical.** São José dos Campos, 1999, 155pp. Dissertação (Mestrado em Odontologia Restauradora) - Faculdade de Odontologia de São José dos Campos da Universidade Estadual Paulista.
10. GOYA, C.; YAMAZAKI, R.; TOMITA, Y.; KIMURA, Y.; & MATSUMOTO, K. Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on *smear layer* at the apical stop and apical leakage after obturation. *Int. Endod.*, v. 33, pp.266-71, 2000.
11. SILVA, L.X. **Avaliação in vitro do efeito da irradiação de laser Nd:YAG na permeabilidade dentinária, após o preparo do canal radicular, tendo como fonte de variação a substância química auxiliar.** São Paulo, 2000, 104pp. Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

12. GEKELMAN, D. **Estudo in vitro dos efeitos da irradiação do laser Nd:YAG no selamento do terço apical de obturações endodônticas executadas com e sem tampão dentinário.** São Paulo, 2000, 145pp. Tese (Mestrado em Endodontia) -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.
13. DEDERICH, D.N; ZAKARIASEN, K.L; & TULIP, J. Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentin following Nd:YAG laser irradiation. **J. Endod.** v. 10, pp.428-31, 1984.
14. TAKEDA, F.H; HARASHIMA, T; KIMURA, Y; & MATSUMOTO, K. Comparative study about the removal of *smear layer* by three types of laser devices. **J. Clin. Laser Med. Surg.** v. 16, pp.117-22, 1998a.
15. ERIKSSON, A.R; & ALBREKTSSON, T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. **J. Prosthet. Dent.** v. 50, pp.101-7, 1983.
16. GOODIS, H.E; WHITE, J.M; MARSHALL, S.J; MARSHAL, G.W; & MOSKOWITZ, E. Root canal preparation in endodontics: conventional vs. laser methods. Proceedings SPIE Reprint, San Jose, janeiro 1992; pp.412-22.
17. PAGHDIWALA, A.F. Root resection of endodontically treated teeth by Er:YAG laser irradiation. **J. Endod.**, v. 19, n. 2, pp.91-4, fevereiro 1993.
18. LAGE-MARQUES, J.L; EDUARDO, C.P; & MATSUMOTO, K. A study on morphological changes of the root canal walls lased by pulsed Nd:YAG laser. **J. Jap. Endod. Assoc.**, Showa. v. 16, pp.64-9, 1995.
19. ANIC, H; & MATSUMOTO, K. Permeability, morphologic and temperature changes of canal dentine walls induced by Nd:YAG, CO and argon lasers. **Int. Endod. J.I.**, v.29, pp.13-22, 1996.
20. HARASHIMA, T; TAKEDA, F.H; ZHANG, C; KIMURA, K; MATSUMOTO, K. Effect of the argon laser on the instrumented root canal walls. **J. Japan Endod. Assoc.**, v.18, pp.12-8, 1997.
21. RAMSKOLD, L; FONG, C; STROMBERG, T. Thermal effects and antibacterial properties of energy levels required to sterilize stained root canals with an Nd:YAG laser. **J. Endod.**, Huddinge, v. 23, pp.96-100, 1997.
22. TAKEDA, F.H.; HARASHIMA, T.; ETO, J.N.; KIMURA, Y. & MATSUMOTO, K. Effect of Er:YAG laser treatment on the root canal walls of human teeth: an SEM study. **Endod. Dent. Traumatol.**, v.14, n.6, pp. 270-3, 1998b.

23. ZHANG, C. et al. Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on root canal wall dentin with different laser initiators. *J. Endod.*, v. 24, n. 5, pp.352-5, maio 1998.
24. TANJI, E.Y.; SOARES, S.C.G.; EDUARDO, C.P. M.E.V de canais radiculares irradiados com Er:YAG e Nd:YAG lasers. Anais da **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica**, 15, 1998. Águas de São Pedro: São Paulo; SBPqO, 1998. p. 47.(Abstract A 126)
25. JITOSHO, A.M.A.A.; LIAW, L.H.L.; LEE, W.; & SMITH, P.W. Effects of a 532 nm G-Switted Nanosecond Pulsed laser on Dentin. *J. Endod.* v. 24, n. 6, pp. 427-31, junho, 1998.
26. MATSUOKA, E.; KIMURA, Y.; MATSUMOTO, K. Studies on the removal of debris near the apical seats by Er:YAG laser and assessment with a fiberscope. *J. Clin. Laser Med. Surg.* v. 16, pp. 255-261, 1998.
27. MATSUOKA, E; YONAGA, K; KINOSHITA, J; KIMURA, Y; MATSUMOTO, K. Morphological study on the capability of Er:YAG laser irradiation for root canal preparation. *J. Clin. Laser Med. Surg.* v. 18, pp.215-9, 2000.
28. GOODIS, H. E.; WHITE, J. M.; MARSHALL, S. J; MARSHAL, G. W. & MOSKOWITZ, E. Root canal preparation in endodontics: convencional vs. Laser methods. Proceedings SPIE Reprint, San Jose, pp. 412-422, janeiro1992.
29. STABHOLZ, A. et al. Effects of ND:YAG laser on apical seal of teeth after apicoectomy and retrofill. *J. Endod.* ,v. 18, n. 8 ,agosto 1992.
30. MISERENDINO, L.J; LEVY, G.C; & RIZOU, I.M. Effects of Nd:YAG laser on the permeability of root canal wall dentin. *J. Endod.* ,v. 21, pp.83-7, 1995.
31. GUTKNECHT, N.; MORITZ, A.; CONRADS, G. SIEVERT, T. LAMPERT, F. Bactericidal effect of the Nd:YAG laser *in vitro* root canals. *J. Clin. Las. Med. Surg.*, v. 14, n. 2, pp. 77- 80, 1996.
32. GOUW-SOARES, S.; EDUARDO, C.P.; MATSON, E.; GUTKNETCHT, N.; & LAMPERT, F. Redução bacteriana em dentina contaminada, irradiada pelo laser de Ho:YAG, Anais da **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica**, 1999. Águas de São Pedro: São Paulo, SBPqO, 1999. p.17. (Abstract A 045).
33. KOMORI, et al. Erbium:YAG and Holmium:YAG laser root resection of extracted human teeth. *J. Clin. Las. Med. Surg.*, v. 15, n. 1, pp.9-13, 1997.
34. INAMOTO, T.; HAYASHI, H.; OKUNO, K.; NOGUCHI, K.; & TODA, T. Histopathological changes of root canal walls and periodontal tissues by intracanal Nd:YAG laser irradiation. *Japanese J. Conserv. Dent.*, v. 40, pp. 240-4, 1997.

35. Koba, K; Kimura, Y; & Matsumoto, K. Pulsed Nd:YAG laser application to one-visit treatment of infected root canals in dogs: A histopathological study. *J. Clin. Laser Med. Surg.*, v.16, pp.217-221, 1998.
36. Koba, K; Kimura, K; Matsumoto, K. A clinical study on the effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation at root canals immediately after pulpectomy and shaping, *J. Clin. Laser Med. Surg.*, v. 17, pp. 53-6, 1999.
37. Cussioli, A ;PÉCORA, J.D; BRUGNERA, JR; ZANIN,F; SILVA,R.S. Avaliação da permeabilidade da dentina das paredes dos canais radiculares após a instrumentação dos canais radiculares e aplicação do laser de Er:YAG. Anais do I Congresso Interno de Pesquisa FORP-USP, Ribeirão Preto, maio 1999, p.16.
38. Kimura, Y; Yamazaki, R; Goya, C; Tomita, Y; & Matsumoto, K. A comparative study on the effects of three types of laser irradiation at the apical stop and apical leakage after obturation. *J. Clin. Laser Med. Sur.*, v.17, p.261-6, 1999
39. Yokoyama, K. ; Matsumoto, K.; & Murase, J. Permeability of the root canal wall and occlusion of dentinal tubules by Ag(NH₃)₂F: A comparison of combined use with pulsed Nd:YAG laser or Iontoforesis. *J. Clin. Laser Med. Sur.*, v. 18, n.1, pp. 9-14, 2000.
40. Mello, I. **Influência do laser de Er:YAG aplicado nas paredes do canal radicular no selamento marginal apical de quatro cimentos obturadores.** São Paulo, 2000, 81pp. Tese (Mestrado em Endodontia) – Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.
41. Kimura, Y.; Yonaga, K.; Yokoyama, K.; Matsuoka, E.; Sakai, K.; & Matsumoto, K. Apical leakage of obturated canals prepared by Er:YAG laser. *J. Endod.*, a
42. Eduardo, C.P; Cecchini, R.C.M; & Cecchini, S.C. O papel coadjuvante do Nd:YAG laser na endodontia (caso clínico). *Revista ABO-Nacional*, 1, pp. 102-4. São Paulo, Set./out.. 1993.
43. Hardee, M. W.; Miserendino, L. J.; Kos, W. ; Walia, H. Evaluation of the antibacterial effects of intracanal Nd:YAG laser irradiation. *J. Endod.*, v. 20, n. 8, pp. 277-80, agosto 1994.
44. Moshonov, J; Orstavik, D; Yamaguchi, S; Pettiette, M; & Trope, M. Nd:YAG laser in root canal disinfection. *Endod. Dent. Traumatol.*, v. 11, pp. 220-4, 1995.
45. Gutknecht, N. Long term clinical evaluation of endodontically treated teeth by Nd:YAG lasers. *J. Clin. Laser Med. Surg.*, v.14, n.1, p. 7-11, 1996.

46. MORTIZ, A; DOERBUDAK, ECHT, N; GOJARKHAY, K; SHOOP, U; & SPERR, W. Nd:YAG laser irradiation of infected root canals in combination with microbiological examinations. **J. Am. Dent. Assoc.**, Vienna v. 128, pp. 1525-30, 1997.
47. RAMSKOLD, L. O., FONG, C. D., STROMBERG, T. Thermal effects and antibacterial properties of energy levels required to sterilize stained root canals with an Nd:YAG laser. **J. Endod.**, v. 23, n.2, p. 96-99, Fev. 1997.
48. KLINKE, T.; KLIMM, W.; GUTKNECHT, N. Antibacterial effects of Nd:YAG laser irradiation within root canal dentin, **J. Clin. Las. Med. Surg.**, v.15, n.1, p.29-31, 1997.
49. MORITZ, A.; SCHOOP, U.; GOHARKHAY, K.; JAKOLITSCH, S.; KLUGER, W.; WERNISCH, J.; & SPERR, W. The bactericidal effect of Nd:YAG, Ho:YAG and Er:YAG laser irradiation in root canal: an in vitro comparison. **J. Clin Las. Med. Surg.**, v. 17, n. 4, pp.161-4, 1999.
50. JELINKOVA, H; DOSTOLOVA, T; DUSKOVA, T; & DUSKOVA, J. Er:YAG and alexandrite laser irradiation propagation in root canal and its effect on bacteria. **J. Clin. Laser Med .Surg.**, v. 17, pp.267-72, 1999.
51. AUN, C.E.; BARBERINI A.F.; CAMARGO, S.C.C.; KFOURI, L.S.; & SIMIONATO, M.R.L. Bactericidal effects of Nd:YAG laser intracanal irradiation in endodontics. [SPIE, San Jose: CA, EUA, 1999.]
52. MORITZ, A; JAKOLITSCH, S; GAHARKHAY, K; SCHOOP, U; KLUGER, W; MALLINGER, R; SPERR, W; & GEORGOPOULOS,A. Morphologic changes correlating to different sensitivity of *Escherichia coli* and *Enterococcus faecalis* to Nd:YAG laser irradiation through dentin. **Lasers Surg. Med.**, v. 26, pp. 250-61,2000.
53. CECCHINI, S.C.M.; ZECELL, D.M.; BACHMANN, L.; PINOTTI, M.; NOGUEIRA, G.E.C.; & EDUARDO, C.P. Thermal effects during *in vitro* intracanal application of Er:YAG laser. [Apresentado no VI Congresso Internacional sobre Laser em Odontologia. Maui, Hawai, EUA , julho, 1998.]
54. STREFEZZA, C.; ZECELL, D.M.; BACHMANN, L.; CECCHINI, S.C.; PINOTTI, & M.; EDUARDO, C.P. Thermal effects during in vitro intracanal application of Nd:YAG laser. **J. Dent. Res.**, v. 79, n. 5, pp. 1074, 2000 [Resumo n. A-046]
55. BACHMANN,L.; Strefezza, C.; Zezell, D.M.; & Eduardo, C.P. An alternative procedure for laser irradiation in endodontical therapy.[Apresentado no VII Congresso Internacional sobre Laser em Odontologia. Bruxelas, Bélgica, 30 julho/2 agosto, 2000]

56. BACHMANN, L. **Sistema de entrega de feixe para laser de Ho:YLF e aplicações em endodontia**. São Paulo, 2000, 92pp. Tese (Mestrado em Ciências-- Área de Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Autarquia associada à Universidade de São Paulo.
57. KIMURA, Y; YONAGA, K; YOKOYAMA, K; KINOSHITA, J; OGATA, Y; & MATSUMOTO, K. Root surface temperature increase during Er:YAG laser irradiation of root canals. (b)
58. PAIVA, L. G.; ANTONIAZZI, J. H. **Endodontia** – bases para a prática clínica. 2 ed. São Paulo; Artes Médicas, 1993, 886p.
59. McCOMB, D. & SMITH, D.C. A preliminary scanning electron microscope study of root canals after endodontic procedures. **J. Endod.**, v. 1, n. 7, pp. 238-42., 1975.
60. PASHLEY, D. H. Smear laser: physiological considerations. **Op. Dent.**, v.9, n.3, p. 13-39. Summer 1984.
61. MERYON S. D., BROOK, A. M. Penetration of dentine by three oral bacteria *in vitro* and their associated cytotoxicity. **Int. Endod. J.**, v.23, n.4, p. 196-202, July 1990.
62. SEN, B. H.; PISKIN, B.; BARAN, N. The effect of tubular penetration of root canal sealers on dye microleakage. **Int. Endod. J.**, v.29, n.1, p. 23-28, Jan. 1996.
63. PÉCORA, J. D.; BRUGNERA-JÚNIOR, A. CUSSIOLI, A. L.; SLIVA, R. Evaluation of dentin root canal permeability after instrumentation and Er:YAG laser application. **Lasers Surg. Med.**, v.26, n. 3, p. 277-281. 2000.
64. BERGER, C.R. **Endodontia**. São Paulo: Ed. Pancast, 1998.
65. BYSTRON, A., SUNDQVIST, G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. **Scand. J. Dent. Res.**, v 84, p 321-328, 1981.
66. SJÖGREN U Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of theet with apical periodontitis. **Int. Endod. J.**, v.30, n.5, p. 297-306. Sept 1997.
67. TRONSTAD, L. pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide **J. Endod**, v.7, n.1, p. 17-21, Jan. 1981.
68. ESTRELA, C. *In vitro* determination of direct antimicrobial effect of calcium hydroxide **J. Endod** v 24, n.1, p. 15-17. Jan. 1998.
69. ROONEY, J. MIDDA M. LEEMING, J. A laboratory investigation of the bactericidal effect of a Nd:YAG laser **Br. Dent. J.**, v. 176, n.2, p. 61-61, Jan. 1994.

70. TSENG, P. The bactericida effect of a Nd:YAG laser *in vitro*. **J. Dent. Res.**, v. 70, n.4, p. 650, Apr. 1991. (Abstract 7).
71. MOURA, A.A.M.; ROBAZZA, C.R.C.; & PAIVA, J.P. A Relação entre Permeabilidade dentinária e o uso do Endo-PTC no Preparo do Canal . Estudo *in vitro* e *in vivo*. **Ver. Assoc. Paul. Cirurg. Dent.**, v. 32, n. 1, p. 37-46, janeiro, 1978.
72. ROBAZZA, C.R.C; PAIVA, J.G.; & ANTONIAZZI, J.H. Variações da Dentina Radicular Humana Quando do Emprego da Alguns Fármacos Auxiliares do Preparo Endodôntico. Contribuição ao Estudo. **Ver. Assoc. Paul. Cirurg. Dent.**, v. 35, n. 6, pp. 528-33, novembro, 1981.
73. PROKOPOWITSCH, I.; MOURA, A.A.M.; & MUENCH, A.. A Analise *in vitro* de permeabilidade dentinária radicular do terço apical, tendo com fonte de variação a substância química auxiliar da Instrumentação. **Ver. Odontol. USP.**, v.3, n. 2, pp. 345-53, abr./jun., 1989.
74. MACHIDA, T.; KOUJI, R; SAITO, K; FUNATO, A; MATSUMOTO, K. Study on temperature raising in tooth structure at irradiating Er:YAG laser. **J. Jpn. Endod. Assoc.**, 19, pp. 38-40, 1998.
75. KIMURA, Y; WILDER, S.; & MATSUMOTO, K. Lasers in endodontics: A review. **Int. Endod. J.**, v. 33, pp. 173- 85, 2000b



M22288



Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 - Cidade Universitária - CEP 05508-000

Fone (0XX11) 3816-9000 - Fax (0XX11) 3812-3546

SÃO PAULO - São Paulo

[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 e associada à Universidade de São Paulo para fins de ensino de Pós-Graduação.