

**Efeito da irradiação do laser diodo 980 nm na microdureza da
dentina radicular tratada previamente com diferentes
soluções irrigantes**

Raquel Viapiana

Orientadora: Profa. Dra. Yara T. C. Silva-Sousa

Ribeirão Preto
2009

**Efeito da irradiação do laser diodo 980 nm na microdureza da
dentina radicular tratada previamente com diferentes
soluções irrigantes**

Raqueli Viapiana

Orientadora: *Profa. Dra. Yara T. C. Silva Sousa*

Ribeirão Preto

2009

Raquel Viapiana

Efeito da irradiação do laser diodo 980 nm na microdureza da dentina radicular tratada previamente com diferentes soluções irrigantes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração Endodontia.

Orientadora: *Profa. Dra. Yara T. C. Silva Sousa*

Ribeirão Preto

2009

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento
Técnico da Biblioteca Central da UNAERP

- Universidade de Ribeirão Preto -

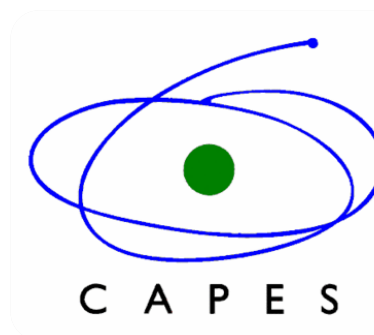
V617e Viapiana, Raqueli, 1984 -
Efeito da irradiação do laser diodo 980 nm na microdureza
da dentina radicular tratada previamente com diferentes soluções
irrigantes / Raqueli Viapiana. - - Ribeirão Preto, 2009.
114 f.: il. Color + anexos.

Orientadora: Profa. Dra. Yara Teresinha Corrêa Silva Sousa.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Ribeirão Preto,
UNAERP, Odontologia, área de concentração: Endodontia.
Ribeirão Preto, 2009.

1. Odontologia. 2. Endodontia. 3. Laser - Odontologia.
4. Dureza - Odontologia. I. Título.

CDD: 617.6342



Este trabalho foi realizado no Laboratório de Pesquisas em Odontologia e no Centro de Estudos de Laser na Odontologia (CELO) da Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP com apoio financeiro da CAPES-PROSUP (nº 012/02-5).



Dedicatórias

***"A mente que se abre a uma nova idéia, jamais voltará
ao tamanho original".***

(Albert Einstein)

A **DEUS**, pelo conforto do meu coração nas horas mais difíceis, enquanto estive longe das pessoas que mais amo nesta vida.

À **Nossa Senhora Aparecida**, guardiã de minha vida.

Aos meus queridos pais,

Cláudio Viapiana e Sônia Viapiana,

“Amar não é construir no meu lugar... é me ensinar o valor de construir”

A vocês, que me deram a vida e ensinaram que ela não oferece tudo, mas que, na maioria das vezes, é preciso lutar com sabedoria e respeito pelos nossos sonhos.

... que mesmo distantes, iluminaram meu caminho com dedicação e perseverança para que eu o trilhasse sem medo.

... que se doaram por inteiro e, muitas vezes, renunciaram aos seus desejos, para que eu pudesse realizar os meus.

... que mostraram que não existe ser humano perfeito, mas que mesmo diante aos meus defeitos, posso dar o melhor de mim.

... que me deixaram livre e confiaram para eu caminhasse sozinha, provando o sabor das vitórias e o gosto amargo das derrotas, sempre em mente que isto é preciso para a construção dos alicerces da sabedoria do homem.

Pai e mãe, obrigada por estarem sempre presentes em minha vida.

Amo vocês!

Meus Irmãos,

Ricardo Viapiana e Gabriela Viapiana,

"Não importa se faz sol, se faz frio lá fora ou se as flores esqueceram de nascer...

a única coisa que sei, é que sempre estaremos juntos".

As diferenças são claras, mas é assim que cada um contribui para que o outro jamais caia em desilusão. Obrigada pelo carinho e doação.

Vocês estão no meu coração!

Aos meus avós,

Abrão Rosa da Silva e Noeli Pedroso da Silva

Antônio José Viapiana e Elsa V. Consalter Viapiana

*"Cada ruga tua representa uma história para contar, um conselho para dar, uma
palavra de esperança, um ombro para consolar...
e por isso tu és exemplo de vida!"*

Obrigada pela força e compreensão nos momentos que estive distante e
saibam que vocês sempre estiveram em meus pensamentos.

Aos meus familiares,

*"A verdadeira família é aquela
unida não apenas pelo sangue, mas sim pelo espírito de fraternidade".*

E, em especial, ao meu tio

Cleomar Viapiana

"O horizonte segue além do que seus olhos podem ver"

O seu incentivo foi essencial para eu criasse coragem para ir além do que está diante dos meus olhos e percebesse que não há limites para nossos sonhos quando se acredita neles.

Muito obrigada!

Aos meus amigos,

"A amizade é um dom que muitos possuem, mas poucos sabem cultivá-la..."

Obrigada por me ouvir, aconselhar e apoiar em todos os momentos, mas principalmente, pela compreensão concedida.



Agradecimentos

"A gratidão é o único tesouro dos humildes"
(William Shakespeare)

À minha orientadora e coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto, **Profa. Dra. Yara Teresinha Corrêa Silva Sousa**, obrigada por ter depositado sua confiança em minha pessoa. A sua dedicação, delicadeza, inteligência, educação e profissionalismo foram essenciais na realização deste trabalho. Sinto imenso orgulho em dizer que sou uma seguidora de sua filosofia de ensino e pesquisa. Obrigada por tornar esse sonho possível e por guiar cada passo dado nesta jornada.

À **Universidade de Ribeirão Preto**, na pessoa do seu Magnífico Chanceler **Prof. Dr. Eletro Bonini** e sua Magnífica Reitora **Profa. Dra. Elmara Lúcia de Oliveira Bonini Corauci** que possibilitou a realização deste trabalho.

Ao **Prof. Dr. Manoel D. Sousa Neto**, pela confiança concedida e contribuição científica com o delineamento e execução deste trabalho. Levo de recordação o seu exemplo de liderança e profissionalismo acadêmico e científico.

Ao **Prof. Dr. Aldo Brugnera Júnior** pela confiança concedida e disponibilidade do aparelho Laser utilizado no presente estudo.

À **Profa. Dra. Regina Guenka Palma Dibb** por sua solicitude e auxílio com os equipamentos do Laboratório de Dentística Restauradora da FORP-USP

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto, **Prof. Dr. Antonio Miranda da Cruz Filho, Prof. Celso Bernardo de Souza Filho, Prof. Dr. Edson Alfredo, Prof. Dr. Danyel Elias da Cruz Perez, Prof. Dra. Lisete Diniz Casagrande, Profa. Dra. Melissa Andréia Marchesan, Profa. Dra. Neide Aparecida de Souza Lehfeld, Prof. Dr. Ricardo Gariba Silva, Prof. Dr. Luiz Pascoal Vansan e Prof. Manoel Henrique Gabarra**, muito obrigada pelo aprendizado e contribuição na minha formação profissional.

À **Profa. Aline Evangelista de Souza Gabriel**, por sua colaboração e sugestões durante o desenvolvimento deste estudo. Obrigada por estar presente me ensinando e apoiando em todos os momentos de dificuldade.

Ao **Prof. Dr. Edson Alfredo** pelo acompanhamento direto e apontamentos indispensáveis durante a fase experimental.

Ao **Prof. Dr. Silvio Rocha Corrêa Silva**, pela disponibilidade e ajuda concedida sempre que solicitada

À **Profa. Dra. Melissa Andréia Marchesan** pelo convívio agradável, aprendizado, pela confiança, conselhos e, principalmente, pela amizade.

Ao **Prof. Dr. Luiz Pascoal Vansan**, pela oportunidade concedida no acompanhamento das aulas do curso de pós-graduação. Foi um prazer compartilhar algumas horas de trabalho ao seu lado, que certamente contaram como experiência inicial em minha atividade como docente. Muito Obrigada!

Ao **Prof. José Estevam Vieira Ozório**, por me confiar o atendimento à pacientes na Faculdade de Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto, o que muito contribuiu para o desenvolvimento de minhas habilidades profissionais.

Aos colegas de mestrado da oitava turma de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto: **Profa. Adriana C. Lima, Prof. Alison L. Kirchhoff, Caroline Zamin, César A. P. Oliveira, Prof. Ernando Assunção Ferreira, Prof. Felipe Barros Matoso, Jorge A. da Costa, Profa.**

Livia M. Rodrigues, Prof. Lisandro Gonçalves, Marcelo F. Munhoz e Profa. Roseli Ap. Azevedo, pela união, carinho, amizade e sinceridade. Lembrem-se que dificilmente haverá turma unida igual a nossa!!!

Aos colegas bolsistas, **Prof. Alessandro Rogério Giovani, Prof. Fuad Jacob Abi Rached Junior e Zigomar Hideo Fecchio Nasser Horiuchi**, pelas horas agradáveis de convívio no laboratório de pesquisa e companheirismo e, em especial, à **Prof. Livia Maria Rodrigues** que me acolheu nesta cidade e esteve presente em todos os momentos de dificuldades. Livia, você foi um ombro amigo nestes dois anos, muito obrigada por proporcionar momentos de alegria quando a saudade e a solidão manifestavam-se por estar longe de minha família.

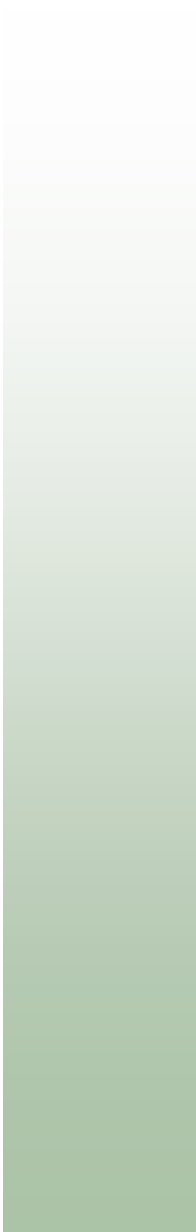
Agradecimento especial ao **Prof. Dr. João Vicente Baroni Barbizam, Prof. Dr. José Roberto Vanni, Profa. Dra. Noeli Boscatto, Profa. Miriam Lago Magro, Prof. Dr. Marcos Vinícius Só e Prof. Edson Pelisser** pelos ensinamentos e incentivo para realização do mestrado.

Às colegas **Muriel Donato, Noeli Boscatto, Elisângela Manfroi Lopes, Denise Hartmann, Viviane Bongiorno e Tatiana Laimer**, pela amizade e compreensão.

Às secretárias da pós-graduação **Cecília Maria Zanferdine e Joana Néia Vieira** por sempre estarem prontas para ajudar.

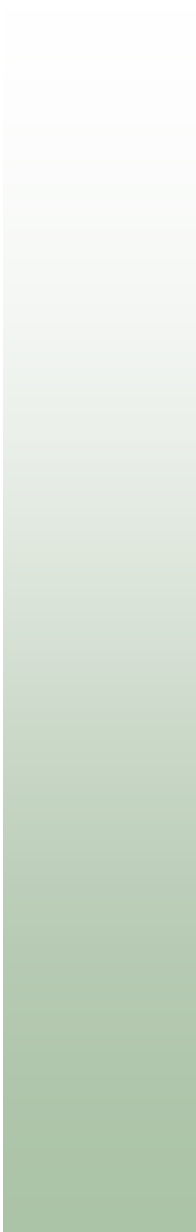
Aos funcionários do ***Curso de Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto*** pelo respeito e ajuda durante este período.

À ***CAPES***, pelo apoio financeiro concedido por meio da bolsa de Mestrado que tornou possível a realização deste trabalho.



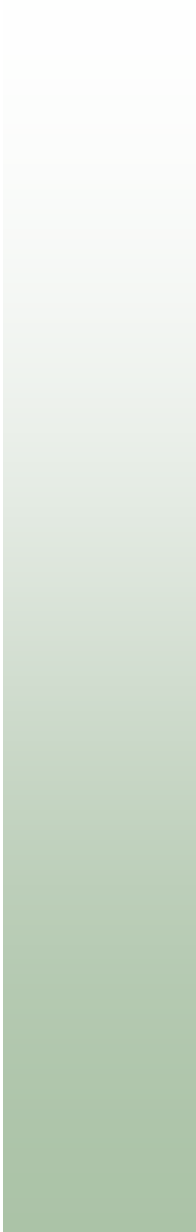
Resumo

O objetivo do presente estudo foi avaliar, *in vitro*, o efeito da irradiação do laser diodo 980 nm, nas potências 1,5 e 3,0 W, com frequência 100 Hz, sobre a microdureza da dentina radicular em diferentes profundidades. Setenta e duas raízes de caninos humanos foram instrumentadas e distribuídas aleatoriamente em 3 grupos (n=24), de acordo com a solução irrigante utilizada no preparo biomecânico: GI- água destilada e deionizada ultra pura de Milli Q (controle); GII- NaOCl 1% e GIII- NaOCl 1% + EDTA 17%. Cada grupo foi subdividido (n=8) de acordo com a potência do laser: A- sem irradiação (controle); B- 1,5 W e C- 3,0 W. Realizou-se aplicação única do laser no interior dos canais radiculares com movimento helicoidal por 20 segundos. As raízes foram seccionadas em *slices* de 2,5 mm e o fragmento correspondente ao terço médio foi polido e submetido ao teste de microdureza (Knoop), com carga de 25 g por 10 segundos, variando a distância a partir da luz do canal em direção à superfície radicular externa (30, 90, 150 e 300 μm). A análise de variância demonstrou não haver diferença estatisticamente significativa ($p>0,05$) entre as soluções irrigantes utilizadas. O teste de Tukey-Kramer demonstrou que os valores de microdureza (KHN) para os grupos irradiados com laser diodo nas potências 1,5 W ($49,7\pm 11,2$) e 3,0 W ($50,6\pm 11,9$) foram estatisticamente semelhantes entre si ($p>0,05$) e diferentes estatisticamente ($p<0,05$) do grupo sem irradiação (controle) ($45,0\pm 9,7$), que apresentou os menores valores. Os maiores valores de microdureza foram obtidos nas profundidades de 150 μm ($49,2\pm 11,0$) e 300 μm ($52,3\pm 11,3$), semelhantes estatisticamente entre si ($p>0,05$) e diferentes estatisticamente ($p<0,05$) da profundidade de 30 μm ($44,4\pm 10,5$). Pode-se concluir que a microdureza do terço médio da dentina radicular aumentou após aplicação do laser diodo 980 nm à medida que se distanciou da luz do canal em direção à superfície externa da raiz, independentemente da solução irrigante utilizada no preparo biomecânico.



Summary

The purpose of the present study was to evaluate, *in vitro*, the effect of 980 nm diode laser irradiation, in potencies of 1.5 and 3.0 W and 100 Hz frequency, on microhardness of radicular dentine in different depths. Seventy two roots of human canines were instrumented and randomly distributed into 3 groups (n=24), according to the irrigating solution used in the biomechanical preparation: GI - distilled and deionized ultrapure Mili Q water (control); GII - 1% NaOCl and GIII - 1% NaOCl + 17% EDTA. Each group was subdivided (n=8) according to the laser potency: A- no irradiation (control); B – 1.5 W and C – 3.0 W. The laser application inside the root canals was performed with helical movements for 20 seconds. Roots were sectioned in slices and the fragment corresponding to the medium third was polished and submitted to the microhardness test (Knoop) using load cell of 25 g for 10 seconds, varying the distance from the canal lumen toward the external root surface (30, 90, 150 and 300 μm). ANOVA showed no statistically significant difference ($p > 0.05$) among the irrigating solutions. Tukey-Kramer test showed that the microhardness values (KHN) obtained in the irradiated groups with 1.5 W (49.7 ± 11.2) and 3.0 W (50.6 ± 11.9) were statistically similar between themselves ($p > 0.05$) and statistically different ($p < 0.05$) from the group no irradiated (control) (45.0 ± 9.7), which presented the inferior microhardness values. The higher microhardness values were obtained at 150 μm (49.2 ± 11.0) and 300 μm (52.3 ± 11.3), statistically similar between themselves ($p > 0.05$) and statistically different ($p < 0.05$) from the depth of 30 μm (44.4 ± 10.5). It can be concluded that microhardness of the medium third of radicular dentine increased after the application of the 980 nm diode laser as measurements were far from the canal lumen, regardless of the irrigating solution used in biomechanical preparation.



Sumário

Resumo

Summary

Introdução..... 01

Revista da Literatura..... 07

Proposição..... 52

Material e Métodos..... 54

Resultados..... 66

Discussão..... 71

Conclusões..... 79

Referências Bibliográficas..... 81

Anexo



Introdução

O sucesso da terapia endodôntica está diretamente relacionado à realização criteriosa e asséptica de todas as fases do processo, envolvendo a abertura, limpeza, desinfecção, modelagem e obturação dos sistemas de canais radiculares (HÜLSMANN et al., 2003).

Durante o preparo biomecânico, a ação dos instrumentos endodônticos associada às propriedades físico-químicas das soluções irrigantes e dos medicamentos, promove a limpeza do sistema de canais radiculares, favorecendo o reparo dos tecidos periapicais (SIQUEIRA JR et al., 2000; BERBER et al., 2006; MARENDING et al., 2007b; BERUTTI et al., 1997).

Nas últimas décadas, pesquisas têm sido realizadas com o propósito de desenvolver e aprimorar novas técnicas e instrumentos que possibilitem a realização do preparo de canais radiculares de forma mais rápida, segura e eficaz. Dentre estas, destaca-se a aplicação do laser na Endodontia, que pode ser um importante aliado nessa especialidade, uma vez que tem a capacidade de agir no sistema de canais radiculares propiciando efeitos como alteração da morfologia da parede dentinária e remoção da camada de *smear* (TAKEDA et al., 1998; TAKEDA et al., 1999; MORITZ et al., 2001; DA COSTA RIBEIRO et al., 2007; FARIA et al., 2008), redução microbiana (GUTKNECHT et al., 2004; SCHOOP et al., 2004; STABHOLZ et al., 2004; BERGMANS et al., 2006; LEE et al., 2006), selamento do forame apical (NEIBURGER, 1992) e alteração da permeabilidade dentinária (MARCHESAN et al., 2008a).

Vários fatores interferem na absorção do laser pelo tecido, como comprimento de onda, densidades de potência e energia, duração da aplicação e modo de operação do equipamento, além da composição do tecido irradiado (STABHOLZ et al., 2004; SCHOOP et al., 2006). Desta forma, cada tipo de laser tem sua peculiaridade, pois são oriundos de substâncias químicas diferentes e têm efeitos específicos sobre tecidos do organismo (COLUZZI, 2000).

Dentre os diferentes tipos de lasers, os de Er:YAG (Érbio:Ítrio-Alumínio-Granada – comprimento de onda 2.940 nm) e Nd:YAG (Neodímio:Ítrio-Alumínio-Granada – comprimento de onda 1.064 nm) são os mais pesquisados e têm demonstrado aplicabilidade na Endodontia (LEE et al., 2002; BERGMANS et al., 2006; FARIA et al., 2008; SOUZA-GABRIEL et al., 2009). Uma nova alternativa de laser de alta potência é o laser diodo 980 nm, que apresenta baixo custo de aquisição e de manutenção, maior portabilidade devido ao tamanho compacto e versatilidade para ser utilizado nas diferentes especialidades odontológicas (GUTKNECK et al.; 2004). Este laser, produzido a partir de um material semicondutor, é transmitido por fibras flexíveis e finas, que se adaptam perfeitamente às dimensões reduzidas e formas curvas dos canais radiculares (GUTKNECK et al., 2004; SCHOOP et al., 2006; MARCHESAN et al., 2008a; ALFREDO et al., 2009), o que o torna adequado para aplicação no sistema de canais radiculares.

Embora ainda sejam poucos os estudos, o laser de diodo 980 nm tem sido pesquisado com o objetivo de verificar sua efetividade e viabilidade quando utilizado como recurso na terapêutica endodôntica (WANG et al., 2005; SCHOOP et al., 2006; GUTKNECK et al., 2004; ALFREDO et al., 2008a; MARCHESAN et al., 2008a; MARCHESAN et al., 2008b; ALFREDO et al., 2009). COLUZZI (2000) relatou que a profundidade de penetração dos lasers de diodo (810 a 980 nm) é 10.000 vezes maior que a obtida com o laser de Er:YAG, podendo atuar mais profundamente no interior dos túbulos dentinários. Esta capacidade de penetração foi confirmada por GUTKNECK et al. (2004), que observaram redução do número de microrganismos em até 500 μm de profundidade na dentina quando utilizaram o laser diodo 980 nm. WANG et al. (2005) verificaram que o laser diodo 980 nm é capaz de remover a camada de *smear* e debris dos canais radiculares, além de reduzir a infiltração apical após a obturação do canal radicular. SCHOOP et al. (2006) encontraram redução bacteriana significativa no canal radicular quando da utilização do laser diodo 980 nm com 2,5 W no modo contínuo de irradiação.

Tendo em vista os efeitos provocados pela irradiação, o calor gerado pela interação da energia com o tecido dentinário pode se tornar fator limitante na aplicação do laser intracanal. Sendo assim, ALFREDO et al. (2008a) estudaram a variação de temperatura na superfície de raízes após irradiação com este laser, em diferentes potências e modos de aplicação, e verificaram que as potências de 1,5 e 3,0 W eram compatíveis com os níveis de tolerância tecidual.

Em relação às alterações ultra-estruturais, MARCHESAN et al. (2008b) observaram intensificação gradual dos efeitos, de acordo com os parâmetros utilizados, que variaram da remoção da camada de *smear* até a fusão da dentina. ALFREDO et al. (2009) evidenciaram que a aplicação do laser diodo 980 nm na presença de NaOCl e EDTA, independentemente dos parâmetros utilizados, resultou em alterações da morfologia da dentina, diferente do aspecto observado nos espécimes não irradiados e tratados com as soluções propostas, sendo que os espécimes tratados com NaOCl previamente à irradiação mostraram superfícies com camada de *smear* modificada, fissuras e poucos túbulos visíveis, enquanto que as superfícies tratadas com EDTA e irradiadas apresentaram ausência de camada de *smear*, túbulos parcialmente expostos e áreas de fusão. Essas alterações morfológicas observadas podem ratificar os resultados obtidos por MARCHESAN et al. (2008a), que verificaram diminuição da permeabilidade da dentina tratada com laser diodo 980 nm, nos mesmos espécimes em que ocorreu fusão da superfície.

ALFREDO et al. (2008b) observaram também que as alterações morfológicas produzidas pela irradiação com laser diodo 980 nm ocasionaram diminuição na adesividade dos cimentos endodônticos.

No entanto, os resultados destes estudos ainda não são suficientes para elucidar todos os efeitos e as conseqüências da interação entre o laser de diodo e a dentina. Nesse contexto, torna-se necessário verificar o efeito da aplicação

intra canal de variados parâmetros do laser diodo 980 nm na microdureza da dentina radicular.



Revista da Literatura

PASHLEY et al. (1985) estudaram a correlação entre microdureza dentinária e densidade tubular em dentes humanos permanentes. Foram utilizados coroas de terceiros molares que tiveram o tecido da câmara pulpar removido e os túbulos corados com azul de tripan e vermelho congo. Os corantes foram injetados na região dos cornos pulpares para que se difundissem em direção a superfície dentinária. A porção oclusal de esmalte foi descartada e o segmento remanescente foi seccionado em fatias com espessura de 0,5 mm. As superfícies dos fragmentos foram lixadas e polidas. O teste de microdureza (Knoop) foi realizado somente na zona de dentina corada utilizando carga de 100 gramas, sendo que cada fragmento recebeu de 17 a 81 indentações, de acordo com a área de dentina corada. Para expressar a densidade tubular, fotografias das indentações foram realizadas com aumento de 240x. Em cada imagem, um retângulo foi desenhado junto ao longo eixo da indentação limitando a área a ser analisada e o número de túbulos presentes foi contado para determinar a densidade tubular. Os valores de microdureza variaram de 25 a 81,7, enquanto que a densidade tubular variou de 1,95 a $5,65 \times 10^4$ túbulos por mm^2 , sendo que a zona de pré-dentina ou camada odontoblástica apresentou em média $8,29 \times 10^4$ túbulos por mm^2 . Os maiores valores de microdureza foram observados na porção oclusal do segmento coronário. Com estes dados, os autores afirmaram que existe correlação inversa entre densidade tubular e microdureza da dentina, ou seja, a densidade de túbulos dentinários aumenta nas proximidades da polpa, enquanto a microdureza diminui.

Isto provavelmente está em função da diminuição da quantidade de dentina intertubular e aumento do diâmetro dos túbulos dentinários.

NEIBURGER (1992) descreveu meios para selar o ápice de dentes tratados endodonticamente utilizando o laser CO₂. Trinta e cinco dentes foram obturados e irradiados utilizando diferentes parâmetros do laser CO₂ e o selamento apical foi analisado microscopicamente, radiograficamente e mecanicamente. O autor concluiu que a exposição direta ao laser dióxido de carbono com 15 ou mais watts de potência e 0,5 segundo de duração poderá selar completamente a abertura apical de dentes anteriores.

KINNEY et al. (1996) estudaram a microdureza da dentina peritubular e intertubular de terceiros molares à distância de 1 mm em relação ao esmalte e a 1 mm em relação à polpa. Os valores de microdureza da dentina peritubular foram dependentes da localização, variando de 2,23 a 2,54 GPa, sendo que foram maiores nas proximidades da junção dentina-esmalte (valores que variaram de 0,49 a 0,52 GPa) quando comparados com aqueles obtidos nas proximidades da polpa (0,12-0,18 GPa). Além disso, os autores verificaram o módulo de elasticidade da dentina e obtiveram valores médios de 29,8 GPa para a dentina peritubular, enquanto que a dentina intertubular apresentou médias que variaram de 17,7 a 21,1 GPa, com menores valores obtidos nas adjacências da polpa.

BERUTTI et al. (1997) estudaram a capacidade de penetração e desinfecção de diferentes soluções irrigantes nos túbulos dentinários. Vinte e quatro incisivos superiores tiveram o forame apical selados, foram esterilizados e os canais foram

inoculados com *Enterococcus faecalis*. Após 20 dias, oito raízes foram utilizadas para confirmar a viabilidade bacteriana e o restante foi dividido em dois grupos (n=8) de acordo com a solução irrigante utilizada: Grupo A- irrigação com NaOCl 5% seguido de EDTA 10% e Grupo B- irrigação com EDTA 10% seguida da utilização de um tensoativo (TRITON) e NaOCl 5% entre cada troca de instrumentos. As soluções utilizadas foram neutralizadas com solução fisiológica. Os espécimes foram descalcificados, desidratados, incluídos em parafina e realizaram-se cortes seriados longitudinais da porção radicular (7 µm). Os fragmentos foram corados para realizar a análise da penetração das bactérias no interior dos túbulos dentinários. O grupo A mostrou área residual de infecção bacteriana que se estendia até 300 µm na dentina, enquanto que o grupo B apresentou dentina sem infecção bacteriana até 130 µm em relação à luz do canal radicular. Os autores sugeriram que a camada de *smear* pode ter sido responsável pela falta de ação antibacteriana em profundidade na dentina quando tratada com NaOCl.

TAKEDA et al. (1998) investigaram as alterações morfológicas e a capacidade de remoção da camada de *smear* das paredes dos canais radiculares do laser Er:YAG. Trinta e seis incisivos inferiores humanos tiveram suas coroas seccionadas e os canais radiculares ampliados até o instrumento de calibre #40 por meio da técnica *step back*, utilizando 3 mL de NaOCl 5,25% e H₂O₂ alternadamente. As raízes foram separadas no sentido longitudinal e as hemiseções distribuídas aleatoriamente em três grupos (n=12): Grupo 1- não irradiado

(controle); Grupo 2- superfície da parede do canal radicular irradiada com laser Er:YAG (2.940 nm), com potência de 1 W, energia de pulso de 1 mJ, 10 Hz de frequência durante 3 segundos e Grupo 3- utilizou os mesmos parâmetros do grupo 3 e aplicação por 5 segundo. A irradiação foi aplicada em direção perpendicular a uma distância de 2 cm em relação à superfície do canal, mantendo esta superfície umedecida. Os espécimes foram desidratados em série ascendentes de solução de etanol e submetidos à análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV). O grupo controle apresentou espessa camada de *smear* obstruindo a entrada dos túbulos dentinários, enquanto que as superfícies irradiadas apresentaram-se livres de camada de *smear* e túbulos dentinários abertos. De acordo com os autores, a irradiação com laser Er:YAG apresenta eficiente capacidade de limpeza sobre as paredes de canais radiculares instrumentados.

WANG et al. (1998) estudaram as propriedades mecânicas da dentina radicular humana. Vinte dentes humanos, incluindo pré-molares, molares e incisivos foram cortados de forma a obter fatias da dentina radicular que foram submetidas à MEV, microscopia eletrônica de transmissão (MET) para verificar a orientação das fibras colágenas, análise radiográfica pelo método *microbeam* para observar a disposição dos cristais e teste de microdureza. Observou-se que as fibras colágenas se orientavam principalmente no sentido raiz-coroa, enquanto que os cristais de apatita apresentaram-se alinhados em direções diferentes e na forma de aglomerados. Sendo assim, a estrutura é anisotrópica com relação à orientação

das fibras colágenas, mas não em relação à disposição dos cristais. A microdureza Vickers foi a mesma nos três planos ortogonais analisados na dentina radicular e, da mesma forma, a microdureza Knoop quando a diagonal maior esteve alinhada perpendicularmente às fibras colágenas. Os autores concluíram que a dentina é isotrópica nos três planos analisados para microdureza Vickers, contudo é anisotrópica em estrutura e este paradoxo é atribuído principalmente à forma variável de organização dos cristais de apatita.

SALEH; ETTMAN (1999) verificaram o efeito de diferentes soluções irrigantes na microdureza da dentina radicular. Dezoito incisivos superiores hígidos tiveram suas coroas seccionadas na junção cimento-esmalte e os canais radiculares ampliados até o instrumento de calibre #50, sendo que na troca de instrumentos foram irrigados com solução salina. Cada raiz foi seccionada transversalmente de forma a obter segmentos da porção cervical, média e apical (3 mm) que foram incluídos com resina acrílica em anéis metálicos. A porção coronária de cada segmento foi polida e submetida ao teste de microdureza, com o objetivo de obter o valor antes da ação das soluções irrigantes (controle). O teste de microdureza Knoop foi realizado utilizando carga de 100 g durante 15 segundos, nas profundidades de 500 e 1000 µm em relação à interface dentina-polpa. Em seguida, esta superfície coronária foi isolada e os canais dos segmentos radiculares do primeiro grupo (n=9) receberam irrigação alternada de solução de H₂O₂ 3% e NaOCl 5%, enquanto que no segundo grupo a irrigação foi realizada com EDTA 17%. O volume total utilizado na irrigação foi de 1 mL que permaneceu

em contato com a dentina por 60 segundos. Após a irrigação os valores de microdureza foram novamente obtidos e comparados com o controle. Os resultados mostraram que tanto a irrigação com NaOCl/H₂O₂, quanto com EDTA 17%, diminuíram os valores de microdureza da dentina radicular em ambas as profundidades analisadas, contudo, o grupo do EDTA promoveu maior redução na microdureza quando comparado ao grupo NaOCl/H₂O₂. Os autores concluíram que ambas soluções reduziram a microdureza da dentina radicular.

TAKEDA et al. (1999) verificaram a capacidade de remoção da camada de *smear* de diferentes soluções irrigantes e de dois sistemas lasers por meio de MEV. Dentes uniradiculares foram instrumentados, irrigados com NaOCl 5,25% e H₂O₂ 3%, alternadamente, entre as trocas de instrumentos e distribuídos aleatoriamente em cinco grupos (n=12) de acordo com a solução utilizada na irrigação final ou sistema laser utilizado: EDTA 17% (controle); ácido cítrico 6%, ácido fosfórico 6%; irradiação com laser CO₂ (comprimento de onda 10.600 nm, potência 1 W e CW) ou irradiação com laser Er:YAG (comprimento de onda 2.940 nm, 1 W, 100 mJ e 10 Hz). Para aplicação do laser, a fibra do laser foi introduzida no canal, ativada por 3 segundos no terço apical e removida em direção coronária e tempo total de irradiação de 23 segundos no grupo do laser CO₂ e 15 segundos no grupo do laser Er:YAG. Os dentes foram clivados e as alterações observadas em MEV. O grupo controle apresentou túbulos dentinários abertos no terço médio e pouca *smear* no terço apical. Espécimes irrigados com ácido fosfórico ou cítrico mostraram superfícies limpas no terço médio, porém, a camada de *smear* não foi

completamente removida no terço apical. Os dentes irradiados com laser CO₂ apresentaram superfícies limpas, ausência da camada de *smear* e áreas de fusão. Nos espécimes irradiados com laser Er:YAG, verificou-se ausência de *smear* e túbulos dentinários abertos, tanto no terço médio quanto apical. A análise estatística mostrou não haver diferença estatisticamente significativa na limpeza das paredes dos canais radiculares promovida pelo EDTA 17% em relação ao ácido fosfórico e ao ácido cítrico ($p > 0,01$). Contudo, houve diferença estatisticamente significativa quando o grupo do EDTA 17% foi comparado aos grupos que receberam irradiação laser (CO₂ e Er:YAG) no terço médio e apical dos canais radiculares ($p < 0,01$). Os autores concluíram que a irrigação final com EDTA 17%, ácido cítrico 6% ou ácido fosfórico 6% não foi capaz de remover a camada de *smear*. O laser CO₂ removeu e fundiu a superfície dentinária, enquanto que o laser Er:YAG mostrou-se eficaz na remoção da camada de *smear* das paredes de canais radiculares.

COLUZZI (2000) descreveu as características dos diferentes tipos de laser e modos de operação utilizados na Odontologia. De acordo com o autor, o laser diodo é produzido a partir de um material semicondutor, que utiliza combinação de gálio-alumínio-arsênio para transformar energia elétrica em luz. O comprimento de onda do laser diodo pode variar de 800 a 980 nm, ou seja, pertence à região do infravermelho próximo do espectro eletromagnético, sendo bem absorvido por tecidos pigmentados. Entretanto, possui baixo coeficiente de absorção pela água e tecidos dentários. O autor referiu-se, ainda, aos modos de operação, nos quais os

diversos sistemas laser podem atuar. Basicamente, a energia laser pode ser emitida em três modos: contínuo; interrompido e pulsado. O modo de irradiação contínuo consiste na aplicação de um feixe de energia que mantém a potência constante durante o período em que o laser é ativado. O modo interrompido é obtido por meio de um dispositivo mecânico, localizado na direção em que o feixe de energia é emitido, que em determinados intervalos de tempo (milissegundos) abre e fecha, permitindo a irradiação intermitente do tecido, portanto, a energia incidente é mantida inalterada. Por sua vez, o modo de operação pulsado produz feixe de irradiação com grande pico de energia em intervalos de tempo extremamente pequenos (microsegundos). Segundo o autor, o modo de operação de aplicação dos diferentes tipos de laser e comprimentos de onda está diretamente relacionado aos efeitos térmicos produzidos por estes dispositivos.

SIQUEIRA JR. et al. (2000) avaliaram *in vitro* a redução bacteriana intracanal promovida pela instrumentação e irrigação com NaOCl 1%, 2,5% e 5,25%. Quarenta pré-molares inferiores que apresentavam canal único foram selecionados, inoculados com *Enterococcus faecalis*, instrumentados e irrigados com as soluções testadas. Amostras microbiológicas do canal radicular foram coletadas antes e após o tratamento, semeadas em ágar *Mitis salivarius* após diluição em série e as unidades formadoras de colônias foram contadas. O efeito inibitório das três soluções de NaOCl foi avaliado por meio do teste de difusão em ágar. Todas as soluções testadas reduziram significativamente ($p < 0,05$) o número de células bacterianas nos canais radiculares. Não houve diferença

estatisticamente significativa entre as concentrações testadas, contudo, todas as soluções foram estatisticamente ($p < 0,05$) mais eficazes que a solução salina na redução microbiana e todas apresentaram grandes zonas de inibição contra *E. faecalis*. De acordo com os resultados observados, os autores concluíram que a troca regular e o uso de grandes volumes da solução irrigante mantêm a efetividade antimicrobiana das soluções de NaOCl, compensando as diferenças entre as concentrações.

CRUZ-FILHO et al. (2001) investigaram os efeitos do EDTAC, CDTA e EGTA na microdureza do terço cervical da dentina radicular de dentes humanos. Cinco incisivos recém-extraídos foram seccionados na junção cimento-esmalte e tiveram suas coroas descartadas. As raízes foram incluídas em resina acrílica e cortadas transversalmente em fatias com 1 mm de espessura. O segundo fragmento do terço cervical radicular de cada dente foi seccionado e dividido em 4 segmentos. Cada segmento foi posicionado em um disco acrílico que foi utilizado como base para o teste de microdureza. Foram aplicados 50 μ L de EDTAC 15%, CDTA 1%, ou EGTA 1% de cada solução a ser testada sobre a superfície dentinária, sendo água destilada e deionizada serviu como controle. A microdureza Vickers foi mensurada utilizando carga de 50 gramas por 15 segundos. Os testes estatísticos evidenciaram que as soluções quelantes reduziram significativamente a microdureza da dentina quando comparadas com a água destilada, apesar de não haver diferença estatisticamente significativa entre as três soluções testadas.

LERTCHIRAKARN et al. (2001) estudaram o efeito da orientação dos túbulos dentinários nas propriedades mecânicas da dentina por meio do teste de resistência a compressão direta e diametral. Amostras de dentina foram obtidas a partir de incisivos centrais e caninos superiores. Quatro fragmentos de dentina foram selecionados paralelamente a orientação dos túbulos dentinários e desgastados para o teste de compressão direto (com carga paralela ou perpendicular a direção dos túbulos dentinários). Além disso, a dentina coronal (terço cervical) foi comparada com a dentina radicular (terço médio). Para o teste de compressão diametral, cilindros de dentina foram preparados e a carga foi aplicada a 0°, 45°, 67,5° e 90° em relação à superfície dentinária. Após a fratura, as superfícies foram analisadas em MEV. A resistência a compressão foi menor quando a força foi aplicada paralelamente a orientação dos túbulos dentinários e maior quando aplicada a 90° em relação à disposição dos túbulos, independentemente da localização (cervical/apical). As micrografias das superfícies fraturadas sugerem que a microestrutura contribuiu com o padrão de fratura, uma vez que, a linha de fratura passou aproximadamente no centro do longo eixo dos túbulos. Os autores concluíram que, com relação às propriedades que envolvem o rompimento da matriz colágena, a dentina radicular apresenta definida anisotropia, ou seja, suas propriedades físicas variam conforme a disposição dos túbulos dentinários.

MORITZ et al. (2001) descreveram os objetivos, as indicações, o protocolo de aplicação e os tipos de lasers que podem ser utilizados na terapia endodôntica.

Os autores afirmaram que as soluções irrigantes utilizadas na descontaminação do sistema de canais radiculares são capazes de penetrar somente 100 μm no interior da dentina, devido ao pequeno diâmetro dos túbulos dentinários e devido à alta tensão superficial apresentada pelas mesmas. No entanto, um grupo específico de bactérias coloniza o sistema de canais radiculares na infecção endodôntica e apresentam capacidade de penetrar até 1000 μm no interior da dentina. Dessa forma, a irradiação intracanal com laser Nd:YAG (1.064 nm) ou diodo (805 nm) são ideais para a aplicação com finalidade de reduzir a população bacteriana, já que nestes comprimentos de onda, a absorção da energia pela dentina é mínima e, portanto, apresenta suficiente capacidade de penetração (>1000 μm). De acordo com o autor, a aplicação do laser deve ser realizada, após o preparo biomecânico com alargamento mínimo de 0,30 mm. A ponta da fibra deve alcançar a região apical e neste momento, o laser é ativado e removido com movimento helicoidal de apical para coronal.

SIM et al. (2001) investigaram o efeito de diferentes concentrações de NaOCl (0,5% e 5,25%) sob o módulo de elasticidade, resistência flexural e resistência tensional (tração e compressão) da dentina. No teste de módulo de elasticidade e resistência flexural, foram utilizadas 100 barras de dentina com tamanho padronizado obtidas de dentes livres de cárie, que permaneceram imersas por 2 horas nas soluções testadas (NaOCl 0,5% e 5,25%) e foram submetidas ao teste de flexão em 3 pontos distintos. Já o teste resistência tensional, foi realizado por meio da aplicação cíclica de carga não-destrutiva,

utilizando mensuradores elétricos adaptados à porção cervical de cada dente. Neste teste foram utilizados 10 dentes que tiveram suas coroas reduzidas e os canais preparados, os quais foram irrigados seqüencialmente em série de acordo com quatro regimes de 30 minutos: solução fisiológica (inicial); NaOCl 0,5%; NaOCl 5,25% e solução fisiológica (final). Houve diminuição significativa ($p < 0,01$) no módulo de elasticidade e na resistência flexural da dentina que foi imersa em NaOCl 5,25% quando comparada ao grupo controle (solução fisiológica) e ao NaOCl 0,5%. Quanto ao teste de resistência tensional, verificou-se diferença significativa nos valores obtidos entre soro fisiológico e NaOCl 0,5% em relação ao NaOCl 5,25% ($p < 0,01$). Os autores concluíram que o NaOCl 5,25% reduz o módulo de elasticidade e resistência flexural da dentina.

ESTRELA et al. (2002) discutiram o mecanismo de ação do NaOCl com base em suas propriedades físico-químicas e antimicrobianas. Os autores relataram que o NaOCl é uma solução irrigante auxiliar no preparo químico mecânico que apresenta eficácia na dissolução do tecido pulpar e atividade antimicrobiana, apresentando-se biologicamente compatível em concentrações de até 1%. Basicamente, a atividade antimicrobiana do NaOCl deve-se a sua ação sobre a porção enzimática das bactérias por meio da inativação irreversível causada pelos íons hidroxila e reação de cloramina, enquanto que a dissolução orgânica ocorre por meio da reação de saponificação, quando o NaOCl degrada lipídeos e ácidos adiposos, resultando na formação de sabão e glicerol. Além disso, segundo os

autores, a velocidade de dissolução tecidual é diretamente proporcional a concentração do NaOCl.

LEE et al. (2002) estudaram a capacidade de redução da permeabilidade dentinária após a aplicação do laser Nd:YAG. Molares humanos tiveram suas coroas seccionadas na junção cimento-esmalte e o esmalte foi removido para se obter blocos de dentina (3 x 3 mm). Os espécimes foram irradiados utilizando o laser Nd:YAG, com comprimento de 1.064 nm, ajustado no modo pulsado com energia de 100 mJ, frequência de 10 pps, duração de pulso de 10 µs e tempo total de irradiação de 4 segundos. A fase cristalina, o padrão de difração elétrica, a morfologia e a microestrutura dos espécimes após a irradiação laser foi observada por meio de MET. Três zonas ultra-estruturais foram delineadas na dentina: zona externa - apresentando estrutura colunar ordenada; zona intermediária - composta de substância amorfa (com aproximadamente 40-70 µm) e zona interna - formada por grânulos de hidroxiapatita. As três zonas apresentaram-se livres de poros ou falhas. Os autores concluíram que a irradiação da dentina com laser Nd:YAG reduziu a permeabilidade dentinária.

SLUTZKY-GOLDBERG et al. (2002) analisaram a microdureza dentinária após instrumentação com dois tipos de limas (aço-inox e níquel-titânio), utilizando irrigação com NaOCl. Trinta raízes obtidas de molares humanos foram distribuídas em grupos (n=10) de acordo com o preparo do canal: somente remoção do tecido pulpar (controle); instrumentação com limas de aço-inox e instrumentação com limas do tipo níquel-titânio. Na troca de calibre entre instrumentos os canais

foram irrigados com NaOCl 2,5 % (10 mL). Após o preparo biomecânico a coroa foi seccionada e as raízes cortadas de forma a obter segmentos de dentina com 3 mm de comprimento. Os espécimes foram incluídos em anéis com resina acrílica, lixados e polidos. A microdureza (Vickers) da dentina foi verificada nas profundidades de 500 μm e 1000 μm a partir da luz do canal utilizando carga de 300 g durante 10 segundos, orientada perpendicularmente a superfície. A análise dos resultados mostrou que a microdureza da dentina diminuiu com ambos os instrumentos avaliados; e que a dentina interna (500 μm) apresenta menor microdureza quando comparada à dentina periférica (1000 μm). Os autores concluem que a solução de NaOCl 2,5% altera as propriedades biomecânicas da dentina e que, dessa maneira, somente o tempo mínimo de exposição à concentração elevada deve ser utilizado para minimizar o efeito indesejável destas soluções.

HOSSAIN et al. (2003) compararam as alterações na composição e a dureza da cavidade pulpar preparada com laser Er,Cr:YSGG, em relação as cavidades preparadas pelo método convencional (brocas) e analisaram as características morfológicas das superfícies irradiadas por meio de microscopia óptica e MEV. As cavidades foram preparadas nas superfícies linguais e vestibulares de dentes posteriores humanos utilizando irradiação laser ou broca diamantada em alta rotação (n=15). O laser utilizado foi o Er,Cr:YSGG, que apresenta comprimento de onda de 2.780 nm, no modo pulsado, com frequência de 20 Hz. A irradiação foi feita de acordo com as instruções do fabricante, a qual preconiza a utilização do

laser com feixe focado e 6 W de potência para iniciar o preparo, reduzindo para potência 3 W não focado para finalização. As cavidades foram seccionadas perpendicularmente, resultando em duas hemi-seções, onde uma parte foi submetida ao teste de microdureza e a outra à análise atômica por SEM-EDX. A microdureza Knoop (KHN) da sub-superfície da cavidade pulpar foi mensurada a 25 µm em relação à superfície utilizando carga de 50 gramas durante 15 segundos. Os resultados mostraram que a quantidade de cálcio e fósforo aumentou significativamente nas cavidades submetidas a irradiação laser ($p < 0,01$) em relação as cavidades preparadas com brocas, contudo, não houve diferença estatística com relação à proporção Ca/P e valores de microdureza. A análise em MEV mostrou que as cavidades preparadas com laser apresentaram ausência de *smear*, túbulos dentinários expostos e superfície irregular. Os autores concluíram que o laser Er, Cr: YSGG promoveu mínimas alterações na composição e na microdureza da dentina.

HÜLSMANN et al. (2003), em revista de literatura, descreveram sobre as características dos agentes quelantes e mecanismo de ação. O estudo ressalta principalmente a capacidade de remoção da camada de *smear*, e o aumento da permeabilidade dentinária provocada pelos líquidos. Os autores relatam ainda que muitos dos fabricantes de instrumentos de níquel-titânio recomendam a irrigação com EDTA durante a instrumentação rotatória, e que a irrigação final com EDTA 15-17% é recomendável. A revisão concluiu que as propriedades químicas e farmacológicas do EDTA eram recomendáveis para seu uso clínico em Endodontia.

ARI et al. (2004) avaliaram o efeito das soluções irrigantes na microdureza e rugosidade da dentina radicular. Noventa dentes anteriores e inferiores tiveram suas coroas removidas na junção amelo-cementária. As raízes foram seccionadas longitudinalmente e incluídas em resina acrílica, expondo o canal radicular. Após o polimento, as 180 amostras foram distribuídas aleatoriamente em seis grupos (n=30) de acordo com a solução irrigante utilizada: NaOCl 5%; NaOCl 2,5%; H₂O₂ 3%; EDTA 17%; gluconato de clorexidina 0,2% e água destilada (controle). As soluções permaneceram em contato com a dentina por 15 minutos. Os grupos foram subdivididos (n=15) em A e B, sendo que o grupo A foi submetido à microdureza (Vickers) e o grupo B à rugosidade (Ra, µm). Os resultados indicaram que todas as soluções irrigantes, com exceção da clorexidina reduziram a microdureza da dentina radicular (p<0,05), entretanto, a clorexidina e o peróxido de hidrogênio (H₂O₂ 3%) não alteraram a rugosidade superficial da dentina (p>0,05). Os autores concluíram que a clorexidina é uma solução irrigante apropriada devido ao baixo efeito causado sobre a microdureza e rugosidade da dentina.

FUENTES et al. (2004) estudaram os efeitos do tratamento de desmineralização por EDTA e desproteíntização por NaOCl 5% na resistência à tração e dureza Knoop da dentina. Os espécimes com área de secção cervical de 5 mm² foram preparados por meio do corte da coroa de terceiros molares. As amostras foram distribuídas nos seguintes grupos: GI – dentina não tratada (mineralizada); GII – dentina desmineralizada com EDTA durante 5 dias; GIII –

desproteção da dentina com NaOCl 5% por 2 dias; GIV – dentina desmineralizada com EDTA e aplicação do sistema adesivo Single Bond; GV – desproteção da dentina com NaOCl e aplicação do sistema adesivo Single Bond. Para o teste de resistência a tração os espécimes foram fixados na máquina de tração e submetidos à tração com velocidade de 0,6 mm/min até que a fratura do espécime ocorresse. O teste de microdureza foi realizado na dentina tratada, a 50 µm do bordo, onde o rompimento do espécime ocorreu, utilizando máquina de teste de dureza Instron Wolpert com carga de 50 g na dentina não tratada e 20 g, na dentina tratada e infiltrada pelo sistema adesivo, durante 15 segundos. Tanto o EDTA quanto o NaOCl promoveram redução significativa na resistência à tração ($p < 0,05$) da dentina, sendo que o NaOCl apresentou os menos valores. No teste de microdureza, o NaOCl 5% reduziu significativamente os valores de microdureza da dentina, apresentando aproximadamente 47% do valor da dentina não-tratada ($p < 0,05$), contudo a microdureza do grupo do EDTA não pode ser determinada uma vez que não se observou deformação permanente da superfície. Os autores concluíram que o tratamento da dentina com EDTA ou NaOCl causou diminuição significativa nos valores de resistência a tração e dureza.

GUTKNECHT et al. (2004) avaliaram o efeito antibacteriano em profundidade na dentina do laser diodo 980 nm e irradiação contínua. Cento e duas fatias de dentina bovina, tiveram área de 5 mm de diâmetro inoculada com 5 µL de *Enterococcus faecalis*. As amostras foram distribuídas em grupos ($n=30$) de acordo com a espessura de dentina irradiada (100, 300 e 500 µm), sendo que

quatro fatias de cada espessura serviram de controle. Cada grupo foi subdividido (n=10) de acordo com as potências ajustadas (1,75 W, 2,3 W e 2,8 W) no laser diodo 980 nm com modo de emissão contínua. O lado oposto a área inoculada foi irradiado durante 32 segundos, sob movimento constante da fibra de quartzo (200 µm) que foi mantida em ângulo de aproximadamente 5° em relação à dentina, levemente em contato com a superfície. Em seguida, as bactérias remanescente foram dispersas em NaCl sob vibração, realizou-se a diluição seriada e 100 µL foi semeado em placas de petri com ágar de sangue de caneyiro. Após 24 horas de encubação, o número de colônias bacterianas formadas foi contado e comparado em relação ao controle. O maior efeito bacteriano do laser diodo (95%, 96% e 97% nas potências 1,75 W, 2,3 W e 2,8W, respectivamente) foi verificado nos fragmentos com 100 µm. Na profundidade de 300 µm, observou-se redução microbiana de 77% para 1,75 W, 87% para 2,3 W e 89% para 2,8 W. Já na espessura de 500 µm, 57% das bactérias foram erradicadas com a potência 1,75 W, 66% com 2,3 W e 86% com 2,8 W. Os autores concluíram que o laser diodo 980 nm pode eliminar bactérias que tenham migrado em profundidade na dentina.

SCHOOP et al. (2004) compararam os efeitos antimicrobianos de diferentes sistemas lasers utilizados na desinfecção dos canais radiculares. Trezentos e sessenta amostras de dentina radicular com espessura de 1 mm foram obtidas a partir do corte longitudinal de pré-molares humanos nos terços médio e coronal, adjacentes ao canal radicular. As amostras foram esterilizadas e inoculadas com *Escherichia coli* ou *Enterococcus faecalis* e, em seguida, distribuídas

aleatoriamente de acordo com o sistema laser (Nd:YAG; Diodo; Er:YAG e Er,Cr:YSGG) e a potência utilizada (1,0 e 1,5 W) na desinfecção. As amostras foram irradiadas a partir da face da dentina livre de bactérias e foram submetidas à análise microbiológica quantitativa clássica (unidades formadoras de colônia). Além disso, o aumento de temperatura durante a irradiação foi mensurado com auxílio de termopar. Para aplicação do laser, uma fibra óptica com 400 µm de diâmetro foi utilizada realizando movimentos de varredura e os aparelhos foram ajustados no modo pulsado (15 Hz no laser diodo, Nd:YAG e Er:YAG e 20 Hz no laser Er,Cr:YSGG), sem utilizar sistema de refrigeração. Cada ciclo de aplicação do laser compreendia 5 irradiações de 5 segundos cada e 15 segundos de intervalo. O teste microbiológico indicou que todos os sistemas de lasers reduziram significativamente o número de microrganismos das duas amostras bacterianas testadas. Na potência de 1 W a quantidade de *E. coli* foi reduzida com a maioria dos comprimentos de onda testados, sendo que os melhores resultados foram obtidos com o laser Er:YAG, que mostrou completa erradicação em 75% da amostras. Já as cepas de *E. faecalis* apresentaram maior resistência a potência de 1 W. Entretanto, com o aumento da potência para 1,5 W, observou-se aumento da capacidade antimicrobiana e novamente verificou-se redução significativa na contagem de *E. coli* com a utilização de todos os tipos lasers, mas somente o laser Er:YAG e o laser diodo foram capazes de erradicar *E. faecalis* em níveis significantes. Não houve correlação do aumento de temperatura com o efeito antimicrobiano. O laser diodo apresentou os menores aumentos de temperatura

nas duas potências que foi aplicado. Os autores concluíram que todos os comprimentos de onda testados contribuíram na desinfecção em profundidade da dentina.

SLUTTZYKY-GOLDBERG et al. (2004) avaliaram os efeitos das soluções de NaOCl 2,5% e 6% em diferentes períodos de irrigação na microdureza da dentina radicular. Quarenta e duas raízes de dentes bovinos foram impermeabilizadas com uma camada de esmalte cosmético e distribuídas aleatoriamente em sete grupos de acordo com a concentração do NaOCl (2,5% ou 6%) e os tempos de atuação (5, 10 ou 20 minutos). As soluções foram renovadas a cada minuto durante todo o experimento para simular a condição clínica. As raízes foram seccionadas e a análise da microdureza (Vickers) foi feita a 500, 1000 e 1500 μm a partir da interface polpa-dentina, utilizando carga estática de 300 g, durante 10 segundos. Houve diferença significativa ($p < 0,001$) na microdureza entre os grupos tratados em relação ao controle (solução salina). As duas concentrações de NaOCl testadas diminuíram a microdureza em todos os tempos analisado, contudo, não apresentaram diferença estatística nos primeiros 5 minutos de aplicação e somente apresentaram diferença estatisticamente significativa após 10 e 20 minutos ($p < 0,001$). Na profundidade de 500 μm , a diminuição da microdureza foi maior após irrigação com NaOCl 6% do que com 2,5%. Nesta mesma profundidade, após 10 e 20 minutos, a microdureza foi ainda menor que 5 minutos, sendo que não houve diferença entre os grupos de 10 e 20 minutos. Na profundidade de 1000 μm a microdureza diminuiu, mas não houve diferença entre os grupos e o

aumento na concentração do NaOCl não apresentou efeito significativo. Já em 1500 µm houve redução na microdureza após 5, 10 e 20 minutos em relação ao controle, mas não houve diferença entre os diferentes períodos de tempo. Nesta profundidade nenhuma das concentrações apresentou efeito estatisticamente significativo. Os autores concluíram que a exposição da dentina bovina ao NaOCl por mais de 10 minutos diminuiu a microdureza da dentina.

STABHOLZ et al. (2004) descreveram, em artigo de revisão, a aplicabilidade e limitações dos diversos sistemas lasers na Endodontia, incluindo o tratamento da hipersensibilidade dentinária, alterações morfológicas e estruturais provocada na dentina, diagnóstico da vitalidade pulpar, capeamento pulpar, pulpotomia, limpeza e modelagem do sistema de canais radiculares e cirurgia paraendodôntica. Os autores enfatizaram o potencial antibacteriano apresentado pelos lasers de CO₂, Nd:YAG, excimer, Diodo e Er:YAG, que podem ser utilizados como meios adicionais na limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares.

ELDENIZ et al. (2005) avaliaram o efeito das soluções de ácido cítrico e EDTA na microdureza e rugosidade da dentina radicular humana. Quarenta e cinco incisivos inferiores foram selecionados, apresentando tamanho e morfologia semelhantes, ausência de trincas ou lesão cáries, especialmente ao longo da raiz radicular. Os dentes tiveram suas coroas removidas e a porção radicular foi seccionada longitudinalmente. As hemiseções foram incluídas em resina acrílica, deixando exposta a superfície dentinária que foi lixada com lixas de granulação decrescente e polida com suspensão de alumina. Os espécimes foram distribuídos

aleatoriamente em três grupos (n=30) conforme o tratamento que receberam: GI- ácido cítrico 19% (150 segundos) e irrigação com NaOCl 5,25%; GII- EDTA 17% (150 s) e irrigação com NaOCl 5,25%; GIII (controle)- água destilada. Os espécimes foram subdivididos em A e B (n=15), sendo que o grupo A foi submetido ao teste de dureza (Vickers) enquanto que o grupo B foi submetido ao teste de rugosidade. O teste de microdureza foi realizado a 0,5 mm da parede do canal radicular nas porções cervical, média e apical, para isso utilizou-se carga estática de 300 g que permaneceu sobre a superfície por 20 segundos. A média dos dados obtidos foi calculada para definir o valor de microdureza de cada espécime. Já a rugosidade da superfície foi aferida com auxílio de um rugosímetro computadorizado, observando-se três áreas distintas em cada espécime para se obter a média de rugosidade. Houve redução estatisticamente significativa na microdureza da dentina nos grupos do EDTA e ácido cítrico quando comparados ao controle ($p < 0,05$). O teste de rugosidade mostrou haver mudanças na rugosidade da superfície da dentina após o uso de ambas soluções utilizadas na remoção da camada de *smear*, contudo, o ácido cítrico apresentou alterações mais intensas do que o EDTA. Os resultados mostraram que as associações (EDTA/NaOCl e Ácido Cítrico/NaOCl) produzem alterações estruturais, uma vez que, reduziram a microdureza e aumentaram a rugosidade superficial da dentina em relação ao grupo controle.

GUTKNECHT et al. (2005) estudaram a variação de temperatura provocada pela irradiação intra-canal com laser diodo (810 nm) na superfície radicular.

Cinquenta dentes humanos anteriores uniradiculares tiveram seus canais radiculares ampliados, utilizando soro fisiológico como solução irrigante entre a troca de instrumentos. Após a instrumentação, os canais foram secos com ponta de papel absorvente e foram distribuídos em seis grupos de acordo com os parâmetros. A irradiação laser foi realizada com potência de 0,6-1 W ou 1-1,5 W no modo contínuo (grupo 1 e 2). No grupo 3, utilizou-se 0,6-1 W de potência, duração do pulso (PL) de 10 ms, intervalo entre pulsos (ID) de 10 ms. Nos outros três grupos, a potência de 1-1,5 W foi utilizada variando a duração do pulso e o intervalo entre os mesmos (10 PL/10 ID; 10 PL/20 ID e 20 PL/20 ID). O laser utilizado na irradiação dos canais foi o laser diodo (GaAlAs – gálio/arseneto/alumínio) e o tempo total de irradiação variou de 5 a 20 segundos, utilizando fibra com 200 µm de diâmetro e 25 mm de comprimento, a qual foi introduzida até o ápice, ativada e movimentada em direção coronal, realizando movimento helicoidal. Após a irradiação, a variação de temperatura na superfície radicular foi mensurada por meio de sensores de NiCr-Ti adaptados e termômetro T 202. O limite de tolerância considerado pelos autores foi de 7 °C, sendo assim, para evitar o aumento de temperatura acima deste limiar, a duração da irradiação para os parâmetros testados foram: 0,6-1 W (10 ms PL/ 10 ms ID) – 20 segundos; 1-1,5 W (10 ms PL/ 10 ms ID e 20 ms PL/ 20 ms ID) – 15 segundos; 0,6-1 W modo contínuo e 1-1,5 W (20 ms PL/ 10 ms ID) – 10 segundos; 1-1,5 W modo contínuo – 5 segundos. Os autores concluíram que após 5 segundos de irradiação com laser diodo, intervalo de 5 segundos deve ser considerado para evitar o

aumento de temperatura na superfície externa radicular a níveis deletérios aos tecidos periradiculares.

WANG et al. (2005) investigaram o aumento de temperatura na superfície radicular durante e imediatamente após a aplicação do laser diodo, além de avaliar as alterações morfológicas e a infiltração apical da obturação do canal radicular após irradiação com laser diodo 980 nm. Sessenta e seis dentes humanos uniradiculares, tiveram suas coroas removidas e foram instrumentados até o diâmetro #60, utilizando 3 mL de NaOCl 5% e peróxido de hidrogênio 3%, como soluções irrigantes entre a troca de calibre de instrumentos. As raízes foram distribuídas aleatoriamente em três grupos (n=22), sendo que o grupo 1 e 2 foram irradiados com 5 W no modo contínuo, durante 7 segundos, utilizando fibras com diâmetro de 550 e 365 μm , respectivamente. O grupo 3 não foi irradiado e serviu como controle. Com o auxílio de um aparelho termográfico, a temperatura na superfície radicular foi mensurada. Seis dentes de cada grupo foram seccionados longitudinalmente com o objetivo de visualizar as alterações morfológicas. Os dentes restantes foram obturados e imersos em corante rodamina B e o nível de infiltração apical foi avaliado longitudinal e transversalmente. O máximo aumento de temperatura verificado foi de 8,8 °C no grupo 1. A camada de *smear* nos grupos irradiados foi removida, resultando em paredes radiculares limpas em relação ao grupo controle ($p < 0,05$). Após obturação, os grupos irradiados mostraram menores índices de infiltração apical em relação ao controle ($p < 0,05$). De acordo com os obtidos, os autores concluíram que o laser diodo 980 nm é

promissor na remoção da camada de *smear* e debris dos canais radiculares, além de reduzir a infiltração apical após a obturação do canal radicular.

BERGMANS et al. (2006) estudaram a capacidade de desinfecção do canal radicular promovida pelo laser Nd:YAG. Oito incisivos superiores foram utilizados no teste microbiológico e para isso foram instrumentados, inoculados com *E. faecalis* e incubados por 2 dias sob condições de anaerobiose. Em seguida, os dentes foram distribuídos aleatoriamente (n=3) de acordo com a irradiação laser em: controle positivo (não irradiados) e grupo irradiado, sendo que dois dentes permaneceram como controle negativo (não inoculados). Os parâmetros utilizados no laser Nd:YAG foram 1,5 W de potência, 15 Hz de frequência, 100 mJ de pulso de energia e duração de pulso de 150 μ s, sem utilizar meios de refrigeração ou corantes para aumentar a absorção do laser. Após diluição e cultura em ágar, as unidades formadoras de colônia foram contadas e as mudanças estruturais nas células bacterianas foram analisadas por MEV. A irradiação com laser Nd:YAG reduziu significativamente ($p<0,05$) população bacteriana dos canais radiculares em 99,7%. Os autores concluíram que o laser Nd:YAG pode ser utilizado como suplemento aos meios de desinfecção intra-canal existentes, uma vez que pode apresentar efeito antibacteriano além de 1 mm de dentina.

BERBER et al. (2006) testaram a eficácia de diferentes concentrações de NaOCl associadas a técnica de instrumentação manual ou rotatória sobre *Enterococcus faecalis* no interior do canal radicular e dos túbulos dentinários. Cento e oitenta pré-molares foram contaminados durante 21 dias com cepas de

Enterococcus faecalis e foram distribuídos aleatoriamente em grupos de acordo com a solução irrigante (NaOCl 0,5%, 2,5% e 5,25%) e técnica de instrumentação manual (híbrida) ou rotatória (Hero 642 ou instrumentação rotatória com instrumentos de NiTi utilizados 4 mm aquém do ápice). Amostras da cultura bacteriana foram obtidas antes e após o tratamento. Após diluição seriada, as amostras foram cultivadas em BHI (infusão de cérebro e coração) e as unidades formadoras de colônias foram contadas. Além disso, os dentes foram seccionados em três terços para obter amostras de dentina das paredes dos canais por meio do corte com brocas tronco-cônicas que foram imediatamente coletadas em tubos de ensaio contendo caldo BHI, incubadas a 37 °C e cultivadas em placas contendo BHI. As unidades formadoras de colônias foram novamente contadas e analisadas. Em todas as profundidades e terços do canal radicular e para todas as técnicas de instrumentação testadas, a solução irrigante mais eficaz foi o NaOCl 5,25%, quando os túbulos dentinários foram analisados, seguido do NaOCl 2,5%. Os autores observaram que as concentrações maiores de NaOCl, foram capazes de desinfetar os túbulos dentinários, independentemente da técnica de instrumentação.

DE DEUS et al. (2006) avaliaram o efeito do EDTA, EDTAC e do ácido cítrico na microdureza da dentina radicular. Sessenta caninos superiores foram selecionados, incluídos em cilindros de resina epóxica e seccionados horizontalmente no terço médio para obter fatias com 4 mm de espessura. Inicialmente, os valores de microdureza foram mensurados e as amostras foram

distribuídas aleatoriamente em três grupos (n=6) de acordo com a solução quelante que permaneceu em contato com a dentina (EDTA 17%, EDTAC 17% e Ácido Cítrico 10%) por 1, 3 e 5 min. As soluções utilizadas foram manipuladas e apresentavam pH 7. Após o tratamento de superfície, as amostras foram lixadas, polidas e submetidas ao teste de microdureza (Vickers), utilizando carga de 50 g aplicada por 15 s na profundidade 700 µm. As endentações, com forma piramidal, foram analisadas em microscópio óptico e as suas diagonais foram mensuradas, sendo que o comprimento médio das duas diagonais determinou o valor de microdureza para cada endentação e o valor de microdureza atribuído a cada espécime foi obtido por meio da média de três endentações realizadas na profundidade de 700 µm. A microdureza diminuiu com o aumento de tempo de aplicação das soluções quelantes, contudo, não houve diferença entre a microdureza inicial e após a ação da solução quelante nos três grupos após 1 minuto de ação da solução ($p > 0,05$). Somente após 3 min de ação da solução de EDTA provocou significativa redução na microdureza e após este período a dureza se manteve estável. Os autores concluíram que o EDTA e EDTAC apresentaram maior efeito sobre a microdureza da dentina quando comparado ao ácido cítrico.

LEE et al. (2006) avaliaram o efeito térmico e antimicrobiano do laser diodo sobre *Streptococcus mutans* através de diferentes espessuras da dentina (500, 1000 e 2000 µm). Amostras de dentina foram preparadas e inoculadas com *S. mutans* em uma de suas faces, enquanto que a outra face foi irradiada com laser diodo e potência que variou de 0,5 a 7 Watts. A ponta do laser varreu a área da

superfície (7 x 3 mm) em velocidade aproximada de 10 mm/seg com tempo total de irradiação de 30 segundos. Aplicou-se refrigeração com água destilada simultaneamente a irradiação. Após a irradiação, amostras bacterianas foram removidas da superfície dentinária e inoculadas por 48 horas a 37°C em anaerobiose para quantificar as unidades formadoras de colônia (CFU) por mL. A variação de temperatura promovida pela irradiação foi verificada com o auxílio de termopar adaptado a superfície da dentina e a morfologia bacteriana foi analisada em MEV. Verificou-se que o efeito antimicrobiano reduziu significativamente com o aumento da espessura de dentina. As alterações na morfologia bacteriana observadas foram perda de ligações da parede celular, presença de minicélulas, degenerações e fusão com formação de poros na parede celular. Com relação a variação de temperatura decorrente da irradiação, somente os espécimes com 500 µm apresentaram aumento de temperatura maior que 5,5°C após irradiação com potência de 5 ou 7 W. Os autores concluíram que o laser diodo apresenta efeito antimicrobiano sobre *S. mutans* e não provoca aumento de temperatura quando a espessura de dentina irradiada for maior que 1 mm.

SCHOOP et al. (2006) estudaram o efeito antibacteriano do laser 980 nm em profundidade da dentina, a condução de calor e as alterações morfológicas produzidas nas paredes dos canais radiculares. Duzentas fatias de dentina com espessura de 1 mm foram obtidas, por meio do corte longitudinal de pré-molares, que foram esterilizadas e inoculadas com *Escherichia coli* e *Enterococcus faecalis*. As amostras foram distribuídas de acordo com o sistema de laser utilizado para

irradiação, laser diodo 980 nm e laser KTP 532 nm, sendo que cada grupo foi subdividido conforme o modo operacional ajustado, 1 W e 1,5 W . Os autores verificaram que os comprimentos de onda estudados foram eficientes na desinfecção em profundidade da dentina e que produziram aumento da temperatura na superfície dentinária oposta à área irradiada dentro do limiar de tolerância tecidual. Com relação às alterações morfológicas, o laser diodo produziu leves alterações na superfície da dentina, enquanto que o laser KTP promoveu fusão e recristalização da superfície.

DA COSTA RIBEIRO et al. (2007) avaliaram os efeitos térmicos e as alterações morfológicas após a irradiação dos canais radiculares com laser diodo 810 nm. Vinte e quatro incisivos inferiores humanos foram distribuídos em: GI/controle (n=4) - não irradiado; GII (n=10) - irradiado no modo contínuo com potência de 2,5 W e 1.980 W/cm^2 de densidade de energia e GIII (n=10) - irradiado no modo pulsado (10 Hz) com potência média de 1,25 W e densidade de energia de 994 W/cm^2 . A fibra óptica do laser era introduzida no interior do canal até a porção apical, o laser era acionado e removido em direção coronária, por meio de movimento helicoidal. A irradiação foi realizada com o canal radicular seco perfazendo cinco aplicações consecutivas com intervalos de 20 segundos cada. As variações de temperatura foram verificadas utilizando câmera termográfica infravermelha, enquanto que e as alterações morfológicas foram analisadas em MEV. As micrografias mostraram túbulos dentinários obliterados, especialmente na região apical, da mesma forma que foi verificado as maiores variações de

temperatura nessa região, apresentando variações de 1,6 a 8,6 °C no GII e de 1,2 a 3,3 °C no GIII. Contudo, estes valores encontram-se dentro do limite de tolerância dos tecidos periapicais. Com os resultados obtidos os pesquisadores sugeriram que o laser diodo, nos parâmetros testados, pode ser indicado no tratamento endodôntico e mostra-se seguro para os tecidos periapicais.

EKWORAPOJ et al. (2007) estudaram as propriedades mecânicas e alterações morfológicas da dentina preparada com laser Er,Cr:YSGG. Discos de dentina com 2 mm de espessura foram obtidos e incluídos em moldes plásticos, cuja superfície foi lixada e polida. Os corpos-de-prova foram distribuídos aleatoriamente em 4 grupos (n=5) de acordo com a potência do laser: 3 W; 3,5 W; 4 W e 4,5 W. O laser utilizado foi o Er,Cr:YSGG com duração de pulso de 140 µs. Este laser apresenta comprimento de onda de 2.780 nm, 20 Hz de frequência, potência que varia de 0 a 6 W e energia de pulso de 0 a 300 mJ. As amostras foram fixadas em uma mesa móvel e a peça de mão do laser fixada a 1 mm de distância em relação a superfície do corpo-de-prova, a qual era movimentada livremente por aproximadamente 60 segundos. As superfícies irradiadas foram moldadas utilizando um composto de borracha sintética para avaliação em perfilômetro de varredura 3D de superfície e uma parte do espécime foi submetida ao teste de microdureza utilizando edentador de base piramidal e carga de 200 gramas por 20 segundos e a outra porção foi destinada a verificação das alterações morfológicas em MEV. A microdureza reduziu significativamente em 30-50% após a irradiação laser ($p < 0,05$), contudo, não houve diferença entre as

potências testadas. A capacidade de ablação aumentou de acordo com o aumento da potência do laser. Na análise da MEV, a dentina submetida ao corte com broca apresentou topografia plana e camada de smear, enquanto que a superfície da dentina irradiada apresentou-se corrugada e ondulada. Os autores concluíram que, embora as potências utilizadas não alterassem a microdureza, houve alteração microestrutural da dentina humana.

MARENDING et al. (2007a) avaliaram as alterações mecânicas, químicas e estruturais da dentina radicular humana após a exposição a diferentes concentrações de NaOCl. Para avaliar a resistência flexural e o módulo de elasticidade da dentina radicular humana, foram obtidas 32 barras de dentina (0,8 x 1,2 x 10 mm) a partir do corte de terceiros molares hígidos. As amostras de dentina foram distribuídas aleatoriamente de acordo com a concentração de NaOCl (1%, 5% e 9%) na qual foram imersas por 1 hora, sendo que no grupo controle, as amostras foram imersas em água destilada. Espécimes adicionais foram confeccionados para realização do teste de microanálise elementar, microscopia óptica e MEV. A imersão das amostras de dentina radicular em NaOCl 1% por 1 hora não causou redução estatisticamente significativa no módulo de elasticidade e resistência flexural quando comparado ao grupo controle (água destilada). Entretanto, os grupos que foram imersos nas concentrações de 5% e 9%, mostraram redução estatisticamente significativa no módulo de elasticidade e resistência flexural, assim como a quantidade de carbono e nitrogênio dos espécimes reduziu significativamente ($p < 0,05$). Da mesma forma, a exposição da

dentina ao NaOCl em maiores concentrações aumentou a permeabilidade da dentina intertubular superficial. Nas micrografias observou-se que o NaOCl deixou os componentes inorgânicos da dentina intactos, independente da concentração utilizada. Os autores concluíram que o NaOCl apresenta efeito concentração dependente sobre os componentes da dentina humana.

MARENDING et al. (2007b) avaliaram o efeito de diferentes seqüências de irrigação com NaOCl 2,5 % e EDTA 17% sobre o módulo de elasticidade e resistência flexural da dentina. Cinquenta e cinco barras de dentina humana (0,8 x 1,2 x 10 mm) foram obtidas a partir do corte de terceiros molares e foram distribuídas aleatoriamente em cinco grupos (n=11) de acordo com a seqüência de soluções irrigantes utilizada: GI- NaOCl/21 minutos + EDTA/3 minutos + NaOCl/3 minutos + água/3 minutos; GII- NaOCl/21 minutos + água/3 minutos + NaOCl/3 minutos + EDTA/3 minutos; GIII- NaOCl/24 minutos; GIV- EDTA 17%/3 min; GV- água potável. Os espécimes foram imersos individualmente em frascos de polietileno com 5 mL de solução. Imediatamente após os tratamentos, as amostras foram centralizadas em um suporte cilíndrico e os testes mecânicos foram realizados utilizando máquina universal de ensaios (0,5 mm/min). Os autores verificaram que a exposição ao NaOCl 2,5% por 24 minutos causou redução significativa na resistência flexural da dentina quando comparado ao EDTA e a água potável (controle) ($p < 0,05$), enquanto que o módulo de elasticidade não apresentou alteração. Por outro lado, o curto tempo de exposição ao EDTA, de acordo com os parâmetros propostos neste estudo, não promoveu alteração nas

propriedades mecânicas com relação à seqüência de aplicação das soluções irrigantes.

OLIVEIRA et al. (2007) avaliaram o efeito da clorexidina e NaOCl 1% na microdureza da dentina radicular. Trinta pré-molares uniradiculares tiveram suas coroas seccionadas na junção cimento-esmalte e a raiz na porção cervical, média e apical resultando em 90 espécimes. As três secções de cada raiz foram separadamente incluídas em resina acrílica e os corpos-de-prova foram divididos em três grupos: GI- solução salina (controle); GII- digluconato de clorexidina 2% (solução) e GIII- NaOCl 1%. O volume total de solução utilizado foi 1 mL para cada espécime por 15 minutos. Após 15 minutos de irrigação, a microdureza foi avaliada em cada secção a 500 μm e 1000 μm da interface dentina/polpa. Os autores concluíram que a clorexidina 2% e o NaOCl 1% reduziram significativamente ($p < 0,05$) a microdureza (Vickers) da dentina radicular nas profundidade de 500 e 1000 μm da interface polpa/dentina e que, sendo que os menores valores foram verificados na distância de 500 μm .

SAYIN et al. (2007) avaliaram o efeito das soluções de EDTA, EGTA, EDTAC (cetavlon) e tetraciclina HCl, utilizadas isoladamente ou em associação ao NaOCl, na microdureza da dentina radicular. Trinta dentes humanos uniradiculares tiveram suas coroas seccionadas na junção cimento-esmalte e as raízes seccionadas longitudinalmente para obter hemi-secções radiculares ($n=60$) que foram incluídas em resina acrílica autopolimerizável deixando exposta a dentina do canal radicular. As amostras foram distribuídas aleatoriamente ($n=10$) de acordo com o

tratamento de superfície: água destilada; NaOCl 2,5%; EDTA 17%; EGTA 17%; EDTAC 15%; HCl-tetraciclina utilizados isoladamente e em associação ao NaOCl. Os espécimes permaneceram imersos por 5 minutos em 10 mL de cada solução quelante testada, sendo que nos grupos em que foi realizado o tratamento combinado, os espécimes permaneceram imersos em NaOCl 2,5% por mais 5 min. Os valores de microdureza (Vickers) foram obtidos antes e após do tratamento de superfície, realizando três endentações, utilizando carga de 200 g durante 20 segundos, nas porções apical, média e cervical. Todos os tratamentos, com exceção da água destilada, reduziram a microdureza da dentina radicular ($p < 0,05$), sendo que os menores valores de microdureza foram verificados no tratamento com EDTA e a sua associação com NaOCl, principalmente no terço coronal.

ALFREDO et al. (2008a) verificaram a variação de temperatura na superfície radicular nos terços cervical, médio e apical causado pelo laser diodo 980 nm ajustado em diferentes parâmetros. Noventa raízes de caninos foram instrumentadas e foram distribuídas aleatoriamente em 3 grupos ($n=30$) de acordo com a potência (1,5 W, 3,0 W e 5,0 W). Cada grupo foi subdividido em três ($n=10$) de acordo com a frequência (CW, 100 Hz e 1000 Hz) e cada subgrupo foi dividido em: canal seco ou umedecido com água destilada. O grupo irradiado no modo contínuo (CW) apresentou os maiores valores ($11,82 \pm 5,92$) independentemente de o canal estar seco, sendo estatisticamente diferente ($p < 0,01$) dos grupos de 100 Hz ($6,22 \pm 3,64$) e 1000 Hz ($6,00 \pm 3,36$), que não apresentaram diferenças

entre si. Além disso, o terço cervical apresentou os maiores valores no aumento da temperatura ($9,68 \pm 5,80$), seguido do terço médio ($7,66 \pm 4,87$) e apical ($6,70 \pm 4,23$), com diferenças estatísticas entre si ($p < 0,01$). Os autores concluíram que a aplicação do laser diodo 980 nm na potência de 1,5 W, em todos os modos de frequência, e 3,0 W, no modo pulsado por 20 segundos, pode ser utilizada com segurança no tratamento endodôntico independente da presença de umidade.

ALFREDO et al. (2008b) estudaram a adesão dos cimentos AH Plus e Epiphany a dentina radicular humana irradiada com laser diodo 980 nm calibrado com diferentes parâmetros de potência e frequência, utilizando o método *push-out*. Sessenta raízes de caninos foram seccionadas abaixo da junção cimento-esmalte, a fim de obter discos de dentina com 4 mm de espessura. O espaço do canal radicular foi preparado utilizando broca tronco-cônica e foi irrigado com NaOCl, EDTA e água destilada. Os espécimes foram distribuídos aleatoriamente em cinco grupos ($n=12$) de acordo com os parâmetros utilizados na irradiação com laser diodo 980 nm: não irradiado (controle); 1,5 W/CW; 3,0 W/100 CW; 1,5 W/100 Hz e 3,0 W/100 Hz. Metade dos espécimes em cada grupo teve seus preparos preenchidos com cimentos AH Plus e a outra metade preenchida com cimento Epiphany. Após teste *push-out*, os espécimes foram seccionados longitudinalmente e examinados em MEV para avaliar os tipos de falhas obtidos após o deslocamento dos cimentos. Os resultados mostraram que os espécimes irradiados com laser diodo e obturados com cimento AH Plus apresentaram maiores valores de adesão ($8,69 \pm 2,44$) quando comparados aos grupos obturados

com Epiphany ($3,28 \pm 1,58$) e ao grupo não-irradiado (controle). Os espécimes obturados com Epiphany não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre si e quando comparados ao controle ($1,75 \pm 0,69$). Observou-se nas micrografias, falha predominante adesiva (77%) nos espécimes obturados com Epiphany e mista no grupo do AH Plus (67%). Os autores concluíram que a irradiação da dentina radicular com laser diodo 980 nm aumentou a adesão do cimento endodôntico AH Plus, entretanto, não interferiu na adesão do cimento Epiphany.

ÇELIK et al. (2008) estudaram a microdureza e as alterações na composição da dentina em cavidades preparadas com laser Er:YAG e Er,Cr:YSGG em comparação a cavidades realizadas convencionalmente com brocas. Dois preparos cavitários ($3 \times 3 \times 2$ mm) foram realizados utilizando brocas ou sistemas lasers nas superfícies vestibulares e linguais de quinze molares humanos hígidos. No preparo convencional as cavidades foram preparadas utilizando brocas cilíndricas em alta rotação. No grupo em que as cavidades foram feitas com laser Er,Cr:YSGG, o aparelho apresentava potência 6 W/20 Hz para atuar em esmalte e 4 W/25 Hz para dentina, sendo utilizado no modo focado a 1-1,5 mm de distância focal. Enquanto que o grupo preparado com laser Er:YAG, a irradiação no esmalte foi feita não contatando a superfície, com feixe focado de 600 mJ de energia e 6 Hz de frequência, sob constante refrigeração, enquanto que a dentina foi irradiada utilizando energia de 250 mJ e 4 Hz, mantendo distância de trabalho de 10 mm em modo focado. Os dentes foram incluídos em resina e cortados

perpendicularmente ao longo eixo e ao meio do preparo utilizando máquina de corte. Sendo assim, uma parte do preparo foi utilizada para realizar as leituras de microdureza (Vickers) e a outra parte foi submetida à análise atômica SEM-EDS. Os valores de microdureza foram obtidos 50 μm da margem utilizando carga de 100 gramas durante 10 segundos. Não houve diferença estatística entre os valores de microdureza e na proporção cálcio/fósforo entre as cavidades preparadas com laser em relação aquelas realizadas utilizando brocas em alta rotação ($p > 0,05$). Os autores concluíram que os diferentes tipos de lasers e técnicas de preparo cavitário não alteram significativamente a composição ou a microdureza da dentina.

CHINELATTI et al. (2008) avaliaram a microdureza superficial e em profundidade da dentina após a irradiação com laser Er:YAG. Setenta e dois molares foram seccionados, distribuídos aleatoriamente em dois grupos (dentina superficial e dentina profunda) e subdivididos de acordo com a energia utilizada na aplicação do laser Er:YAG (controle, 160 mJ, 200 mJ, 260 mJ, 300 mJ e 360 mJ). Após a irradiação, as cavidades foram seccionadas longitudinalmente e a microdureza foi realizada em diferentes profundidades (20 μm , 40 μm , 60 μm , 80 μm , 100 μm e 200 μm) a partir do assoalho da cavidade. A dentina superficial apresentou maiores valores de microdureza em comparação à dentina nas regiões mais profundas. A energia de 160 mJ resultou em maiores valores de microdureza e a de 360 mJ em menores valores. Verificou-se que os valores de microdureza foram diferentes em todos os pontos analisados, entretanto, observou-se geral aumento dos valores de microdureza. A dentina superficial, apresentou maiores

valores de microdureza na profundidade de 20 μm , após aplicação de laser com energia de 160 mJ. Em profundidade, a microdureza da dentina irradiada com 160 mJ e 200 mJ foi semelhante ao grupo controle. Os autores concluíram que a aplicação de menores energias, aumentou a microdureza superficial da dentina nas regiões próximas ao preparo cavitário e a microdureza da dentina em profundidade não se alterou após irradiação com energias de 160 mJ e 200 mJ.

CHRISTENSEN et al. (2008) analisaram a influência do pH da solução de NaOCl na capacidade de dissolução tecidual. Com esta finalidade, amostras de tecido muscular obtidas de suínos foram distribuídas aleatoriamente em sete grupos, variando o pH e a concentração da solução, bem como o tempo de imersão do espécime. Quando os grupos foram analisados isoladamente, não houve diferença na capacidade de dissolução tecidual do NaOCl com pH 12 e 9, os quais foram estatisticamente diferentes do grupo que foi imerso em NaOCl com pH 6 ($p < 0,05$). Os autores concluíram que maiores concentrações da solução de NaOCl e maior tempo de interação entre o tecido e a solução resultaram em efeitos mais intensos na dissolução tecidual.

FARIA et al. (2008) avaliaram as alterações estruturais da dentina após irradiação com laser Nd:YAG utilizando diferentes substâncias químicas na irrigação dos canais radiculares. Trinta e seis caninos foram seccionados 1 mm abaixo da junção cimento-esmalte. Os canais instrumentados pela técnica *Crow Down* e irrigados com água destilada distribuídos de acordo com a substância química (EDTAC 17%, NaOCl 1% e clorexidina 2%) e parâmetros de aplicação do

laser (superfície do canal úmida ou seca). A irradiação com laser Nd:YAG (120 mJ, 3,0 W e 20 Hz) foi realizada por 15 segundos de forma perpendicular a superfície externa, com movimentos circulares. Os espécimes foram seccionados longitudinalmente e analisados em MEV (1.500x de aumento). Não houve diferença na morfologia da dentina quando os terços foram comparados. Com relação às substâncias químicas utilizadas, as alterações foram mais evidentes nos grupos em que as superfícies dos canais foram secas antes da irradiação. Áreas de fusão, carbonização e exposição parcial dos túbulos dentinários foram verificadas. Quando a irradiação foi realizada com os canais úmidos, a camada de *smear* foi incorporada a superfície irradiada. No grupo irrigado com EDTAC e irradiado observou-se obliteração parcial dos túbulos dentinários devido à ação do laser, além disso, não se observou camada de *smear* remanescente sobre a superfície. As amostras irrigadas com NaOCl seguido da irradiação com laser apresentaram morfologia similar ao grupo da clorexidina, com algumas áreas de fusão presente e ausência de fissuras ou túbulos dentinários expostos. A irradiação com laser Nd:YAG em presença de EDTAC produziu padrão de superfície favorável em comparação aos demais grupos, devido a remoção da camada contaminada e posterior selamento dos túbulos dentinários.

KAKOLI et al. (2008) verificaram a capacidade de penetração de *Enterococcus faecalis* no interior de túbulos dentinários de acordo com a faixa etária do paciente. Cinquenta dentes uniradiculares obtidos de pacientes com diferentes idades foram divididos em dois grupos: jovens (18 – 25 anos) e idosos

(≥ 60 anos). Os dentes foram instrumentados, inoculados com *Enterococcus faecalis* e incubados por 20 dias. Em seguida, os dentes foram seccionados e as secções foram coradas pelo método Brow e Brenn. A análise histológica foi realizada para determinar o nível de infecção, por meio da contagem de microrganismos que invadiram os túbulos dentinário e mensuração da profundidade de penetração dos mesmos. No grupo de pacientes jovens verificou-se maior quantidade de túbulos contaminados quando comparado ao grupo de pacientes idosos ($p=0,014$). Além disso, a profundidade de invasão bacteriana foi significativamente maior em pacientes jovens do que em pacientes senis ($p=0,033$), sendo que a média de penetração das bactérias em profundidade foi de 420 μm e 360 μm , nos grupos de pacientes jovens e idosos, respectivamente. De acordo com os resultados do estudo, os autores sugeriram que o grau de infecção dos túbulos dentinários em pacientes idosos é menor do que em pacientes jovens.

MARCHESAN et al. (2008a) avaliaram a permeabilidade dentinária após a aplicação do laser diodo 980 nm variando os parâmetros de calibração associado a diferentes tipos de solução. Foram utilizados 75 caninos humanos instrumentados e irrigados com água destilada, sendo que para aplicação do laser os dentes foram divididos de acordo com a solução utilizada para a irrigação final: (1) água destilada, (2) NaOCl 1% e (3) EDTAC. Os parâmetros utilizados foram 1,5 W e 3,0 W em modo continuou ou pulsado (100 Hz). Após processamento histoquímico, a porcentagem de íons cobre que penetrou na dentina foi quantificada. Pode-se

verificar que quando o laser foi associado à água destilada houve aumento na permeabilidade da dentina, enquanto que esta diminuiu quando o laser foi associado ao EDTAC. Dessa forma, a permeabilidade dentinária após a aplicação do laser diodo 980 nm está diretamente relacionada à solução utilizada na irrigação final.

MARCHESAN et al. (2008b) observaram por meio de MEV as alterações morfológicas ultra-estruturais provocadas pelo laser diodo 980 nm sobre a superfície da dentina radicular. Setenta e dois caninos superiores tiveram suas coroas removidas e foram preparados biomecanicamente utilizando instrumentos rotatórios K3 e, entre a troca de calibre dos instrumentos, os dentes foram irrigados com 2 mL de água destilada. Os dentes foram distribuídos aleatoriamente em cinco grupos (n=8) de acordo com os parâmetros utilizados: sem irradiação (controle); 1,5 W/modo de emissão contínuo (CW); 3,0 W/CW; 1,5 W/100 Hz; 3,0 W/100 Hz. O laser foi aplicado com movimentos helicoidais (paralelo as paredes do canal radicular) durante 20 segundos, sendo que oito dentes foram preparados, adicionalmente, com o objetivo de seccioná-los longitudinalmente e irradiar de forma perpendicular a superfície da dentina radicular. Foram atribuídos escores para as fotomicrografias e a análise estatística revelou não haver diferença entre os terços irradiados com o laser diodo 980 nm e resultados semelhantes foram verificados entre os parâmetros 1,5 W/CW e 3W/ 100 Hz ($p>0,05$). Os autores afirmaram que, considerando as diferentes potências e modos de emissão da

irradiação testados, as alterações morfológicas variaram de remoção da camada de *smear* à fusão da dentina.

PÉREZ-HEREDIA et al. (2008) compararam os efeitos do EDTA 15%, ácido cítrico 15%, ácido fosfórico 5% e NaOCl 2,5% na dentina radicular. Dez incisivos centrais superiores humanos foram seccionados a partir da junção cimento-esmalte com o objetivo de obter fragmentos (2 mm) do terço coronário da dentina radicular. Os fragmentos foram partidos ao meio e os espécimes foram distribuídos em quatro grupos (n=10) de acordo com a substância química (20 mL) em que foram imersos (EDTA 15%, ácido cítrico 15%, ácido fosfórico 5% e NaOCl) durante 5, 10 e 15 minutos. A concentração de íons cálcio que foi extraída da dentina foi mensurada por meio de espectrofotometria de absorção atômica. Nos três períodos de tempo analisados, o EDTA 15% e o ácido cítrico foram estatisticamente semelhantes entre si ($p > 0,001$) e removeram maior quantidade de cálcio do que o NaOCl e o ácido fosfórico ($p < 0,001$). Os autores verificaram a quantidade total de íons cálcio removido pelas soluções aumentou com o decorrer do tempo em todas as soluções, sendo que a maior quantidade destes íons foi mobilizada nos primeiros 5 minutos e que o NaOCl 2,5% removeu quantidade insignificante de cálcio quando comparado ao EDTA 15% que mobilizou a maior quantidade de íons cálcio.

ALFREDO et al. (2009) avaliaram as alterações da dentina pré-tratada com NaOCl ou EDTA, irradiada com laser diodo 980 nm ajustado a diferentes parâmetros. Raízes de caninos humanos foram instrumentada utilizando entre a

troca de calibre dos instrumentos 2 mL de NaOCl 1% e irrigação final com 10 mL de água destilada. Os espécimes foram distribuídos em dois grupos (n=30) de acordo com o pré-tratamento da dentina: 2 mL de NaOCl 1% ou 2 mL de EDTA 17%. Estas soluções permaneceram por 5 minutos no interior dos canais e, em seguida, foram removidas por meio da irrigação com água destilada por 1 minuto. Os grupos foram subdivididos (n=10) de acordo com os parâmetros utilizados na irradiação com laser diodo 980 nm: 1,5 W/CW (modo contínuo); 1,5 W/100 Hz; 3,0 W/CW; 3,0 W/100 Hz e controle (não irradiado). Para aplicação do laser, utilizou-se fibra óptica de 200 µm, que foi introduzida até a região apical, ativada e lentamente removida do canal radicular em direção cervical, realizando movimentos helicoidais, sendo re-introduzida até o ápice, com ciclo total de irradiação de 20 segundos. Durante a irradiação os canais permaneceram preenchidos com água destilada. As raízes foram clivadas longitudinalmente expondo as paredes dos canais radiculares que foram analisadas em MEV (1.000x). Escores foram atribuídos às micrografias que foram obtidas das porções apical, média e cervical. A análise estatística mostrou que os espécimes tratados somente com NaOCl ou EDTA (grupos controle) foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) em relação aos grupos irradiados, independentemente do parâmetro utilizado. Os espécimes tratados com NaOCl mostraram superfície modificada pelo laser com camada *de smear*, fissuras e túbulos não visíveis, enquanto que aqueles tratados com EDTA e irradiados, apresentaram ausência de camada de *smear*, túbulos parcialmente expostos e áreas de fusão. Os autores concluíram que o laser

diodo 980 nm nos parâmetros testados, promoveu alterações morfológicas similares na dentina dependente do tipo de pré-tratamento da superfície.

SOUZA-GABRIEL et al. (2009) analisaram a influência de diferentes parâmetros do laser Er:YAG na microdureza e alterações morfológicas da subsuperfície da dentina. Cento e trinta fragmentos de dentina foram distribuídos aleatoriamente em treze grupos (n=10) de acordo com a energia (200, 250, 300 e 350 mJ) e o modo de operação do laser (2, 3 e 4 Hz). O grupo controle foi constituído por fragmentos preparados com brocas carbide. Os espécimes foram seccionados ao meio, sendo que uma das hemi-secções foi utilizada para o teste de microdureza na subsuperfície da dentina irradiada (30, 60, 90, 120 e 150 μm), enquanto a outra hemi-secção foi preparada para análise em MEV. Os maiores valores de microdureza foram verificados nos grupos irradiados com 250 mJ/4 Hz e 350 mJ/4 Hz, somente em profundidade de até 60 μm . Os parâmetros 300 mJ/3 Hz, 350 mJ/3 Hz e 200 mJ/4 Hz produziram alterações morfológicas até 10 μm , enquanto que nos parâmetros 250 mJ/4 Hz, 300 mJ/4 Hz e 350 mJ/4 Hz, foram observadas até 30 μm ($p=0,0328$). O grupo controle apresentou os menores valores de microdureza, sendo estatisticamente semelhante aos valores obtidos com 200 mJ/2 Hz ($p=0,1824$) e a subsuperfície não exibiu alterações morfológicas. Os autores concluíram que o laser Er:YAG nos parâmetros 250 mJ/4 Hz e 350 mJ/4 Hz aumentou a microdureza até 60 μm de profundidade na dentina.



Proposição

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da irradiação do laser diodo 980 nm, aplicado nas potências 1,5 W e 3,0 W com frequência de 100 Hz, sobre a microdureza do terço médio da dentina radicular nas profundidades de 30, 90, 150 e 300 μm , a partir da luz do canal em direção à superfície radicular externa, variando a solução irrigante utilizada durante o preparo biomecânico, NaOCl e EDTA.



Material e Métodos

O projeto de pesquisa do presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Ribeirão Preto, que o aprovou sem restrições (Anexo).

Caninos humanos, superiores e inferiores, conservados em solução de timol 0,1% a 9 °C, foram previamente examinados para a padronização da amostra (Figura 1A). Os dentes foram analisados por meio de uma lupa estereoscópica (20x) a fim de descartar aqueles que apresentassem alterações como trincas e lesões de cárie cervical ou na superfície radicular e ausência de curvatura acentuada. Em seguida, foram radiografados no sentido próximo-proximal (Figura 1B), com o objetivo de verificar presença de raiz completamente formada, canal único, bem como ausência de calcificações e reabsorções internas e de curvaturas acentuada. Foram selecionados 72 caninos com aproximadamente 25 mm de comprimento, que foram lavados em água corrente por 24 horas com o objetivo de eliminar os resíduos da solução de timol.

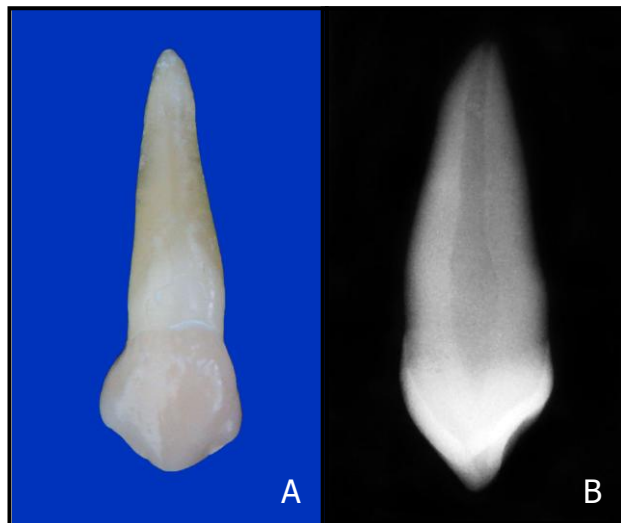


Figura 1: A- Canino Superior; B- Radiografia periapical no sentido próximo-proximal para seleção do dente.

Os dentes tiveram suas raízes impermeabilizadas com éster de cianoacrilato (Super Bonder, Itapevi, SP, Brasil) e, após 2 horas, foram seccionados transversalmente, próximo a junção cimento-esmalte, com disco diamantado dupla-face (KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil) em baixa rotação (Kavo, Joinville, SC, Brasil), para padronizar raízes com comprimento de 18 mm (Figura 2).

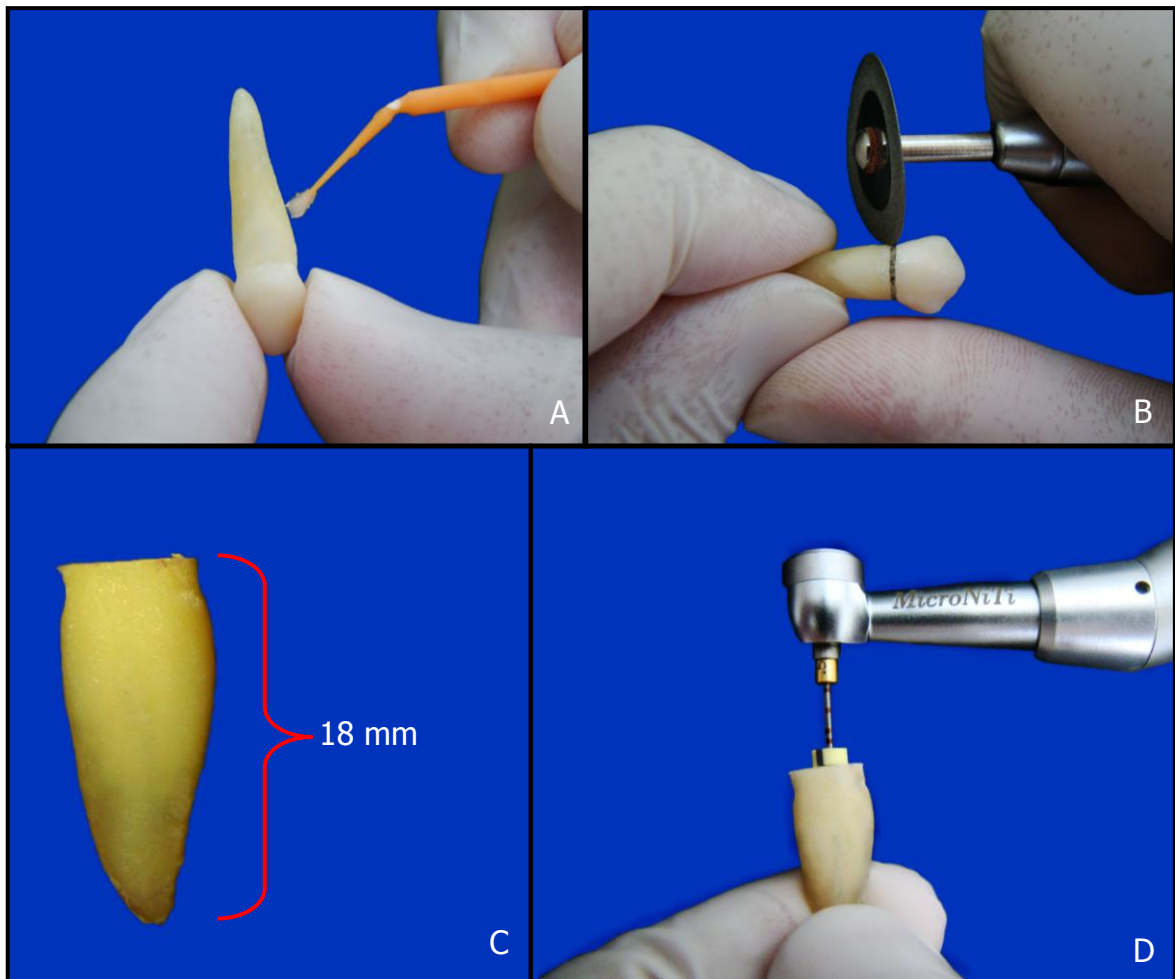


Figura 2: A- Microbrush utilizado para impermeabilização da porção radicular com éster de cianoacrilato (Super Bonder); B- Secção do dente com disco diamantado dupla face; C- Raiz seccionada com 18 mm de comprimento; D- Instrumento rotatório de NiTi sistema K3 (#50.02) acoplado ao contra-ângulo redutor para realizar o preparo biomecânico do canal radicular.

As raízes obtidas tiveram seus canais radiculares explorados introduzindo-se uma lima tipo K #15 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) em toda sua extensão até que a sua ponta fosse visualizada no forame apical, determinando o comprimento real de trabalho 1 mm aquém do ápice radicular (17 mm).

Os espécimes foram distribuídos aleatoriamente em três grupos (n=24), de acordo com a solução irrigante utilizada durante o preparo biomecânico: GI- água destilada e deionizada ultra pura de Milli-Q (controle); GII- NaOCl 1% (pH 9,0) e GIII- NaOCl 1% associado ao EDTA 17% (pH 7,3) por 5 minutos. Cada grupo foi subdividido (n=8) de acordo com a potência utilizada na aplicação do laser: A- sem irradiação (controle); B- irradiação com laser 1,5 W/ 100 Hz e C- irradiação com laser 3,0 W/ 100 Hz (Figura 3).

O preparo biomecânico das raízes foi realizado com instrumentos do sistema rotatório K3 (SybronEndo, Orange, CA, EUA), acionados por motor elétrico (Endo Plus, Driller, São Paulo, SP, Brasil) com velocidade aproximada de 350 rpm, por meio da técnica *Crown Down*. O terço cervical foi preparado com broca #2 LA Axxess (#35.06, SybronEndo, Orange, CA, EUA) e com o instrumento #25.12, enquanto no terço médio utilizou-se os instrumentos #25.08 e 25.06 e o terço apical foi ampliado até o instrumento #50.02 (Figura 2). Durante o preparo biomecânico, os canais radiculares foram irrigados com 2 mL da solução testada a cada troca de instrumento. No grupo III, em que houve associação de duas soluções, o NaOCl foi utilizado a cada troca de instrumento e o EDTA (2 mL) foi

aplicado após preparo biomecânico, permanecendo em contato com a dentina por 5 minutos.

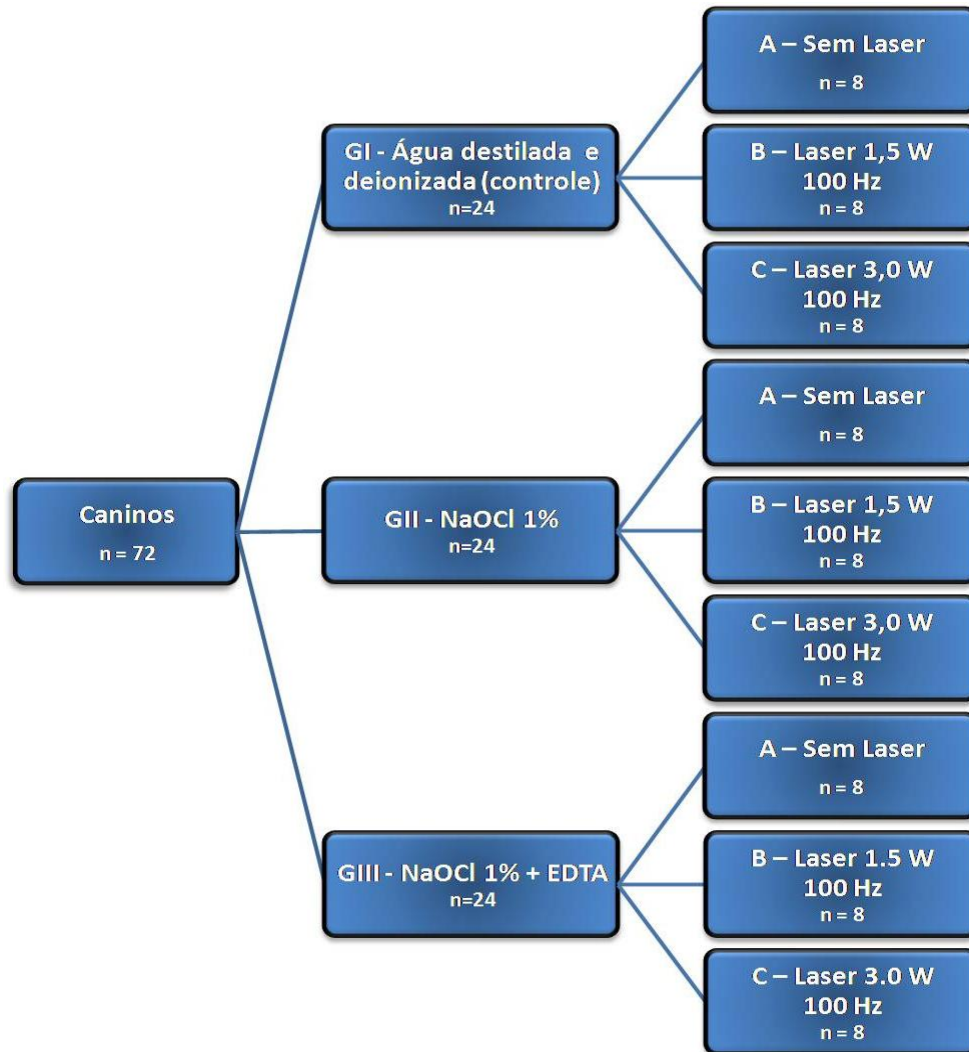


Figura 3: Fluxograma representativo da distribuição dos grupos e subgrupos.

Vale ressaltar que o tempo do preparo biomecânico foi cronometrado em 20 minutos, com a finalidade de padronizar o tempo de ação das soluções sobre a dentina radicular.

A irrigação final em todas as raízes foi feita com 10 mL de água destilada e deionizada, com o objetivo de remover os resíduos das soluções utilizadas.

A água destilada e deionizada e as soluções de NaOCl 1% e EDTA 17% foram aviadas na Farmácia de Manipulação Cidinha Bonini da Universidade de Ribeirão Preto.

O laser utilizado foi o diodo 980 nm (SIROLaser 2.2 – SIRONA Dental, Bensheim, Alemanha), com fibra óptica flexível de 200 μm de diâmetro (Figura 4). Para a aplicação do laser, as raízes foram posicionadas em um dispositivo acrílico ajustável que as manteve em posição padronizada (Figura 5) e os canais permaneceram preenchidos com água destilada e deionizada ultra pura de Milli-Q. O aparelho foi calibrado no modo pulsado (100 Hz) para as duas potências utilizadas (1,5 W e 3,0 W).



Figura 4: A- Laser diodo 980 nm SIROLaser (Sirona, Bensheim, Alemanha). B- Fibra óptica de 200 μm de diâmetro utilizada no presente estudo.

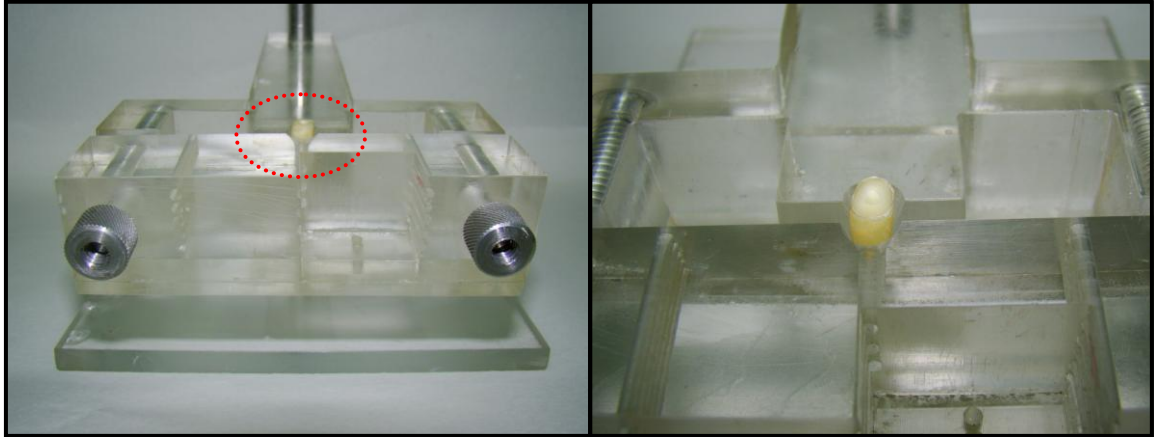


Figura 5: A- Dispositivo de acrílico utilizado para fixar as raízes; B- Área em destaque em maior aumento.

A irradiação laser foi aplicada por 20 segundos em cada raiz, iniciando com a ponta da fibra colocada no terço apical do canal e realizando movimento helicoidal ao longo do mesmo até a cervical, retornando, em seguida, ao ápice com velocidade aproximada de 1,5 mm/s (Figura 6). O movimento de ida e volta ao longo do canal, para cada raiz foi realizado somente uma vez, mantendo a ponta da fibra em contato com a parede dentinária. As potências do laser foram aferidas, a cada subgrupo estudado, por meio do sistema de calibração do próprio aparelho. Após a irradiação de cada subgrupo, foram cortados 2 mm da extremidade da fibra do laser para se iniciar uma nova aplicação, pelo fato do seu revestimento ter apresentado pequenas áreas queimadas.

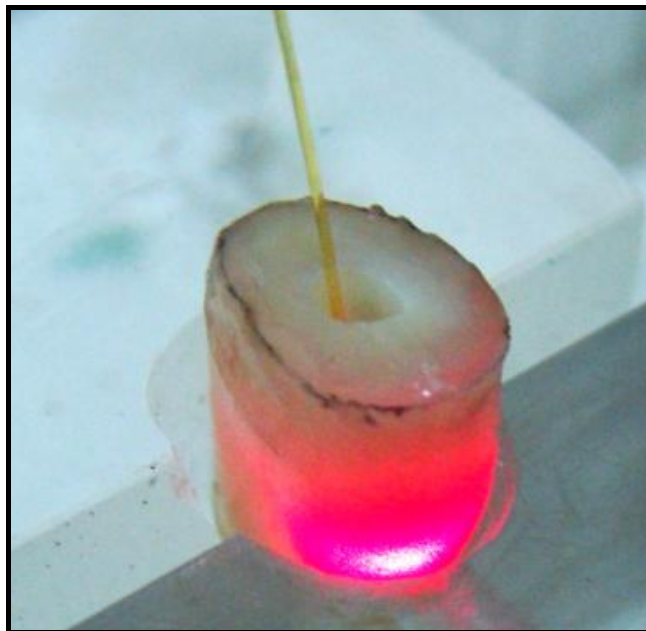


Figura 6: - Fibra óptica do laser inserida no canal radicular (coloração avermelhada indicativa da ativação do laser).

Após a aplicação do laser, os canais foram secos com pontas de papel absorvente e os espécimes armazenados em estufa a 37 °C com umidade relativa 95% por 48 horas. Os espécimes foram fixados com cera de baixa fusão (Godibar, Lisanda Prod. Odonto. Ltda, São Paulo, SP, Brasil) em placas acrílicas, as quais foram acopladas individualmente na máquina de corte Isomet 1000 (Buehler, Lake Forest, IL, EUA) (Figura 7). Realizou-se sete cortes em cada raiz, o que resultou em 8 secções com 2,5 mm de espessura. Foi selecionada para análise da microdureza, a quarta secção de cada raiz, correspondente ao terço médio (Figura 8).

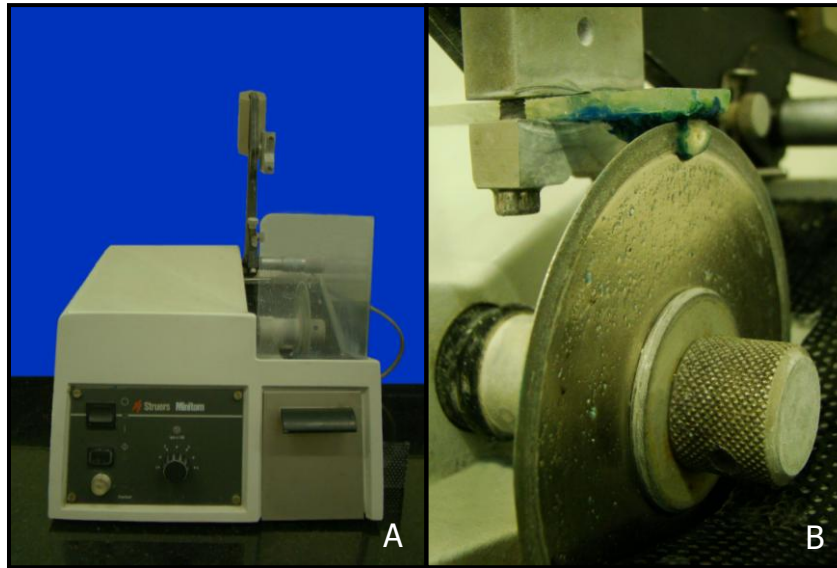


Figura 7: A- Máquina de corte Isomet 1000 (Buehler, Lake Forest, IL, EUA); B- Espécime fixado na placa acrílica e acoplado à máquina de corte.

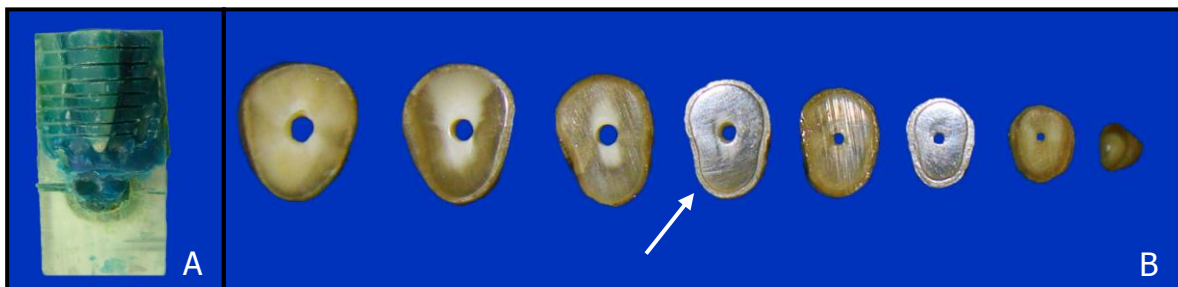


Figura 8: A- Raiz fixada em placa acrílica com cera de baixa fusão e seccionada em 8 *slices*; B- Secção de dentina (seta branca) selecionada para análise de microdureza.

A superfície coronal dos *slices* selecionados (Figura 9A) foi lixada com lixas d'água de carbureto de silício (Norton, Lorena, SP, Brasil) de granulação 400 e polida com lixa de granulação 1200, sendo o polimento final realizado com pasta polidora de compósitos de óxido de alumínio micronizado (Profill-SSWhite, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) sob pano de seda úmido.

Vinte e quatro horas após o polimento, os slices foram fixados com cera utilidade em *stubs* de resina acrílica (Figura 9A) e submetidos ao teste de

microdureza em microdurômetro Shimadzu HMV2 (Newage Testing Instruments Inc., Southampom, PA, EUA) (Figuras 9B e 10) com indentador Knoop que apresenta forma de pirâmide alongada. A microdureza foi aferida nas profundidades de 30, 90, 150 e 300 μm , a partir da luz do canal em direção à superfície radicular externa (Figura 11A).

Para cada indentação, uma carga estática de 25 g foi utilizada por 10 segundos e a microdureza Knoop (KHN) da dentina foi calculada com base nas médias das diagonais visualizadas em aumento de 400x, por meio do *Software Newage C.A.M.S* (Computer Assisted Measurement System, Newage Testing Instruments, Inc., Southampom, PA, EUA). Em cada profundidade da dentina, a média de três mensurações foi calculada e registrada. Imagens representativas foram fotografadas para análise e ilustração dos resultados em aumentos de 100x e 400x (Figura 11B).

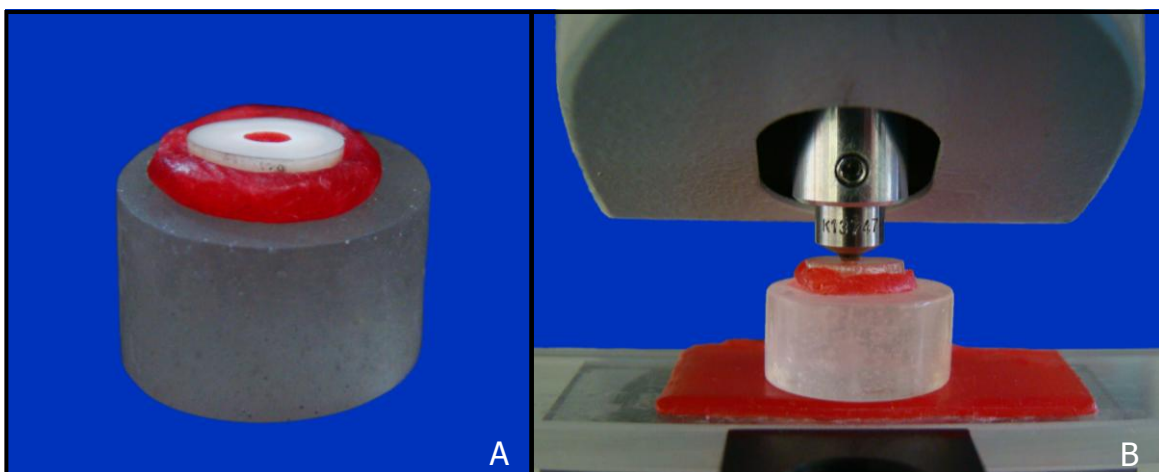


Figura 9: A- Espécime fixado com cera utilidade no *stub* de resina acrílica; B- Corpo-de-prova posicionado no microdurômetro realizando as marcações.



Figura 10: Microdurômetro Shimadzu HMV2 acoplado ao computador, que mostra em seu monitor a marcação de microdureza a ser aferida.

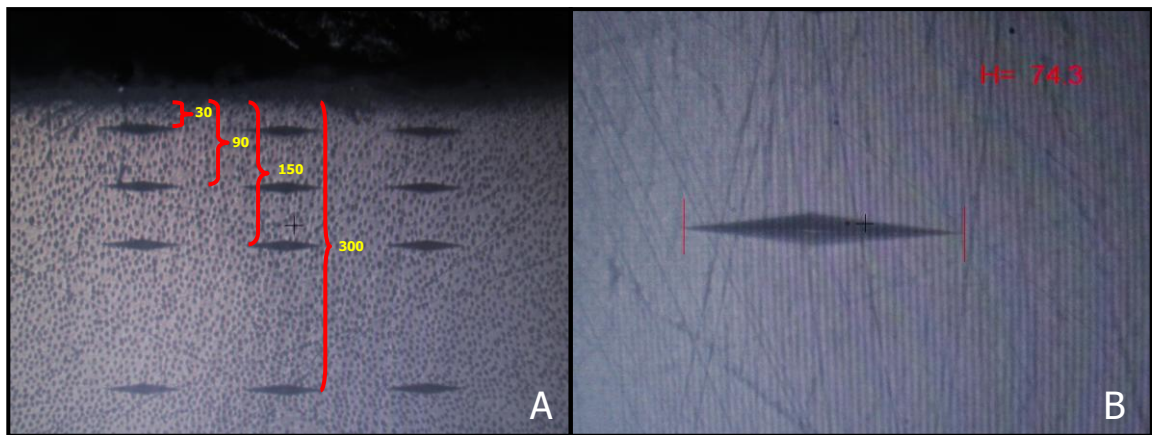
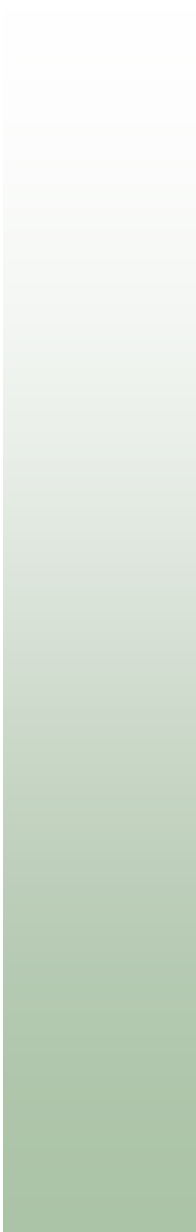


Figura 11: A- Marcações realizadas no espécime em triplicata nas quatro profundidades (30 μm , 90 μm , 150 μm , 300 μm) (aumento 100x); B- Determinação das extremidades do losângulo para determinação da medida de microdureza Knoop (aumento de 400x).

Os dados foram submetidos a testes estatísticos preliminares, com o auxílio do *software* GMC 8.1 (desenvolvido pelo Prof. Dr. Geraldo Maia Campos da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto – FORP/USP) com o objetivo de verificar a normalidade da distribuição amostral. Como a amostra testada apresentou distribuição normal, foram aplicados testes estatísticos paramétricos, de Análise de Variância para verificar a existência de diferença estatística significativa entre as médias e o teste complementar de Tukey para verificar a diferença entre os grupos, com nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).



Resultados

Os valores originais obtidos na análise da microdureza Knoop (KHN) do terço médio da dentina radicular, em diferentes profundidades, após tratamento de superfície com diferentes soluções químicas e aplicação do laser diodo com diferentes potências, estão descritos na Tabela I.

Tabela I: Valores originais, médias e desvio-padrão da dureza Knoop (KHN) obtidos nas diferentes profundidades da dentina, após diferentes tratamentos da superfície.

	Água Destilada			NaOCl			NaOCl + EDTA			$\bar{x} \pm DP$
	Sem Irradiação	Laser diodo 1,5 W	Laser diodo 3,0 W	Sem Irradiação	Laser diodo 1,5 W	Laser diodo 3,0 W	Sem Irradiação	Laser diodo 1,5 W	Laser diodo 3,0 W	
30 μm	36,4	17,5	36,7	37,7	42,3	20,4	51,0	59,7	50,8	
	43,8	48,4	60,2	30,0	54,0	40,2	45,8	58,4	52,4	
	29,9	35,8	52,4	31,9	53,9	40,3	41,0	32,7	26,9	
	44,4	41,4	47,4	46,4	36,5	45,3	37,7	62,3	38,3	
	32,5	51,2	49,6	50,4	47,8	56,1	55,8	52,5	47,8	
	48,9	46,7	65,0	37,5	38,9	57,7	57,8	49,5	48,7	
	20,4	55,5	46,7	47,7	40,6	51,0	29,4	55,4	58,1	
	30,0	57,2	33,4	41,9	44,6	48,8	37,8	36,8	33,4	
	$\bar{x} \pm DP$	35,8 \pm 9,5	44,2 \pm 12,9	48,9 \pm 10,7	40,4 \pm 7,4	44,8 \pm 6,6	45,0 \pm 11,9	44,5 \pm 9,9	50,9 \pm 10,8	
90 μm	53,0	19,0	38,6	38,7	48,1	20,5	51,4	64,1	61,0	
	50,2	42,0	65,2	33,4	56,1	52,3	51,3	65,7	53,0	
	43,0	38,8	61,2	43,7	56,4	45,0	41,2	38,8	32,1	
	41,3	38,4	47,0	49,9	40,6	52,0	38,6	62,3	42,2	
	33,8	53,6	50,2	52,8	49,3	58,6	56,4	51,9	56,1	
	48,6	47,5	65,4	45,8	40,3	59,3	55,7	54,6	50,5	
	24,3	65,0	55,2	56,4	42,3	57,5	26,8	58,9	59,7	
	41,5	61,1	36,2	39,0	48,0	55,1	43,9	39,1	32,2	
	$\bar{x} \pm DP$	42,0 \pm 9,4	45,7 \pm 14,7	52,4 \pm 11,4	45,0 \pm 7,8	47,6 \pm 6,4	50,1 \pm 12,8	45,7 \pm 10,1	54,4 \pm 10,6	
150 μm	53,8	21,2	39,7	35,1	51,6	20,2	52,7	65,6	63,4	
	42,0	44,0	62,9	35,6	53,4	58,9	51,7	65,1	57,3	
	41,1	44,0	64,8	46,5	55,1	48,0	47,5	42,5	34,4	
	47,3	39,9	45,1	46,4	39,9	55,3	36,7	68,3	41,5	
	38,4	56,3	52,6	48,2	47,6	61,0	59,2	49,9	57,2	
	48,6	51,4	66,6	52,2	40,6	60,8	54,6	57,3	52,2	
	25,1	60,8	54,7	56,0	44,7	61,2	29,4	61,5	63,3	
	42,8	62,8	37,4	44,5	48,2	60,2	45,4	34,9	32,9	
	$\bar{x} \pm DP$	42,4 \pm 8,5	47,6 \pm 13,5	53,0 \pm 11,4	45,6 \pm 7,3	47,6 \pm 5,6	53,2 \pm 14,1	47,2 \pm 9,9	55,6 \pm 12,1	
300 μm	60,0	24,5	44,6	29,8	55,6	20,8	56,8	64,6	61,4	
	57,0	51,7	64,3	39,5	54,6	62,2	51,2	67,7	62,9	
	61,5	47,5	64,2	52,0	63,2	47,8	61,6	44,9	34,2	
	63,1	40,9	43,7	48,4	35,5	58,1	38,7	69,6	42,0	
	48,5	47,2	59,9	48,7	51,4	62,1	62,6	56,9	60,4	
	51,5	62,8	63,4	58,5	41,4	66,9	51,3	59,3	59,0	
	34,9	60,9	54,3	58,3	46,6	67,6	41,6	71,6	58,4	
	37,8	57,7	39,5	49,5	46,8	60,4	53,3	35,5	30,5	
	$\bar{x} \pm DP$	51,8 \pm 10,8	49,2 \pm 12,5	54,2 \pm 10,3	48,1 \pm 9,6	49,4 \pm 8,7	55,7 \pm 15,4	52,1 \pm 8,6	58,8 \pm 12,7	
$\bar{x} \pm DP$	43,6 \pm 9,9	45,0 \pm 12,9	51,3 \pm 11,1	44,4 \pm 7,7	47,4 \pm 6,2	49,2 \pm 12,8	47,6 \pm 8,9	55,5 \pm 12,5	49,3 \pm 12,4	

O teste paramétrico que melhor se adaptou ao modelo matemático proposto foi Análise de Variância, por se tratar de teste que permite a comparação de múltiplos dados independentes. O resultado da Análise de Variância pode ser visualizado na Tabela II.

Tabela II. Medidas da análise de variância entre potências do laser diodo, profundidades da dentina e soluções irrigantes.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	GL	Quadrados Médios	(F)	Prob. (H0)
Potências do laser diodo	1683,35	2	841,68	7,15	0,1318
Profundidades da dentina	2314,47	3	771,49	6,55	0,0503
Soluções Irrigantes	515,81	2	257,91	2,19	11,1725
Interação Potência x Profundidade	193,49	6	32,25	0,27	5,2053
Interação Solução x Potência	1355,90	4	338,97	2,88	2,2983
Interação Solução x Profundidade	34,03	6	5,67	0,05	0,1154
Resíduo	29660,5	252	117,70		
Variação total	36068,38	287			

A análise de variância demonstrou diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) para os fatores potências do laser diodo e profundidade de atuação na dentina. Entretanto, não houve diferença estatisticamente significativa nos valores de microdureza da dentina tratada com as soluções irrigantes analisadas ($p > 0,05$).

A fim de esclarecer as diferenças da microdureza obtidas com a irradiação laser nas diferentes potências e grupo sem irradiação (controle), aplicou-se o teste complementar de Tukey-Kramer, com 5% de significância (Tabela III).

Tabela III. Resultado do teste de Tukey-Kramer para comparações múltiplas entre os valores de microdureza da dentina obtidos quando se utilizou diferentes potências do laser diodo.

Potências do Laser Diodo	Média±DP	
Sem irradiação	45,0±9,7 b	
Laser Diodo 1,5 W	49,7±11,2 a	valor crítico: 3,66
Laser Diodo 3,0 W	50,6±11,9 a	

Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$)

O teste de Tukey-Kramer indicou que os grupos irradiados com laser diodo foram estatisticamente semelhantes entre si ($p > 0,05$) e apresentaram as maiores médias, sendo diferentes estatisticamente do grupo sem irradiação (controle) ($p < 0,05$), que apresentou os menores valores de microdureza.

Observou-se também diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$), por meio do teste de Tukey-Kramer, entre as diferentes profundidades analisadas na dentina (Tabela IV).

Tabela IV. Resultado do teste de Tukey-Kramer para comparações múltiplas entre as profundidades da dentina testadas.

Profundidades	Média±DP	
30 μm	44,4±10,5 d	
90 μm	47,9±10,8 cd	valor crítico: 4,69
150 μm	49,2±11,0 c	
300 μm	52,3±11,3 c	

Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$)

Pode-se verificar que os maiores valores de microdureza foram obtidos nas profundidades de 150 e 300 μm , semelhantes estatisticamente entre si ($p > 0,05$) e diferentes estatisticamente da profundidade de 30 μm ($p < 0,05$), que apresentou os menores valores de microdureza. A 90 μm , obtiveram-se valores intermediários,

com comportamento ora estatisticamente semelhante àqueles de valores superiores, ora semelhantes ao de valor inferior ($p > 0,05$).

Com relação à interação dos resultados, verificou-se que houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre solução irrigante X profundidade na dentina (Tabela V).

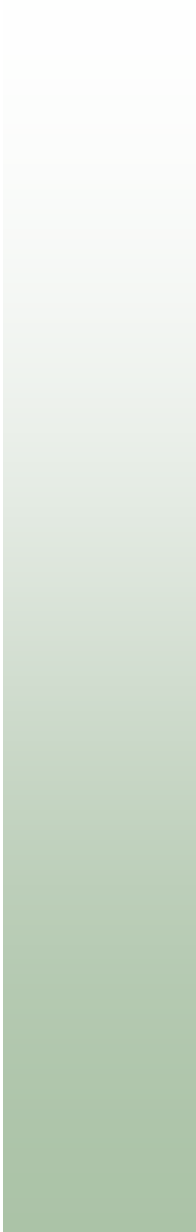
Tabela V. Interação soluções irrigantes e profundidade da dentina.

Grupos	Média±DP	
NaOCl + EDTA a 300 µm	54,0±11,7	•
Água Destilada a 300 µm	51,7±10,9	•■
NaOCl a 300 µm	51,1±11,6	•■
NaOCl + EDTA a 150 µm	51,0±11,6	•■
NaOCl + EDTA a 90 µm	49,5±11,0	•■
NaOCl a 150 µm	48,8±9,8	•■
Água Destilada a 150 µm	47,6±11,7	•■
NaOCl a 90 µm	47,5±9,2	•■
Água Destilada a 90 µm	46,7±12,3	•■
NaOCl + EDTA a 30 µm	46,7±10,5	•■
NaOCl a 30 µm	43,4±8,8	■
Água Destilada a 30 µm	43,0±12	■

valor crítico: 10,35

Símbolos diferentes indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$)

Os maiores valores de microdureza foram obtidos no grupo tratado com NaOCl associado ao EDTA na profundidade de 300 µm, diferente estatisticamente ($p < 0,05$) dos grupos NaOCl a 30 µm e água destilada a 30 µm, que por sua vez, apresentaram os menores valores e foram estatisticamente semelhantes entre si ($p > 0,05$). Os demais grupos apresentaram valores intermediários, com comportamento ora estatisticamente semelhante àquele de valor superior, ora semelhante aos de valores inferiores ($p > 0,05$) (Tabela V).



Discussão

O preparo biomecânico dos canais radiculares é realizado pela ação conjunta dos instrumentos endodônticos e substâncias químicas auxiliares com intuito de remover o tecido pulpar remanescente e promover a redução do conteúdo microbiano, favorecendo o reparo tecidual (ESTRELA et al., 2002; BERBER et al., 2006).

Estudos demonstram que as substâncias químicas utilizadas no preparo biomecânico apresentam capacidade de penetrar apenas 100 µm no interior dos túbulos dentinários (BERUTTI et al., 1997), enquanto que a colonização dos canalículos por microrganismos pode alcançar profundidades maiores (KAKOLI et al., 2008).

A irradiação laser dos canais radiculares tem despertado o interesse dos pesquisadores devido principalmente a capacidade de atuar em maior profundidade quando comparado às substâncias químicas, e este fato justifica a incorporação desta tecnologia ao arsenal endodôntico (GUTKNECK et al., 2004; DA COSTA RIBEIRO et al., 2007).

Entretanto, as conseqüências da interação entre a energia luminosa do laser e o tecido dentinário ainda não estão bem definidas, já que estas podem variar em função dos parâmetros empregados, forma de aplicação (perpendicular ou paralela), características do meio (seco ou úmido), ou até mesmo devido às propriedades intrínsecas da estrutura dentária, resultando em efeitos diversos (STABHOLZ et al., 2004; FARIA et al.; 2008; MARCHESAN et al., 2008b).

Dessa maneira, buscou-se no presente estudo avaliar a influência do laser diodo 980 nm na dentina radicular tratada com diferentes soluções irrigantes, por meio de teste mecânico não-destrutivo de microdureza. É importante salientar que o delineamento da fase experimental foi realizado mediante alguns cuidados, como descrito a seguir.

Na seleção da amostra, optou-se por utilizar caninos humanos livres de lesões de cárie ou abfração cervical, uma vez que, estas alterações podem modificar o conteúdo mineral da dentina e, conseqüentemente, interferir nas suas propriedades mecânicas (WANG; WEINER, 1998; LERTCHIRAKARN et al., 2001).

As raízes dos dentes foram impermeabilizadas a fim de evitar que as soluções irrigantes permanecessem restritas às paredes dos canais radiculares ou ao interior dos canais radiculares, evitando que o seu extravasamento pela superfície externa da raiz permitisse sua atuação na direção centrípeta, o que poderia mascarar os efeitos do laser na dentina.

Durante o preparo biomecânico, a irrigação no grupo controle foi realizada com água destilada e deionizada ultrapura de Milli Q a cada troca de instrumento, para evitar alterações químicas nas propriedades da dentina (SIM et al., 2001; MARCHESAN et al., 2008b). Além da água, que não altera a camada de *smear*, o NaOCl 1% foi utilizado para se obter superfície com menor teor de componentes orgânicos e o EDTA 17% para superfície com menor conteúdo de componentes inorgânicos. Assim, foi possível analisar a interação do laser diodo 980 nm com diferentes superfícies e sua influência na microdureza.

Para a aplicação do laser diodo 980 nm no canal radicular, selecionou-se os parâmetros 1,5 W e 3,0 W de potência, 100 Hz de frequência durante 20 segundos, com base no trabalho de ALFREDO et al. (2008a) que observaram que os parâmetros utilizados foram compatíveis com os níveis de tolerância tecidual, em relação às variações de temperatura.

O ensaio mecânico de microdureza foi realizado com objetivo de mensurar as alterações na dentina radicular por se tratar de um método que permite determinar de maneira indireta a perda ou ganho mineral nos tecidos dentais (WANG et al., 1998; FUENTES et al., 2004; ARI et al., 2004; SOUZA-GABRIEL et al., 2009). No presente estudo, o teste de microdureza foi realizado em triplicata, utilizando o indentador Knoop com carga de 25 gramas por 10 segundos, nas profundidades de 30, 90, 150 e 300 μm .

Os resultados do presente estudo mostraram que os grupos irradiados com laser diodo nas potências 1,5 W ($49,7 \pm 11,2$) e 3,0 W ($50,6 \pm 11,9$) foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) do grupo não irradiado - controle ($45,0 \pm 9,7$). Este resultado pode ser atribuído ao efeito térmico provocado pelo laser, quando interage com o tecido dentinário, alterando sua estrutura (MARCHESAN et al., 2008b; FARIA et al., 2008; ALFREDO et al., 2009; SOUZA-GABRIEL et al., 2009). Isto porque o mecanismo de ação do laser diodo 980 nm provavelmente é semelhante ao laser Nd:YAG 1064 nm, uma vez que esses sistemas apresentam pequena diferença entre seus comprimentos de onda e se situam na região do infravermelho próximo do espectro eletromagnético (COLUZZI, 2000). Nesta faixa

de comprimento de onda, parte da energia é absorvida pela estrutura mineral da dentina, tais como carbonato e fosfato, o que funde o arranjo cristalino dentinário (ALFREDO et al, 2009) e pode resultar em maior compactação de minerais. MARCHESAN et al. (2008a) verificaram que a permeabilidade da dentina não foi alterada quando o laser diodo 980 nm foi aplicado em canais irrigados com NaOCl, sugerindo que este laser atua principalmente no conteúdo orgânico do substrato irradiado.

Entretanto, não se observou, neste estudo, diferença estatisticamente significativa nos valores de microdureza da dentina quando se comparou as potências analisadas (1,5 e 3,0 W). Este fato pode ter ocorrido em virtude do incremento na potência não ter sido suficiente para proporcionar alterações significativas no substrato dental, a ponto de alterar sua microdureza.

Em relação às diferentes profundidades avaliadas na dentina, verificou-se aumento nos valores de microdureza à medida que se distanciava da luz do canal em direção à superfície externa da raiz (30 μm - $44,4 \pm 10,5$; 90 μm - $47,9 \pm 10,8$; 150 μm - $49,2 \pm 11,0$ e 300 μm - $52,3 \pm 11,3$). Este achado pode ser facilmente compreendido quando se avalia os espécimes que não foram submetidos à aplicação do laser. Segundo KINNEY et al. (1996) e WANG; WEINER (1998), a microdureza da dentina é menor nas adjacências da polpa, devido à diminuição da dureza da matriz intertubular nesta área. Soma-se a isso, a existência da correlação entre microdureza e densidade tubular defendida por PASHLEY et al.

(1985), na qual o diâmetro dos túbulos dentinários aumenta em direção à polpa, reduzindo a microdureza.

Da mesma forma, nos espécimes irradiados com laser diodo, independentemente da potência empregada, observou-se aumento dos valores de microdureza nas regiões mais profundas (150 e 300 μm). A este respeito, deve-se considerar que os lasers situados na faixa de comprimento de onda entre 810-980 nm, pertencentes à região do infravermelho próximo do espectro eletromagnético (família dos diodos e Nd:YAG), possuem baixo coeficiente de absorção na água e hidroxiapatita, propiciando propagação, espalhamento e difusão da energia através dos túbulos da dentina (GUTKNECHT et al., 2004; SCHOOP et al., 2006; ALFREDO et al., 2008b). Diferentemente, o Er:YAG apresenta menor capacidade de penetração nos tecidos dentários devido ao maior coeficiente de absorção para a água e hidroxiapatita e, portanto, interage principalmente com as camadas superficiais da dentina, promovendo alterações na microdureza até no máximo 60 μm em profundidade (CHINELATTI et al., 2008; SOUZA-GABRIEL et al., 2009).

A análise dos resultados da microdureza em relação às soluções irrigantes utilizadas durante o preparo biomecânico demonstrou que não houve interferência nos valores da microdureza.

Embora a literatura demonstre que a microdureza da dentina tende a diminuir com a utilização do NaOCl e do EDTA (SALEH; ETTMAN, 1999; ARI et al., 2004; FUENTES et al., 2004; SLUTZKY-GOLDBERG et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2007), é importante ressaltar que os resultados variam de acordo com a

metodologia empregada. FUENTES et al. (2004) e ARI et al. (2004) utilizaram a imersão dos espécimes nas soluções testadas por longos períodos, enquanto outros (SALEH; ETTMAN, 1999; SLUTZKY-GOLDBERG et al., 2002; SLUTZKY-GOLDBERG et al., 2004) realizaram o preparo biomecânico utilizando diferentes volumes e concentrações das soluções irrigantes. Outro aspecto a ser considerado é que soluções de hipoclorito de sódio com maiores concentrações e pH alcalino apresentam maior capacidade de desnaturação protéica do colágeno da dentina (MARENDING et al., 2007a; CHRISTENSEN et al., 2008).

No presente estudo utilizou-se NaOCl em baixa concentração (1%), que atuou na dentina apenas durante o preparo biomecânico, ou seja, por 20 minutos, o que provavelmente promoveu efeito reduzido, em relação a outros estudos, sobre a estrutura dentinária.

Pode-se supor que, neste estudo, a solução de EDTA não produziu redução da microdureza da dentina nas distâncias analisadas em função da sua ação superficial, que propicia atuação na dentina próxima a luz do canal.

O EDTA promove quelação no cálcio da superfície, principalmente nos primeiros minutos, e sua ação é limitada pelo acúmulo da porção orgânica sobre a superfície da dentina (PÉREZ-HEREDIA et al., 2008). Se a solução de EDTA tivesse sido utilizada alternadamente com NaOCl, provavelmente os efeitos sobre a microdureza teriam sido intensificados (SAYIN et al., 2007), entretanto, neste estudo o EDTA somente foi aplicado uma única vez, por 5 minutos, no final do preparo biomecânico.

Da mesma forma, a análise da interação soluções irrigantes e irradiação do laser, independentemente da potência utilizada, demonstrou não haver diferença estatisticamente significativa nos valores de microdureza da dentina. Por outro lado, ALFREDO et al. (2009), analisando as alterações morfológicas superficiais da dentina irradiada com laser diodo 980 nm, nas mesmas condições deste estudo, observaram que as alterações promovidas pelo laser foram dependentes da solução irrigante utilizada e que a topografia modificada da superfície, pela ação do laser, influenciou na adesão dos cimentos endodônticos às paredes dos canais radiculares (ALFREDO et al., 2008b).

Diante dos resultados obtidos no presente estudo e com base nas recentes pesquisas com laser diodo 980 nm, torna-se importante salientar que este sistema laser tem aplicabilidade na Endodontia. No entanto, novos estudos devem ser conduzidos visando aprimorar sua técnica de aplicação e estabelecer parâmetros ideais para cada finalidade desejada. Ademais, é necessário investigar se o potencial de ação em profundidade deste laser é capaz de promover a desinfecção do sistema de canais radiculares.



Conclusões

Com base na metodologia empregada e nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

1. A aplicação do laser diodo 980 nm, nas potências analisadas (1,5 W e 3,0 W), aumentou a microdureza da dentina radicular quando comparada à dentina não irradiada.
2. A microdureza da dentina radicular aumentou à medida que se distanciou da luz do canal em direção à superfície externa da raiz.
3. O tratamento da dentina com as soluções irrigantes testadas (água destilada, NaOCl 1% e NaOCl 1% + EDTA 17%) não influenciou o efeito do laser na microdureza.



Referências Bibliográficas

ALFREDO, E.; MARCHESAN, M. A.; BRUGNERA-JUNIOR, A.; SILVA-SOUSA, Y. T. C. Temperature variation at the external root surface during 980 nm diode laser irradiation in the root canal. **J. Dent.**, v. 36, n. 7, p. 529-34, 2008a.

ALFREDO, E.; OZÓRIO, J. E. V.; SOUSA-NETO, M. D.; BRUGNERA JR, A.; SILVA-SOUSA, Y. T. C. Bond strength of AH Plus and Epiphany sealers on root dentine irradiated with 980 nm diode laser. **Int. Endod. J.**, v. 41, n. 9, p. 733-40, 2008b.

ALFREDO, E.; SOUZA-GABRIEL, A. E.; SILVA, S. R.; SOUSA-NETO, M. D.; BRUGNERA-JUNIOR, A.; SILVA-SOUSA, Y. T. C. Morphological alterations of radicular dentine pretreated with different irrigations solutions and irradiated with 980 nm diode laser. **Microsc. Res. Tech.**, v. 72, n. 1, p. 22-7, 2009.

ARI, H.; ERDEMIR, A.; BELLI, S.; Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. **J. Endod.**, v. 30, n. 11, p. 792-5, 2004.

BERUTTI, E.; MARINI, R.; ANGERETTI, A.; Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules. **J. Endod.**, v. 23, n. 12, p. 725-7, 1997.

BERBER, V. B.; GOMES, B. P. F. A.; SENA, N. T.; VIANNA, M. E.; FERRAZ, C. C. R.; ZAIA, A. A., SOUZA-FILHO, F. J. Efficacy of various concentrations of NaOCl and instrumentation techniques in reducing *Enterococcus faecalis* within root canals and dentinal tubules. **Int. Endod. J.**, v. 39, n. 1, p.10-7, 2006.

BERGMANS, L.; MOISIADIS, P.; TEUGHEL, B.; VAN MEERBEEK, B.; QUIRYNEN, M.; LAMBRECHTS, P. Bactericidal effect of Nd:YAG laser irradiation on some endodontic pathogens ex vivo. **Int. Endod. J.**, v. 39, n. 7, p. 547-57, 2006.

BORNSTEIN, E. Near-Infrared dental diode lasers. Scientific and photobiologic principles and applications. **Dent. Today**, v. 23, n. 3, p. 102-108, 2004.

ÇELİK, E. U.; ERGÜCÜ, Z.; TÜRKÜN, L. S.; TÜRKÜN, M. Effect of different laser devices on the composition and microhardness of dentin. **Oper. Dent.**, v. 33, n. 5, p. 496-501, 2008.

CHINELATTI, M. A.; RAUCCI-NETO, W.; CORONA, S. A.; PALMA-DIBB, R. G. Effect of erbium:yttrium-aluminum-garnet laser energies on superficial and deep dentin microhardness. **Lasers Med. Sci.**, v. 4, 2008 (no prelo).

CHRISTENSEN, C. E.; McNEAL, S. F.; ELEAZER, P. Effect of lowering the pH of sodium hypochlorite on dissolving tissue in vitro. **J. Endod.**, v. 34, n. 4, p. 449-52, 2008.

COLUZZI, D. J. An overview of laser wavelengths used in dentistry. **Dent. Clin. North Am.**, v. 44, n. 4, p. 753-61, 2000.

CRUZ-FILHO, A. M.; SOUSA-NETO, M. D.; SAQUY, P. C.; PÉCOR, J. D. Evaluation of the effect of EDTAC, CDTA, EGTA on radicular dentin microhardness. **J. Endod.**, v. 27, n. 3, p. 183-4, 2001.

DA COSTA RIBEIRO, A.; NOGUEIRA, G. E. C.; ANTONIAZZI, J. H.; MORITZ, A.; ZECELL, D. M. Effects of diode laser (810 nm) irradiation on root canal walls: thermographic and morphological studies. **J. Endod.**, v. 33, n. 3, p. 252-5, 2007.

DE-DEUS, G.; PACIORNIK, S.; MAURICIO, M. H. P. Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentin. **Int. Endod. J.**, v. 39, n. 5, p. 401-7, 2006.

ELDENIZ, A. U.; ERDEMIR, A.; BELLI, S.; Effect of EDTA and acid citric solutions on the microhardness and the roughness of human root canal dentin. **J. Endod.**, v. 31, n. 2, p. 107-9, 2005.

EKWORAPOJ, P.; SIDHU, S. K. Effect of different power parameters of Er, Cr:YSGG on human dentine. **Laser Med. Sci.**, v. 22, n. 3, p. 175-82, 2007.

ESTRELA, C.; ESTRELA, C. R. A.; BARBIN, E. L.; SPANÓ, J. C.; MARCHESAN, M. A.; PÉCORA, J. D. Mechanism of action of sodium hypochlorite. **Braz. Dent. J.**, v. 13, n. 2, p. 113-17, 2002.

FARIA, M. I. A.; SOUZA-GABRIEL, A. E.; MARCHESAN, M. A.; SOUSA-NETO, M. D.; SILVA-SOUSA, Y. T. C. Ultrastructural evaluation of radicular dentin after Nd:YAG laser irradiation combined with different chemical substances. **Gen. Dent.**, v. 56, n. 7, p. 641-6, 2008.

FUENTES, V.; CEBALLOS, L.; OSORIO, R.; TOLEDANO, M.; CARVALHO, R. M.; PASHLEY, D. H. Tensile strength and microhardness of treated human dentin. **Dental Mater.**, v. 20, n. 6, p. 522-9, 2004.

GUTKNECHT, N.; FRANZEN, R.; SCHIPPERS, M.; LAMPERT, F. Bactericidal effect of diode laser in the root canal wall dentin of bovine teeth. **J. Clin. Laser Med. Surg.**, v. 22, n. 1, p. 9-13, 2004.

GUTKNECHT, N.; FRANZEN, R.; MEISTER, J.; VANWEERSHC, L.; MIR, M. Temperature evolution on human teeth root surface after diode assisted endodontic treatment. **Lasers Med. Sci.**, v. 20, n. 2, p. 99-103, 2005.

HOSSAIN, M.; NAKAMURA, Y.; TAMAKI, Y.; YAMADA, Y.; MURAKAMI, Y.; MATSUMOTO, K. Atomic analysis and knoop hardness measurement of the cavity floor prepared by Er, Cr:YSGG laser irradiation in vitro. **J. Oral Rehabil.**, v. 30, n. 5, p. 512-21, 2003.

HÜLSMANN, M.; HECKENDORFF, M.; LENNON, A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. **Int. Endod. J.**, v. 36, n. 12, p. 810-30, 2003.

KAKOLI, P.; NANDAKUMAR, R.; ROMBERG, D. A.; FOUAD, A. F. The effect of age on bacterial penetration of radicular dentin. **J. Endod.**, v. 35, n. 1, p. 78-81, 2008.

KINNEY, J. H.; BALOOCH, M.; MARSHALL, S. J.; MARSHALL JR, G. W.; WEIHS, T. P. Hardness and Young's modulus of human peritubular and intertubular dentine. **Arch. Oral Biol.**, v. 41, n. 1, p. 9-13, 1996.

LEE, B. S.; LIN, C. P.; LIN, F. H.; LAN, W. H. Ultrastructural changes of human dentin after irradiation by Nd:YAG laser. **Lasers Surg. Med.**, v. 30, n. 3, p. 246-52, 2002.

LEE, B. S.; LIN, Y. W.; CHIA, J. S.; HSIEH, T. T.; CHEN, M. H.; LIN, C. P.; LAN, W. H. Bactericidal effects of diode laser on *Streptococcus mutans* after irradiation through different thickness of dentin. **Lasers Surg. Med.**, v. 38, n. 1, p. 62-9, 2006.

LERTCHIRAKARN, V.; PALAMARA, J. E. A.; MESSER, H. H. Anisotropy of tensile strength of root dentin. **J. Dent. Res.**, v. 80, n. 2, p. 453-6, 2001.

MARCHESAN, M. A.; BRUGNERA-JUNIOR, A.; OZORIO, J. E.; PÉCORÁ, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. Effect of 980 nm diode laser on root canal permeability after dentin treatment with different chemical solutions. **J. Endod.**, v. 34, n. 6, p. 721-4, 2008a.

MARCHESAN, M. A.; BRUGNERA-JUNIOR, A.; SOUZA-GABRIEL, A. E.; CORREA-SILVA, S. R.; SOUSA-NETO, M. D. Ultrastructural analysis of root canal dentine irradiated with 980-nm diode laser energy at different parameters. **Photomed. Laser Surg.**, v. 26, n. 3, p. 235-40, 2008b.

MARENDING, M.; LUDER, H. U.; BRUNNER, S.; KNECHT; STARK W. J.; ZEHNDER, M. Effect of sodium hypochlorite on human root dentine – mechanical, chemical and structural evaluation. **Int. Endod. J.**, v. 40, n. 10, p. 786-93, 2007a.

MARENDING, M.; PAQUÉ, F.; FISCHER, J.; ZEHNDER, M. Impact of irrigant sequence on mechanical properties of human root dentin. **J. Endod.**; v. 33, n. 11, p. 1325- 8, 2007b.

MORITZ, A.; SCHOOP, E.; KLUGER, W.; JACOLITSCH, S.; SPERR, W. Lasers in endodontology. **J. Oral Laser Applic.**, v. 1, n. 2, p. 87-95, 2001.

NEIBURGER, E.J. Evaluation of the CO₂ laser for endodontic root apex welding. **J. Mass. Dent. Soc.**, v. 41, n. 2, p. 77-9, 1992.

OLIVEIRA, L. D.; CARVALHO, C. A. T.; NUNES, W.; VALERA, M. C.; CAMARGO, C. H. R.; JORGE, A. O. C. Effects of chlorhexidine and sodium hypochlorite on the microhardness of root canal dentin. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, v. 104, n. 4, p. 125-8, 2007.

PASHLEY, D; OKABE, A.; PARHAM, P. The relationship between dentin microhardness and tubule density. **Endod. Dent. Traumatol.**, v. 1, n. 5, p. 176-9, 1985.

PÉREZ-HEREDIA, M.; FERRER-LUQUE, C. M.; GONZÁLEZ-RODRIGUES, M. P.; MARTIN-PEINADO, F. J. GONZÁLEZ-LÓPEZ, S. Decalcifying effect of 15% EDTA, 15% citric acid, 5% phosphoric acid and 2.5% sodium hypochlorite on root canal dentine. **Int. Endod. J.**, v. 41, n. 5, p. 418-23, 2008.

SALEH, A. A.; ETTMAN, W. M. Effect of endodontic irrigation solutions on microhardness of root canal dentine. **J. Dent.**, v. 27, n. 1, p. 43-6, 1999.

SAYIN, T. C.; SERPER, A.; CEHRELI, Z. C.; OTLU, H. G. The effect of EDTA, EGTA, EDTAC, and tetracycline-HCl with or without subsequent NaOCl irrigation on the microhardness of root canal dentin. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, v. 104, n. 3, p. 418-24, 2007b.

SCHOOP, U.; KLUGER, W.; MORITZ, A.; NEDJELIK, N.; GEORGOPOULOS, A.; SPERR, W. Bactericidal effect of different laser systems in the deep layers of dentin. **Laser Surg. Med.**, v. 35, n. 2, p. 111-6, 2004.

SCHOOP, U.; KLUGER, W.; DERVISBEGOVIC, S.; GOHARKHAY K.; WERNISCH, J.; GEORGOPOULOS, A.; SPERR, W.; MORITZ, A. Innovative wavelengths in endodontic treatment. **Laser Surg. Med.**, v. 38, n. 6, p. 624-30, 2006.

SIM, T. P. C.; KNOWLES, J. C.; NG, Y-L, SHELTON, J., GULABIVALA, K. Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. **Int. Endod. J.**, v. 34, n. 2, p. 120-32, 2001.

SIQUEIRA JR, J. F.; RÔÇAS, I. N.; FAVIERI, A.; LIMA, K. C. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. **J. Endod.**, v. 26, n. 6, p. 331-4, 2000.

SLUTZKY-GOLDBERG, I.; LIBERMAN, R.; HELING, I. The effect of instrumentation with two different file types, each with 2.5% sodium hypochlorite on the microhardness of root dentin. **J. Endod.**, v. 28, n. 4, p. 311-2, 2002.

SLUTZKY-GOLDBERG, I.; MAREE, M.; LIBERMAN, R.; HELING, I. Effect of Sodium hypochlorite on dentin microhardness. **J. Endod.**, v. 30, n. 12, p. 880-2, 2004.

SOUZA-GABRIEL, A. E.; CHINELATTI, M. A. PÉCORÁ, J. D.; PALMA-DIBB, R. G.; CORONA, S. A. M. Dentin microhardness and subsurface morphology after Er:YAG

laser cavity preparation using different parameters. **J. Dent. Child.**, v. 76, n. 1, p. 58-66, 2009.

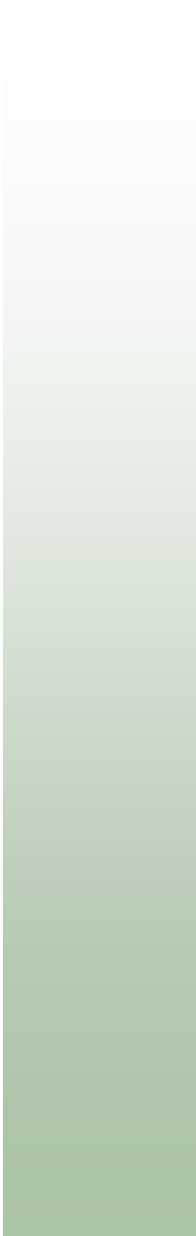
STABHOLZ, A.; SAHAR-HELFT, S.; MOSHONOV, J. Lasers in endodontics. **Dent. Clin. North Am.**, v. 48, n. 4, p. 809-32, 2004.

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: a SEM study. **Dent. Traumatol.**, v. 14, n. 6, p. 270-3, 1998.

TAKEDA, F. H.; HARASHIMA, T.; KIMURA, Y.; MATSUMOTO, K. A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. **Int. Endod. J.**, v. 32, n. 1, p. 32-9, 1999.

WANG, R.; WEINER, S. Human root dentin: structural anisotropy and Vickers microhardness isotropy. **Connect. Tissue Res.**, v. 39, n. 4, p. 269-79, 1998.

WANG, X.; SUN, Y.; KIMURA, Y.; KINOSHITA, J.; ISHIZAKI, N. T.; MATSUMOTO, K. Effect of diode laser irradiation on smear layer removal from root canal walls and apical leakage after obturation. **Photomed. Laser Surg.**, v. 23, n. 6, p. 575-81, 2005.



Anexo



Memorando ComÉt/ N.º 094/08

Para: **Yara Terezinha Corrêa Silva e Sousa**

De: **Luciana Rezende Alves de Oliveira**
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos

Data: 24/9/2008

Projeto de Pesquisa ComÉt: **094/08**

Prezado (a) Senhor (a),

Vimos por meio desta informar que Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade de Ribeirão Preto CEP/UNAERP analisou e aprovou sem restrições, o Projeto intitulado "*Efeito da aplicação do laser de diodo 980 nm na microdureza da dentina humana*" tendo como pesquisador(a) Yara Terezinha Corrêa Silva e Sousa, bem como o respectivo Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, em reunião ocorrida na data de 23/9/2008, registrado sobre o ComÉt: 094/08

Temos ciência de que os estudos estão sendo conduzidos na Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP.

Solicitamos que sejam encaminhados os relatórios parciais e finais, bem como envie-nos possíveis emendas e novos termos de consentimento livre e esclarecido, notifique qualquer evento adverso sério ocorrido no centro e novas informações sobre a segurança do estudo para que possamos fazer o devido acompanhamento.

Sem mais para a oportunidade,

Atenciosamente.

Prof.ª Dr.ª Luciana Rezende Alves de Oliveira
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos
Universidade de Ribeirão Preto