

MEDIDAS DE DUREZA *VICKERS* NA SUPERFÍCIE DE BLOCOS DE RESINA FENÓLICA COM CANAIS ENDODÔNTICOS SIMULADOS

VICKERS HARDNESS ANALYSIS OF THE SURFACE OF BLOCKS OF PHENOLIC RESIN

João Marcelo Ferreira de Medeiros¹, Emily Stefani Naregi², Edison Tibagy Dias Carvalho de Almeida², Christian Frederico de Avila Von Dollinger³, Luiz Carlos Laureano da Rosa⁴, Miguel Simão Haddad Filho⁵, Adriano Albano Forghieri⁶

¹ Programa de Pós-Graduação e Graduação em Odontologia, Universidade de Taubaté (UNITAU) E-mail: joaomarclo.medeiros@unitau.com.br

² UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ – Taubaté, Departamento de Odontologia. E-mails: emily.naregi@hotmail.com, christiancfavd@iae.cta.br

³ Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial-DCTA, Instituto de Aeronáutica e Espaço-IAE/Divisão de Materiais-AMR, São José dos Campos/SP. E-mail: christiancfavd@iae.cta.br

⁴ UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ – Taubaté, Instituto Básico de Ciências Exatas. Pesquisador do Núcleo de Pesquisas Econômico-Sociais da Universidade de Taubaté. Coordenador do NUPES. E-mail: laureanodarosa@gmail.com

⁵ UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO – Bragança Paulista, Curso de Odontologia (USF). E-mail: haddadf@usp.br

⁶ UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO - Bragança Paulista, Curso de Odontologia (USF). Email: presidencia.apcd@apcdcentral.com.br

Data de recebimento: 21/12/2013

Data da aprovação: 10/03/2014

RESUMO

O preparo do canal radicular representa etapa importante do tratamento considerando ainda o desgaste da superfície do instrumento. Diversos trabalhos apontam diferentes instrumentos exercendo sua ação em dentes humanos extraídos, dentes artificiais, osso bovino, blocos de resina fenólica e acrílica. Substituir dentes humanos é difícil, apesar de a resina fenólica possuir propriedades mecânicas semelhantes e tem-se mostrado em ensaios de pesquisa estreita relação entre capacidade e eficiência de corte e desgaste de instrumentos seja de aço inoxidável, seja de níquel-titânio. Objetivou-se neste estudo a análise da microdureza *Vickers* da superfície de cinco blocos de resina fenólica valendo-se de microdurômetro. Para análise, constaram inclusão, acabamento metalográfico e posteriormente avaliação por meio de microdurômetro equipado por uma base, penetrador e sistema de aplicação de carga e microscópio acoplado, com aumentos de 100X e 400X. Empregou-se carga de 100gf medindo a dureza em cinco diferentes pontos aleatoriamente escolhidos, com o penetrador de diamante posicionada sobre a amostra durante quinze segundos. Após isso, o penetrador é levantado e a objetiva de 40X é posicionada para a leitura no visor digital, o valor numérico HV calculado a partir das diagonais da impressão. Realizou-se análise estatística valendo-se do teste paramétrico ANOVA: um critério que permitiu afirmar que não existe diferença estatística significativa entre as frequências médias nos cinco pontos das amostras ($p > 0,05$). Concluiu-se que as médias dos valores dos blocos de resina fenólica apresentaram dureza *Vickers* semelhantes. O teste de dureza *Vickers* mostrou ser um procedimento de medida recomendado para realização de testes em resina fenólica.

Palavras-chave: Fenóis. Dureza. Reprodutibilidade dos testes. Materiais de ensino. Materiais de estudo.

ABSTRACT

The root canal preparation is an important step in the treatment is still considering the wear surface of the instrument. Several studies point out different instruments by acting on extracted human teeth, artificial teeth, bovine bone blocks of phenolic resin and acrylic. Replacing human teeth is difficult although the phenolic resin has similar mechanical properties and has been shown in research trials close relationship between capacity and efficiency of cutting tools and wear is stainless steel or nickel-titanium alloy. The objective of this study analysis of the Vickers hardness of the surface 5 blocks of phenolic resin drawing on microdurometer. The analysis consisted of inclusion, metallographic finish and subsequently reviewed by microhardness tester equipped with a base, and indenter load application system and coupled microscope with magnification of 100X and 400X. We applied load of 100gf measuring hardness at 5 different points chosen randomly, with the diamond indenter positioned over the sample for 15 seconds. After that, the penetrator is lifted and the 40X objective is positioned to read digital display, the HV numerical value calculated from the diagonal of print. Statistical analysis was performed taking advantage of the parametric test ANOVA: a criterion, which allowed us to state that there is no statistically significant difference between the mean frequencies in the 5 points of the samples ($p > 0.05$). It was concluded that the mean values of the blocks of phenolic resin showed similar Vickers hardness. The test proved a Vickers hardness measurement procedure recommended for testing of phenolic resin.

Keywords: Phenols. Hardness tests, Reproducibility of results. Teaching materials. Study materials.

1 INTRODUÇÃO

Diferentes substratos são usados para avaliação de instrumentos endodônticos, a saber: o dente humano, o osso bovino seco e úmido, a resina acrílica e fenólica.

Pesquisadores utilizam em estudos dentes naturais humanos extraídos, osso bovino, além de materiais sintéticos resinosos (MORRINSON et al., 1989; CLARO 2004; ALKMIN et al., 2007; SALUM et al., 2010a; REIS et al., 2011).

A resina fenólica representa substrato com modelos cuja geometria e dureza são semelhantes entre si, permite a confecção de canais com graus de curvatura semelhantes, padronizando melhor o estudo (MEDEIROS et al., 2009). Na verdade, é difícil obter dentes com graus de dureza semelhantes, para um modelo de pesquisa.

A baquelita representa um material de uso em laboratório para ensaios de desgaste apresentando requisitos indispensáveis nas pesquisas realizadas com limas endodônticas (BORGES, 2005; FRANCO, 2005; SAKANE, 2007; GONÇALVES, 2007; ALVES CLARO et al., 2008). Ela é um polímero

termofixo reticulado resultante da reação entre fenóis e soluções de formaldeídos; esse material possui uma importância também histórica, já que foi o primeiro polímero completamente sintetizado, marcando assim o início da “Era dos Plásticos”. Possui razoável resistência ao calor antes de sofrer alteração em sua estrutura química. Esses detalhes justificam a escolha desse modelo, representando bons motivos na escolha e produção desse material, que apresenta índice de dureza próxima à dentina ou osso (CLARO, 2004).

Em relação à obtenção de blocos destinados a canais simulados, sabe-se que o acrílico, representado pelo polimetilmetacrilato, ao ser avaliado por testes de micro dureza *Vickers* de placas de desgaste, possui baixa dureza e alta ductibilidade, respondendo ao ciclo de desgaste sem qualquer perda de peso, quando sofreu processo de limagem com os instrumentos endodônticos.

De tal sorte que a confecção de blocos com canais simulados é, na prática, uma escolha acertada, uma vez que o uso de dentes humanos extraídos no laboratório é cada vez mais difícil. Sendo assim, a re-

sina fenólica representa substrato com indicadores de dureza que se aproximam mais dos dentes humanos. Mais ainda, o grau de curvatura poderá ser escolhido no ângulo que se deseja fazer, tornando-se assim o canal radicular padronizado (ALKMIN et al., 2007; MEDEIROS et al., 2009).

O emprego de blocos de resina fenólica (baquelita) em experimentos de desgaste de instrumentos endodônticos permitirá que os resultados deste estudo apontem substrato adequado à realidade clínica, que possibilite substituir o dente humano em ensaios com limas e, com isto, pretende-se fazer confronto da dureza desse material com a dureza da dentina humana já estudada.

A baquelita é um nome genérico de formaldeído de fenol (fenólico), conhecida como “o material dos mil usos”. Seu emprego virou rotina no dia a dia e se faz presente nos itens e utensílios como bolas de bilhar, receptor telefônico, máquina fotográfica Kodak, primeira cadeira de baquelita, primeiro rádio-transmissor produzido em Philite fabricado pela Philips, encordoamento em raquetes de tênis e instrumentos musicais, fios cirúrgicos, o aço em coxins mecânicos e materiais variados como telas de arame, guarda-chuvas e para-quedas (A ERA DO PLÁSTICO, 1930).

O primeiro emprego da baquelita sob a forma de placas na Odontologia, de maneira especial na Endodontia como substrato em ensaios, foi realizado no final dos anos 1980.

Nesse particular, Morrison et al. (1989) avaliaram em placas sulcadas de resina fenólica instrumentos em diversos usos, os quais foram divididos em quatro grupos, sendo um molar, cinco molares, dez molares e um grupo controle. Foram observados diferença significativa na eficiência de corte dos instrumentos usados em um molar e cinco molares, entretanto a diferença de perda de corte entre o grupo de cinco e dez molares não foi significativa do ponto de vista estatístico, o que quer dizer que a maior perda de corte ocorreu entre a instrumentação de um molar e cinco molares. No último grupo, utilizou-se um procedimento de uso linear contínuo mecanizado, ou seja, movimentos de ida e volta em placas sulcadas de resina fenólica. Aliás, comentários realizados pelos autores dão conta que a resina fenólica utilizada neste experimento foi um excelente substrato para o teste de corte, pois o material elimina as variações de dentina e osso.

Miranzi (1999) avaliou *in vitro* as alterações promovidas em canais radiculares artificiais curvos após instrumentação com limas de níquel-titânio manuais e acionadas a motor. Nesse estudo compararam-se as alterações promovidas em quarenta canais radiculares artificiais curvos em resina de aproximadamente 30 graus, após preparo com limas de níquel-titânio manuais Onyx-R e acionadas a motor Pow-R. Avaliaram as áreas desgastadas na parte curva, as distâncias desgastadas em três níveis, 4, 5 e 11 milímetros aquém do final apical dos canais simulados e contorno final do canal para ambos os tipos de limas. Os resultados mostraram, pelas medidas das áreas apical e cervical da curvatura, maior tendência à formação de “zip” e “danger zones”, significante em 1% e 5% respectivamente, para os preparos manuais, o mesmo acontecendo nos três níveis averiguados, em que observamos maior transporte apical e cervical. Concluíram que os preparos manuais desgastam partes específicas dos canais artificiais curvos, denotando transporte e maior tendência a provocar deformações ao preparo, em relação aos preparos automatizados.

Maluly Filho (2002) avaliou a microdureza *Vickers* de cimentos resinosos duais utilizando luz visível e laser argônio. Foi avaliado o grau de polimerização de dois cimentos resinosos duais (RelyX3M e Variolink IIVivadent), por meio de testes de microdureza *Vickers*. Para tal trabalho utilizou-se vinte dentes bovinos hígidos. Cada fragmento foi incluído em resina acrílica e desgastado até a total exposição da dentina. Aderiu-se os cimentos aos dentes bovinos após serem colocados em um anel de aço inoxidável, obtendo corpos de prova com 6mm de diâmetro e 0,2mm de altura. Primeiramente as amostras foram fotopolimerizadas diretamente, e num segundo momento, por meio de uma pastilha de cerâmica com 8mm de diâmetro e 2mm de altura, foi utilizado laser de argônio e luz visível. As amostras foram divididas em quatro quadrantes e submetidas aos testes de microdureza *Vickers* na porção central de cada segmento. As amostras fotopolimerizadas diretamente apresentaram maior microdureza comparadas com as que foram fotopolimerizadas pela cerâmica. Diferença estatisticamente significante também foi observada quando utilizamos laser de argônio e luz visível, ou seja, as amostras apresentam maior microdureza quando fotopolimerizadas com laser.

Gênova et al. (2004) realizaram avaliação do índice de fraturas das limas ProTaper® em canais simulados, valendo-se de seis especialistas em endodontia. Cada um recebeu dois jogos de limas e instrumentaram os canais simulados em bloco de resina em 40 graus. Padronizou-se que o mesmo comprimento real de trabalho (19 mm) fosse utilizado em todos os blocos. Os canais simulados foram instrumentados com limas rotatórias de níquel-titânio ProTaper®. No início, o instrumento S1 foi utilizado para modelar o terço cervical e médio do canal radicular. Logo após, o instrumento SX foi utilizado para realização do acesso reto, seguido pelas limas manuais nº 10 e 15 no comprimento real de trabalho (CRT). Finalizando, utilizam-se as limas S1 e S2 no CRT e, para o acabamento, os últimos três instrumentos F1, F2 e F3 foram usados também no CRT para a realização do batente apical. Para a instrumentação foi utilizado o motor Endo-Plus (Driller), que foi ajustado a uma velocidade de 350 rpm para todas as limas e em todos os blocos. Realizou-se irrigação com solução de hipoclorito de sódio a 0,5 %, após o uso de cada lima. Essas limas não foram esterilizadas, apenas limpas em gaze com álcool após cada uso. Com esse experimento foi constatado que o número de instrumentos fraturados foi 12, já que as doze caixas foram utilizadas até que ocorresse a primeira fratura.

Claro (2004) calculou a dureza *Vickers* de placas de osso de fêmur bovino úmido com valor de 39,72, Baquelite (resina fenólica) índice de 39,92, resina acrílica (polimetilmetacrilato) por volta de 21,10 e osso bovino desidratado da ordem de 64,85. Deste modo, a baquelita, revela o aludido autor, possui dureza homogênea semelhante ao osso bovino úmido, excelente substrato para uso em teste de penetração, baixa higroscopia, boa estabilidade dimensional, baixo custo de preparação, reprodutibilidade controlável na preparação das amostras, perda de peso em resposta ao ciclo de imagem e, portanto, sua eleição justifica-se graças à dureza desse substrato, o qual permite realizar ensaios em sua superfície.

Franco (2005) comparou a capacidade de corte do instrumento Flexofile em canais simulados considerando a diferença de seus pesos, antes e após o preparo químico-cirúrgico do canal radicular. Para tanto, utilizou vinte canais simulados confeccionados em blocos de resina fenólica, valendo-se como fonte de variação duas técnicas de preparo do canal radicu-

lar, a saber: uma técnica manual e outra automatizada, com a utilização do sistema rotatório alternado. Frente aos resultados obtidos, concluiu-se, a partir da metodologia empregada, que não ocorreu diferença estatisticamente significativa no que diz respeito ao desgaste do referido material em função da técnica de instrumentação com a lima Flexofile.

Borges (2005) realizou uma avaliação da capacidade de corte de limas de secção reta transversal quadrangular e triangular em liga de aço inoxidável. Foram utilizadas quarenta limas, divididas em quatro grupos e adaptadas em dispositivo especial de simulação do movimento linear com atuação padronizada, desenvolvido para o experimento. Foram elaboradas vinte placas de resina fenólica de embutimento a quente (baquelita) e confeccionadas cinco canaletas em seus bordos superior e inferior, que serviram de guia para os desgastes efetuados pelos instrumentos. Em cada canaleta trabalhou-se por cinco minutos, totalizando vinte minutos para cada lima e duas limas para cada placa, sendo uma de secção reta transversal quadrangular para o desgaste do bordo superior e uma secção reta transversal triangular para o bordo inferior. Finalizados os cortes, as canaletas passaram por análises em um projetor de perfil, no qual se analisou a capacidade de corte dos instrumentos endodônticos. O que se pode concluir, de acordo com os resultados encontrados, foi que as limas de secção reta transversal triangular possuem maior capacidade de corte que as limas de secção quadrangular.

Anusavice (2005) relata que a resistência inerente das lâminas de corte ou partículas abrasivas de um instrumento dentário deve ser grande o suficiente para remover substâncias do substrato sem perder a capacidade de corte ou fraturar muito rapidamente. A dureza é uma medida de resistência de superfície de um material à deformação plástica devido à penetração ou risco produzido por outro material. O referido autor fez uma pesquisa comparativa dos valores de dureza de vários materiais dentários e observou que a dureza da dentina apresenta em média entre 57-60 HV.

Medeiros et al. (2006) estudaram a eficiência de lima de secção triangular usada manualmente e acoplada ao sistema rotatório Endo-Gripper. Objetivaram neste estudo comparar a capacidade e eficiência de corte do instrumento Flexofile, valendo-se de dentes humanos extraídos antes e após o preparo químico-cirúrgico do canal radicular, utilizando

duas técnicas de preparo do canal radicular, a saber: Força Balanceada, utilizada manualmente, e com a utilização do sistema rotatório Endo-Gripper. Foram usadas quarenta raízes mésovestibulares de dentes molares superiores curvos, divididos em dois grupos: grupo I, que foi submetido ao preparo químico-cirúrgico manualmente, valendo-se de limas Flexofile (#15 a #40), utilizando-se a técnica da Força Balanceada; grupo II, em que os canais radiculares foram instrumentados com as limas Flexofile de mesma numeração, sendo acopladas ao contra-ângulo do aparelho Endo-Gripper. De posse dos resultados obtidos, concluiu-se que não ocorreram variações no desgaste dentinário, quando do preparo do canal radicular, em função da técnica de instrumentação (manual e mecânica) com a lima Flexofile. Relativamente ao tempo gasto para o preparo do canal radicular, não ocorreu diferença estatisticamente significativa entre a instrumentação manual e automatizada. Também não se observou diferença estatística significativa com relação ao índice de eficiência de corte em ambas as técnicas.

Tanaka et al. (2006) estudaram a influência da energia de fotoativação na microdureza *Vickers* de uma resina composta. Esse estudo teve como a finalidade de verificar a microdureza da superfície oposta de uma resina composta, Palfique Estelite® (J Morita), quando ativada por duas diferentes fontes de irradiação, a luz halógena convencional e de alta intensidade. Foram realizados corpos de prova com resina composta na cor A3. Utilizando matrizes de polipropileno pretas com diâmetro de 4 mm e 1 mm de altura os corpos de prova foram confeccionados por meio da técnica incremental e apresentaram 2 milímetros de altura. Para fotoativação foram utilizados os aparelhos Jet Lite® (J Morita) com intensidade de 800mW/cm² e Degulux® Soft Start (DegussaHulsAG) com intensidade de 300 mW/cm². Foram realizados quatro grupos com cinco corpos de prova cada. Para o grupo I e II foram fornecidos 16 joules de energia e para o grupo III e IV foram fornecidos 48 joules. Cada corpo de prova recebeu cinco aferições. Resultados: os valores de microdureza *Vickers* foram reduzidos a uma média aritmética, fornecendo um total de vinte valores médios, que foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis, o qual mostrou diferença estatisticamente significativa ao nível de 1%. A comparação entre as médias dos postos

mostrou que GIII (51,0 Kgf/mm²) foi maior que GI (45,7 Kgf/mm²), com significância de 1%, e GIV (51,7 Kgf/mm²) foi maior que GII (46,0 Kgf/mm²), com significância de 1%. Concluiu-se que o aumento de densidade de energia aumenta a dureza *Vickers*. A forma de disponibilizar a energia não influencia a microdureza *Vickers*, desde que se mantenha o controle do binômio tempo/intensidade mantendo a mesma densidade de energia.

Alkmin et al. (2007) realizaram pesquisa sobre a concepção de um modelo experimental à base de resina fenólica utilizada em endodontia. Esse trabalho teve o intuito de documentar todas as etapas para a confecção de modelos utilizados como substrato em ensaios endodônticos sob a forma de placas sulcadas e blocos de canais simulados. Para fazer esse trabalho, utilizou-se trinta blocos e dez placas de baquelita. O procedimento incluiu a compactação de uma parte em pó que é depositada no fundo da matriz do aparelho termo-plastificador. Uma vez em que foi se obtido os blocos e placas, foram lixados, realizando os acabamentos necessários, a fim de permitir a entrada da lima de fino calibre no canal simulado do bloco em todo seu comprimento e nas placas a confecção dos sulcos. Os modelos confeccionados possibilitaram uma padronização que poderá ser utilizada em pesquisas odontológicas, sobretudo na endodontia.

Sakane (2007) realizou uma avaliação *in vitro* da capacidade de corte e do desgaste de limas manuais de Ni-Ti. Esse trabalho teve como objetivo comparar a capacidade de corte do primeiro ao quinto uso e o desgaste após o quinto uso, de limas endodônticas de níquel-titânio manuais de três marcas diferentes. Para tanto, foram utilizados dez instrumentos de níquel-titânio da marca Maileffer- Dentsplay, dez instrumentos de níquel-titânio da marca FKG e dez instrumentos de níquel-titânio da marca Densell, todas de número 35. As limas foram acopladas a um dispositivo de ensaio de desgaste que realizou movimentos contínuos e lineares em placas sulcadas à base de resina fenólica. Estas placas foram pesadas antes e após o uso em balança analítica. Com esse estudo concluiu-se que os instrumentos apresentaram capacidade de corte semelhante sem diferenças estatísticas significativas e perderam a capacidade de corte em função do número de uso.

Com o propósito de analisar a capacidade de corte e deformação das limas K3® e RT Densell®,

Gonçalves (2007) utilizou cinquenta canais radiculares simulados confeccionados em resina fenólica, os quais foram divididos em dois grupos. O grupo A foi instrumentado com limas do sistema rotatório RT Densell®, enquanto o grupo B com limas do sistema rotatório K3®. Os blocos dos canais simulados foram secos em estufa a 50°C por um período de doze horas, para atingir a desidratação, procedimento esse realizado antes e depois da obtenção dos pesos dos blocos e foram pesados antes e após instrumentação, para se certificar da quantidade de resina removida em cada sistema. Os resultados revelaram que as limas de NiTi do sistema rotatório da marca RT Densell® possuem maior capacidade de corte do que as limas do sistema rotatório da marca K3®, com significado estatístico. Considerando a superfície das lâminas de corte observadas no microscópico, foi verificado que ocorreu maior desgaste nas limas do sistema rotatório RT Densell® quando comparadas com as limas K3®, porém sem significado estatístico.

Reston et al. (2008) realizaram estudo sobre microdureza de resina composta polimerizada com LEDs de diferentes gerações e luz alógena. O propósito desse estudo foi avaliar a microdureza de uma resina composta (RC) polimerizada com três diferentes fontes de luz, comparando-as entre si. Foram utilizados os aparelhos de luz alógena convencional [Visilux 2 –3M] (A), um LED de primeira geração [Optilight Plus- Gnatus] (B), e um LED de terceira geração [Ratii-SDI] (C). Foram confeccionados trinta corpos de prova utilizando a RC Filtek Z250 (3MESPE), dividindo-os em três grupos. As amostras foram submetidas ao teste de micro dureza Vickers nas superfícies de topo e base. Os resultados estatísticos mostraram que as amostras do grupo B apresentavam os menores valores, tanto na base quanto no topo ($p < 0,01$). Concluiu-se que, entre os LEDs estudados, o Ratii mostrou os melhores resultados de microdureza, sendo semelhantes ao aparelho de luz alógena.

Soprano (2008) ressalta que a dureza é uma propriedade bastante utilizada para comparar tanto os materiais restauradores como os tecidos biológicos. É definida pela resistência do material à deformação plástica e mensurada pela relação da força aplicada e a área de endentação. O autor estudou dois tipos de materiais: amálgama e resina composta e dois tipos de tecidos dentais: dentina e esmalte bovinos. No total foram confeccionados vinte espécimes, divididos em

quatro grupos: A (Amálgama), R (Resina Composta), D (Dentina) e E (Esmalte) de acordo com cada superfície. Para os grupos A e R foram confeccionadas cavidades restauradas com os respectivos materiais; o grupo E teve a superfície apenas planificada e o grupo D teve desgaste até a exposição de dentina. Para os testes foram utilizados os endentadores *Vickers* e *Knoop*; as cargas de 25, 50 e 100gf em cinco tempos de endentação 5, 15, 30, 45, e 60 segundos (s). Os valores dos testes foram submetidos à análise estatística pelo teste Kruskal-Wallis e Student-Newman-Keuls ($p < 0,05$). Os resultados permitiram concluir que para o amálgama deve se utilizar no mínimo uma carga de 50gf em um tempo mínimo de 30 segundos, tanto para a *Vickers* como para a *Knoop*. Na resina composta, uma carga de 50gf e tempo de 45s para a *Knoop* e na dureza *Vickers* não apresentou diferenças. Na dentina, a carga ideal é de pelo menos 50gf em qualquer dos tempos na dureza *Vickers* e *Knoop*. E o esmalte uma carga de 100gf para qualquer tempo na dureza *Knoop*.

Medeiros et al. (2009) pesquisaram sobre a determinação do comprimento e grau de curvatura em canais radiculares curvos simulados confeccionados em blocos de resina fenólica. Para uma melhor padronização da pesquisa, foram selecionados canais com graus semelhantes com geometria e dureza semelhantes entre si. Realizou-se experimento objetivando a determinação da frequência de preparos de forma circular, que poderiam ser produzidos no terço apical de canais radiculares retos e curvos por meio de instrumentação manual. Os canais foram preparados exclusivamente com limas em movimentos de alargamento. Os resultados demonstraram que os canais retos são muito mais prontamente preparados em forma circular que os canais curvos. Analisou-se comparativamente a capacidade de corte, por meio de análises em um projetor de perfil, de duas limas, sendo uma de secção quadrangular e a outra, de secção triangular em liga de aço inoxidável, ambas adaptadas a movimento linear com atuação padronizada sobre placas de resina fenólica. O propósito dessa pesquisa é determinar, valendo-se de um cilindro construído a partir de cálculo matemático trigonométrico, o ângulo de fios metálicos que foram moldados nesse cilindro e posterior determinação de 75 graus de curvatura e comprimento de 21 milímetros desses fios metálicos e dos canais radiculares simulados depois da confec-

ção dos blocos de resina fenólica, após avaliação radiográfica. O bloco no final do acabamento tinha as seguintes dimensões: 15 milímetros de altura, arco de comprimento igual a 21 milímetros de diâmetro, ângulo de 75° de curvatura numa circunferência de 20 milímetros de diâmetro. O preparo do canal radicular curvo representa etapa das mais importantes no tratamento endodôntico. Substratos à base de resina fenólica e limas endodônticas têm sido utilizados, sobretudo em ensaios com blocos ou placas cujo objetivo é avaliar a capacidade de corte, eficiência de corte e deformação de instrumentos de aço inoxidável e níquel-titânio, embora a maioria dos substratos utilizados em laboratório seja incapaz de reproduzir o dente natural humano, a resina fenólica possui propriedades físicas semelhantes aos dentes naturais humanos. Concluiu-se que a obtenção do arco metálico no cilindro nas duas condições, bem como o traçado para determinação do ângulo na radiografia representam uma ferramenta reproduzível, e a avaliação do processo de determinação do grau de curvatura das amostras aponta que o método é apropriado, podendo ser avaliado, e representa procedimento válido na determinação do grau de curvatura.

Melo et al. (2009) fizeram uma análise da influência do grau de curvatura na ocorrência de desvios apicais após o preparo oscilatório. Nesse estudo, utilizaram-se vinte blocos confeccionados em resina epóxi (Odontofix®, Ribeirão Preto, SP) contendo canais curvos artificiais com 21 mm de comprimento e diâmetro apical de 0,20 mm. Todos os canais tinham início da curvatura a 12 mm de sua embocadura, dos quais dez canais simulados apresentavam 20° de curvatura (grupo A), e os outros, 40° (grupo B). Os canais foram preparados com instrumentos de aço inoxidável acoplados a um contra-ângulo de sistema automatizado de movimentos oscilatórios com redução da velocidade de 10:1. Para a realização da análise do desvio, antes e após o preparo, os canais foram preenchidos com tinta nanquim e fotografados de forma padronizada com o auxílio de uma plataforma. Os dados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (Anova) com nível de significância de 5%. Após o experimento, pode-se concluir que o preparo com o sistema oscilatório em canais simulados com 40° de curvatura apresentou maior desvio do que nos canais com 20°; no que se refere ao local de análise, a 1 mm do comprimento real de trabalho (CRT) hou-

ve maior desvio do que no ponto localizado no meio da área de curvatura, após o preparo com o sistema oscilatório.

Mansano (2009) confrontou *in vitro*, após a realização de preparo químico-cirúrgico, a capacidade de corte de dois tipos de instrumentos endodônticos de níquel-titânio de cada série, valendo-se de sistema rotatório Endo-Gripper em blocos a base e resina fenólica contendo canais simulados com 75 graus de curvatura. Foram escolhidos dez blocos contendo canais simulados com 75 graus de curvatura, e divididos em dois grupos. No grupo A, efetuou-se preparo valendo-se de limas tipo K e Hedströen de níquel-titânio de uso manual (#15 a #40) acopladas ao Endo-Gripper; no grupo B os canais simulados foram instrumentados com limas tipo K de níquel-titânio manuais igual ao grupo anterior. Após o primeiro uso, todos os blocos foram secos e depois pesados, repetindo esse procedimento até o quinto uso. Concluiu-se que não ocorreu diferença em resposta ao preparo do canal simulado dos blocos confeccionados em resina fenólica, quando comparada às duas técnicas de instrumentação alternada. Os instrumentos tipo K associado ao instrumento Hedströen e instrumento tipo K isolado de ambos os grupos perderam a capacidade de corte em função do número de uso.

Limongi et al. (2009) avaliaram, *in vitro*, a quantidade de desgaste produzido por instrumentos endodônticos de aço inoxidável, acionados a um sistema automatizado de movimento oscilatório, em três diferentes velocidades: 6.000, 8.000 e 10.000 rotações por minuto, e individualmente pesadas em uma balança digital analítica, antes e depois do preparo endodôntico. Para isso, foram utilizadas dezoito raízes palatinas de molares superiores, distribuídas aleatoriamente em três grupos experimentais, e todas as raízes selecionadas tinham 15 milímetros de comprimento de forma padronizada. Foram feitas irrigação/aspiração com solução de hipoclorito de sódio a 1% e realizou-se manualmente a exploração dos canais radiculares com instrumentos endodônticos de aço inoxidável tipo K #10 (Dentsply Maillefer). Após, preparou-se cada canal, com instrumento tipo K, em movimento de limagem, sequencialmente nos números #15, #20 e #25. Cada instrumento foi utilizado para o preparo de três canais radiculares. Em seguida, acionados a um sistema automatizado de movimento oscilatório. Concluídas

as fases preliminares, executaram-se os preparos dos canais radiculares, com a utilização de contra-ângulo de sistema automatizado de movimentos oscilatórios (NSK – Adiel Super Endo) com redutor de velocidade de 10:1 acoplado em motor elétrico (TC 3000– Cosa Dental), nas três diferentes velocidades testadas. Concluiu-se que a comparação entre as médias de pesagem obtidas em cada grupo possibilitou a não ocorrência de diferença estatística significativa quanto à quantidade de desgaste produzido entre as três velocidades testadas.

Soria et al. (2009) objetivaram determinar as alterações da micro dureza Vickers da dentina adjacente ao canal radicular de raízes de incisivos bovinos tratados endodonticamente, utilizando-se como solução irrigadora o hipoclorito de sódio a 2,5 e 5,0%, associado ou não ao ácido cítrico a 10% e ao vinagre de maçã. Foram utilizados 105 incisivos. Os dentes tiveram suas coroas seccionadas no sentido transversal ao longo eixo na junção amelo cementária por meio de um disco de aço diamantado, de forma que as coroas foram desprezadas. Desta maneira, a raiz do dente estava pronta para a realização do preparo químico mecânico com os diferentes regimes de irrigação. Os dentes foram divididos aleatoriamente em 21 grupos de cinco raízes cada (n=5), de acordo com a substância e o regime de irrigação, assim como o tempo de irrigação que foi adotado. Grupos 1, 2 e 3: foi utilizada água destilada e deionizada como substância irrigante durante 5, 10 e 20 minutos, respectivamente; Grupos 4, 5 e 6: foi utilizado hipoclorito de sódio a 2,5% durante 5, 10 e 20 minutos, respectivamente; Grupos 7, 8 e 9: foi utilizado hipoclorito de sódio a 5% nos mesmos tempos; Grupos 10, 11 e 12: foi utilizado hipoclorito de sódio a 2,5% associado ao vinagre de maçã durante 5, 10 e 20 minutos, respectivamente; Grupos 13, 14 e 15: foi utilizado hipoclorito de sódio a 5,0% associado ao vinagre de maçã durante 5, 10 e 20 minutos, respectivamente; Grupos 16, 17 e 18: foi utilizado hipoclorito de sódio a 2,5% associado ao ácido cítrico a 10% durante 5, 10 e 20 minutos, respectivamente; e Grupos 19, 20 e 21: Foi utilizado hipoclorito de sódio a 5,0% associado ao ácido cítrico a 10% durante 5, 10 e 20 minutos, respectivamente. Concluiu-se que não houve diferença estatisticamente significativa tanto para os regimes de irrigação quanto para os terços da raiz dos dentes. Houve diferença estatisticamente significativa ao ní-

vel de 5,0% entre os locais de medida, sendo que a dentina adjacente lúmen do canal é menos dura do que a dentina próxima do cimento radicular.

Salum et al. (2010b) analisaram a deformação das laminas de dois tipos de instrumento de acordo com o numero de usos. Selecionaram-se aleatoriamente sessenta limas de NITI manual, as quais foram utilizadas em vinte blocos de resina fenólica em canais simulados com 75° de curvatura montado sobre um mini torno e dividido em dois grupos. No grupo A, realizou-se a instrumentação fazendo uso de 36 limas, sendo 24 limas do tipo K e 12 limas do tipo Hedströen, ambas manuais, acopladas com um TEPY cabeça contra-ângulo Endo-MAX de rotação do *motor-driven* alternada fazendo 3.000 ciclos por minuto. No grupo B, os canais simulados foram instrumentados com 24 limas do tipo K de NiTi no mesmo sistema. O objetivo desse estudo foi comparar por varredura a deformação de dois tipos de instrumentos endodônticos de níquel-titânio, após a instrumentação em canais simulados relacionando com a esterilização das limas. Após a pesquisa, pode-se concluir que os grupos estudados apresentam perda semelhante, como a de corte e deformação, e que o poder de corte diminui com o número de uso.

Arantes et al. (2010a) avaliaram as características superficiais de instrumentos de NiTi antes e após o uso, valendo-se de uma amostra não aleatória por conveniência de limas do sistema rotatório de níquel-titânio das marcas Twisted File®, BioRaCe®, Mtwo® e EndoWave®, utilizadas no preparo do canal radicular. Foram confeccionados vinte blocos com canais simulados de resina fenólica de cor vermelha “Multfast Brown” com 75° de curvatura, utilizaram-se vinte instrumentos, das marcas acima mencionadas, as quais foram fotografadas com aumento de 190 vezes quanto à presença de sujidade. As limas foram lavadas e novamente fotografadas para visualizar defeitos, tendo como critérios a presença ou não de borda irregular, ranhura, microcavidade e rebarba. Realizou-se preparo dos canais radiculares simulados, nova limpeza e análise microscópica dos instrumentos após cinco usos. Após análise em MEV e de posse dos escores dos avaliadores, os dados foram submetidos à análise estatística utilizando o Teste Exato de Fisher para os itens sujidade e defeitos, e Teste “U” de Mann-Whitney com estatística descritiva, média, desvio padrão, coeficiente de

variação e inferência estatística utilizando nível de significância de 5% no teste de Kolmogorov-Smirnov para o item deformações. A determinação do Coeficiente de Correlação Intraclasse para verificar concordância entre os avaliadores foi realizada pelo Teste de Kappa. Com esse estudo, pode-se observar que todos os instrumentos estavam sujos, exceto da marca Mtwo®. A presença de defeitos foi observada em todos os instrumentos Twisted File®, enquanto que para os instrumentos BioRaCe® e Mtwo® esse índice foi menor. Os instrumentos EndoWave® não apresentaram os defeitos citados. Quanto à deformação para os grupos avaliados, os mesmos comportaram-se de forma semelhante.

Santana et al. (2010) avaliaram a microdureza de resinas compostas fotopolimerizadas com sistemas de luz alógena e diodo emissor de luz. O objetivo desse estudo foi o de avaliar a microdureza de duas resinas compostas, uma compactável (Tetric Ceram) e outra do tipo *flow* (Tetric Flow), utilizando-se duas fontes de luz, uma alógena e outra à base de diodo emissor de luz (LED). Foram confeccionados quarenta corpos de prova, utilizando-se uma matriz de teflon, e divididos em quatro grupos: Grupo I – Tetric Ceram Halógena; Grupo II – Tetric Ceram LED; Grupo III – Tetric Flow Halógena e Grupo IV – Tetric Flow LED. Após o lixamento e polimento dos corpos de prova, foi realizada a análise da microdureza *Vickers* nas regiões de topo e de base em cada amostra. A análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey foram aplicados ao nível de significância de 5%. Os resultados mostraram que a fonte de luz alógena foi estatisticamente mais efetiva ($p < 0,05$) que o LED na micro dureza superficial; quando comparados os tipos de resinas compostas, a Tetric Ceram apresentou valores de microdureza estatisticamente maiores ($p < 0,05$) que a Tetric Flow, e as regiões de topo apresentaram microdureza maior ($p < 0,05$) em relação às regiões de base, independente da fonte de luz e do material resinoso utilizado. Os resultados sugerem que a fonte de luz alógena é mais efetiva que o LED.

Haddad-Filho et al. (2011) pesquisaram sobre a perda de corte da lima ProTaper quanto à esterilização e número de uso. Nessa pesquisa foi avaliado o comportamento do instrumento quanto à fratura em relação ao número de vezes em que foram utilizadas as limas na instrumentação de canais simulados em blocos de resina. Foram utilizados dez canais

simulados de resina acrílica transparente com ângulo de curvatura de 45. Os blocos foram pesados em balança analítica digital anotando-se o peso inicial. Em seguida, houve o preparo com motor elétrico Endo Pro-torque, tomando-se o cuidado de padronizar o tempo de ação de cada instrumento em três minutos. Usou-se o creme de Endo-PTC durante o preparo do canal simulado e, após seu tempo de ação, lavava-se o canal com hipoclorito de sódio. Depois, o bloco era lavado com detergente neutro, seco com gaze, canal aspirado, seco com cone de papel absorvente, pesado, anotando-se o peso final. A cada uso, as limas rotatórias eram limpas com gaze embebido em álcool e, posteriormente, lavadas com detergente neutro, secas com gaze e levadas em envelope descartável para processo de esterilização em autoclave com ciclo de vinte minutos. Com esse trabalho pode-se concluir que o instrumento perde a capacidade de corte em função do uso, e só a partir do sétimo uso o instrumento ProTaper® perde consideravelmente sua efetividade, recomendando-se seu descarte.

Reis et al. (2011) realizaram uma avaliação *in vitro* da capacidade de corte e de deformação de limas rotatórias de níquel- titânio. Foram utilizadas dez limas rotatórias F2 do sistema protaper universal e dez limas rotatórias do sistema Endosequence em vinte placas sulcadas de baquelita, confeccionada à base de resina fenólica de cor vermelha, acabamento com ângulo de 30°, 3cm de comprimento por 2cm de largura dos blocos. Construiu-se plataforma para contra-ângulo com lima em íntimo contato com placa, sendo três anéis de 50 gramas cada, presas nas proximidades da cabeça do contra-ângulo e, a partir daí, acionava um motor elétrico X-Smart. Foi efetuada a limpeza das limas em uma cuba ultrassônica com água destilada e fazia uma da leitura em microscópio antes e após cinco usos da mesma. As placas foram divididas aleatoriamente em dois grupos A (limas protaper universal) e B (limas Endo-sequênce), efetuaram-se 750 movimentos rotacionais em três minutos para o grupo A e, para o grupo B, 1500 movimentos durante três minutos. As superfícies das placas foram irrigadas manualmente com seringa plástica contendo 200ml de hipoclorito de sódio 1%; secava e, após esses procedimentos, a placa era pesada. Tal procedimento foi repetido cinco vezes. Concluiu-se que, as limas Protaper e Endosequence apresentaram capacidade de corte semelhante, não

ocorrendo diferença entre os dois sistemas utilizados relativamente à deformação de suas lâminas de corte.

Medeiros et al. (2012) fizeram um estudo sobre a secagem de blocos com canais radiculares simulados de resina fenólica com cones de papel absorvente e estufa. O objetivo desse trabalho foi determinar os pesos e a diferença dos pesos em blocos de resina fenólica umedecidos, secagem dos mesmos blocos com papel absorvente e secagem dos blocos em estufa para esterilização de instrumental odontológico. Utilizaram vinte blocos com canais simulados de resina fenólica e numerados de 1 a 20. Os blocos foram colocados para hidratação em frascos com água destilada durante uma semana e, após, retirados para pesagem em balança analítica digital constituindo o peso umedecido do bloco (Pu). Procedeu-se secagem dos blocos externamente com gaze hidrófila e internamente com cones de papel absorvente, sendo posteriormente pesados, representando o peso do bloco com cone de papel absorvente (Pa) em balança analítica digital. A seguir, os blocos foram secos em estufa durante duas horas a 100°C e pesados novamente após secagem na estufa (Pe). Após, obtidos os valores Pu, Pa e Pe de cada bloco, realizou-se tomada de diferença de pesos por meio da subtração do primeiro peso pelo segundo (Pu-Pa), do primeiro pelo terceiro (Pu-Pe) e do segundo pelo terceiro (Pa-Pe). Os dados foram avaliados em termos de inferência estatística, ao nível de significância de 5% por meio do programa BioEstat 5.0. Concluíram que os blocos apresentaram em ordem decrescente de peso em gramas, a saber: blocos umedecidos, blocos secos com cones de papel absorvente e blocos secos com cones de papel absorvente e estufa. A secagem dos blocos em estufa é de importância para testar remoção maior de líquidos do interior do canal radicular simulado.

Salum (2012) analisou *in vitro* a capacidade de corte e a resistência à fadiga cíclica dos sistemas rotatórios ProFile Vortex® (Dentsply Tulsa Dental, USA) e ProTaper® (Dentsply Maillefer, Suíça). Para a análise da capacidade de corte, pesou-se em balança analítica digital cem blocos de resina fenólica que continham canais simulados com 75° de curvatura, obtendo-se os pesos iniciais (P0) e, após a instrumentação dos canais, esses blocos foram novamente pesados, obtendo-se os pesos finais (P1). Dividiram-se quarenta instrumentos em dois grupos. Grupo A: vinte instrumentos ProFile Vortex® n°25;

25mm; taper.06; e Grupo B: vinte instrumentos ProTaper® F1; 25mm. Subdividiu-se em dois subgrupos com dez amostras cada, de acordo com o número de usos, sendo estabelecidos da seguinte maneira: grupos A0 e B0, instrumentos sem uso algum, e grupos A5 e B5, instrumentos de cinco usos. Avaliou-se a resistência à fadiga cíclica submetendo-se todos os instrumentos a ensaio dinâmico, utilizando-se dispositivo desenvolvido para tal, até a ocorrência da fratura, que foi constatada visualmente. O número de ciclos até a fratura, assim como o tempo expresso em segundos, foram registrados e realizou-se estatística descritiva, o teste “t” de Student e o teste de Mann-Whitney. Em todos os blocos houve perda de peso, porém sem significado estatístico (P valor > 0,05). Os instrumentos Profile Vortex® removeram mais conteúdo e completaram maior número de ciclos até a fratura, com significância estatística (P valor > 0,05) quando comparados com os instrumentos Protaper®. A capacidade de corte em função do número de uso e a resistência à fadiga cíclica, nos parâmetros utilizados nesse estudo, foram maiores para os instrumentos Profile Vortex® quando comparados com os instrumentos Protaper®.

Giassi (2012) determinou a microdureza de amostras sem tratamento térmico e tratada a temperatura de 550°C e 650°C por 60 minutos. As peças foram embutidas em resina fenólica e lixadas com lixas 320, 400 e 600, sucessivamente, e polidas com uma pasta de alumina. As medidas de microdureza foram realizadas em um aparelho Himadzu HVM-2000 pelo método de dureza *Vickers*, em atmosfera de ar com uma força de 100g. Um tempo total de 15s foi utilizado em cada identificação. Cada valor de dureza é a média de dez medidas realizadas. A preparação e caracterização de vitro-cerâmicos de composição 30Li2O : 5BaO : (6-xA) SiO2, onde AN = agente nucleante, sendo utilizados os seguintes óxidos: ZrO2 (x = 1 %) Nb2O5 (x = 1 %), V2O5 (x = 2%) e TiO2 (x = 5%) em massa, é descrita. Os vitro-cerâmicos foram fundidos em cadinhos de alumina a 1100°C por três horas e submetidos a um tratamento térmico à temperatura de 550, 650 e 750°C por uma hora. A caracterização foi feita por Análise Térmica Diferencial (DTA), Difração de raios-X (DRX), Microscopia Eletrônica de varredura (MEV), Espectroscopia Raman e no Infravermelho, sendo também determinadas propriedades como micro

dureza, densidade e volume molar. Os resultados experimentais mostraram que uma mudança no agente nucleante confere aos materiais propriedades distintos. Essas diferenças podem ser encontradas na dureza, nos tipos de fases cristalinas, morfologia, densidade, temperatura de transição vítrea e de cristalização dos sólidos estudados. Ao submeter as diferentes amostras ao tratamento térmico, observa-se uma maior dureza das mesmas, sendo que a amostra que apresentou melhor resultado com relação à dureza foi a que usou Nb2O5 como agente nucleante. Os valores de microdureza estão relacionados com as fases cristalinas presentes nos materiais, e a presença de Li2SiO3, observados por DRX, contribuiu para o aumento da dureza do material. A morfologia da superfície das amostras pode ser observada por ME, em que nota-se a presença de fases cristalinas distintas nas amostras GC-Nb e GC-Ti.

Por outro lado, coube a Smith e Sandland (1925) o mérito de desenvolver um método de ensaio que ficou conhecido como ensaio de dureza *Vickers*. Esse método leva em conta a relação ideal entre o diâmetro da esfera do penetrador Brinell e o diâmetro da calota esférica obtida, e vai além, porque utiliza outro tipo de penetrador que possibilita medir qualquer valor de dureza, incluindo desde os materiais mais duros até os mais moles. Esse ensaio desenvolvido por Smith e Sandland ficou conhecido como ensaio de dureza *Vickers*, porque a empresa que fabricava as máquinas mais difundidas para operar com esse método chamava-se Vickers-Armstrong.

Aliás, Melo (2013) confirma que o penetrador é talhado em diamante, tem a forma de uma pirâmide quadrangular, sendo o ângulo entre as faces opostas de 136°. Por ter essa forma, o penetrador incide numa região muito pequena, uma vez que a avaliação da dureza *Vickers* refere-se a áreas muito limitadas de material.

A partir dessas considerações, torna-se indispensável analisar material à base de resina fenólica, pois é cada vez mais comum seu emprego como base em teste de ensaios com instrumentos endodônticos, quer sob a forma de placas sulcadas, quer de blocos com canais simulados. Criou-se uma tendência a realizar testes de microdureza *Vickers* da superfície de blocos de resina fenólica (baquelita). O objetivo do presente estudo foi analisar a microdureza *Vickers* da superfície de blocos de resina fenólica (baquelita) por meio de microdurômetro, bem como se o ensaio de microdureza *Vickers*

representa um método adequado para análise das propriedades dos blocos de resina fenólica.

2 MATERIAL E MÉTODO

Foram empregados cinco blocos com canais simulados (Figura 1) de resina fenólica “Multfast Brown” (marca Struers/EUA). As etapas da confecção dos referidos blocos bem como seu acabamento obedeceram aos procedimentos já realizados por Alkmin et al. (2007).

Figura 1 – Blocos de resina fenólica (Baquelite®)

Para tanto, utilizou-se o espaço físico do Laboratório de Materiais, Tratamentos de Superfície



e Nanotecnologia do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Uma vez realizados todos os procedimentos de manufatura dos blocos, selecionaram-se os blocos de resina fenólica, que foram destinados à avaliação quanto à dureza *Vickers* no Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), no Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE)/Divisão de Materiais (AMR), em São José dos Campos/SP.

Os blocos selecionados para as medições de dureza foram lixados e polidos segundo a prática metalográfica convencional, estabelecida pela norma ASTM E 3:2011 *Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens*. Foi utilizada uma lixadeira de bancada de pratos duplos Struers Knuth rotor 2. Após serem lavados em água corrente, os corpos de prova foram rotacionados em 90°, a mesma operação foi executada em lixas subsequentemente mais finas. Foram utilizadas lixas de carvão de silício (SIC) com granulometrias 120, 240, 400, 600 mesh (abrasivos/pol²). Após o lixamento, os corpos de prova foram polidos em politriz rotativa POLIPAN 2 (Panambra Zwick Roell/São Bernardo do Campo/SP) (Figura 2), com feltro de lã sintética e pasta de diamante de gra-

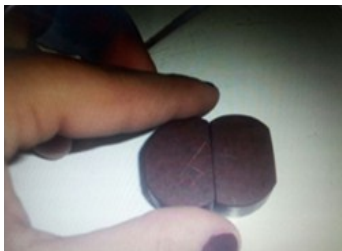
nulometria 1µm. Os corpos de prova, após preparação, apresentaram aspecto como mostrado na Figura 3.

Figura 2 – Polimento dos blocos de baquelite® na máquina politriz

Figura 3 – Corpo de prova após lixamento e polimento metalográfico, mostrando as faces onde foram



realizados os ensaios de microdureza. Posteriormente efetuou-se medidas de dureza



za *Vickers* por meio de microdurômetro Futuretech mod FM 9. Este equipamento é composto de uma base, penetrador e sistema de aplicação de carga e microscópio acoplado, com aumentos de 100X E 400X (Figura 4).

Figura 4- Microdurômetro Futuretech Mod FM7

Foi utilizada uma carga de 100gf e foi medida



a dureza em cinco diferentes locais na superfície das amostras aleatoriamente escolhidos. O penetrador de diamante foi posicionado sobre a amostra, para, em

seguida, acionar o disparador e assim iniciar a aplicação da carga (Figura 5).

Figura 5- Exemplo da aplicação de carga pelo penetrador no ensaio de microdureza *Vickers*

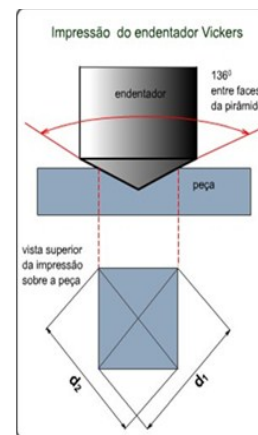
Após a aplicação da carga pelo tempo deter-



minado pelo equipamento, que foi de 15 segundos, o penetrador é levantado e a objetiva de 40X é posicionada para a leitura das diagonais da impressão (Figura 6).

Figura 6- Representação esquemática da endentação e impressão obtida no ensaio de microdureza *Vickers* (Fonte: Wikipedia)

A dureza Vikers é determinada pela equação:



Onde P é a carga em N, d é o comprimento da diagonal da impressão (mm) e $\theta = 136^\circ$. O equipamento utilizado fornece diretamente em seu visor o valor calculado para a dureza Vickers (HV), a partir das medidas das diagonais da endentação e da seleção da carga aplicada (Figura 7).

Figura 7 – Valor numérico calculado do HV no visor digital

Concluída essa fase, os dados relativos foram



tabulados e realizou-se análise estatística. Inicialmente valeu-se do teste Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% de significância por meio do Programa BioEstat 5.0 para verificar a normalidade dos dados. Na comparação, o teste confirmou essa suposição entre mais de duas amostras e, sendo assim, foi realizado o Teste paramétrico ANOVA: um critério.

3 RESULTADOS

Os resultados obtidos desta investigação estão expressos na tabela 1.

Inicialmente o teste Kolmogorov-Smirnov,

de microdureza *Vickers*, o coeficiente de variação, conforme a Tabela 1, mostrou uma homogeneidade nas amostras 1, 2, 3 e 5, enquanto a amostra 4 está menos homogênea devido ao primeiro ponto medido de microdureza, que está discrepante (60HV) em relação aos outros pontos.

4 DISCUSSÃO

A determinação da dureza de materiais destinados a ensaios de desgastes, sobretudo com instrumentos endodônticos, representa um fato de extrema importância para uma melhor reprodução de amostras de dentes humanos com vistas à obtenção de resultados experimentais, no que respeita as deformações e desgaste de instrumentos usados durante o tratamento do canal radicular. Aliás, uma avaliação se faz necessária tanto para considerar a vida útil, eficiência de corte e uma estimativa dos custos dos tratamentos.

Sendo assim, tem-se como objetivo saber se nos ensaios que se realizam com limas nesses substratos os valores da dureza se aproximam dos valores de dureza da dentina humana, uma vez que nesses sítios é realizada a instrumentação dos canais radiculares,

Tabela 1– Valores da dureza *Vickers* dos cinco pontos testados em cada bloco de resina fenólica, bem como suas médias

| | 1° Amostra HV | 2° Amostra HV | 3° Amostra HV | 4° Amostra HV | 5° Amostra HV |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1ª ponto | 40,80 | 41,00 | 39,60 | 60,00 | 51,30 |
| 2ª ponto | 44,80 | 43,60 | 37,90 | 45,80 | 38,90 |
| 3ª ponto | 34,10 | 50,40 | 45,20 | 44,70 | 41,30 |
| 4ª ponto | 38,80 | 51,90 | 41,10 | 37,20 | 39,50 |
| 5ª ponto | 38,90 | 39,40 | 44,00 | 44,90 | 36,60 |
| Média | 39,48 | 45,26 | 41,56 | 46,52 | 41,52 |
| Desvio Padrão | 3,87 | 5,61 | 3,03 | 8,29 | 5,72 |
| Coefficiente de Variação | 9,79 | 12,39 | 7,28 | 17,82 | 13,78 |

ao nível de 5%, confirmou que os dados de todas as amostras são normalmente distribuídos. Esse comportamento nos levou a utilizar o teste paramétrico ANOVA: um critério cujo P valor > 0,05 mostrou que não existe diferença entre os valores médios das amostras dos blocos de resina fenólica testados, o que garante que nos cinco pontos selecionados aleatoriamente as durezas são estatisticamente equivalentes.

Com relação ao comportamento das medidas

com atritos e desgastes causando deformação na superfície de corte desses instrumentos.

Aliás, Anusavice (2005) considera que as lâminas de corte de instrumentos, quando em contato com substrato em ensaios, deve possuir, além de capacidade de corte, também uma resistência à fratura durante o preparo do canal radicular. Claro que os instrumentos quando utilizados no canal radicular entram em contato com dentina que possui em média dureza en-

tre 57-60 HV, sofrem deformações graças às irregularidades presentes na superfície da dentina, bem como o grau de curvatura do canal radicular.

Há de se entender que, deve-se procurar, ao realizar uma experiência *in vitro*, um substrato que reproduza o mais próximo à realidade clínica. Muito embora possam ocorrer diferenças entre experimentações laboratoriais *in vitro* e *in vivo* devemos atentar para o fato de que essas observações, quando bem administradas e cercadas de cuidados metodológicos, de procedimentos corretos e objetividade, na realidade reproduz adequadamente a prática clínica.

De tal sorte que pesquisas em torno do emprego de modelos ou substratos como material destinado a pesquisas de alguma forma vêm sendo selecionadas, substituindo inclusive amostras de dentes humanos extraídos, os quais são mais difíceis de conseguir em decorrência do desenvolvimento de tratamentos odontológicos cada vez mais preventivos, levando-se em conta a evolução da odontologia em seus procedimentos. Além do mais, torna-se cada vez mais difícil a escolha, bem como buscar dentes extraídos, até mesmo em ambulatórios públicos e bancos de dentes.

Convém esclarecer que, além do osso e dentina, dois tipos de materiais estão sendo usados como substratos, em que pesem testes de desgaste de limas e ensaios para conhecer a capacidade de corte de instrumentos. Na verdade, as resinas fenólicas permitem a confecção de amostras com geometria e dureza semelhantes entre si (CLARO, 2004), bem como a confecção de canais simulados com graus de curvatura semelhantes (MEDEIROS et al., 2009). Por outro lado, dentes com graus de dureza semelhantes em toda extensão da dentina no canal radicular são uma tarefa de difícil concretização (ANUSAVICE, 2005).

Atualmente e já há muito tempo, tem-se utilizado a resina acrílica sob a forma de blocos com canais simulados (MIRANZI, 1999; GÊNNOVA et al., 2004; MELO et al., 2009; HADDAD FILHO et al., 2011). Os autores citados realizam ensaios nesses canais simulados, cujo objetivo é verificar e analisar o efeito das limas em relação à modificação do ângulo de curvatura quando usadas alterações na curvatura, ocorrências de desvio apical e índices de fraturas de instrumentos endodônticos.

O intuito é realizar ciclos de limagem com instrumentos endodônticos manual ou em sistemas rotatórios. Na realidade, com esse tipo de substrato

não ocorre desgaste do material, o que sugere Claro (2004) que esse, graças a sua baixa dureza, deforma-se ao invés de sofrer desgaste.

Então há necessidade de amostras mais duras para que ocorra o fenômeno de desgaste e, para tanto, deve-se investigar sobre a dureza superficial para que se possa colocar à disposição um substrato que atenda às reais necessidades do pesquisador.

Quanto aos testes de dureza superficial, experimentos em dentes bovinos hígidos (MALULY FILHO, 2002), corpos de prova de resina composta (TANAKA et al., 2006; RESTON et al., 2008; SANTANA et al. 2010); dentina (SOPRANO, 2007); dentina de dentes incisivos bovinos (SORIA et al., 2009) representam uma preocupação cada vez maior por parte dos autores.

Na presente investigação, o intuito foi analisar a microdureza *Vickers* da superfície de blocos de resina fenólica (baquelita).

Com vistas a isso, deve-se atentar ao fato que uma das grandes dificuldades ao escolher um substrato reside na obtenção de amostras com dureza o mais próximo possível da dentina humana. É importante e necessário oferecer instrumentos que realizam o preparo químico-cirúrgico de canais simulados curvos de forma rápida, removendo uniformemente em toda extensão do ducto material da parede do canal radicular. Ocorre que nem todos os canais são retos, mas, ao contrário, apresentam maior ou menor grau de curvatura.

Neste estudo, substratos contendo canais simulados foram fabricados em resina fenólica e cuja dureza é próxima à dentina humana. Por essa razão, acredita-se que provavelmente desgastes e deformações produzidas nos instrumentos testados tanto na dentina como na resina fenólica apresentam respostas semelhantes.

Diga-se, pelo bem da verdade, que vários autores apontam para uma menor percentagem de desgaste dos instrumentos de níquel-titânio da marca K3 quando esses foram utilizados durante o preparo de canais radiculares de dentes humanos. Por outro lado, quando comparados os mesmos instrumentos utilizados em canais radiculares simulados de resina, foi menor ainda o índice de desgaste dos referidos instrumentos (SCHÄFER E FLOREK, 2003; SCHÄFER E SCHLINGEMANN, 2003).

Ocorre que a resina acrílica (polimetilmeta-

crilato) apresenta índice de dureza *Vickers*, segundo Claro (2004), por volta de 21,10, o que denota dureza menor do que o osso bovino e a resina fenólica e, portanto não se trata a resina acrílica de substrato mais indicado em ensaios de desgastes com instrumento endodôntico.

Provavelmente, se um instrumento é testado durante os ensaios de desgaste em canais simulados de resina fenólica, é aceitável que seu desgaste venha a ocorrer em maior número de usos nestes canais quando comparados com canais de dentes naturais, porquanto os índices de dureza *Vickers* são maiores na dentina humana (ANUSAVICE, 2005).

Muito embora os instrumentos apresentem deformação após múltiplas utilizações em canais simulados, não há evidência de que o mesmo aconteceria se os instrumentos fossem utilizados durante a preparação dos canais de dentes naturais, considerando que a secção transversal nesses últimos é anatomicamente irregular, podendo ser elíptico, curvo, apresentando anfractuosidades e, naturalmente, difere do canal simulado cuja secção é circular, superfície lisa e sem irregularidades, acontecimentos estes que podem interferir com a carga de torção dos instrumentos (PETERS E BARBAKOW, 2002).

De maneira que os ensaios devem ser realizados em substratos, como plásticos, porém esse material é mais adequado à experimentação no laboratório e, portanto, não reproduz amostras de dentes naturais.

Torna-se necessário maior adequação na consecução de diversos procedimentos endodônticos, a exemplo do preparo químico-cirúrgico, o que sem sombra de dúvida representa um dos objetivos essenciais nas pesquisas laboratoriais. De tal sorte que esses modelos de estudo são difíceis de reproduzir e substituir o dente natural humano, porém, dependendo do tipo de material utilizado, poderá se aproximar de modelos experimentais. Claro está que a escolha deverá sempre recair no dente humano.

Portanto, escolheu-se protótipos a base de resina fenólica (Baquelite®), pois pesquisas dão conta que diferentes autores objetivaram elucidar as qualidades desse material como substituto do dente humano, sobretudo em experimentos endodônticos (MORRINSON et al., 1989; CLARO, 2004; BORGES, 2005; FRANCO, 2005; ALKMIN et al., 2007; SAKANE, 2007; GONÇALVES, 2007; ALVES-CLARO et al., 2008; MEDEIROS et al.,

2008; MANSANO, 2009; MEDEIROS et al., 2009; ARANTES et al., 2010a; ARANTES et al., 2010b; SALUM et al., 2010a; SALUM et al., 2010b; REIS et al., 2011; MEDEIROS et al., 2012; SALUM, 2012) muito embora o dente humano extraído seja ainda motivo de escolha em experimentos no laboratório (MEDEIROS et al., 2006; LIMONGI et al., 2009).

Para mais esse substrato apresenta qualidades e propriedades especiais para uso em ensaios como instrumentação de canais artificiais simulados, seja preparo manual, seja automatizado, seja canal reto, seja canal curvo, servindo ainda como base para instrumentação de limas de aço inoxidável ou de níquel-titânio, uso da resina fenólica na resinificação de dentes humanos extraídos e instrumentação linear a motor não realizada pelo profissional. É de importância fundamental que haja o conhecimento tecnológico da obtenção desses substratos à base de resina fenólica, uma vez que encontra-se à disposição o Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté com infraestrutura necessária à fabricação dos blocos, podendo ser providenciados com canais simulados, sejam essas placas de resina fenólica cuja sequência de toda prática na obtenção delas ratificam o aprimoramento de uma tecnologia que integra fenômenos físico-químicos incorporada a uma aparelhagem não tão requintada, o que denota etapas simples de obtenção incluindo prática manual para prensagem da resina fenólica (ALKMIN et al., 2007).

Detalhe interessante diz respeito ao emprego como substrato em testes executados em canais simulados pesquisados por Gonçalves (2007). Este autor avaliou instrumentos de níquel-titânio em canais radiculares simulados confeccionados em baquelita e verificou quanto à capacidade de corte e deformação resultados animadores, o quer dizer que esse substrato constitui uma base excepcional para pesquisa neste campo. Claro está que o autor supracitado de certa forma se baseou em observações feitas por Claro (2004) em sua pesquisa, notadamente com relação à dureza da resina fenólica, com índice numericamente próximo aos índices de dureza da dentina.

Julga-se que a dentina humana, por apresentar indicadores de dureza *Vickers* que variam em média entre 57-60 HV confirmada por Anusavice (2005), há que se confirmar que em diferentes terços dentinários radiculares de um mesmo dente o valor HV é diferente. Assim, supõe-se que para esses valores deve esse

índice variar na superfície da dentina do canal na área cervical, terço médio e apical do mesmo dente e até mesmo em diferentes dentes do mesmo paciente, bem como entre dentes de indivíduos diferentes, fato este que não ocorre com a baquelita, cuja variação numérica média foi menor e diferente da observada na Tabela 1.

Por sua vez, Sakane (2007) da mesma maneira realizou investigação valendo-se de limas manuais de quatro diferentes marcas em movimento linear com motor em uma placa de resina fenólica. Os resultados desse trabalho confirmam que a remoção do substrato com essas limas bem como a deformação das laminas de corte desses instrumentos indicam que esse substrato representa um bom material para avaliação das limas no tocante a capacidade de corte e o desgaste visualizado por meio de microscopia.

Além do mais, nota-se a importância da resina fenólica (baquelita) em pesquisas de instrumentos endodônticos em ensaios de desgaste e testes de capacidade de corte do próprio instrumento, ao contrário da resina acrílica, que possui baixa dureza em torno de 22 HV, e que não sofre desgaste quando a superfície da resina entra em contato com o instrumento durante o preparo do canal radicular, mas, com efeito, tal superfície da resina sofre deformação (CLARO, 2004).

Então, deve-se esclarecer que esses blocos de resina fenólica representam um material de ensaio que proporciona, de acordo com os achados de Sakane (2007) e Gonçalves (2007), deformações nas lâminas de corte dos instrumentos, perda da capacidade de corte das limas em função do número de usos e remoção do material graças a sua capacidade de corte.

Em função dessas confirmações e da necessidade de conhecer mais a respeito do assunto, intentou-se proposta de pesquisa com vistas a verificar a dureza da resina fenólica, pois, até então, a literatura não tem apresentado estudos mais detalhados e exclusivos sobre a dureza *Vickers*.

Cumprido esclarecer que a dureza é a resistência que um material apresenta ao risco por um material mais duro ou à formação de uma marca permanente induzida pela aplicação de uma pressão, por meio de indentadores padronizados. Particularmente, o ensaio de microdureza *Vickers* utiliza um penetrador constituído de uma pirâmide de diamante e base quadrada e com um ângulo de 136° entre faces opostas. Por meio de um sistema óptico acoplado, são mediadas

as diagonais da indentação e o valor de microdureza calculado por meio de uma equação.

Cumprido ressaltar que o teste realizado com microdurômetro para análise da microdureza *Vickers* da microrregião dos blocos de resina fenólica mostrou-se uma ferramenta adequada para avaliar a microdureza dos blocos de resina fenólica.

Aliás, os valores de dureza *Vickers* apresentam maior precisão para os testes de resina quando a carga é aplicada, seja de 25, 50 e 100gf, mesmo se essa for mínima como também os tempos mínimos 5, 15, 30 e 45 segundos de endentação não interferem nos parâmetros estudados. Para mais, a dureza *Vickers* está mais indicada para realizar testes em resina compostas graças a sua estabilidade (SOPRANO, 2007).

A Tabela 1 expressa os valores numéricos obtidos dos pontos escolhidos aleatoriamente de cada bloco e as médias de cada amostra testada. Ressalta-se que para as amostras 1 e 4 foi observada uma média baixa de dureza (amostra 1=39,48) e uma média mais alta para a quarta amostra igual a 46,52. Deve-se também atentar que na amostra 1 um ponto da superfície da resina fenólica (baquelita) registrou valor de HV de 34,10, e na amostra 4, em um ponto aleatório, o índice de HV foi de 60,0.

Tais indicadores não são tão desiguais em relação àqueles encontrados por Anusavice (2005), porquanto o aludido autor observou valores na superfície da dentina humana que variaram entre 57-60 HV, enquanto neste estudo a variação foi de 34,10 a 60,0 HV.

A esta altura convém comentar as variações numéricas encontradas na presente pesquisa.

Durante a compactação da resina fenólica que envolve a transformação da resina em pó em blocos sólidos, há ocorrência de uma compactação não uniforme na microrregião do bloco, uma vez que o material é heterogêneo, o que significa que essa microrregião contenha pontos mais moles e mais duros, podendo a cura da resina ser incompleta. Cumprido esclarecer que trata-se da reação de cura de uma polimerização catalizada pelo calor.

É o caso, por exemplo, da baquelita, que é um composto obtido pela condensação do fenol com o formaldeído e material de enchimento constituído de pó de serragem e talco (FACO, 2005; Características Técnicas do Baquelite, 2006) e, por conseguinte, resulta que a cura da resina pode se apresentar nestas microrregiões mais duras e mais moles. Aliás, a pren-

sagem do processo durante a confecção dos blocos pode resultar em áreas mais ou menos densas, criando assim maior ou menor ordenamento no arranjo estrutural das amostras em pontos distintos do bloco, sobretudo se ocorrer menor variação de densidade nas amostras estudadas (GIASSI, 2012).

Algumas incertezas justificam o motivo pelo qual os valores de HV são diferentes na microrregião, tais como incerteza da medida, do material, do equipamento, do operador e do bloco padrão (BS EN ISO 6507-1, 2005).

Por essa razão, as variações numéricas no ensaio de microdureza encontradas neste estudo nas superfícies dos blocos apresentaram valores numericamente diferentes de HV mesmo em apenas um só bloco (GARCIA et al., 2000; VANDER VOORT, 2000).

Citando como exemplo um ponto na amostra 4 com HV igual a 60,00 admite-se que ocorreu nessa parte compactação maior do pó de resina durante a reação de polimerização (cura) e, por conseguinte, esse local do bloco é mais duro do que os outros pontos da mesma amostra. Por outro lado, na primeira amostra um ponto apresentou valor de micro dureza *Vickers* de 34,10, o que quer dizer que nesse ponto foi menor a compactação do pó, sendo esse sítio menos duro (Tabela 1).

Apesar dessas diferenças numéricas, não houve diferença estatisticamente significativa quando computadas as médias entre as amostras analisadas.

Finalmente, a prática de se utilizar dentes humanos em pesquisas atualmente tem produzido não só uma extrema burocracia envolvendo a realização do projeto, como também esbarra em um impeditivo, ou seja, dificuldade de encontrar dentes humanos mesmo em banco de dentes. De outro modo, a utilização de blocos de resina fenólica tanto para a confecção de canais simulados e como de placas, utilizados ambos em ensaios de desgaste, apresentou diversas vantagens, isto é, técnica simples, de baixo custo e versátil que permite a confecção de canais de diversas geometrias, além de apresentar repetibilidade e reprodutibilidade dos ensaios.

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos, em face da metodologia empregada, permitiram concluir que a média dos valores dos blocos de resina fenólica apresentaram dureza

Vickers semelhante quando computados os cinco pontos aleatoriamente escolhidos. O ensaio de microdureza *Vickers* mostrou-se uma ferramenta adequada para avaliar as propriedades dos blocos de resina fenólica.

Contribuição

João Marcelo Ferreira de MEDEIROS – Orientação acadêmica, revisão de português, materialização do texto.

Emily Stefani NAREGI – Digitação do artigo, revisão de literatura, laboratório.

Edison Tibagy Dias carvalho de Almeida – Revisão do texto

Christian Frederico de Ávila VON DOLLINGER – Orientação na parte laboratorial.

Luiz Carlos Laureano da ROSA – Orientação e materialização do texto na parte estatística.

Miguel Simão HADDAD FILHO – Organização e orientação da parte fotográfica.

REFERÊNCIAS

A ERA DO PLÁSTICO. **O surgimento do Bakelite e outros plásticos nos EUA durante os anos 20**. Breve história de produtos de baquelita inventados antes de 1930. A baquelita e outros plásticos durante os anos 30. Disponível em: <http://www.bricabrac.com.br/main_design_02.htm> Acesso em: 19 set. 2013.

ALKMIN, S. T.; PINTO, C. A.; HABITANTE, S. M.; ZÖLLNER, N. A.; MEDEIROS, J. M. F.; LAGEMARQUES, J. L. Concepção de um modelo experimental à base de resina fenólica utilizado em endodontia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 24, 2007; set; Atibaia. **Anais...** São Paulo: SBPqO; 2007.

ALVES-CLARO A. P. R. CLARO, F. A. E.; UZUMAKI, E. T. Wear resistance of nickel-titanium endodontic files after surface treatment. **J Mater Sci Mater Med**, v.19, n.10, p.3273-7, out. 2008.

ANUSAVICE, K.J. **Phillips materiais dentários**. 11.ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2005. p.337-338.

ARANTES, W. B.; LAGE-MARQUES, J. L.; RALDI, D. P.; HABITANTE, S. M. FIGUEIREDO, M. J. A.; MEDEIROS, J. M. F.; ROSA, L. C. L. Avaliação microscópica da superfície de corte de limas rotatórias de níquel-titânio considerando limpeza e defeitos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 27; 2010; set; Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo: SBPqO; 2010a.

ARANTES, W. B. ; MEDEIROS, J. M. F. ; LAGE-

- MARQUES, J. L. Evaluation of the superficial characteristics of NiTi rotary instruments before and after used. **Act Report** (Laboratório Nacional de Luz Síncrotron), v. 1, p. 1-1, 2010b.
- ASTM E3-2011 Standard guide for preparation of metallographic Specimens. ASTM International. 2011. Disponível em: <<http://www.astm.org/Standards/E3.htm>>.
- BORGES, T. F. **Avaliação da capacidade de corte de limas de seção reta transversal quadrangular e triangular em liga de aço inoxidável**. Taubaté, 2005. 75 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia). Departamento de Odontologia da Universidade de Taubaté.
- BS EN ISO 6507-1: 2005. **Metallic materials: Vickers hardness test – PART 1 Test method**. Características Técnicas do Baquelite Ago 2006. Disponível em: <<http://www.plastecno.com.br/pdf/Baquelite.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2013.
- CLARO, F. A. E. **Avaliação do desempenho de limas endodônticas de níquel-titânio após tratamento de superfície**. Taubaté, 2004.108f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté.
- FACO, R. J. **Levantamento das inclusões nos principais grupos de aços produzidos em Aciaria do tipo LD**. São Paulo, 2005. 108p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais.
- FRANCO, R. C. **Capacidade de corte da lima Flexofile usada manualmente e acoplada ao sistema rotatório Endo-Gripper em canais simulados**. Taubaté, 2005. 52f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso). Departamento de Odontologia da Universidade de Taubaté.
- GARCIA, A.; SPIM, J. A.; SANTOS, C. A. dos. Ensaio de dureza. In: _____. **Ensaio dos materiais**. Rio de Janeiro: LTC. 2000. cap. 4, p. 65-89.
- GÊNOVA, A. P. S.; ÂNTONIO, M. P. S.; DAVIDOWICZ, H.; MOURA, A. A. M. Avaliação do índice de fraturas das limas ProTaper em canais simulados. **Rev Inst Ciênc Saúde**, v.22, n.1, p.51-4, jan./mar. 2004.
- GIASSI, L. **Estudo da cristalização de vitro-cerâmicos em sistema LhO-BaO-SiO2 na presença de diferentes agentes nucleantes**. Relatório de estágio. 20p. 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/96307/Luciano_Giassi.PDF?sequence=1> Acesso em: 19 set. 2013.
- GONÇALVES, E. M. B. **Análise da capacidade de corte e deformação das limas K3 e RT Densell**. Taubaté, 2007. 95f. Dissertação (Mestrado em Odontologia). Departamento de Odontologia, Universidade de Taubaté.
- HADDAD FILHO, M. S.; HABITANTE, S. M.; ROSA, L. C. L.; SALUM, G.; ALMEIDA, E. T. D. C.; MEDEIROS, J. M. F. Perda de corte da lima ProTaper quanto a esterilização e número de uso. **Rev. Odontol. Univ. Cidade São Paulo**, v.22, n.3, p.228-37, set./dez. 2011.
- LIMONGI, O, BERNARDES, A. V.; SILVEIRA NETTO, P. R.; MELO, T. A. F.; SOARES, R. G. Análise do desgaste produzido no preparo de canais radiculares com o sistema oscilatório em três diferentes velocidades. **Rev Odontol Univ Cidade de São Paulo**, v.21, n.1, p. 14-7, jan./abr. 2009.
- MALULY-FILHO, M. **Avaliação da micro dureza Vickers de cimentos resinosos duais utilizando luz visível e laser argônio**. São Paulo, 2002. 146 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo.
- MANSANO, T. M. **Estudo comparativo in vitro da capacidade de corte de dois tipos de limas de níquel-titânio no preparo de canais radiculares simulados**. Taubaté, 2009. 45p. Monografia (Trabalho de conclusão de curso). Departamento de Odontologia, Universidade de Taubaté.
- MEDEIROS, J. M. F.; FIGUEIREDO, M. J. A.; ALMEIDA, E. T. D. C.; SILVA, N. L. G.; HADDAD FILHO, M. S.; ROSA, L. C. L. Secagem de blocos com canais radiculares simulados de resina fenólica com cones de papel absorvente e estufa. **Publicatio UEPG. Ciências Biológicas e da Saúde** (Online), v. 18, n.2, p. 79-91, jul./dez. 2012.
- MEDEIROS, J. M. F.; ZOLLNER, N. A.; CARVALHO, P. L.; ALVES, A. P. R.; CLEMENTE, R. G. P. Capacidade de corte de la lima Flexofile em canales simulados. **Rev Cubana Estomatol**, v.45, n.1, p.1-2, ene/mar 2008.
- MEDEIROS, J. M. F.; ISHIMOTO, N. A. ; ALKMIN, S. T.; CARVALHO, P. L.; RISSO, V. A.; ZOLLNER, N. A. Eficiência de corte de lima de secção triangular usada manualmente e acoplada ao sistema rotatório Endo-Gripper. **Publicatio UEPG. Ciênc Biol Saúde**, v.12, n.4, p. 41-50, dez. 2006.
- MEDEIROS, J. M. F.; RODRIGUES, G. A.; SANTOS, A. C. M.; ROSA, L. C. L.; CARVALHO, P. L.; NOHARA, E. L. Determinação do comprimento e grau de curvatura em canais radiculares curvos simulados coneccionados em blocos de resina fenólica. **Rev Odontol Univ Cid São Paulo**, v.21, n.3, p.202-11, set./dez. 2009.
- MELO, S. **Material para Produção Industrial**. Ensaio de Dureza. 8º período. Disponível em: <<http://www.sidneymelo.com.br/Discipl/Material/dureza.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2013.
- MELO, T. A. F.; WEBER, A.; MENON, D.; SOARES, R. G.; SALLES, A. A. Análise da influência do grau de curvatura na ocorrência de desvios apicais após o preparo oscilatório em canais simulados. **Rev Sul-Bras Odontol**, v.7, n.3, p.312-9, jul./set. 2010.
- MIRANZI, B. A. S. **Avaliação “in vitro” das alterações**

promovidas em canais radiculares artificiais curvos após instrumentação com limas de níquel-titânio manuais e acionadas a motor. Ribeirão Preto, 1999.141f. Dissertação (Mestrado em Odontologia). Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

MORRINSON, S. W.; NEWTON, C. W.; BROWN JR., C. E. The effects of steam sterilization and usage on cutting efficiency of endodontic instruments. **J Endod**, v.15, n.9, p.427-31, Sept. 1989.

PETERS, O. A.; BARBAKOW, F. Dynamic torque and apical forces of Profile.04 rotary instruments during preparation of curved canals. **Int Endod J**, v.35, n.4, p.379-89, Apr. 2002.

REIS, P. R. B.; LAGE-MARQUES, J. L.; HABITANTE, S. M.; ROSA, L. C. L.; MEDEIROS, J. M. F. Avaliação in vitro da capacidade de corte e deformação de limas rotatórias de níquel-titânio. **Clipe Odonto**, v.3, n.1, 19-27, 2011.

RESTON, E. G.; BARBOSA, A. N.; BUSATO, A. L. S.; KLEIN JUNIOR, C. A.; CARLI, G.; CARVALHO, C. M.; SCHIRMER, D. Micro dureza de resina composta polimerizada com LEDs de diferentes gerações e luz halógena. **Stomatos**, v.14, n.27, p.17-25, jul./dez. 2008.

SAKANE, F. K. **Avaliação in vitro da capacidade de corte e do desgaste de limas manuais de Ni-Ti.** Taubaté, 2007. 73 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Departamento de Odontologia, Universidade de Taubaté.

SALUM, G. **Avaliação da capacidade de corte e resistência à fadiga cíclica dos instrumentos rotatórios Profile Vortex® e Protaper®.** Taubaté, 2012. 140f. Dissertação (Mestrado em Odontologia). Departamento de Odontologia, Universidade de Taubaté.

SALUM, G.; HABITANTE, S. M.; NOHARA, E. L.; MANSANO, T. M.; MEDEIROS, J. M. F. SEM analysis of the deformation of blades of two types instrument according to the number of use. **LNLS 2010 Activity Report**, 2010a. Disponível em: < <http://www.lnls.br/ar2010/file/mic/1840.pdf>>.

SALUM, G.; MANSANO, T. M.; HABITANTE, S. M.; RALDI, D. P.; LAGE-MARQUES, J. L.; MEDEIROS, J. M. F. Estudo comparativo *in vitro* da capacidade de corte e deformação de limas de níquel-titânio após o preparo de canais radiculares simulados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 27, 2010, Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo: SBPqO; 2010b.

SANTANA, D. P.; CARVALHO, A. L. P.; PIZANI, A. M. A.; SARACENI, C. H. C.; QUEIROZ, C. S. Avaliação da micro dureza em resinas compostas fotopolimerizadas com sistemas de luz alógena e diodo emissor de Luz. **Odontol. Clín. Cient.**, v.9, n.3, p.239-41, set. 2010. Disponível em: <http://revodonto.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-38882010000300011&lng=pt&nrm=iso>.

SCHÄFER E, FLOREK H. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. **Int Endod J**, v.36, n.3, p.199-207. mar. 2003.

SCHÄFER E, SCHLINGEMANN R. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofiles. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. **Int Endod J**, v.36, n.3, p.208-17, mar. 2003.

SMITH, R. L.; SANDLAND, G. E. 1925. *Apud*: CROCOLI, C. **Dureza Vickers**, Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAATbEAE/dureza-vickers>>. Acesso em: 11 set. 2013.

SOPRANO, V. **Estudo de parâmetros para ensaios de micro dureza em amálgama de prata, resina composta, dentina e esmalte bovinos.** São Paulo, 2007. 140p. Dissertação (Mestrado em Dentística). Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo.

SORIA, G. S.; BARBIN, E. L.; SPANÒ, J. C. E. **Avaliação da micro dureza de dentes bovinos tratados endodonticamente com diferentes soluções de irrigações.** In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18; Encontro de Pós-Graduação, 11 e Mostra Científica da Universidade Federal de Pelotas, 1., Pelotas. 2009.

TANAKA, K. T.; TURBINO, M. L.; SOPRANO, V.; BELAN, L. C. Influência da energia de fotoativação na micro dureza Vickers de uma resina composta. **Rev Inst Ciênc Saúde**, v.24, n.1, p.15-9, jan./mar. 2006.

VANDER VOORT, J. F. Microindentation hardness testing. In: _____. **ASM HANDBOOK**. v.8, **Mechanical testing and evaluation**. ASM INTERNATIONAL. 2000.