

EUDES GONDIM JUNIOR, CD.



UNICAMP

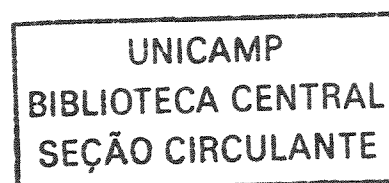
**AVALIAÇÃO DE MATERIAIS RESTAURADORES EM CAVIDADES
RETRÓGRADAS PREPARADAS COM PONTAS ULTRA-SÔNICAS**

**Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de
Piracicaba - Universidade Estadual de Campinas
para obtenção do título de Doutor em Clínica
Odontológica**

Área de concentração: Endodontia

Piracicaba

2002



EUDES GONDIM JUNIOR C.D.

**AVALIAÇÃO DE MATERIAIS RESTAURADORES EM CAVIDADES
RETRÓGRADAS PREPARADAS COM PONTAS ULTRA-SÔNICAS**

Este exemplar foi devidamente corrigido,
de acordo com a Resolução CPG-036/83
CPG. 04.02.03
Assinatura do Orientador

**Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de
Piracicaba - Universidade Estadual de Campinas
para obtenção do título de Doutor em Clínica
Odontológica**

Área de concentração: Endodontia

**Orientador: Prof. Dr. Francisco José de Souza
Filho**

**Banca Examinadora: Prof. Dr. Pedro Felício
Estrada Bernabé; Prof. Dr. José Leonardo
Simone; Prof. Dr. Rielson Alves Cardoso; Prof.
Dr. Caio César Randi Ferraz.**

Piracicaba

2002

200307029

INIDADE	58
CHAMADA	7/UNICAMP
	G586a
EX	
OMBO BC/	52557
ROC.	16-129/03
C	☐
D	☒
REÇO	R\$11,00
ATA	13703/02
CPD	

CM00180291-5

13 ID 283894

Ficha Catalográfica

G586a Gondim Junior, Eudes.
Avaliação de materiais restauradores em cavidades retrógradas preparadas com pontas ultra-sônicas. / Eudes Gondim Junior. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2002.
xxiv, 173p. : il.

Orientador : Prof. Dr. Francisco José de Souza Filho.
Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Equipamento ultra-sônico. 2. Cirurgia. 3. Cavidade dentária-preparo. 4. Microscopia eletrônica de varredura. I. Souza Filho, Francisco José de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marilene Girello CRB/8-6159, da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP.



FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de DOUTORADO, em sessão pública realizada em 16 de Outubro de 2002, considerou o candidato EUDES GONDIM JUNIOR aprovado.

1. Prof. Dr. FRANCISCO JOSE DE SOUZA FILHO

2. Prof. Dr. RIELSON JOSÉ ALVES CARDOSO

3. Prof. Dr. JOSÉ LEONARDO SIMONE

4. Prof. Dr. PEDRO FELÍCIO ESTRADA BERNABÉ

5. Prof. Dr. CAIO CEZAR RANDI FERRAZ

Agradeço a DEUS, pela saúde, consciência, por estar aqui hoje e principalmente pelo convívio com pessoas tão especiais como minha família, mestres, amigos e colegas.

***“Não basta ensinar ao homem uma especialidade,
porque se tornará assim uma máquina utilizável e não
uma personalidade. É necessário que adquira um
sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser
empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente
correto”***

Albert Einstein

Dedico a José Renato Pousada Tahan e Luis Henrique Simões, cirurgiões dentistas e grandes amigos vitimados pela impiedosa e cruel violência da vida moderna. Onde quer que estejam nunca esqueceremos sua alegria e companheirismo. A morte faz parte do ciclo da vida, descansem em paz.

Aos meus pais, Eudes e Wanda pela dignidade, força, confiança, amor e dedicação que orientam o rumo da minha vida.

À minha companheira Andrea, pelo carinho, apoio e compreensão nos momentos mais difíceis.

“MULTA PAUCIS”

***AO MEU MESTRE E AMIGO
PROF. DR. FRANCISCO JOSÉ DE SOUZA FILHO***

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba, na pessoa de seu ex-diretor Prof. Dr. Antônio Wilson Sallum, e atual diretor Prof. Dr. Thales Rocha de Mattos Filho, de quem recebi o apoio necessário para realização deste trabalho.

À Profa. Dra. Altair Cury, competente e dedicada ex-coordenadora da pós graduação, pelo grande apoio e carinho recebido ao longo de todos esses anos de convívio na Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

Ao Prof. Dr. Francisco José de Souza Filho, meu orientador e amigo, pela grande participação em minha formação e incentivo, fundamentais para o enriquecimento e realização deste trabalho.

À Profa. Dra. Brenda Paula Figueiredo de Almeida Gomes, competente coordenadora do curso de pós-graduação em clínica odontológica da Faculdade de odontologia de Piracicaba, pelo apoio dispensado.

Ao Prof. Dr. Jaime Aparecido Cury, a quem muito admiro, competente e dedicado cientista que nos abriu as portas de seu laboratório proporcionando condições para realização deste trabalho.

Ao grande Prof. Dr. Luis Valdrighi da área de Endodontia, a quem muito admiro, pelo crédito, apoio e incentivo.

Ao Prof. Dr. Elliot W. Kitajima, a quem muito admiro, incansável e dedicado cientista que nos abriu as portas do NAP/MEPA-USP e de seus potentes microscópios, para realização deste trabalho.

Aos Professores Doutores Pedro Felício Estrada Bernabé e Jaime Maurício Leal, membros da banca examinadora do mestrado, pelo apoio, carinho e imprescindíveis sugestões. O exemplo de conduta desses cavalheiros é um verdadeiro rumo a ser seguido, bem como a certeza de que no meio desta descrença, atitudes corretas valem a pena.

Aos Professores Assistentes Doutores da Disciplina de Endodontia Alexandre Augusto Zaia, Brenda Gomes e ao Prof. Dr. Mario Fernando Góes da área de Matérias Dentárias, membros da banca examinadora do exame de qualificação, por suas valiosas sugestões.

Aos Professores Assistentes Doutores da Disciplina de Endodontia Fabrício T. Batista e Caio Randi Ferraz, pelo suporte e incentivo.

Aos colegas e amigos Carlos Alberto Murgel e Débora Sella, pelo grande apoio e compreensão, meus sinceros agradecimentos.

Aos colegas de trabalho e grandes amigos Márcio, Solimar, Vera, Carla, Edmilson, Patrícia e Priscila pelo apoio e compreensão nas horas difíceis.

Aos amigos Rodrigo Nunes Rached e Flávio Henrique Aguiar, pelas valiosas contribuições a este trabalho.

À Disciplina de Farmacologia, em especial ao Prof. Dr. Francisco Carlos Groppo pela utilização de seus equipamentos e dependências.

Aos grandes amigos e irmãos Ricardo e Alexandre Martinelli pela consideração e apoio nos últimos vinte e poucos anos.

Ao Dr. Chern Hsiung Lai, Professor da Faculdade de Odontologia da Universidade da Pensilvânia, meu grande exemplo de dedicação à pesquisa científica, pelo apoio e carinho fundamentais à minha carreira.

Aos companheiros de Mestrado e Doutorado Assis, João Eduardo, João Odilo, Gerson e Eneida, e aos amigos, Alessandro, Joli, Lúcio, Vicente, pela amizade e incentivo.

Ao mais novo colega Leonardo Mazzoleni, pela valiosa contribuição a este trabalho.

Aos companheiros de pós-graduação Cícero, Ronaldo, Éricka, Ezilmara, Adelmo e Egas, pela amizade e incentivo.

Aos amigos da PAEO, em especial Noboru Imura e Mário Zuolo, pelo crédito, amizade e incentivo.

Aos queridos alunos e ex-alunos Daniela, Fabiana, Rafael, Mariana, Rodrigo, Karina, Fernanda, Ricardo e Juliana pela compreensão e confiança.

A Spartan Internacional, representada pelo senhor Aldo Eagle e pelo Dr. Pablo Vergara, pelo fornecimento das pontas ultra-sônicas utilizadas neste estudo.

À Heloisa Maria Ceccotti, diretora técnica da Biblioteca da Fop/Unicamp, pela orientação e auxílio na formatação das referências bibliográficas.

Às secretárias da pós-graduação, Érica Pinho e Sônia Maria Lordello Arthur, pelo apoio, orientação e grande boa vontade.

À Sylvania Machado, bióloga, pelo grande auxílio durante meu aprendizado no NAP/MEPA-USP.

Aos prestativos funcionários da Endodontia, Denise, Rubens, Cida e Adailton.

A Todos que direta ou indiretamente participaram deste trabalho.

SÚMARIO

LISTA DE ABREVIATURAS	1
LISTA DE SÍMBOLOS.....	2
LISTA DE SIGLAS	3
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABELAS	5
RESUMO	6
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. PROPOSIÇÃO	13
3. CAPÍTULOS	15
3.1. Capítulo 1	15
3.1.1. ABSTRACT	16
3.1.2. INTRODUCTION	17
3.1.3. MATERIALS AND METHODS	19
3.1.4. RESULTS.....	26
3.1.5. DISCUSSION.....	29
3.1.6. REFERENCES	35
3.1.7. TRADUÇÃO	37
3.2. Capítulo 2	53
3.2.1. ABSTRACT	54
3.2.2. INTRODUCTION	55
3.2.3. MATERIALS AND METHODS	57
3.2.4. RESULTS.....	62
3.2.5. DISCUSSION.....	67
3.2.6. CONCLUSIONS	71
3.2.7. REFERENCES	73
3.2.8. TRADUÇÃO	76
3.3. Capítulo 3	91
3.3.1. ABSTRACT	92
3.3.2. INTRODUCTION	93
3.3.3. MATERIALS AND METHODS	95
3.3.4. RESULTS.....	100
3.3.5. DISCUSSION.....	102
3.3.6. CONCLUSIONS	107
3.3.7. REFERENCES	110

3.3.8.	TRADUÇÃO	115
4.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*	131
5.	CONCLUSÕES	137
6.	ANEXOS	139
6.1.	Figuras Metodologia	139
6.2.	Análise Estatística	147
6.3.	Artigos, cartas de submissão e certificado do Comitê de Ética em Pesquisa	171

LISTA DE ABREVIATURAS

dr.	doutor
ed.	edição
et al.	et alii (e outros)
fig.	figura
p.	página
prof.	professor

LISTA DE SÍMBOLOS

kHz	quilohertz
kV	quilovolt
nm	nanômetro
ml	mililitro
mm	milímetro
mm ²	milímetro quadrado
rpm	rotações por minuto
x	vezes
μm	micrometro
μm ²	micrometro quadrado
μg	micrograma
° C	grau Celsius
%	por cento
°	grau (geometria- unidade de medida de um ângulo)
#	número

LISTA DE SIGLAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
CAPES	FUNDAÇÃO COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR
EDTA	ETHYLENEDIAMINETETRAACETIC ACID (ÁCIDO ETILENODIAMINO TETRACÉTICO)
FOP	FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
SEM/MEV	SCANNING ELECTRON MICROSCOPY/ MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA
NAP/MEPA	NÚCLEO DE APOIO À PESQUISA/MICROSCOPIA ELETRÔNICA APLICADA À PESQUISA AGROPECUÁRIA/USP
ULV	ULTRA LIGHT VISCOSITY (ULTRA BAIXA VISCOSIDADE)
Unicamp	UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

LISTA DE FIGURAS

Figure 1 (1). Apical resected surface with demarcation of the X, X1, Y and Y1 distances (parameters obtained at x18 magnification).....	21
Figure 2 (1). The support made of wood and sponge allowed precise retrograde procedures with a feather-like back and forth motion. # 16 tip (sonic) during root-end instrumentation (detail).	25
Figure 1 (2). Photomicrograph of ProRoot-MTA root-end filling not submitted to a final smoothing. The marginal chipping area is covered by the retrofilling material (original magnification x300).	63
Figure 2 (2). Photomicrograph of IRM root-end filling submitted to a final smoothing with a 30-fluted bur (original magnification x300).....	64
Figure 3 (2). Photomicrograph of root surface after ultrasonic root-end preparation using KIS tip. Marginal chipping of dentin noted at the interface of the root surface and the canal wall surface (x150).	65
Figure 4 (2). Photomicrograph of the same root from Fig. 3 filled with Super-EBA and submitted to a final smoothing with a Zekrya bur. Marginal chipping of dentin was eliminated (x150).	65
Figure 5 (2). Mean values and confidence intervals (95%) of marginal chipping area before and after a final smoothing with burs. True means followed by different letters are different by Wilcoxon signed-rank test (0.05).	66
Figure 6 (2). Photomicrograph of Super-EBA root-end filling not submitted to a final smoothing. Grossly marginal disruption of retrofilling noted (x300).	66
Figure 1 (3). Root-ends included in epoxy resin. A – dentistry wax; B – plastic matrix, C – apical root resection ; D – epoxy resin; E- root-end filling.	98
Figure 2 (3). Association between the variables quantity of infiltrated dye ($\mu\text{g/ml}$) and root-end filling marginal disruption area (μm^2).	102

LISTA DE TABELAS

Table 1 (1): Means and standard deviation of calculated craking area for treatments.....	28
Table 2 (1): Means and standard deviation of percentage increase in root canal area for anatomical groups (%).....	28
Table 3 (1): Means and standard deviation of percentage increase in root canal area for treatments (%)..	28
Table 4 (1): Means and standard deviation of percentage loss of mineral area for anatomical groups (%).	29
Table 5 (1): Means and standard deviation of percentage loss of mineral area for treatments (%).	29
Table 6 (1): Means and standard deviation of percentage loss of mineral area for root size (%).	29
Table 1 (2): Means and (standard deviation) of calculated disruption area (μm^2) for finishing techniques and retrofilling materials.	67
Table 1 (3): Means and standard deviation of calculated marginal dye leakage for retrofilling materials.	101
Table 2 (3): Means and standard deviation of calculated marginal dye leakage for finishing techniques.	101

RESUMO

GONDIM JUNIOR, EUDES. **Avaliação de materiais restauradores em cavidades retrógradas preparadas com pontas ultra-sônicas**. Piracicaba, 2002. 173p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.

O objetivo deste estudo foi comparar, usando réplicas de resina epóxica, a topografia de superfícies apicais de caninos humanos contendo cavidades retrógradas preparadas com pontas ultra-sônicas antes e depois de seu preenchimento e acabamento com três diferentes técnicas. Também foi realizada uma avaliação quantitativa da capacidade de selamento marginal dessas obturações retrógradas. Oitenta e uma cavidades retrógradas preparadas em caninos humanos foram divididas em grupos de 27 cada. As cavidades foram preenchidas com Super-EBA, IRM, ou ProRoot-MTA e receberam um acabamento inicial com um brunidor de formato arredondado. Dezoito raízes de cada grupo receberam um acabamento final com brocas carbide de tungstênio 30 lâminas (9 raízes) ou com brocas de 28 mm Zekrya (9 raízes). Fotomicrografias de cada espécime obtidas com um microscópio eletrônico de varredura (MEV), antes e depois do preenchimento das cavidades retrógradas, foram comparadas através de um programa de análise de imagens. Após a análise da interface retrobturação/ dentina os espécimes foram preparados e imersos em uma solução de azul de metileno 2% por 12 horas. As raízes foram então trituradas e preparadas para análise em um espectrofotômetro de absorbância. Resultados obtidos mostraram que quando uma broca foi utilizada para um acabamento final nos materiais, uma área significativa ($p < 0,05$) de ranhuras marginais foi eliminada. A técnica de acabamento não afetou significativamente ($p > 0,05$) a incidência de fendas nos grupos retrobturados com MTA ou IRM. As obturações retrógradas feitas com Super EBA e IRM, e acabadas com um brunidor ou com brocas Zekrya apresentaram áreas calculadas das fendas significativamente ($p < 0,05$) maiores que as retrobturações feitas com MTA. Com relação à infiltração os resultados revelaram que o Pro Root MTA apresentou uma média de infiltração significativamente ($p < 0,05$) menor que retrobturações de Super-EBA e IRM. O fator técnica de

acabamento não afetou significativamente ($p > 0,05$) a incidência de infiltração entre os materiais testados. O coeficiente de correção de Pearson indica que há uma associação positiva de 55,61% entre as variáveis, ou seja, o acréscimo da quantidade de corante infiltrado está associado com o acréscimo da área de desadaptação das cavidades retrógradas.

ABSTRACT

GONDIM JUNIOR, EUDES. **Evaluation of filling materials in ultrasonic root-end cavities.** Piracicaba 2002. 173p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.

The aim of this study was to compare, using epoxy resin replicas, the surface topography of root ends following ultrasonic preparation, and again after root-end fillings submitted to three different finishing techniques. A quantitatively evaluation of the sealing ability of Super-EBA, IRM and Pro Root MTA root-end fillings was also performed. Eighty-one ultrasonically root-end cavities prepared in human canines, were divided at random into three test groups of 27 each. The cavities were filled with Super-EBA, IRM, or ProRoot-MTA and finished by ball burnishing. Eighteen roots from each group received a final smoothing with either a 30-fluted tungsten carbide finishing bur, or a Zekrya carbide 28 mm bur. Scanning electron micrography (SEM) pictures of each sample were taken prior to and after root-end filling, and dentin/retrofilling interfaces inspected and compared with the aid of an image and analysis system. Samples were then prepared and immersed in 2% methylene blue dye solution for 12 hours. Roots were ground into a powder and prepared for analysis in an absorbency spectrophotometer. Results showed that when a finishing bur was used to finish the set materials, a significant ($p < 0.05$) area of marginal chipping was eliminated. The fishing technique did not significantly ($p > 0.05$) affect the incidence of gaps in groups retrofilled with MTA or IRM. Super EBA and IRM retrofillings finished with a ball burnisher or a Zekrya bur displayed a significantly ($p < 0.05$) larger calculated gap area than roots filled with MTA. In relation to microleakage the results revealed that Pro Root MTA displayed a significantly inferior mean dye microleakage ($p < 0.05$) than Super-EBA and IRM retrofillings. The finishing technique did not significantly ($p > 0.05$) affect the incidence of microleakage among the materials tested. The correlation coefficient of Pearson indicates that there is a positive, 55.61% association between the variables and this coefficient, that is, the increase of the quantity of infiltrated dye is associated with the increase of the root-end filling marginal disruption area.

1. INTRODUÇÃO

A remoção de irritantes, obturação total do sistema de canais e prevenção de uma nova contaminação são os principais objetivos do tratamento endodôntico (SCHILDER²⁸, 1974). Devido à grande complexidade anatômica do sistema de canais, em especial de seu terço apical (DAVIS et al.¹⁰, 1972), atingir estes objetivos muitas vezes torna-se impraticável.

O insucesso clínico/radiográfico do tratamento endodôntico usualmente pode ser superado através de um retratamento convencional. O mesmo, entretanto, pode não ser executado apropriadamente em algumas circunstâncias tais como: sistemas de canais extremamente complexos, raízes submetidas à instrumentação inadequada, casos de perfurações e reabsorções e na presença de barreiras físicas (anatômicas, retentores intraradiculares, instrumentos separados, etc.). Nestas situações adversas, a principal alternativa é a cirurgia parendodôntica (WUCHENICH et al.³³, 1994).

O objetivo principal deste procedimento é a obtenção de um selamento apical ideal, impedindo a passagem de antígenos de canais infectados para região periapical. Este objetivo pode ser alcançado através da exposição da porção apical da raiz envolvida, curetagem, apicectomia, confecção de uma cavidade retrógrada classe I e seu posterior

preenchimento com um material biocompatível (GUTMANN & HARRISON^{16,17}, 1985 e 1991).

De acordo com ALTONEN & MATILLA³ (1976) e HEPWORTH & FRIEDMAN¹⁸ (1997), as cirurgias parendodônticas tem um prognóstico melhor quando acompanhadas de preparos retrógrados e retrobturações. Por esta razão, BELLIZZI & LOUSHINE⁶ (1991), CARR⁹ (1994), SCHOEFFEL²⁹ (1994), KIM²¹ (1997) e ARENS et al.⁴ (1998) defendem a confecção da cavidade retrógrada como procedimento padrão no decorrer desta modalidade cirúrgica.

Alguns aparelhos sônicos e ultra-sônicos com suas pontas especiais foram desenvolvidos com a finalidade de preparar cavidades retrógradas de maneira próxima ao que pode ser considerado ideal (CARR⁸ e PANNKUK²⁶ em 1992, LLOYD et al.²³ em 1996). Todavia, tem sido demonstrado o aparecimento de microfraturas na superfície dentinária após o preparo ultra-sônico dessas cavidades (ABEDI et al.² em 1995, LAYTON et al.²² em 1996, BELING et al.⁵ em 1997). De acordo com SAUNDERS et al.²⁷ (1994), estas microfraturas possivelmente aumentam a infiltração apical e, conseqüentemente, diminuem as chances de sucesso das cirurgias.

LLOYD et al.²³ (1996) e WAPLINGTON et al.³² (1997) ainda destacam o aparecimento de ranhuras ou irregularidades denominadas como “marginal chipping” nas margens das cavidades preparadas com sistemas sônicos e ultra-sônicos.

Estudos recentes demonstraram (MORGAN & MARSHALL²⁵ e GONDIM JUNIOR¹⁴ em 1999, GONDIM JUNIOR et al.¹⁵ em 2002) que a frequência e tamanho destas microfraturas ou ranhuras não podem ser considerados fatores que determinem o desuso desses sistemas. A própria adaptação, selamento marginal e o acabamento da

superfície ressectada/ retrobturação podem ter um papel fundamental no sucesso das cirurgias parendodônticas.

O nível de adaptação e a qualidade do selamento de obturações retrogradas vêm sendo avaliados através de corantes, radioisótopos, ensaios de infiltração de bactérias, microscopia eletrônica de varredura e técnicas de infiltração de fluidos. MOODNIK et al.²⁴ (1975) calcularam as fendas da interface amálgama/ dentina através do MEV. Os autores descreveram a presença de fendas que variavam entre 6 e 150 µm. Poucos estudos foram realizados comparando diferentes técnicas de acabamento e a adaptação marginal das cavidades retrógradas ou a relação desta com a capacidade de selamento dos materiais restauradores retrógrados (ABDAL & RETIEF¹ em 1982, FITZPATRICK & STEIMAN¹³ em 1997).

Um grande número de materiais foi desenvolvido ou adaptado com o intuito de melhorar a qualidade do selamento apical de cavidades retrógradas. Entre estes materiais podemos destacar: guta-percha, amálgama, ionômero de vidro, resinas compostas, materiais a base de óxido de zinco e eugenol e mais recentemente o MTA. Estudos clínicos, histopatológico e *in vitro* descrevem bons resultados quando materiais a base de óxido de zinco e eugenol são utilizados como materiais obturadores retrógrados (DORN & GARNI em 1990, BERNABÉ⁷ e SAUNDERS et al.²⁷ em 1994, TROPE et al.³¹ em 1996). O Mineral Trióxido Agregado (MTA), por sua vez, parece ser igual ou superior aos outros materiais retrobturadores em relação ao selamento (FISCHER et al.¹² em 1998), adaptação marginal (TORABINEJAD et al.³⁰ em 1995) e biocompatibilidade (HOLLAND et al.^{19,20} em 2001).

Seria coerente aceitar a idéia de que, quanto melhor a adaptação marginal das retrobturações, menor seria a passagem de antígenos na interface dentina/ material restaurador. Entretanto, o tamanho das áreas de desadaptação existentes nas margens das obturações retrógradas e sua importância na infiltração marginal ainda não foram devidamente esclarecidos. A importância das técnicas de acabamento na diminuição das ranhuras marginais formadas após o preparo ultra-sônico das cavidades retrógradas até o momento não foi estudada.

2. PROPOSIÇÃO

Visando elucidar alguns temas mais oportunos relacionados ao preparo e obturação de cavidades retrógradas preparadas com sistemas sônicos e ultra-sônicos os objetivos deste estudo são:

1. Analisar a integridade marginal de cavidades retrógradas preparadas com aparelhos sônicos e ultra-sônicos;
2. Analisar, com o auxílio do MEV, a integridade marginal de retrobturações preenchidas com Super-EBA, IRM e Pro Root MTA em cavidades retrógradas preparadas com aparelhos ultra-sônicos.
3. Avaliar se o acabamento com brunidor, broca carbide 30 lâminas e broca Zekrya é capaz de melhorar a adaptação marginal do material retrobturador e a qualidade da superfície apical seccionada.
4. Comparar quantitativamente, com um espectrofotômetro, os níveis de infiltração marginal destas retrobturações.
5. Determinar a correlação entre estes níveis de infiltração e a existência ou não de fendas marginais.

3. CAPÍTULOS

3.1. Capítulo 1

Effect of sonic and ultrasonic retrograde cavity preparation on the integrity of root apices of freshly extracted human teeth: Scanning Electron Microscopy Analysis. (Journal of Endodontics)

*Eudes Gondim Jr, DDS, MS, **Brenda Paula Figueiredo de Almeida Gomes, DDS, MS, PhD, **Caio Cesar Randi Ferraz, DDS, MS, PhD, **Fabrício Batista Teixeira, DDS, MS, PhD, ***Francisco José de Souza-Filho, DDS, MS, PhD

* PhD student, ** Associate Professors, *** Chairman of Endodontics- Endodontic Unit, School of Dentistry of Piracicaba, State University of Campinas-UNICAMP- Piracicaba-SP, Brazil.

3.1.1. ABSTRACT

Sonic and ultrasonic root-end preparation devices permit the preparation of conservative and straight cavities. However, microfractures and marginal chipping can occur due to the vibratory action of such instruments. The purpose of this study was to evaluate the effect of retrograde preparations using sonic and ultrasonic tips on the integrity of root-end surfaces. Eighty human anterior teeth were grouped according to size and treated as follows: Treatment 1 - root-end resection (RR) and root-end cavity preparation (RP) with KIS ultrasonic retro tips; Treatment 2 - RR and RP with Satelec S12/90 (no diamond coating) ultrasonic retro tips; Treatment 3 - RR and RP with a diamond-coated retro tip attached to a sonic device (Sonics); Treatment 4 - RR and RP with Satelec S12/90D (diamond coated) ultrasonic retro tips. The root-end surface topographies were assayed by means of polyvinylsiloxane impressions and epoxy resin replicas. SEM pictures of each sample were taken before and after preparation and the images were evaluated using an image processing and analysis system. The parameters evaluated were shape quality, presence of cracks and marginal chipping. The results showed no statistically significant differences among anatomic groups, treatments or tooth sizes ($p>0.05$). Because treatment 3 removed more dental structure than the others, its use on small teeth is inadvisable.

3.1.2. INTRODUCTION

The management of the root during apical surgery includes root-end resection, preparation, and placement of a root-end filling to seal the root canal (1). The most common root-end preparation is performed with a high-speed or micro contra-angle slow-speed handpiece.

However, under restricted access conditions, bur-prepared cavities may be superficial and misaligned relative to the long axis of the root. For these cases, sonic and ultrasonic instruments have been used to improve the access, alignment, depth, and overall quality of the root end cavity (2, 3).

On the other hand, Saunders et al. (4) and Layton et al. (5) observed cracks extending down the canal after ultrasonic root-end preparations. Lloyd et al. (6) and Waplington et al. (7) also associated the use of ultrasonic tips with chipping of the root-end cavity margins. According to Saunders et al. (4), such crack formation could maximize the amount of apical leakage. Layton et al. (5) observed a higher prevalence of microfractures after ultrasonic root-end preparation than after root-end resection only, and more cracks were generated with a higher power ultrasonic setting.

Abedi et al. (8) reported that crack formation, especially in the thinnest walls surrounding the root-end preparation, may be more frequent with ultrasonic tips than with burs. According to the authors, it is prudent not to apply ultrasonic tips to thin walls during root-end cavity preparation. Despite the use of resin replicas to avoid artifacts during SEM examination, the authors still found microfractures in most cavities analyzed.

Calzonetti et al. (9) assessed the occurrence of microfractures after ultrasonic root end cavity preparation in endodontically treated roots from human cadavers. In the impressions with polyvinylsiloxane, the resected surfaces appeared irregular, but none demonstrated microfractures. The authors advocated the clinical use of the impression technique.

Morgan and Marshall (10) examined root-ends for cracks after root resection and again after ultrasonic root-end preparation in patients undergoing endodontic surgery. A replication technique using polyvinylsiloxane was used for scanning electron microscopy (SEM) analysis of the roots. There was no evidence of cracks after root resection and one incomplete canal crack was observed after ultrasonic preparation. The authors discussed the suitability of an extracted tooth model to study root cracking. Manipulation, stress placed on the tooth during extraction, effects of dehydration and storage media may predispose certain teeth to fracture. Other studies also provided evidence of the importance and accuracy of the replication techniques for SEM examination (7, 9).

However, no studies have evaluated the role of the root end wall thickness or compared sonic and ultrasonic devices in the development of microfractures. The objective of the present study was to investigate the effect of sonic and ultrasonic tips for retrograde preparations on the integrity of resected root end surfaces exhibiting walls of distinct thicknesses. The surface quality of the root ends after root resection and again after preparation was inspected and compared with the aid of an image processing and analyzing system.

3.1.3. MATERIALS AND METHODS

The study was approved by the Piracicaba Dental School Ethics Committee for Human Research. Ninety-five freshly extracted anterior teeth periodontically compromised were selected for this study. After careful extraction, all teeth were stored in a solution of 2.0 % formaldehyde in distilled water. Five groups of nineteen teeth each were formed based on anatomical position (GI=upper canines; GII=lower canines; GIII=upper central incisors; GIV=upper lateral incisors; GV=lower incisors).

The crowns were cut off at the cemento-enamel junction under a low-speed diamond wafering saw (Isomet, Buhler Ltd., Lake Bluff, IL) with a continuous water spray. The integrity of the apical third was determined using an operating microscope at X20 (M900, DF Vasconcellos, SP, Brazil). In an attempt to avoid further damage, none of the teeth were submitted to endodontic treatment or were allowed to desiccate.

A ~3 mm root-end resection perpendicular to the long axis of the root was made on each tooth using a hard tissue microtome Precise S65 spindle (Precise – High speed spindle systems, Racine, WI). A diamond saw of 0.15 mm was used at a speed of 20,000 rpm under copious water refrigeration. A pilot study showed the superiority of the hard tissue microtome in producing regular and smooth surfaces compared to the Isomet diamond saw and high-speed multipurpose burs.

Specimen Preparation

The resected roots were removed from the formaldehyde solution, washed with running distilled water for 3 minutes and immersed in 17% EDTA solution for 1 minute. They were then washed with distilled water for 5 minutes and the untreated root canal areas were carefully dried with Tanari paper points (Tariman Ltda., Manaus, AM, Brazil).

Preoperative image evaluation

Preoperative impressions of the resected root surfaces were obtained with quadrifunctional polyvinylsiloxane (Aquasil ULV, Dentsply-De Tray, Konstanz, Germany) applied by means of customized minitrays delivered through microtip syringes. After 5 minutes the impressions were flexed from the tooth surfaces and checked for imperfections under the operating microscope. The replicas were obtained by pouring a low viscosity epoxy resin (CMR-028 and CME-251, Polipox, São Paulo, SP, Brazil) into the impression.

The set replicas were coded, mounted on stubs, sputter-coated with gold and examined at X18, X40 and X150 using a scanning electron microscope (DSM940A, Carl Zeiss, Oberkochen, Germany). The images were studied for evidence of cracking and alterations of the root surface. Distances and areas were measured with an image processing and analysis system (Imagelab, Softium Informática, São Paulo, SP, Brazil). Each parameter was evaluated at different magnifications, as follows:

- X18: total area (TA), root canal area (RA), mineral area ($MA=TA-RA$), distances X, X1, Y and Y1 (Fig. 1);

- X40: investigation of marginal chipping area - calculated chipping area (in mm^2);
- X150: investigation of microfractures area - calculated cracking area (in μm^2), which is the sum of all microfractures areas located on the apical resected surface.

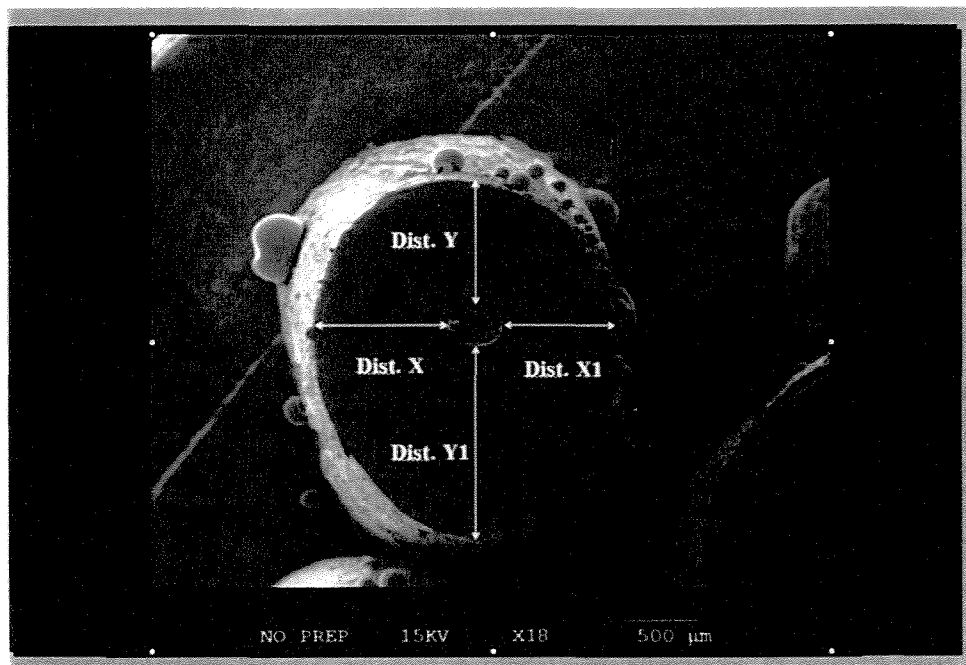


Figure 1 (1). Apical resected surface with demarcation of the X, X1, Y and Y1 distances (parameters obtained at x18 magnification).

All specimens were root sized and subgrouped. The parameters used were mineral area (MA) and distances (X, X1, Y and Y1).

- Mineral area (MA)

The mineral area was a parameter obtained by subtracting the root canal area from the total area of the resected root end surface. This area involves the surface

formed by dentin and cementum, without the presence of the region that contained pulpar tissue (canal area).

An average mineral area was calculated for each anatomical group. Specimens showing an MA value higher or lower than this average were classified as large (L) or small (S).

- Distances (X, X1, Y and Y1)

Because the wall thicknesses of the root-ends may influence the incidence of microfractures (8), the X, X1, Y and Y1 distances were considered for root sizing. For example, a root end that shows a high MA but a peripheral root canal, and consequently one thin wall, may be more susceptible to microfractures than a tooth showing a central root canal and the same MA. As a consequence, the teeth may be more susceptible to the occurrence of microfractures at the time of retrograde cavity preparation.

The shortest distances calculated horizontally (X or X1) or vertically (Y or Y1) for each replica were chosen for graph plotting. Each group (I to V) had its own dispersal graph which compared pairs of values on the x and y axes. The lowest values between X and X1 (the shortest distances) and the lowest values between Y and Y1 for the 19 replicas were marked as points on the dispersal graph. The means of the shortest horizontal and vertical distances for each group were placed on the graphs as 2 new axes.

All roots (represented by points) positioned on the lower left side of the axis of the means on the graph were considered to be small since their X or X1 and Y or Y1 distances were shorter than the mean, whereas the roots located on the upper right part, by having values above the mean were considered to be large. The roots represented by

points whose vertical values were higher than the mean and whose horizontal values were lower than the mean, or vice-versa, were discarded. In order to be classified as large or small the roots should satisfy both criteria (mineral area and distances).

The root sizing method eliminated 9 specimens from the initial 95. In order to form groups with the same number of roots, 6 roots were randomly eliminated from the groups containing more than 16 roots classified according to initially established parameters. Thus, each of the five initial groups consisted of 16 roots (eight large ones and eight small ones). Four roots in each group (two large ones and two small ones) were randomly submitted to each of the four treatments below:

- Treatment 1 (T1): KIS #1 retrotip (Obtura-Spartan, Fenton, MI) attached to a 29 kHz ultrasonic handpiece (Multisonic, Gnatus, Ribeirão Preto, Brazil);
- Treatment 2 (T2): S12/90° non-diamond-coated retrotip (Satelec, Paris, France) attached to a 29 kHz ultrasonic handpiece (Multisonic, Gnatus, Ribeirão Preto, Brazil);
- Treatment 3 (T3): #16 Sonicretro retrotip (Kavo, Biberach, Germany) attached to a 6kHz sonic handpiece (Sonicflex 2000N, Kavo, Joinville, Brazil);
- Treatment 4 (T4): S12/90°D diamond coated retrotip (Satelec, Paris, France) attached to a 29 kHz ultrasonic handpiece (Multisonic, Gnatus, Ribeirão Preto, Brazil).

The specimens were securely fixed to an apparatus to facilitate handling and cavity preparation and kept wet throughout the procedures (Fig. 2). The root-end cavities were prepared with the sonic and ultrasonic units by one operator (EGJ) using an

operating microscope (M900) at X13 magnification. In T1, T2 and T4, the root cavities were prepared with an ultrasonic unit adjusted to the intermediate setting (scaling). A feather-like back and forth motion (11, 12) applied with slight coronal pressure and water-cooling was used. In T3, the adjustable air inlet ring on the base of the sonic handpiece (Sonicflex 2000N) permits to set the ring in different positions between close and open. A fully open position was chosen for this study with a feeding pressure adjusted to 2.2 bars.

The length of the retrotips (2.5-3 mm) determined the depth of the root end cavities. Instrumentation time was fixed at 40 seconds for T1 and T4, 90 seconds for T2 and 60 seconds for T3. All of these periods were below the recommended instrumentation time of 2 minutes (5, 7, 9). The final diameter of the root end cavities was determined by the tip size radius and root canal diameter. Each retrotip was used four times only.

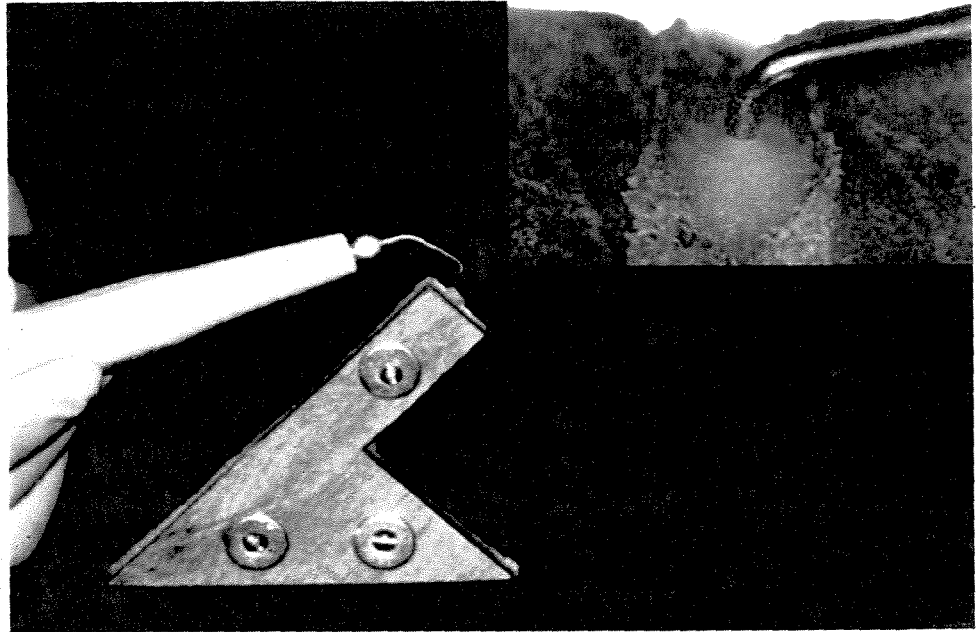


Figure 2 (1). The support made of wood and sponge allowed precise retrograde procedures with a feather-like back and forth motion. # 16 tip (sonic) during root-end instrumentation (detail).

The postoperative image evaluation, including identification and calculation of microfractures and marginal chipping areas, was conducted as described in the preoperative image evaluation section.

The incidence of microfractures and marginal shipping, as well as the reduction of the mineral area and the increase in root canal diameter observed before and after each root end preparation were compared statistically by ANOVA and by Tukey's test, with the level of significance set at 95%.

3.1.4. RESULTS

Preoperative imaging evaluation

No microfractures or marginal chipping were observed in the preoperative imaging evaluation (after root resection only). In 54% of the specimens, at least one of the X, X1, Y and Y1 distances was less than 1 mm before the retrograde instrumentation.

Postoperative image evaluation

All root-end cavities were homogeneous (similar X, X1, Y and Y1 distances) and showed clean and parallel walls. Most of the root-ends showed no evidence of cracks. Ten roots showed microfractures in the margins of the cavities at X40 magnification, while 22 showed microfractures at X150 magnification. Only cracks emanating from the canal space and extending into dentin for a variable distance were observed. Complete cracks, cementum cracks or intradentin cracks, as described by Layton et al. (5), were not detected in this study. An equivalent incidence of fractures was observed in groups of different tooth sizes.

Of the roots submitted to T3 (#16 + sonic handpiece) and T4 (S12/90D + ultrasonic handpiece), only three in each treatment presented areas with microfractures. Ten roots submitted to T2 (S12/90 + ultrasonic handpiece) and five submitted to T1 (KIS #1 + ultrasonic handpiece) presented microfractures. Even with a smaller number of

roots presenting surfaces with microfractures, the mean calculated cracking area of T3 was larger than for the other treatments. T1 presented the smallest mean calculated cracking area (Table 1).

Fifty-seven of 80 roots showed different amounts of marginal chipping frequently restricted to the margins of the root canals.

Statistical analysis

The variables “anatomical groups”, “treatments” and “root size” did not affect ($p>0.05$) the incidences of microfractures or marginal shipping.

The variable “anatomical group” affected ($p<0.01$) the percent increase in root canal area (RA). The Tukey’s test (Table 2) revealed that GIV (upper lateral incisors) had a significantly higher ($p<0.05$) increase in RA than GII (upper canines) and GIII (upper central incisor), while GIII had a significantly lower ($p<0.05$) increase in RA than GIV and GV (lower incisor). Additionally, the variable “treatment” affected ($p<0.01$) the percent increase in root canal area (RA). The Tukey’s test (Table 3) revealed that T3 (#16 + sonic) had a significantly higher ($p<0.05$) increase in RA than T2 (S12/90 + ultrasonic) and T1 (KIS #1 + ultrasonic).

All the variables affected ($p<0.01$) the percent loss of mineral area (MA). Considering the “anatomical groups”, the Tukey’s test (Table 4) revealed that GV had a significantly higher ($p<0.05$) loss of MA than GI, GII and GIII, while the latter did not differ from one another ($p>0.05$). Considering “treatments”, the Tukey’s test (Table 5) revealed that T3 had a significantly higher ($p<0.05$) loss of MA than the other

treatments. Considering “treatments”, the F test (Table 6) revealed that small roots had a significantly higher ($p < 0.05$) loss of MA than large roots.

Table 1 (1): Means and standard deviation of calculated craking area for treatments.

Treatments	n	Calculated Cracking Area (μm^2)
T1	5	2054.000 ± 2754.669^a
T2	10	3035.100 ± 3511.341^a
T3	3	3732.750 ± 623.597^a
T4	3	2520.650 ± 2860.317^a

Means followed by similar labels are not statistical different by Tukey’s test (0.05).

Table 2 (1): Means and standard deviation of percentage increase in root canal area for anatomical groups (%).

Anatomical groups	n	Percentage increase in RA (%)
IV	16	640.315 ± 240.142 a
V	16	616.226 ± 240.142 a b
I	16	469.960 ± 240.142 a b c
II	16	352.168 ± 240.142 b c
III	16	338.670 ± 240.142 c

Means followed by different labels are statistical different by Tukey’s test (0.05).

Table 3 (1): Means and standard deviation of percentage increase in root canal area for treatments (%).

Treatments	n	Percentage increase in RA (%)
T3	20	772.236 ± 240.142 a
T4	20	494.988 ± 240.142 a b
T2	20	354.093 ± 240.142 b c
T1	20	312.554 ± 240.142 c

Means followed by different labels are statistical different by Tukey’s test (0.05).

- T1 = KIS #1 + ultrasonic
- T2 = S12/90 + ultrasonic
- T3 = #16 + sonic
- T4 = S12/90°D + ultrasonic

Table 4 (1): Means and standard deviation of percentage loss of mineral area for anatomical groups (%).

Anatomical groups	n	Percentage loss of MA (%)
V	16	11.695 ± 2.727 a
IV	16	9.867 ± 2.727 a b
I	16	8.701 ± 2.727 b
III	16	8.536 ± 2.727 b
II	16	7.819 ± 2.727 b

Means followed by different labels are statistical different by Tukey's test (0.05).

Table 5 (1): Means and standard deviation of percentage loss of mineral area for treatments (%).

Treatments	n	Percentage loss of MA (%)
T3	20	13.702 ± 2.727 a
T4	20	10.641 ± 2.727 b
T2	20	7.518 ± 2.727 c
T1	20	5.434 ± 2.727 d

Means followed by different labels are statistical different by Tukey's test (0.05).

- T1 = KIS #1 + ultrasonic
- T2 = S12/90 + ultrasonic
- T3 = #16 + sonic
- T4 = S12/90°D + ultrasonic

Table 6 (1): Means and standard deviation of percentage loss of mineral area for root size (%).

Root size	n	Percentage loss of MA (%)
Small	40	10.986 ± 2.727 a
Large	40	7.661 ± 2.727 b

Means followed by different labels are statistical different by Tukey's test (0.05).

3.1.5. DISCUSSION

The determination of the incidence of microfractures and marginal chipping related to the anatomy and size of the root, as well as of the efficiency of a new sonic device for retrograde instrumentation, were the main purposes of this research.

In an attempt to avoid tooth damage, vital teeth were obtained by stressless extraction. Root canals were not treated for two reasons. According to Morgan and Marshall (10), besides root dehydration, cracking patterns obtained in vitro studies (8, 11) may also be due to extensive manipulation of roots during root canal treatment. Additionally, any modification in the original root canal diameter would obscure the real percent increase in root canal area promoted by retrograde instrumentation.

In the preoperative analysis, no roots experienced cracks or marginal chipping during resection alone. In contrast, root cracking before ultrasonic instrumentation was found in previous studies that used either burs or an Isomet low speed saw (5, 11, 13). In the present study, tooth resections were performed with a hard tissue microtome (Precise S65), which probably helped prevent cracking. According to Calzonetti et al. (9) who worked with human cadavers, the presence of periradicular tissues supporting the roots may help prevent the propagation of microfractures. The fixing apparatus used in the present study probably reduced the chances for artifacts by stabilizing the teeth during retrograde procedures.

Replication techniques allow simultaneous preoperative and postoperative examinations of the same specimen. Also, replicas have been widely used in SEM studies of teeth because the processing for direct SEM examination is associated with artifactual cracking that may cause misinterpretation of the results (14). A pilot study showed that even a variable pressure scanning microscope (SEMvp-LV-435, LEO, UK) was unable to prevent microfractures in direct SEM examination of teeth that were not previously sputter-coated or dehydrated. The accuracy of the impression material used for replication was confirmed by the consistent reproduction of the microfractures and

surface details. High magnification comparisons between corresponding areas of replica and natural tooth revealed the replica technique to be entirely satisfactory for this study, with no loss of hard tissue detail, and the technique was therefore accepted as a valid detection method of root surface alteration. The selection of epoxy resin relied on its advantages, such as low viscosity, high reproducibility, high dimensional stability and compatibility with the impression material.

Magnification is a factor to be considered in the detection of microfractures. Most studies use low magnifications (X16-50), which might prevent the detection of existing microfractures (6, 7, 10). The use of higher magnification (X150) caused a significant increase (more than double) in the number of microfractures detected.

Our results agree with those reported by Waplington et al. (7) and Morgan and Marshall (10), who have associated marginal chipping formation with ultrasonic retrograde instrumentation. Although no significant differences in chipping and cracking area were detected among treatments, non-diamond-coated retrotips (T2) showed a greater number of teeth with cracking and appeared to promote a larger area (mm^2) of marginal chipping, probably due to the greater instrumentation time required (90 seconds). The instrumentation time required was based on a pilot study in which mean instrumentation time was calculated from the moment the point was placed in the canal to the moment when its 3 mm length fully entered the retrograde cavities. A longer instrumentation time was necessary for T2 since the cutting efficiency of non-diamond tips is lower than that of diamond retro-tips. On the basis of the methodology used in this study (calculation of the areas by image analysis), the calculated cracking area (μm^2) was more important than the number of fractured teeth or the number of fractures

located on the apical surface, since some treatments caused a larger number of microfractures but the sum of the areas involved (calculated cracking area) was smaller.

Frank et al. (15) related tooth size to the appearance of fractures during ultrasonic retrograde cavity preparation. These authors went as far as to recommend that in thin and fragile apices there should be an interruption of the sequence of surgical steps up to apicectomy and a seal of the root canal apex with composite in order to prevent the formation of microfractures. Arens et al. (16) recommended that a distance of at least 2 mm should exist between the canal walls and the cementum region on the sectioned apical surface. If this is not the case, the walls of the cavity may fracture and break after cavity preparation.

In our study, 54% of the smallest X, X1, Y, Y1 distances were less than 1 mm. Nevertheless, there was no relationship between small distances and the formation of microfractures. Of the 22 roots presenting fractures, only 12 were considered to be small.

The percent increase in canal area and in mineral structure loss indicated some expected sequences. The groups of smaller teeth (upper lateral incisors and lower incisors) were those presenting the greatest variations.

KIS tips (T1), although not differing significantly from Satelec tips (T2), produced the most conservative cavities in teeth with reduced structures thanks to their small diameter. The #16 tips of the sonic system (T3) used in the present study are about 1 mm in diameter, a fact explaining the considerable abrasion of the sectioned surface of smaller roots. It would be justified to imagine that an ultrasonic or sonic tip with a standardized 1 mm diameter may have a more aggressive action on groups of teeth such

as lower incisors whose canal diameter is, on average, 0.3 mm, as determined in the present study, than on upper central incisors whose morphological structure is larger, with a root diameter of about 0.6 mm.

The influence of root-end microfractures on the periradicular healing process and apical leakage should be clarified. Apical resorption following healing (17) may eliminate the surface defects and contribute to the overall success of treatment. Also, the possible benefits of removing such defects by finishing resected and retrofilled root-end surfaces require further evaluation.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors want to express their gratitude to Prof. E.W. Kitajima for the permission to use the facilities of the Electron Microscopy Center (NAP/MEPA-USP) for the scanning electron microscope works. We are also thankful to Dr. Jaime Cury chairman of Biochemistry Department (School of Dentistry of Piracicaba, State University of Campinas-UNICAMP) for generously providing the Precise S65 microtome. This publication was based on a thesis submitted, by the first author, to the Faculty of Dentistry of Piracicaba, University of Campinas, in partial fulfillment on the requirements for MS degree in Endodontics.

The authors extend their thanks to Dr. Rodrigo Rached for his kind review of the manuscript. This research was supported by grants from CAPES.

3.1.6. REFERENCES

1. Gutmann JL, Harrison JW. Surgical endodontics. Cambridge: Blackwell Scientific Publications, 1991:216-30.
2. Carr G. Advanced techniques and visual enhancement for endodontic surgery. Endo Report 1992;7:6-9.
3. Wuchenich G, Meadows D, Torabinejad M. A comparison between two root end preparation techniques in human cadavers. J Endodon 1994;20:279-82.
4. Saunders WP, Saunders EM, Gutmann JL. Ultrasonic root-end preparation. Part 2. Microleakage of EBA root-end fillings. Int Endod J 1994;27:235-9.
5. Layton CA, Marshall JG, Morgan LA, Baumgartner JC. Evaluation of cracks associated with ultrasonic root-end preparation. J Endodon 1996;22:157-60.
6. Lloyd A, Gutmann J, Dummer P, Newcombe R. Microleakage of diaket and amalgam in root-end cavities prepared using Micromega sonic retro-tips. Int Endod J 1997;30:196-204.
7. Waplington M, Lumley PJ, Walmsley AD. Incidence of root face alteration after ultrasonic retrograde cavity preparation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1997;83:387-92.
8. Abedi HR, Van Mierlo BL, Wilder-Smith P, Torabinejad M. Effects of ultrasonic root-end cavity preparation on the root apex. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995;80:207-13.

9. Calzonetti KJ, Iwanowski T, Komorowski R, Friedman S. Ultrasonic root end cavity preparation assessed by an in situ impression technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998;85:210-5.
10. Morgan LA, Marshall JG. A scanning electron microscopic study of in vivo ultrasonic root-end preparations. *J Endodon* 1999;25:567-70.
11. Beling KL, Marshall JG, Morgan LA, Baumgartner JC. Evaluation of cracks associated with ultrasonic root-end preparation of gutta-percha filled canals. *J Endodon* 1997;23:323-6.
12. Carr G. Ultrasonic root end preparation. *Dent Clin North Am* 1997;41:541-83.
13. Morgan LA, Marshall JG. The topography of root ends resected with fissure burs and refined with two types of finishing burs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998;85:585-91.
14. Crang RFE, Klomprens KL. Artifacts in biological electron microscopy. New York: Plenum Press 1988:107-29.
15. Frank RJ, Antrim DD, Bakland LK. The effect of cavity preparations on root apexes. *Endod Dent Traumatol* 1996;12:100-3.
16. Arens DE, Torabinejad M, Chivian N, Rubinstein R. Practical lessons in endodontic surgery. Carol Stream: Quintessence Publishing Company, 1998:105-16.
17. Holland R, Otoboni Filho JA, Bernabé PF, de Souza V, Nery MJ, Dezan Junior E. Effect of root canal filling material and level of surgical injury on periodontal healing in dogs. *Endo Dent Traumatol* 1998;14:199-205.

3.1.7. TRADUÇÃO

INTRODUÇÃO

A manipulação do ápice radicular durante a cirurgia parodontológica inclui etapas como ressecção apical, preparo retrógrado e colocação da retrobturação (1). O preparo da cavidade retrógrada é normalmente realizado com alta rotação, micro contra ângulo ou baixa rotação. No entanto, em casos onde o acesso é limitado, cavidades retrógradas preparadas com brocas ficam muito rasas e desalinhadas em relação ao longo eixo da raiz. Nestas situações instrumentos sônicos e ultra-sônicos vêm sendo utilizados com o intuito de melhorar o acesso, alinhamento, profundidade e todas as características da cavidade retrógrada (2,3).

Por outro lado, Saunders et al. (4) e Layton et al. (11) notaram a presença de trincas ao longo do canal após o uso de instrumentos ultra-sônicos no preparo de cavidades retrógradas. Lloyd et al. (6) e Waplington et al. (7) também associaram o uso de pontas ultra-sônicas com as ranhuras presentes nas margens das cavidades apicais. Segundo Saunders et al. (4), tais trincas podem aumentar a quantidade de infiltração apical. Layton et al. (5) observaram uma maior incidência de microfraturas após o uso de aparelhos ultra-sônicos do que após a ressecção apical realizada por si só no preparo do ápice radicular. Notaram também que, o uso de ultra-som em uma maior potência gerou um número maior de trincas.

Abedi et al. (8) relataram que a formação de trincas pode ser mais freqüente nas paredes mais delgadas do preparo quando este é realizado com pontas ultra-sônicas ao

invés de brocas. Segundo os autores, contra indica-se o uso destas pontas no preparo de cavidades retrógradas com paredes pouco espessas. Apesar da utilização de réplicas de resina, para evitar estes artifícios durante o exame em microscópio eletrônico de varredura, ainda foram encontradas microfraturas na maioria das cavidades analisadas.

Calzonetti et al. (9) avaliaram a ocorrência de microfraturas no preparo ultra-sônico de cavidades retrógradas em dentes de cadáveres humanos tratados endodonticamente. As impressões realizadas com siloxano hidrófilo quadrifuncional mostraram que as superfícies seccionadas apresentavam-se irregulares, mas livres de microfraturas. Os autores aprovaram o uso clínico da técnica de impressão realizada.

Morgan e Marshall (10) examinaram as trincas apicais após ressecção radicular e também após o preparo retrógrado realizado com pontas ultra-sônicas em pacientes submetidos à cirurgia parendodôntica. A técnica de confecção de réplicas com siloxano hidrófilo quadrifuncional foi utilizada para a análise das raízes em microscópio eletrônico de varredura. Não houve indícios de trincas após a ressecção radicular e observou-se uma trinca incompleta após o preparo realizado com instrumentos ultra-sônicos. Os autores discutiram a legitimidade do estudo das trincas radiculares em modelos de dentes extraídos. Fatores como manipulação, estresse causado durante a extração, desidratação e armazenamento do dente podem predispor certos dentes a fraturas. Outros estudos, também mostraram evidências da importância e exatidão das técnicas de reprodução para análise em microscópio eletrônico de varredura (7,9).

No entanto, nenhum estudo avaliou a influência da espessura da parede apical ou comparou aparelhos sônicos e ultra-sônicos no desenvolvimento de microfraturas. O objetivo deste estudo foi examinar os efeitos das pontas sônicas e ultra-sônicas nos

preparos retrógrados de superfícies apicais seccionadas em paredes de diferentes espessuras. A qualidade das superfícies apicais após ressecção radicular e, após o preparo retrógrado foi analisada e comparada com o auxílio de um programa de análise de imagens.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - Unicamp, (Piracicaba, Brasil). Noventa e cinco dentes anteriores recém extraídos por comprometimento periodontal foram selecionados para este trabalho. Após cuidadosa extração, todos os dentes foram armazenados em solução neutra de formol a 2%. Estes dentes foram divididos em 5 grupos de acordo com suas posições anatômicas (GI = caninos superiores, GII = caninos inferiores, GIII = incisivos centrais superiores, GIV = incisivos laterais superiores e GV = incisivos inferiores).

As coroas foram cortadas na região da junção cimento esmalte com uma lâmina diamantada em baixa velocidade (Isomet – Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) com irrigação abundante. A integridade do terço apical foi determinada usando-se um microscópio clínico (M900 – DF Vasconcellos, São Paulo, SP), com aumento de 20 X para identificação de microfraturas e trincas.

Com o intuito de causar as menores alterações possíveis nos dentes optou-se pelo não tratamento dos canais radiculares preservando ao máximo suas estruturas e evitando uma excessiva manipulação dos mesmos.

As ressecções radiculares foram realizadas com um micrótomo de tecido duro (Precise S65 Spindle - High Speed Spindle Systems, Racine, WI, EUA). O aparelho foi ajustado para seccionar 3 mm da porção apical das raízes. O micrótomo Precise funciona com uma lâmina de 0,15 mm de espessura que gira em uma velocidade de 20.000 rpm sob irrigação abundante de água. Esse micrótomo, através de um estudo piloto, mostrou-se capaz de conduzir apicectomias sem fraturas ou danos à superfície dental, fato não observado com o uso da lâmina de baixa velocidade Isomet ou brocas multiuso montadas em alta rotação.

As raízes seccionadas foram removidas do formol, enxaguadas em água corrente por 3 minutos e imersas em solução de EDTA a 17% por 1 minuto. As raízes foram novamente enxaguadas em água corrente por 5 minutos. Os canais radiculares das raízes úmidas foram cuidadosamente secos com cones de papel Tanari (Tariman Ltda, Manaus, AM).

As impressões pré-operatórias das superfícies radiculares seccionadas foram obtidas com um siloxano hidrófilo quadrifuncional de baixa viscosidade (Aquasil ULV, Dentsply-De Trey, Konstanz, Alemanha) aplicado com cartucho, ponta de mistura e ponta intra-oral próprios. Após 5 minutos, as impressões estavam prontas e foram checadas com o microscópio clínico em busca de imperfeições. As réplicas foram obtidas com o vazamento de resina epóxica de baixa viscosidade (CMR-028 e CME-251 – Polipox, São Paulo, SP) sobre as impressões.

As réplicas foram então montadas em suportes padronizados “stubs”, metalizadas em ouro e examinadas com um microscópio eletrônico de varredura (DSM940A, Carl Zeiss, Oberkochen, Alemanha) com aumentos de 18X, 40X e 150X. As imagens foram

então usadas para verificar a presença ou não de trincas e alterações na superfície radicular. Com o auxílio de um programa de análise de imagem (Imagelab – Softium Informática, São Paulo, SP), todas as imagens digitalizadas das réplicas nos aumentos de 18X, 40X e 150X tiveram suas distâncias e áreas calculadas. Cada parâmetro foi avaliado em distintas magnificações:

- 18X – área total da superfície apical, área do canal, área mineral da superfície apical calculada pela subtração da área do canal da área total; distâncias X, X1, Y e Y1 (Fig. 1).
- 40X – Cálculo da área de ranhuras ou trincas (em mm²).
- 150 X – Cálculos da área das superfícies que apresentaram microfraturas (em µm²), que é a soma de todas as áreas das microfraturas localizadas nas superfícies apicais seccionadas.

Todos os espécimes tiveram a dimensão de suas raízes calculadas e devidamente agrupadas. Os parâmetros usados foram área mineral e distâncias (X, X1, Y e Y1).

Área Mineral

A área mineral foi o critério obtido com a subtração da área do canal radicular da área total da superfície apical da raiz seccionada. Esta área envolve a superfície formada pela dentina e cimento sem a presença da região que continha tecido pulpar (canal).

Foi calculada uma média da área mineral para cada grupo dental. Os espécimes que apresentaram valores maiores ou menores que a média e foram classificados, respectivamente, em grandes e pequenos.

Distâncias (X, X1, Y e Y1)

Como a espessura da parede apical pode influenciar o aparecimento de microfraturas (8), as distâncias X, X1, Y e Y1 foram consideradas na classificação do tamanho da raiz. Por exemplo, algumas raízes consideradas grandes pelo valor de sua área mineral não apresentavam o canal localizado em sua região central. Quanto mais periféricamente dispunha-se o canal, menores eram duas das quatro distâncias estipuladas de sua margem à margem da superfície radicular (distâncias calculadas X, X1, Y e Y1). Como consequência teríamos, supostamente, dentes mais susceptíveis ao surgimento de microfraturas no momento do preparo de suas cavidades retrógradas.

As menores distâncias calculadas no sentido horizontal (X e X1) e vertical (Y e Y1) de cada réplica foram escolhidas para a montagem de gráficos. Cada grupo (I a V) tinha seu próprio gráfico de dispersão que comparou pares de valores em eixos x e y. Os menores valores entre X e X1 (as distâncias de menor valor) e os menores valores entre Y e Y1 das 19 réplicas foram situadas como pontos no gráfico de dispersão. As médias dos menores valores das distâncias horizontais e verticais de cada grupo foram colocadas nos gráficos como 2 novos eixos.

Todas as raízes (representadas por pontos) que se posicionavam do lado inferior esquerdo dos eixos das médias no gráfico foram consideradas pequenas, pois os valores

de suas distâncias X ou X1 e Y ou Y1 eram menores do que a média, conseqüentemente, as raízes localizadas na parte superior direita, por terem valores acima da média foram consideradas grandes. As raízes representadas por pontos cujos valores verticais eram maiores do que a média, e os horizontais menores ou vice-versa foram descartadas. Para que fossem classificadas como grandes ou pequenas as raízes deveriam satisfazer ambos os critérios (área mineral e distância).

O método do tamanho da raiz eliminou 9 espécimes dos 95 iniciais. Para que fossem formados grupos com o mesmo número de raízes, 6 raízes foram eliminadas aleatoriamente dos grupos que continham mais de 16 raízes classificadas de acordo com os parâmetros estabelecidos inicialmente. Sendo assim, cada um dos 5 grupos iniciais era composto por 16 raízes (8 grandes e 8 pequenas). Quatro raízes de cada grupo (2 grandes e 2 pequenas) foram submetidas a cada um dos tratamentos a seguir:

- Tratamento 1 - cavidades retrógradas preparadas com aparelho ultra sônico Multisonic (Gnatus, Ribeirão Preto, SP) utilizando pontas especiais para microcirurgia K.I.S. número 1 (Obtura - Spartan – Fenton , MI, EUA).
- Tratamento 2 - cavidades retrógradas preparadas com aparelho ultra sônico Multisonic (Gnatus - Ribeirão Preto, SP) usando pontas não diamantadas para cirurgia S12-90 (Satelec - Paris, França).
- Tratamento 3 - cavidades retrógradas preparadas com aparelho sônico Sonicflex 2000N (Kavo - Joinville, SC) utilizando pontas diamantadas Sonicretro número 16 (Kavo - Joinville, SC).

- Tratamento 4 – cavidades retrógradas preparadas com aparelho ultra sônico Multisonic (Gantus – Ribeirão Preto, SP) usando pontas diamantadas para cirurgia S12D-90 (Satelec – Paris, França).

Os espécimes foram firmemente fixados ao aparato para facilitar a manipulação e o preparo da cavidade e ainda manter a umidade durante os procedimentos (Fig.2). As cavidades apicais foram preparadas com aparelhos sônicos e ultra-sônicos por um só operador (EGJ) utilizando um microscópio clínico (M900) com uma magnificação de 13X. Nos tratamentos 1, 2 e 4, as cavidades foram preparadas com um aparelho ultra sônico ajustado em uma potência intermediária. Foi aplicado um movimento cérvico-apical com leve pressão coronária juntamente com irrigação para manter a refrigeração. No tratamento 3, o anel de ar ajustável localizado na base do aparelho sônico Sonicflex 2000N permitiu que se regulasse o anel em diferentes posições entre aberto e fechado. Este trabalho foi realizado com abertura total dos anéis com uma pressão adaptada de 2.2 bars.

O comprimento das pontas para preparo de cavidades retrógradas (2,5 – 3,0 mm) determinou a profundidade das cavidades apicais. O tempo de instrumentação determinado foi de 40 segundos para os tratamentos 1 e 4, 90 segundos para o tratamento 2 e 60 segundos para o tratamento 3. Todos estes tempos foram abaixo dos 2 minutos recomendados para o tempo de instrumentação (5,7,9). O diâmetro final da cavidade foi estipulado pelo raio da ponta e pelo diâmetro do canal radicular. Cada ponta foi utilizada somente 4 vezes.

A avaliação das imagens pós-operatórias, incluindo identificação e cálculo das microfraturas e ranhuras foi conduzida da mesma maneira que a descrita na seção de avaliação das imagens pré-operatórias.

A incidência de microfraturas e ranhuras, assim como a redução da área mineral e o aumento do diâmetro do canal radicular foram observados antes e depois do preparo retrógrados e comparados estatisticamente pela ANOVA e pelo teste de Tukey, com um valor de 95%.

RESULTADOS

Avaliação das réplicas pré – operatórias com o programa de análise de imagens

Nenhuma microfratura ou ranhura foi detectada na avaliação das imagens pré – operatórias (somente após ressecção radicular). Em 54% dos espécimes, no mínimo uma das distâncias X, X1, Y e Y1 foi menor que 1 mm antes da instrumentação retrógrada.

Avaliação das réplicas pós – operatórias com o programa de análise por imagens

Todas as cavidades retrógradas foram homogêneas (distâncias X, X1, Y e Y1 similares) e apresentaram paredes limpas e paralelas. A maioria das cavidades retrógradas não apresentou evidência de trincas. Dez raízes apresentaram fraturas nas margens das cavidades nos aumentos de 40X, enquanto que 22 apresentaram

microfraturas no aumento de 150X. Foram observadas apenas trincas derivadas do espaço do canal radicular que se estendiam para dentro da dentina. Trincas incompletas, trincas no cimento e intradentinárias, descritas por Layton et al. (5), não foram detectadas neste estudo. Observou-se uma incidência equivalente das fraturas nos grupos com dentes de tamanhos diferentes.

Das raízes submetidas ao tratamento 3 (número 16 + aparelho sônico) e tratamento 4 (S12D-90 + aparelho ultra sônico), somente 3 em cada tratamento apresentaram áreas com microfraturas. Onze raízes submetidas ao tratamento 2 (S12-90 + aparelho ultra sônico) e 5 submetidas ao tratamento 1 (K.I.S. número 1 + aparelho ultra sônico) apresentaram microfraturas. Mesmo com um menor número de raízes apresentando superfícies com microfraturas, a média calculada nas áreas de trincas do tratamento 3 foi superior a dos outros tratamentos. O tratamento 1 apresentou a menor média de áreas trincadas (Tabela 1).

Cinquenta e sete das 80 raízes apresentaram quantidades distintas de ranhuras, freqüentemente, restritas às margens dos canais radiculares.

Análise estatística

As variáveis “grupos dentais”, “tratamentos” e “tamanho das raízes” não afetaram ($p > 0,05$) a ocorrência de microfraturas e ranhuras.

A variável “grupo dental” afetou ($p < 0,01$) o aumento percentual na área do canal radicular. O teste de Tukey (Tabela 2) revelou que o grupo IV (incisivos laterais superiores) teve um aumento significativo ($p < 0,05$) na área do canal quando

comparado ao grupo II (caninos superiores) e grupo III (incisivos centrais superiores), enquanto que o grupo III teve um decréscimo considerável ($p < 0,05$) na área do canal em relação ao grupo IV e grupo V (incisivos inferiores). Além disso, a variável “tratamento” afetou ($p < 0,01$) o aumento percentual da área do canal. O teste de Tukey (Tabela 3) revelou ainda que, o tratamento 3 (número 16 + sônico) teve um aumento significativo na área do canal radicular quando comparado ao tratamento 2 (S12-90 + ultra-som) e ao tratamento 1 (K.I.S. número 1 + Ultra-som).

Todas as variáveis afetaram ($p < 0,01$) o percentual de perda da área mineral. Considerando os “grupos dentais”, o teste de Tukey (Tabela 4) revelou que o grupo V teve uma perda ($p < 0,05$) na área mineral maior que os grupos I, II e III, enquanto que este último (grupo III) não diferiu dos demais ($p > 0,05$). Na variável “tratamento”, o teste de Tukey (Tabela 5) mostrou que o tratamento 3 obteve uma perda maior na área mineral do que os outros tratamentos. Ainda em “tratamentos”, o teste F (Tabela 6) revelou que as raízes pequenas sofreram maior perda da área mineral do que as raízes grandes.

DISCUSSÃO

Na tentativa de evitar danos aos dentes, os mesmos foram obtidos por meio de extrações cuidadosas. Os canais radiculares não foram tratados por 2 motivos. Segundo Morgan e Marshall (10), nos estudos in vitro, além da desidratação radicular, a manipulação excessiva das raízes durante o tratamento endodôntico pode também causar trincas nos dentes (8,11). Ademais, qualquer modificação no diâmetro original do canal

radicular prejudicaria o aumento percentual real na área do canal devido à instrumentação retrógrada.

Na análise pré-operatória, nenhuma das raízes apresentou trincas ou ranhuras durante a ressecção. Em contraste, foram encontradas trincas radiculares antes da instrumentação ultra-sônica em estudos prévios que utilizavam tanto brocas como também lâminas em baixa velocidade (Isomet) (5,11,13). No presente estudo, foram executadas ressecções dentais com o uso de um micrótomo (Precise S65), o qual provavelmente, colaborou na prevenção de trincas. Segundo Calzonetti et al. (9), que trabalharam em cadáveres humanos, a presença de tecido perirradicular de suporte nas raízes pode auxiliar a prevenir a propagação de microfraturas. O aparato usado neste trabalho, possivelmente, reduziu a formação de defeitos por estabilizar os dentes durante os procedimentos retrógrados.

As técnicas de reprodução permitiram simultaneamente a realização de exames pré e pós-operatórios dos espécimes. Além disso, as réplicas foram amplamente usadas em estudos com microscópio eletrônico de varredura dos dentes porque o processo de observação direta com este microscópio está associado a ranhuras que podem causar uma interpretação equivocada dos resultados (14). Um estudo piloto mostrou que mesmo um microscópio eletrônico de varredura de pressão variável (SEMvp-LV-435 – Leo, UK) foi incapaz de prevenir microfraturas na observação direta dos dentes que não foram submetidos previamente a banhos de metais pesados e desidratados. A precisão do material de impressão usado na replicação foi confirmada pela consistente reprodução das microfraturas e detalhes da superfície. Comparações entre áreas correspondentes das réplicas e dentes naturais em grandes magnificações revelaram que a técnica de réplicas

é inteiramente satisfatória para este estudo não tendo perda de detalhes de tecidos duros. Conclui-se que este pode ser um método válido de detecção de alterações na superfície radicular. A escolha da resina epóxica foi baseada em suas vantagens como a baixa viscosidade, alta reprodutibilidade, grande estabilidade dimensional e compatibilidade com o material de impressão.

A magnificação é um fator a ser considerado na detecção de microfraturas. A maiorias dos estudos usaram magnificações menores (16X - 50X), as quais não detectaram a existência de microfraturas (6, 7, 10). O uso de uma magnificação maior (150X) promove um aumento significativo (mais que o dobro) no número de microfraturas detectadas.

Nossos resultados estão de acordo aos relacionados por Waplington et al. (7) e Morgan e Marshall (10) que associaram a formação de trincas à instrumentação retrógrada ultra-sônica. Não obstante, nenhuma diferença estatisticamente significativa nas áreas de trincas e ranhuras foi detectada ao longo do tratamento, as pontas para preparo de cavidades retrógradas (tratamento 2) apresentaram um maior número de dentes trincados e pareceram causar uma maior área de ranhuras (mm^2). Isto pode ser explicado provavelmente pelo maior tempo de instrumentação necessário (90 segundos). O tempo de instrumentação utilizado foi baseado em um estudo piloto onde o tempo de instrumentação foi calculado desde o momento em que o instrumento era colocado no canal até o momento em que atingisse 3mm de profundidade na cavidade retrógrada. Um tempo de instrumentação maior foi necessário no tratamento 2 pois o poder de corte da ponta sem diamante é menor que o das pontas diamantadas. Baseando-se na metodologia utilizada neste estudo (cálculo das áreas com o programa de análise de

imagens), a área trincada calculada (μm^2) foi mais importante do que o número de dentes fraturados ou que o número de fraturas localizadas na superfície apical, visto que, alguns tratamentos causaram um maior número de microfraturas, mas a soma das áreas envolvidas (área trincada calculada) era menor.

Frank et al. (15) relacionaram o tamanho do dente com a aparência das fraturas durante o preparo de cavidades retrógradas. Estes autores foram mais longe e recomendaram que em ápices finos e frágeis deve haver a interrupção da seqüência cirúrgica da apicectomia e a posterior colocação de um material que vede o ápice radicular para prevenir a formação de microfraturas. Arens et al. (16) recomendaram que deve existir a distância mínima de 2 mm entre as paredes do canal e a região do cimento na superfície apical seccionada. Caso contrário, as paredes da cavidade podem trincar e quebrar o preparo da cavidade retrógrada.

Em nosso estudo, 54% das distâncias X, X1, Y e Y1 foram menores que 1mm, contudo, não houve relação alguma entre distâncias pequenas e formação de microfraturas. Das 22 raízes que apresentaram fraturas, somente 12 foram consideradas pequenas.

O aumento percentual na área do canal e na perda de estrutura mineral mostrou algumas situações esperadas. Os grupos de dentes menores (incisivos laterais superiores e incisivos inferiores) foram os que demonstraram as maiores variações.

As pontas K.I.S. (tratamento 1), embora não difiram das pontas Satelec (tratamento 2), produziram cavidades mais conservadoras nos dentes com estruturas reduzidas graças ao seu pequeno diâmetro. As pontas de número 16 do sistema sônico (tratamento 3) usadas neste estudo tem aproximadamente 1mm de diâmetro, fato que

explica o considerável desgaste das superfícies seccionadas dos dentes pequenos. Seria possível imaginar que uma ponta sônica ou ultra-sônica com diâmetro padronizado de 1mm teria uma ação mais agressiva nos grupos de dentes menores como incisivos inferiores que possuam diâmetros de 0.3mm em média, como determinado neste estudo, do que em incisivos centrais superiores que possuam estrutura morfológica maior com o diâmetro de sua raiz de aproximadamente 0.6mm.

A influência das microfraturas apicais no processo de reparo tecidual perirradicular e na infiltração apical devem ser esclarecidas. Reabsorções apicais relacionadas ao processo de cicatrização (17) podem eliminar as superfícies defeituosas e contribuir para o sucesso do tratamento. Além disso, os possíveis benefícios da remoção destes defeitos e preenchimento retrógrado das superfícies apicais requerem avaliações adicionais.

3.2. Capítulo 2

Investigation of marginal adaptation of root-end filling materials in ultrasonic root-end cavities: Scanning Electron Microscopy Analysis. (International Endodontic Journal)

E. GONDIM, JR., A. A. ZAIA, B. P. F. A. GOMES, C.C. R. FERRAZ, F. B. TEIXEIRA & F. J. SOUZA-FILHO.

Endodontic Unit, School of Dentistry of Piracicaba, State University of Campinas-UNICAMP- Piracicaba-SP, Brazil.

Keywords: EBA, marginal adaptation, MTA, root-end filling, ultrasonic preparation.

Running title: Marginal adaptation of root-end filling materials in ultrasonic root-end cavities

3.2.1. ABSTRACT

Aim: The aim of this study was compare, using epoxy resin replicas, the surface topography of root ends following ultrasonic preparation, and again after root-end fillings submitted to three different finishing techniques.

Methodology: Eighty-one ultrasonically root-end cavities prepared in human canines, were divided at random into three test groups of 27 each. The cavities were filled with Super-EBA, IRM, or ProRoot-MTA and finished by ball burnishing. Eighteen roots from each group received a final smoothing with either a 30-fluted tungsten carbide finishing bur, or a Zekrya carbide 28 mm bur after storage in water at 37° C for 24 hours. Root-end surface topographies were assayed by means of polyvinylsiloxane impressions and epoxy resin replicas. Scanning electron micrography (SEM) pictures of each sample replica were taken prior to and after root-end filling, and dentin/root-end filling interfaces inspected and compared with the aid of an image analysis system.

Results: Results showed that when a finishing bur was used to finish the set materials, a significant ($p < 0.05$) area of marginal chipping was eliminated. The finishing technique did not significantly ($p > 0.05$) affect the incidence of gaps in groups root-end filled with MTA or IRM. Super EBA and IRM retrofillings finished with a ball burnisher or a Zekrya bur displayed a significantly ($p < 0.05$) larger calculated gap area than roots filled with MTA.

Conclusions: Under the condition of this *in vitro* study, the marginal adaptation of MTA is very good with or without finishing procedures. It seems that passing a finishing bur over the condensed and set IRM and Super-EBA allow for a better marginal adaptation.

The importance of a good marginal adaptation and its relation with the material's sealing ability requires further evaluation.

3.2.2. INTRODUCTION

Periradicular surgery includes decisive steps to eliminate persistent pathogens: surgical debridement of pathological periradicular tissue, root-end resection, preparation of a root-end cavity, and placement of a root-end filling to seal the root canal (Gutmann & Harrison 1991). Sonic and ultrasonic surgical retrotips have been used to improve the access, alignment, depth, and overall quality of the root-end cavity (Carr 1992, Kim 1997).

The development of cracks and microfractures following ultrasonic root-end instrumentation is a controversial issue (Layton *et al.* 1996, Von Arx & Walker 2000). Chipping of cavity margins has been described in several studies (Gondim *et al.* 2002, Morgan & Marshall 1999), but it remains unknown whether marginal chipping affects healing success. However, the apical seal of root-end filling material has been considered an important factor for successful periradicular surgery (Altonen & Mattila 1976).

Stabholz *et al.* (1985) has established marginal adaptation as an indirect method of determining a root-end filling material's sealability. Johnson (1999) has expressed concern about the potential relation between long-term clinical success and three critical properties for an ideal root-end filling material: biocompatibility, apical sealability, and handling properties.

The degree of adaptation and quality of apical seal accomplished by root-end filling materials has been evaluated by the use of dyes, radioisotopes, bacterial penetration measurements, scanning electron microscopy, electrochemical means and fluid filtration techniques (Torabinejad *et al.* 1994). Moodnik *et al.* (1975) in a SEM study measured the gaps in the amalgam-dentin interface on amalgam retrofillings, and reported the presence of gaps ranging from 6 to 150 μm . Abdal & Retief (1982) using SEM, found a lack of correlation when comparing the marginal adaptation of several materials with the sealing ability of the same materials using a passive dye penetration model.

Gartner & Dorn (1992) recommended burnishing Super-EBA and IRM with ball burnishers or curettes to ensure marginal adaptation and prevent open margins that could occur when these materials are wiped with a wet cotton pellet. Fitzpatrick & Steiman (1997), in a SEM study, evaluated marginal interfaces between tooth structure and root-end filling material following three techniques of finishing IRM and EBA. The root-end fillings were finished by ball burnishing, burnishing with a moistened cotton pellet, or a carbide finishing bur, and the latter displayed significant better marginal adaptation.

Morgan & Marshall (1998) examined the topography of root-ends resected with #57 straight fissure burs, Lindeman burs, multi-purpose burs and refined with two types of finishing burs. A replication technique using polyvinylsiloxane was used for microscopic analysis of the roots. The authors concluded that a multi-purpose bur produced the smoothest and most uniplanar resected root-end surface with the least shattering. They also mentioned the elimination of one crack from the root surface after the use of a multifluted carbide finishing bur. The capacity of different finishing

techniques to decrease the incidence of marginal chipping in ultrasonic root-end cavities has not been evaluated.

The purpose of this study was to compare the surface topography of root ends after ultrasonic preparation, and again after root-end fillings submitted to three different finishing techniques. Following inspection, comparisons of dentin/root-end filling interfaces were also performed with the aid of an image processing-analyzing system.

3.2.3. MATERIALS AND METHODS

The study was approved by the Piracicaba Dental School Ethics Committee for Human Research. Eighty-one freshly extracted, periodontally compromised canines were selected for this study. After careful extraction, all teeth were stored in a solution of 2.0 % formaldehyde in distilled water for not more than three months prior to the root-end filling procedures.

The technique utilized in the present study was similar with that described in a recent study (Gondim *et al.* 2002). Crowns were cut off at the cemento-enamel junction with a low-speed diamond wafering saw (Isomet, Buhler Ltd., Lake Bluff, IL, USA) under a continuous water spray. The integrity of the apical third was determined using an operating microscope (M900, DF Vasconcellos, São Paulo, SP, Brazil) at 20 x magnification. In an attempt to avoid further damage, none of the teeth were submitted to endodontic treatment or were allowed to desiccate.

A 3 mm root-end resection perpendicular to the long axis of the root was made on each tooth, using a hard tissue microtome Precise S65 spindle (Precise – High speed

spindle systems, Racine, WI, USA). A diamond saw of 0.15 mm was used at a speed of 20,000 rpm under copious water refrigeration. The superiority of the hard tissue microtome in producing regular and smooth surfaces, compared to the Isomet diamond saw and high-speed multipurpose burs had been described in a previous study (Gondim *et al.* 2002).

Root-end procedures

The specimens were fixed securely to an apparatus to facilitate handling and cavity preparation, and kept wet throughout all procedures. The fixing apparatus described in a previous study (Gondim *et al.* 2002), made of wood and sponge, allowed the maintenance of wetness and precision during the root-end procedures. Its use probably reduced the chances of cracking and marginal chipping by stabilizing the teeth during root-end procedures. All root-end cavities were prepared with a KIS #2 retrotip (Obtura-Spartan, Fenton, MI, USA) attached to a Spartan ultrasonic unit (Obtura-Spartan, Fenton, MI, USA), adjusted to the low setting.

Root-end cavities and retrograde fillings were prepared by one operator (EGJ) using an operating microscope (M900) at a 13 x magnification. A feather-like back and forth motion (Beling *et al.* 1997) was applied with slight coronal pressure and water-cooling. Instrumentation time was fixed at 40 seconds (Layton *et al.* 1996) and a new retrotip was used for each of eight preparations. The length of the retrotips (3 mm) determined the depth of the root-end cavities; their final diameter was determined by the

tip size radius. Six teeth that presented root canal diameters larger than the tip radiuses were substituted.

Preparation of resin replicas and image analysis

Prepared roots were removed from the formaldehyde solution, washed with running distilled water for 3 minutes, immersed in 17% EDTA solution for 1 minute, and then washed with distilled water for 5 minutes. The root-end cavities were carefully dried with Tanari paper points (Tariman Ltda., Manaus, AM, Brazil). The use of EDTA and root washing do not simulate a clinical use, although they were necessary *in vitro* steps to permit a better impression and microscopic visualization of irregularities such as marginal chipping and microfractures (Gondim 1999).

The impressions of the resected root surfaces and cavities were obtained with quadrifunctional polyvinylsiloxane (Aquasil ULV, Dentsply-De Tray, Konstanz, Germany), applied by means of customized minitrays delivered through microtip syringes. After 5 minutes, the impressions were removed from the tooth surfaces and checked for imperfections under the operating microscope at a 20 x magnification. The replicas were obtained by pouring a low viscosity epoxy resin (CMR-028 and CME-251, Polipox, São Paulo, SP, Brazil) into the impression.

Set replicas were coded, mounted on stubs, sputter-coated with gold and examined at 150-x magnification using a variable pressure scanning electron microscope (SEMvp-LV-435, LEO, Cambridge, UK). The images were studied for evidence of cracking and alterations of the root surface. Areas of marginal chipping in mm²

restricted to the margins of the root canals, were measured with an image processing and analysis system (Imagelab, Softium Informática, São Paulo, SP, Brazil). Each replica had a value of the calculated marginal chipping area, which was the sum of all chipping areas located on the margins of the root-end cavities.

Root-end filling procedures

The 81 prepared roots were randomly divided into 3 test groups of 27 each. The root end cavities were rinsed with distilled water and dried with paper points. A P-40 plugger (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) was placed 3 mm from the apical opening of each root to provide for adequate condensation of root-end filling material. Group 1 samples were filled apically using fast-set Super-EBA cement (Harry J. Bosworth Co., Skokie, IL, USA), mixed according to the manufacturer's directions, placed in the cavities and condensed thoroughly with a P-1 double ended plugger (Analytic, SybronEndo, Orange, CA, USA), followed by additional material until a surplus was seen above the cavity margins. The root-end surface was burnished with a B-3 condenser/ball burnisher (Analytic, SybronEndo, Orange, CA, USA) to remove excess and improve the material's adaptation. Roots in group 2 were filled with ProRoot-MTA (Dentsply-Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA), also mixed and handled according to the manufacturer's instructions and placed into the cavities and burnished in the same manner as group 1. Group 3 received the IRM (L. D. Caulk Co., Milford, DE, USA), which was mixed according manufacturer's directions and also placed into the cavities in the same way as for group 1. Immediately following burnishing, all

restored roots were stored in water at 37° C for 24 hours to ensure setting of the filling materials.

Specimens from each of the experimental groups were divided randomly into three subgroups of 9 roots each. Six of these subgroups received a final smoothing with either a #9642 tapered 30-fluted tungsten-carbide finishing bur (Jet-Sybron, Morrisburg, Ontario, Canada), or a Zekrya carbide 28mm bur (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) in a high-speed air rotor handpiece with a light water spray. Final smoothing applied to these roots was performed by directing the bur across the root-end surface in a forward direction, as described by Weston *et al.* (1999). A new bur was used for every three roots, and an attempt was made to produce the smoothest possible surface in all specimens. The remaining three subgroups (one filled with MTA, one filled with IRM and one filled with Super-EBA) were burnished only, without any kind of bur finishing. Radiographs of all root-end fillings were taken to ensure that imperfections in the apical third were absent.

Teeth replication, incidence of marginal chipping, as well as of its reduction, and investigation of marginal adaptation of root-end fillings, were conducted as described in the section on the preparation of resin replicas and image analysis. Each parameter was evaluated at different magnification, as follows:

- 150 x magnification: investigation of marginal chipping area (mm²);
- 300 x magnification: investigation of disruption (gap) area (mm²).

The 150 x magnification was used because it permitted the visualization and identification of the entire marginal chipping area around the root-end cavity before and after the final smoothing of the root-end filling. At 300 x magnification, the visualization

and identification of the entire root-end filling surface were not possible. The images were divided into two parts (upper and lower) demarcated at the division point and recorded electronically. The Imagelab system was used to demarcate and calculate the gaps located in the dentin/root-end filling interface. All disruption areas of the same sample were summed, providing a value for the incidence of gaps for each specimen.

The alterations of the marginal chipping area (values of the calculated marginal chipping area) before and after a final smoothing with burs were statistically compared by Paired Samples test and Wilcoxon signed-rank test. The incidence of marginal gaps was statistically compared by ANOVA and by Tukey's test, with the level of significance set at 95%.

3.2.4. RESULTS

Five roots that presented microfractures at the margins of the ultrasonic cavities were replaced. Radiographs revealed that all roots were prepared and filled to the appropriate depth. No samples were replaced or excluded from the study due to an improper root-end filling technique.

Sixty-four of 81 roots showed different amounts of marginal chipping frequently restricted to the margins of the root canals. The presence of marginal chipping did not compromise the retrofilling marginal adaptation (Fig.1). Eighty-nine percent of resected root ends presented marginal gaps around the retrograde fillings (Fig.2).

The Wilcoxon signed-rank test revealed that when a finishing bur was used to finish the set materials, a significantly ($p < 0.05$) area of marginal chipping is eliminated (Figs 3, 4 and 5).

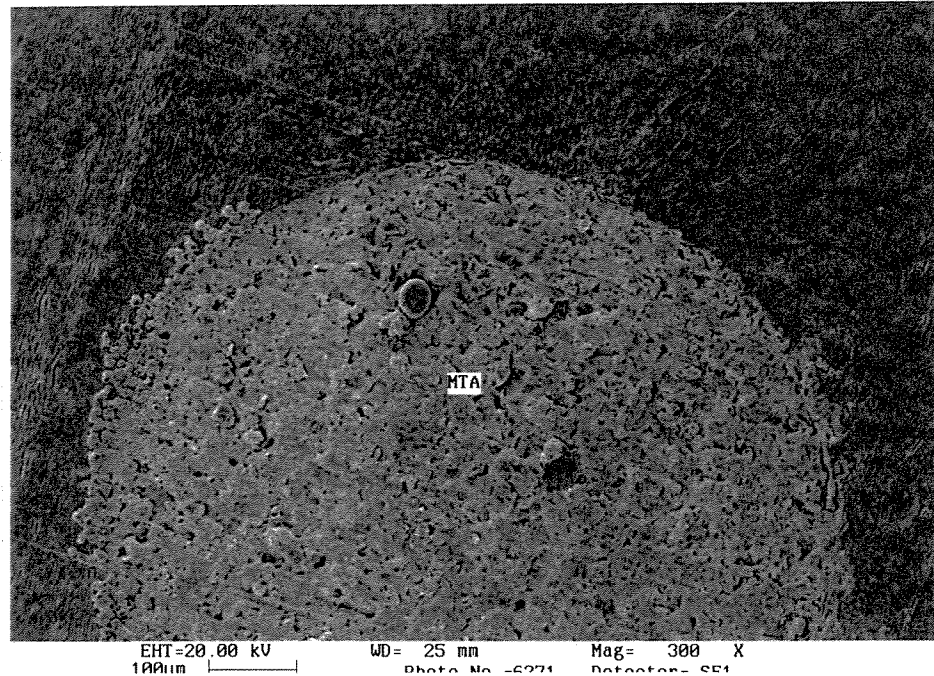


Figure 1 (2). Photomicrograph of ProRoot-MTA root-end filling not submitted to a final smoothing. The marginal chipping area is covered by the retrofilling material (original magnification x300).

In relation to the variable, finishing technique, the Super-EBA filled roots finished with a Zekrya bur, displayed a significantly more accurate representation of the canal preparation and the retrograde filling adapted interface ($p < 0.05$), when compared to the ball burnisher Super-EBA root-end fillings (Table 1). The finishing technique did not significantly ($p > 0.05$) affect the incidence of gaps in relation to the other retrograde materials.

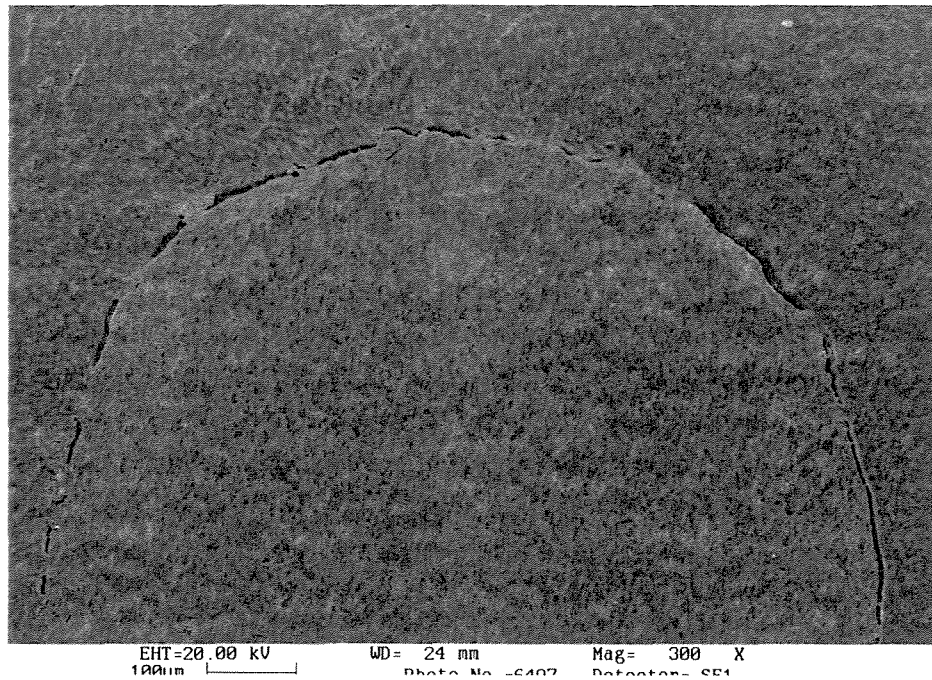


Figure 2 (2). Photomicrograph of IRM root-end filling submitted to a final smoothing with a 30-fluted bur (original magnification x300).

Considering retrograde filling materials, Tukey's test (Table 1) revealed that Super EBA and IRM retrofills finished with a ball burnisher or a Zekrya bur, displayed significantly ($p < 0.05$) greater calculated gap areas than roots filled with MTA. Furthermore, the retrograde cavities filled with Super-EBA and finished with 30-fluted carbide burs revealed significantly greater ($p < 0.05$) disruption areas than the roots filled with MTA.

The root-end filled with Super-EBA and finished with a ball burnisher displayed poorer marginal adaptation, presented the greatest average calculated gap areas and appeared to present a considerable disruption of the apical seal (Fig.6).

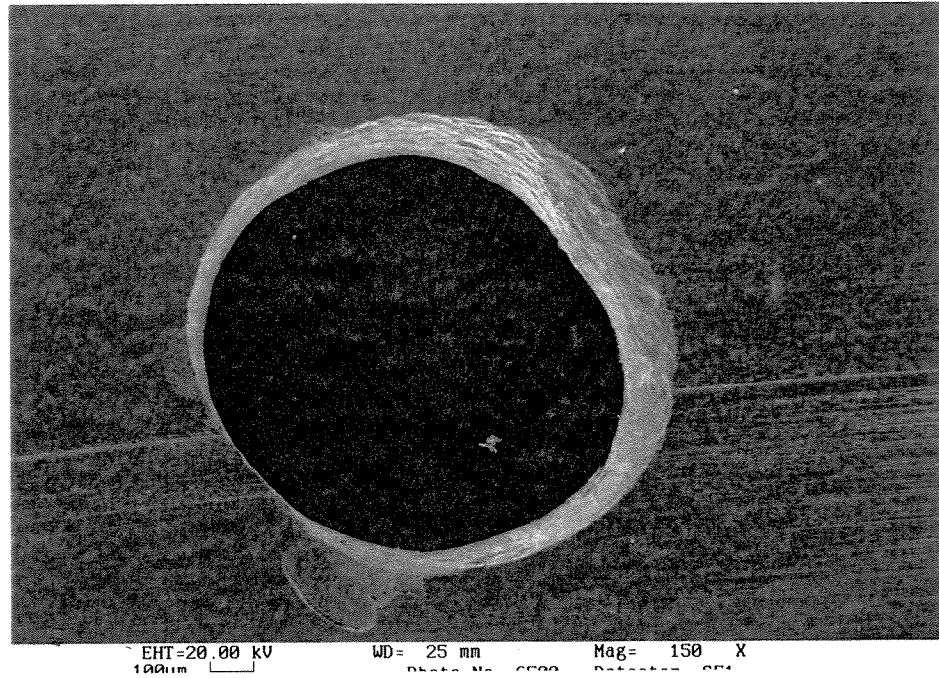


Figure 3 (2). Photomicrograph of root surface after ultrasonic root-end preparation using KIS tip. Marginal chipping of dentin noted at the interface of the root surface and the canal wall surface (x150).

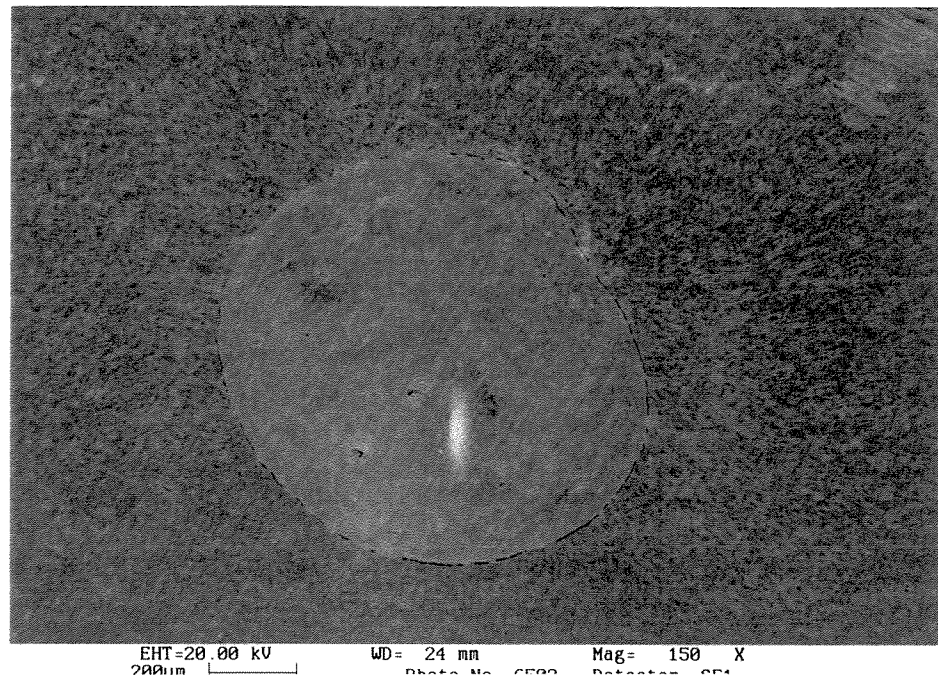


Figure 4 (2). Photomicrograph of the same root from Fig. 3 filled with Super-EBA and submitted to a final smoothing with a Zekrya bur. Marginal chipping of dentin was eliminated (x150).

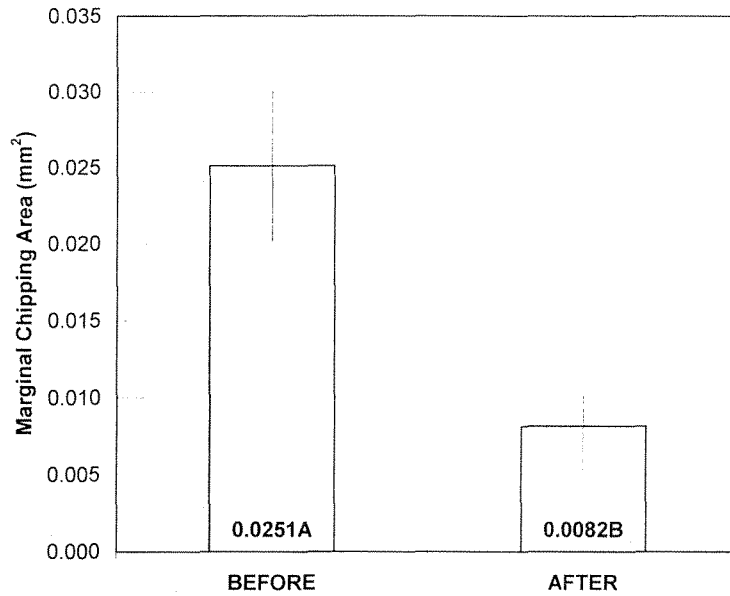


Figure 5 (2). Mean values and confidence intervals (95%) of marginal chipping area before and after a final smoothing with burs. True means followed by different letters are different by Wilcoxon signed-rank test (0.05).

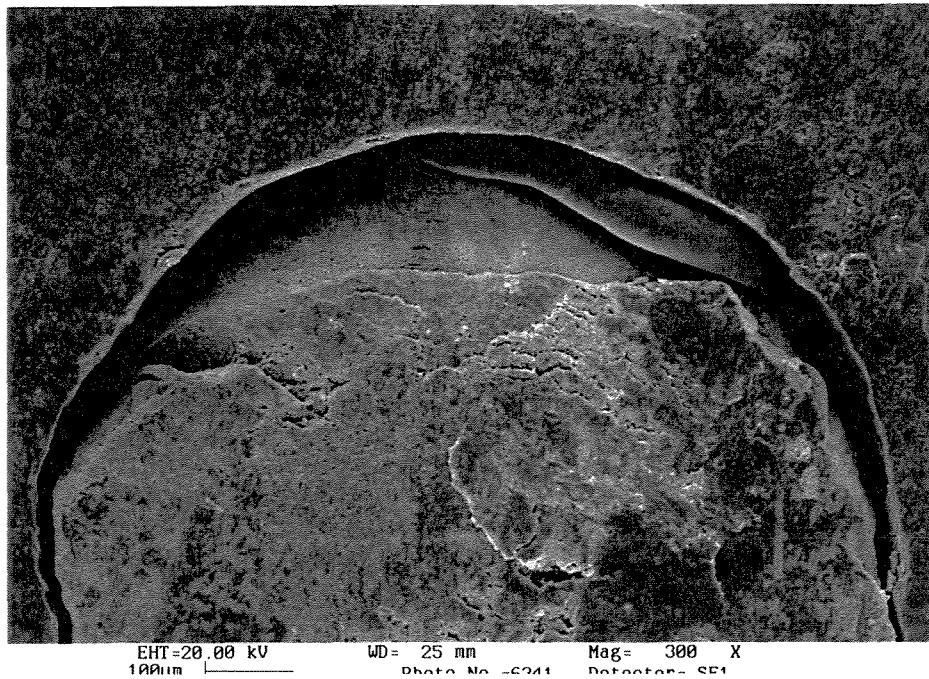


Figure 6 (2). Photomicrograph of Super-EBA root-end filling not submitted to a final smoothing. Grossly marginal disruption of retrofilling noted (x300).

Table 1 (2): Means and (standard deviation) of calculated disruption area (μm^2) for finishing techniques and retrofilling materials.

Retrofilling Material	Finishing Technique					
	<i>30-fluted bur</i>		<i>Zekrya bur</i>		<i>Ball Burnisher</i>	
<i>Super EBA</i>	9339 (8708)	ab A	4517 (2450)	b A	21723 (16570)	a A
<i>IRM</i>	5399 (3191)	a AB	4854 (341)	a A	11715 (4913)	a A
<i>ProRoot-MTA</i>	1735 (1223)	a B	448 (568)	a B	1134 (2139)	a B

Means followed by different labels (superscript a, b for finishing techniques and A, B for retrofilling materials) are statistical different by Tukey's test (0.05).

3.2.5. DISCUSSION

In an attempt to avoid tooth damage, vital teeth were obtained by stressless extraction. Since all teeth were periodontally compromised there was no need for intense manipulation of teeth with elevators and forceps. The extractions were precise and fast with minimum trauma for the roots. Root canals were not treated, in an effort to avoid root dehydration and extensive manipulation of roots. These factors may be responsible for the cracking patterns obtained from *in vitro* studies (Morgan & Marshall 1999). Furthermore, any modification in the original root canal diameter might influence the retrograde instrumentation time and consequently, the incidence of marginal chipping (Gondim *et al.* 2002).

All steps to prevent the appearance of microfractures were shown to have been rather favorable since only five roots showed cracks after root-end cavity instrumentation. These cracked roots were replaced in order to avoid the microfractures

caused by the ultrasonic preparation confounding the evaluation of disruption areas (gaps). The better performance presented by KIS tips in this study, may possibly not be comparable to that reported in the earlier study (Gondim 2002), because the tips utilized were of #2 size which although possessing the same format as #1, are wider, providing greater stability by not remaining loose in the interior of the canal during ultrasonic instrumentation. Another important factor which may have contributed to improve performance was the utilization of another ultrasonic unit with a higher frequency and a lower power setting.

The resin replica technique used in this study produced high quality images except for the presence of minor bubbles on a few specimens. This technique also avoided the appearance of artefactual cracking of the root surface, by not interfering with the evaluation of areas of marginal gaps and chipping. Such artefactual cracking probably impaired the evaluation of the extension of these gaps at the interface between the dentin wall and root-end filling material, shown in a few studies (Moodnik *et al.* 1975, Fitzpatrick & Steiman 1997).

The present results agree with those reported by Morgan & Marshall (1999), who have associated marginal chipping formation with ultrasonic root-end instrumentation. The presence of areas of marginal chipping apparently did not impair the adaptation of root-end filling materials, since a significant decrease or even complete removal of such irregularities occurred on the surfaces submitted to bur finishing. The excess material overlying the margin of the cavity has been called “flash” by Fitzpatrick & Steiman (1997). At surfaces not submitted to a final smoothing, the root-end filling materials were capable of covering the areas of marginal chipping and consistently presented

more flash areas along their interface. It should be pointed out that the adaptation of root-end filling material over these areas does not represent a good sealing capacity since this material, even when well adapted, remains extremely thin. Accordingly to Bondra *et al.* (1989) some of the root-end filling materials require a reasonable cavity depth to provide an effective apical seal. Furthermore, SEM examination is a surface event which may not represent the adaptation of two surfaces in three dimensions.

Despite its limitations and the possible lack of correlation between microleakage and gap sizes (Abdal & Retief 1982), SEM examination of marginal adaptation, can provide valuable information about the sealing capacity of these retrofillings (Torabinejad *et al.* 1995).

The choice of modified zinc-oxide-eugenol cements and mineral trioxide aggregate as root-end filling materials was made in the light of the many reports on the successful use of these materials (Saunders *et al.* 1994, Torabinejad *et al.* 1997, Trope *et al.* 1996).

Very few published studies have verified the marginal adaptation of root-end filling materials. None of them have effectively calculated the areas of poor adaptation of the restoring materials, reporting instead, only on the gaps existing between a root-end filling and the dentinal walls, or stipulating ratings applied by different evaluators (Moodnik *et al.* 1975, Torabinejad *et al.* 1994, Torabinejad *et al.* 1995). The present results agree with those reported by Peters & Peters (2002) who have described good marginal adaptation of MTA retrofillings after an *in vitro* occlusal loading and those reported by Torabinejad *et al.* (1995), who have shown poorer marginal adaptation of Super-EBA and IRM compared to MTA. The authors report on the importance of the

utilization of replicas for the elimination of artefactual gaps. They have also attributed the absence of gaps in MTA filled retrograde cavities to the possible expansion of the material while setting.

Clinically, ProRoot-MTA could not be submitted to a final smoothing using a bur, since its period of setting is approximately 3 hours. In the present study, performed using extracted teeth, it was possible to perform this finishing procedure using drills; we concluded that the marginal adaptation of MTA is very good with or without finishing. The sole nine specimens that did not present gap areas, belonged to the groups root-end filled with MTA; of these, five specimens belonged to the group which were not finished with burs.

With respect to the variable concerning the finishing techniques, although we only detected significant differences in the group filled with Super-EBA and finished with a Zekrya bur by the method of Fitzpatrick & Steiman (1997), it seems that passing a finishing bur over the condensed and set IRM and Super-EBA produced better marginal adaptation. Moreover, the use of finishing burs removed “flash areas” and increased the dentin surface area for cementum repair and reattachment of the periodontal ligament. The authors also did not report significant adaptation differences between IRM and Super-EBA.

The explanation for the poorer marginal adaptation presented by root-ends filled with Super-EBA and finished with a ball burnisher may lie in its mixing, which is a very technique-sensitive. The time available to introduce the material into the root-end cavities is extremely short, a factor which complicates the condensation and burnishing

of the retrograde material. The use of a regular set Super-EBA may allow for a better condensation and removal of excess, improving the material's adaptation.

Even though marginal adaptation has been related to sealing ability (Stabholz *et al.* 1985), and the latter to long-term clinical success (Johnson 1999), marginal defects and leakage of root-end fillings may not compromise the clinical success of periapical surgery as long as the root canal has been completely debrided and sealed. Moreover, according to Jou & Pertl (1997), a root-end filling, regardless of the material used, cannot ensure a complete seal when placed in an undebrided root canal. It is still prudent to use materials and techniques that provide a superior adaptation and an effective seal that can prevent egress of irritants from the infected root canals into the periapical tissues and formation of periapical lesions.

3.2.6. CONCLUSIONS

In the present study, performed using extracted teeth, it is concluded that the marginal adaptation of MTA is very good with or without finishing. It seems that passing a finishing bur over the condensed and set IRM and Super-EBA allow for a better marginal adaptation. Additionally, removing more tissue in the plane of root-end resection can refine a chipped cavity margin. The importance of a good marginal adaptation and its relation with the sealing ability of the material requires further evaluation.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors want to express their gratitude to Prof. E.W. Kitajima for the permission to use the facilities of the Electron Microscopy Center (NAP/MEPA-USP) for the scanning electron microscope work. We are also thankful to Dr. Jaime Cury, chairman of Biochemistry Department (School of Dentistry of Piracicaba, State University of Campinas-UNICAMP) for generously providing the Precise S65 microtome. This publication was based on a thesis submitted by the first author to the Faculty of Dentistry of Piracicaba, University of Campinas, in partial fulfillment on the requirements for PhD degree in Endodontics.

3.2.7. REFERENCES

- Abdal AK, Retief DH (1982) The apical seal via the retrosurgical approach. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology* **53**, 614-21.
- Altonen M, Mattila K (1976) Follow-up study of apicoectomized molars. *International Journal of Oral Surgery* **5**, 33-40.
- Beling KL, Marshall JG, Morgan LA, Baumgartner JC (1997) Evaluation of cracks associated with ultrasonic root-end preparation of gutta-percha filled canals. *Journal of Endodontics* **23**, 323-6.
- Bondra DL, Hartwell GR, MacPherson MG, Portell FR (1989) Leakage *in vitro* with IRM, high copper amalgam, and EBA cement as retrofilling materials. *Journal of Endodontics* **15**, 157-60.
- Carr G (1992) Advanced techniques and visual enhancement for endodontic surgery. *Endodontic Report* **7**,6-9.
- Fitzpatrick EL, Steiman R (1997) Scanning electron microscopic evaluation of finishing techniques on IRM and EBA retrofillings. *Journal of Endodontics* **23**, 423-7.
- Gartner AH, Dorn SO (1992) Advances in Endodontic Surgery. *Dental Clinics of North America* **36**, 357-79.
- Gondim E, Jr (1999) Estudo dos efeitos do preparo sônico e ultra-sônico de cavidades retrógradas em dentes recém extraídos (Análise de réplicas com microscópio eletrônico de varredura). Thesis. Piracicaba, Brazil: University of Campinas.
- Gondim E, Jr., Gomes BFA, Ferraz CCR, Teixeira FB, Souza-Filho FJ (2002) Effect of sonic and ultrasonic retrograde cavity preparation on the integrity of root apices of

freshly extract human teeth: scanning electron microscopy analysis. *Journal of Endodontics* **28**, 646-50.

Gutmann JL, Harrison JW (1991) *Surgical endodontics*. 1 st edn. Boston, MA, USA: Blackwell Scientific Publications.

Johnson BR (1999) Considerations in the selection of a root-end filling material. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **87**, 398-404.

Jou YT, Pertl C (1997) Is there a best retrograde filling material? *Dental Clinics of North America* **41**, 555-61.

Kim S (1997) Principles of endodontic microsurgery. *Dental Clinics of North America* **41**, 481-97.

Layton CA, Marshall JG, Morgan LA, Baumgartner JC (1996) Evaluation of cracks associated with ultrasonic root-end preparation. *Journal of Endodontics* **22**, 157-60.

Moodnik RM, Levey MH, Bensen MA, Borden BG (1975) Retrograde amalgam filling: a scanning electron microscopic study. *Journal of Endodontics* **1**, 28-31.

Morgan LA, Marshall JG (1999) A scanning electron microscopic study of in vivo ultrasonic root-end preparations. *Journal of Endodontics* **25**, 567-70.

Morgan LA, Marshall JG (1998) The topography of root ends resected with fissure burs and refined with two types of finishing burs. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **85**, 585-91.

Peters CI, Peters OA (2002) Occlusal loading of EBA and MTA root-end fillings in a computer-controlled masticator: a scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal* **35**, 22-9.

- Saunders WP, Saunders EM, Gutmann JL (1994) Ultrasonic root-end preparation. Part 2. Microleakage of EBA root-end fillings. *International Endodontic Journal* **27**, 235-9.
- Stabholz A, Shani J, Friedman S, Abed J (1985) Marginal adaptation of retrograde fillings and its correlation with sealability. *Journal of Endodontics* **11**, 218-23.
- Torabinejad M, Lee SJ, Hong CU (1994) Apical Marginal Adaptation of orthograde and retrograde root end fillings: A dye leakage and scanning microscopic study. *Journal of Endodontics* **20**, 402-07.
- Torabinejad M, Pitt Ford TR, McKendry DJ, Abedi HR, Miller DA, Kariyawasam SP (1997) Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in monkeys. *Journal of Endodontics* **23**, 225-8.
- Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Pitt Ford TR (1995) Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *Journal of Endodontics* **21**, 295-9.
- Trope M, Löst C, Schmitz HJ, Friedman S (1996) Healing of apical periodontitis in dogs after apicoectomy and retrofilling with various filling materials. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **81**, 221-8.
- Von Arx T, Walker WA (2000) Microsurgical instruments for root-end cavity preparation following apicoectomy: a literature review. *Endodontics and Dental Traumatology* **16**, 47-62.
- Weston GD, Moule AJ, Bartold PM (1999) A scanning electron microscopic evaluation of root surfaces and the gutta-percha interface following root-end resection *in vitro*. *International Endodontic Journal* **32**, 450-8.

3.2.8. TRADUÇÃO

INTRODUÇÃO

A cirurgia parendodôntica é constituída por etapas decisivas que tem por finalidade a eliminação de patógenos persistentes na região periapical: curetagem cirúrgica de tecido perirradicular patológico, ressecção do ápice radicular, preparo da cavidade retrógrada e seu preenchimento através de uma obturação retrógrada (Gutmann & Harrison 1991). Pontas sônicas e ultra-sônicas vêm sendo utilizadas para melhorar o acesso, alinhamento, profundidade, e características gerais das cavidades retrógradas (Carr 1992, Kim 1997).

O desenvolvimento de trincas e microfraturas após a instrumentação ultra-sônica em cavidades retrógradas é um assunto controverso (Layton *et al.* 1996, Von Arx & Walker 2000). Ranhuras observadas nas margens das cavidades foram descritas em diversos estudos (Gondim *et al.* 2002, Morgan & Marshall 1999), mas seu efeito no resultado final do tratamento ainda permanece desconhecido. Por outro lado, o selamento marginal dos materiais obturadores retrógrados tem sido considerado um fator importante para o sucesso das cirurgias parendodônticas (Altonen & Mattila 1976).

Stabholz *et al.* (1985) descreveram a adaptação marginal como um método indireto de determinação da capacidade de selamento de um material obturador retrógrado. Johnson (1999) mencionou certa preocupação sobre a possível relação entre

sucesso clínico em longo prazo e três propriedades críticas de um material obturador retrógrado ideal: biocompatibilidade, selamento apical e características de manipulação.

O grau de adaptação e a qualidade do selamento apical proporcionado pelos materiais obturadores utilizados em cavidades retrógradas foram avaliados pelo uso de corantes, radioisótopos, medidas de penetração de bactérias, microscopia eletrônica de varredura, meios eletroquímicos e técnicas de filtragem de fluidos (Torabinejad *et al.* 1994). Moodnik *et al.* (1975), em um estudo utilizando MEV, mediram os espaços presentes na interface dentina-amálgama em obturações retrógradas de amálgama e relataram a presença de espaços que variavam de 6 a 150 μm . Abdal & Retief (1982), também usando MEV, não encontraram relação entre a adaptação marginal de diversos materiais retrógrados com a capacidade de selamento dos mesmos, medida através da penetração passiva de corantes.

Gartner & Dorn (1992) recomendam que seja realizado o brunimento do Super-EBA e IRM com brunidores esféricos e curetas para assegurar adaptação marginal e prevenir que se abra uma fenda na interface do material obturador/ parede do canal. A eventual formação desta fenda pode acontecer quando este material é limpo com uma bolinha de algodão úmida. Fitzpatrick & Steiman (1997) também em um estudo com MEV, avaliaram as interfaces entre a estrutura dental e o material usado na obturação retrógrada após o brunimento do IRM e do EBA com três técnicas diferentes. O acabamento das obturações retrógradas foi realizado por brunidores esféricos, bolinhas de algodão úmidas, e com brocas carbide de acabamento; esse último método mostrou uma melhoria significativa na adaptação marginal das obturações retrógradas.

Morgan & Marshall (1998) examinaram a topografia da porção mais apical de raízes dentárias após ressecção do ápice radicular com brocas Lindeman # 57 e acabamento com dois tipos diferentes de brocas de acabamento. Uma técnica de replicação usando polivinil siloxano foi usada para a análise microscópica das raízes. Os autores concluíram que uma broca multiuso na ressecção radicular produziu a superfície mais lisa e uniplanar, gerando a menor quantidade de irregularidades na superfície dentinária. Eles também mencionaram que uma trinca foi removida da superfície radicular após o uso de uma broca de acabamento carbide multilaminada. No entanto, a capacidade de técnicas de acabamento removerem trincas marginais em cavidades retrógradas confeccionadas com pontas ultra-sônicas ainda não foi avaliada.

O propósito deste estudo foi comparar a topografia da superfície do ápice radicular após o preparo de cavidades retrógradas com pontas ultra-sônicas e a mesma topografia após o preenchimento dessas cavidades com material obturador submetido a três tipos diferentes de técnicas de acabamento. Após a inspeção, comparações das interfaces dentina/ material obturador também foram realizadas com o auxílio de um sistema de análise e processamento de imagens.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba. Foram selecionados para o estudo 81 caninos recém-extraídos, comprometidos periodontalmente. Depois de cuidadosamente extraídos, todos elementos foram depositados em uma solução de água destilada com 2,0% de

formaldeído, onde permaneceram por no máximo três meses até que fossem realizados os procedimentos retrógrados.

A técnica utilizada no presente estudo foi similar àquela usada em uma pesquisa recente (Gondim *et al.* 2002). As coroas dos elementos foram cortadas na junção esmalte-cimento com uma lâmina diamantada (Isomet, Buhler Ltd., Lake Bluff, IL, EUA) em baixa velocidade, sob um spray contínuo de água. A integridade do terço apical da porção radicular foi determinada utilizando-se um microscópio operatório (M900, DF Vasconcellos, SP, Brasil) com aumento de 20 vezes. Para evitar quaisquer danos adicionais aos elementos dentários, nenhum deles foi submetido ao tratamento endodôntico convencional nem deixado fora da solução, evitando sua desidratação.

As ressecções radiculares foram realizadas com um micrótomo de tecido duro (Precise S65 Spindle - High Speed Spindle Systems, Racine, WI, EUA). O aparelho foi ajustado para seccionar 3 mm da porção apical das raízes. O micrótomo Precise funciona com uma lâmina de 0,15 mm de espessura que gira em uma velocidade de 20.000 rpm sob irrigação abundante de água. A superioridade do micrótomo para tecidos duros na obtenção de superfícies lisas e regulares, quando comparado ao disco diamantado Isomet e à brocas multiuso em alta-rotação, foi descrita em um estudo prévio (Gondim *et al.* 2002).

Procedimentos para obtenção das cavidades retrógradas

Os espécimes foram fixados em um suporte para facilitar seu manuseio e o preparo das cavidades, e para mantê-los úmidos durante todos os procedimentos. O

suporte descrito em um estudo prévio (Gondim *et al.* 2002) foi feito de madeira e esponja, fato que permitiu a manutenção da umidade das raízes ao longo dos procedimentos. Todas as cavidades retrógradas foram preparadas com pontas ultrassônicas KIS # 2 (Obtura-Spartan, Fenton, MI, EUA) conectadas a um aparelho ultrassônico (Obtura-Spartan, Fenton, MI, EUA) ajustado a uma potência baixa.

As cavidades retrógradas e as subseqüentes obturações foram realizadas por um só executante (EGJ), utilizando um microscópio operatório (M900) com um aumento de 13 vezes. Um movimento de vai-e-vem (Beling *et al.* 1997) foi aplicado sobre o elemento com pequena pressão e refrigeração com água. O tempo de instrumentação foi fixado em 40 segundos (Layton *et al.* 1996) e uma nova ponta foi usada a cada 8 preparos. O comprimento das pontas ativas (3 mm) determinou a profundidade dos preparos; o diâmetro final das cavidades foi determinado pelo tamanho do raio de vibração da ponta ativa. Seis elementos, os quais apresentavam o diâmetro de seus canais maior que o diâmetro da ponta ativa do ultra-som, foram substituídos.

Preparação das réplicas de resina e análise das imagens

As raízes preparadas foram removidas da solução de formaldeído, lavadas com água destilada corrente por 3 minutos, mergulhadas em solução de EDTA a 17% por um minuto, e mais uma vez lavadas com água destilada corrente, agora por 5 minutos. As cavidades retrógradas foram então cuidadosamente secadas com pontas de papel absorvente Tanari (Tariman Ltda., Manaus, AM, Brasil). O uso do EDTA e a lavagem das raízes não simulam uma situação clínica, entretanto eles foram necessários nas

condições deste estudo para permitir uma melhor visualização das ranhuras marginais, microfraturas e irregularidades (Gondim 1999).

Os moldes das cavidades retrógradas e das superfícies radiculares que receberam ressecção foram obtidos com polivinilsiloxano quadrifuncional (Aquasil ULV, Dentsply-De Tray, Konstanz, Alemanha), aplicado através seringas com pontas finas, utilizando pequenas bandejas feitas sob medida. Passados 5 minutos, os moldes foram removidos dos elementos e avaliados no microscópio operatório à procura de imperfeições. As réplicas foram obtidas preenchendo-se os moldes com resina epóxica de baixa viscosidade (CMR-028 e CME-251, Polipox, São Paulo, SP, Brasil).

Os conjuntos de réplicas foram enumerados, montados em “stubs”, metalizados com ouro, e examinados a um aumento de 150 vezes, utilizando-se um microscópio eletrônico de varredura de pressão variável (SEMvp-LV-435, LEO, Cambridge, Inglaterra). As imagens foram avaliadas à procura de evidências de ranhuras e alterações na superfície radicular. Áreas de ranhuras marginais, sempre restritas às bordas dos canais radiculares, foram medidas em mm^2 com um sistema de processamento e análise de imagens (Imagelab, Softium Informática, São Paulo, SP, Brasil).

Procedimentos da obturação retrógrada

Todas as 81 raízes preparadas foram divididas em 3 grupos de teste com 27 raízes cada. As cavidades retrógradas foram enxaguadas com água destilada e secadas com pontas de papel absorvente. Um “plug” P-40 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) foi posicionado a 3 mm da abertura apical de cada raiz para tornar possível a

condensação do material obturador na cavidade. As amostras do grupo 1 foram preenchidas apicalmente utilizando cimento de presa rápida Super-EBA (Harry J. Bosworth Co., Skokie, IL, EUA), espatulado de acordo com as indicações do fabricante, colocado nas cavidades e condensado vigorosamente com um condensador duplo P-1 (Analytic, SybronEndo, CA, EUA), e seguido de sucessivos incrementos de material até que a cavidade apresentasse um excesso de material que ultrapassasse suas margens. Nesse momento, foi realizada a brunidura com um condensador/ brunidor esférico B-3 (Analytic, SybronEndo, CA, EUA) nessa superfície para remover o excesso de material e promover uma melhor adaptação deste às paredes cavitárias. As raízes no grupo 2 foram preenchidas com ProRoot-MTA (Dentsply-Tulsa Dental, Tulsa, OK, EUA), também espatulado de acordo com as instruções do fabricante, e introduzido nas cavidades da mesma maneira que no grupo 1. Os espécimes do grupo 3 receberam IRM (L. D. Caulk Co., Milford, DE, EUA), que mais uma vez foi espatulado de acordo com as instruções do fabricante e inserido nas cavidades com a mesma metodologia do grupo 1. Imediatamente após o brunimento da obturação, todos os espécimes foram mantidos em água a 37°C durante 24 horas, para assegurar o endurecimento do material obturador.

Todos os espécimes dos 3 grupos iniciais foram redivididos aleatoriamente em 3 subgrupos com 9 raízes cada. Seis desses subgrupos receberam um alisamento final, sendo este realizado com uma broca carbide # 9642 carbide 30 lâminas (3 subgrupos) para acabamento (Jet-Sybron, Morrisburg, Ontário, Canadá) ou com uma broca Zekrya de 28 mm (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) acopladas a uma peça de mão de alta- rotação com spray de água para refrigeração. Este alisamento final efetuado nas raízes foi alcançado através da aplicação da broca (rotação em sentido horário) à superfície do

espécime arrastando-a para frente como foi descrito por Weston *et al.* (1999). As brocas utilizadas eram substituídas por brocas novas a cada 3 raízes preparadas, e houve um esforço por parte do operador para se obter a maior lisura possível em todos espécimes. Os três grupos restantes (cada um deles com um dos 3 tipos de material obturador) foram mantidos apenas com a brunidura inicial, sem nenhum tipo de acabamento final. Foram efetuadas tomadas radiográficas de todos os espécimes para a certificação da ausência de imperfeições nas obturações retrógradas.

As replicações dos elementos dentais, a incidência de ranhuras marginais, bem como a incidência da redução destas, e a investigação da adaptação dos materiais obturadores foram conduzidas como descrito na seção da preparação das réplicas e análise das imagens. Cada parâmetro foi avaliado com os aumentos a seguir:

- aumento de 150 x: investigação de áreas de ranhuras marginais (mm^2);
- aumento de 300 x: investigação de áreas de ruptura/ desadaptação (fendas) do material obturador (μm^2).

A magnificação de 150 x foi utilizada, pois foram possíveis a visualização e identificação de todas áreas de ranhuras marginais ao redor das cavidades retrógradas antes e depois do acabamento final da retrobturação. Com 300 x de aumento não foram possíveis a visualização e identificação de toda a superfície da retrobturação. As imagens foram divididas em duas partes (superior e inferior) demarcadas no ponto de divisão, gravadas eletronicamente, e o software Imagelab foi usado demarcando e calculando as fendas localizadas na interface dentina/ retrobturação. Todas as áreas de

desadaptação do mesmo espécime foram somadas chegando a um valor da incidência de fendas (áreas de ruptura) de cada espécime.

As alterações nas áreas de ranhuras marginais, após o acabamento final com brocas, foram estatisticamente comparadas com testes de Dados Pareados e o teste das Ordens Assinaladas. A incidência de espaços marginais (desadaptação) foi estatisticamente comparada usando o método ANOVA e o teste de Tukey, com o nível de significância a 95%.

RESULTADOS

Cinco raízes que apresentavam microfraturas nas margens das cavidades preparadas com ultra-som foram substituídas. As radiografias revelaram que todas as cavidades foram preparadas e preenchidas até a profundidade apropriada. Nenhuma das amostras teve que ser substituída por preenchimento inadequado da retrobturação.

Sessenta e quatro dos 81 espécimes apresentaram diferentes quantidades de ranhuras marginais, quase sempre restritas às margens dos canais radiculares. A presença de tais ranhuras marginais não comprometeu a adaptação dos materiais obturadores (Fig. 1). Oitenta e nove por cento das raízes preparadas apresentaram espaços marginais em torno da obturação retrógrada (Fig. 2).

O teste das Ordens assinaladas revelou que quando as brocas de acabamento eram utilizadas nas margens das obturações retrógradas uma área significativa de ranhuras marginais desaparecia ($p < 0,05$) (Figs. 3, 4 e 5).

Com relação à variável “técnica de acabamento”, as cavidades obturadas com Super-EBA e submetidas a um acabamento com brocas Zekrya demonstraram uma representação da interface preparo cavitário/ material retrobturador significativamente mais precisa ($p < 0,05$), quando comparadas às retrobturações de Super-EBA que receberam somente a brunidura (Tabela 1). A técnica de acabamento não afetou significativamente ($p > 0,05$) a incidência de fendas com relação aos outros materiais obturadores.

Considerando os materiais obturadores, o teste de Tukey (Tabela 1) revelou que as cavidades retrógradas obturadas com Super-EBA e IRM e dadas acabamento com brunidores esféricos ou brocas Zekrya demonstraram áreas com espaços marginais significativamente maiores do que cavidades preenchidas com MTA. Além disso, cavidades retrógradas obturadas com Super-EBA e acabadas com brocas carbide de 30 lâminas revelaram áreas de desadaptação significativamente maiores que cavidades preenchidas com MTA.

Cavidades obturadas com Super-EBA e submetidas ao acabamento com brunidores esféricos apresentaram uma pior adaptação marginal (Fig. 6) e o maior número de áreas com rupturas marginais.

DISCUSSÃO

Para evitar danos aos elementos dentais, dentes vitais foram obtidos através de extrações sem estresse. Já que todos elementos estavam comprometidos periodontalmente não houve necessidade de manipulá-los intensamente com elevadores

e fórceps. As extrações foram precisas e rápidas, causando o mínimo de danos possíveis às raízes dos elementos dentais. Os canais radiculares não foram tratados endodonticamente para evitar desidratação e a manipulação extensiva das raízes. Esses fatores apresentados podem ser responsáveis pelo constante aparecimento de trincas em estudos *in vitro* (Morgan & Marshall 1999). Além disso, qualquer modificação no diâmetro original dos canais radiculares poderia influenciar o tempo de instrumentação retrógrada, e conseqüentemente, a incidência de trincas marginais (Gondim *et al.* 2002). Todos os passos para prevenir o aparecimento de microfraturas se mostraram favoráveis já que somente cinco raízes apresentaram trincas após o preparo das cavidades retrógradas. Essas raízes com trincas causadas pelo preparo ultra-sônico foram substituídas para não haver comprometimento da avaliação das áreas de desadaptação (rupturas marginais). A melhor performance apresentada pelas pontas KIS neste estudo poderia não ser comparada ao estudo anterior (Gondim 1999). As pontas #2 mesmo tendo a mesma forma que as pontas #1, utilizadas no primeiro estudo, são mais largas e permitem uma maior estabilidade no interior do canal durante o preparo retrógrado ultra-sônico. Outra importante diferença foi a utilização de outro aparelho ultra-sônico que possuía uma maior frequência e foi ajustado com uma potência menor.

A técnica de réplicas de resina utilizada nesse estudo gerou imagens de altíssima qualidade, com exceção da presença de pequenas bolhas em alguns espécimes. A técnica também evitou o aparecimento de artefatos (trincas) nas superfícies radiculares, que poderiam interferir na avaliação das fendas e ranhuras marginais. Tais artefatos provavelmente prejudicaram a avaliação da extensão de espaços marginais na interface

dentina/ material retrobturador, mostrada em outros estudos (Moodnik *et al.* 1975, Fitzpatrick & Steiman 1997).

Os resultados deste estudo concordam com aqueles obtidos no estudo de Morgan & Marshall (1999), o qual associou a formação de ranhuras marginais com a preparação ultra-sônica das cavidades. A presença de áreas de ranhuras marginais aparentemente não prejudicou a adaptação dos materiais utilizados nas obturações retrógradas, já que houve uma grande redução, senão a completa remoção, de tais irregularidades após a utilização de brocas de acabamento. O excesso de material cobrindo a margem das cavidades retrógradas foi chamado de “flash” por Fitzpatrick & Steiman (1997). Em superfícies que não foram submetidas a um acabamento final, o material obturador foi capaz de cobrir as áreas de trincas marginais e, portanto foram constatadas mais áreas de “flash” ao longo de sua interface. Deve ser salientado que a adaptação do material obturador sobre essas áreas não representa uma boa capacidade de selamento deste material, já que mesmo quando bem adaptado essa camada de material em excesso apresenta-se extremamente delgada. De acordo com Bondra *et al.* (1989), alguns dos materiais obturadores requerem uma cavidade com certa profundidade para que obtenham um selamento apical apropriado. Além disso, a análise com microscópio eletrônico de varredura pode não representar a exata adaptação de duas superfícies em três dimensões.

Apesar de suas limitações e da possível falta de correlação entre microinfiltração e o tamanho das fendas marginais (Abdal & Retief, 1982), a análise da adaptação marginal utilizando-se MEV pode gerar valiosas informações sobre a capacidade de selamento de tais retrobturações (Torabinejad *et al.* 1995).

A escolha de cimentos de óxido de zinco e eugenol modificados e trióxido mineral agregado como materiais obturadores foi feita a partir de diversos relatos sobre o uso bem sucedido de tais materiais (Saunders *et al.* 1994, Torabinejad *et al.* 1997, Trope *et al.* 1996).

Muito poucos estudos publicados verificaram a adaptação marginal de materiais retrobturadores em cavidades retrógradas. Nenhum deles calculou efetivamente a concentração de áreas de pouca adaptação desses materiais, relatando somente os espaços presentes entre os materiais e as paredes dentinárias ou estipulando conceitos dados por diferentes avaliadores para as retrobturações (Moodnik *et al.* 1975, Torabinejad *et al.* 1994, Torabinejad *et al.* 1995). Os resultados presentes concordam com aqueles relatados por Peters & Peters (2002), os quais descreveram uma boa adaptação marginal de obturações com MTA após o esforço oclusal aplicado *in vitro*, e aqueles relatados por Torabinejad *et al.* (1995), os quais mostraram uma pior adaptação marginal de Super-EBA e IRM quando comparados ao MTA. Os autores ressaltaram a importância da utilização de replicas para a eliminação de espaços considerados artefatos. Eles também atribuíram a ausência de fendas em cavidades preenchidas com MTA à possível expansão de tal material durante sua presa.

Clinicamente, não é possível dar o acabamento final com broca às obturações de ProRoot MTA porque este material leva aproximadamente 3 horas para tomar presa. No presente estudo, o qual utilizou dentes extraídos, tal acabamento pôde ser efetuado; nós concluímos que a adaptação marginal do MTA é muito boa, com ou sem o acabamento final. Todos os nove espécimes que não apresentaram espaços marginais pertenciam ao

grupo obturado com MTA; desses nove, cinco pertenciam ao grupo que não recebeu acabamento com brocas.

Com respeito à variável que se refere às técnicas de acabamento, apesar de somente terem sido detectadas diferenças significantes no grupo onde foi utilizado Super-EBA e dado acabamento com brocas Zekrya, de acordo com Fitzpatrick & Steiman (1997), parece que a utilização de uma broca de acabamento sobre o IRM e o Super-EBA condensados produz uma melhor adaptação marginal do material. Além disso, a utilização de tais brocas removeu a presença das tais áreas de excesso de material marginal (“flash areas”) e aumentou superfície de dentina para reparação do cimento e reestruturação do ligamento periodontal. Os autores também não relataram diferença significativa da adaptação marginal de obturações de Super-EBA e IRM.

A explicação para a pior adaptação marginal obtida em cavidades preenchidas com Super-EBA e aplicado acabamento com brunidores esféricos pode estar na manipulação deste material, a qual possui uma técnica muito sensível. O tempo disponível para se inserir tal material na cavidade retrógrada é extremamente curto, fato que complica sua condensação e brunidura. A utilização de Super-EBA de presa normal talvez possa permitir uma melhor condensação e remoção do excesso do material, melhorando sua adaptação marginal.

Apesar de a adaptação marginal ter sido relacionada à capacidade de selamento (Stabholz *et al.*, 1985), e esta ao sucesso clínico em longo prazo (Johnson, 1999), defeitos marginais e infiltração de obturações retrógradas podem não necessariamente comprometer o sucesso clínico das cirurgias periapicais, desde que o canal radicular tenha sido adequadamente esvaziado e obturado. De acordo com Jou & Pertl (1997),

uma obturação retrógrada, independente do material utilizado, não pode assegurar um selamento completo quando colocada em um canal com tratamento endodôntico insatisfatório. Ainda assim, é prudente utilizar materiais e técnicas que geram uma melhor adaptação marginal e um selamento efetivo e que possam prevenir o ingresso de agentes irritantes provindos do canal infectado aos tecidos periapicais e a formação de lesões periapicais.

CONCLUSÃO

No presente estudo, o qual utilizou dentes extraídos, foi concluído que a adaptação marginal do MTA é muito boa, com ou sem acabamento final. Aparentemente, a utilização de uma broca de acabamento sobre as obturações de Super-EBA e IRM melhora a adaptação marginal destes materiais. Adicionalmente, a remoção de mais tecido no plano da ressecção radicular pode refinar uma margem cavitária com ranhuras. A importância de uma boa adaptação marginal e sua relação com a capacidade de selamento dos materiais requer uma análise mais profunda.

3.3. Capítulo 3

**An investigation of microleakage from root-end fillings in ultrasonic root-end cavities with or without finishing: a quantitative analysis.
(International Endodontic Journal)**

E. GONDIM, JR., B. P. F. A. GOMES, A. A. ZAIA, C.C. R. FERRAZ, F. B. TEIXEIRA & F. J. SOUZA-FILHO.

Endodontic Unit, School of Dentistry of Piracicaba, State University of Campinas-UNICAMP- Piracicaba-SP, Brazil.

Keywords: leakage, root-end fillings, spectrophotometer, ultrasonic preparation.

Running title: Microleakage from root-end fillings in ultrasonic root-end cavities with or without finishing

3.3.1. ABSTRACT

Aim: The aim of this study was to evaluate quantitatively the sealing ability of Super-EBA, IRM and Pro Root MTA root-end fillings subjected to three different finishing techniques.

Methodology: Eighty-one ultrasonically prepared root-end cavities in human canines were separated randomly into three test groups of 27 tooth each. The cavities were filled with Super-EBA, IRM, or Pro Root MTA and finished by ball burnishing. Eighteen roots from each group received a final smoothing with either a 30-fluted tungsten carbide finishing bur, or a Zekrya carbide 28 mm bur. Samples were prepared and immersed in 2% methylene blue dye neutral solution for 12 hours. Roots were ground into a powder and prepared for analysis in an absorbency spectrophotometer.

Results: The results revealed that Pro Root MTA displayed significantly less mean dye microleakage ($p < 0.05$) than Super-EBA and IRM root-end fillings. The Super-EBA retrofillings, although presenting a greater mean dye microleakage, did not differ significantly from IRM ($p > 0.05$). The finishing technique did not significantly ($p > 0.05$) affect the incidence of microleakage among the materials tested.

Conclusions: The good results obtained with MTA in leakage studies may be related to its good marginal adaptation. Despite limitations, spectrophotometric analysis may provide valuable information about the sealing capacity of root-end fillings. None of the procedures tested were able to avoid leakage, a finding that stresses the importance of the eradication of irritants within the root canal system.

3.3.2. INTRODUCTION

Conventional root canal treatment does not always result in clinical success. Some irritants may remain after cleaning and shaping of the root canal system which can gain access to the periapical tissues through the interface between the filling materials and the root canal wall dentine. The major objective of periradicular surgery, with placement of an adequate root-end filling, is to provide an apical seal that inhibits this migration of irritants (Gutmann & Harrison 1991).

A number of materials have been evaluated for use as root-end fillings. They include amalgam, gutta-percha, zinc oxide eugenol cements, composite resins, glass ionomer, polycarboxylate cements, EBA cement and MTA. According to Arens *et al.* (1998), an ideal root-end filling material should be easy to manipulate, radiopaque, dimensionally stable, non-absorbable, nontoxic, promote healing, and not be affected by the presence of moisture. No material has yet been found to provide all these requirements. According to Lloyd *et al.* (1997), it appears that some of these materials have been derived from their use in conservative dentistry where the criterion for success is, in some ways, different. Amalgam is still used even though there have been claims regarding its disadvantages, such as irritant effects from its corrosion products, galvanic interaction, tissue discolouration, and the introduction of mercury into the body (Gartner & Dorn 1992). Zinc-oxide-eugenol based cements are sensitive to moisture, have partial solubility in oral fluids, and may cause irritation of periapical tissues (Torabinejad *et al.* 1993). On the other hand, Dorn & Gartner (1990) reported good

clinical results with Super-EBA and IRM compared to amalgam root-end fillings. Trope *et al.* (1996) in a histological assessment has also described that in an overall periapical condition, Super-EBA and IRM were statistically superior to composite resin, glass ionomer, and amalgam when used as root-end filling materials in dogs.

Mineral trioxide aggregate (MTA), seems to be equal or superior to the other materials used as root-end fillings with respect to leakage (Fischer *et al.* 1998, Yatsushiro *et al.* 1998), cytotoxicity (Torabinejad *et al.* 1995a), and marginal adaptation (Torabinejad *et al.* 1995b). Furthermore, Torabinejad *et al.* (1997) and Holland *et al.* (2001) showed the formation of cement and periodontal ligament fibers adjacent to MTA in dogs.

It is assumed that the better the marginal adaptation of root-end fillings, lesser is the passing of irritants through the interface between the filling materials and the root canal wall. Gartner & Dorn (1992) recommended burnishing Super-EBA and IRM with ball burnishers or curettes to insure marginal adaptation and prevent open margins that could occur when these materials are wiped with a wet cotton pellet. Fitzpatrick & Steiman (1997), in a SEM study, evaluated marginal interfaces between tooth structure and root-end filling material following three techniques of finishing IRM and EBA. The root-end fillings were finished by ball burnishing, burnishing with a moistened cotton pellet, or a carbide finishing bur; the latter displayed significant better marginal adaptation.

The degree of adaptation and quality of the apical seal accomplished by root-end filling materials has been evaluated by the use of dyes, radioisotopes, bacterial

penetration measurements, scanning electron microscopy, electrochemical means and fluid filtration techniques (Torabinejad *et al.* 1994).

Many investigators (Wu *et al.* 1994, Adamo *et al.* 1999, Peters & Peters 2002) have pointed out some inadequacies found in dye leakage studies. These include: the molecular size of most dye particles, air entrapment, use of pressure and the measurement of the degree of leakage in a single plane. The use of fluid transport (Yatsushiro *et al.* 1998) and bacterial leakage models (Wong *et al.* 1994) has been recommended to overcome these limitations. Ichescio *et al.* (1991) has also quantitatively evaluated relative amounts of dye leakage between resected and nonresected teeth, using spectrophotometric analysis.

The purpose of this study was to evaluate quantitatively the sealing ability of Super-EBA, IRM and Pro Root MTA root-end fillings submitted to three different finishing techniques.

3.3.3. MATERIALS AND METHODS

The study was approved by the Piracicaba Dental School Ethics Committee for Human Research. Eighty-one freshly extracted, periodontically compromised canines were selected for this study. After careful extraction, all teeth were stored in a solution of 2.0 % formaldehyde in distilled water for not more than three months prior to the root-end filling procedures.

Crowns were cut off at the cemento-enamel junction with a low-speed diamond wafering saw (Isomet, Buhler Ltd., Lake Bluff, IL, USA) under a continuous water

spray. The integrity of the apical third was determined using an operating microscope (M900, DF Vasconcellos, SP, Brazil) at 20 x magnification. In an attempt to avoid further damage, none of the teeth were submitted to endodontic treatment or were allowed to desiccate.

Root-end resection, root-end cavities and their replicas were made exactly in the same manner as described in a previous study (Gondim *et al.*, *submitted to IEJ*). The replicas were examined at 150-x magnification using a variable pressure scanning electron microscope (SEMvp-LV-435, LEO, UK). Images were examined for evidence of cracking and alterations of the root surface. Five roots that presented microfractures at the margins of the ultrasonic cavities were replaced.

The 81 roots were randomly assigned into 3 test groups of 27 each. The root-end cavities were dried with paper points (Tariman Ltda., Manaus, AM, Brazil) and a P-40 plugger (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) was placed at 3 mm from the apical opening of each root to provide for adequate condensation of the root-end filling material. Group 1 samples were filled apically using fast-set Super-EBA cement (Harry J. Bosworth Co., Skokie, IL, USA), mixed according to the manufacturer's directions, placed in the cavities and condensed thoroughly with a P-1 double ended plug (Analytic, SybronEndo, CA, USA), followed by additional material until a surplus was seen to emerge from the cavity margins. The root-end surface was burnished with a B-3 condenser/ball burnisher (Analytic, SybronEndo, CA, USA) to remove excess and improve the adaptation of the material. Roots in group 2 were filled with Pro Root MTA (Dentsply-Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA), also mixed and handled according to the manufacturer's instructions and placed into the cavities and burnished in the same

manner as for group 1. Group 3 received the IRM (L. D. Caulk Co., Milford, DE, USA), which was mixed according to the manufacturer's directions and also placed into the cavities as performed for group 1. Immediately following burnishing, all restored roots were stored in water at 37° C for 24 hours to ensure setting of the filling materials.

Specimens from each experimental group were randomly divided into three subgroups of 9 roots each. Six of these subgroups received a final smoothing with either a #9642 tapered 30-fluted tungsten-carbide finishing bur (Jet-Sybron, Morrisburg, Ontario, Canada), or a Zekrya carbide 28mm bur (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) in a high-speed air rotor handpiece with water spray. Final smoothing was applied to these roots by directing the bur across the root-end surface in a forward direction, as described by Weston *et al.* (1999). A new bur was used for every three roots, and an attempt was made to produce the smoothest possible surface in all specimens. The remaining three subgroups (one filled with MTA, one filled with IRM and one filled with Super-EBA) were kept burnished only, without any kind of bur finishing. Radiographs all root-end fillings were taken to ensure that imperfections in the apical third were absent.

The method used to evaluate leakage in this study, was adapted from that reported by Aguiar *et al.* (2002). The apical four millimeters from each specimen were cut perpendicularly to the long axis of the root, with a low-speed diamond wafering saw (Isomet), under a continuous water spray. These apical sections were embedded in epoxy resin to facilitate handling and to permit their immersion in the methylene blue solution (Fig. 1). A plastic matrix was placed over a wax plaque and the root-end was

positioned in the center of the matrix, with the resected root-end surface not in contact with the wax. A 3 mm² piece of tracing paper was placed between the root-end surface and the wax to avoid possible contamination of the root-end filling/root canal wall margin. The epoxy resin was poured into the matrix, and after 8 hours, the epoxy resin cylinders were removed from the matrix and stored in distilled water at 37°C for 24 hours prior to immersion in the dye solution.

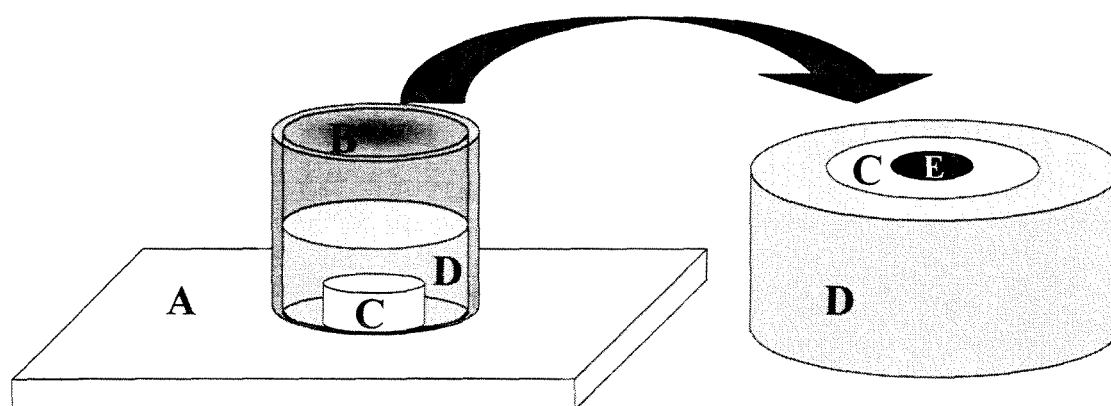


Figure 1 (3). Root-ends included in epoxy resin. A – dentistry wax; B – plastic matrix, C – apical root resection ; D – epoxy resin; E- root-end filling.

In sequence, the interface between the apical portion and the epoxy resin of all samples was protected by an instantaneous cyanocrylate adhesive Superbond (Henkel Loctite Adhesives Ltda., Itatiaia, SP, Brazil). The root ends were immersed in a neutral aqueous 2% methylene blue solution (Fórmula e Ação, São Paulo, SP, Brazil) for 12 hours at 37°C, samples were rinsed in tap water and dried. A surface layer of the root-end fillings was abraded with aluminum oxide disks Sof-Lex Pop-on® (3M Dental

Products, St. Paul, MN, USA) to remove possible superficial dye absorption by the restorative material.

The 4 mm apical portions were removed from the epoxy resin cylinders and each one was weighed prior to and after being ground into a powder in a mill for hard tissues (Marconi Equip. Ltda, Piracicaba, SP, Brazil). If the difference between the initial and the final weight was greater than 10%, the sample was discarded. The powder of each block was individually immersed in a glass tube containing 4ml of absolute alcohol PA (Merck KGaA, Darmstadt, Germany), for 24 hours, in order to dilute the methylene blue dye. The solutions were centrifuged (Tomy-IC-15AN, Tomy Seiko Co, Tokio, Japan) at 3.000 rpm for 3 minutes, and the supernatant (floating solution) was analyzed using a spectrophotometer DU 65 (Beckman Instruments Inc., Fullerton, CA, USA) adjusted to a wavelength of 668nm.

In order to determine absorbance, the spectrophotometer was adjusted to a wavelength appropriate for methylene blue measurement, corresponding to the maximum absorbency of the dye. To calibrate the spectrophotometer, the absorbency of the standard solutions (0.1; 0.2; 0.3; 0.5; 1; 2; 4; 6 $\mu\text{g/ml}$) was determined at wavelengths ranging from 400 to 700nm; maximum absorbency was obtained at 668nm. Absorbency of the standard solutions was obtained at this wavelength. A coefficient of linear correlation ($r = 0.9998$) and a straight-line equation ($y = a + bx$) were determined. The following relationship was obtained: Absorbency = $0.2716 \times (\text{Dye concentration}) - 0.0075$. To quantify the dye concentration ($\mu\text{g/ml}$) infiltrated between the tooth and the restoration, the “y” was substituted for the absorbency value of each sample.

ANOVA and Tukey's tests (with the level of significance set at 95%) were used to compare the microleakage related to the root-end filling materials after final smoothing with burs.

Pearson's coefficient was used to correlate the variables from the present study (dye microleakage) with marginal disruption areas observed in a previous study (Gondim *et al. submitted to IEJ*).

3.3.4. RESULTS

Five roots that presented microfractures at the margins of the ultrasonic cavities were substituted. Radiographs revealed that all roots were prepared and filled to the appropriate depth. No samples were replaced or excluded from the study because of an improper root-end filling technique or excessive loss of weight after being ground to a powder.

No test material was able to prevent microleakage. Considering root-end filling materials, Tukey's test (Table 1) revealed that MTA displayed a significantly lower mean dye microleakage ($p < 0.05$) than EBA and IRM retrofillings. The Super-EBA retrofillings, although presenting a greater mean dye microleakage, did not differ significantly ($p > 0.05$) from IRM.

Concerning the finishing technique, in view of the non-existence of a significant effect of the finishing factor or of the interaction between this factor and the materials, the comparison between averages by Tukey's test is here not the correct one, and therefore only the results of comparisons between averages by simple statistics are listed

(Table 2). Root-ends finished with a ball burnisher, although not differing significantly from those finished with a Zekrya or 30-fluted carbide burs, displayed the greatest mean dye leakage.

Table 1 (3): Means and standard deviation of calculated marginal dye leakage for retrofilling materials.

Retrofilling Material	n	Marginal leakage values (µg/ml)
<i>Super EBA</i>	27	0.0813 ± 0.1280 a
<i>IRM</i>	27	0.0519 ± 0.0528 a
<i>Pro Root MTA</i>	27	0.0309 ± 0.0048 b

Means followed by different labels are statistical different by Tukey's test (0.05).

Table 2 (3): Means and standard deviation of calculated marginal dye leakage for finishing techniques.

Finishing Technique	n	Marginal leakage values (µg/ml)
<i>30-fluted bur</i>	27	0.0593 ± 0.1180
<i>Zekrya bur</i>	27	0.0345 ± 0.0073
<i>Ball Burnisher</i>	27	0.0703 ± 0.0766

Finally, the Pearson's correlation coefficient indicates that there is a positive, 55.61% association between the variables and this coefficient, that is, the increase of the quantity of infiltrated dye is associated with the increase of the root-end filling marginal disruption area (Fig. 2).

This correlation is highly significant even though the coefficient is considered to be merely reasonable, being lower than 60%.

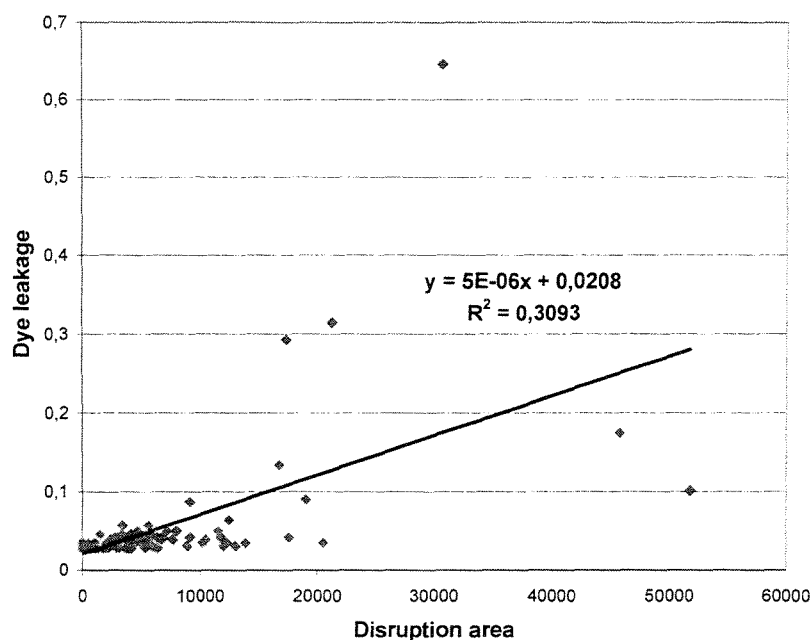


Figure 2 (3). Association between the variables quantity of infiltrated dye ($\mu\text{g/ml}$) and root-end filling marginal disruption area (μm^2).

3.3.5. DISCUSSION

In an attempt to avoid tooth damage, vital teeth were obtained by stressless extraction. In an effort to avoid root dehydration and extensive manipulation, root canals were not treated. These factors may be responsible for the cracking patterns obtained from *in vitro* studies (Morgan & Marshall 1999). Furthermore, any modification in the original root canal diameter would influence the ultrasonic root-end instrumentation time, jeopardizing root-end diameter similarity achieved after controlled instrumentation. Removal of gutta-percha during the preparation of the cavity would also render standardization of the timing of instrumentation difficult.

A large number of *in vitro* studies dealing with the marginal adaptation and sealing ability of retrograde materials have been published. The methodology of these leakage studies and its results, which are often contradictory, are being questioned about their clinical relevance. Factors such as the choice of storage solution, pH, molecular weight of the dye, the use of conventionally filled or unfilled root canals, of whether the crown and the root except the cut surface, were isolated from the dye, as well as a great deal of other variables, can crucially influence the outcome in these *vitro* studies. The most popular method for the evaluation of leakage, namely, linear measurement of tracer, should, according to Wu & Wesselink (1993) be considered as a semi-quantitative technique since it does not provide any information about the volume of tracer that penetrates a root filling. Additionally, according to the authors, this kind of leakage studies is difficult to reproduce and compare since the linear measurements were made after distinct procedures (longitudinal splitting, cross sectioning, clearing of the specimens). Despite these dissimilar procedures and the uncertain relationship between *in vitro* and *in vivo* studies, root dehydration and inappropriate storage may play a decisive role in the outcome of the results. It should also be taken into account that common sterilization procedures of specimens utilized in bacterial microleakage models (autoclaving and ethylene oxide) may alter the structure of the dentine (White *et al.* 1994).

The use of a fluid transport system (Wu *et al.* 1994) may avoid the problems caused by entrapped air that might make difficult the diffusion of tracer through the restoration, even though, the use of a positive pressure, may have no clinical relevance.

Whether entrapped air can be eliminated from small voids along a root canal filling by applying reduced pressure still remains questionable (Peters & Harrison 1992).

Penetration of the methylene blue solution through the root-end filling does not indicate the passage of bacteria; however, the leakage of bacterial by-products, like metabolites, toxins and degradation products smaller than bacteria, but of high molecular weight, may occur and play a decisive role in periapical disease (Kersten & Moorer 1989).

By means of a spectrophotometric analysis, Douglas & Zakariasen (1981) quantitatively described the volume of dye that had penetrated a filled root. Using a similar methodology, Ichesco *et al.* (1991) dissolved the dentine and cement in an acid solution and analyzed volumetrically the infiltrated tracer with a spectrophotometer. In the present work, several modifications of the methodology used in previous studies were made, including optical wavelength, immersion time, and the use of a 4 millimeter apical portion of the root. The most significant modification however, was the use of a mill for hard tissues to grind the apical portions into a powder rather than nitric acid to dissolve the roots. Nitric acid would lead to complete retrieval of tracer present in dentin and cement, but would probably make it difficult to promote accurate recovery of tracer present in the root-end filling material interface, since the behaviour of the materials in the presence of acid would be different. Furthermore, the dissolution in acid would be another variable to be taken into account, since the methylene blue solution may be significantly discoloured in the presence of acid (Vassiliadis *et al.* 1996).

One problem, which may be encountered by the use of the method, is that sample weight is invariably modified following root grinding. However, thanks to careful

gathering of fine particles, none of the samples was modified by more than 5% of its original weight, presenting a mean loss well below the limit of 10%, stipulated for root disposal.

It could be expected that the amount of dye recovered from the root to be determinable from the size of the tooth (Ichesco *et al.* 1991). In the present study, the use of a standardized 4 mm root-end cavity and the limitation of immersion time, not allowing the tracer to penetrate the total volume of the tooth may have promoted a more accurate assessment of relative leakage.

The use of a short period of immersion can also be justified by the possible discoloration of the dye following contact with the test material. Wu *et al.* (1998) studied the stability of the color of methylene blue following contact with six dental filling materials, including MTA and zinc oxide-eugenol. The authors spectrophotometrically measured the optical density of a 1% methylene blue solution prior to and after 24, 48 and 72 hours of immersion. Results showed that the optical density value of methylene blue decreased for the MTA group after all periods of immersion. The rate of discoloration obtained in the previous research cannot be related to that obtained in this study, because of the different methylene blue solution concentration (1%) employed in the latter, and because a 12 hour period of immersion was not tested in the former. It may be expected that a more concentrated solution kept in contact with the dental filling materials for only 12 hours, would have shown only a minimal change of its colour stability. According to Wu *et al.* (1998), the recorded length of methylene blue penetration very often does not reveal the full length of the void, but is determined by some other factors including the rate of decoloration of

methylene blue in the void and the rate of diffusion of the tracer from container into void. This may also reinforce the idea that in dye leakage studies, quantitative analysis may be more relevant than linear measurements, since quantitative analysis can go beyond a linear method that merely provides a two-dimensional view of a three-dimensional body and permits lateral dye penetration into the dentinal tubules.

In a number of *in vitro* leakage studies, the EBA cement has demonstrated to lead to less leakage when compared with many other root-end filling materials (Bondra *et al.* 1989, King *et al.* 1990). Clinically, the use of EBA also produced acceptable results (Dorn & Gartner 1990). However, under the experimental conditions of the present *in vitro* study, the EBA and IRM cements presented a significantly worse apical seal than MTA, as also reported by Fischer *et al.* (1998).

It seems that MTA provides an at least comparable apical seal as a root-end filling material relative to most root-end filling materials described in the literature (Aqrabawi 2000, Bates *et al.* 1996, Yatsushiro *et al.* 1998). This greater sealing capability of MTA is probably related to its superior marginal adaptation and to the possible expansion of the material while setting in a moist environment.

Our results agree with those reported by Stabholz *et al.* (1985) who have also described a correlation of marginal adaptation and sealing ability of several materials using SEM and a radionuclide model. Although Yoshimura *et al.* (1990) found a lack of correlation between, the microleakage of amalgam and its marginal adaptation under SEM, it appears probable that regions presenting a better marginal adaptation with smaller gaps, would show a lesser infiltration rate of the dye.

In relation to another variable, namely, finishing techniques, although there was no significant difference among groups and that Forte *et al.* (1998) found that the Super-EBA bur finished group, presented more leakage than the burnished group, it seems that passing a Zekrya finishing bur over the condensed, set materials produced smoother and more adapted surfaces and therefore, less susceptible to dye infiltration.

The search for materials and restorative techniques to overcome the disadvantages of current materials is constant. However, clinicians should be aware of the many factors which interfere with the success of accomplished root-end filling, such as the configuration of the cavity, the amount and quality of the dental remaining structure, and predominantly, the elimination of potential causes of persistent periapical inflammation. It also should be considered that the handling of MTA requires practice, and that care must be exercised not to wash out or disturb the material after placement.

The exact importance of leakage studies remains unclear, and until it is known how much leakage is significant, it is wise to use materials and techniques that provide the most effective seal. Therefore, the material appropriate for each clinical situation should be indicated to reach satisfactory results.

3.3.6. CONCLUSIONS

Despite its limitations, spectrophotometric analysis may provide valuable information about the sealing capacity of these retrofillings. MTA displayed a significantly lower mean dye microleakage than EBA and IRM root-end fillings and valid its position as a root-end filling material of choice. However well-controlled

clinical trials should confirm favorable preliminary research. The positive results obtained with MTA in leakage studies may be related to its superior marginal adaptation. All the procedures presently in use were unable to prevent leakage, demonstrating the importance of the eradication of irritants arriving from the root canal system.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors very much appreciate the help and advice given by Dr. Flavio Henrique Aguiar. We are also thankful to Dr. Jose Roberto Lovadino, assistant professor, Department of Restorative Dentistry (School of Dentistry of Piracicaba, State University of Campinas-UNICAMP) for generously providing the mill for hard tissues. This publication was based on a thesis submitted by the first author to the Faculty of Dentistry of Piracicaba, University of Campinas, in partial fulfillment on the requirements for PhD degree in Endodontics.

3.3.7. REFERENCES

- Adamo HL, Buruiana R, Schertzer L, Boylan RJ (1999) A comparison of MTA, Super-EBA, composite and amalgam as root-end filling materials using a bacterial microleakage model. *International Endodontic Journal* **32**, 197-203.
- Aguiar FHB, Santos AJ, Groppo FC, Lovadino JR (2002) Quantitative evaluation of marginal leakage of two composite resin restorations using two filling techniques. *Operative Dentistry* **27**, 475-79.
- Aqrabawi J (2000) Sealing ability of amalgam, super EBA cement, and MTA when used as retrograde filling materials. *British Dental Journal* **11**, 266-8.
- Arens DE, Torabinejad M, Chivian N, Rubinstein R (1998) *Practical lessons in endodontic surgery*. 1 st edn. Chicago, IL, USA: Quintessence Publishing Co, Inc.
- Bates CF, Carnes DL, Del Rio CE (1996) Longitudinal sealing ability of mineral troxide aggregate as a root-end filling material. *Journal of Endodontics* **22**, 575-8.
- Bondra DL, Hartwell GR, Macpherson MG, Portell FR (1989) Leakage *in vitro* with IRM, high cooper amalgam and EBA cement as retrofilling materials. *Journal of Endodontics* **15**, 157-60.
- Dorn SO, Gartner AH (1990) Retrograde filling materials: a retrospective success-failure study of amalgam, EBA, and IRM. *Journal of Endodontics* **16**, 391-3.
- Douglas WH, Zakariasen KL (1981) Volumetric assessment of apical leakage utilizing a spectrophotometric, dye recovery method (Abstract). *Journal of Dental Research* **60** (special issue A), 438.

- Fischer EJ, Arens DE, Miller CH (1998) Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, intermediate restorative material, and Super-EBA as a root-end filling material. *Journal of Endodontics* **24**, 176-9.
- Fitzpatrick EL, Steiman R (1997) Scanning electron microscopic evaluation of finishing techniques on IRM and EBA retrofillings. *Journal of Endodontics* **23**, 423-7.
- Forte SG, Hauser MJ, Hahn C, Hartwell GR (1998) Microleakage of Super-EBA with and without finishing as determined by the fluid filtration method. *Journal of Endodontics* **24**, 799-801.
- Gartner AH, Dorn SO (1992) Advances in Endodontic Surgery. *Dental Clinics of North America* **36**, 357-79.
- Gondim E, Jr., Zaia AA, Gomes BFA, Ferraz CCR, Teixeira FB, Souza-Filho FJ (2002) Investigation of marginal adaptation of root-end filling materials in ultrasonic root-end cavities: Scanning Electron Microscopy Analysis. (*Submitted to International Endodontic Journal*).
- Gutmann JL, Harrison JW (1991) *Surgical endodontics*. 1 st edn. Boston, MA, USA: Blackwell Scientific Publications.
- Holland R, Otoboni Filho JA, de Souza V, Nery MJ, Bernabe PFE, Dezan EJ (2001) Mineral trioxide aggregate repair of lateral root perforations. *Journal of Endodontics* **27**, 281-4.
- Ichescu WR, Ellison RL, Corcoran JF, Krause DC (1991) A spectrophotometric analysis of dentinal leakage in the resected root. *Journal of Endodontics* **17**, 503-7.
- Kersten HW, Moorer WR (1989) Particles and molecules in endodontic leakage. *International Endodontic Journal* **22**, 118-24.

- King KT, Anderson RW, Pashley DH, Pantera EA (1990) Longitudinal evaluation of the seal of endodontic retrofillings. *Journal of Endodontics* **16**, 307-10.
- Lloyd A, Gutmann J, Dummer P, Newcombe R (1997) Microleakage of Diaket and amalgam in root-end cavities prepared using MicroMega sonic retro-prep tips. *International Endodontic Journal* **30**, 196-204.
- Morgan LA, Marshall JG (1999) A scanning electron microscopic study of in vivo ultrasonic root-end preparations. *Journal of Endodontics* **25**, 567-70.
- Peters LB, Harrison JW (1992) A comparison of leakage of filling materials in demineralized and non-demineralized resected root ends under vacuum and non-vacuum conditions. *International Endodontic Journal* **25**, 273-8.
- Peters CI, Peters OA (2002) Occlusal loading of EBA and MTA root-end fillings in a computer-controlled masticator: a scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal* **35**, 22-9.
- Stabholz A, Shani J, Friedman S, Abed J (1985) Marginal adaptation of retrograde fillings and its correlation with sealability. *Journal of Endodontics* **11**, 218-23.
- Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD (1995a) Cytotoxicity of four root end filling materials. *Journal of Endodontics* **21**, 489-92.
- Torabinejad M, Lee SJ, Hong CU (1994) Apical marginal adaptation of orthograde and retrograde root end fillings: a dye leakage and scanning microscopic study. *Journal of Endodontics* **20**, 402-07.
- Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Pitt Ford TR (1995b) Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *Journal of Endodontics* **21**, 295-9.

- Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR (1993) Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *Journal of Endodontics* **12**, 591-8.
- Trope M, Löst C, Schmitz HJ, Friedman S (1996) Healing of apical periodontitis in dogs after apicoectomy and retrofilling with various filling materials. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **81**, 221-8.
- Vassiliadis L, Liolios E, Kouvas V, Economides N (1996) Effect of smear layer on coronal microleakage. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **82**, 315-20
- Weston GD, Moule AJ, Bartold PM (1999) A scanning electron microscopic evaluation of root surfaces and the gutta-percha interface following root-end resection *in vitro*. *International Endodontic Journal* **32**, 450-8.
- White JM, Goodis HE, Marshall SJ, Marshall GW (1994) Sterilization of teeth by gamma radiation. *Journal of Dental Research* **73**, 1560-7.
- Wong WS, Rosenberg PA, Boylan RJ, Schulman A (1994) A comparison of the apical seals achieved using retrograde amalgam fillings and Nd: YAG laser. *Journal of Endodontics* **20**, 595-7.
- Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR (1994) Fluid transport and dye penetration along root canal fillings. *International Endodontic Journal* **27**, 233-8.
- Wu MK, Kontakiotis EG, Wesselink PR (1998) Decoloration of 1% methylene blue solution in contact with dental filling materials. *Journal of Dentistry* **26**, 585-9.
- Wu MK, Wesselink PR (1993) Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *International Endodontic Journal* **26**, 37-43.

Yatsushiro JD, Baumgartner C, Tinkle J (1998) Longitudinal study of microleakage of two root-end filling materials using a fluid conducive system. *Journal of Endodontics* **24**, 716-9.

Yoshimura M, Marshall FJ, Tinkle JS (1990) In vitro quantification of the apical sealing ability of retrograde amalgam fillings. *Journal of Endodontics* **16**, 5-12.

3.3.8. TRADUÇÃO

INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico convencional nem sempre resulta em sucesso clínico. Alguns irritantes remanescentes no interior do sistema de canais, após a limpeza e instrumentação dos mesmos, podem atingir a região periapical através da interface material obturador/ parede dentinária do canal. O maior objetivo da cirurgia parendodôntica com confecção de uma obturação retrógrada adequada é promover um selamento apical que impeça esta migração de irritantes (Gutmann & Harrison 1991).

Um grande número de materiais tem sido avaliado como materiais obturadores retrógrados. Entre eles temos: amálgama, guta-percha, cimentos a base de óxido de zinco e eugenol, resinas compostas, ionômero de vidro, cimento de policarboxilato e MTA. De acordo Arens *et al.* (1998), um material retrobturador retrógrado deve ser facilmente manipulado, radiopaco, dimensionalmente estável, não reabsorvível, não tóxico, não ser afetado pela presença de umidade e promover o reparo dos tecidos periapicais. Nenhum material até hoje demonstrou possuir todos estes requerimentos. Lloyd *et al.* (1997) relataram que alguns destes materiais são provenientes da dentística restauradora, onde o critério de sucesso clínico, de certa forma, é diferente. O amálgama ainda vem sendo utilizado apesar de suas notórias desvantagens, como o efeito irritante de produtos derivados de sua corrosão, interação galvânica, coloração de tecidos, e introdução do mercúrio no organismo (Gartner & Dorn 1992). Cimentos a base de óxido de zinco e eugenol são sensíveis à umidade, possuem uma solubilidade parcial em

fluidos orais e podem causar um certo nível de irritação dos tecido periapicais (Torabinejad *et al.* 1993). Por outro lado, Dorn & Gartner (1990) relataram resultados clínicos bons provenientes de obturações retrógradas de Super-EBA e IRM quando comparadas com retrobturações de amálgama. Trope *et al.* (1996), em um estudo histopatológico em cães, também descreveu que a condição periapical geral após a confecção de obturações retrógradas de Super-EBA e IRM foram estatisticamente superiores à condição periapical de retrobturações de resina composta, ionômero de vidro e amálgama.

O mineral trióxido agregado (MTA), parece demonstrar-se igual ou superior a outros materiais retrógrados em relação à infiltração (Fischer *et al.* 1998, Yatsushiro *et al.* 1998), citotoxicidade (Torabinejad *et al.* 1995a), e adaptação marginal (Torabinejad *et al.* 1995b). Mais ainda, Torabinejad *et al.* (1997) e Holland *et al.* (2001) demonstraram a formação de cimento e fibras do ligamento periodontal adjacentes ao MTA em cães.

O conceito de que quanto melhor a adaptação marginal dos materiais obturadores retrógrados, menor seria a passagem de irritantes na interface material obturador/ parede do canal, é amplamente aceito. Gartner & Dorn (1992) recomendam que seja realizado o brunimento do Super-EBA e IRM com brunidores esféricos e curetas para assegurar adaptação marginal e prevenir que se abra uma fenda na interface do material obturador/ parede do canal. A eventual formação desta fenda pode acontecer quando este material é limpo com uma bolinha de algodão úmida. Fitzpatrick & Steiman (1997), também em um estudo com MEV, avaliaram as interfaces entre a estrutura dental e o material usado na obturação retrógrada após o brunimento do IRM e do EBA com três técnicas diferentes. O acabamento das obturações retrógradas foi realizado por brunidores

esféricos, bolinhas de algodão úmidas, e com brocas carbide de acabamento; este último método mostrou uma melhoria significativa na adaptação marginal das obturações retrógradas.

O grau de adaptação e a qualidade do selamento apical proporcionado pelos materiais obturadores utilizados em cavidades retrógradas foram avaliados pelo uso de corantes, radioisótopos, medidas de penetração de bactérias, microscopia eletrônica de varredura, meios eletroquímicos e técnicas de filtragem de fluidos (Torabinejad *et al.* 1994).

Muitos investigadores (Wu *et al.* 1994, Adamo *et al.* 1999, Peters & Peters 2002) fazem referência a algumas conjunturas impróprias encontradas em estudos de infiltração por corantes. Entre elas temos: tamanho molecular das partículas do corante, o ar preso no interior das restaurações, o uso de pressão e a avaliação do grau de infiltração de corante em um único plano. O uso do sistema de transporte de fluídos (Yatsushiro *et al.* 1998) e modelos de infiltração bacteriana (Wong *et al.* 1994) são recomendados a fim de contornar estas dificuldades. Ichescio *et al.* (1991) também avaliou quantitativamente, com um espectrofotômetro, os níveis de infiltração marginal entre dentes seccionados não seccionados.

O objetivo deste estudo foi avaliar quantitativamente os níveis de infiltração marginal de retrobturações de Super-EBA, IRM e Pro Root MTA submetidas a três diferentes técnicas de acabamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba. Foram selecionados para o estudo 81 caninos recém-extraídos, comprometidos periodontalmente. Depois de cuidadosamente extraídos, todos elementos foram depositados em uma solução de água destilada com 2,0% de formaldeído, onde permaneceram por no máximo três meses até que fossem realizados os procedimentos retrógrados.

As coroas dos elementos foram cortadas na junção esmalte-cimento com uma lâmina diamantada (Isomet, Buhler Ltd., Lake Bluff, IL, EUA) em baixa velocidade, sob um spray contínuo de água. A integridade do terço apical da porção radicular foi determinada utilizando-se um microscópio operatório (M900, DF Vasconcellos, SP, Brasil) com aumento de 20 vezes. Para evitar quaisquer danos adicionais aos elementos dentários, nenhum deles foi submetido ao tratamento endodôntico convencional nem deixado fora da solução, evitando sua desidratação.

As ressecções radiculares e os procedimentos realizados para obtenção das cavidades retrógradas e réplicas foram idênticos aos de uma pesquisa recente anterior (Gondim *et al.*, *submetido IEJ*). Os conjuntos de réplicas foram enumerados, montados em “stubs”, metalizados com ouro, e examinados com um aumento de 150 x, utilizando-se um microscópio eletrônico de varredura de pressão variável (SEMvp-LV-435, LEO, Cambridge, Inglaterra). As imagens foram avaliadas à procura de evidências de ranhuras e alterações na superfície radicular. Cinco raízes que apresentavam microfraturas nas margens das cavidades preparadas com ultra-som foram substituídas.

Todas as 81 raízes preparadas foram divididas em 3 grupos de teste com 27 raízes cada. As cavidades retrógradas foram enxaguadas com água destilada e secadas com pontas de papel absorvente. Um “plug” P-40 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) foi posicionado a 3 mm da abertura apical de cada raiz para tornar possível a condensação do material obturador na cavidade. As amostras do grupo 1 foram preenchidas apicalmente utilizando cimento de presa rápida Super-EBA (Harry J. Bosworth Co., Skokie, IL, EUA), espatulado de acordo com as indicações do fabricante, colocado nas cavidades e condensado vigorosamente com um condensador duplo P-1 (Analytic, SybronEndo, CA, EUA), e seguido de sucessivos incrementos de material até que a cavidade apresentasse um excesso de material que ultrapassasse suas margens. Nesse momento, foi realizada a brunidura com um condensador/ brunidor esférico B-3 (Analytic, SybronEndo, CA, EUA) nessa superfície para remover o excesso de material e promover uma melhor adaptação deste às paredes cavitárias. As raízes no grupo 2 foram preenchidas com ProRoot-MTA (Dentsply-Tulsa Dental, Tulsa, OK, EUA), também espatulado de acordo com as instruções do fabricante, e introduzido nas cavidades da mesma maneira que no grupo 1. Os espécimes do grupo 3 receberam IRM (L. D. Caulk Co., Milford, DE, EUA), que mais uma vez foi espatulado de acordo com as instruções do fabricante e inserido nas cavidades com a mesma metodologia do grupo 1. Imediatamente após o brunimento da obturação, todos os espécimes foram mantidos em água a 37°C durante 24 horas, para assegurar o endurecimento do material obturador.

Todos os espécimes dos 3 grupos iniciais foram redivididos aleatoriamente em 3 subgrupos com 9 raízes cada. Seis desses subgrupos receberam um alisamento final, sendo este realizado com uma broca carbide # 9642 carbide 30 lâminas (3 subgrupos)

para acabamento (Jet-Sybron, Morrisburg, Ontário, Canadá) ou com uma broca Zekrya de 28 mm (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) acopladas a uma peça de mão de alta-rotação com spray de água para refrigeração. Este alisamento final efetuado nas raízes foi alcançado através da aplicação da broca (rotação em sentido horário) à superfície do espécime arrastando-a para frente como foi descrito por Weston *et al.* (1999). As brocas utilizadas eram substituídas por brocas novas a cada 3 raízes preparadas, e houve um esforço por parte do operador para se obter a maior lisura possível em todos espécimes. Os três grupos restantes (cada um deles com um dos 3 tipos de material obturador) foram mantidos apenas com a brunidura inicial, sem nenhum tipo de acabamento final. Foram efetuadas tomadas radiográficas de todos os espécimes para a certificação da ausência de imperfeições nas obturações retrógradas.

A metodologia utilizada para avaliar a infiltração neste estudo foi adaptada do estudo publicado por Aguiar *et al.* (2002). Os quatro milímetros apicais de cada espécime foram cortados perpendicularmente ao longo eixo da raiz com uma lâmina de baixa velocidade (Isomet), sob um spray contínuo de água. Após isso, as secções apicais foram incluídas em cilindros de resina de poliestireno para facilitar o manuseio das raízes nos procedimentos de imersão em corante. Matrizes de pvc (canos) foram colocadas sobre uma placa de cera utilidade e as secções apicais foram posicionadas em contato com a cera (Fig. 1). Pedacos de papel vegetal com 3 mm² foram colocados entre a superfície apical contendo a cavidade retrógrada e a cera, evitando assim a impregnação da interface material retrobturador/ parede do canal com cera. A resina foi vertida na matriz, posicionada sobre a cera, de forma que toda a superfície da raiz fosse coberta pela resina. Após 8 horas, o cilindro de resina de poliestireno, com a porção

apical fixada, foi removido da matriz e mantidos em água destilada a 37°C por 24 horas previamente à imersão no corante.

Após esses procedimentos, todas as amostras tiveram as interfaces entre a porção apical e o bloco de resina de poliestireno protegidas por duas camadas do adesivo a base de cianoacrilato de presa rápida Superbond (Henckel Loctite Adesivos, Ltda., Itatiaia, SP, Brazil). Os espécimes foram totalmente imersos em solução tamponada de azul de metileno a 2% (Fórmula e Ação, São Paulo, SP, Brazil) por 12 horas a 37°C. Decorrido esse período, os blocos foram removidos da solução corante, lavados em água corrente e secados. Com o objetivo de remover o corante depositado na superfície da retrobturação, o corpo de prova sofreu um desgaste superficial com discos de óxido de alumínio de maior granulação Sof-Lex Pop-on[®] (3M Dental Products, St. Paul. MN, USA).

Para a realização da leitura de corante infiltrado as porções apicais, foram trituradas em um moinho para tecidos duros (Marconi Equip. Ltda, Piracicaba –SP), com o objetivo de obter um pó composto pelo conjunto raiz/ retrobturação. As amostras foram removidas do cilindro de poliestireno para que somente a raiz com a retrobturação e o corante fosse triturado. A trituração visou facilitar a dissolução pelo álcool do corante infiltrado. Cada amostra foi pesada antes e depois da trituração, em uma balança analítica de alta precisão (0,0001g). As amostras não apresentaram perda de peso maior que 10% do peso inicial, evitando assim que alguma amostra fosse descartada.

Após a trituração, o pó obtido de cada amostra foi imerso, separadamente, em tubo de ensaio, contendo 4ml de álcool absoluto pró-análise - PA (Merck, KGaA, Darmstadt, Germany), por 24 horas, para dissolver o corante infiltrado na interface

parede do canal/ retrobturação. Decorrido esse tempo, a solução obtida pelas amostras trituradas foi centrifugada em centrífuga (Tomy-IC-15AN, Tomy Seiko Co, Tokio, Japan) regulada com uma velocidade de 3000 rpm por 3 minutos, para que o pó e eventuais impurezas fossem decantados. O sobrenadante da solução centrifugada foi submetido à análise quantitativa do corante presente na solução, pelo aparelho de espectrofotometria DU 65 (Beckman Instruments Inc., Fullerton, CA, USA), por meio da leitura de absorbância.

Para a leitura da absorbância, o aparelho foi ajustado com um comprimento de onda adequado para o corante Azul de Metileno correspondente à absorbância máxima para esse corante. Para se obter esse valor, realizou-se uma varredura espectral de soluções padrão nas concentrações de 0.1; 0.2; 0.3; 0.5; 1; 2; 4; 6 $\mu\text{g/ml}$, para obter o comprimento de onda de máxima absorbância espectral. Utilizando esse valor de comprimento de onda de 668nm, realizou-se a leitura das soluções padrão para se obter o valor da absorbância correspondente para cada solução. Assim, através da relação Absorbância-Concentração de cada solução, obteve-se o valor de r e a equação da reta.

Após isso, foi traçado um gráfico de linhas em um sistema de eixos cartesianos, utilizando os valores de concentração de corante em microgramas por mililitros de solução no eixo das abscissas e a densidade óptica obtida nos eixos das ordenadas. Obteve-se a regressão linear de y em função de x e a equação da reta foi determinada ($y = a + bx$). A partir dessa equação obtida na regressão polinomial ($r = 0,9998$), calculou-se a concentração de corante. A seguinte relação foi obtida: Absorbância = $0.2716 \times$ (concentração do corante) – 0,0075. Nessa equação, o valor y (ordenada) foi substituído

pelo valor obtido em absorbância, em cada amostra, obtendo-se assim a concentração de corante infiltrado (x -abscissa).

A incidência de infiltração de corante relacionada com os diversos materiais retrobturadores e com os tipos de acabamento foi estatisticamente comparada usando o método ANOVA e o teste de Tukey, com o nível de significância a 95%.

O coeficiente de correlação de Pearson foi empregado para relacionar os resultados obtidos neste estudo (infiltração de corante) com os a áreas de desadaptação marginal do estudo anterior (Gondim *et al. submitted to IEJ*).

RESULTADOS

Cinco raízes que apresentavam microfraturas nas margens das cavidades preparadas com ultra-som foram substituídas. As radiografias revelaram que todas as cavidades foram preparadas e preenchidas até a profundidade apropriada. Nenhuma das amostras teve que ser substituída por preenchimento inadequado da retrobturação ou por perda excessiva de peso depois da trituração.

Nenhum material testado foi capaz de evitar a infiltração de corante. Considerando os materiais retrobturadores, o teste de Tukey (Tabela 1) revelou que as cavidades retrógradas obturadas com MTA apresentam uma média de infiltração significativamente menor que as cavidades preenchidas com Super-EBA e IRM ($p < 0,05$). As retrobturações de Super-EBA, mesmo apresentando uma maior média de infiltração de corante, não difere significativamente das cavidades preenchidas com IRM ($p > 0,05$).

Com relação à variável “técnica de acabamento”, em vista da inexistência de efeito significativo do fator acabamento ou da interação deste fator com o material, não é correta a comparação de médias através do teste de Tukey, apenas foram listadas as estatísticas simples para comparação das médias (Table 2).

As superfícies apicais que receberam somente o brunimento com brunidor esférico, mesmo não apresentando diferenças estatisticamente significativas com outras que receberam o acabamento com brocas (Zekrya ou 30-lâminas), apresentaram as maiores médias de corante infiltrado.

Finalmente, o coeficiente de correção de Pearson indica que existe uma associação de 55.61% entre as variáveis e este coeficiente é positivo, ou seja, o acréscimo da quantidade de corante infiltrado está associado com o acréscimo das áreas de desadaptação marginal (Fig. 2). Essa correlação é altamente significativa apesar do coeficiente ser considerado apenas razoável já que ele é menor que 60%.

DISCUSSÃO

Para evitar danos aos elementos dentais, dentes vitais foram obtidos através de extrações sem estresse. Os canais radiculares não foram tratados endodonticamente para evitar desidratação e a manipulação extensiva das raízes. Esses fatores apresentados podem ser responsáveis pelo constante aparecimento de trincas em estudos *in vitro* (Morgan & Marshall 1999). Além disso, qualquer modificação no diâmetro original dos canais radiculares poderia influenciar o tempo de instrumentação retrógrada, e conseqüentemente, a padronização do diâmetro das cavidades. A remoção da guta-

percha também impediria a padronização do tempo de instrumentação uma vez que o tempo de sua remoção é imprevisível.

Um grande número de estudos *in vitro* que retratam a adaptação marginal e a capacidade de selamento de materiais retrobturadores tem sido publicados. A metodologia destes estudos e seus resultados, que usualmente se apresentam contraditórios, são eventualmente questionados sobre sua relevância clínica. Fatores como a escolha da solução de armazenagem, pH, peso molecular do corante, a utilização de raízes com canais tratados ou não, se a coroa e a raiz são isoladas do corante, assim como uma gama enorme de outras variáveis podem influenciar crucialmente o resultado final destes estudos *in vitro*. O método mais utilizado de avaliação de infiltração, conhecido como medição linear do corante, de acordo com Wu & Wesselink (1993) deveria ser considerado uma técnica semi-quantitativa, já que não propicia dados com relação a quantidade do corante infiltrado. Além disso, de acordo com os autores, este tipo de estudo de infiltração dificilmente pode ser reproduzido ou comparado, já que a medição linear é praticada após procedimentos distintos (fratura longitudinal da raiz, cortes sagitais, diafanização das raízes). Apesar destes procedimentos distintos e de pouca correlação entre trabalhos *in vitro* e *in vivo*, a desidratação e armazenamento impróprio dos espécimes devem ter um papel decisivo nos resultados obtidos. Deve-se levar em consideração que em alguns estudos de infiltração bacteriana procedimentos regulares de esterilização de dentes (autoclavagem e óxido de etileno) podem alterar a estrutura dentinária e influenciar possíveis resultados (White *et al.* 1994).

A utilização de um sistema de transporte de fluídos (Wu *et al.* 1994) pode evitar problemas causados pelo ar preso na interface restauração/ parede dentinária permitindo

a difusão do corante através de uma pressão positiva na extremidade do espécime. Entretanto o uso de uma pressão positiva pode não ter nenhuma relevância clínica. A capacidade de o ar ser eliminado por esta pressão também é uma questão passível de discussão (Peters & Harrison 1992).

A penetração da solução de azul de metileno através das retrobturações não necessariamente indica a passagem de bactérias, entretanto a passagem de subprodutos bacterianos, como toxinas, metabólitos e produtos resultantes de sua degradação, menores que as próprias bactérias e com pesos moleculares maiores, podem ocorrer e ter uma participação fundamental na doença periapical (Kersten & Moorer 1989).

Através de uma análise espectrofotométrica, Douglas & Zakariasen (1981) descreveram quantitativamente o volume de corante que penetrou em raízes obturadas. Com uma metodologia similar, Ichescu *et al.* (1991) dissolveram dentina e cimento em uma solução ácida e analisaram volumetricamente a infiltração de corante com um espectrofotômetro. No presente estudo, algumas modificações das metodologias aplicadas em estudos pregressos foram feitas. Entre elas podemos citar: comprimento de onda óptica, tempo de imersão e o uso dos 4 milímetros apicais padronizados das raízes. A mais significativa modificação entretanto, foi a utilização de um moinho para tecidos duros aos invés da utilização de ácidos para dissolução das raízes. A diluição das raízes em ácido (HNO_3) permitiria a dissolução completa do corante presente na dentina e cimento, porém, provavelmente dificultaria o recolhimento equivalente de qualquer quantidade de corante presente na interface parede do canal/ retrobturação, uma vez que o comportamento dos materiais na presença do ácido é diferente. Além disso, a dissolução em ácido seria mais uma variável a ser levada em consideração uma vez que

a solução de azul de metileno pode significativamente descolorir na presença de soluções ácidas (Vassiliadis *et al.* 1996).

Um problema encontrado durante a trituração dos espécimes foi a invariável modificação de seus pesos após a trituração das raízes. Todavia, nenhum deles, graças ao cuidadoso e eficaz recolhimento de partículas muito finas, modificou mais do que 5% de seu peso original, apresentando uma perda média bem abaixo do limite estipulado para descarte das raízes (10%).

Seria esperado que o volume de corante obtido das raízes estivesse diretamente relacionado com o tamanho das mesmas (Ichesco *et al.* 1991). No presente estudo, a utilização de porções apicais com retrobturações de 4 milímetros de comprimento associado a limitação do tempo de imersão das raízes em corante, evitando que o mesmo penetrasse em todo comprimento do dente, provavelmente contribuiu para uma medição mais consistente da quantidade de corante infiltrado.

A utilização de um menor período de imersão também pode ser explicado pela possível descoloração do corante após o contato com os materiais testados. Wu *et al.* (1998) estudaram a estabilidade da coloração do azul de metileno após o contato com seis materiais restauradores, incluindo o MTA e óxido de zinco e eugenol. Eles mediram com um espectrofotômetro a densidade óptica de uma solução de azul de metileno 1% antes e depois do contato com os materiais nos períodos de 24, 48 e 72 horas. Os resultados demonstraram que o valor da densidade óptica do azul de metileno decresce quando em contato com MTA em todos os períodos de imersão. As taxas de descoloração obtidas no estudo citado, não poderiam ser comparadas com o presente trabalho, pois o tempo de imersão, concentração e quantidade do corante foram distintos.

Seria esperado que uma solução mais concentrada, em maior quantidade, e em contato com os materiais por muito menos tempo apresentaria uma alteração significativamente menor. De acordo com Wu *et al.* (1998), os dados obtidos através da extensão de penetração do azul de metileno, freqüentemente, não revelam o comprimento total da fenda por onde este penetra, de fato, ela é determinada pela taxa de difusão e descoloração do tipo de corante empregado. Isto reforça o conceito de que em estudos de infiltração de corantes, a análise quantitativa deva ser mais relevante que medições lineares, já que a primeira não se limita a apresentar uma visão de duas dimensões em estruturas tri-dimensionais. Além disso ela permite a penetração e quantificação lateral de corante nos túbulos dentinários.

Em um número razoável de estudos de infiltração *in vitro*, o cimento EBA demonstrou uma menor infiltração de corante quando comparado com vários materiais obturadores retrógrados (Bondra *et al.* 1989, King *et al.* 1990). Clinicamente, o uso do super-EBA também demonstrou resultados aceitáveis (Dorn & Gartner 1990). Entretanto, nas condições experimentais deste estudo *in vitro*, os cimentos EBA e IRM apresentaram um pior selamento apical quando comparados ao MTA. Resultados estes que corroboram com os de Fischer *et al.* (1998).

Ao que tudo indica o MTA parece promover, no mínimo, um selamento apical comparável a outros materiais usados em cavidades retrógradas descritos na literatura (Aqrabawi 2000, Bates *et al.* 1996, Yatsushiro *et al.* 1998). Esta maior capacidade de selamento do MTA provavelmente está relacionada à sua melhor adaptação marginal e à possível expansão do material durante sua presa em ambientes úmidos.

Nossos resultados também vão de encontro aos publicados por Stabholz *et al.* (1985), os quais descrevem, utilizando um MEV e um modelo radionucléico, a correlação entre adaptação marginal e a capacidade de selamento de alguns materiais retrobturadores. Apesar de Yoshimura *et al.* (1990) não encontrarem correlação entre a infiltração de amálgama e sua adaptação observada com um MEV, seria provável que regiões que apresentam uma melhor adaptação marginal, com menores fendas, apresentassem uma menor taxa de infiltração de corante.

Mesmo não apresentando diferenças estatisticamente significativas e que, Forte *et al.* (1998) relataram que retrobturações feitas por Super-EBA e acabadas com brocas infiltraram mais do que retrobturações simplesmente brunidas, parece que o acabamento com brocas Zekrya resulta em superfícies mais lisas e adaptadas, menos susceptíveis a infiltração de corante.

A busca por materiais e técnicas restauradoras que superem as desvantagens e melhorem o desempenho dos materiais convencionais é constante. Entretanto, os clínicos devem entender que muitos outros fatores podem interferir no sucesso de um procedimento retrógrado. Entre eles temos: a forma da cavidade, a quantidade e qualidade do remanescente dental e principalmente a eliminação das causas potenciais da inflamação periapical. Também deve ser levado em consideração que a manipulação do MTA requer prática, e, muito cuidado deve ser tomado para se evitar a lavagem ou desalojamento do material depois de sua colocação.

A exata importância de estudos sobre infiltração permanece desconhecida, e até sabermos qual a quantidade significativa desta infiltração é clinicamente importante, seria coerente a utilização de materiais e técnicas que possam promover um selamento

efetivo. Todavia, para cada situação clínica haverá um material mais indicado que possa atingir resultados satisfatórios.

CONCLUSÕES

Apesar de suas limitações, a análise espectrofotométrica pode subsidiar informações importantes sobre a capacidade de selamento destes materiais retrobturadores. O MTA apresentou uma média de infiltração significativamente menor que o Super-EBA e o IRM, e reforçou sua posição como material retrobturador de escolha. Entretanto, avaliações clínicas bem controladas devem ser promovidas com o intuito de confirmar resultados preliminares favoráveis ao MTA. Sua performance positiva em estudos de infiltração pode e deve estar relacionada com sua boa adaptação marginal. Todos os procedimentos descritos neste estudo foram incapazes de evitar a infiltração, demonstrando a importância da erradicação de irritantes provenientes do sistema de canais.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

1. ABDAL, A.K.; RETIEF, D.H. The apical seal via the retrosurgical approach. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, Saint Louis, v.53, n.6, p.614-621, June 1982.
2. ABEDI, H.R. et al. Effects of ultrasonic root-end cavity preparation on the root apex. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Oral Endod**, Saint Louis, v.80, n.2, p.207-213, Aug. 1995.
3. ALTONEN, M.; MATILLA, K. Follow-up study of apicoectomized molars. **Int J Oral Surg**, Copenhagen, v.5, n.1, p.33-40, Feb. 1976.
4. ARENS, D.E. et al. **Practical lessons in endodontic surgery**. Carol Stream: Quintessence Publishing Company, 1998. 224p.
5. BELING, K.L. et al. Evaluation of cracks associated with ultrasonic root-end preparation of gutta-percha filled canals. **J Endod**, Baltimore, v.23, n.5, p.323-326, May 1997.
6. BELLIZZI, R., LOUSHINE, R. **A clinical atlas for endodontic surgery**. Lombard: Quintessence Publishing Company, 1991. 135p.

* De acordo com a NBR 6023, de 2000, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline/Lilacs.

7. BERNABÉ, P.F.E. **Estudo histopatológico realizado em dentes de cães com lesão periapical após apicectomia e tratamento endodôntico via retrógrada. Influência do nível da obturação e do material obturador.** Araçatuba, 1994. 352p. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Odontologia do Campus de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista.
8. CARR, G.B. Advanced techniques and visual enhancement for endodontic surgery. **Endod Rep**, v.7, p.6-9, 1992.
9. CARR, G.B. Surgical endodontics. In: COHEN, S., BURNS R.C. **Pathways of the pulp**. 6.ed. Saint Louis: C. V. Mosby Company, 1994. p.531-567.
10. DAVIS, S.R.; BRAYTON, S.M.; GOLDMAN, M. The morphology of the prepared root canal. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, Saint Louis, v.34, n.4, p.642-648, Oct. 1972.
11. DORN, S.O.; GARTNER, A.H. Retrograde filling materials: a retrospective success-failure study of amalgam, EBA, and IRM. **J Endod**, Baltimore, v.16, n.8, p.391-393, Aug. 1990.
12. FISCHER, E.J.; ARENS, D.E.; MILLER, C.H. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, intermediate restorative material, and Super-EBA as a root-end filling material. **J Endod**, Baltimore, v.24, n.3 , p.176-179, Mar. 1998.

13. FITZPATRICK, E.L.; STEIMAN, R. Scanning electron microscopic evaluation of finishing techniques on IRM and EBA retrofillings. **J Endod**, Baltimore, v.23, n.7, p.423-427, Jul. 1997.
14. GONDIM JUNIOR, E. **Estudo dos efeitos do preparo sônico e ultra-sônico de cavidades retrógradas em dentes recém extraídos. Análise de réplicas com microscópio eletrônico de varredura.** Piracicaba, 1999. 172p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
15. GONDIM JUNIOR, E. et al. Effect of sonic and ultrasonic retrograde cavity preparation on the integrity of root apices of freshly extracted human teeth: a SEM analysis. **J Endod**, Baltimore, v. 28, n.9, p.646-650, Sept. 2002.
16. GUTMANN, J.L.; HARRISON J.W. Posterior endodontic surgery: anatomical considerations and clinical techniques. **Int Endod J**, Oxford, v.18, n.1, p.8-34, Jan. 1985.
17. GUTMANN, J.L.; HARRISON J.W. **Surgical endodontics.** Cambridge: Blackwell Scientific Publications, 1991. 468p.
18. HEPWORTH, M.J.; FRIEDMAN, S. Treatment outcome of surgical and non-surgical management of endodontic failures. **J Can Dent Assoc**, Ottawa, v.63, n.5, p.364-371, May 1997.

19. HOLLAND, R. et al. Healing process of dog dental pulp after pulpotomy and pulp covering with mineral trioxide aggregate or Portland cement. **Braz Dent J**, Ribeirão Preto, v.12, n.2, p.109-113, 2001.
20. HOLLAND, R. et al. Mineral trioxide aggregate repair of lateral root perforations. **J Endod**, Baltimore, v. 27, n.4, p.281-284, Apr. 2001.
21. KIM, S. Principles of endodontic microsurgery. **Dent Clin N Am**, Philadelphia, v.41, n.3, p.481-497, July 1997.
22. LAYTON, C.A. et al. Evaluation of cracks associated with ultrasonic root-end preparation. **J Endod**, Baltimore, v.22, n.2, p.157-160, Apr. 1996.
23. LLOYD, A. et al. Root-end cavity preparation using Micromega sonic retro-tip™. SEM analysis. **Int Endod J**, Oxford, v.29, n.5, p.295-301, Sept. 1996.
24. MOODNIK, R.M. et al. Retrograde amalgam filling: a scanning electron microscopic study. **J Endod**, Baltimore, v.1, n.1, p.28-31, Jan. 1975.
25. MORGAN, L.A.; MARSHALL, J.G. A scanning electron microscopic study of in vivo ultrasonic root-end preparations. **J Endod**, Baltimore, v.25, n.8, p.567-570, Aug. 1999.
26. PANNKUK, T.F. Endodontic surgery: the treatment phase and wound healing. Part II. **Endod Rep**, Los Angeles, sv.7, p.14-19, 1992.

27. SAUNDERS, W.P.; SAUNDERS, E.M.; GUTMANN J.L. Ultrasonic root-end preparation. Part 2. Microleakage of EBA root-end fillings. **Int Endod J**, Oxford, v.27, n.6, p.235-239, Nov. 1994.
28. SCHILDER, H. Cleaning and shaping the root canal. **Dent Clin N Am**, Philadelphia, v.18, n.2, p.270-271, Apr. 1974.
29. SCHOEFFEL, G.J. Apicoectomy and retroseal procedures for anterior teeth. **Dent Clin N Am**, Philadelphia, v.38, n.2, p.301-324, Apr. 1994.
30. TORABINEJAD, M. et al. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. **J Endod**, Baltimore, v.21, n.6, p. 295-299, June 1995.
31. TROPE, M. et al. Healing of apical periodontitis in dogs after apicoectomy and retrofilling with various filling materials. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Oral Endod**, Saint Louis, v.81, n.2, p.221-228, Feb. 1996.
32. WAPLINGTON, M.; LUMLEY, P.J.; WALMSLEY, A.D. Incidence of root face alteration after ultrasonic retrograde cavity preparation. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Oral Endod**, Saint Louis, v.83, n.3, p.387-392, Mar. 1997.
33. WUCHENICH, G.W.; MEADOWS, D.; TORABINEJAD, M. A comparison between two root end preparation techniques in human cadavers. **J Endod**, Baltimore, v.20, n.6, p.279-282, June 1994.

5. CONCLUSÕES

1. A metodologia empregada, considerando as condições deste estudo, foi capaz de demonstrar as alterações causadas às superfícies apicais contendo cavidades retrógradas preparadas com sistemas sônicos e ultra-sônicos.
2. Não há diferenças estatisticamente significantes em relação ao aparecimento de microfraturas ou ranhuras entre todos os fatores estudados (grupos dentais, tratamentos e tamanho das raízes).
3. A presença das ranhuras ou “marginal chipping” é uma constante nesses tipos de preparo, pois apareceram na maioria dos dentes instrumentados. Contudo, quando são utilizadas brocas de acabamento parte significativa destas ranhuras é eliminada.
4. A utilização de brocas de acabamento é capaz de melhorar a adaptação marginal de cavidades retrógradas preenchidas com Super EBA.
5. Nas condições gerais deste estudo *in vitro*, a adaptação marginal e a capacidade de selamento do MTA são muito boas, comparadas ao IRM e Super EBA, com ou sem um acabamento final com brocas.
6. As diferentes técnicas de acabamento aparentemente não influenciaram significativamente ($p > 0,05$) os níveis de infiltração de corante das retrobturações.
7. A quantidade de corante infiltrado está associado com o acréscimo das áreas de desadaptação das margens das retrobturações. Este fato indica que os bons

resultados obtidos pelo MTA em estudos de microinfiltração devem estar relacionados com sua boa adaptação marginal.

8. Apesar de suas limitações, a análise espectrofotométrica forneceu informações valiosas a respeito da capacidade de selamento das retrobturações. O fato de nenhum procedimento testado ser capaz de evitar a infiltração marginal ressalta a importância da erradicação de irritantes vindos do interior do sistema de canais.

6. ANEXOS

6.1. Figuras Metodologia

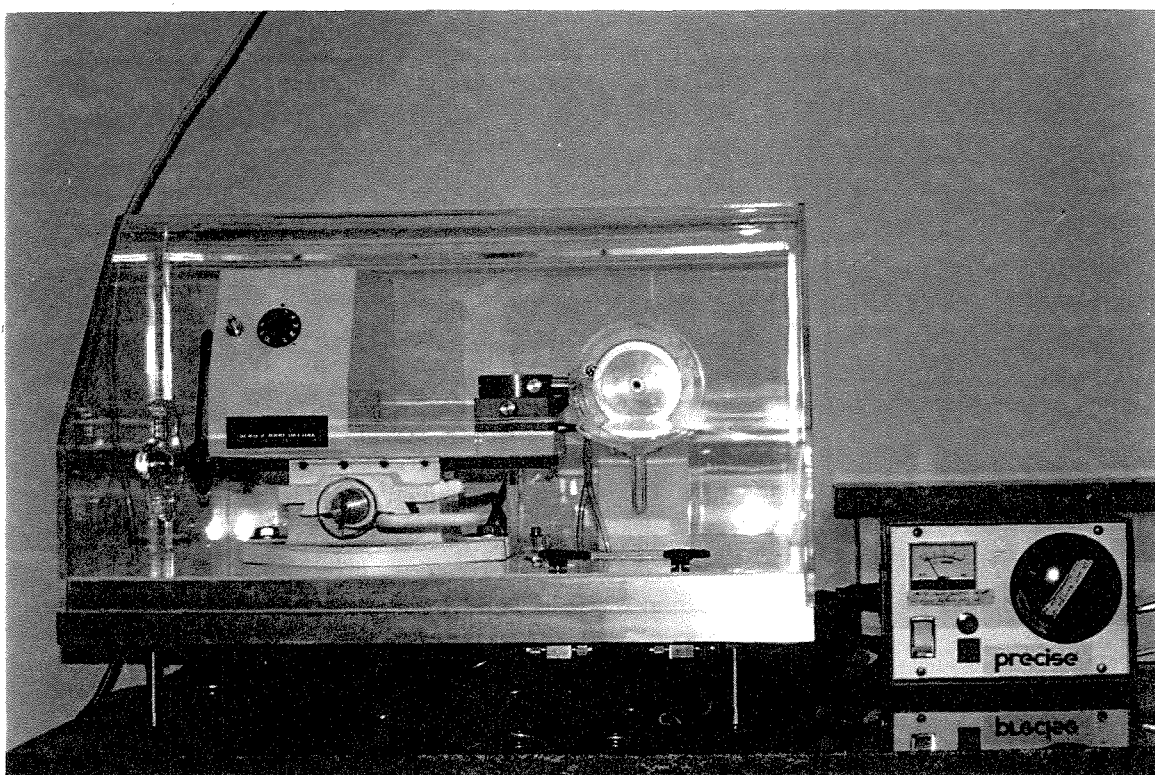


Figura 1. Micrótomo de tecido duro Precise S65.



Figura 2. Detalhe da raiz posicionada no suporte com cera pegajosa.

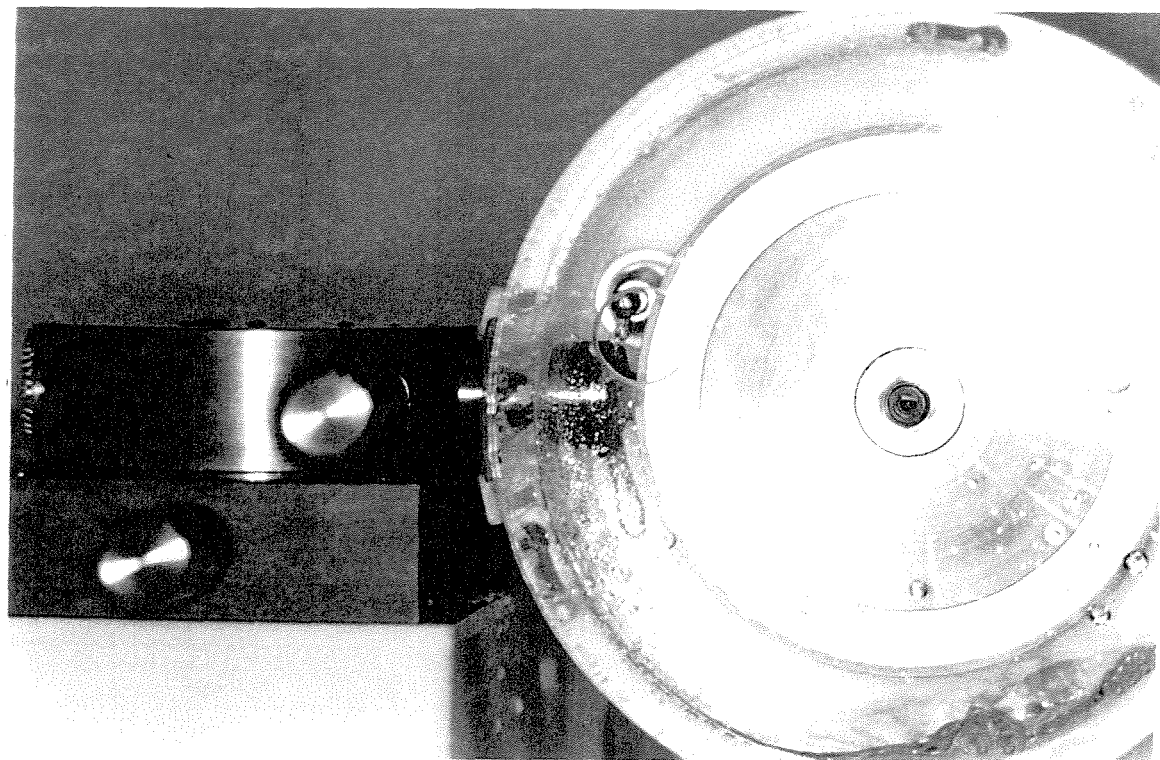


Figura 3. Suporte metálico posicionado na plataforma do micrótomo durante o corte.

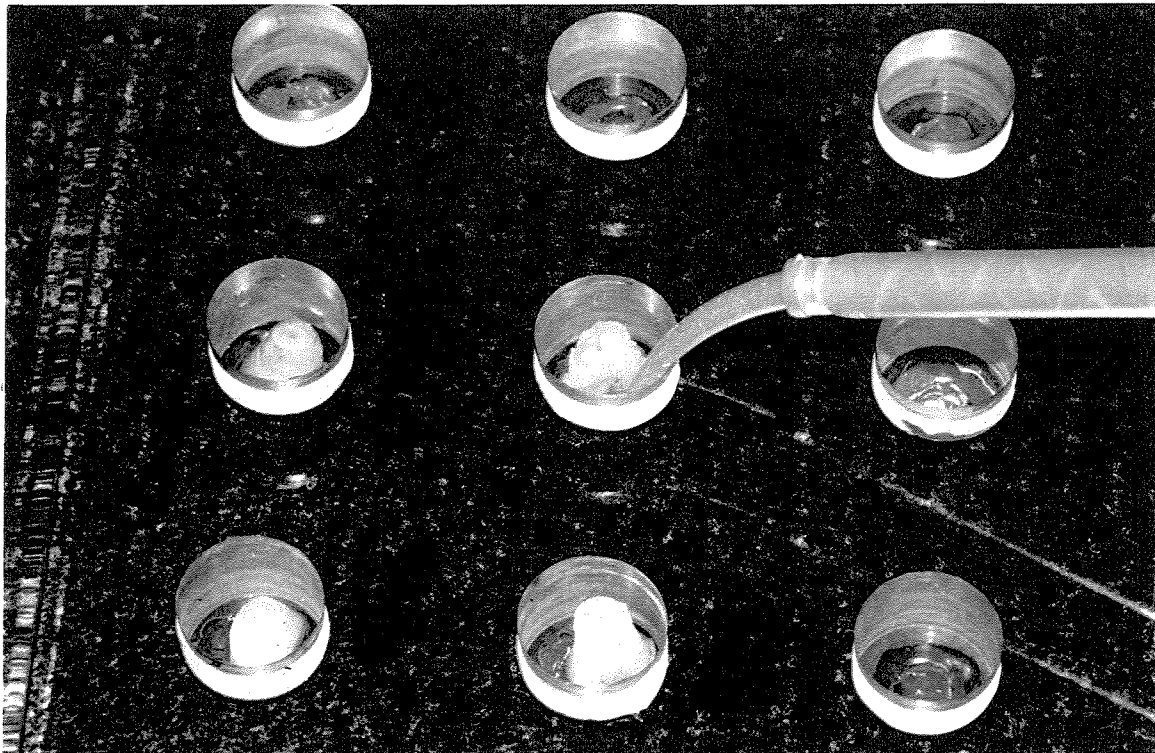


Figura 4. Raízes posicionadas na placa de acrílico no início da moldagem.

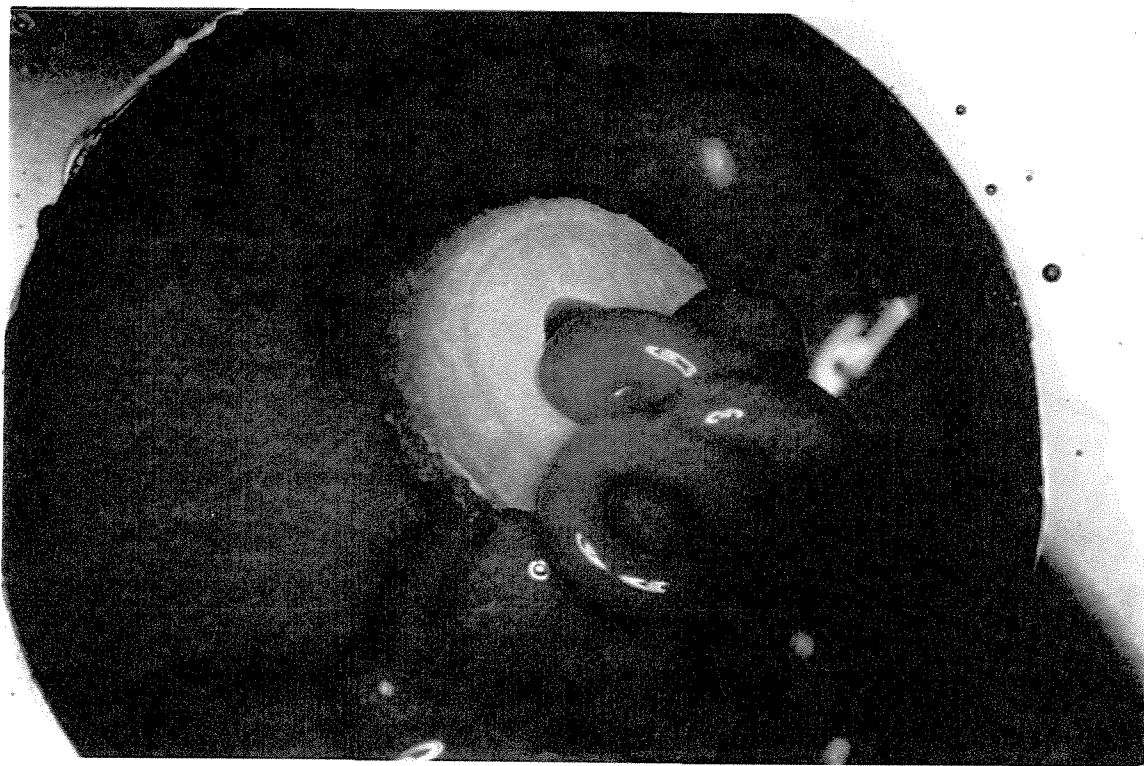


Figura 5. Completo preenchimento de uma raiz com Aquasil ULV.

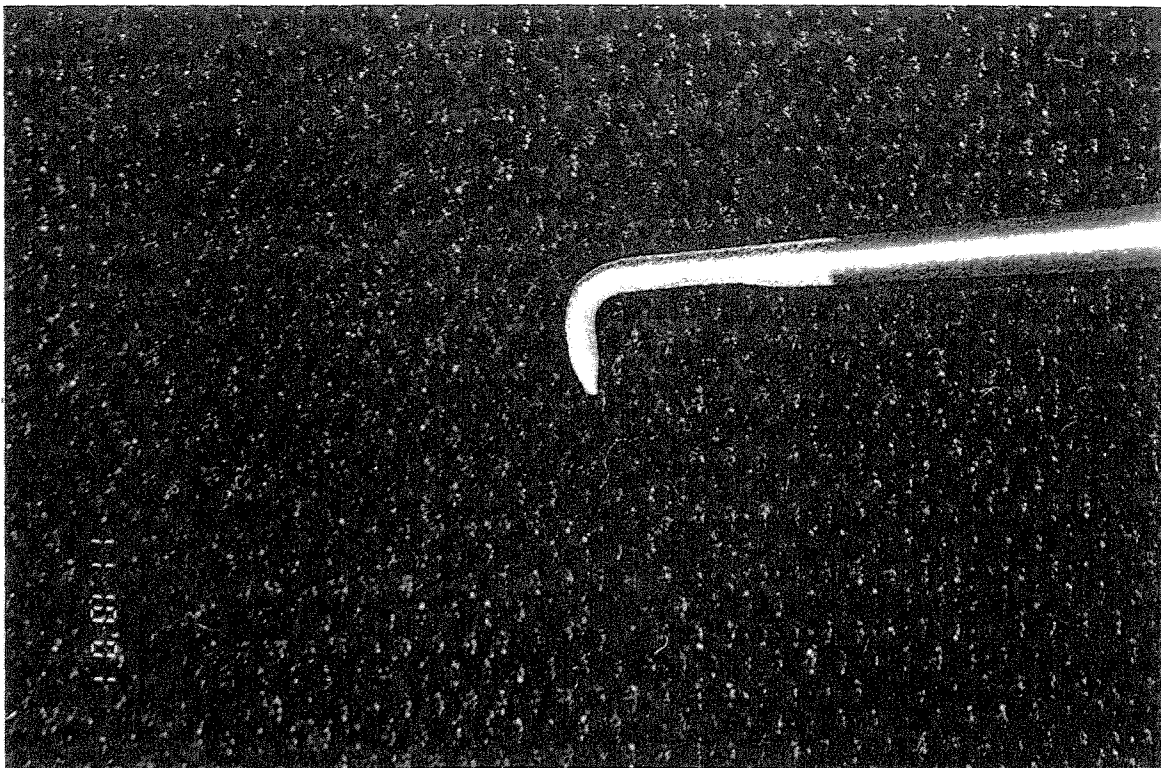


Figura 6. Ponta para microcirurgia KIS número 2.

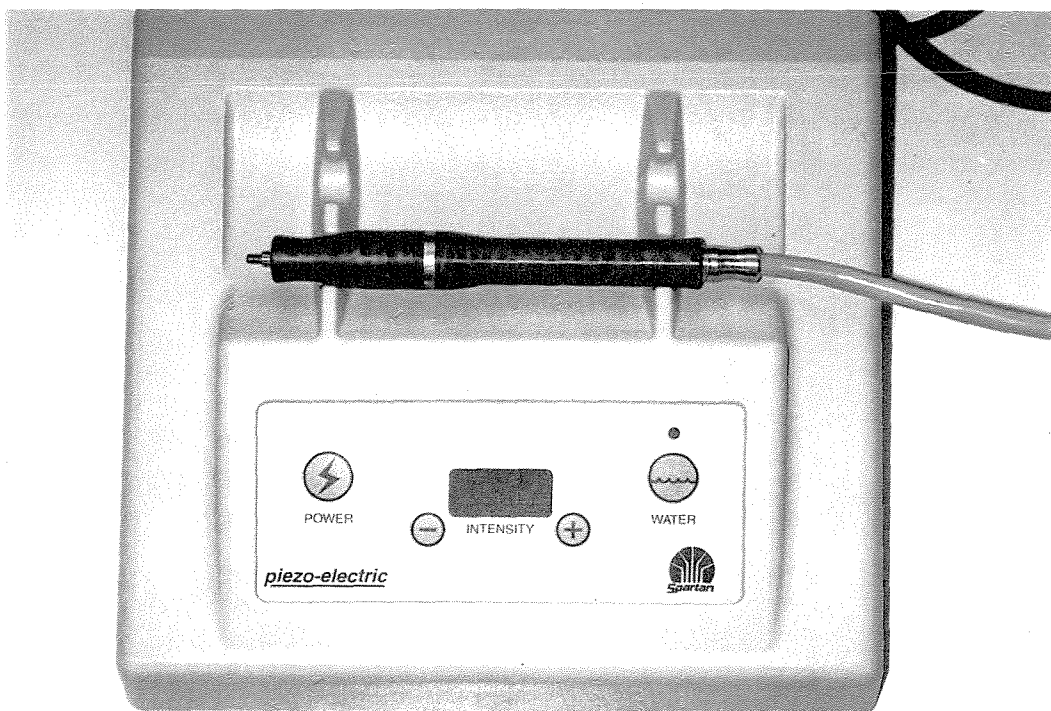


Figura 7. Aparelho ultra-sônico Spartan.

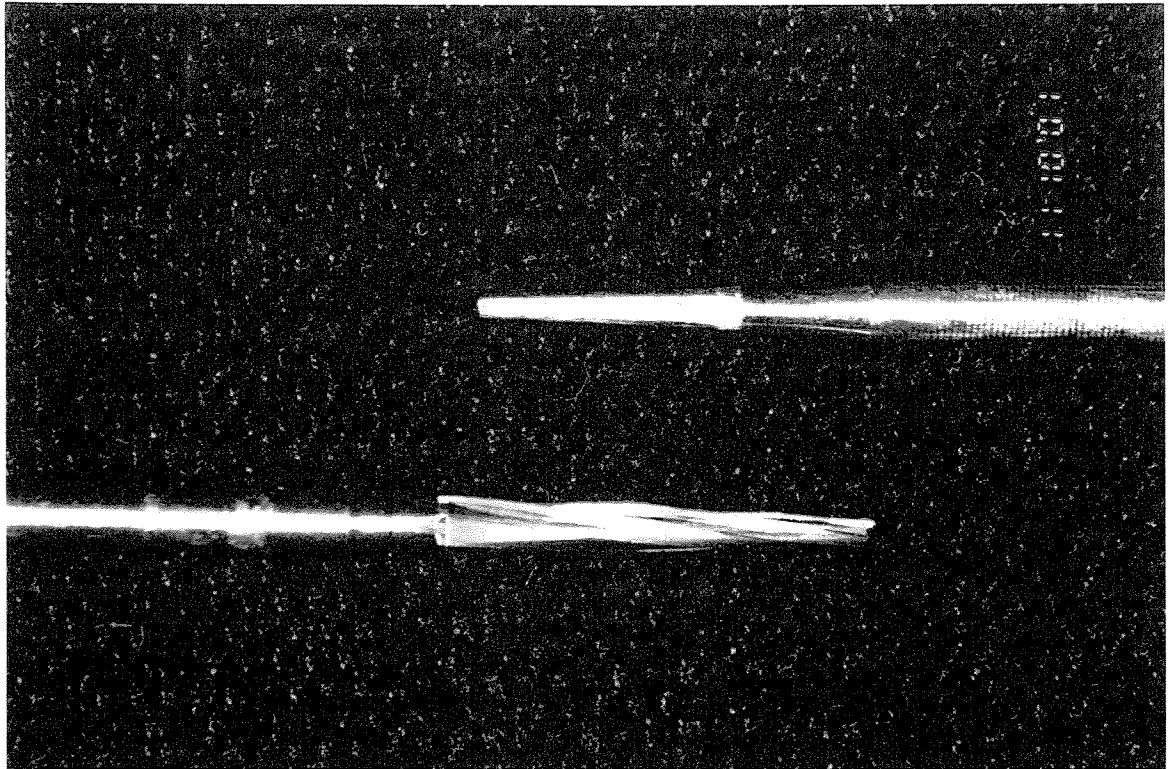


Figura 8. Brocas Zekrya (abaixo) e 9642-30 lâminas (acima).

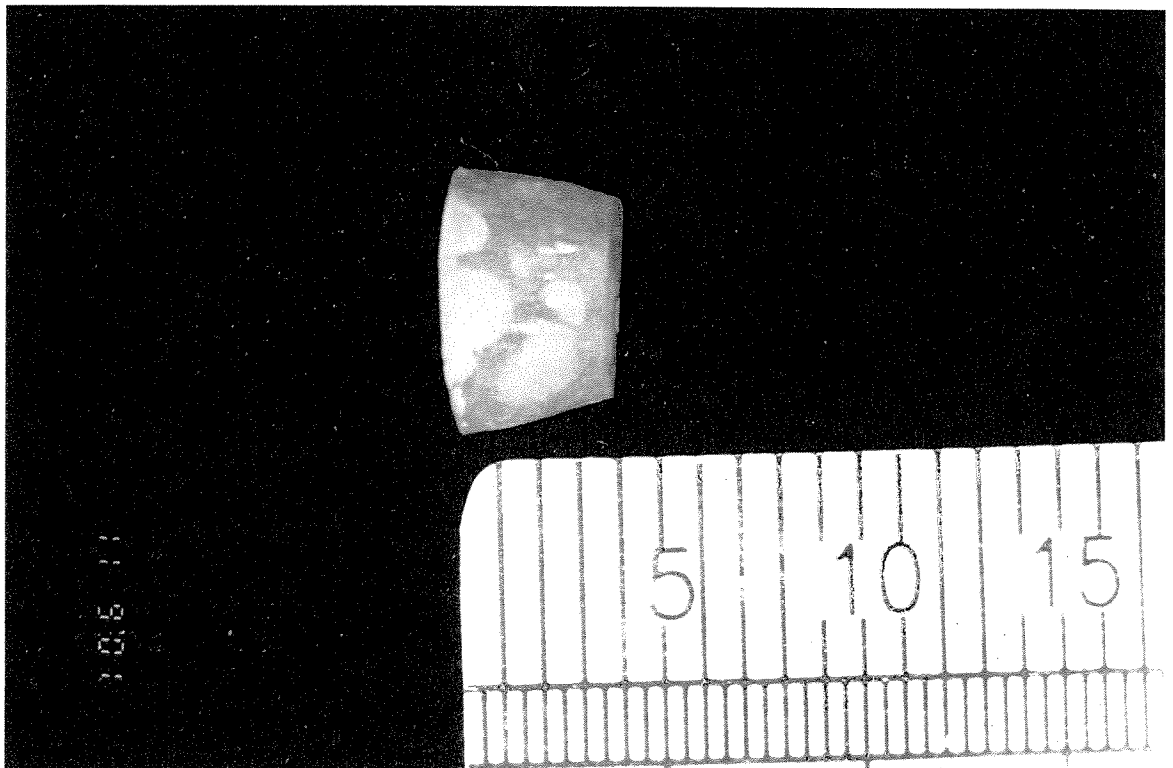


Figura 9. Quatro milímetros apicais da raiz seccionada.

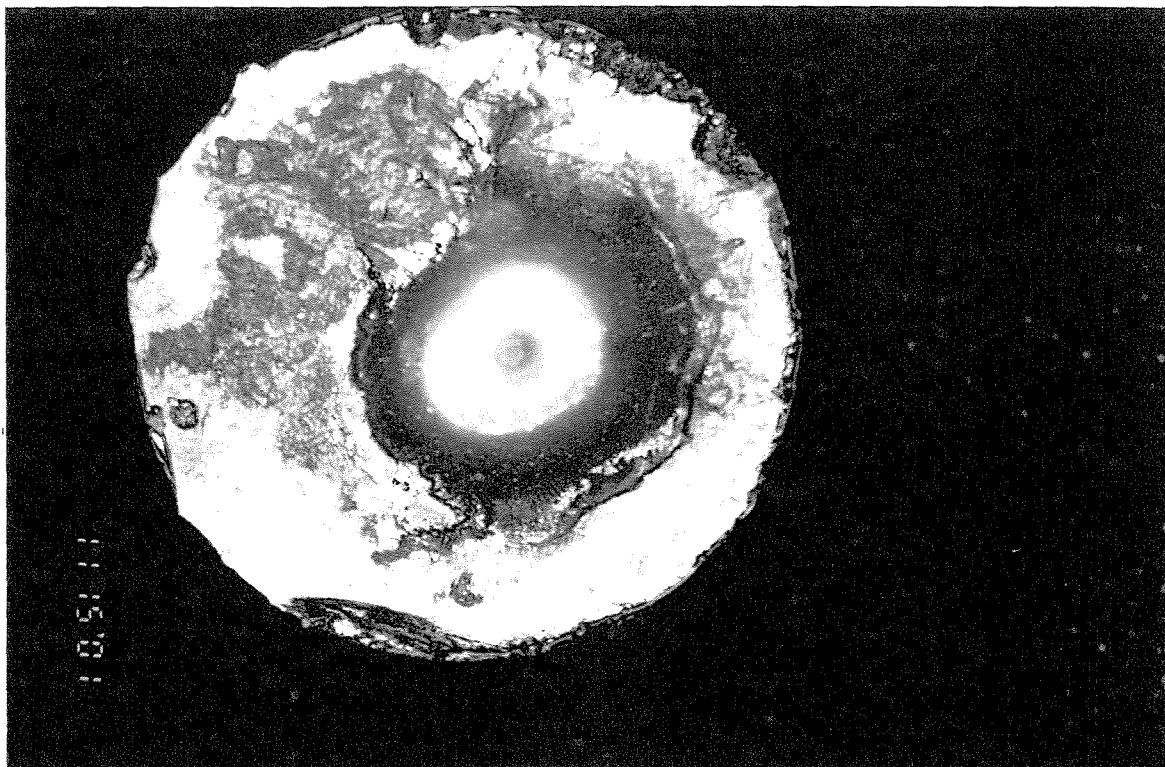


Figura 10. Imagem do conjunto resina/ raiz após a imersão em solução de azul de metileno.

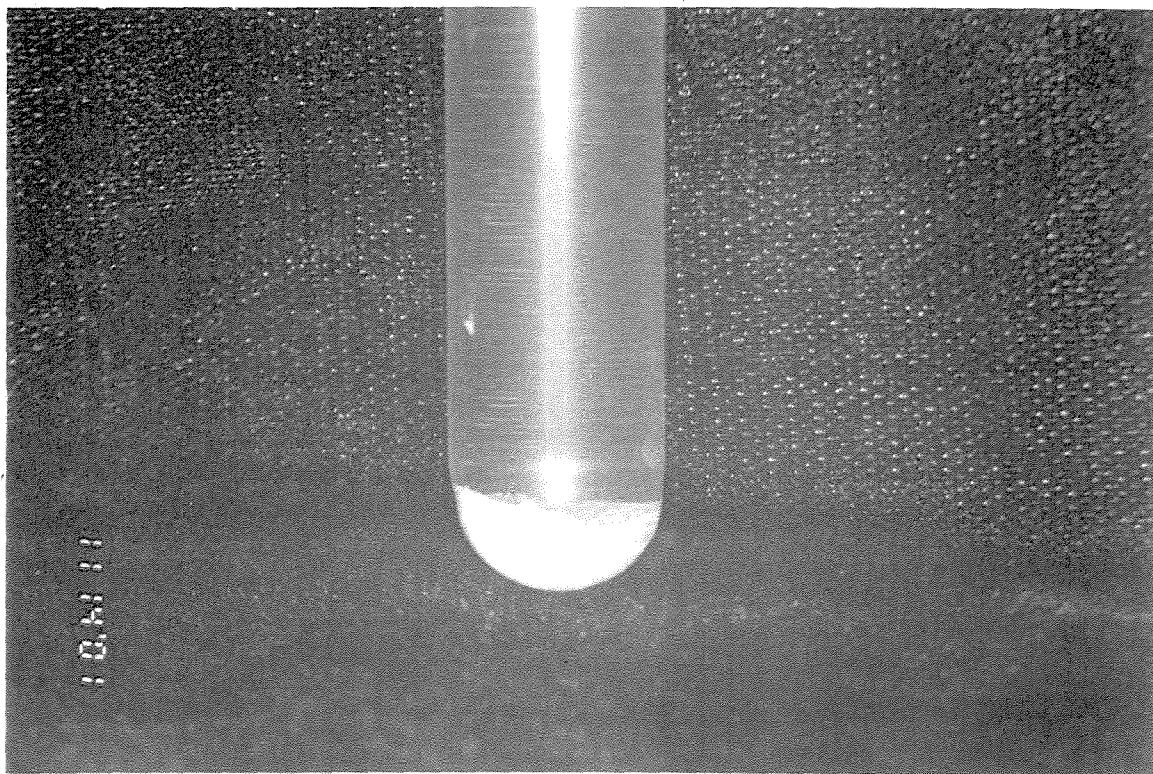


Figura 11. Tubo de ensaio com raiz triturada após centrifugação.

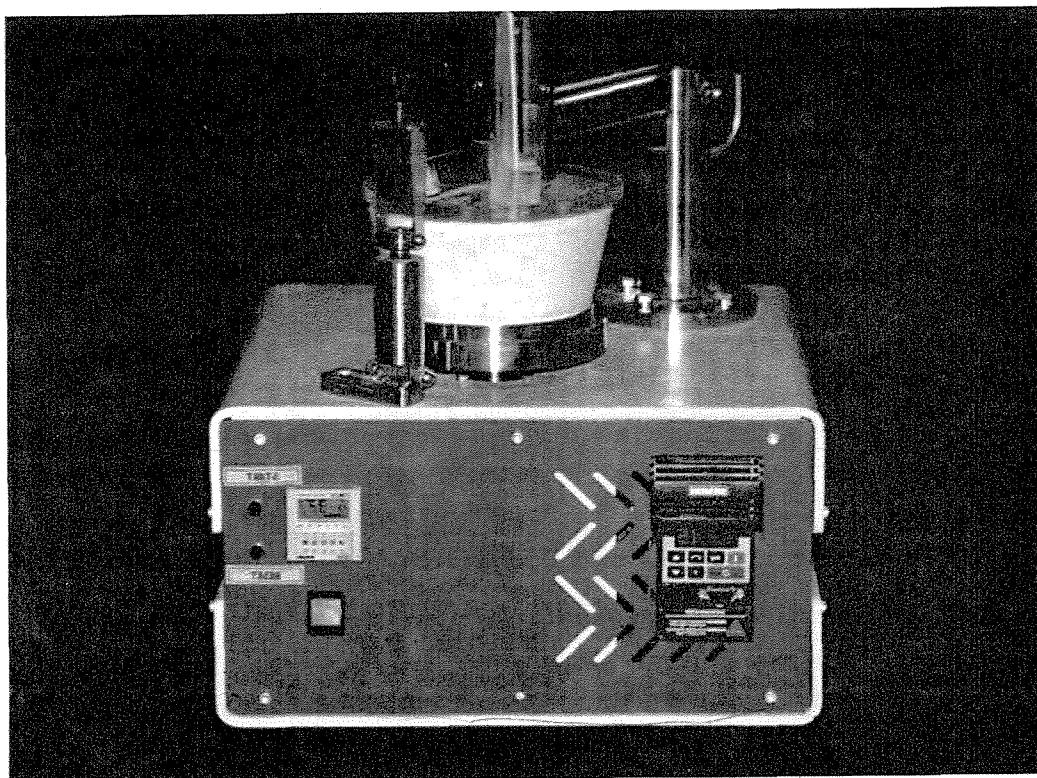


Figura 12. Moinho para tecidos duros.

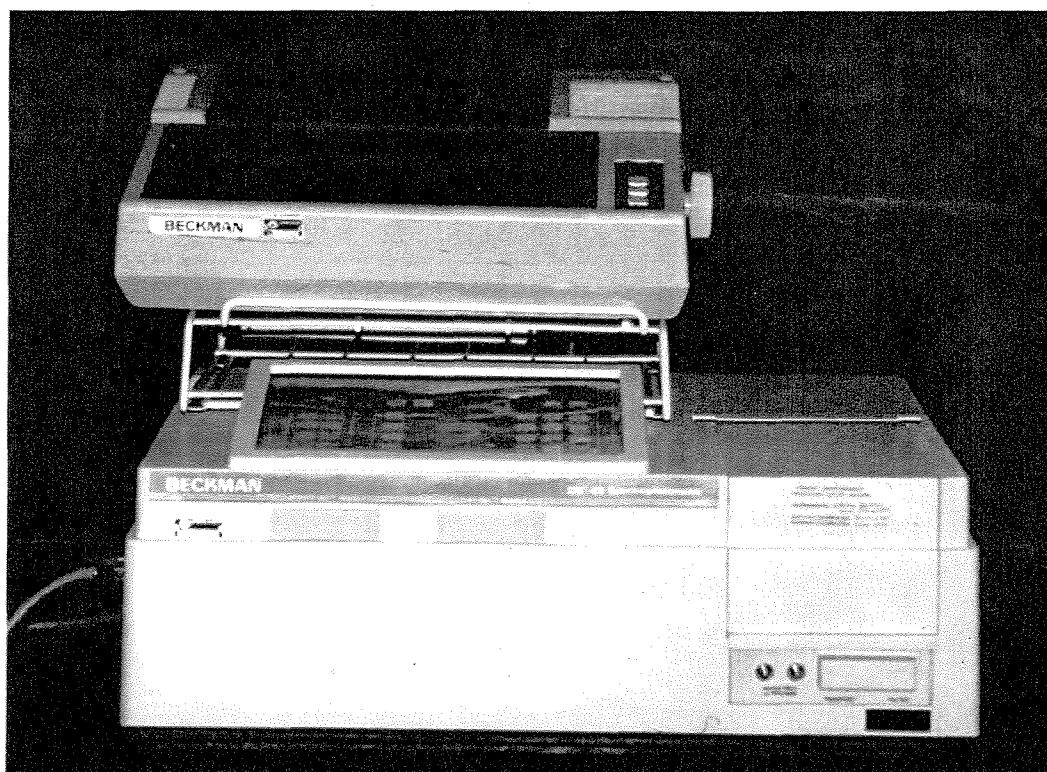


Figura 13. Espectrofotômetro Beckman.

6.2. Análise Estatística

Teste para dados pareados

Inicialmente foi aplicado um teste para dados pareados objetivando comparar os valores de irregularidade antes e após a aplicação do Acabamento. Os dados analisados se encontravam na Planilha 1 (Plan 1).

A análise se inicia com um teste de suposições para identificar o teste mais poderoso na comparação das médias dos valores observados antes e depois do acabamento.

O estudo de suposições é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Teste de Shapiro-Wilk para normalidade e coeficiente de assimetria das diferenças observadas (Diferença = Depois - Antes).

valor-p Ho:Normal	Coeficiente de assimetria
0,0001	-1.56429

O teste de Shapiro-Wilk revela um valor-p menor que 0,0001 o que nos dá fortes indícios de que os dados não provém de uma amostra normalmente distribuída. O valor é dito significativo e rejeita-se a idéia da hipótese de nulidade de que os dados provém de uma população que segue a distribuição normal. Diz-se que o valor é significativo porque ele é menor que 0.05, o chamado nível de significância estabelecido "a priori".

Nestas circunstâncias, recomenda-se a não aplicação do teste T de Student, o mais poderoso dentre os testes para dados pareados, mas que somente deve ser aplicado em dados com distribuição normal. Passamos então ao estudo do coeficiente de assimetria. O valor observado de -1,56 é maior que -2 e menor que 2, faixa dentro da qual temos indícios de que os dados apresentam distribuição simétrica.

Em condições de simetria recomenda-se a aplicação do teste das ordens assinaladas conforme listado na Tabela 2. signal rank test

Tabela 2 Estatísticas para identificação de tendência central e variabilidade dos dados da diferença e teste das Ordens Assinaladas para teste da hipótese de nulidade de que a média das diferenças é zero (Diferença = Depois - Antes).

Desvio

Valor-p	Desvio	padrão	da
Média	padrão	média	Teste recomendado
Ho:u=0			
-0.016964	0.023499	.0026273	Teste das Ordens Assinalada
0,0001			

Observam-se fortes indícios de que há diferença entre as médias verdadeiras dos valores observados antes e depois do acabamento. O valor-p é bastante menor que o nível de significância previamente estabelecido de 5% (0,05).

Como a média é negativa, conclui-se que há fortes indícios de que os valores de irregularidade antes do acabamento são significativamente maiores que as observadas após o acabamento. A Figura 1 ilustra a comparação de médias.

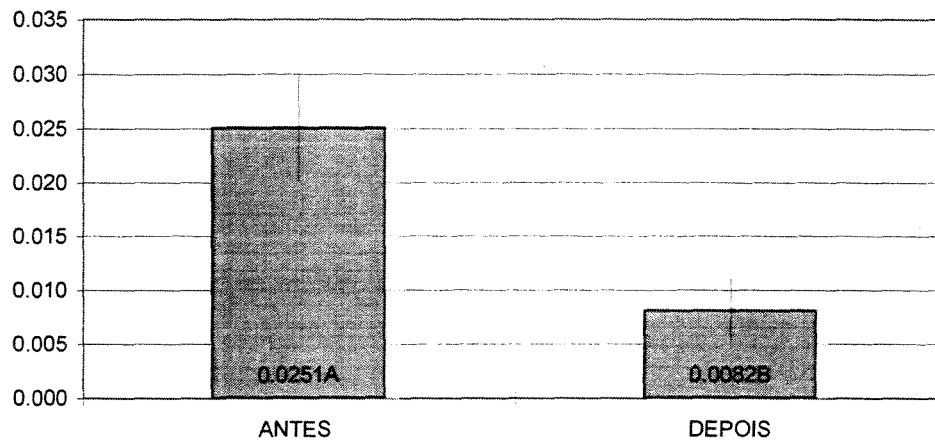


Figura 1. Comparação das médias e intervalos de confiança (95%) de irregularidades antes e depois do acabamento. Barras com letras iguais não diferem entre si pelo teste das ordens assinaladas com nível de significância alfa de 5% ($\alpha=0,05$).

Observa-se que as diferenças entre as médias é bastante grande e não há coincidência entre os intervalos de confiança o que confirma a existência de diferenças entre as médias testadas.

Anexos

Teste para dados pareados

Valor-p	Desvio	Desvio	valor-p	Coefficiente	
OBS	Média	padrão	média	Ho:Normal	assimetria
Ho:u=0	padrão	média	Ho:Normal	assimetria	Teste recomendado
1	-0.016964	0.023499	.0026273	2.5091E-14	-1.56429
6.6456E-13					Teste das Ordens Assinalada

Estatísticas Descritivas

Variable	Mean	Std Dev	Std Error	Lower 95.0% CLM	Upper 95.0%
CLM					
ANTES	0.0251138	0.0224992	0.0025155	0.0201068	
DEPOIS	0.0081500	0.0132312	0.0014793	0.0052055	

Listagem dos dados para conferência

OBS	ANTES	DEPOIS	Depois -Antes
1	0.0110	0.0010	-0.0100
2	0.0340	0.0340	0.0000
3	0.0100	0.0100	0.0000
4	0.0160	0.0031	-0.0129
5	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0050	0.0000	-0.0050
7	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0300	0.0300	0.0000
9	0.0230	0.0000	-0.0230
10	0.0084	0.0084	0.0000
11	0.0620	0.0620	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0000
13	0.0100	0.0010	-0.0090
14	0.0190	0.0042	-0.0148
15	0.0140	0.0140	0.0000
16	0.0181	0.0058	-0.0123
17	0.0150	0.0028	-0.0122
18	0.0140	0.0000	-0.0140
19	0.0230	0.0230	0.0000
20	0.0738	0.0000	-0.0738
21	0.0000	0.0235	0.0235
22	0.1160	0.0000	-0.1160
23	0.0392	0.0392	0.0000
24	0.0543	0.0543	0.0000
25	0.0300	0.0060	-0.0240
26	0.0500	0.0000	-0.0500

27	0.0120	0.0000	-0.0120
28	0.0500	0.0000	-0.0500
29	0.0200	0.0030	-0.0170
30	0.0280	0.0280	0.0000
31	0.0000	0.0000	0.0000
32	0.0100	0.0100	0.0000
33	0.0220	0.0000	-0.0220
34	0.0460	0.0000	-0.0460
35	0.0340	0.0340	0.0000
36	0.0000	0.0000	0.0000
37	0.0240	0.0240	0.0000
38	0.0190	0.0057	-0.0133
39	0.0590	0.0010	-0.0580
40	0.0158	0.0050	-0.0108
41	0.0110	0.0000	-0.0110
42	0.0540	0.0000	-0.0540
43	0.0250	0.0010	-0.0240
44	0.0000	0.0000	0.0000
45	0.0600	0.0020	-0.0580
46	0.0310	0.0000	-0.0310
47	0.0250	0.0015	-0.0235
48	0.0000	0.0000	0.0000
49	0.0600	0.0230	-0.0370
50	0.0250	0.0000	-0.0250
51	0.0000	0.0000	0.0000
52	0.0253	0.0253	0.0000
53	0.0000	0.0000	0.0000
54	0.0000	0.0000	0.0000
55	0.0230	0.0230	0.0000
56	0.0240	0.0000	-0.0240
57	0.0250	0.0000	-0.0250
58	0.0050	0.0050	0.0000
59	0.0000	0.0000	0.0000
60	0.0190	0.0190	0.0000
61	0.0340	0.0340	0.0000
62	0.0000	0.0000	0.0000
63	0.0560	0.0080	-0.0480
64	0.0260	0.0260	0.0000
65	0.0380	0.0000	-0.0380
66	0.0630	0.0000	-0.0630
67	0.0700	0.0013	-0.0687
68	0.0420	0.0030	-0.0390
69	0.0170	0.0170	0.0000
70	0.0360	0.0100	-0.0260
71	0.0000	0.0000	0.0000
72	0.0540	0.0020	-0.0520
73	0.0100	0.0100	0.0000
74	0.0139	0.0000	-0.0139
75	0.0473	0.0050	-0.0423
76	0.0000	0.0000	0.0000
77	0.0400	0.0020	-0.0380
78	0.0290	0.0000	-0.0290
79	0.0050	0.0009	-0.0041
80	0.0000	0.0000	0.0000

Análise de variância

O estudo dos dados de infiltração de corante e área de desadaptação, conforme solicitado pelo pesquisador solicitante, foi analisado através de um modelo adequado para dados obtidos em experimentos inteiramente casualizados com arranjo fatorial.

O estudo foi feito com base em dois fatores: Material e Acabamento, o primeiro com 3 níveis (EBA, MTA e IRM) e o segundo também com 3 níveis (Brunimento, Broca 30L e Broca Zekrya) caracterizando um fatorial 3x3.

Preliminarmente à análise dos dados foi efetuado um estudo de suposições para garantir a validade da aplicação desta técnica de análise aos dados obtidos no ensaio. Foi efetuado um estudo com cada uma das variáveis em separado.

Área de desadaptação

Uma primeira variável analisada foi a área de desadaptação, inicia-se o estudo com as suposições à análise de variância.

```
C.DESACORA
OBSERVATIONS (N=81): all
ANALYSIS: Multiple regression and ANOVA
RESPONSE: TAREADES
FACTORS: MATERIAL ACABAM
CLASSES: MATERIAL ACABAM
Model: MATERIAL, ACABAM, MATERIAL*ACABAM
USER-EXCLUDED OBSERVATIONS: none
ASSUMPTIONS VIOLATED:
    Response scaling
    Outliers
    Constant variance
```

Inicia-se com a detecção de violações a três suposições da análise de variância: Escala da variável de resposta, ausência de "outliers" e homogeneidade de variâncias.

A presença de todas estas suposições pode comprometer a validade da análise de variância e para se tentar corrigir estes problemas é que se busca uma transformação que possa eliminar o problema. A transformação de dados é obtida a partir da busca por uma potência que maximiza a verossimilhança. Em seguida é listado o resultado deste estudo.

```
+LAB: Optimal Power Transformation-----+
| Specify powers: [ -0.5 TO 1.5 BY 0.1 ] |
|                                     |
|                                     Recalculate |
|                                     Power |
|                                     Optimal: 0.3 |
|                                     To be used: [ 0.3 ] |
+-----+
```

Optimal Power Transformation

The optimal power transformation analysis suggests that the power 0.3 of TAREADES may be more easily modeled.

Foi pesquisada uma potência entre -0,5 e 1,5; um grid inicialmente ótimo por não modificar demasiadamente os dados e chegou-se à potência ótima 0,3 que pode ser aplicada aos dados. Após a aplicação desta transformação pode-se testar sua eficácia através de um novo estudo de suposições:

```
C.DESACORA
OBSERVATIONS (N=81): all
ANALYSIS: Multiple regression and ANOVA
RESPONSE: TAREADES**0.3
FACTORS: MATERIAL ACABAM
CLASSES: MATERIAL ACABAM
Model: MATERIAL, ACABAM, MATERIAL*ACABAM
USER-EXCLUDED OBSERVATIONS: none
ASSUMPTIONS VIOLATED: none
```

Observa-se que após a aplicação da transformação, não são mais detectadas violações o que garante a completa validade da aplicação da análise de variância neste conjunto de dados.

A análise de variância tem seus valores listados na Tabela 1.

Tabela 1. Quadro de análise de variância para estudo da variável área de desajustamento transformada pela potência 0,3 conforme recomendado pelo estudo de suposições.

Causa de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrados médios	Valor F
Pr > F				
Material	2	1391.41807221	695.70903610	55.20
0.0001				
Acabamento	2	179.26924461	89.63462231	7.11
0.0015				
Material*acabamento	4	249.95201664	62.48800416	4.96
0.0014				
Resíduo	72	907.40638349	12.60286644	
Total corrigido	80	2728.04571695		
R-Square		C.V.	Root MSE	TAREADES
Mean				
0.667379		30.86270	3.55005161	
11.50272520				

Foi adotado um nível de significância de 5% para apoio à interpretação destes resultados, com isto, conclui-se que há fortes indícios de efeitos significativos dos fatores principais, bem como da interação entre estes fatores (Material*Acabamento).

Uma vez detectado efeito significativo da interação deve-se proceder o desmembramento das médias dos fatores para comparações uma vez que não se pode afirmar nada sobre os fatores independentes.

Adicionalmente, o estudo da tabela 1 nos fornece indícios de que o modelo está bem ajustado aos dados uma vez que a estatística R^2 , o coeficiente de determinação (R-Square) indica que quase 70% da variação dos valores de desajustamento de área podem ser explicados pelos fatores explicitados no modelo.

O coeficiente de variação se mostra um pouco acima do adequado mais ainda satisfatório (abaixo de 30%) para um experimento com estudo de fatores biológicos que trazem consigo algum grau de imprecisão natural.

A comparação de médias da interação é listada nas Tabelas 2 e 3. A Tabela 2 permite a comparação, através do teste de Tukey das médias dos acabamentos dentro de cada tipo de material. O fato da interação ser significativa significa que os acabamentos podem se comportar de maneira diferente em cada material e o material pode se comportar de maneira diferente em cada acabamento.

Tabela 2. Comparação de médias de acabamento dentro do material através do teste de Tukey com nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$). Médias com letras iguais não diferem entre si.

Grupos		Desvio				
Material	Acabamento	Média	Desvio padrão	Intervalos de	de	
					Inferior	Superior
EBA	Broca 30L	9339	8708	2903	2646	16033
AB	Broca Zekrya	4517	2450	816.6	2634	6400
B	Brunimento	21723	16570	5523	8986	34460
A						
IRM	Broca 30L	5399	3191	1064	2947	7852
A	Broca Zekrya	4854	3411	1137	2232	7476
A	Brunimento	11715	4913	1638	7939	15491
A						
MTA	Broca 30L	1735	1223	407.6	795.0	2675
A	Broca Zekrya	444.8	568.5	189.5	7.788	881.7
A	Brunimento	1134	2139	713.0	-510.2	2778
A						

A Tabela 2 com o teste de Tukey para comparar Acabamento dentro de material nos dá indícios de que somente há diferença entre os acabamentos Brunimento e Broca Zekrya quando usado o material EBA sendo que a média de desajustamento é significativamente maior no acabamento Brunimento.

Nos materiais IRM e MTA não há indícios de diferenças significativas entre os acabamentos, daí a detecção da interação significativa.

A Figura 1 ilustra a comparação de médias listada na Tabela 2.

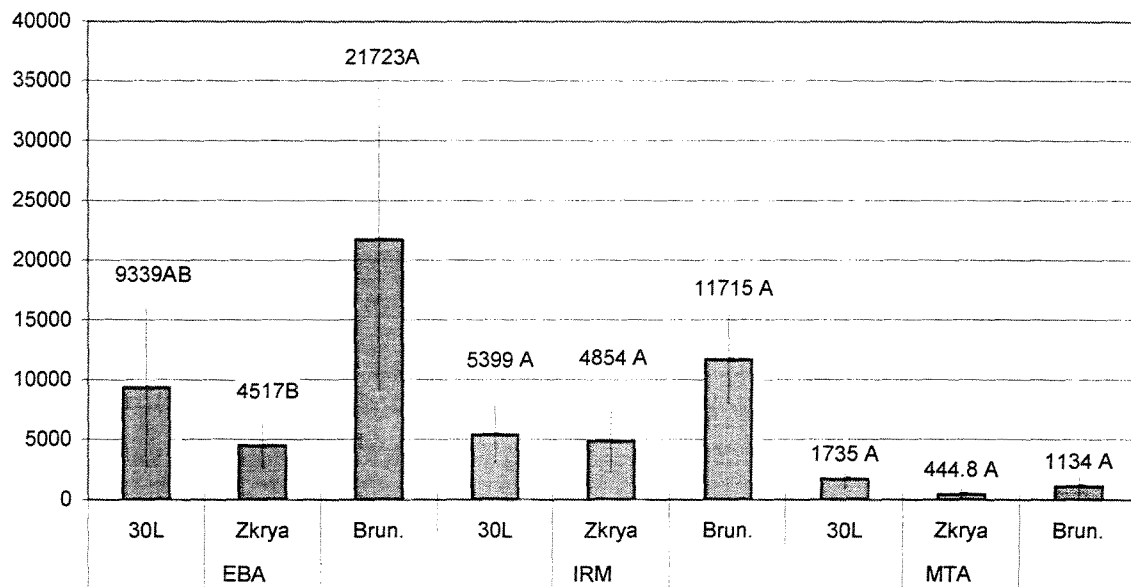


Figura 1. Médias e intervalo de confiança (95%) de área de desajustamento dos acabamentos dentro de um mesmo material. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey com nível de significância alfa de 5% ($\alpha=0,05$).

A Tabela 3, por sua vez permite a comparação das médias de Material dentro dos acabamentos:

Tabela 3. Comparação de médias de acabamento dentro do material através do teste de Tukey com nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$). Médias com letras iguais não diferem entre si.

Grupos	de	Média	Desvio			
			Desvio	padrão	Intervalos de	
confiança (95%)	Material		padrão	da média	Inferior	Superior
Acabamento						
Tukey						
Broca 30L	EBA	9339	8708	2903	2646	16033
A						
	IRM	5399	3191	1064	2947	7852
AB						
	MTA	1735	1223	407.6	795.0	2675
B						
Broca Zekrya	EBA	4517	2450	816.6	2634	6400
A						
	IRM	4854	3411	1137	2232	7476
A						
	MTA	444.8	568.5	189.5	7.788	881.7
B						
Brunimento	EBA	21723	16570	5523	8986	34460
A						
	IRM	11715	4913	1638	7939	15491
A						
	MTA	1134	2139	713.0	-510.2	2778
B						

A comparação de médias de materiais, por sua vez, deve ser feita de maneira independente para cada tipo de acabamento.

O teste de Tukey nos oferece indícios de que no acabamento com Broca 30 L há diferença entre as médias verdadeiras de desadaptação do material EBA e a do material MTA havendo uma menor média de desadaptação no material MTA.

Nos acabamentos com Broca Zekrya e Brunimento, há um mesmo comportamento dos materiais que indica uma menor média de desadaptação no material MTA, significativamente menor que a dos outros materiais.

A Figura 2 ilustra a comparação de médias listada na Tabela 3.

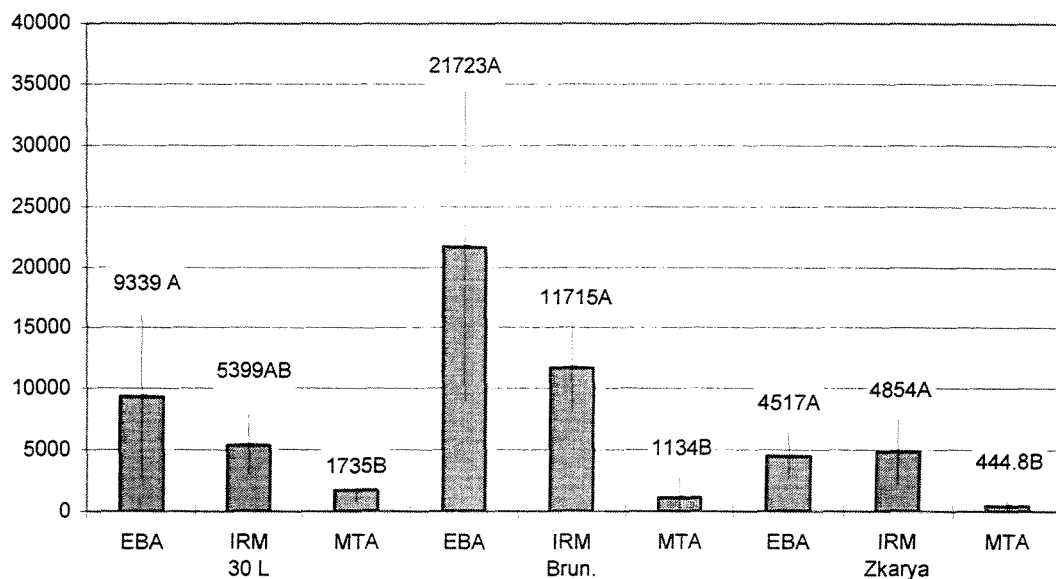


Figura 2. Médias e intervalo de confiança (95%) de área de desajustamento dos materiais dentro de um mesmo acabamento. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey com nível de significância alfa de 5% ($\alpha=0,05$).

Infiltração de corante

Apresenta-se agora o resultado da análise da quantidade de infiltração de corante.

```

C.DESACORA
OBSERVATIONS (N=81): all
ANALYSIS: Multiple regression and ANOVA
RESPONSE: CORANTE
FACTORS: MATERIAL ACABAM
CLASSES: MATERIAL ACABAM
Model: MATERIAL, ACABAM, MATERIAL*ACABAM
USER-EXCLUDED OBSERVATIONS: none
ASSUMPTIONS VIOLATED:
  Response scaling
  Outliers
  Constant variance
  Influential observations

```

Inicia-se com a detecção de violações a quatro suposições da análise de variância: Escala da variável de resposta, ausência de "outliers", homogeneidade de variâncias e a ausência de valores excessivamente influentes.

A presença de todas estas suposições pode comprometer a validade da análise de variância e para se tentar corrigir estes problemas é que se busca uma transformação que possa eliminar o problema. A transformação de dados é obtida a partir da busca por uma potência que maximiza a verossimilhança. Em seguida é listado o resultado deste estudo.

```
+LAB: Optimal Power Transformation-----+
| Specify powers: [ -3 TO -1 BY 0.1 ] |
|                                     |
|                                     Recalculate |
|                                     |
|                                     Power |
|                                     |
|                                     Optimal: -1.8 |
|                                     |
|                                     To be used: [ -1.8 ] |
+-----+

Optimal Power Transformation

The optimal power transformation analysis suggests that the power
-1.8 of CORANTE may be more easily modeled.
```

Foi pesquisada uma potência entre -3 e -1; um grid inicialmente ótimo por não modificar demasiadamente os dados e chegou-se à potência ótima -1,8 que pode ser aplicada aos dados. Após a aplicação desta transformação pode-se testar sua eficácia através de um novo estudo de suposições:

```
C.DESACORA
OBSERVATIONS (N=81): all
ANALYSIS: Multiple regression and ANOVA
RESPONSE: CORANTE**-1.8
FACTORS: MATERIAL ACABAM
CLASSES: MATERIAL ACABAM
Model: MATERIAL, ACABAM, MATERIAL*ACABAM
USER-EXCLUDED OBSERVATIONS: none
ASSUMPTIONS VIOLATED:
    Constant variance
```

Infelizmente, ainda são detectados indícios de violação à suposição de homogeneidade de variâncias. Os indícios, todavia, não são muito fortes de forma que sugere-se o prosseguimento da análise de variância com os dados transformados, acreditando-se que esta violação não afetará muito os resultados da análise.

A análise de variância tem seus valores listados na Tabela 4.

Tabela 4. Quadro de análise de variância para estudo da variável infiltração de corante transformada pela potência -1,8 conforme recomendado pelo estudo de suposições.

Causa de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrados médios	Valor F
Pr > F				
Material	2	731830.55162568	365915.27581284	14.23
0.0001				

Acabamento	2	146920.77652114	73460.38826057	2.86
0.0640				
Material*acabamento	4	202560.27157591	50640.06789398	1.97
0.1083				
Resíduo	72	1851058.43037951	25709.14486638	
Total corrigido	80	2932370.03010223		
R-Square		C.V.	Root MSE	TAREADES
Mean				
0.368750		38.74690	160.34071494	
413.81561852				

Foi adotado um nível de significância de 5% para apoio à interpretação destes resultados, com isto, conclui-se que há fortes indícios de efeitos significativos do fator Material. Seguindo rigorosamente este nível de significância, não há indícios de diferenças entre as médias verdadeiras do fator acabamento ou da interação entre os fatores principais.

Uma vez detectado indícios de efeitos significativos de um único fator principal, deve-se efetuar o teste de Tukey para comparação deste fato, apenas.

O coeficiente de variação se mostra um pouco acima do adequado mais ainda satisfatório (abaixo de 30%) para um experimento com estudo de fatores biológicos que trazem consigo algum grau de imprecisão natural.

Em seguida é apresentado o teste de Tukey para comparação das médias de Material, na Tabela 5.

Tabela 5. Comparação de médias de material através do teste de Tukey com nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$). Médias com etras iguais não diferem entre si.

Grupos		Desvio				
Material	Média	Desvio padrão	padrão da média	Intervalos de confiança (95%)		de Tukey
				Inferior	Superior	
EBA	0.0813	0.1280	0.0246	0.0308	0.1320	A
IRM	0.0519	0.0528	0.0102	0.0310	0.0728	A
MTA	0.0309	0.0048	0.0009	0.0290	0.0328	B

O estudo revela indícios de que a média de infiltração de corante do tratamento MTA é significativamente inferior à dos demais materiais, conforme ilustra a Figura 3.

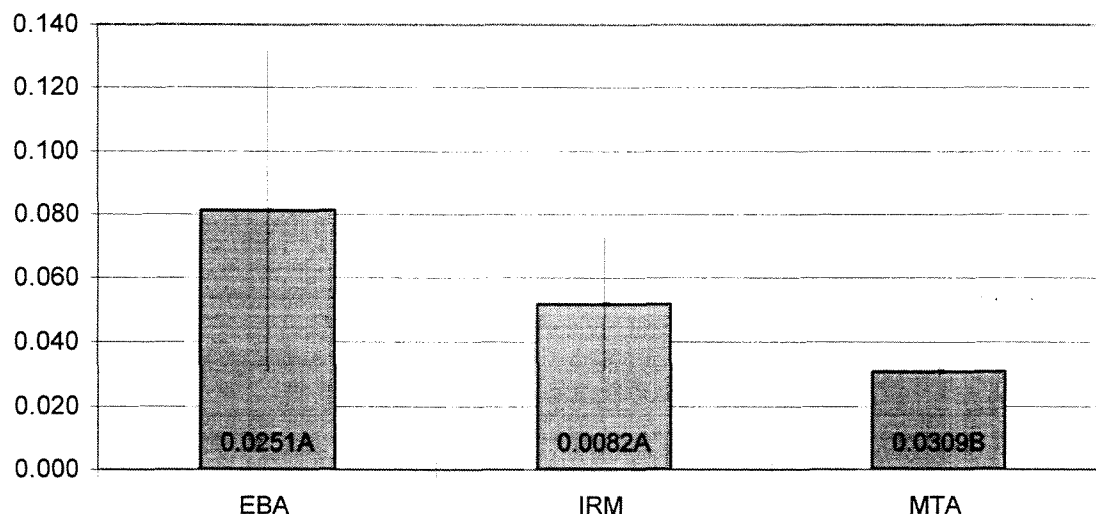


Figura 3. Médias e intervalos de confiança de infiltração de corante nos diferentes materiais estudados. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey com nível de significância alfa de 5% ($\alpha=0,05$).

Observa-se que há um grande compartilhamento dos intervalos de confiança dos tratamentos EBA e IRM, com isto, apesar da aparente diferenças de médias não se tem indícios de diferenças significativas entre elas.

O tratamento MTA já apresenta média bastante inferior e com intervalo de confiança bem mais estreito em torno desta média.

Em vista da inexistência de efeito significativo do fator acabamento ou da interação deste fator com o material, não é correta a comparação de médias através do teste de Tukey, em vista disto, apenas listam-se as estatísticas simples para comparação das médias na Tabela 6.

Tabela 6. Comparação de médias e desvio padrão do fator acabamento.

Acabamento	Média	Desvio padrão	Desvio padrão da média	Intervalos de confiança (95%)	
				Inferior	Superior
Broca 30L	0.0593	0.1180	0.0226	0.0128	0.1060
Broca Zekrya	0.0345	0.0073	0.0014	0.0316	0.0374
Brunimento	0.0703	0.0766	0.0148	0.0399	0.1010

A Figura 4 ilustra a comparação das médias através dos intervalos de confiança (95%) calculados para as médias.

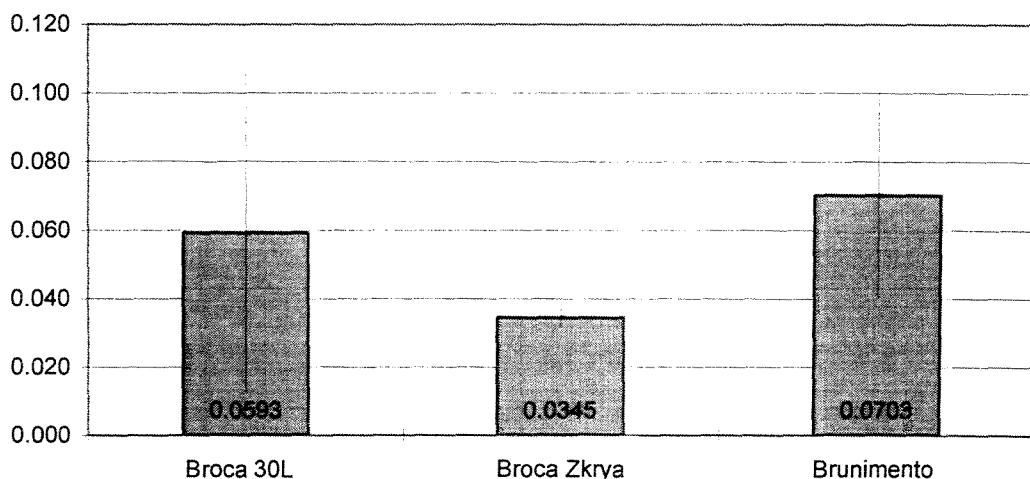


Figura 4. Médias e intervalos de confiança de infiltração de corante nos diferentes acabamentos estudados.

Conforme indicado no quadro de análise de variâncias, haveria fracos indícios de que haveria diferença entre pelo menos dois dentre os acabamentos ($p < 0,10$). A média do acabamento com Broca Zekrya é quase significativa.

Finalmente, foi solicitado um estudo de correlação entre as duas variáveis de resposta (Infiltração de Corante e Área de desajustamento). Para isto foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson listado na Tabela 7.

Tabela 7. Coeficiente de correlação de Pearson e nível de significância para a hipótese de nulidade de ausência de associação entre as variáveis.

Coeficiente de correlação de Pearson.....:	0.55616 (55,61%)
Valor-p para H_0 : Correlação = 0.....:	0.0001

O coeficiente de correção de Pearson indica que há uma associação de 55,61% entre as variáveis e que este coeficiente é positivo, ou seja, o acréscimo da quantidade de corante infiltrado está associado com o acréscimo da área de desajustamento.

Essa correlação é altamente significativa apesar do coeficiente ser considerado apenas razoável já que ele é menor que 60%.

A Figura 5 ilustra a associação entre as duas variáveis de resposta analisadas.

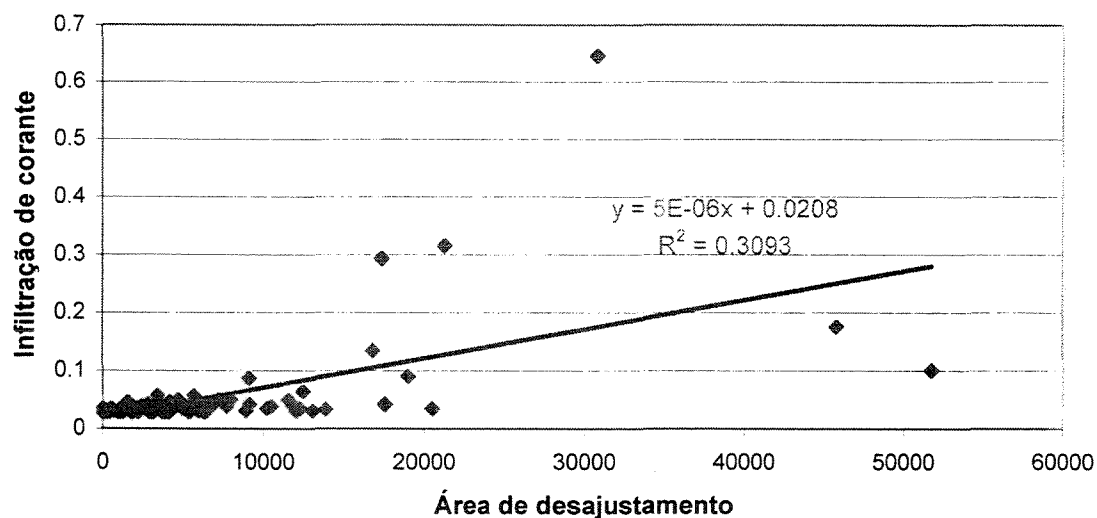


Figura 4. Estudo da associação entre as duas variáveis de resposta avaliadas no experimento (Área de desajustamento e Infiltração do corante).

Observa-se que grande parte do resultado é decorrente da presença de alguns poucos valores com maiores áreas de desajustamento e que podem estar influenciando excessivamente o resultado.

É desejável se lembrar que os dados de infiltração se apresentam com heterogeneidade de variâncias o que, também, é indesejável para uma modelagem desta natureza, devendo-se, preferivelmente se ater à análise do coeficiente de correlação.

Análise de variância

General Linear Models Procedure
Class Level Information

Class	Levels	Values
MATERIAL	3	EBA IRM MTA
ACABAM	3	Broca 30L Broca Zekrya Brunimento

Number of observations in data set = 81

Análise de variância

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: TAREADES

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value
Pr > F				
Model	8	1820.63933346	227.57991668	18.06
0.0001				
Error	72	907.40638349	12.60286644	
Corrected Total	80	2728.04571695		

TAREADES Mean	R-Square	C.V.	Root MSE
11.50272520	0.667379	30.86270	3.55005161

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value
Pr > F				
MATERIAL	2	1391.41807221	695.70903610	55.20
0.0001				
ACABAM	2	179.26924461	89.63462231	7.11
0.0015				
MATERIAL*ACABAM	4	249.95201664	62.48800416	4.96
0.0014				

Análise de variância

General Linear Models Procedure
Least Squares Means

Adjustment for multiple comparisons: Tukey

MATERIAL	ACABAM	TAREADES LSMEAN	LSMEAN Number
EBA	Broca 30L	14.6246420	1
EBA	Broca Zekrya	12.1178217	2
EBA	Brunimento	18.7827183	3
IRM	Broca 30L	12.7088710	4
IRM	Broca Zekrya	11.8955643	5
IRM	Brunimento	16.2641961	6
MTA	Broca 30L	8.7788799	7
MTA	Broca Zekrya	4.4060873	8
MTA	Brunimento	3.9457461	9

Pr > T H0: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)									
i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	.	0.8529	0.2568	0.9650	0.7848	0.9866	0.0219	0.0001	0.0001
2	0.8529	.	0.0048	1.0000	1.0000	0.2602	0.5517	0.0006	0.0002
3	0.2568	0.0048	.	0.0146	0.0031	0.8496	0.0001	0.0001	0.0001
4	0.9650	1.0000	0.0146	.	0.9999	0.4654	0.3282	0.0002	0.0001
5	0.7848	1.0000	0.0031	0.9999	.	0.2006	0.6411	0.0009	0.0003
6	0.9866	0.2602	0.8496	0.4654	0.2006	.	0.0009	0.0001	0.0001
7	0.0219	0.5517	0.0001	0.3282	0.6411	0.0009	.	0.1996	0.1089
8	0.0001	0.0006	0.0001	0.0002	0.0009	0.0001	0.1996	.	1.0000
9	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0003	0.0001	0.1089	1.0000	.

Anexos

Análise de variância

General Linear Models Procedure Class Level Information

Class	Levels	Values
MATERIAL	3	EBA IRM MTA
ACABAM	3	Broca 30L Broca Zekrya Brunimento

Number of observations in data set = 81

Análise de variância

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: TCORANTE

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value
Pr > F				
Model	8	1081311.59972272	135163.94996534	5.26
0.0001				
Error	72	1851058.43037951	25709.14486638	
Corrected Total	80	2932370.03010223		

	R-Square	C.V.	Root MSE
TCORANTE Mean	0.368750	38.74690	160.34071494
413.81561852			

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value
Pr > F				
MATERIAL	2	731830.55162568	365915.27581284	14.23
0.0001				
ACABAM	2	146920.77652114	73460.38826057	2.86
0.0640				
MATERIAL*ACABAM	4	202560.27157591	50640.06789398	1.97
0.1083				

Análise de variância

General Linear Models Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: TCORANTE

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but
generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 72 MSE= 25709.14
Critical Value of Studentized Range= 3.384
Minimum Significant Difference= 104.43

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping Mean N MATERIAL

A	545.63	27	MTA
B	370.76	27	IRM
B	325.06	27	EBA

Estatísticas Descritivas

MATERIAL	N Obs	Variable	Label	Mean	Std Dev	Std Error
EBA	27	AREADES	Area de desdaptação (um2)	11860	12814	2466
		CORANTE	Infiltração de corante	0.0813	0.128	0.0246
IRM	27	AREADES	Area de desdaptação (um2)	7323	4920	946.9
		CORANTE	Infiltração de corante	0.0519	0.0528	0.0102
MTA	27	AREADES	Area de desdaptação (um2)	1105	1502	289.0
		CORANTE	Infiltração de corante	0.0309	0.0048	0.0009

MATERIAL	N Obs	Variable	Label	Lower 95.0% CLM	Upper 95.0%
CLM					
--					
EBA	27	AREADES	Area de desdaptação (um2)	6791	
16929		CORANTE	Infiltração de corante	0.0308	
0.132					
IRM	27	AREADES	Area de desdaptação (um2)	5377	
9269		CORANTE	Infiltração de corante	0.031	
0.0728					
MTA	27	AREADES	Area de desdaptação (um2)	510.4	
1699		CORANTE	Infiltração de corante	0.029	
0.0328					
--					

Estatísticas Descritivas

ACABAM	N Obs	Variable	Label	Mean	Std Dev	Std Error
Error						
-						
Broca 30L	27	AREADES	Area de desdaptação (um2)	5491	6078	
1170		CORANTE	Infiltração de corante	0.0593	0.118	
0.0226						
Broca Zekrya	27	AREADES	Area de desdaptação (um2)	3272	3114	
599.3		CORANTE	Infiltração de corante	0.0345	0.0073	
0.0014						
Brunimento	27	AREADES	Area de desdaptação (um2)	11524	12911	
2485		CORANTE	Infiltração de corante	0.0703	0.0766	
0.0148						
-						

ACABAM	N Obs	Variable	Label	Lower 95.0% CLM	Upper 95.0%
CLM					

Broca 30L	27	AREADES	Area de desdaptação (um2)	3087	
7895		CORANTE	Infiltração de corante	0.0128	
0.106					

Anexos

Broca Zekrya	27	AREADES	Area de desdaptação (um2)	2040
4504		CORANTE	Infiltração de corante	0.0316
0.0374				
Brunimento	27	AREADES	Area de desdaptação (um2)	6417
16632		CORANTE	Infiltração de corante	0.0399
0.101				

Estatísticas Descritivas

MATERIAL	ACABAM	N Obs	Variable	Label	Mean	Std Dev	Std Error
EBA	Broca 30L	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	9339	8708	
2903			CORANTE	Infiltração de corante	0.107	0.202	
0.0674							
816.6	Broca Zekrya	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	4517	2450	
0.003			CORANTE	Infiltração de corante	0.0392	0.0089	
5523	Brunimento	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	21723	16570	
0.0315			CORANTE	Infiltração de corante	0.0971	0.0946	
IRM	Broca 30L	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	5399	3191	
1064			CORANTE	Infiltração de corante	0.0371	0.0064	
0.0021							
1137	Broca Zekrya	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	4854	3411	
0.0021			CORANTE	Infiltração de corante	0.0341	0.0062	
1638	Brunimento	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	11715	4913	
0.0283			CORANTE	Infiltração de corante	0.0846	0.0848	
MTA	Broca 30L	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	1735	1223	
407.6			CORANTE	Infiltração de corante	0.0334	0.007	
0.0023							
189.5	Broca Zekrya	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	444.8	568.5	
0.001			CORANTE	Infiltração de corante	0.0302	0.003	
713.0	Brunimento	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	1134	2139	
0.0008			CORANTE	Infiltração de corante	0.0291	0.0024	

Anexos

	MATERIAL	ACABAM	N Obs	Variable	Label	Lower 95.0% CLM
2634	EBA	Broca 30L	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	2646
				CORANTE	Infiltração de corante	-0.048
		Broca Zekrya	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	
				CORANTE	Infiltração de corante	0.0323
		Brunimento	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	8986
				CORANTE	Infiltração de corante	0.0244
2232	IRM	Broca 30L	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	2947
				CORANTE	Infiltração de corante	0.0322
		Broca Zekrya	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	
				CORANTE	Infiltração de corante	0.0293
		Brunimento	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	7939
				CORANTE	Infiltração de corante	0.0194
7.788	MTA	Broca 30L	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	795.0
				CORANTE	Infiltração de corante	0.0281
		Broca Zekrya	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	
				CORANTE	Infiltração de corante	0.0279
		Brunimento	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	-510.2
				CORANTE	Infiltração de corante	0.0273
	MATERIAL	ACABAM	N Obs	Variable	Label	Upper 95.0% CLM
6400	EBA	Broca 30L	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	16033
				CORANTE	Infiltração de corante	0.263
		Broca Zekrya	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	
				CORANTE	Infiltração de corante	0.0461
		Brunimento	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	34460
				CORANTE	Infiltração de corante	0.170
7476	IRM	Broca 30L	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	7852
				CORANTE	Infiltração de corante	0.0421
		Broca Zekrya	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	
				CORANTE	Infiltração de corante	0.0389
		Brunimento	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	15491
				CORANTE	Infiltração de corante	0.150
881.7	MTA	Broca 30L	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	2675
				CORANTE	Infiltração de corante	0.0388
		Broca Zekrya	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	
				CORANTE	Infiltração de corante	0.0325
		Brunimento	9	AREADES	Area de desdaptação (um2)	2778
				CORANTE	Infiltração de corante	0.031

Análise de correlação

Correlation Analysis

1 'WITH' Variables: CORANTE
1 'VAR' Variables: AREADES

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 81

	AREADES
CORANTE	0.55616
Infiltração de corante	0.0001

Anexos

Listagem dos dados para conferência

OBS TCORANTE	ACABAM	NUMERO	MATERIAL	Area de desdaptação (um2)	Infiltração de corante	TAREADES
1	Broca 30L	1	EBA	3169.54	0.028	11.2279
623.901						
2	Brunimento	2	MTA	5349.42	0.028	13.1369
623.901						
3	Brunimento	3	IRM	11809.45	0.042	16.6598
300.712						
4	Broca Zekrya	4	EBA	1552.40	0.046	9.0636
255.291						
5	Broca 30L	5	MTA	2229.30	0.028	10.1030
623.901						
6	Broca 30L	6	IRM	3704.90	0.028	11.7661
623.901						
7	Brunimento	7	MTA	307.00	0.028	5.5737
623.901						
8	Brunimento	8	IRM	2933.40	0.028	10.9701
623.901						
9	Broca 30L	9	EBA	30798.50	0.646	22.2105
2.196						
10	Brunimento	10	IRM	7985.95	0.050	14.8149
219.712						
11	Brunimento	11	IRM	17603.02	0.042	18.7792
300.712						
12	Broca Zekrya	12	EBA	6351.29	0.028	13.8312
623.901						
13	Broca Zekrya	13	IRM	4165.60	0.046	12.1872
255.291						
14	Broca 30L	14	EBA	7200.30	0.050	14.3617
219.712						
15	Brunimento	15	IRM	17401.40	0.293	18.7144
9.113						
16	Broca Zekrya	16	MTA	549.90	0.035	6.6387
417.520						
17	Broca 30L	17	IRM	7693.20	0.039	14.6498
343.624						
18	Broca 30L	18	MTA	150.00	0.031	4.4960
519.456						
19	Brunimento	19	EBA	21289.90	0.315	19.8816
7.999						
20	Broca Zekrya	20	MTA	480.40	0.031	6.3750
519.456						
21	Broca Zekrya	21	IRM	12294.10	0.035	16.8620
417.520						
22	Broca 30L	22	MTA	3310.30	0.039	11.3752
343.624						
23	Brunimento	23	MTA	4409.80	0.035	12.3973
417.520						
24	Brunimento	24	IRM	11569.10	0.050	16.5573
219.712						
25	Broca 30L	25	EBA	6363.50	0.042	13.8391
300.712						
26	Broca 30L	26	IRM	6757.90	0.039	14.0911
343.624						
27	Broca Zekrya	27	EBA	5664.10	0.057	13.3641
173.550						
28	Broca Zekrya	28	MTA	684.60	0.031	7.0898
519.456						
29	Broca Zekrya	29	IRM	108.10	0.031	4.0752
519.456						
30	Brunimento	30	EBA	45836.20	0.175	25.0243
23.043						

31	Brunimento	31	EBA	51736.50	0.101	25.9501
61.976						
32	Brunimento	32	MTA	0.00	0.031	0.0000
519.456						
33	Broca Zekrya	33	MTA	0.00	0.028	0.0000
623.901						
34	Broca 30L	34	IRM	2582.00	0.035	10.5581
417.520						
35	Brunimento	35	MTA	0.00	0.028	0.0000
623.901						
36	Broca 30L	36	EBA	10512.50	0.039	16.0884
343.624						
37	Brunimento	37	IRM	16810.00	0.134	18.5213
37.257						
38	Broca Zekrya	38	EBA	3832.50	0.039	11.8862
343.624						
39	Broca Zekrya	39	MTA	112.30	0.028	4.1221
623.901						
40	Broca Zekrya	40	IRM	5949.50	0.031	13.5626
519.456						
41	Broca 30L	41	MTA	1022.30	0.028	7.9960
623.901						
42	Broca 30L	42	EBA	5803.60	0.046	13.4620
255.291						
43	Broca 30L	43	MTA	2780.10	0.042	10.7949
300.712						
44	Broca 30L	44	IRM	4976.00	0.042	12.8548
300.712						
45	Broca Zekrya	45	EBA	2408.10	0.039	10.3396
343.624						
46	Broca 30L	46	MTA	1290.00	0.028	8.5739
623.901						
47	Broca Zekrya	47	IRM	6845.50	0.042	14.1456
300.712						
48	Brunimento	48	MTA	0.00	0.028	0.0000
623.901						
49	Brunimento	49	EBA	1865.00	0.028	9.5764
623.901						
50	Broca Zekrya	50	MTA	0.00	0.028	0.0000
623.901						
51	Brunimento	51	IRM	9100.30	0.087	15.4070
81.071						
52	Brunimento	52	EBA	12494.80	0.064	16.9441
140.889						
53	Broca 30L	53	IRM	4716.40	0.050	12.6498
219.712						
54	Broca 30L	54	MTA	3391.80	0.046	11.4585
255.291						
55	Brunimento	55	EBA	19002.5	0.090	19.2151
76.272						
56	Brunimento	56	MTA	140.0	0.028	4.4039
623.901						
57	Broca Zekrya	57	EBA	5545.7	0.039	13.2797
343.624						
58	Broca Zekrya	58	IRM	3861.7	0.028	11.9133
623.901						
59	Brunimento	59	EBA	20485.7	0.035	19.6533
417.520						
60	Broca 30L	60	EBA	3699.8	0.028	11.7612
623.901						
61	Brunimento	61	EBA	13885.2	0.035	17.4890
417.520						
62	Brunimento	62	IRM	10222.6	0.035	15.9540
417.520						
63	Broca Zekrya	63	EBA	4288.4	0.035	12.2939
417.520						
64	Broca Zekrya	64	MTA	0.0	0.035	0.0000
417.520						

Anexos

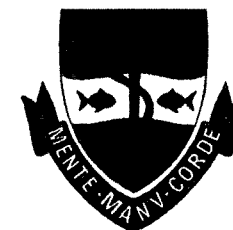
65	Brunimento	65	MTA	0.0	0.028	0.0000
623.901						
66	Broca 30L	66	EBA	3425.4	0.057	11.4925
173.550						
67	Broca 30L	67	IRM	5021.2	0.035	12.8897
417.520						
68	Broca Zekrya	68	EBA	1860.8	0.028	9.5700
623.901						
69	Broca 30L	69	MTA	965.7	0.028	7.8605
623.901						
70	Brunimento	70	MTA	0.0	0.028	0.0000
623.901						
71	Broca Zekrya	71	IRM	4234.6	0.031	12.2474
519.456						
72	Broca 30L	72	IRM	1094.2	0.035	8.1607
417.520						
73	Broca Zekrya	73	MTA	1789.4	0.028	9.4583
623.901						
74	Brunimento	74	EBA	8911.6	0.031	15.3104
519.456						
75	Broca 30L	75	MTA	474.6	0.031	6.3518
519.456						
76	Broca 30L	76	EBA	13080.2	0.031	17.1785
519.456						
77	Broca Zekrya	77	IRM	2078.3	0.035	9.8926
417.520						
78	Broca 30L	78	IRM	12047.4	0.031	16.7598
519.456						
79	Broca Zekrya	79	MTA	386.2	0.028	5.9710
623.901						
80	Broca Zekrya	80	IRM	4150.7	0.028	12.1741
623.901						
81	Broca Zekrya	81	EBA	9150.2	0.042	15.4322
300.712						

6.3. Artigos, cartas de submissão e certificado do Comitê de Ética em Pesquisa.



UNICAMP

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
CERTIFICADO

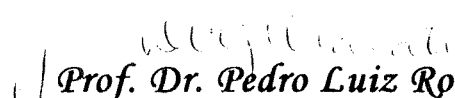


Certificamos que o Projeto de pesquisa intitulado "AVALIAÇÃO DA ADAPTAÇÃO E INFILTRAÇÃO MARGINAL DE MATERIAIS RESTAURADORES RETRÓGRADOS EM CAVIDADES PREPARADAS COM PONTAS ULTRA-SÔNICAS", sob o protocolo nº **149/2001**, do Pesquisador **Eudes Gondim Junior**, sob a responsabilidade do Prof. Dr. **Francisco José de Souza Filho**, está de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 10/10/96, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – FOP.

Piracicaba, 27 de novembro de 2001

We certify that the research project with title "Marginal adaptation and leakage evaluation of root-end filling materials in ultrasonic retrograde cavities", protocol nº **149/2001**, by Researcher **Eudes Gondim Junior**, responsibility by Prof. Dr. **Francisco José de Souza Filho**, is in agreement with the Resolution 196/96 from National Committee of Health/Health Department (BR) and was approved by the Ethical Committee in Resarch at the Piracicaba Dentistry School/UNICAMP (State University of Campinas).

Piracicaba, SP, Brazil, November 27 2001


Prof. Dr. Pedro Luiz Rosalen
Secretário
CEP/FOP/UNICAMP


Prof. Dr. Antonio Bento Alves de Moraes
Coordenador
CEP/FOP/UNICAMP

Editor

Professor PMH Dummer,
Department of Adult Dental Health, Dental School,
University of Wales College of Medicine,
Heath Park, Cardiff CF14 4XY, UK
Telephone and Fax: +44 (0) 2920 742088
Email: IEJeditor@cardiff.ac.uk

Associate Editors

Professor JL Gutmann
Professor PR Wesselink

Assistant Editors

Dr C Reit
Dr J Whitworth

29 July 2002

Dr Eudes Gondim Junior
Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP
Avenida
Limeira, 901
13414-018-Piracicaba - SP
Brazil

Dear Dr Gondim Junior

Manuscript No: 02/0517

Title: Investigation of marginal adaptation of root-end filling materials in ultrasonic retrograde cavities: Scanning Electron Microscopy Analysis

Authors: E Gondim Junior, A-A Zaia, B-F-P-A Gomes, C-C-R Ferraz, F-B Teixeira, F-J Souza-Filho

I am delighted to inform you that your paper has been provisionally accepted for publication in the *International Endodontic Journal* subject to changes being made.

I enclose the reports of the two referees together with a "Marked Copy Version 1" of your original manuscript. Please revise your paper taking into account the points raised by the referees and those annotated in the "Marked Copy Version 1". Please also ensure that in the text and Reference section the authors' names are spelt correctly including any non-English characters where appropriate.

I look forward to receiving two copies of the revised paper together with the "Marked Copy version 1" in due course.

Thank you for submitting your paper to the *International Endodontic Journal*.

With kind regards.

Yours sincerely,



PMH Dummer

Enc Marked copy
Referee reports
Label

