

Faculdade de Odontologia de Piracicaba

UNICAMP

UNICAMP

BIBLIOTECA CENTRAL

SEÇÃO CIRCULANTE

Cristiane Mariote Amaral

Cirurgiã-Dentista

AVALIAÇÃO DA MICROINFILTRAÇÃO MARGINAL E DA  
DUREZA DE RESTAURAÇÕES CLASSE II DE RESINA  
COMPOSTA, UTILIZANDO DOIS SISTEMAS DE  
POLIMERIZAÇÃO E DUAS TÉCNICAS RESTAURADORAS

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Odontologia de Piracicaba, da Universidade  
Estadual de Campinas, para obtenção do título  
de Mestre em Clínica Odontológica, área de  
Concentração Dentística.

Piracicaba

2001



Faculdade de Odontologia de Piracicaba

UNICAMP

Cristiane Mariote Amaral

Cirurgiã-Dentista

AVALIAÇÃO DA MICROINFILTRAÇÃO MARGINAL E DA  
DUREZA DE RESTAURAÇÕES CLASSE II DE RESINA  
COMPOSTA, UTILIZANDO DOIS SISTEMAS DE  
POLIMERIZAÇÃO E DUAS TÉCNICAS RESTAURADORAS

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de Mestre em Clínica Odontológica, área de Concentração Dentística.

Orientador: Prof. Dr. Luiz André Freire Pimenta

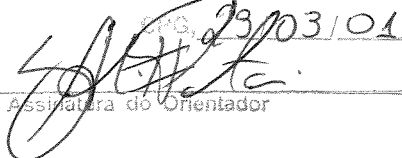
Banca Examinadora:

Prof. Dr. Walter Gomes Miranda Júnior

Profa. Dra. Giselle Maria Marchi Baron

Prof. Dr. Luiz André Freire Pimenta

Este exemplar foi devidamente corrigido,  
de acordo com a Resolução CCPG-036/83

CCPG, 23/03/01  
  
Assinatura do Orientador

Piracicaba

2001

### Ficha Catalográfica

Amaral, Cristiane Mariote.  
Am13a Avaliação da microinfiltração marginal e da dureza de restaurações classe II de resina composta, utilizando dois sistemas de polimerização e duas técnicas restauradoras. / Cristiane Mariote Amaral. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2001.  
xvi, 106p. : il.

Orientador : Prof. Dr. Luiz André Freire Pimenta.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

I. Infiltração. 2. Resinas compostas. 3. Restaurações (Odontologia). I. Pimenta, Luiz André Freire. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

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

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais, Edione e Olavo, que se empenharam muito para a minha formação, sempre me estimulando. Agradeço a vocês e ao Eduardo, meu irmão, pelo carinho e pelo apoio sempre presentes em minha vida.

E ao meu marido Charles, que compartilha esta vitória comigo. Em você encontrei segurança e carinho, que me dão forças para continuar, sempre.

A vocês, que se alegram e vibram comigo a cada conquista, dedico este trabalho!

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS agradeço o dom da vida e o amor que tem demonstrado por mim. Agradeço ainda porque tem guiado meu passos e tem sido meu refúgio e proteção.

Ao orientador, Prof. Dr. Luiz André Freire Pimenta, que é exemplo de perseverança e competência, agradeço pelos conhecimentos transmitidos, pela confiança e pelo incentivo constante. Ao amigo, que encontrei em você, agradeço a compreensão e o carinho em todos os momentos.

À amiga Ana Karina, agradeço pelos momentos felizes que passamos juntas e pelo conforto nos momentos difíceis. Agradeço também pela excelente companheira de trabalho.

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, na pessoa do Prof. Dr. Antonio Wilson Sallum (Diretor) e do Prof. Dr. Frab Norberto Bóscolo (Diretor Associado), instituição onde tive o privilégio de concluir a graduação e ainda continuar estudando.

À Profa. Dra. Altair A. Del Bel Cury, coordenadora geral do curso de pós-graduação e à Profa. Dra. Brenda Paula Figueiredo A. Gomes, coordenadora do curso de pós-graduação em Clínica Odontológica, exemplos de dedicação e seriedade.

À FAPESP, pelo incentivo à pesquisa e pela concessão de bolsa de estudos (Processo 99/00439-3).

Aos professores da Área de Dentística, especialmente à Profa. Dra. Giselle Maria Marchi Baron e à Profa. Dra. Mônica Campos Serra, pelo incentivo e pela amizade que cultivamos nesse período.

Aos professores membros da banca de qualificação, Marcelo Gianinni, Lourenço Correr Sobrinho e Mário Alexandre Coelho Sinhoreti, que contribuíram muito para a elaboração deste trabalho, e aos professores membros da banca da Tese, pela disponibilidade e colaboração.

À Profa. Dra. Gláucia Maria Boni Ambrosano pela competência na realização da análise estatística e pela orientação.

Aos funcionários da Área de Dentística, Carol e Reinaldo, pela colaboração nesse período.

Às estagiárias Carol e Vanessa, pela agradável companhia e pelos trabalhos que realizamos juntas, e a todos os colegas da pós-graduação, Anderson, Ciça, Vicente, André, Roberta e Camila.

Especialmente aos amigos Guto, Mirela e Ana Karina, que participaram deste trabalho como examinadores, e que enriqueceram minha vida com sua convivência, cheia de alegria e gestos de carinho.

A todos, que de alguma forma contribuíram para o meu desenvolvimento:  
MUITO OBRIGADA!

## SUMÁRIO

<b>Lista de siglas, abreviaturas e palavras em outro idioma</b>	<b>1</b>
<b>RESUMO</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>5</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>11</b>
<b>2.1. Microinfiltração Marginal</b>	<b>11</b>
<b>2.2. Dentes Bovinos</b>	<b>20</b>
<b>2.3. Técnica Restauradora</b>	<b>23</b>
<b>2.4. Polimerização e Dureza das Resinas Compostas</b>	<b>34</b>
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>55</b>
<b>3.1. Análise da Microinfiltração Marginal</b>	<b>55</b>
<b>3.2. Análise da Microdureza</b>	<b>64</b>
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>69</b>
<b>4.1. Resultados da Análise da Microinfiltração Marginal</b>	<b>69</b>
<b>4.2. Resultados da Análise da Microdureza</b>	<b>71</b>
<b>5. DISCUSSÃO</b>	<b>73</b>
<b>6. CONCLUSÃO</b>	<b>85</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>87</b>
<b>OBRAS CONSULTADAS</b>	<b>97</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>99</b>



## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E PALAVRAS EM OUTRO IDIOMA

°C	graus Celsius
Ca <sup>45</sup>	cálcio 45, isótopo do elemento cálcio
DEME 1	grupo restaurado em 1 incremento, polimerizado pela técnica convencional
DEME 3	grupo restaurado em 3 incrementos, polimerizados pela técnica convencional
<i>et al.</i>	e outros (abreviatura de <i>et alii</i> )
<i>in vitro</i>	em laboratório
<i>in vivo</i>	em ser vivo
g	grama
MEV	microscopia eletrônica de varredura
mg	miligrama
min.	minuto
mm	milímetro
MO	mésio-oclusal
MOD	mésio-ocluso-distal
mW/cm <sup>2</sup>	Miliwatts por centímetro quadrado (intensidade de luz)
n	número de corpos-de-prova por grupo
n <sup>o</sup>	número
pH	potencial de hidrogênio
PVC	polivinil cloreto
r.p.m.	rotações por minuto
seg.	segundo
<i>soft-start</i>	pré-polimerização a baixa intensidade de luz seguida pela polimerização final com alta intensidade de luz
SOFT 1	grupo restaurado em 1 incremento, polimerizado pela técnica <i>soft-start</i>
SOFT 3	grupo restaurado em 3 incrementos, polimerizados pela técnica <i>soft-start</i>
%	por cento
µm	micrômetro

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a microinfiltração marginal e a dureza de restaurações classe II de resina composta, usando duas técnicas restauradoras e dois sistemas de polimerização. Foram preparadas 120 cavidades simulando classe II em dentes bovinos, que foram divididas em 4 grupos: DEME 1 – único incremento + polimerização convencional (Optilux 500/DEMETROM); DEME 3 – incrementos vestibulo-linguais + polimerização convencional; SOFT 1 – único incremento + polimerização *soft-start* (Degulux Soft-Start/DEGUSSA); SOFT 3 – incrementos vestibulo-linguais + polimerização *soft-start*. Todas as cavidades foram restauradas com o sistema Single Bond/Z100 (3M). Após a termociclagem (1000 ciclos a 5 e 55 °C), os dentes foram imersos em solução de azul de metileno a 2%, por 4 horas, e a microinfiltração foi avaliada. Metade das amostras foi incluída em resina de poliestireno, polida e a microdureza Knoop foi mensurada. Quanto à microinfiltração, o Teste Exato de Fisher mostrou diferença estatisticamente significativa entre os grupos ( $p < 0,05$ ). Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa (ANOVA) na dureza entre todos os grupos, em qualquer profundidade.

Grupos	Frequência dos Escores					Média de Microdureza		
	0	1	2	3	4	100µm	2500µm	5000µm
DEME 1	54,44	28,89	10	0	6,67	139,20	143,10	150,04
DEME 3	70,11	29,89	0	0	0	140,24	147,19	144,25
SOFT 1	42,53	49,43	7,78	0	3,33	137,26	143,02	143,14
SOFT 3	63,22	33,33	3,33	0	0	143,94	139,61	144,80

A técnica incremental exibiu menor infiltração marginal, independente do sistema de polimerização utilizado. O sistema *soft-start* promoveu polimerização semelhante ao convencional, mas não melhorou o selamento marginal.

**ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate the marginal microleakage and the microhardness of class II composite resin restorations using two restorative techniques and two polymerization systems. One hundred twenty class II cavity were prepared in bovine teeth and it were randomly divided into four groups: DEME 1- Bulk increment + conventional polymerization (Optilux 500/DEMETROM); DEME 3- Bucco-lingual increments + conventional polymerization; SOFT 1- Bulk increment + soft-start polymerization (Degulux Soft-Start/DEGUSSA); SOFT 3- Bucco-lingual increments + soft-start polymerization. All cavities were restored with the Z100/Single Bond system (3M). After thermocycling (1000 cycles at 5 °C and 55 °C), the samples were immersed in methilene blue 2% dye solution, for 4 hours, and the microleakage was evaluated. Half of samples was embedded in polyester resin, polished and the Knoop microhardness was measured. Fisher Exact test showed statistical significant difference of microleakage among groups ( $p < 0,05$ ). No statistical differences (ANOVA) were found for hardness for all groups at any depth.

Groups	Scores frequency					Mean of microhardness		
	0	1	2	3	4	100µm	2500µm	5000µm
DEME 1	54,44	28,89	10	0	6,67	139,20	143,10	150,04
DEME 3	70,11	29,89	0	0	0	140,24	147,19	144,25
SOFT 1	42,53	49,43	7,78	0	3,33	137,26	143,02	143,14
SOFT 3	63,22	33,33	3,33	0	0	143,94	139,61	144,80

Incremental technique showed less leakage, regardless of the polymerization systems used.

The soft-start system provided polymerization similar to conventional system, but could not improved the marginal sealing.

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda por restaurações estéticas e a melhoria das propriedades físicas das resinas compostas permitiram que esse material fosse utilizado para restaurar dentes posteriores (CRIM & CHAPMAN, 1994; APPLEQUIST & MEIERS, 1996). Entretanto, as resinas compostas ainda apresentam algumas limitações, tais como a contração de polimerização, que varia de 1,67% a 5,68%, e o coeficiente de expansão térmica diferente da estrutura dental (CRIM & MATTINGLY, 1981; LUTZ *et al.*, 1986b; DONLY *et al.*, 1987; TJAN *et al.*, 1992; DAVIDSON & FEILZER, 1997).

A ocorrência de microinfiltração entre a resina composta e as paredes cavitárias, como resultado da contração durante a polimerização, constitui a principal desvantagem do uso de resinas compostas (GORACCI *et al.*, 1996). A contração de polimerização contribui para a microinfiltração já que o material é “puxado” para longe da parede cavitária, formando uma fenda de contração (EAKLE & ITO, 1990).

A contração de polimerização tem sido associada com a falta de integridade marginal, deflexão de cúspides, produção de estresse interno e sensibilidade pós-operatória (EICK & WELCH, 1986; KAYS *et al.*, 1991; GODDER *et al.*, 1995; APPLEQUIST & MEIERS, 1996; DAVIDSON & FEILZER, 1997). Vários estudos reportaram que significativo estresse é desenvolvido durante a polimerização das resinas compostas, produzindo forças que podem separar a resina da estrutura dental (DAVIDSON *et al.*, 1984; DONLY *et al.*, 1987; MANDRAS *et al.*, 1991; TJAN *et al.*, 1992; GODDER *et al.*, 1995; APPLEQUIST & MEIERS, 1996; CARVALHO *et al.*, 1996). A sobreposição desse estresse mecânico sobre a união das resinas

compostas é uma das principais causas de falha marginal e subsequente infiltração marginal (DAVIDSON *et al.*, 1984; CARVALHO *et al.*, 1996).

A microinfiltração marginal é definida como a passagem de fluidos, bactérias, moléculas ou íons entre a parede cavitária e o material restaurador (KIDD, 1976). Essa infiltração pode causar alterações de cor do dente, desenvolvimento de cárie secundária, hipersensibilidade do dente restaurado e patologia pulpar (KIDD, 1976; CRIM & CHAPMAN, 1994; ALANI & TOH, 1997; OPDAM *et al.*, 1998). Assim, muita atenção tem sido dada à microinfiltração marginal, que pode levar ao insucesso da restauração, já que o desenvolvimento de cárie secundária é a principal causa de substituição de restaurações (UNTERBRINK & MUESSNER, 1995; CARVALHO *et al.*, 1996; OPDAM *et al.*, 1998).

Em cavidades profundas, a restauração em incrementos pode ser necessária para assegurar a polimerização e tem sido sugerida como um método de minimizar o estresse produzido pela contração da resina composta (EAKLE & ITO, 1990; TJAN *et al.*, 1992). Entretanto, pouca diferença foi observada no estresse causado pela contração de polimerização quando técnicas incrementais foram utilizadas, sendo que menor estresse de contração foi produzido pela técnica restauradora de incremento único (VERSLUIS *et al.*, 1996; JEDRYSCHOWSKI *et al.*, 1998).

O grau de conversão, que está relacionado com a intensidade de luz e com o tempo de exposição, também é um fator importante para maior longevidade da restauração. No entanto, quanto maior a conversão, maior a contração de polimerização (FEILZER *et al.*, 1995).

As unidades de fotopolimerização convencional, que imediatamente proporcionam a máxima intensidade de luz, aumentam rapidamente a viscosidade da resina composta, limitando severamente o escoamento (GORACCI *et al.*, 1996). Tem sido mostrado experimentalmente que a lenta reação de polimerização das resinas compostas causa menos dano à interface da restauração, por aumentar o escoamento do material, diminuindo o estresse de contração de polimerização (FEILZER *et al.*, 1995; UNTERBRINK & MUESSNER, 1995; MEHL *et al.*, 1997).

A polimerização das resinas compostas com baixa intensidade de luz e a polimerização *soft-start* parecem aumentar a integridade marginal das restaurações em resina composta (FEILZER *et al.*, 1995; MEHL *et al.*, 1997), sem comprometer a polimerização do material (UNTERBRINK & MUESSNER, 1995; MEHL *et al.*, 1997).

O objetivo deste trabalho foi avaliar qualitativamente a microinfiltração marginal de restaurações classe II em resina composta, realizadas com a técnica de incremento único ou de incrementos vestibulo-linguais, empregando a polimerização convencional ou *soft-start*, bem como avaliar a dureza do material restaurador para as técnicas empregadas.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. Microinfiltração Marginal

Muitas técnicas têm sido usadas para testar as propriedades de selamento de restaurações. Os estudos *in vitro* incluem o uso de corantes, traçadores químicos, isótopos radioativos, ar pressurizado, bactéria, análise de nêutron ativado, MEV, cárie artificial e condutibilidade elétrica.

GOING, em 1972, publicou uma revisão sobre a microinfiltração na interface dente-restauração. Foi discutido o uso de isótopos radioativos, corantes, bactérias, pressão de ar, percolação marginal, MEV e análise de nêutron ativado. Comentou-se que o uso de corantes é o método mais antigo e mais usado, sendo utilizados corantes como: eosina, azul de metileno, anilina, fucsina básica, violeta cristal e corantes fluorescentes, entre outros. A MEV permite a observação visual direta da adaptação marginal do material restaurador, mas essa técnica tem um potencial para a introdução de artefatos durante a preparação dos espécimes. Dentre as técnicas discutidas, o autor ainda comentou sobre as que ele acreditava que seriam utilizadas em investigações futuras de microinfiltração.

A microinfiltração foi definida por KIDD, em 1976, como a passagem de bactérias, fluidos, moléculas ou íons entre a parede cavitária e o material restaurador. Nesse trabalho foram discutidas muitas técnicas desenvolvidas para testar as propriedades de selamento de restaurações, *in vitro* e *in vivo*. Essas técnicas incluíam o uso de corantes, isótopos radioativos, pressão de ar, bactéria, análise de nêutron ativado, indução de cárie

artificial e MEV. Comentou-se ainda que o estresse térmico tem sido freqüentemente incluído no protocolo experimental, simulando as temperaturas encontradas na cavidade bucal, que podem variar de 4 °C a 60 °C. Após essa revisão, concluiu-se que os testes de microinfiltração são muito importantes na avaliação dos materiais restauradores odontológicos.

Existem vários fatores que afetam a infiltração marginal em restaurações de resina composta. O estresse térmico é um dos fatores mais importantes, devido ao alto coeficiente de expansão térmica da resina (MOMOI *et al.*, 1990). Por isso, muitos estudos de infiltração marginal têm incluído a termociclagem no experimento. A termociclagem é definida como o processo *in vitro* que submete uma restauração e o dente a temperaturas extremas, como aquelas encontradas na cavidade oral (ALANI & TOH, 1997).

Em 1981, CRIM & MATTINGLY avaliaram a infiltração marginal em restaurações classe V de resina composta, com margens em esmalte, comparando a técnica de imersão em solução corante por 25 horas a 37 °C, com a técnica de termociclagem em solução corante. Nesse grupo, a termociclagem consistiu em 1500 ciclos de 4 seg. a 60 °C, 23 seg. a 37 °C, 4 seg. a 5 °C e 23 seg. a 37 °C. Para ambos os grupos (n=20) foi empregada solução aquosa de fucsina básica a 0,5%, e a avaliação da infiltração foi realizada com auxílio de microscópio, com aumento de 20 vezes. Os resultados desse estudo demonstraram que, para testar microinfiltração de restaurações, a termociclagem é o procedimento mais efetivo, além de ser superior ao estudo com temperatura estática.



A efetividade de quatro técnicas de termociclagem foi comparada por CRIM *et al.*, em 1985, usando fucsina básica ou  $\text{Ca}^{45}$  como traçadores. Foram utilizados 50 pré-molares extraídos, nos quais foram realizadas restaurações classe V em resina composta, nas faces mesial e distal. Em seguida foram comparadas as seguintes técnicas de termociclagem: 1A – termociclagem a 60 °C e 12 °C por 4 seg., com banhos intermediários a 37 °C por 23 seg., em solução aquosa de fucsina básica a 0,5%; 2A – imersão no corante por 24 horas após o término da termociclagem (realizada como no grupo 1A); 1B - termociclagem a 60 °C e 12 °C por 30 seg., sem banho intermediário, colocando, após a termociclagem, em solução corante por 24 horas; 2B – termociclagem como no grupo 1B seguida por imersão em solução aquosa de  $\text{Ca}^{45}$  por 2 horas. Nesses grupos foram realizados 1500 ciclos, e o grupo controle não foi submetido à termociclagem, só ficou imerso em corante por 24 horas. A análise qualitativa da microinfiltração foi feita em microscópio com 20 vezes de aumento. Os resultados mostraram que os dentes que não foram submetidos ao estresse térmico exibiram infiltração significativamente menor que aqueles que foram submetidos. Não houve diferença significativa entre as técnicas de termociclagem comparadas e também entre o uso de corante ou isótopo. Não foi encontrada diferença na profundidade de penetração do traçador entre os espécimes imersos no traçador durante a termociclagem e aqueles imersos após o estresse térmico.

No mesmo ano, WELSH & HEMBREE realizaram termociclagem com banhos de 1 min. a 4 °C e a 58 °C por 100 ciclos, quando avaliavam a infiltração marginal de quatro materiais restauradores anteriores, em restaurações simuladas de abrasão/erosão, utilizando o isótopo  $\text{Ca}^{45}$  como traçador. Foi observada maior infiltração na margem em

dentina e extensa infiltração para os materiais Consice, Dent-Mat e Clearfil. O cimento ionomérico Fuji produziu os melhores resultados, com mínima penetração de isótopo na interface dente-restauração.

CRIM & GARCIA-GODOY, em 1987, verificaram a influência do tempo de estocagem e do número de ciclos na avaliação da microinfiltração. Foram realizadas cavidades classe V em 10 pré-molares humanos, nas suas superfícies vestibular e lingual, que foram restauradas com resina composta. Os dentes foram divididos aleatoriamente para testar um dos seguintes métodos: A – após o procedimento restaurador, os dentes foram imediatamente submetidos a 100 ciclos térmicos; B – após o procedimento restaurador, os dentes foram imediatamente submetidos a 1500 ciclos térmicos; C e D – após o procedimento restaurador, os dentes foram estocados em água por 24 horas à temperatura ambiente e submetidos a 100 e 1500 ciclos térmicos respectivamente. Cada ciclo consistiu em 23 seg. a 37 °C, 4 seg. a 54 °C, 23 seg. a 37 °C e 4 seg. a 12 °C. Os dentes foram então imersos em fucsina básica por 24 horas, seccionados e avaliados em lupa estereoscópica. Os resultados demonstraram não haver diferença estatisticamente significativa entre os quatro métodos testados, independente do número de ciclos e se os corpos-de-prova foram ciclados imediatamente após o procedimento restaurador ou armazenados em água por 24 horas.

Utilizando a penetração de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) a 50%, DARBYSHIRE *et al.*, em 1988, avaliaram a efetividade de um agente adesivo e do forramento com cimento de ionômero de vidro em reduzir a infiltração marginal em restaurações classe II, com

margem em cimento, em pré-molares extraídos. Metade da amostra foi submetida à ciclagem de carga e toda a amostra foi termociclada a 5 °C e 55 °C, por 500 ciclos, com banhos de 30 seg., antes da análise da microinfiltração. Essa análise foi linear e os resultados mostraram que todas as restaurações exibiram infiltração marginal, que não foi afetada pela ciclagem mecânica. Tanto o sistema adesivo quanto o forramento com cimento de ionômero de vidro reduziram significativamente a microinfiltração.

O efeito do estresse térmico na microinfiltração marginal de restaurações de resina composta foi investigado por MOMOI *et al.*, em 1990. Nas faces vestibulares dos incisivos bovinos foram realizadas 36 cavidades cilíndricas, que foram restauradas com uma das quatro resinas compostas testadas. A ciclagem térmica foi realizada por 7 semanas (9000 ciclos) e cada ciclo consistiu em banhos de 2 min. a 4 °C e a 60 °C, com banhos intermediários de 1 min. a 37 °C. Durante esse tempo, a condução elétrica entre a polpa e uma gota de solução fisiológica, que cobria a restauração de resina composta, foi medida periodicamente pela aplicação de um potencial elétrico. A infiltração marginal apresentou um aumento significativo em todas as restaurações após 25 ou 50 ciclos. Embora os espécimes com maior infiltração marginal antes da termociclagem tenham mostrado maior aumento na infiltração marginal após o estresse térmico, ao final do experimento todos os materiais mostraram um grau similar de infiltração. Observou-se, ainda, um aumento gradual na infiltração marginal com o aumento do número de ciclos.

No ano seguinte, MANDRAS *et al.* avaliaram os efeitos dos estresses térmico e mecânico sobre a microinfiltração em restaurações de resina composta. Foram realizadas

cavidades classe V na junção cimento-esmalte, nas faces vestibular e lingual de 54 caninos e 8 molares extraídos. Os preparos cavitários realizados nos molares apresentavam maior extensão méso-distal. A termociclagem para os caninos consistiu em banhos a 8 °C e 55°C por 15 seg. e foi usada a solução de fucsina básica a 0,5% para avaliar a infiltração marginal. Foram comparados os seguintes procedimentos: termociclagem em solução corante por 250 ciclos; termociclagem em solução corante por 1000 ciclos com estocagem em solução corante a cada 500 ciclos; e termociclagem em água destilada por 1000 ciclos com estocagem em solução corante a cada 500 ciclos. Os molares foram submetidos a ciclos de carga e posteriormente à termociclagem em solução corante por 250 ciclos. A infiltração na margem em esmalte foi significativamente menor que na margem em cimento, para todos os tipos de termociclagem. Para as margens em cimento, não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre 250 e 1000 ciclos, nem entre a termociclagem em solução corante ou em água destilada. Os molares, submetidos ao estresse oclusal, apresentaram significante maior infiltração que os caninos, no entanto os autores acreditam que isso possa ser devido ao aumento na extensão méso-distal da cavidade.

Em uma revisão da literatura, TAYLOR & LYNCH, em 1992, discutiram sobre as técnicas de avaliação de microinfiltração marginal de restaurações. Essas técnicas incluíam o uso de pressão de ar, bactérias, radioisótopos, análise de nêutron ativado, estudos eletroquímicos, MEV, traçadores químicos e penetração de corantes. Os autores descreveram cada um dos métodos, suas vantagens e desvantagens. Sobre o uso de corantes, comentaram que, embora seja a técnica mais popular, trata-se de uma técnica

altamente sensível, cuja análise é subjetiva. Diferentes corantes podem ser utilizados para avaliação da microinfiltração, em diferentes concentrações.

ROSSOMANDO & WENDT JR., em 1995, avaliaram o efeito de dois diferentes tempos de banho, durante a termociclagem, na análise da infiltração de três materiais restauradores adesivos. Foram realizados 90 preparos classe V na junção amelo-cementária, que foram restaurados com dois sistemas resina composta/adesivo e um amálgama adesivo. Foi realizado condicionamento ácido somente em esmalte, e a resina composta foi inserida em incrementos verticais. Em seguida, os dentes foram divididos em 3 grupos (n = 30): A) os dentes ficaram imersos em fucsina básica a 0,5% por 166 horas, sem termociclagem; B) 5000 ciclos em fucsina básica a 0,5% com banhos de 5 °C e 55 °C por 10 seg.; C) 5000 ciclos em fucsina básica a 0,5% com banhos de 5 °C e 55 °C por 60 seg. As margens em cimento foram avaliadas em estereomicroscópio e classificadas em escores de 0 a 3. Não foi observada diferença significativa na extensão da penetração de corante para as restaurações de resina composta termocicladas quando comparadas com restaurações de resina composta não termocicladas. Para as restaurações de amálgama houve significativa maior infiltração do corante para as restaurações termocicladas quando comparadas às não termocicladas.

Em uma revisão da literatura, ALANI & TOH, em 1997, comentaram sobre as técnicas usadas para testar as propriedades de selamento marginal e discutiram o uso de corantes, traçadores químicos, isótopos radioativos, ar pressurizado, análise de nêutron ativado, MEV, cárie artificial e condutibilidade elétrica para estudos *in vitro*. Os autores

afirmaram que a técnica de imersão em corante é um dos métodos mais antigos e mais comuns para detectar a infiltração marginal. As concentrações de corante e o tempo de imersão variam, e os corantes mais usados são o azul de metileno e a fucsina básica. Dentre os traçadores químicos, o nitrato de prata a 50% é o mais comumente usado para medir a microinfiltração, sendo, no entanto, um teste severo, pois o íon prata é extremamente pequeno quando comparado ao tamanho das bactérias. Os autores comentaram, ainda, que a principal desvantagem do uso de corantes ou radioisótopos é que a análise dos resultados é subjetiva e a extensão da microinfiltração demonstrada depende do plano de secção usado para a avaliação. Quanto à ciclagem térmica, foram citadas temperaturas de 0 °C a 68 °C, e o tempo de imersão em soluções quente e fria tem variado entre 10 seg., 15 seg., 30 seg., 60 seg. ou 120 seg. Os autores concluíram que nenhum dos métodos para detecção de microinfiltração é ideal, mas provavelmente o método mais prático, que demonstra um grau aceitável de confiabilidade, é a penetração de traçadores.

A influência da localização da margem próximo-cervical sobre a adaptação marginal de restaurações de resina composta foi investigada, *in vitro*, por SCHUCKAR & GEURTSSEN, em 1997. Foram realizados preparos classe II MOD em 60 molares, com margens a 1 mm ou a 0,5 mm da junção cimento-esmalte, margens na junção cimento-esmalte e margens 0,5 mm além da junção cimento-esmalte. Todas as cavidades foram restauradas com resina composta híbrida, e em metade das cavidades com margem em cimento foi aplicado adesivo dentinário. Metade das restaurações foram termocicladas a 5°C e 55 °C, por 2000 ciclos, enquanto a outra metade foi imediatamente avaliada. A adaptação e o selamento próximo-cervical foram determinados antes e após a

termociclagem, através de MEV e penetração de corante. Observou-se que a adaptação próximo-cervical foi estatisticamente dependente da posição da margem. O selamento marginal de restaurações com margem a 1 mm da junção cimento-esmalte foi excelente antes e após a termociclagem, enquanto todos os outros grupos revelaram significativa deterioração na integridade marginal após a termociclagem. O uso de adesivo dentinário melhorou significativamente o selamento marginal em cavidades na junção cimento-esmalte antes e após a termociclagem. Em cavidades 0,5 mm apical à junção cimento-esmalte, o adesivo dentinário melhorou a adaptação marginal somente antes da termociclagem.

PIMENTA, em 1999, avaliou a microinfiltração em restaurações classe II em resina composta, empregando a técnica com incremento único ou com 3 incrementos, e comparou dois sistemas adesivos: um de frasco único e um autocondicionante. Foram preparadas 120 cavidades, com margem gengival em dentina, que foram divididas aleatoriamente nos 4 grupos formados, para a execução das restaurações. Após o polimento, os dentes foram termociclados a 5 e 55 °C por 60 seg., por 1000 ciclos. Em seguida os dentes foram imersos em solução corante de azul de metileno a 2 %, por 4 horas, e a avaliação da microinfiltração foi realizada. Os resultados mostraram não haver diferença estatisticamente significativa entre as diferentes técnicas empregadas.

## 2.2. Dentes Bovinos

Muitos pesquisadores usam dentes humanos extraídos para avaliar materiais restauradores (EAKLE & ITO, 1990; COLI & BRÄNNSTRÖM, 1993; WILSON, 1993; CRIM & CHAPMAN, 1994; GODDER *et al.*, 1995; DIETSCHI *et al.*, 1995). No entanto, dentes humanos extraídos tornaram-se incrivelmente difíceis de serem obtidos devido à evolução da odontologia preventiva, que possibilitou a manutenção dos dentes na cavidade bucal. Assim, muitos estudos já estão utilizando dentes bovinos.

Com o objetivo de encontrar um substituto para os dentes humanos, em testes de adesão, NAKAMICHI *et al.*, em 1983, avaliaram a resistência adesiva dos dentes bovinos, comparando à dos dentes humanos. Para isso, foram usados 5 cimentos dentais e 2 resinas compostas. Também foi avaliada a morfologia dos substratos de esmalte e dentina de dentes humanos e bovinos através da MEV. Os resultados não mostraram diferença estatisticamente significativa entre os dentes bovinos e humanos para a adesão ao esmalte e à dentina superficial, embora os valores médios tenham sido suavemente menores para os dentes bovinos. A adesão à dentina bovina diminuiu consideravelmente em dentina profunda. Assim, concluíram que os dentes bovinos são passíveis de uso nos testes de adesão como substitutos para os dentes humanos, pelo uso do esmalte e da camada superficial de dentina.

RUSE & SMITH, em 1991, utilizaram dentes bovinos em um estudo, com o objetivo de caracterizar a superfície dentinária, determinar os efeitos de diferentes pré-condicionamentos na composição elemental da superfície dentinária e investigar a interação



entre a dentina e o adesivo dentinário Scotchbond. Os métodos utilizados para a análise da superfície foram a espectroscopia foto-elétron por raios-x, a espectrometria da massa de íon secundário, e a MEV foi usada para caracterizar a morfologia superficial. Foi observado que a composição elemental da *smear layer* foi similar à da dentina. A limpeza com peróxido de hidrogênio não produz nenhuma modificação na composição elemental da superfície dentinária, enquanto o condicionamento ácido leva à quase completa desmineralização da dentina, deixando uma superfície altamente orgânica. Os resultados sugeriram que os sistemas adesivos que usam condicionamento ácido deveriam ser baseados em agentes hábeis a interagir com os componentes orgânicos da dentina, e os agentes adesivos, que contam com a reação de quelação do cálcio, não têm muita probabilidade de obter sucesso.

No ano seguinte, PUCHETT *et al.* utilizaram dentes bovinos para comparar a microinfiltração em restaurações classe V, utilizando três sistemas resina composta/adesivo, com inserção em incremento único ou com técnica incremental sobre um forramento com cimento de ionômero de vidro. Foram realizados preparos cavitários em 60 dentes bovinos, com margem incisal em esmalte e margem gengival em dentina. O condicionamento ácido foi realizado somente em esmalte, e a resina foi inserida em incremento único e fotopolimerizada por 60 seg. ou em 3 incrementos diagonais com fotopolimerização por 30 seg. cada incremento. Após a termociclagem, os dentes ficaram imersos em solução de  $\text{Ca}^{45}$  por 2 horas. Os dentes foram seccionados e produziram autoradiografias, sendo classificada a infiltração em escores de 0 a 3. A margem gengival mostrou significativa maior infiltração que a margem em esmalte para todos os materiais

testados. A resina composta Pertac Hybrid exibiu significante maior infiltração que Herculite XR ou P50. A diferença entre a microinfiltração da técnica de incremento único e a técnica incremental só foi significante para a resina composta P50, em que a técnica incremental exibiu significante menor infiltração que a técnica de incremento único.

O objetivo de REEVES *et al.*, em 1995, foi avaliar a microinfiltração marginal de três sistemas adesivos e se os dentes bovinos são substratos comparáveis aos dentes humanos quando a microinfiltração de vários materiais é estudada. Para isso foram preparadas 60 cavidades, sendo 30 em dentes humanos e 30 em dentes bovinos. Os adesivos avaliados foram Scotchbond Multi-Purpose, Prisma Universal Bond 3 e All Bond 2, sendo todos os preparos restaurados com a mesma resina composta. Após o término das restaurações, as mesmas foram submetidas à termociclagem a 4 °C e 58 °C, e posteriormente ficaram imersas por 2 horas em isótopo  $Ca^{45}$ . Os dentes foram seccionados e colocados em filme de raios-x para produzir auto-radiografias, e classificados em escores. Quanto ao substrato utilizado, não foi encontrada diferença estatisticamente significante entre o comportamento de infiltração dos substratos humano e bovino. Esses resultados suportam o uso de dentes bovinos para estudos *in vitro* de microinfiltração.

No mesmo ano, BRACKETT *et al.* utilizaram dentes bovinos para avaliar a microinfiltração marginal de três materiais restauradores ionoméricos em cavidades classe V. Após a termociclagem, a avaliação da microinfiltração marginal foi realizada através da imersão dos dentes em solução de azul de metileno a 10%, por 4 horas. Não foi observada severa infiltração marginal, e suave infiltração foi raramente observada, não havendo

diferença estatisticamente significante entre os materiais usados. Os autores justificaram o uso de dentes bovinos por serem mais facilmente coletados, por apresentarem idade mais uniforme e oferecerem menor risco de transmissão de doenças infecciosas. Apesar dos dentes bovinos exibirem significante maior microinfiltração que os dentes humanos, eles foram considerados substitutos aceitáveis para estudos laboratoriais.

### 2.3. Técnica Restauradora

LUTZ *et al.* (b), em 1986, realizaram um trabalho com o propósito de desenvolver uma técnica incremental para melhorar a adaptação marginal em restaurações classe II em resina composta. Foi comparada a utilização ou não de base de ionômero de vidro, seguida ou não de condicionamento ácido, utilizando a técnica de polimerização indireta em três locais. Essa técnica consiste na inserção de um incremento horizontal na parede gengival com polimerização indireta através da cunha reflexiva, um segundo incremento vertical é inserido e polimerizado de uma direção vestibular, enquanto o terceiro de uma posição lingual. Para todos os grupos foram utilizados o mesmo adesivo e resina composta. A micromorfologia da interface dente-restauração foi observada antes e após estresse térmico e mecânico, e o selamento marginal foi avaliado através da penetração de corante. A técnica de polimerização em três locais demonstrou a melhor adaptação marginal e resistência ao estresse quando foi aplicada a base de ionômero de vidro sem posterior condicionamento ácido (condicionamento só em esmalte).

Na tentativa de minimizar a sensibilidade pós-operatória em restaurações de resina composta, as técnicas incrementais têm sido propostas. EICK & WELCH, em 1986, compararam a formação de fendas em restaurações MO de resina composta, através de MEV, utilizando as técnicas de incremento único, incrementos horizontais e incrementos vestibulo-linguais. Foram evidentes a contração de polimerização e a produção de fendas nas superfícies oclusal e proximal quando a técnica de incremento único foi utilizada. Essa grande quantidade de fendas suporta a ocorrência de sensibilidade pós-operatória em restaurações realizadas com a técnica de incremento único. Na técnica de incrementos horizontais foi observado excelente contato na parede gengival. No entanto, nas faces vestibular e lingual foram formadas significantes fendas na resina composta e no esmalte, demonstrando a possibilidade de sensibilidade pós-operatória. A técnica de incrementos vestibulo-linguais produziu a melhor adaptação marginal e a menor quantidade de contração de polimerização dentre todas as técnicas testadas. Nessa técnica a resina mostrou-se bem adaptada ao dente, houve a ausência de fendas na área proximal e não ocorreu contração de polimerização generalizada. Assim, para diminuir a sensibilidade pós-operatória, foi sugerida a inserção da resina composta em incrementos vestibulo-linguais.

No ano seguinte, POLLACK discutiu sobre a sensibilidade pós-operatória observada em dentes posteriores restaurados com resina composta e suas possíveis causas. Entretanto, mostrou que suas maiores preocupações eram a contração de polimerização, a produção de fendas de contração e microinfiltração nas margens cervicais. O autor discutiu ainda sobre o vetor de contração de várias técnicas incrementais, partindo do pressuposto de que as resinas compostas contraem em direção à luz. Nesse trabalho foi sugerida uma

nova técnica para restaurações classe II em resina composta, em que foram aplicados incrementos triangulares, com fotopolimerização através de cunha reflexiva para que a contração fosse em direção às paredes gengival, lingual e vestibular.

HASSAN *et al.*, em 1987, também sugeriram um método alternativo para restaurar preparos classe II em resina composta. Os autores comentaram que a técnica incremental é recomendada, mas apresenta três camadas de material, sendo que a interface entre as camadas é irregular. Para evitar este efeito de “camadas” foi sugerida uma técnica modificada, em que o primeiro incremento cobre toda a parede gengival e se estende pela parte interna da matriz, dando o contorno proximal. O segundo incremento cobre a parede pulpar, estendendo-se até a proximal, e o terceiro preenche a porção oclusal, utilizando matriz metálica e cunha de madeira. Essa técnica modificada, observada em microscópio com 20 vezes de aumento, mostrou produzir um contorno proximal sem o efeito de “camadas”.

Quantificando a deflexão de cúspides, DONLY *et al.*, em 1987, compararam três diferentes técnicas de inserção e polimerização de restaurações classe II em resina composta, *in vivo*. As cavidades foram preparadas em 30 segundos molares decíduos, e uma das técnicas a seguir foi usada para cada restauração: inserção em um único incremento, inserção em 2 incrementos gêngivo-oclusais e inserção em 2 incrementos vestibulo-linguais. Um medidor foi colocado nas cúspides vestibular e lingual, e impressões foram feitas antes e após as restaurações. Fotomicrografias foram projetadas e avaliadas por três examinadores. Os resultados indicaram que a inserção da resina composta em

incrementos vestibulo-linguais produziu uma significativa menor deflexão de cúspides (5,2  $\mu\text{m}$ ) que as técnicas de inserção em incremento único (19,7  $\mu\text{m}$ ) e em incrementos gengivo-oclusais (14,7  $\mu\text{m}$ ), não sendo observada diferença estatisticamente significativa entre as duas últimas técnicas.

A fim de avaliar os efeitos de diferentes técnicas incrementais de inserção da resina composta na extensão da microinfiltração, EAKLE & ITO, em 1990, realizaram um estudo utilizando 40 molares extraídos, onde foram realizados preparos classe II MOD. Nas faces mesiais, as margens gengivais foram preparadas em esmalte, e nas faces distais, em cimento. O condicionamento ácido foi realizado somente em esmalte, e o sistema adesivo foi aplicado. Foram comparadas as técnicas de incremento único; 2 incrementos horizontais na caixa proximal e um na oclusal; 2 incrementos diagonais (o primeiro se estendia da linha do ângulo axiopulpar a 1 mm do ângulo cavosuperficial da margem gengival) e outro na oclusal; e a técnica de utilização de forramento de ionômero de vidro com restauração em 2 incrementos diagonais e um na oclusal. Após a termociclagem, os dentes ficaram imersos em nitrato de prata a 50%, e a infiltração foi avaliada através de escores. Na margem em esmalte, foi observado que a técnica de inserção diagonal sem forramento apresentou a menor infiltração marginal, no entanto, sem diferença estatística com o grupo em que a resina composta foi inserida em incremento único. Para as margens em cimento, severa infiltração foi observada, independente da técnica de inserção usada.

Em 1992, TJAN *et al.* compararam os efeitos de várias técnicas de inserção na formação de “microfendas” em restaurações classe II em resina composta. Para isso, foram

realizadas cavidades MO com margem em cimento em 25 dentes. Os dentes foram divididos em 5 grupos (n = 5) e receberam um dos tratamentos a seguir: 3 incrementos ocluso-gengivais com fotopolimerização por 30 seg. cada; 3 incrementos oblíquos com fotopolimerização por 30 seg. cada; incrementos vestibulo-lingual com fotopolimerização por 30 seg. cada; incremento único com fotopolimerização por oclusal por 90 seg.; ou incremento único com fotopolimerização por vestibular, lingual e oclusal por 30 seg. cada. Para todos os grupos foi adaptada matriz transparente e cunha reflexiva. Para avaliar a presença de fendas, os dentes ficaram imersos em corante vermelho e foram avaliados em microscópio com micrômetro digital e intensificação da imagem em tela de alta resolução. Os resultados indicaram que a técnica de incremento único polimerizado em 3 direções apresentou significativa maior formação de fendas. No entanto, nenhuma das técnicas incrementais melhorou significativamente a adaptação nas margens gengivais, quando comparada com a técnica de incremento único polimerizado por oclusal. Ainda assim, os autores não recomendam restaurar preparos classe II em incremento único de resina composta devido à incompleta polimerização das resinas, especialmente em cavidades profundas.

Através da penetração de corante, WILSON investigou, em 1993, qual combinação de preparo cavitário e técnica restauradora diminuía a infiltração marginal em restaurações classe II em resina composta. Foram utilizados 45 pré-molares e compararam-se preparos cavitários com sulco na parede axial, com “entalhe” na parede gengival e preparos convencionais, sem adicionar qualquer característica. As restaurações foram realizadas com resina P-50, utilizando as técnicas de incremento único e polimerização por

oclusal, incrementos retangulares também polimerizados por oclusal ou a técnica de incrementos triangulares com polimerização direcional. Os resultados obtidos demonstraram não haver influência do desenho do preparo, da técnica restauradora ou da combinação desenho-técnica sobre a extensão da infiltração marginal.

Em 1993, COLI & BRÄNNSTROM investigaram se a microinfiltração e as fendas de contração poderiam ser prevenidas ou reduzidas, usando quatro diferentes adesivos, em restaurações classe II de resina composta. Os preparos cavitários foram realizados em 80 pré-molares, com margem em cimento, e com canaletas de retenção nas paredes laterais e na parede gengival. Também foram comparadas duas técnicas de inserção da resina composta: aplicação em incremento único com matriz transparente ou em 2 incrementos horizontais, usando matriz metálica. A formação de fendas foi avaliada usando corante fluorescente associado à resina, que é aspirado para dentro da fenda; essas fendas foram observadas e fotomicrografadas com luz ultravioleta refletida, com aumento de 210 vezes. A infiltração foi avaliada após a imersão em solução de azul de toluidina a 0,5 % por 22 a 24 horas. Os adesivos Tokuso Light Bond e Superbond C&B tiveram pobre adaptação: formaram fendas em 90% e 57,5% das restaurações, respectivamente. Em contraste, All-Bond teve uma taxa de 20% de restaurações com falhas e Superbond D-Liner teve taxa de 12,5%. Resultados similares foram obtidos para a aplicação da resina em incremento único polimerizado inicialmente pela área proximal com matriz transparente e com 2 incrementos polimerizados pela superfície oclusal com matriz metálica.



No ano seguinte, CRIM & CHAPMAN, avaliaram, *in vitro*, quatro métodos de redução da microinfiltração marginal em restaurações classe II de resina composta. Foram realizados 40 preparos cavitários, com margens em esmalte. O condicionamento ácido só foi realizado em esmalte, e a técnica de 2 incrementos foi usada para inserção da resina composta. Compararam então, dois sistemas adesivos, o uso de base de ionômero de vidro e a utilização de matriz metálica ou matriz BondAband (tira matriz adesiva que é unida ao dente e se torna parte da restauração). Após a termociclagem, os dentes ficaram imersos em solução de fucsina básica por 24 horas, e foi avaliada a penetração média para cada grupo. Os dentes com base de ionômero de vidro + Prisma Universal Bond 3 exibiram significante menor infiltração que os dentes restaurados somente com a aplicação dos adesivos e uso de matriz metálica, sem diferença, no entanto, com o uso de BondAband + Prisma Universal Bond 3. A infiltração associada com o adesivo DuoBond foi a mais severa em todos os casos. Os dentes em que foi utilizada matriz metálica + Prisma Universal Bond 3 não apresentaram diferença estatística com o grupo onde foi usado BondAband + Prisma Universal Bond 3.

O grau de penetração de corante ao redor de restaurações classe II de resina composta de polimerização dual fotoiniciada foi observado por GODDER *et al.*, em 1995, comparando a técnica restauradora de incrementos oblíquos e a técnica de incremento único. Foram realizados preparos classe II MO em 24 molares extraídos, com margem gengival 1 mm abaixo da junção cimento-esmalte. Foi realizado condicionamento ácido total e inserção da resina composta de acordo com uma das técnicas. Após a restauração, os dentes foram termociclados em banhos de fucsina básica a 0,5% à temperatura de 5 °C e 55

°C por 60 seg. Os dentes foram seccionados e avaliados qualitativamente em microscópio binocular. Ambos os grupos apresentaram microinfiltração limitada e não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os grupos restaurados com a técnica incremental ou com a técnica de incremento único.

DIETSCHI *et al.*, também em 1995, avaliaram a qualidade marginal de restaurações classe II, utilizando dois sistemas restauradores, com a técnica incremental direta ou com a técnica *inlay*. Também foi avaliada a utilização ou não de forramento com cimento de ionômero de vidro ou resina modificada por ionômero de vidro. Foram realizados 120 preparos cavitários classe II, com margem em cimento, e utilizou-se matriz de aço inoxidável para a técnica direta, com incrementos de 1 mm e fotopolimerização por 40 seg. para cada. Foi realizada a termociclagem com banhos de 60 seg. a 5 °C e 55 °C. A avaliação da adaptação marginal foi feita através da observação de réplicas ao MEV, e a avaliação do selamento marginal, através da imersão em corante e observação de três secções do dente em microscópio binocular com aumento de 30 vezes. A técnica restauradora *inlay* exibiu menor infiltração marginal que a técnica direta, na mesma configuração. A associação da resina Z100 e Scotchbond Multi-Purpose exibiu menor infiltração e melhor adaptação marginal que HERC associada com Optbond. Foi observado também que os cimentos de ionômero de vidro e resina modificada por ionômero de vidro, quando utilizados como forramento, aumentaram a infiltração marginal e pioraram a adaptação marginal.

Por acreditar que, aumentando a quantidade de carga das resinas compostas, a contração de polimerização seria diminuída e a integridade marginal seria aumentada, APPLEQUIST & MEIERS, em 1996, avaliaram a infiltração marginal em restaurações classe V, comparando a técnica de incremento único, a técnica de inserção de beta-quartzo dentro da restauração, antes de polimerizar, e a técnica de inserção de resina pré-polimerizada. Foram utilizados 30 molares humanos extraídos com preparos classe V nas faces mesial e distal. O condicionamento ácido foi realizado somente em esmalte, e uma das técnicas restauradoras foi aplicada. Após o procedimento restaurador, os dentes foram termociclados 1000 vezes a 5 °C e 55 °C por 30 seg. e posteriormente imersos em solução de fucsina básica a 0,5% por 24 horas. Os dentes foram seccionados em 4 partes, sendo todas elas avaliadas sob microscópio com aumento de 20 vezes, e classificados em escores de 0 a 3. Os resultados indicaram que, tanto para a margem em esmalte como em dentina, as restaurações com inserção de resina pré-polimerizada tiveram significante maior microinfiltração que as restauradas em incremento único e com inserção de beta-quartzo. Não houve diferença estatisticamente significante na microinfiltração de restaurações em incremento único ou com a inserção de beta-quartzo.

Em 1997, HILTON *et al.* compararam a infiltração marginal em restaurações classe II em resina composta, utilizando diferentes técnicas de inserção. Foram utilizados 20 molares humanos extraídos, que foram preparados nas faces mesial e distal. Os preparos foram restaurados com uma das técnicas: grupo A – aplicação de adesivo, primeiro incremento colocado na parede gengival, segundo e terceiro incremento na vertical, utilizando matriz transparente, cunha reflexiva (técnica preconizada por Lutz *et al.*, 1986) e

resina Bisfil P; grupo B – 3 incrementos horizontais utilizando matriz metálica, cunha de madeira e resina Bisfil P; grupo C – aplicação da mistura adesivo-resina, primeiro incremento com resina autopolimerizável Bisfil-IIB e o segundo com Bisfil P; grupo D – aplicação de adesivo, primeiro incremento com resina autopolimerizável Bisfil-IIB e o segundo com Bisfil P. Foi avaliada a penetração de corante e não foi observada diferença significativa entre os grupos. Em seguida, foi removida a restauração e feita uma análise tridimensional, que revelou maior microinfiltração na margem gengival do que na técnica do seccionamento dental. Ainda assim, não houve diferença entre nenhum dos grupos e não se observou nenhuma vantagem do uso da resina autopolimerizável associada à resina fotopolimerizável.

NEIVA *et al.*, em 1998, avaliaram a infiltração marginal em preparos classe II MOD, restaurados em resina composta, com margens em esmalte e cimento, sendo os dentes montados em um modelo plástico, com dentes naturais adjacentes, para simular a situação clínica. As restaurações foram realizadas com o adesivo Scotchbond Multi-Purpose e resina composta Z100. Foram avaliadas as técnicas de incremento único, 3 incrementos horizontais, 3 incrementos oblíquos e 3 incrementos horizontais utilizando cone colimador, realizando sempre a fotopolimerização por oclusal e utilizando matriz metálica; também foi avaliada a técnica de incrementos oblíquos utilizando matriz transparente e cunha reflexiva, com fotopolimerização pela cunha e por oclusal. As restaurações foram submetidas à termociclagem e ficaram imersas em solução aquosa de fucsina básica a 0,5%. Não foram observadas diferenças significantes na infiltração em margens de esmalte. Para as margens em cimento, a inserção e polimerização incremental

oblíqua com cunha reflexiva e matriz transparente exibiram significante maior infiltração que a técnica incremental oblíqua com matriz metálica e que a técnica incremental horizontal com cone colimador. As técnicas de incremento único e de incrementos horizontais com matriz metálica apresentaram resultados intermediários, sem diferença estatística dos demais grupos.

No mesmo ano, OPDAM *et al.* realizaram um estudo para avaliar a sensibilidade pós-operatória, a infiltração marginal e a presença de excesso de adesivo em restaurações classe II de resina composta. Foram realizadas 144 restaurações em pré-molares indicados para extração, testando três sistemas adesivos (Photo Bond, Scotchbond Multi Purpose e Clearfil Liner Bond 2) e três técnicas restauradoras (2 incrementos inclinados/matriz transparente, 2 incrementos horizontais/matriz metálica e incremento único/matriz metálica). Após seis semanas, a sensibilidade foi avaliada utilizando aplicação de carga, os dentes foram extraídos e submetidos ao teste de infiltração marginal através da imersão em corante. Quanto à microinfiltração cervical, não foi observada diferença estatística, independente do sistema adesivo aplicado ou da técnica restauradora empregada. O adesivo autocondicionante Clearfil Liner Bond 2 exibiu significante maior microinfiltração oclusal que os outros sistemas adesivos. Entretanto, esse adesivo exibiu significante menor sensibilidade pós-operatória que os demais, indicando grande força adesiva à dentina.

#### 2.4. Polimerização e Dureza das Resinas Compostas

A influência do estresse de contração sobre a resistência adesiva foi estudada por DAVIDSON *et al.*, em 1984. Foram utilizadas resina quimicamente ativada e resina fotopolimerizável em modelo linear e tridimensional. No modelo linear, foi utilizado um tensilômetro, e a resina composta foi aplicada a uma superfície plana, enquanto no modelo tridimensional a resina composta foi aderida a mais de uma parede dentinária. O aumento da resistência adesiva foi medido em diferentes intervalos de tempo para comparar com o desenvolvimento do estresse de contração. A integridade da adesão também foi avaliada após a imersão em corante e seccionamento das restaurações. Os resultados demonstraram que, no modelo linear, a adesão resistiu à contração de polimerização, o que é explicado pelo escoamento permitido nessa configuração. Já no modelo tridimensional, o escoamento foi severamente limitado, o que permitiu que os valores de contração excedessem a resistência adesiva, levando à separação na interface.

CHAN & BOYER, em 1985, realizaram um estudo com o propósito de determinar a habilidade da luz em penetrar diferentes espessuras de dentina e polimerizar resinas compostas. Pré-molares extraídos foram seccionados formando discos de dentina de 1 mm, 1,5 mm, 2 mm e 2,5 mm. As restaurações de resina composta apresentavam 2 mm e foram polimerizadas através desses discos, usando diferentes tempos de exposição: 20, 40, 60 e 120 seg. Foram preparados 10 espécimes usando cada espessura de dentina e cada tempo de exposição, e o teste de dureza Barcol foi realizado. Foi observado que a dureza da resina composta diminuiu com o aumento da espessura da dentina, mas aumentou com o

aumento no tempo de exposição. O tempo de exposição de 20 seg. foi considerado inadequado para polimerização, quando foi utilizada espessura de dentina de 1,5 mm ou mais. Assim, concluíram que as resinas compostas podem ser polimerizadas pela exposição à luz através da dentina e que, embora a dureza diminua com o aumento da espessura de dentina, um aumento no tempo de exposição resulta em maior dureza.

A dureza superficial e profunda de cinco diferentes resinas compostas foi determinada por OTA *et al.*, em 1985, variando a espessura e o tempo de exposição à luz. Foram preparados espécimes com espessura de 1,5 mm, 2 mm e 2,5 mm para todas as resinas compostas, e o número de dureza Barcol foi determinado imediatamente após a exposição à luz por 20 seg., 40 seg. ou 60 seg. Foi observado que para cada espessura dos espécimes, as durezas superficial e profunda aumentaram com o aumento no tempo de polimerização. A diferença entre a dureza superior e a profunda aumentou com o aumento da espessura do espécime, e a máxima diferença ocorreu com o menor tempo de exposição à luz. Para todos os materiais testados, o número de dureza das resinas compostas polimerizadas por 20 seg. ou 40 seg. foi significativamente menor que quando polimerizadas por 60 seg. Os autores concluíram que, aumentando a espessura da restauração, um maior tempo de exposição à luz é requerido.

Com o objetivo de estudar o desenvolvimento da dureza superficial das resinas compostas, WATTS *et al.*, em 1986, mediram a dureza de quatro resinas compostas fotopolimerizáveis, imediatamente após a polimerização, após 15 min., 30 min., 60 min., 3 horas, 24 horas, 1 semana e 1 mês. Também foram comparadas as condições de

armazenamento: a 20 °C ou 37 °C em ambiente seco, ou a 37 °C em água destilada. Foram confeccionados 5 corpos-de-prova para cada grupo, com o auxílio de matrizes. Para a leitura da dureza utilizou-se indentedor Knoop, com carga de 2 N, por 20 seg. Foi observado que a microdureza aumenta constantemente com o tempo, e encaminha-se para o máximo geralmente após 1 semana. Em todos os casos a taxa de aumento da dureza foi substancial após a primeira hora e foi maior para amostras estocadas a 37 °C que aquelas estocadas a 20 °C. As amostras estocadas em água apresentaram menor dureza que as estocadas em local seco. Essa diferença foi estatisticamente significativa para as resinas Estilux Posterior e P-30, e não foi significativa para Ful-Fil e Occlusin. As diferenças entre os materiais, sob mesmas condições, foram atribuídas às diferenças na composição e na extensão da polimerização.

Acreditando que a adaptação marginal poderia ser melhorada pela inversão do vetor de contração de polimerização das resinas compostas, LUTZ *et al.* (a), em 1986, descreveram a performance de uma cunha reflexiva e sua influência na adaptação marginal de restaurações classe II em resina composta. Observaram que a cunha reflexiva perdia apenas 10% da luz emitida. Em seguida, foram realizadas 36 restaurações MOD com margem em esmalte, que foram avaliadas através da MEV e da imersão em solução aquosa de fucsina a 0,5%. Os resultados mostraram que a adaptação marginal podia ser melhorada pela polimerização indireta, usando cunhas lateralmente reflexivas. Os autores comentaram que as cunhas reflexivas direcionaram o vetor de contração em direção ao tecido dental e que base de ionômero de vidro devia ser aplicada para diminuir o volume da restauração e aumentar a taxa superfície-restauração.



Em restaurações de resina composta, o desenvolvimento da resistência adesiva está em competição com o estresse de contração, durante a polimerização. Por isso, FEILZER *et al.*, em 1987, estudaram o estresse de polimerização das resinas compostas autopolimerizáveis como uma função da forma da restauração. A forma foi descrita pelo fator configuração, que é a taxa de superfície aderida sobre a superfície livre. Foi utilizado um equipamento experimental, em que a forma da restauração foi simulada por formas cilíndricas de várias dimensões. Assim, o estresse de contração foi medido continuamente, para vários fatores C e para vários volumes de amostra para um mesmo fator C. Em geral, aumentando o estresse de contração, pelo aumento do fator C, ocorre uma diminuição na capacidade de escoamento. Foi mostrado que, em configurações mais relevantes clinicamente (fator C até 5), o alívio do estresse através do escoamento não é suficiente para preservar a adesão à dentina.

O efeito da reduzida taxa de polimerização sobre a adaptação marginal de restaurações de resina composta foi investigado por UNO & ASMUSSEN, em 1991. Foi utilizado o sistema adesivo simplificado Gluma, e também foram avaliadas a resistência adesiva e a resistência compressiva. Para diminuir a intensidade de luz, a voltagem foi mudada de 220 V para 110 V. Os grupos controle, com polimerização por 60 seg. a 220 V ou por 30 seg. a 220 V, foram comparados com a polimerização por 5, 10, 20 ou 30 seg. a 110 V seguidos por 30 seg. a 220 V. Outro grupo comparado foi a polimerização por 60 seg. à voltagem de 110 V. Para avaliação da adaptação marginal foram realizadas 5 restaurações cilíndricas para cada grupo, com margens em dentina, que foram avaliadas ao microscópio. Para os testes de resistência ao cisalhamento e resistência à compressão

diametral foram preparados 6 espécimes por grupo. Os resultados mostraram que a reduzida taxa de polimerização melhorou significativamente a adaptação marginal, o que sugere o aumento do escoamento do material, diminuindo o estresse de contração de polimerização. O grupo polimerizado por 30 seg. a 110 V, seguido por 30 seg. a 220 V, apresentou valores aceitáveis de resistência adesiva e à compressão, enquanto o grupo polimerizado somente a 110 V apresentou significante menor resistência adesiva e à compressão.

KAYS *et al.*, em 1991, compararam o grau de polimerização de uma resina composta de micropartículas inserida com o auxílio de três diferentes matrizes, pelo teste de microdureza Knoop. O efeito da fonte de luz, em duas diferentes posições, sobre a polimerização, também foi avaliado. Foram realizados preparos classe II em um bloco de teflon e adaptada uma das seguintes matrizes: matriz transparente Mylar, matriz de aço inoxidável ou matriz com superfície reflexiva. As restaurações foram polimerizadas por 60 seg. pela oclusal, e no grupo com matriz transparente as amostras foram polimerizadas com luz direcionada para a margem gengival. A matriz reflexiva apresentou a maior dureza para a superfície gengival e oclusal, enquanto a matriz transparente com polimerização por oclusal teve a menor dureza para a margem gengival, mas substancial maior dureza para a superfície oclusal. No entanto, não foi observada diferença significativa entre a dureza das superfícies gengival e oclusal, e também entre as amostras polimerizadas com diferentes matrizes.

Ainda em 1991, HELVATJOGLOU-ANTONIADI *et al.* avaliaram a microdureza superficial de quatro resinas compostas fotopolimerizáveis e quatro resinas autopolimerizáveis, após 10 min. da polimerização, 24 horas, 2 semanas, 4 semanas, 3 meses e 12 meses. Foram preparadas 10 amostras para cada material, sendo que metade delas foi estocada em local seco a 37 °C, e a outra metade em água destilada a 37 °C. Os resultados foram apresentados em número de dureza Knoop, e após a última medição, uma camada de 250 µm foi removida pelo polimento, e a superfície foi reexaminada. Observou-se um aumento progressivo na microdureza por 4 semanas, em todas as espécies, seguido pela estabilização. Esses resultados refletem a polimerização contínua das resinas compostas após a polimerização inicial. Os espécimes estocados em água apresentaram menor dureza quando comparados com os estocados em local seco. Todas as resinas compostas demonstraram substancial maior dureza após o polimento. Os resultados diferentes entre os materiais foram atribuídos às diferentes composições.

Em 1992, LUTZ *et al.* (a) analisaram alguns fatores que pudessem melhorar a qualidade da polimerização interproximal pela comparação de diferentes cunhas e diferentes métodos de transmissão da luz. Foram utilizados 30 molares extraídos onde foram realizados preparos classe II MOD, com margens em esmalte. Compararam-se as cunhas reflexivas Mark I e Mark II (que é mais resiliente) com cunhas transparentes não reflexivas. A técnica restauradora usada foi a de polimerização em 3 locais, sendo que o primeiro incremento das restaurações foi fotopolimerizado conduzindo a luz através da cunha ou protegendo com uma folha de alumínio perfurada que só permite a passagem da luz pela cunha. A morfologia da interface resina-esmalte foi quantificada em réplicas em

MEV com 200 vezes de aumento antes e após estresse mecânico e térmico. Em seguida, o selamento marginal foi avaliado através da penetração de corante. Foi observado que as cunhas reflexivas Mark I e Mark II foram igualmente eficientes e significativamente superiores às cunhas transparentes não reflexivas. Houve significativa perda da qualidade marginal como resultado do estresse. Os autores concluíram que o primeiro incremento deve ser polimerizado da direção gengivo-proximal, de preferência indiretamente através de cunhas condutoras de luz.

No mesmo ano, LUTZ *et al.* (b) investigaram, *in vitro*, a qualidade marginal de 66 restaurações MOD em resina composta utilizando a técnica de incremento único ou 2 incrementos horizontais, sobre uma base de cimento de ionômero de vidro. Foram avaliados também os efeitos da polimerização por oclusal usando matriz opaca, da polimerização proximal com cunha não reflexiva e da polimerização proximal com cunha reflexiva. Foram realizados ciclos de carga e termociclagem; a qualidade marginal foi avaliada através de réplicas e observação em MEV, e após imersão em fucsina básica a 0,5%, o selamento marginal foi classificado em presença ou ausência de infiltração. As restaurações polimerizadas de direção interproximal apresentaram adaptação marginal significativamente melhor que aquelas polimerizadas somente da direção oclusal. Não foi observada diferença estatisticamente significativa entre a utilização de cunhas reflexivas ou não. Também não houve diferença significativa entre as técnicas de incremento único ou de 2 incrementos.

Ainda em 1992, DE GOES *et al.* quantificaram a intensidade de luz transmitida pelas cunhas reflexivas, perpendicularmente ao seu longo eixo. Os resultados demonstraram que as cunhas refletem a luz de 180 graus e a intensidade de luz original foi diminuída a 83,9%. A máxima intensidade de luz transmitida para a resina composta, através da cunha, foi menor que 8% daquela recebida pela exposição direta à fonte de luz. Mensurações feitas em pontos espaçados ao longo dos lados da cunha indicaram a máxima intensidade a aproximadamente 2 mm da base da cunha.

NOMOTO *et al.* avaliaram, em 1994, a profundidade de polimerização, a distribuição do grau de conversão, a conversão de polimerização e a porcentagem de duplas ligações de três resinas compostas fotopolimerizáveis, sob várias intensidades de luz e tempos de exposição. O tempo de exposição à luz foi de 10, 20, 40 ou 80 seg., e a intensidade de luz foi total, metade, 1/4 ou 1/8 da intensidade total. Foram realizadas restaurações com o auxílio de uma matriz cilíndrica, e após a polimerização, o material não polimerizado foi removido com uma espátula. A avaliação do grau de conversão, da conversão de polimerização e a porcentagem de duplas ligações foi realizada através do uso de um espectrômetro infravermelho. Para uma mesma intensidade de luz, foi observado aumento na profundidade de polimerização com o aumento do tempo de exposição. Para todas as intensidades de luz, o grau de conversão diminuiu gradativamente com o aumento da profundidade. No entanto, quando a quantidade total de exposição, representada pelo produto da intensidade de luz e o tempo de irradiação, foi mantida constante, a profundidade de polimerização, a distribuição do grau de conversão, a conversão de

polimerização e a porcentagem de duplas ligações foram as mesmas para cada material, independente da intensidade de luz e do tempo de irradiação.

A limitada profundidade de polimerização das resinas compostas tem sido vista como um problema clínico. Como a profundidade de polimerização é influenciada por fatores como intensidade de luz e tempo de exposição, KAWAGUCHI *et al.*, em 1994, resolveram avaliar a relação entre o coeficiente de transmissão e a profundidade de polimerização das resinas compostas. Para isso, foram avaliadas oito marcas de resinas compostas, em diferentes cores, confeccionando corpos-de-prova com o auxílio de matrizes. A mensuração da profundidade de polimerização foi feita através da separação do material polimerizado, e a medida de sua espessura, com um micrômetro. Após a polimerização dos corpos-de-prova, a transmissão de luz foi medida através de um radiômetro, sobre o qual foram colocados os corpos-de-prova. Para todas as resinas compostas testadas, a profundidade de polimerização e o coeficiente de transmissão variaram com a cor. Exceto para a resina P-50, os materiais com cores mais claras mostraram maior profundidade de polimerização que as outras cores, entre as mesmas marcas. Assim, os resultados desse estudo indicaram que houve uma significativa correlação entre o coeficiente de transmissão das resinas compostas e a profundidade de polimerização, exceto para uma resina composta híbrida.

Com o objetivo de determinar a influência da intensidade de luz sobre a integridade da interface cavidade-restauração e sobre a contração de polimerização de restaurações classe V de compósito fotopolimerizável, FEILZER *et al.*, em 1995, realizaram

48 cavidades, que foram divididas em 3 grupos. Para todos os grupos foram utilizados o adesivo Clearfil Liner Bond e a resina Clearfil Lustre. No grupo I foi aplicado “liner” após o adesivo, no grupo II foi aplicado somente o adesivo e inserida a resina, e no grupo III foi aplicado o adesivo, e o “liner” foi usado como material restaurador. Em metade de cada grupo foi feita a polimerização com intensidade de 250 mW/cm<sup>2</sup> (Fotopolimerizador Translux CL – KULZER) e na outra metade com intensidade de 650 mW/cm<sup>2</sup> (Fotopolimerizador Elipar II – ESPE). A análise da integridade marginal foi feita através de moldagens, confecção de réplicas e avaliação em MEV. A contração de polimerização foi medida em amostras de 1,5 mm com o uso de um linômetro (medidor de contração linear), e os dados, convertidos em valores volumétricos. Os resultados não indicaram efeito significativo na integridade marginal quanto ao método restaurador, e as restaurações polimerizadas com baixa intensidade de luz apresentaram uma significante menor quantidade de defeitos na interface do que com alta intensidade de luz. A contração de polimerização foi significativamente menor para a intensidade de 250 mW/cm<sup>2</sup> de 3 segundos a 15 min. Após 15 min. os valores de contração tornaram-se iguais.

No mesmo ano, UNTERBRINK & MUESSNER avaliaram o efeito da variação de intensidade de luz na formação de fendas marginais, o desenvolvimento da resistência e módulo flexural e a profundidade de polimerização. Para a análise marginal quantitativa foram realizadas 48 restaurações, divididas em 8 grupos, com todas as combinações possíveis utilizando as resinas compostas Tetric e Z100, os adesivos Syntac e Scotchbond Multi-Purpose e os aparelhos fotopolimerizadores Vivalux (250 mW/cm<sup>2</sup>) e Visilux 2 (450 mW/cm<sup>2</sup>). A contração volumétrica foi avaliada pelo método da densidade por 4 períodos

de tempo, e a profundidade de polimerização foi avaliada através da dureza Vickers em corpos-de-prova de 8 mm x 6 mm. Na análise marginal a resina Z100 mostrou alta dependência da intensidade de luz, e a formação de fenda aumentou de 9% para 24% com o aumento da intensidade, para o adesivo Scotchbond Multi-Purpose; para o adesivo Syntac o aumento foi de 18% para 29%. Com a resina Tetric os agentes adesivos foram relativamente efetivos em ambas as intensidades. A resistência flexural da resina Z100 diminuiu significativamente com a polimerização de baixa intensidade, enquanto para a resina Tetric não houve diferença significativa. O módulo flexural foi significativamente menor para ambos os compósitos, quando polimerizados com baixa intensidade de luz. A contração volumétrica dos dois compósitos foi praticamente idêntica, sem diferença significativa entre materiais e intensidades de luz. Também não houve diferença significativa entre lâmpadas de alta e baixa intensidade em relação ao perfil de dureza interna, quando avaliados até 4,5 mm.

Um método alternativo de polimerização das resinas compostas também foi estudado por GORACCI *et al.*, em 1996. Foram comparadas as técnicas de polimerização convencional e de lenta polimerização. Para possibilitar essa lenta polimerização, o aparelho fotopolimerizador foi modificado, e a intensidade de luz variou de 30 a 250 mW/cm<sup>2</sup> (potência máxima do aparelho convencional), em 4 min. Restaurações classe V foram preparadas em 12 pré-molares, realizando condicionamento ácido total, utilizando o sistema adesivo Scotchbond Multi-Purpose e resina composta Z100, que foi aplicada e polimerizada com uma das técnicas. Em seguida, os dentes foram seccionados, e réplicas foram obtidas, mostrando a interface entre o tecido dental e o material restaurador. Essas



réplicas foram observadas em MEV e avaliou-se a presença de microfendas. No grupo em que foi utilizada a polimerização convencional foi observada continuidade na interface esmalte-resina composta, mas a interface dentina-resina composta revelou a presença de microfendas. No grupo em que a lenta polimerização foi usada também foi observada continuidade na interface esmalte-resina composta. No entanto, a análise da interface dentina-resina composta revelou excelente adaptação da resina composta à dentina, em todos os espécimes. Assim, concluíram que é possível melhorar a adaptação da resina composta à superfície dentinária pela redução da velocidade de polimerização.

Ainda em 1996, *VERSLUIS et al.* avaliaram o desenvolvimento do estresse de contração de polimerização para técnicas incrementais de restaurações de resina composta, através da análise de elemento finito. Cinco técnicas restauradoras foram avaliadas: incremento único, incrementos vestibulo-linguais, incrementos gengivo-oclusais, incrementos oblíquos, e a combinação da técnica em forma de U com a técnica oblíqua. Os cálculos mostraram que restaurações realizadas com técnica incremental resultaram em maior estresse de contração de polimerização e maior deslocamento das cúspides que restaurações em incremento único. Acreditava-se que a técnica incremental diminuía o estresse de contração de polimerização devido ao mínimo contato com as paredes cavitárias, bem como a reduzida contração produzida por um pequeno volume de material. Os autores discutiram que, embora isso seja válido para cada incremento individual, a contração total e o estresse são um resultado do efeito da contração de todos os incrementos e da deformação da estrutura dental ao final da restauração, quando a restauração está em total contato com a cavidade. Foi observado ainda que a quantidade total de resina

composta para restaurar uma cavidade é menor para a técnica incremental, pois a contração de polimerização de cada incremento causa alguma deformação da cavidade, diminuindo o volume da cavidade. Foi mostrada uma clara vantagem para a restauração em incremento único sobre as técnicas incrementais, com respeito à distribuição do estresse.

CARVALHO *et al.* apresentaram, em 1996, uma revisão da literatura sobre contração de polimerização. Esse trabalho discutiu as forças criadas pela contração de polimerização e a conseqüente competição entre o estresse de contração e a adesão às paredes cavitárias. Foram discutidas ainda a forma da cavidade e a relação entre as superfícies aderidas e as superfícies livres (fator C), e a sorção de água pelas resinas compostas, que causa expansão volumétrica, compensando parcialmente a contração de polimerização. Os autores comentaram as possíveis formas de controlar o estresse desenvolvido durante a polimerização, como: a manutenção do fator C tão baixo quanto possível, o uso de forramento, a inserção da resina composta através de técnicas incrementais, o uso de resinas autopolimerizáveis e o desenvolvimento de adesivos dentinários com resistência adesiva maior.

Uma revisão sobre contração de polimerização foi publicada em 1997, por DAVIDSON & FEILZER. Os autores comentaram que, enquanto a contração de polimerização é a causa, o estresse de contração pode ser visto como o mecanismo responsável por muitos dos problemas encontrados na clínica. Isso pode causar a separação das paredes das cavidades ou fraturas coesivas em uma das estruturas. Foram discutidas também algumas formas de alívio do estresse gerado pela contração de polimerização,

como a configuração da cavidade e a conversão inicialmente reduzida nas áreas mais profundas da restauração. Limitando a penetração da luz, ocorre uma lenta reação de polimerização, que causa menos dano à interface dente/restauração e não tem influência nas propriedades mecânicas da restauração.

A influência de diferentes condições de polimerização inicial de resinas compostas seguida por polimerização final com intensidade total, foi estudada por MEHL *et al.*, em 1997. Foram avaliadas propriedades como módulo flexural, resistência flexural, microdureza Vickers e a formação de fendas marginais em cavidades classe V. Foram empregadas as resinas compostas Tetric e Charisma, e a intensidade de polimerização foi variada pela mudança da distância entre a fonte de luz (fotopolimerizador Heliolux GTE – Vivadent) e a matriz. A microdureza foi avaliada para as intensidades de luz de 100% (450 mW/cm<sup>2</sup>), 80%, 62%, 50% e 13%. Os resultados mostraram que diferentes condições de polimerização inicial não influenciaram a microdureza do material, pois não houve diferença significativa entre os grupos. Na análise marginal foram utilizadas as intensidades 100%, 70%, 50% e 37% e, para margens em esmalte, não foi observada diferença entre os grupos. Para dentina, antes da termociclagem, o grupo com intensidade inicial de 37% mostrou significativamente mais fendas marginais e, após a termociclagem, houve significante maior extensão de fendas para os grupos com polimerização inicial de 100% e 37% de intensidade. Na avaliação da penetração de corante, os grupos de 100% e 37% de intensidade mostraram maior penetração de corante, mas sem diferença estatística. Os autores concluíram que a polimerização *soft-start* é um método que combina as melhores

propriedades físicas com o aumento na integridade marginal de restaurações de resina composta.

No mesmo ano, HANSEN & ASMUSSEN examinaram a relação entre profundidade de polimerização e distância da irradiação com diferentes resinas compostas e diferentes lâmpadas; mediram também a dureza e a proporção de resina bem polimerizada comparada com a profundidade de polimerização. Para avaliar a profundidade de polimerização em relação à distância do fotopolimerizador, foram realizadas cavidades cilíndricas no terço cervical da coroa de molares extraídos, com profundidade de 7 a 10 mm. A resina foi inserida, foi colocada uma matriz transparente pressionando e foi feita a fotopolimerização por 40 seg. à distância de 0, 2, 4, 6, 9, 12, 18 ou 30 mm, para as duas resinas e quatro fotopolimerizadores testados; a leitura foi feita com medidor de deslizamento. Para medir a dureza, cavidades iguais foram preparadas e utilizou-se uma resina composta e um fotopolimerizador, com polimerização à distância de 0, 6 ou 12 mm. A dureza foi medida a 0,5 mm abaixo da superfície livre e a 1 mm, 1,5 mm e 2 mm. Observou-se que a profundidade de polimerização diminuiu moderadamente de maneira linear com o aumento da distância de irradiação. Ambas as resinas tiveram, com os quatro fotopolimerizadores, a mesma redução na profundidade de polimerização, sendo que, com a distância de 12 mm, a profundidade de polimerização foi reduzida em 0,8 mm quando comparada com a polimerização em contato com a resina. Quando o fotopolimerizador estava em contato com a matriz/resina, a profundidade de polimerização foi 6,3 mm; à distância de 6 mm, a profundidade de polimerização foi 5,8 mm e à distância de 12 mm, foi 5,2 mm. Observou-se que a diminuição na dureza foi lenta para a parte superior da resina, e

pronunciada e mais rápida na parte profunda. Com a polimerização em contato com a matriz/resina, houve diferença significativa entre a dureza medida a 0,5 mm da superfície e aquela medida a  $4,2 \pm 0,6$  mm. Com a distância de 6 mm, essa diferença foi encontrada ao nível de  $3,7 \pm 0,5$  mm, e com a distância de 12 mm a  $3,4 \pm 0,4$  mm. A análise mostrou também que não houve diferença significativa na dureza até a profundidade de 3 mm, independente da distância da irradiação.

Ainda em 1997, BROSH *et al.* avaliaram a influência de diferentes cargas superficiais durante a polimerização, com vários tempos de irradiação sobre o número de dureza Knoop e a resistência à tensão diametral de uma resina composta fotopolimerizável. Um molde foi fabricado para permitir a aplicação de carga durante a polimerização dos espécimes cilíndricos de resina composta, possibilitando a aplicação de carga por um lado do espécime e a fotopolimerização por outro lado. Foram testadas as cargas de 0,35 MPa, 0,87 MPa, 1,73 MPa, ou sem carga e quatro tempos de irradiação: 20 seg., 40 seg., 60 seg. ou 180 seg. Foram realizadas 15 repetições para cada combinação de carga e tempo de irradiação. Para avaliação da dureza Knoop foi usada carga de 200 mg por 15 seg. e realizaram-se três indentações por espécime. Os resultados mostraram que a aplicação de carga durante a polimerização melhora a dureza e a resistência à tensão diametral, enquanto o tempo de irradiação melhora somente a dureza do material. Houve aumento estatisticamente significativo da dureza entre 20 seg. e 40 seg. de irradiação, com a mesma carga. Diferença estatisticamente significativa de aumento na dureza também foi demonstrada entre a carga de 0,87 MPa e sem carga, para os tempos de irradiação de 40, 60 e 180 seg. Houve diminuição significativa da dureza com carga de 1,73 MPa a 20 e 40 seg.

Assim, os autores concluíram que a pressão de 0,87 MPa e polimerização por 60 seg. produziu as melhores propriedades mecânicas para essa resina composta.

JEDRYSCHOWSKI *et al.*, em 1998, examinaram o estresse de contração de polimerização gerado em restaurações classe II em resina composta fotopolimerizável, colocada em modelos fotoelásticos. Foram avaliadas as técnicas restauradoras oblíqua, gângivo-oclusal (incrementos horizontais), vestibulo-lingual (dois primeiros incrementos horizontais e o terceiro e quarto incrementos são verticais), incremento único modificado – restauração da caixa proximal, seguida pela restauração da face oclusal, e a técnica de incremento único. Foi observada pouca diferença no estresse causado pela contração nas técnicas restauradoras incrementais, e o estresse associado com a técnica de incremento único foi substancialmente menor, sendo similar à técnica de incremento único modificada.

No mesmo ano, VERSLUIS *et al.* realizaram um estudo para analisar o vetor de contração para resinas autopolimerizáveis e fotopolimerizáveis e verificar a afirmação de que as resinas compostas contraem em direção à luz. A análise de elemento finito foi usada para simular o processo de contração, o alívio do estresse pelo escoamento e a solidificação. Foi medida a penetração de luz para o compósito, esmalte bovino e dentina bovina. A técnica de microdureza Knoop, com carga de 25 g por 10 seg., foi usada para avaliar o grau de polimerização como uma função da profundidade e, conseqüentemente, da intensidade de luz. A polimerização foi feita com várias intensidades, com angulação de 45° e 90°. Também foi medida a distribuição do grau de polimerização em restaurações de pré-molares. Os resultados mostraram que a taxa de contração pós-gel aumenta com o

aumento da intensidade de luz. Constatou-se que a contração de polimerização das resinas fotopolimerizáveis não é, na realidade, em direção à luz, mas em direção aos limites fixos e que as resinas autopolimerizáveis não contraem em direção ao centro da massa se há adesão intacta com a estrutura dental. Se não há adesão à estrutura dental, a resina composta fotopolimerizável também contrai em direção ao centro da massa.

As propriedades mecânicas das resinas compostas são altamente dependentes da reação de polimerização do sistema de polímeros e do grau de polimerização, que é altamente influenciado pela concentração de fotoiniciador, tempo de exposição à luz, intensidade e comprimento de onda usada, e a distância entre a fonte de luz e a resina. Por essas razões, KRISHNAN & YAMUNA, em 1998, avaliaram mudanças na microdureza, na resistência compressiva e na resistência à tração diametral com diferentes concentrações de iniciador, diferentes tempos de exposição à luz e a inserção de diferentes tamanhos de partículas de vidro em resina composta. A concentração de iniciador variou de 0,1 a 0,75% em peso da resina preparada, e foram inseridas partículas de vidro de 0,7  $\mu\text{m}$ , 1  $\mu\text{m}$  e 1,4  $\mu\text{m}$ . Os corpos-de-prova foram polimerizados por 10, 30 ou 50 seg. Foi avaliada a Dureza Vickers com carga de 100 g por 15 seg. Os resultados mostraram que maior tempo de exposição à luz melhora a dureza. Também foi evidente que com maiores concentrações de iniciador, os valores de dureza melhoraram, comparando cada tempo exposição, indicando maior grau de polimerização. A concentração de iniciador acima de 0,25% não melhorou significativamente a resistência compressiva e à tração diametral, e a inserção de partículas de vidro de 0,7 a 1  $\mu\text{m}$  produziram melhores propriedades.

LÖSCHE, em 1999, investigou se a boa adaptação marginal, alcançada com a técnica de polimerização em 3 locais, podia ser atribuída à polimerização direcionada, ou também à diminuição do estresse de contração, devido à redução da intensidade de luz causada pela polimerização através do dente. Foram preparadas 40 cavidades do tipo “slot” vertical e mini-fotodetectores foram utilizados para medir a intensidade de luz. Foi observado que na técnica de polimerização em 3 locais, utilizando cunha reflexiva, na parede cervical a intensidade de luz encontrada foi de 50 mW/cm<sup>2</sup> e nas paredes verticais 150 mW/cm<sup>2</sup>. Com polimerização por oclusal foi observada intensidade de 250 mW/cm<sup>2</sup> na parede cervical, 400 mW/cm<sup>2</sup> na porção média e 500 mW/cm<sup>2</sup> na porção oclusal. Após proteção da dentina com ionômero de vidro e aplicação do sistema adesivo, os preparos cavitários foram restaurados utilizando uma das seguintes técnicas: baixa intensidade de luz, com polimerização direcional ou por oclusal e alta intensidade de luz, também com polimerização direcional ou por oclusal. Réplicas foram realizadas e observadas em MEV. Os resultados mostraram que, tanto antes como após a termociclagem, os grupos com alta intensidade de luz exibiram significante pior adaptação marginal na área cervical. O autor concluiu que os bons resultados obtidos com a técnica de polimerização em 3 locais não devem ser atribuídos ao efeito da polimerização guiada, mas à polimerização com menor intensidade de luz.

O efeito do método de polimerização sobre a microinfiltração marginal em restaurações de resina composta foi avaliado por ALONSO *et al.*, em 2000. Foram realizados 90 preparos cavitários circulares em dentes bovinos, que foram restaurados com uma das três resinas testadas, e polimerizados com um dos métodos: polimerização por luz



contínua (520 mW/cm<sup>2</sup> por 40 seg.), polimerização por dupla intensidade de luz (150 mW/cm<sup>2</sup> por 10 seg. seguido por 520 mW/cm<sup>2</sup> por 30 seg.) ou polimerização através de luz pulsátil (520 mW/cm<sup>2</sup> por 60 seg.). Após a termociclagem, os dentes foram imersos em solução corante de azul de metileno, e avaliados em lupa estereoscópica. Não foi observada diferença significativa entre os métodos de polimerização empregados. Já entre as resinas compostas foi observada diferença estatística entre Alert e Revolution, o qual apresentou menor nível de penetração de corante. A resina Z100 obteve nível intermediário e não diferiu das demais.

BURMANN *et al.*, em 2000, também avaliaram o efeito de diferentes técnicas de fotopolimerização sobre a microinfiltração. Foram realizadas restaurações classe II, empregando dois sistemas restauradores: Z100/Single Bond e Definite/ Etch & Prime 3.0; com diferentes protocolos: A – três incrementos, sendo cada um fotopolimerizado por 100-300-500 mW/cm<sup>2</sup> por 10 seg. em cada intensidade; B – dois incrementos, sendo o primeiro fotopolimerizado como citado anteriormente, e o segundo por 20 seg. a 500 mW/cm<sup>2</sup>; C – um único incremento fotopolimerizado por 30 seg. a 500 mW/cm<sup>2</sup>. Os dentes foram termociclados e imersos em solução de azul de metileno para posterior avaliação da microinfiltração. Foi observado que as técnicas de polimerização não tiveram influência sobre a ocorrência de microinfiltração e que o sistema restaurador empregado é mais crítico do que a técnica de fotopolimerização.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Análise da Microinfiltração Marginal

Para este trabalho foram utilizados 60 incisivos bovinos, que foram armazenados em solução de formol a 2%, pH 7,0. Antes da realização dos procedimentos, os dentes foram limpos com curetas periodontais<sup>1</sup> e polidos com escovas Robson e uma pasta de pedra-pomes e água (Figura 1-A).

Parte da coroa dos dentes foi seccionada com discos diamantados dupla face<sup>2</sup>, mantendo apenas 5 mm de coroa, medida nas faces proximais (Figura 1-B e 1-C), para possibilitar a realização de preparos cavitários simulando classe II (Figura 1-D).

Os preparos cavitários foram realizados com brocas nº 245 de carboneto de tungstênio<sup>3</sup> em alta rotação<sup>4</sup>, sob constante refrigeração. As brocas foram trocadas a cada 5 cavidades para que fosse possível manter a uniformidade nos preparos. Os preparos cavitários foram medidos com paquímetro digital<sup>5</sup>, com precisão de 0,001 mm, e apresentavam as seguintes dimensões:

- extensão ocluso-cervical: 6 mm (1 mm abaixo da junção cimento-esmalte);
- extensão mésio-distal (profundidade): 1,5 mm;
- extensão vestibulo-lingual (largura): 3 mm.

---

<sup>1</sup> Cureta Neumar 5-6 – Brasil

<sup>2</sup> KG Sorensen Ind. Com. Ltda. – Brasil

<sup>3</sup> JET Brand – Canadá

<sup>4</sup> Turbina de alta rotação KAVO – Brasil

<sup>5</sup> MAHR – 16 ES – Alemanha

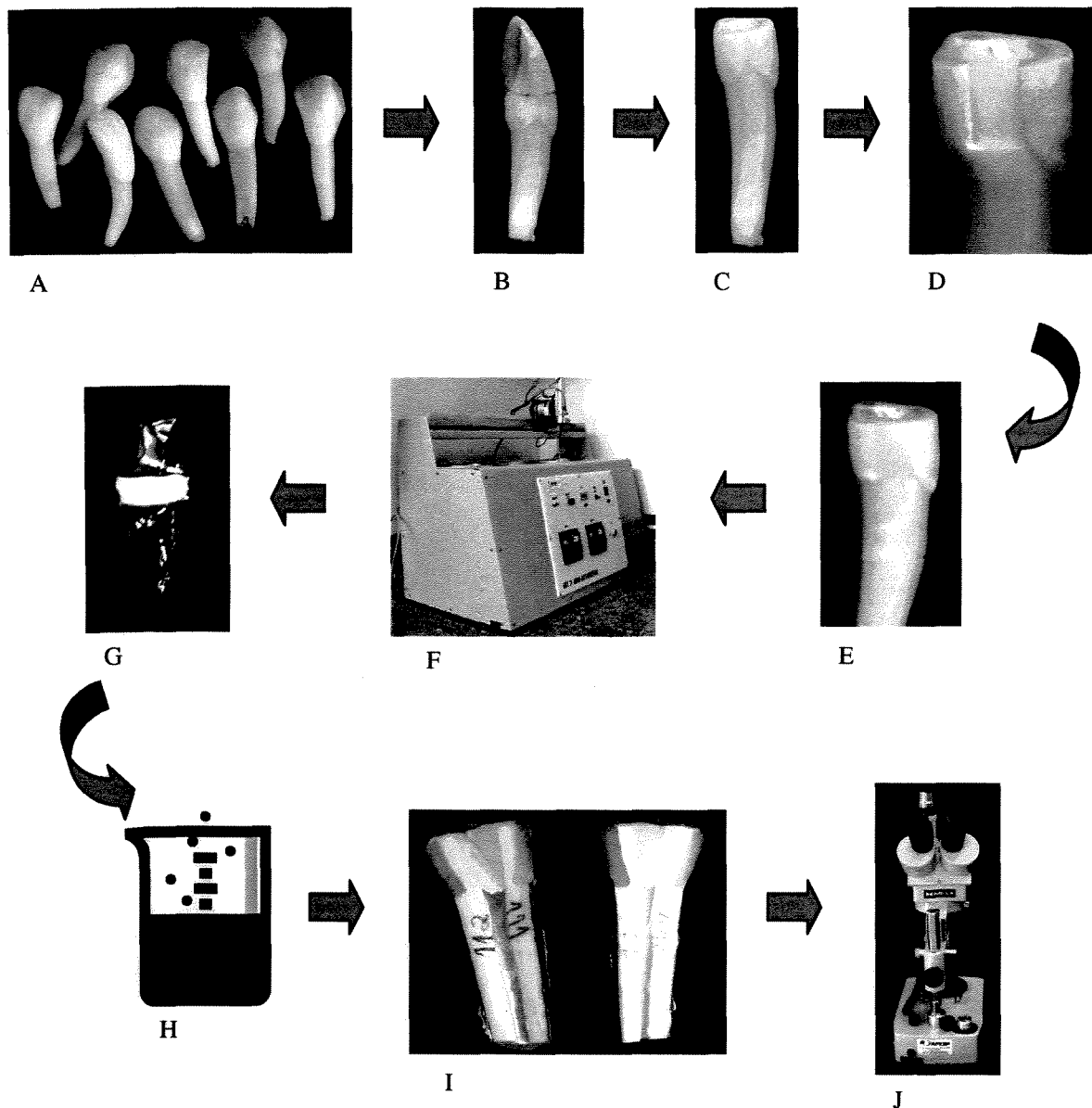


Figura 1: Fluxograma representativo da seqüência de execução da análise de microinfiltração marginal. A. Dentes bovinos limpos; B. Demarcação da área de seccionamento do dente; C. Dente com parte da coroa seccionada; D. Preparo cavitário realizado; E. Preparo cavitário restaurado; F. Máquina utilizada para a termociclagem dos dentes; G. Esmalte aplicado sobre o dente, deixando apenas 1 mm da margem da restauração; H. Ilustração representativa da solução aquosa de azul de metileno a 2%; I. Dente seccionado ao centro da restauração para avaliação da microinfiltração marginal; J. Lupa estereoscópica utilizada para a avaliação da microinfiltração marginal.

Assim, foram confeccionadas 120 cavidades, sendo uma na face mesial e outra na face distal de cada dente. Essas cavidades foram numeradas e divididas aleatoriamente em 4 grupos (n = 30) - Anexo 1.

Em todos os grupos, foi realizado condicionamento do esmalte e da dentina com ácido fosfórico a 35% Scotchbond<sup>6</sup> (Figura 2) por 15 seg., lavagem com jato de água por 10 seg. e secagem suave por 3 seg. Duas camadas consecutivas do adesivo de frasco único Single Bond<sup>6</sup> (Figura 2) foram aplicadas, em seguida foram realizadas secagem suave por 3 seg. e fotopolimerização por 10 seg., como recomendado pelo fabricante. Todas as restaurações (Figura 1-E) foram realizadas utilizando a resina composta microhíbrida Z100<sup>6</sup> (Figura 2), na cor A2, que foi aplicada com o auxílio de uma espátula número um de inserção.

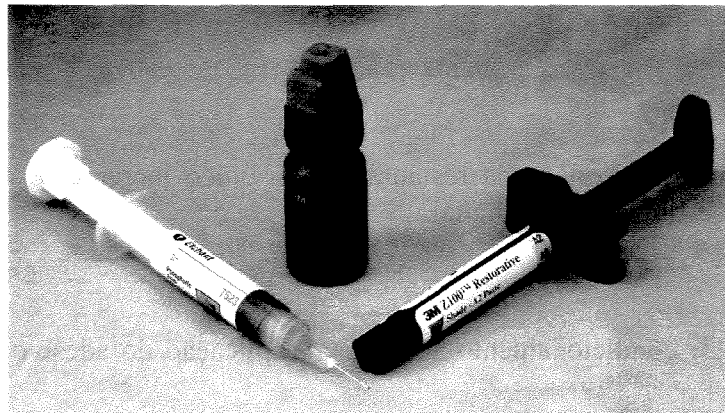


Figura 2: Sistema adesivo e resina composta utilizados para a restauração dos preparos cavitários.

---

<sup>6</sup> 3M Dental Products – EUA

Os procedimentos realizados em cada grupo são descritos a seguir e resumidos no quadro 1:

**DEME 1:** condicionamento ácido total, aplicação do adesivo, inserção da resina composta em um único incremento e fotopolimerização por 120 seg., sendo 40 seg. por oclusal, 40 seg. por vestibular e 40 seg. por lingual (para que o tempo de fotopolimerização fosse igual para todos os grupos) com o aparelho fotopolimerizador OPTILUX 500<sup>7</sup> (Figura 3).

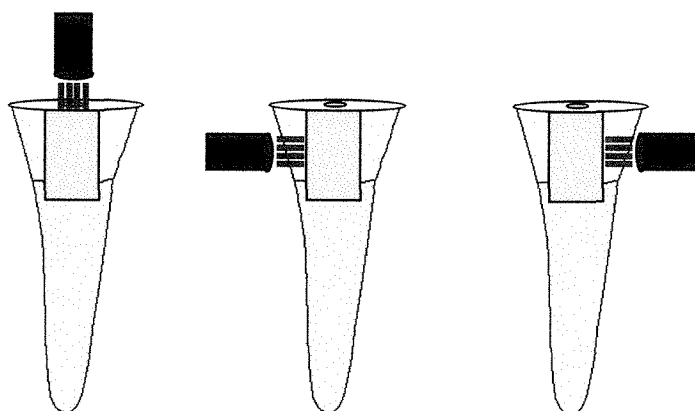


Figura 3: Ilustração da restauração em único incremento e fotopolimerização por oclusal, por vestibular e por lingual.

**DEME 3:** condicionamento ácido total, aplicação do adesivo, inserção da resina composta em incrementos vestibulo-linguais (LUTZ *et al.*, 1986 b) e fotopolimerização por 40 seg. cada incremento, utilizando o aparelho fotopolimerizador OPTILUX 500 (Figura 4).

---

<sup>7</sup> Demetrom/Kerr – EUA

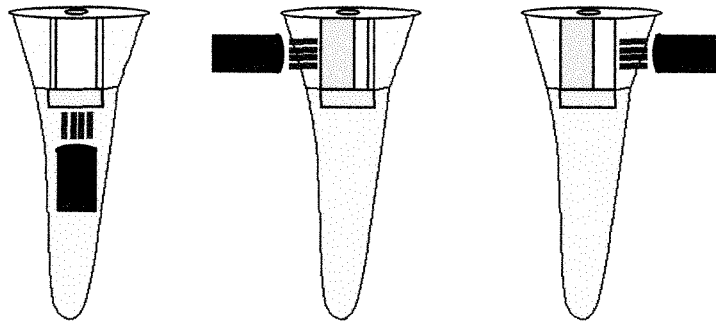


Figura 4: Ilustração da restauração pela técnica incremental e posições de fotopolimerização.

**SOFT 1:** condicionamento ácido total, aplicação do adesivo, inserção da resina composta em um único incremento e polimerização por 120 seg., sendo 40 seg. por oclusal, 40 seg. por vestibular e 40 seg. por lingual, com o aparelho fotopolimerizador DEGULUX SOFT START<sup>8</sup> (Figura 3).

**SOFT 3:** condicionamento ácido total, aplicação do adesivo, inserção da resina composta em incrementos vestibulo-linguais (LUTZ *et al.*, 1986 b) e fotopolimerização por 40 seg. cada incremento, utilizando o aparelho fotopolimerizador DEGULUX SOFT START (Figura 4).

---

<sup>8</sup> Degussa Hüls -Alemanha

Os aparelhos fotopolimerizadores utilizados são apresentados na figura 5. Antes da utilização dos mesmos, a intensidade de luz foi medida com um radiômetro e foram observados os seguintes valores para cada aparelho:

- OPTILUX 500 (DEMETROM): 490 a 520 mW/cm<sup>2</sup>
- DEGULUX SOFT START (DEGUSSA): início 400 mW/cm<sup>2</sup>  
após 20 segundos: 710 a 720 mW/cm<sup>2</sup>.

**Quadro 1.** Seqüência dos procedimentos restauradores realizados em cada grupo.

GRUPO	Inserção da resina composta	Fotopolimerização	Aparelho Fotopolimerizador
DEME 1	1 incremento	40 seg. por oclusal, 40 seg. por vestibular, 40 seg. por lingual	OPTILUX 500 (DEMETROM)
DEME 3	3 incrementos	Direcional, 40 seg. para cada incremento	OPTILUX 500 (DEMETROM)
SOFT 1	1 incremento	40 seg. por oclusal, 40 seg. por vestibular, 40 seg. por lingual	DEGULUX SOFT START (DEGUSSA)
SOFT 3	3 incrementos	Direcional, 40 seg. para cada incremento	DEGULUX SOFT START (DEGUSSA)

Quando foi fotopolimerizado o sistema adesivo, utilizou-se o mesmo aparelho fotopolimerizador que seria utilizado para a fotopolimerização da resina composta, sendo que, para o aparelho DEGULUX SOFT START, o sistema adesivo foi fotopolimerizado com a potência máxima.

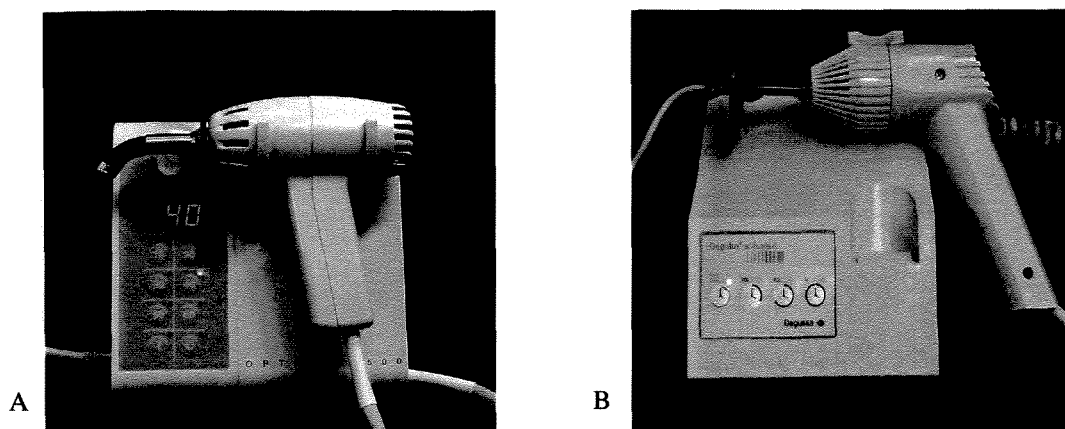


Figura 5: Aparelhos fotopolimerizadores utilizados neste estudo: A - OPTILUX 500; B - DEGULUX SOFT START.

Após realizar as restaurações, os dentes foram armazenados em água destilada, em estufa<sup>9</sup> a 37 °C, e, passadas 48 horas, receberam polimento com discos de óxido de alumínio Sof-Lex<sup>6</sup> fino e extrafino, que foram substituídos a cada 5 restaurações.

Os conjuntos dente-restauração foram, então, submetidos à termociclagem em água destilada por 1000 ciclos, em máquina de ciclagem térmica<sup>10</sup> (Figura 1-F), com controle computadorizado de ciclos. Cada ciclo consistiu em banhos de 60 seg. às

<sup>9</sup> Estufa de cultura modelo 002 CB - Fanem Ltda. – Brasil

<sup>10</sup> MCT2 - AMM - Instrumental Instrumentos de Precisão Ltda. – Brasil



temperaturas de 5 °C e 55 °C, com 5 seg. de transferência e tolerando a variação de temperatura de  $\pm 2$  °C em cada banho.

Com o fim da ciclagem térmica, o canal dos dentes bovinos foi preenchido com resina composta, e sobre a mesma foi aplicada uma camada de cola epóxica (Araldite®). Também foram aplicadas duas camadas de esmalte para unha<sup>11</sup> em todos os dentes, respeitando a distância limite de 1mm da margem cervical da restauração, para impedir a penetração de corante por outras regiões do dente (Figura 1-G).

Posteriormente, os dentes ficaram imersos, por 4 horas, em solução aquosa de azul de metileno a 2%, pH 7,0 (Figura 1-H), e depois foram lavados em água corrente e secos com papel absorvente.

Para realizar a avaliação da microinfiltração marginal, os dentes foram seccionados (Figura 1-I), nos sentidos longitudinal e méso-distal, passando pelo centro das restaurações, com discos diamantados dupla face. Os dentes foram avaliados por 3 examinadores calibrados, utilizando-se lupa estereoscópica<sup>12</sup> (Figura 1-J), com aumento de 70 vezes, seguindo os critérios abaixo (Figura 6):

**Grau 0:** quando se verificou total ausência de corante na interface dente-restauração ao nível cervical.

**Grau 1:** com penetração do corante até ou aquém de 1/3 da parede gengival.

---

<sup>11</sup> Esmalte Risqué - Niasi S.A. – Brasil

<sup>12</sup> Lupa Estereoscópica MEIJI - 2000 – Rep. da China

**Grau 2:** com penetração além de 1/3 da parede gengival, sem atingir a parede axial.

**Grau 3:** com penetração atingindo a parede axial.

**Grau 4:** com penetração se estendendo além da parede axial.

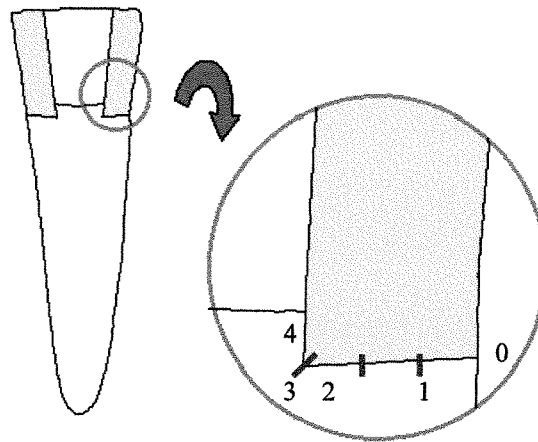


Figura 6: Ilustração dos escores de infiltração.

Para a análise estatística dos resultados foi inicialmente empregado o estimador de reprodutibilidade KAPPA, para avaliar a concordância entre os 3 examinadores. Das observações dos 3 examinadores foram obtidas as medianas, que foram submetidas ao Teste Exato de Fisher, para comparar os grupos experimentais quanto à infiltração marginal.

### 3.2. Análise da Microdureza

Após o término da avaliação da microinfiltração marginal, foram selecionadas 15 metades de restaurações de cada grupo, optando-se pelos dentes com cortes mais planos. As restaurações foram seccionadas com discos diamantados dupla face, formando um retângulo, de modo a deixar apenas a restauração e 1 mm de dentina ao redor da mesma (Figuras 7-A e 7-B).

Para incluir em resina de poliestireno<sup>13</sup>, as restaurações foram agrupadas a cada três, que foram devidamente identificadas. As superfícies internas das restaurações foram posicionadas em cera 7, em placa de vidro, onde também foram posicionados os tubos de PVC de  $\frac{3}{4}$  de polegadas, sendo que na luz de cada tubo ficaram posicionadas as 3 restaurações. Em seguida, foi colocada a resina de poliestireno e, após o tempo de presa, a mesma foi separada do tubo de PVC.

As restaurações foram posicionadas por seqüência numérica dentro de cada tubo de PVC, o qual também foi numerado, possibilitando a posterior identificação dos grupos.

Em seguida, os corpos-de-prova receberam acabamento e polimento utilizando lixas de óxido de alumínio<sup>14</sup>, com granulações 400, 600 e 1000, montadas em politriz elétrica rotativa<sup>15</sup>, refrigerada com água, em baixa rotação (300 r.p.m.). As lixas foram

---

<sup>13</sup> Cromex – Brasil

<sup>14</sup> Carborundum Abrasivos – Brasil

<sup>15</sup> Maxigrind–Solotest – Brasil

substituídas a cada quatro cilindros de resina. O polimento final foi realizado em politriz<sup>15</sup>, com discos de feltro<sup>16</sup> associados a pastas de diamante<sup>16</sup> de 3  $\mu\text{m}$  e 1  $\mu\text{m}$ , com refrigeração a óleo mineral<sup>17</sup> e velocidade de 300 r.p.m. Após a obtenção de uma superfície lisa e polida (Figura 7-C), os corpos-de-prova foram limpos com solução detergente em cuba de ultrassom<sup>18</sup>.

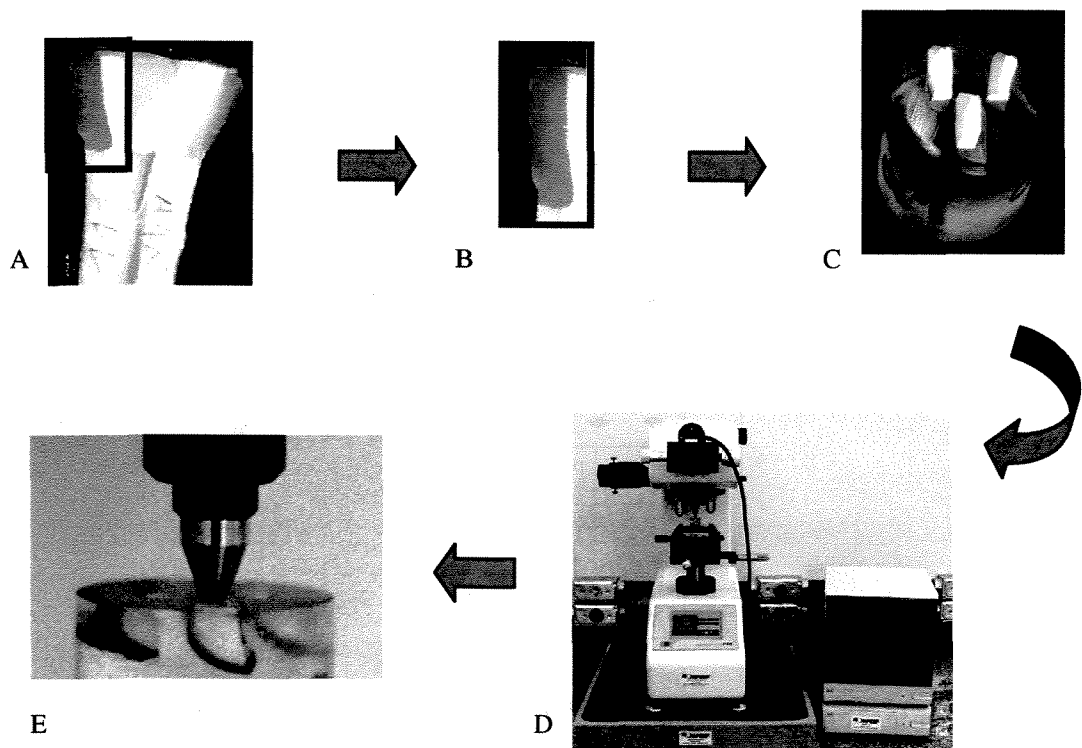


Figura 7: Fluxograma representativo da seqüência de execução da análise de microdureza. A. Dente seccionado para a análise da microinfiltração; B. Posição de seccionamento das restaurações para inclusão em resina de poliestireno; C. Restaurações incluídas em cilindro de resina já polido; D. Microdurômetro utilizado para mensuração da microdureza da resina composta; E. Penetrador Knoop realizando as indentações.

<sup>16</sup> Imptech International – África do Sul

<sup>17</sup> Arotec Ind. Com. Ltda. – Brasil

<sup>18</sup> Ultrasonic Cleaner T 1440D - Odontobrás – Brasil

Para a avaliação da polimerização, o ensaio de microdureza foi realizado utilizando-se um microdurômetro<sup>19</sup> (Figura 7-D) e o penetrador tipo Knoop (Figura 7-E), com carga de 25 g e duração de aplicação de 20 seg. Para cada restauração foram realizadas 9 indentações, tomando como referência a parede cavitária gengival e a axial. As penetrações foram localizadas a 100, 2500 e 5000  $\mu\text{m}$  de distância da margem gengival, e a 100, 750 e 1300  $\mu\text{m}$  da parede axial (Figura 8).

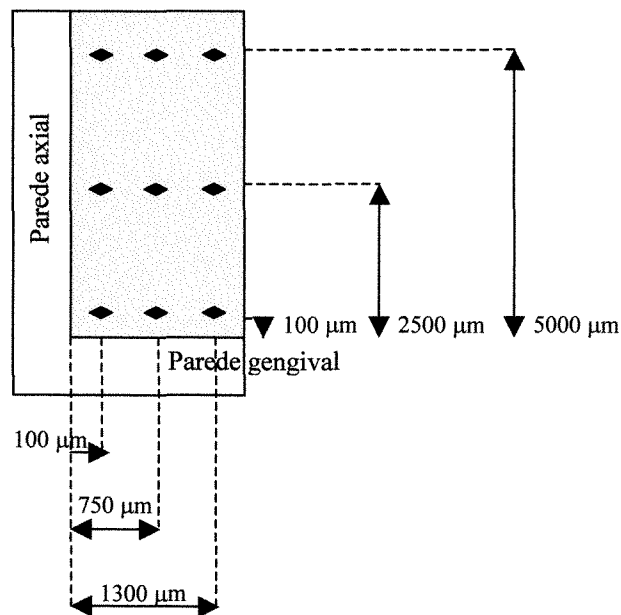


Figura 8: Ilustração das indentações localizadas em uma restauração, após o teste de microdureza.

<sup>19</sup> Future Tech – FM - 1E, Japan

O comprimento da diagonal maior da indentação realizada foi medida, em micrômetros (Anexo 6), através de um monitor<sup>20</sup> acoplado ao microdurômetro. Essas medidas foram aplicadas à fórmula:

$$HK = \frac{14230 \times F}{d \times d}$$

Onde:

HK: Dureza Knoop

F: Carga de Teste, neste trabalho 25 g

d: Comprimento da diagonal maior em micrômetros

Assim, foram obtidos os valores de dureza Knoop para cada localização, em cada corpo-de-prova. Em seguida, foram calculadas as médias de dureza para cada profundidade avaliada e para cada grupo experimental (Anexo 7).

As médias de dureza Knoop obtidas para cada profundidade e para cada grupo experimental foram submetidas à Análise de Variância, realizada em esquema de parcela sub-dividida, para avaliar as diferenças entre profundidades e entre grupos.

---

<sup>20</sup> Vídeo Monitor 9M 100A - Teli – Japão

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Resultados da Análise da Microinfiltração Marginal

Os dados da infiltração marginal das restaurações classe II em resina composta foram tabulados para cada examinador. Os escores atribuídos a cada corpo-de-prova, por examinador, encontram-se nos anexos 2, 3 e 4. Os resultados apresentados correspondem a 118 restaurações, pois 2 restaurações não puderam ser avaliadas, devido à presença de esmalte para unha sobre as mesmas.

As concordâncias interexaminadores foram avaliadas através do teste KAPPA e são apresentadas no Anexo 5.

Foi observada BOA concordância entre os examinadores 1 e 2 (estimador KAPPA = 0,73) e entre os examinadores 2 e 3 (estimador KAPPA = 0,72). Entre os examinadores 1 e 3 a concordância foi ÓTIMA (estimador KAPPA = 0,82), e entre os três examinadores a concordância também foi BOA (estimador KAPPA = 0,76). Essa grande concordância entre os examinadores demonstra a confiabilidade da técnica de penetração de corantes na avaliação da microinfiltração marginal.

A frequência relativa da ocorrência dos escores, para cada grupo experimental, está apresentada na Tabela 1 e na Figura 9. O Teste Exato de Fisher mostrou a existência de diferença estatisticamente significante ( $p < 0,05$ ) entre os grupos.

Tabela 1 – Frequência relativa (%) da ocorrência dos escores para cada grupo experimental.

Grupos Experimentais	Escore				
	0	1	2	3	4
DEME 1	54,44	28,89	10	0	6,67
DEME 3	70,11	29,89	0	0	0
SOFT 1	42,53	49,43	7,78	0	3,33
SOFT 3	63,22	33,33	3,33	0	0

Teste Exato de Fisher  $p = 0,00071$

Os resultados mostraram que os grupos DEME 3 e SOFT 3 apresentaram a menor infiltração marginal. Já os grupos DEME 1 e SOFT 1 apresentaram maior infiltração marginal.

Também pode ser observado que severa infiltração marginal (escore “4”) apenas foi encontrada nos grupos DEME 1 e SOFT 1, em que a resina composta foi inserida em incremento único.

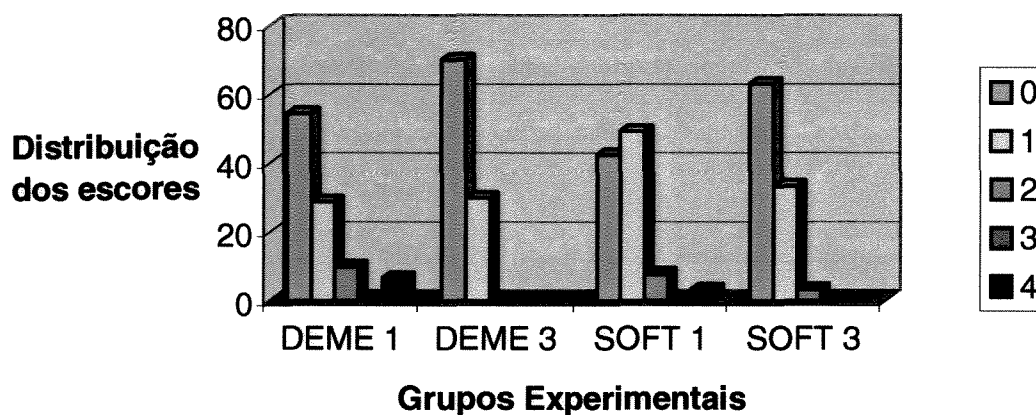


Figura 9: Gráfico da frequência relativa (%) da ocorrência dos escores, para cada grupo experimental.



#### 4.2. Resultados da Análise da Microdureza

O comprimento da diagonal maior das indentações e os valores de dureza Knoop para cada restauração estão apresentados nos anexos 6 e 7.

As médias dos valores de dureza Knoop, para cada profundidade da restauração e para cada grupo experimental, são apresentadas na Tabela 2. Após a Análise de Variância, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os valores de dureza em diferentes profundidades e nos diferentes grupos.

Tabela 2 – Dureza Knoop em função do grupo e da profundidade da restauração.

Grupos	Profundidade ( $\mu\text{m}$ )					
	100		2500		5000	
Experimentais	Média	DP	Média	DP	Média	DP
DEME 1	139,20 Aa	26,28	143,10 Aa	28,14	150,04 Aa	34,20
DEME 3	140,24 Aa	26,24	147,19 Aa	24,38	144,25 Aa	22,65
SOFT 1	137,26 Aa	20,09	143,02 Aa	22,94	143,14 Aa	20,73
SOFT 3	143,94 Aa	16,90	139,61 Aa	14,78	144,80 Aa	19,42

CV = 9,82%

Médias seguidas de mesma letra (maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal) não diferem entre si pela Análise de Variância ( $p > 0,05$ ).

## 5. DISCUSSÃO

Muitas técnicas têm sido usadas para avaliar o selamento marginal de restaurações. Entre elas pode-se citar o uso de bactérias, ar pressurizado, traçadores químicos e radioativos, estudos eletroquímicos, análise de nêutron ativado, cárie artificial, MEV, e o mais comum de todos, estudos de penetração de corantes (GOING, 1972; KIDD, 1976; TAYLOR & LYNCH, 1992; ALANI & TOH, 1997).

Estudos de microinfiltração, que utilizam a penetração de corantes, dependem da análise subjetiva da infiltração, através de sistemas de escores (TAYLOR & LYNCH, 1992). No entanto, apesar de ser uma técnica sensível, a penetração de corantes é um dos métodos mais antigos e mais usados para o estudo *in vitro* da microinfiltração ao redor de restaurações (GOING, 1972; KIDD, 1976; MANDRAS *et al.*, 1991; TAYLOR & LYNCH, 1992; ALANI & TOH, 1997). Neste estudo, os resultados do teste Kappa mostraram uma grande concordância entre os examinadores. Isso demonstra a confiabilidade da técnica de penetração de corantes na avaliação da microinfiltração marginal, quando adequada calibração dos examinadores é realizada.

Na avaliação da microinfiltração marginal, muitos pesquisadores têm usado dentes humanos extraídos, seja para avaliar materiais ou técnicas restauradoras (EAKLE & ITO, 1990; COLI & BRÄNNSTRÖM, 1993; WILSON, 1993; CRIM & CHAPMAN, 1994; GODDER *et al.*, 1995; DIETSCHI *et al.*, 1995). Entretanto, dentes humanos extraídos tornaram-se muito difíceis de serem obtidos devido à evolução da odontologia preventiva, que possibilitou a manutenção dos dentes na cavidade bucal, e devido ao grande número de

pesquisas realizadas atualmente. Por esses motivos, muitos estudos têm sido realizados utilizando dentes bovinos (DAVIDSON *et al.*, 1984; MOMOI *et al.*, 1990; PUCKETT *et al.*, 1992; BRACKETT *et al.*, 1995; UNTERBRINK & MUESSNER, 1995).

Já foi avaliada a utilização de dentes bovinos, como substitutos para os dentes humanos, em testes de adesão e em estudos de microinfiltração marginal. NAKAMICHI *et al.* (1983) observaram que os dentes bovinos podem ser usados nos testes de adesão pelo uso do esmalte e da camada superficial da dentina. REEVES *et al.* (1995) não encontraram diferenças significantes no comportamento dos substratos humano e bovino quanto à microinfiltração. Esses resultados suportam o uso de dentes bovinos em estudos *in vitro* de microinfiltração.

Várias técnicas têm sido estudadas para reduzir o estresse de contração de polimerização e, conseqüentemente, a infiltração marginal (KAYS *et al.*, 1991). Esses estudos incluem o uso de cunhas reflexivas (LUTZ *et al.*, 1986a; LUTZ *et al.*, 1986b; LUTZ *et al.*, 1992a; LUTZ *et al.*, 1992b), técnicas restauradoras (POLLACK, 1987; EAKLE & ITO, 1990; TJAN *et al.*, 1992; COLI & BRÄNNSTRÖM, 1993; WILSON, 1993; DIETSCHI *et al.*, 1995; GODDER *et al.*, 1995; APPLEQUIST & MEIERS, 1996; HILTON *et al.*, 1997; NEIVA *et al.*, 1998; PIMENTA, 1999) e variações na intensidade de luz (UNO & ASMUSSEN, 1991; FEILZER *et al.*, 1995; UNTERBRINK & MUESSNER, 1995; GORACCI *et al.*, 1996; MEHL *et al.*, 1997).

LUTZ *et al.* (1986a, 1986b) propuseram a técnica de incrementos vestibulo-linguais, com o uso de cunhas reflexivas, acreditando inverter o vetor de contração, o que possibilitaria a contração em direção às paredes cavitárias. No entanto, VERSLUIS *et al.*

(1998) mostraram, através da análise de elemento finito, que as resinas compostas, quando aderidas às paredes cavitárias, contraem em direção aos limites fixos. Quando a cunha reflexiva é utilizada, ocorre grande diminuição da intensidade de luz que atinge a resina composta (DE GOES *et al.*, 1992) e os bons resultados obtidos com essa técnica foram atribuídos, por LÖSCHE (1999), a esta menor intensidade de luz.

Neste trabalho, foi avaliada a influência da variação da intensidade de luz durante a fotopolimerização e da técnica restauradora na redução da microinfiltração marginal. Os melhores resultados foram observados no grupo DEME 3, onde houve a ausência de infiltração marginal em aproximadamente 70% das restaurações e a infiltração observada nas demais restaurações foi pequena (escore “1”). O grupo SOFT 3 também mostrou bons resultados, apresentando ausência de infiltração em 63,22% das restaurações e infiltração pequena (escore “1”) em 33,33%. No entanto, nesse grupo, 3,33% das restaurações exibiram infiltração moderada, de escore “2”.

No grupo DEME 1 foi observada ausência de penetração de corante em 54,44% das restaurações. Em aproximadamente 29% das restaurações ocorreu pequena infiltração (escore “1”). Entretanto, moderada infiltração (escore “2”) foi observada em 10% das restaurações e severa infiltração marginal (escore “4”) em 6,67% das restaurações. Para o grupo SOFT 1, ausência de infiltração foi observada somente em 42,53% das restaurações. A maioria das restaurações exibiu pequena infiltração (escore “1”), mas infiltração moderada (escore “2”) e severa (escore “4”) foram observadas em 7,78 e 3,33% das restaurações, respectivamente.

Como foi mostrado, severa infiltração marginal só foi observada nos grupos onde a técnica de inserção em incremento único foi utilizada. Baseado nesses dados, foi possível constatar que, neste estudo, ocorreu menor infiltração marginal em restaurações com inserção incremental da resina composta, independente do aparelho fotopolimerizador utilizado.

Esses resultados diferem daqueles encontrados em alguns estudos de microinfiltração, que compararam o emprego das técnicas restauradoras de incremento único, incrementos horizontais, oblíquos e vestibulo-linguais, em que não foram observadas diferenças significantes entre as técnicas restauradoras empregadas (EAKLE & ITO, 1990; WILSON, 1993; COLI & BRÄNNSTROM, 1993; GODDER *et al.*, 1995; HILTON *et al.*, 1997; PIMENTA, 1999).

EAKLE & ITO (1990) também não encontraram diferenças estatisticamente significantes entre as técnicas de incremento único, incrementos horizontais, incrementos diagonais e incrementos diagonais sobre forramento de ionômero de vidro. Para as margens em cimento, foi observada severa infiltração marginal, independente da técnica de inserção utilizada. Isso pode ter ocorrido devido à ausência de condicionamento ácido da dentina e ao uso de nitrato de prata como traçador, que consiste em um método muito severo de avaliação, pois suas partículas são menores que uma bactéria (TAYLOR & LYNCK, 1992; ALANI & TOH, 1997).

Já NEIVA *et al.* (1998) observaram que a técnica de inserção incremental oblíqua, com matriz transparente, exibiu significante maior infiltração marginal. Entre as

técnicas de incrementos oblíquos, incrementos horizontais, incrementos horizontais com cone colimador e incremento único, todas utilizando matriz metálica, não foram observadas diferenças estatisticamente significantes.

Quanto ao estresse causado pela contração de polimerização, *VERSLUIS et al.* (1996), após uma análise de elemento finito, relataram pouca diferença entre o estresse observado para várias técnicas restauradoras incrementais, mas o estresse associado com a técnica de incremento único foi substancialmente menor. Esses resultados foram confirmados por *JEDRYSCHOWSKI et al.* (1998) através de um estudo em modelos fotoelásticos.

No entanto, *DONLY et al.* (1987) observaram, em um estudo *in vivo*, que a inserção da resina composta em incrementos vestibulo-linguais produz uma redução significativa da deflexão de cúspides, quando comparada com a técnica de inserção em incremento único e em incrementos gengivo-oclusais. Isso reforça as vantagens da inserção da resina composta em incrementos vestibulo-linguais.

Como o sucesso da restauração depende da combinação da taxa de contração, da capacidade de escoamento e da resistência adesiva (*GORACCI et al.*, 1986), outros trabalhos também podem suportar os resultados obtidos neste estudo. Durante o início da polimerização, o escoamento das resinas compostas pode diminuir o estresse de contração do material (*GORACCI et al.*, 1986; *UNO & ASMUSSEN*, 1991).

O alívio do estresse pode estar relacionado com a forma da cavidade, ou seja, com a habilidade do material restaurador para contrair livremente para a interface. Quanto menos a restauração é aderida à parede, menos obstrução há para a contração (CARVALHO *et al.*, 1996; DAVIDSON & FEILZER, 1997). FEILZER *et al.* (1987) demonstraram experimentalmente que há uma relação entre a configuração da cavidade e o desenvolvimento do estresse e definiram o fator C (configuração) como a proporção entre a superfície aderida e a não aderida da restauração.

Já que o grau de escoamento é determinado pela superfície não aderida presente na restauração, a preservação da adesão depende, entre outros fatores, da configuração tridimensional da restauração (FEILZER *et al.*, 1987). A maioria das restaurações têm fator C de aproximadamente 1 a 2, como as restaurações classe II e III. Em geral, um aumento na taxa de estresse de contração, desenvolvido com o aumento do fator C, leva a uma diminuição da capacidade de escoamento (FEILZER *et al.*, 1987).

Assim, menor estresse pode ter sido produzido durante a polimerização, quando pequenos incrementos de resina composta foram aplicados. O fator C, segundo CARVALHO *et al.* (1996), é diminuído quando restaurações classe II são realizadas em incrementos, pois é diminuída a superfície aderida. Quanto menor é o fator C, maior é o escoamento permitido durante a polimerização. (CARVALHO *et al.*, 1996).

Essa diminuição do estresse, gerado durante a polimerização dos incrementos, provavelmente contribuiu para a preservação da integridade da interface dente-restauração e, conseqüentemente, diminuiu a microinfiltração.

As técnicas incrementais de inserção da resina composta também têm sido preconizadas para reduzir a sensibilidade pós-operatória (POLLACK, 1987; OPDAM *et al.*, 1998), já que a formação de fendas marginais e a deflexão de cúspides podem levar à sensibilidade. Quando uma restauração é submetida à carga, através da mastigação ou pela oposição do dente, ocorre uma deformação da margem da restauração, que pode resultar em mudança dimensional das fendas, causando dor devido à movimentação de fluido dos túbulos dentinários. As fendas também podem se desenvolver quando a capacidade de adesão do sistema adesivo é insuficiente para resistir às forças de contração de polimerização da resina composta. (OPDAM *et al.*, 1998).

EICK & WELCH (1986) observaram que há menor formação de fendas quando a técnica de incrementos vestibulo-linguais é utilizada para a inserção da resina composta, quando comparada com as técnicas de incremento único e de incrementos horizontais. Assim, concluíram que a técnica de incrementos vestibulo-linguais pode diminuir a ocorrência de sensibilidade pós-operatória. Já OPDAM *et al.* (1998) não observaram influência da técnica restauradora na ocorrência de sensibilidade pós-operatória e no selamento marginal. Entretanto, os autores comentam que as margens foram localizadas a alguma distância da junção cimento-esmalte, provendo um excelente local para a adesão. Isso também pode ser explicado pelo tamanho da cavidade que foi relativamente pequena e pela influência da contração de polimerização, que pode ter sido limitada.

Neste estudo, também foi realizada a mensuração da microdureza da resina composta, que é um método indireto de avaliar o grau relativo de polimerização (CHAN &



BOYER, 1985; HELVATJOGLOU-ANTONIADI *et al.*, 1991; MEHL *et al.*, 1997). Em geral, maiores valores de dureza são um indicativo de uma polimerização mais extensa (HELVATJOGLOU-ANTONIADI *et al.*, 1991).

O grau de polimerização, determinado indiretamente pela dureza superficial, tem sido relacionado à adaptação marginal de restaurações de resina composta em dentes posteriores (KAYS *et al.*, 1991). Um alto grau de conversão, que é primariamente relacionado à intensidade de luz e ao tempo de exposição, é um fator importante na longevidade de uma restauração. No entanto, quanto maior a conversão nas resinas compostas, maior a contração e o estresse produzido (FEILZER *et al.*, 1995).

Um recente método, designado a reduzir o estresse de polimerização, consiste na conversão inicialmente reduzida da resina composta, controlando a capacidade de escoamento da restauração (UNO & ASMUSSEN, 1991; FEILZER *et al.*, 1995; DAVIDSON & FEILZER, 1997). Um aumento no tempo de endurecimento de resinas compostas fotopolimerizáveis pode ser alcançado pela diminuição da intensidade de luz (FEILZER *et al.*, 1995). Essa lenta reação de polimerização influencia as características de escoamento e pode ser útil para moderar o estresse de contração e melhorar a adaptação marginal (FEILZER *et al.*, 1995).

Altos níveis de estresse eventualmente levam à formação de fendas. Como a taxa de conversão determina a taxa de desenvolvimento do estresse de contração, algum retardo na reação pode contribuir para a diminuição da velocidade de desenvolvimento do

estresse de contração (FEILZER *et al.*, 1995). Essa redução do estresse é esperada ocorrer nos primeiros 10 seg. de fotopolimerização (FEILZER *et al.*, 1995).

Por isso, neste estudo foi comparada a influência da polimerização utilizando o aparelho *soft-start* ou tradicional, sobre a microinfiltração marginal, que está relacionada ao estresse desenvolvido durante a polimerização.

Utilizando o aparelho fotopolimerizador Degulux Soft Start, com menor intensidade de luz, não foi observada menor infiltração marginal que com a polimerização convencional. No entanto, o aparelho *soft-start* usado neste trabalho apresenta intensidade de luz inicial de  $400 \text{ mW/cm}^2$ , intensidade bem maior que aquelas testadas em outros trabalhos (250 a  $270 \text{ mW/cm}^2$ ). Essa intensidade de  $400 \text{ mW/cm}^2$  provavelmente não foi baixa o suficiente para permitir uma lenta reação de polimerização.

Em outros estudos, menor formação de fendas foi observada quando intensidades menores de luz foram utilizadas (UNO & ASMUSSEN, 1991; FEILZER *et al.* 1995; UNTERBRINK & MUESSNER, 1995; GORACCI *et al.*, 1996; MEHL *et al.*, 1997).

UNO & ASMUSSEN (1991) mudaram a voltagem do aparelho para diminuir a intensidade de luz. Entretanto, não foi esclarecido quais intensidades de luz foram comparadas, e apenas 5 restaurações classe V foram realizadas para cada grupo. UNTERBRINK & MUESSNER (1995) observaram aumento na formação de fendas com o aumento da intensidade de luz de 250 para  $450 \text{ mW/cm}^2$  para a resina composta Z100, enquanto para a resina Tetric essa diferença não foi observada.

Já MEHL *et al.* (1997), que avaliaram a penetração de corante, além da formação de fendas, não encontraram diferenças significativas na microinfiltração, entre todas as intensidades de luz utilizadas. Outros estudos também não encontraram diferenças estatísticas quanto à penetração de corantes, quando diferentes técnicas de polimerização foram utilizadas (ALONSO *et al.*, 2000; BURMANN *et al.*, 2000). BURMANN *et al.* (2000) observaram que as técnicas de polimerização não tiveram influência sobre a ocorrência de microinfiltração e que o sistema restaurador empregado é mais crítico do que a técnica de fotopolimerização. Isso pode ser confirmado no estudo de ALONSO *et al.* (2000), onde não foi observada diferença entre as técnicas de polimerização, mas foi encontrada diferença entre as resinas compostas utilizadas. Assim, a ausência de diferenças entre os métodos de polimerização, obtida neste estudo, também pode estar relacionada à utilização de um único sistema restaurador.

Quanto ao grau de polimerização, também não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre os grupos avaliados. Isso mostra que a polimerização foi eficiente em toda a restauração, mesmo quando a técnica de inserção em incremento único foi utilizada.

A adequada polimerização, observada nas restaurações de incremento único, pode ter sido causada pela polimerização em três locais, incidindo por oclusal, vestibular e lingual. Nesse caso, a luz é transmitida através do esmalte dental e da dentina (CHAN & BOYER, 1985), permitindo a polimerização do terço gengival da restauração. Se a polimerização fosse realizada somente por oclusal, não seria obtida adequada

polimerização do terço gengival, devido à profundidade do preparo (OTA *et al.*, 1985; NOMOTO *et al.*, 1994; HANSEN & ASMUSSEN, 1997). A técnica incremental também possibilitou a polimerização de toda a restauração, pois a resina composta inserida em incrementos de pouca espessura, garante a polimerização até nas camadas mais profundas.

É possível observar que as duas técnicas restauradoras promoveram adequada polimerização, sendo sempre necessária a polimerização através da estrutura dental. Isso pode sugerir que, mesmo quando uma matriz metálica é utilizada, pode-se obter uma melhor polimerização se houver polimerização adicional através da estrutura dental, após a remoção da matriz. Também é importante que a polimerização adicional, através da estrutura dental, seja empregada quando se optar pela inserção da resina composta em incremento único, para garantir adequada polimerização.

Quanto aos sistemas de fotopolimerização utilizados, não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre os valores de microdureza obtidos. Outros trabalhos também mostraram que não há diminuição da polimerização das resinas compostas, quando menores intensidades de luz são utilizadas (UNTERBRINK & MUESSNER, 1995; MEHL *et al.*, 1997).

Os valores de microdureza, obtidos neste estudo, podem ser atribuídos ao maior tempo de exposição, que aumenta a microdureza das resinas compostas (OTA *et al.*, 1985; KRISHNAN & YAMUNA, 1998) e também ao aumento progressivo da dureza, esperado ocorrer por até 4 semanas (WATTS *et al.*, 1986; HELVATJOGLOU-ANTONIADI *et al.*, 1991). A metodologia empregada também pode ter influenciado os resultados, já que a estocagem

em local seco (WATTS *et al.*, 1986; HELVATJOGLOU-ANTONIADI *et al.*, 1991) e o polimento das restaurações incluídas (HELVATJOGLOU-ANTONIADI *et al.*, 1991) aumentam substancialmente a dureza do material restaurador.

Em vista dos aspectos discutidos, torna-se importante avaliar as vantagens da inserção da resina composta em incrementos, para assegurar a integridade da interface dente-restauração. Embora os métodos de polimerização utilizados neste estudo promovam adequada polimerização e possam interferir na capacidade de escoamento do material, nenhum deles parece diminuir a microinfiltração marginal, que é uma das maiores limitações da longevidade das restaurações de resina composta. Além disso, deve ser avaliado o custo-benefício da utilização do aparelho *soft-start*, já que ele não apresentou melhores resultados que o aparelho de fotopolimerização convencional.

## 6. CONCLUSÃO

Considerando as condições experimentais e os resultados do presente estudo, pode-se concluir que :

- independente do aparelho fotopolimerizador utilizado, a técnica incremental exibiu menor infiltração marginal que a técnica de incremento único;
- o aparelho fotopolimerizador *soft-start*, utilizado neste estudo, não foi capaz de reduzir a infiltração marginal;
- a polimerização, avaliada através da microdureza, foi similar para os dois sistemas de polimerização testados, independente da técnica restauradora empregada;
- a menor infiltração marginal foi observada para a técnica incremental associada à polimerização convencional.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALANI, A.H. & TOH, C.G. Detection of microleakage around dental restorations: a review. *Oper Dent*, Seattle, 22(4): 173-185, Jul-Aug. 1997.
2. ALONSO, R.C.B. *et al.* Efeito do método de polimerização sobre a infiltração marginal em restaurações com compósitos odontológicos. *Pesqui Odontol Bras*, São Paulo, 14: 55, Suplemento 2000.
3. APPLEQUIST, E.A. & MEIERS, J. C. Effect of bulk insertion, prepolymerized resin composite balls, and beta-quartz inserts on microleakage of class V resin composite restorations. *Quintessence Int*, Berlin, 27(4): 253-258, Apr. 1996.
4. BRACKETT, W.W. *et al.* Microleakage of light-cured glass-ionomer restorative materials. *Quintessence Int*, Berlin, 26(8): 583-585, Aug. 1995.
5. BROSH, T. *et al.* The influence of surface loading and irradiation time during curing on mechanical properties of a composite. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, 77(6): 573-577, June, 1997.
6. BURMANN, P. *et al.* O efeito de diferentes técnicas de fotopolimerização sobre a microinfiltração. *Pesqui Odontol Bras*, São Paulo, 14: 66, Suplemento 2000.
7. CARVALHO, R.M. *et al.* A review of polymerization contraction: the influence of stress development versus stress relief. *Oper Dent*, Seattle, 21(1): 17-24, Jan-Feb. 1996.

8. CHAN, K.C. & BOYER, D.B. Curing light-activated composite resins through dentin. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, 54(5): 643-645, Nov. 1985.
9. COLI, P. & BRÄNNSTRÖM, M. The marginal adaptation of four different bonding agents in class II composite resin restoration applied in bulk or in two increments. *Quintessence Int*, Berlin, 24(8): 583-591, Aug. 1993.
10. CRIM, G.A. & CHAPMAN, K.W. Reducing microleakage in class II restorations: an in vitro study. *Quintessence Int*, Berlin, 25(11): 781-785, Nov. 1994.
11. \_\_\_\_\_. & MATTINGLY, S.L. Evaluation of two methods for assessing marginal leakage. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, 45(2): 160-163, Feb. 1981.
12. \_\_\_\_\_. & GARCIA-GODOY, F. Microleakage: the effect of storage and cycling duration. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, 57(5): 574-576, May, 1987.
13. \_\_\_\_\_.; SWARTZ, M.L.; PHILLIPS, R.W. Comparison of four thermocycling techniques. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, 53(1): 50-53, Jan. 1985.
14. DARBYSHIRE, P.A.; MESSER, L.B.; DOUGLAS, W.H. Microleakage in class II composite restorations bonded to dentin using thermal and load cycling. *J Dent*, Oxford, 67(3): 585-587, Mar. 1988.
15. DAVIDSON, C.L.; DE GEE, A.J.; FEILZER, A. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J Dent Res*, Washington, 63(12): 1396-1399, Dec. 1984.



16. DAVIDSON, C.L. & FEILZER A.J. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *J Dent*, Oxford, 25(6): 435-440, Nov. 1997.
17. DE GOES, M.F. *et al.* Optical transmittance of reflecting wedges. *Am J Dent*, San Antonio, 5(2): 78-80, Apr. 1992.
18. DIETSCHI, D. *et al.* Influence of the restorative technique and new adhesives on the dentin marginal seal and adaptation of resin composite class II restorations: an in vitro evaluation. *Quintessence Int*, Berlin, 26(10): 717-727, Oct. 1995.
19. DONLY, K.J. *et al.* Posterior composite polymerization shrinkage in primary teeth: an in vitro comparison of three restorative techniques. *Pediatr Dent*, Chicago, 9(1): 22-25, Mar. 1987.
20. EAKLE, W.S. & ITO, R.K. Effect of insertion technique on microleakage in mesio-occlusodistal composite resin restorations. *Quintessence Int*, Berlin, 21(5): 369-374, May, 1990.
21. EICK, J.D. & WELCH, F.H. Polymerization shrinkage of posterior composite resins and its possible influence on postoperative sensitivity. *Quintessence Int*, Berlin, 17(2): 103-111, Feb. 1986.

22. FEILZER, A.J. *et al.* Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration-cavity interface. *Eur J Oral Sci*, Copenhagen, 103(5): 322-326, Oct. 1995.
23. \_\_\_\_\_; DE GEE, A.J.; DAVIDSON, C.L. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J Dent Res*, Washington, 66(11): 1636-1639, Nov. 1987.
24. GODDER, B.; SETTEMBRINI, L.; ZHUKOVSKY, L. Direct-shrinkage composite placement. *Gen Dent*, Chicago, 43(5): 444-446, Sep-Oct. 1995.
25. GOING, R.B. Microleakage around dental restorations: a summarizing review. *J Am Dent Assoc*, Chicago, 84(6): 1349-1357, June, 1972.
26. GORACCI, G.; MORI, G.; DE' MARTINIS, L.C. Curing light intensity and marginal leakage of resin composite restorations. *Quintessence Int*, Berlin, 27(5): 355-362, 1996.
27. HANSEN, E.K. & ASMUSSEN E. Visible-light curing units: correlation between depth of cure and distance between exit window and resin surface. *Acta Odontol Scand*, Oslo, 55(3): 162-166, June, 1997.
28. HASSAN, K. *et al.* A modified incremental filling technique for class II composite restorations. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, 58(2): 153-156, Aug. 1987.

29. HELVATJOGLOU-ANTONIADI, M. *et al.* Surface hardness of light-cured and self-cured composite resins. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, 65(2): 215-220, Feb. 1991.
30. HILTON, T.J.; SCHWARTZ, R.S.; FERRACANE, J.L. Microleakage of four class II resin composite insertion techniques at intraoral temperature. *Quintessence Int*, Berlin, 28(2): 135-144, Feb. 1997.
31. JEDRYCHOWSKI, J.R.; BLEIER, R.G.; CAPUTO, A.A. Shrinkage stresses associated with incremental composite filling techniques. *ASDC J Dent Child*, Chicago, 65(2): 111-115, Mar-Apr. 1998.
32. KAWAGUCHI, M.; FUKUSHIMA, T.; MIYAZAKI, K. The relationship between cure depth and transmission coefficient of visible-light-activated resin composites. *J Dent Res*, Washington, 73(2): 516-521, Feb. 1994.
33. KAYS, B.T.; SNEED, W.D.; NUCKLES, D.B. Microhardness of class II composite resin restorations with different matrices and light positions. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, 65(4): 487-490, Apr. 1991.
34. KIDD, E.A.M. Microleakage: a review. *J Dent*, Oxford, 4(5): 199-206, Sep. 1976.
35. KRISHNAN, V.K. & YAMUNA, V. Effect of initiator concentration, exposure time and particle size of the filler upon the mechanical properties of a light-curing radiopaque dental composite. *J Oral Rehabil*, Oxford, 25: 747-751, Oct. 1998.

36. LÖSCHE, G.M. Marginal adaptation of class II composite fillings: guided polymerization vs reduced light intensity. *J Adhesive Dent*, Berlin, 1(1): 31-39, 1999.
37. LUTZ, F. *et al.*(a) Improved proximal margin adaptation of class II composite resin restorations by use of light-reflecting wedges. *Quintessence Int*, Berlin, 17(10): 659-664, Oct. 1986.
38. \_\_\_\_\_.; KREJCI, I.; OLDENBURG, T.R.(b) Elimination of polymerization stresses at the margins of posterior composite resin restorations: a new restorative technique. *Quintessence Int*, Berlin, 17(12): 777-784, 1986.
39. \_\_\_\_\_.; KREJCI, I.; BARBAKOW, F.(a) Restoration quality in relation to wedge-mediated light channeling. *Quintessence Int*, Berlin, 23(11): 763-767, Nov. 1992.
40. \_\_\_\_\_.; KREJCI, I.; BARBAKOW, F.(b) The importance of proximal curing in posterior composite resin restorations. *Quintessence Int*, Berlin, 23(9): 605-609, Sep. 1992.
41. MANDRAS, R.S.; RETIEF, D.H.; RUSSEL, C.M. The effects of thermal and occlusal stresses on the microleakage of the Scotchbond 2 dentinal bonding system. *Dent Mater*, Washington, 7(1): 63-67, Jan. 1991.

42. MEHL, A.; HICKEL, R.; KUNZELMANN, K.H. Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without 'softstart-polymerization'. *J Dent*, Oxford, 25(3-4): 321-330, May-July, 1997.
43. MOMOI, Y. *et al.* Gradual increases in marginal leakage of resin composite restorations with thermal stress. *J Dent Res*, Washington, 69(10): 1659-1663, Oct. 1990.
44. NAKAMICHI, I.; IWAKU, M.; FUSAYAMA, T. Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. *J Dent Res*, Washington, 62(10): 1076-1081, Oct. 1983.
45. NEIVA, I.F. *et al.* An in vitro study of the effect of restorative technique on marginal leakage in posterior composites. *Oper Dent*, Seattle, 23(6): 282-289, Nov-Dec. 1998.
46. NOMOTO, R.; UCHIDA, K.; HIRASAWA, T. Effect of light intensity on polymerization of light-cured composite resins. *Dent Mater J*, Washington, 13(2): 198-205, Dec. 1994.
47. OPDAM, N.J.M. *et al.* Marginal integrity and postoperative sensitivity in class 2 resin composite restorations in vivo. *J Dent*, Oxford, 26(7): 555-562, Sep. 1998.
48. OTA, K. *et al.* Effect of light exposure time on the depth of curing in various composite resin systems. *Pediat Dent*, Chicago, 7(1): 19-22, Mar. 1985.

49. PIMENTA, L.A.F. Avaliação da microinfiltração em restaurações de classe II em compósito realizadas com duas técnicas diferentes de inserção. Piracicaba, 1999. 94p. [Tese (Livre Docência) – FOP – UNICAMP].
50. POLLACK, B.F. Class II composites: 1987 thoughts and techniques. *NYS Dent J*, Albany, 53(5): 25-27, May, 1987.
51. PUCKETT, A. *et al.* The effect of incremental versus bulk fill techniques on the microleakage of composite resin using a glass-ionomer liner. *Oper Dent*, Seattle, 17(5): 186-191, Sep-Oct. 1992.
52. REEVES, G.W. *et al.* Microleakage of new dentin bonding systems using human and bovine teeth. *Oper Dent*, Seattle, 20(6): 230-235, Nov-Dec. 1995.
53. ROSSOMANDO, K.J. & WENDT Jr., S.L. Thermocycling and dwell times in microleakage evaluation for bonded restorations. *Dent Mater*, Washington, 11(1): 47-51, Jan. 1995.
54. RUSE, N.D. & SMITH, D.C. Adhesion to bovine dentin – surface characterization. *J Dent Res*, Washington, 70(6): 1002-1008, June, 1991.
55. SCHUCKAR, M. & GEURTSSEN, W. Proximo-cervical adaptation of class II-composite restorations after thermocycling: a quantitative and qualitative study. *J Oral Rehabil*, Oxford, 24(10): 766-775, Oct. 1997.

56. TAYLOR, M.J. & LYNCH, E. Microleakage. *J Dent*, Oxford, 20(1): 3-10, Feb. 1992.
57. TJAN, A.H.L.; BERGH, B.H.; LIDNER, C. Effect of various incremental techniques on the marginal adaptation of class II composite resin restorations. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, 67(1): 62-66, Jan. 1992.
58. UNO, S. & ASMUSSEN, E. Marginal adaptation of a restorative resin polymerized at reduced rate. *Scand J Dent Res*, Copenhagen, 99(5): 440-444, Oct. 1991.
59. UNTERBRINK, G.L. & MUESSNER, R. Influence of light intensity on two restorative systems. *J Dent*, Oxford, 23(3): 183-189, June, 1995.
60. VERSLUIS, A.; TANTBIROJN, D.; DOUGLAS, W.H. Do dental composites always shrink toward the light? *J Dent Res*, Washington, 77(6): 1435-1445, June, 1998.
61. \_\_\_\_\_. *et al.* Does an incremental filling technique reduce polymerization shrinkage stresses? *J Dent Res*, Washington, 75(3): 871-878, Mar. 1996.
62. WATTS, D.C.; McNAUGHTON, V.; GRANT, A.A. The development of surface hardness in visible light-cured posterior composites. *J Dent*, Oxford, 14(4): 169-174, Aug. 1986.

63. WELSH, E.L. & HEMBREE, J.H. Microleakage at the gingival wall with four class V anterior restorative material. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, 54(3): 370-372, Sep. 1985.
64. WILSON, J. Effects of design features and restorative techniques on marginal leakage of MO composites: an in vitro study. *Oper Dent*, Seattle, 18: 155-159, 1993.



**OBRAS CONSULTADAS**

- 1 - FERREIRA, A.B.H. *et al.* Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. 2 ed. São Paulo: Nova Fronteira, 1999.
- 2 - MARQUES, A. & DRAPER, D. Dicionário Inglês-Português/ Português-Inglês. 5 ed. São Paulo: Ática, 1989.
- 3 - PHILLIPS, P.W. Skinner: Materiais Dentários. 9 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995.
- 4 - CECCOTTI, H.M. & SOUSA, D.D. Manual para normatização de dissertação e tese. Piracicaba: FOP - UNICAMP, 1999, 56p.
- 5 - SOLIANI, S.D.O. & SILVA, L.F. Referências bibliográficas NB-66 da ABNT. 3 ed. Piracicaba: FOP - UNICAMP, 1995, 24p.

**ANEXO 1:** Sorteio aleatório realizado para a distribuição das cavidades nos respectivos grupos.

<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>	<b>Grupo 4</b>
106	41	98	94
109	9	56	38
18	73	15	99
29	102	120	27
89	19	74	111
75	32	21	37
66	44	64	100
108	91	52	62
103	104	31	86
8	114	23	49
45	24	119	107
4	97	84	105
67	113	57	11
76	47	88	59
87	54	2	60
3	14	28	96
48	25	20	79
5	26	69	68
90	85	58	118
36	110	50	55
116	81	53	35
72	17	39	93
71	82	63	61
92	95	16	40
78	22	83	13
33	12	101	70
77	6	65	51
42	80	34	117
10	43	46	1
112	30	7	115

**ANEXO 2:** Escores atribuídos à infiltração marginal das restaurações pelo examinador 1.

1	1	31	1	61	perdido	91	0
2	0	32	1	62	1	92	0
3	0	33	4	63	1	93	0
4	0	34	4	64	1	94	0
5	0	35	1	65	0	95	0
6	0	36	2	66	0	96	1
7	1	37	0	67	0	97	0
8	0	38	2	68	0	98	1
9	0	39	0	69	2	99	0
10	0	40	0	70	1	100	0
11	0	41	0	71	0	101	0
12	0	42	2	72	0	102	0
13	0	43	1	73	0	103	1
14	1	44	0	74	1	104	1
15	1	45	0	75	0	105	0
16	1	46	0	76	0	106	0
17	1	47	0	77	4	107	0
18	1	48	2	78	0	108	0
19	0	49	1	79	0	109	1
20	1	50	1	80	0	110	1
21	0	51	0	81	0	111	0
22	1	52	0	82	0	112	1
23	0	53	0	83	1	113	0
24	0	54	0	84	0	114	0
25	0	55	0	85	perdido	115	0
26	0	56	2	86	1	116	1
27	0	57	1	87	0	117	0
28	1	58	0	88	1	118	1
29	1	59	0	89	1	119	0
30	0	60	0	90	1	120	0

**ANEXO 3:** Escores atribuídos à infiltração marginal das restaurações pelo examinador 2.

1	1	31	1	61	perdido	91	0
2	0	32	1	62	0	92	1
3	0	33	4	63	1	93	0
4	0	34	4	64	1	94	0
5	0	35	1	65	0	95	0
6	0	36	2	66	0	96	1
7	1	37	0	67	0	97	0
8	0	38	2	68	1	98	1
9	0	39	0	69	2	99	0
10	0	40	0	70	1	100	0
11	0	41	1	71	0	101	0
12	0	42	2	72	0	102	0
13	0	43	1	73	1	103	1
14	1	44	0	74	0	104	0
15	1	45	0	75	0	105	0
16	1	46	0	76	0	106	0
17	1	47	0	77	4	107	1
18	1	48	2	78	1	108	0
19	0	49	1	79	0	109	1
20	1	50	1	80	0	110	1
21	1	51	1	81	0	111	0
22	1	52	0	82	0	112	1
23	1	53	0	83	1	113	0
24	1	54	0	84	0	114	0
25	1	55	0	85	perdido	115	0
26	0	56	2	86	1	116	1
27	0	57	1	87	0	117	1
28	1	58	0	88	1	118	0
29	1	59	0	89	1	119	0
30	0	60	0	90	1	120	0

**ANEXO 4:** Escores atribuídos à infiltração marginal das restaurações pelo examinador 3.

1	1	31	1	61	perdido	91	0
2	0	32	1	62	1	92	0
3	0	33	4	63	0	93	0
4	0	34	4	64	1	94	0
5	0	35	1	65	0	95	0
6	0	36	2	66	0	96	1
7	1	37	0	67	0	97	0
8	0	38	2	68	0	98	1
9	0	39	0	69	2	99	0
10	0	40	0	70	1	100	0
11	0	41	0	71	0	101	0
12	0	42	1	72	0	102	0
13	0	43	1	73	1	103	1
14	1	44	0	74	1	104	1
15	1	45	0	75	0	105	0
16	1	46	0	76	0	106	0
17	0	47	0	77	4	107	1
18	1	48	2	78	0	108	0
19	0	49	1	79	0	109	1
20	1	50	1	80	0	110	1
21	1	51	0	81	0	111	0
22	1	52	0	82	0	112	1
23	1	53	0	83	1	113	0
24	0	54	0	84	0	114	1
25	0	55	0	85	perdido	115	0
26	0	56	2	86	1	116	1
27	0	57	2	87	0	117	1
28	1	58	0	88	1	118	1
29	1	59	1	89	1	119	0
30	1	60	0	90	1	120	0

**ANEXO 5:** Apresentação das respostas de concordância interexaminadores.

Examinador 1	Examinador 2					Total
	0	1	2	3	4	
0	60	4	0	0	0	64
1	12	33	0	0	0	45
2	0	0	6	0	0	6
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	3	3
Total	72	37	6	0	3	118

Estimador KAPPA = 0,73

Concordância = 86%

Examinador 3	Examinador 1					Total
	0	1	2	3	4	
0	64	2	0	0	0	66
1	8	34	0	0	0	42
2	0	1	6	0	0	7
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	3	3
Total	72	37	6	0	3	118

Estimador KAPPA = 0,82

Concordância = 90%

Examinador 3	Examinador 2					Total
	0	1	2	3	4	
0	57	9	0	0	0	66
1	7	35	0	0	0	42
2	0	1	6	0	0	7
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	3	3
Total	64	45	6	0	3	118

Estimador KAPPA = 0,72

Concordância = 85%

## ANEXO 6: Mensurações em micrômetros apresentadas para cada restauração.

Rest. n.	Profundidade								
	100			2500			5000		
	100	750	1300	100	750	1300	100	750	1300
1	51,5	50,6	54,5	47,1	54,4	52,4	55	50,2	53
2	53,6	53,4	56	56,6	57	56	55	52,3	54,1
4	48,4	52	51,6	53	55	48,5	46	45	49
5	42,5	51	49	50,8	56,1	55,5	51,5	52,5	56
6	47	49	47,5	47	53,2	52	54,5	55,4	54
7	55,5	53,5	44	49,4	52	55,2	50	49	50
8	55,5	52	56,5	54,8	52,5	51,2	54	54,5	51
9	49	55,2	50,5	48,5	51,5	53	51	51	50,5
10	52,3	57	54,5	54	54	54	55,7	55,7	56,5
11	52,7	52,5	53,7	54,5	55	54,5	51	50	52
12	47,7	48	46,5	51,5	51,5	50	52,5	50,7	52,6
13	43	49,5	54	48	50,5	49	42	41	47
16	47,3	47,5	51,5	49	49,5	48,5	46,5	46	48,5
19	53,5	57,5	56,5	51,7	53	51,5	52	54,5	57
20	50	57	50,5	54	52	50,5	53	52,7	52,3
21	53,5	55,7	54,3	50,7	50,5	51,5	49,5	53	50,3
26	51,5	52	51,7	53,5	48,3	49,5	51,7	47	49,5
28	55	55,2	51,7	53,5	48,3	49,5	51,7	47	49,5
29	53	53,3	52,8	52,5	53	48,5	52	49	50,7
30	53	50	5405	49,5	51,5	47,5	51,5	54	51
32	48,5	45,5	55	46,7	51,3	49	49	53,5	52
35	43	47	49,2	46	42,3	48	44	46,5	50
37	48	49	51,5	50	50	52,5	44,5	52	51,2
43	52,5	54	54	51,5	53	51	53,5	51	51,5
44	55	54,5	55	54,5	50,5	49	52	52,7	50
45	56	52,5	56	52,3	52,3	55	50,5	48	48,5
49	49	48	49	47,3	49,5	48	48	50	46,5
50	45	48,7	49	48	52,5	53,7	54	52,5	50,5
51	50	50,5	48	50	48	52	52	49	51
52	51,5	53,5	55	45,5	52,5	56	52,5	53,3	50
53	55,5	50	46	50,5	48	42,5	50,5	52	47,5
55	51,5	58	52	53	51,5	52	51	53	51
58	50,5	54,5	54	48	49	51	48,5	46,7	48,5
59	52	54,5	52,5	53,2	54,5	54	53	48	50,5
60	51,5	51,5	47	52	51	53,5	51,5	51,5	50
61	44,5	48,5	47	52	51	53,5	52	50	59,7
63	57	57,5	55,7	55	55	55	56,3	53,3	57,5
67	53	53,5	54	52,5	56	51	50	54	52,5
68	54,5	49,5	54,5	53,5	55,5	53,6	50	56,3	56,5
69	54,7	55	50	55,7	54,5	53	56,5	52,6	54,5
71	52	54	53,5	53,5	54,5	52,5	52,5	49,5	52
72	54	53,5	54,5	51	53,6	52	53	51,5	52
75	50,5	53	53	46	56,3	51,7	42	53	49,5
76	50,5	47	50,7	49	48	42	40,5	44,5	38,5
81	53	55,5	48	39,5	45,5	40,7	41,5	46	50,5
82	43	44	43,5	41,5	47,3	45,2	41,7	46,7	49
83	44	48	45	45	44,5	48	40	46	47,2
84	48	50,4	48,5	53	43	43,5	51,2	47	47,5
87	40,7	43	40,7	39	40	41,7	44,7	38	45
88	43,5	41	49	42,5	39,2	45	38	46	47,5
90	45,5	43,5	44	44	39	47	41,7	41	36,5
95	41,7	38	48	44	38	46	44	49	43,5
99	41,3	47,2	43,6	51,5	49	44,5	50,5	52	51
100	54	47	48,6	49,5	47	52	45,5	44,6	44
102	45,6	50,5	46,5	51,5	52,5	54,7	55	50,5	53
103	50,5	51,5	53,3	48,1	54	53,5	50,7	52	53,5
105	50	52	50,5	45	49	49,7	47,5	51,5	47
106	54,7	50,5	53,5	53	52	49,5	49,5	53	54,3
110	51	55,5	57,5	52,5	49	54	42	44,5	40,5
113	56,5	56	57,5	50	57	51	51	51,3	47

**ANEXO 7:** Médias dos valores de Dureza Knoop para cada profundidade, em cada grupo experimental.

DEME 1

Rest. n .	Profundidade		
	100	2500	5000
4	138,5617	130,7083	163,3313
5	169,9663	121,414	125,084
8	119,0273	127,4629	125,8379
10	119,3327	121,9993	113,5623
29	126,5032	135,0213	141,3373
45	118,3337	152,6829	148,1674
67	124,2903	125,8853	121,2348
71	125,8379	124,2903	135,0213
72	121,9993	130,5581	130,7083
75	130,7083	135,0213	153,3175
76	145,7777	165,7373	209,8859
87	206,8602	219,8087	196,3078
90	181,0295	189,4818	225,3761
103	132,736	132,2246	131,2613
106	127,1258	134,1314	130,2087

DEME 3

Rest. n .	Profundidade		
	100	2500	5000
6	155,5049	138,2341	119,2017
9	133,7675	136,7743	137,6907
12	158,3391	136,7743	131,9193
19	114,1326	131,2109	119,7711
26	132,9413	139,8837	145,7777
30	119,7711	145,1893	130,7083
32	144,1971	148,1674	134,1314
43	124,2903	132,4288	131,5643
44	118,3337	135,0213	133,7675
81	130,7083	202,6361	168,1238
82	188,0037	178,2843	169,5954
95	196,3078	195,3888	171,8391
102	157,4742	127,1258	127,4629
110	119,0273	132,4288	198,5402
113	110,7742	128,2385	143,6182

SOFT 1

Rest. n .	Profundidade		
	100	2500	5000
2	118,4633	111,3235	122,9081
7	136,7743	130,5581	144,1971
16	149,5682	148,1674	161,0457
20	129,0703	130,7083	128,2385
21	119,7711	137,3123	137,1506
28	122,135	139,1102	143,6182
50	157,2094	134,6538	129,9103
52	125,084	135,0213	131,9193
53	139,4961	161,0457	142,3
58	126,6465	146,1917	155,0508
63	110,54	117,6033	114,666
69	125,5544	120,2118	119,6393
83	170,5622	169,3734	180,4592
84	148,349	164,5277	150,8026
88	179,649	199,4816	185,1834

SOFT 3

Rest. n .	Profundidade		
	100	2500	5000
1	130,5581	135,1793	127,9468
11	126,79	119,0273	136,7743
13	149,2009	147,1447	189,4818
35	165,2376	172,3691	162,2171
37	145,1893	137,6907	146,7862
49	150,1835	152,6829	153,3175
51	145,1893	142,3	138,5617
55	122,7711	130,7083	133,2502
59	126,6465	122,4524	139,4961
60	142,3	130,7083	136,7743
61	163,3313	130,7083	122,4524
68	127,4629	121,1006	120,7884
99	183,5048	152,304	135,867
100	143,0429	145,1893	178,045
105	137,6907	155,0508	150,1835