

Patricia dos Santos Jardim

**ANÁLISE DA MICROESTRUTURA  
DO AMÁLGAMA DENTAL  
QUANDO ASSOCIADO A  
DIFERENTES MATERIAIS  
INTERMEDIÁRIOS**

Araraquara

**Patrícia dos Santos Jardim**

**ANÁLISE DA MICROESTRUTURA DO  
AMÁLGAMA DENTAL QUANDO  
ASSOCIADO A DIFERENTES  
MATERIAIS INTERMEDIÁRIOS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como requisito do Curso de Pós-Graduação em Odontologia, Área de Dentística Restauradora, para obtenção do Título de Mestre.

Orientadora: *Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Salete Machado Cândido*

**Araraquara**

**2002**

# Dados Curriculares

## Patrícia dos Santos Jardim

**NASCIMENTO:** 04/04/1974 – Santos / SP

**FILIAÇÃO:** José Paulo Pinto Jardim

Dirce dos Santos Jardim

**1993 / 1996:** Curso de Graduação

Faculdade de Odontologia de Araçatuba

– UNESP

**1999 / 2002:** Curso de Pós-Graduação em Dentística

Restauradora, nível de Mestrado, na

Faculdade de Odontologia de Araraquara

– UNESP

*A **Deus; Pai**, que me amou primeiro, **Filho**, que esteve em todos os momentos caminhando ao meu lado, e **Espírito Santo**, pelo consolo, sustento e sabedoria. Como filha, entrego este trabalho em Tuas mãos, pois foi pela Tua graça ele pode ser concretizado.*

*Aos meus pais, **José Paulo e Dirce**, que sempre acreditaram em mim e tornaram possível a realização deste trabalho. Obrigada por todo amor, traduzidos em confiança e oração. Amo muito vocês!!!*

*Aos meus irmãos **Cristina e Murilo**, e a minha sobrinha **Bianca**. Sem suas orações, apoio e compreensão eu nunca poderia ter realizado este trabalho. AMO VOCÊS!!!*

A minha **orientadora, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Salete Machado Candido**, pela competência, seriedade, amor ao ensino, e principalmente pela pessoa humana, sensível e amiga que eu tive a oportunidade de conhecer. **OBRIGADA POR TUDO!!!**

A minha amiga **Luciana**, que me acompanhou diariamente durante esses dois anos. Obrigada pelo seu amor, carinho e pelas suas orações. Sua amizade foi fundamental para o sucesso deste trabalho!!!

À *Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP*, na pessoa de seu Diretor, *Prof. Dr. Ricardo S. G. Abi Rached* e do vice-diretor, *Prof. Dr. Roberto Miranda Esberard*.

À *ex-coordenadoria do Curso de Pós-Graduação*, na pessoa do *Prof. Dr. Sinzenado de Toledo de Porto Neto* e a *atual coordenadoria*, na pessoa do *Prof. Dr. José Roberto Cury Saad*.

Aos *Professores do Departamento de Dentística da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP: Welington Dinelli, Celso Luiz A. de Porto, Maria Salete Machado Candido, Sizenando de Toledo Porto Neto, Ueide Fernando Fontana, Marcelo Ferrarezi de Andrade, José Roberto Cury Saad, Osmir Baptista de Oliveira Júnior e Sillas Luiz Lordelo Duarte Júnior.*, pela amizade e conhecimentos transmitidos.

Aos *Professores do Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP*, pela atenção dedicada.

À *FAPESP*, pela concessão da Bolsa de estudos.

Ao **Prof. Dr. Antônio Carlos Guastaldi**, por toda atenção e amizade que fundamentaram um belíssimo trabalho em equipe.

Aos **Professores da Disciplina de Dentística da Faculdade de Odontologia de Araçatuba: Jorge Komatsu, Renato Herman Sundfeld, Sandra Rahal Mestrener, Mara A. M. de Castro, Sílvio José Mauro, Ricardo Coelho Okida, Carlos Holland e Laumer P. A. S. Quintella**, que me ensinaram a amar a Dentística. Obrigada por todo carinho e apoio!

Aos **Professores da Disciplina de Clínica Integrada da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP**, especialmente aos **Professores Denise Pedrini, Wilson Roberto Poi e Sônia Regina P. Barioni**, que sempre acreditaram e incentivaram o meu trabalho. Obrigada por me mostrar que vale a pena ensinar!

Aos meus irmãos do **Grupo de Oração Universitário de Araraquara do Grupo de Oração de Araçatuba**. A Palavra de Deus nos fala que quem encontrou um amigo encontrou um tesouro, e onde está o nosso tesouro está nosso coração. Vocês são meu tesouro!

Aos colegas de turma: **Alessandra, Emmanuel, Liz, Luana, Ricardo, Taiúva**, e especialmente a **Cristina, Elaine e Laura**, pela amizade e companheirismo. Com vocês aprendi que não chegamos a lugar algum sem trabalho de equipe.

Aos todos os meus colegas do curso de pós-graduação, especialmente a **Micheline, Roberto, Cristiane, Abraham, Rui, Alexandre Susin, Fernando, Paula, Carol, Débora, Érika e Roberta Esberard**. Mais do que colegas de trabalho vocês são grandes amigos! Obrigada por tudo!

Aos meus amigos **André, Eduardo, Márcio e Aderval**. Vocês são amigos muito especiais e moram no meu coração!

Aos meus amigos do Instituto de Química de Araraquara: **Ivan e Heloísa**. Com certeza vocês fazem parte do coração deste trabalho. Obrigada por toda atenção, tempo e paciência que vocês dispensaram. O auxílio e a amizade de vocês foi fundamental para a realização deste trabalho.

Aos funcionários **Fabíola e Cleber** do CCDM da Faculdade de Engenharia de Materiais da UFSCar. Obrigada pela atenção e profissionalismo.

Aos meus amigos **Merlin, Amélio, Renata, Danilo, Daniela, Fabíola, Luciana Bisco, Caroline Villar, Verônica, Juliano, Fábio Prado e Andréa Coelho**, que sempre me incentivaram e acreditaram em mim. Amo vocês!!!

A **todos os meus amigos da Família Rolla**. Vocês são minha segunda família e eu não poderia deixar de agradecer por todo incentivo e carinho! Amo muito vocês!!!



Aos meus *amigos do estágio e da especialização da Disciplina de Dentística*. Obrigada pela amizade e por participarem da minha formação nesta faculdade!

Ao *Prof. Dr. Elerson Gaetti Jardim Júnior*, por acreditar em mim desde o início e me incentivar a seguir a carreira acadêmica. Muito Obrigada!!!

Aos professores e amigos *Sandra Rahal Mestriner* e *Ricardo Coelho Okida*, por fazerem parte da minha formação profissional e pelo carinho que sempre demonstraram por mim.

Aos Técnicos de Laboratório: *Cláudio Tita, Marinho e Vanderley*. Muito obrigada por todo carinho e atenção!!! Sem a colaboração de vocês seria impossível concretizar este e muitos outros trabalhos.

Aos *Funcionários do Departamento de Odontologia Restauradora* da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, pelos serviços dispensados e amizade.

Aos *Funcionários da Seção de Pós-Graduação, Mara, Rosângela e Vera*, pela amizade, dedicação, respeito e paciência que sempre nos atenderam.

Aos ***Funcionários da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Araraquara***, pela gentileza e eficiência, mas principalmente pela amizade e carinho que sempre me dedicaram.

As bibliotecárias ***Maria Helena Matsumoto Komasti e Maria José Perón***, da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, não só pela análise e comutação das referências bibliográficas deste trabalho, mas pelo carinho e amizade. Muito obrigada!

Ao meu amigo ***Jaime Bonospírito Júnior***, pelo auxílio na edição e impressão das figuras deste trabalho.

Aos ***Funcionários da Biblioteca*** da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP, pela amizade e eficiência em todos os serviços prestados.

Aos Funcionários do sexto andar: ***Conceição, Pedro, Luiz, Maria e Inês***. Vocês são muito queridos e especiais!

A todos aqueles que de colaboraram de alguma forma para a realização deste sonho! ***Muito Obrigada!!!***

---

**“Tudo tem seu tempo, há um momento oportuno para cada empreendimento debaixo do céu.**

**Tempo de nascer e tempo de morrer;**

**Tempo de plantar e tempo de colher a planta;**

**Tempo de matar e tempo de sarar;**

**Tempo de destruir e tempo de construir;**

**Tempo de chorar e tempo de rir;**

**Tempo de gemer e tempo de dançar;**

**Tempo de atirar pedras e tempo de ajuntá-las;**

**Tempo de abraçar e tempo de separar;**

**Tempo de buscar e tempo de perder;**

**Tempo de guardar e tempo de jogar fora;**

**Tempo de rasgar e tempo de costurar;**

**Tempo de calar e tempo de falar;**

**Tempo de amar e tempo de odiar;**

**Tempo de guerra e tempo de paz;**

**Que aproveita trabalhar e esforçar-se? Observei as tarefas que Deus impôs aos homens para com elas se ocuparem. As coisas que Ele fez são todas boas no momento oportuno. Além disso, Ele dispôs que fossem permanentes, mas sem que o homem chegue a conhecer o princípio e o fim da ação que Deus realiza. E compreendi que não há outra felicidade para o homem senão alegrar-se e assim alcançar a felicidade durante a vida. Igualmente, o homem comer e beber e, mediante o seu trabalho, desfrutar da felicidade é também dom de Deus. Compreendi que tudo o que Deus fez permanece para sempre.”**

---

JARDIM, P.S. *Análise da microestrutura do amálgama dental quando associado a diferentes materiais intermediários*. Araraquara, 2002, 144p. Dissertação (Mestrado em Dentística Restauradora) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar através de Análise Metalográfica em Microscopia Eletrônica de Varredura, a ocorrência de possíveis alterações na microestrutura do amálgama, e analisar, através de fotomicrografias, a presença de fendas na interface dente/restauração, quando este é associado a três diferentes materiais adesivos intermediários, sendo eles: Panávia F, Vidrion F e Scotchbond Multi-Use Plus (SBMP). Para este estudo, foram utilizados 20 terceiros molares recentemente extraídos, os quais receberam preparos Classe I, assim restaurados: GRUPO I (controle): restaurações com amálgama sem a presença de agente intermediário, GRUPO II: restaurações com amálgama associadas ao Panávia F; GRUPO III: restaurações com amálgama associadas ao Vidrion F; e, GRUPO IV: restaurações com amálgama associadas ao SBMP. Após confecção das restaurações, de acordo com as instruções dos fabricantes, os corpos-de-prova permaneceram em água destilada a 37<sup>0</sup>C +/- por 24h e foram submetidos a termociclagem (8<sup>0</sup>C a 55<sup>0</sup>C). Em seguida, os corpos-de-prova foram seccionados longitudinalmente no sentido méso-distal e submetidos à análise

Metalográfica em Microscopia Eletrônica de Varredura e à análise da interface adesiva através da mensuração da fenda em três regiões distintas: (IA1) interface esmalte/restauração; (IA2) interface ângulo/restauração; (IA3) interface parede pulpar/restauração. Os resultados foram submetidos à análise descritiva e estatística, pela análise de variância, com  $p=0,05$ , cujos resultados nos permitiram concluir que: a) Nenhum dos materiais intermediários testados determinou alterações na microestrutura do amálgama; b) Houve aumento significativo na presença de porosidades no interior do amálgama nos Grupos II e III; c) A associação do amálgama aos materiais intermediários não foi capaz de impedir a formação da fenda na interface dente/restauração, que apresentou-se descontínua ao longo das paredes da cavidade nos Grupos II, III e IV, d) A região IA1 (interface esmalte/restauração) apresentou valores estatisticamente iguais a região IA2 (interface ângulo/restauração) e menores que a região IA3 (interface parede pulpar/restauração), independente do material intermediário utilizado e, e) A associação do amálgama ao Panavia F apresentou valores estatisticamente iguais à associação ao SBMP, e menores que os apresentados pelo grupo controle e pela associação do amálgama ao Vidrion F (Grupo II), independente da região analisada.

Palavras-chave: amálgama, sistemas adesivos, ionômero de vidro, cimento resinoso, fenda.

JARDIM, P.S. Dental alloy microstructure analysis when associated to different intermediate materials. Araraquara, 2002, 144p. Dissertation (Master of Science in Restorative Dentistry) – Dentistry School, São Paulo State University.

## ABSTRACT

The aim of the present study was evaluate utilizing Metallographic Analysis in Scanning Electronic Microscopy the occurrence of possible alterations in amalgam microstructure and evaluate, by means of photomicrographies, the presence of gaps in tooth/restoration interface, when associated to three different intermediate adhesive materials, that was: Panavia F, Vidrion F and Scotchbond Multi Purpose Plus (SBMP). For this study, twenty recently extracted third molars were used, and a Class I cavity was made in each tooth and filled in the following form: Group I (control): amalgam restorations without intermediate agent, Group II: amalgam restoration associated with Panavia F, Group III: amalgam restorations associated with Vidrion F, Group IV: amalgam restorations associated with SBMP. After the fillins was made accordingly with the manufacturer's instruction, the **test bodies** stood in distilled water at 37° C +/- for 24 hours, then being submitted to thermocycling (8° C to 55°C). Then the **test bodies** was longitudinally cutted in the medial-distal way, and submitted to the Metallographic Analysis in Scanning Electronic Microscopy and to the adhesive interface analysis through the gap mensuration in three distinct regions: (IA1) tooth/restoration interface; (IA2)

angle/restoration interface; (IA3) pulpar wall/restoration interface. The results were submitted to the descriptive and statistical analysis, by the analysis of variance (ANOVA) ( $p=0,05$ ), which results allowed the following conclusions: a) none of the tested intermediate materials determined amalgam microstructure alterations; b) there was significant increase in porosities in the interior of amalgam of the groups II and III; c) The association of amalgam with intermediate materials was not capable to avoid the gap formation in the tooth/restoration interface, that showed discontinuous in the cavities walls in the Groups II, III and IV; d) The IA1 region (tooth/restoration interface) showed statistically similar values to the IA2 region (angle/restoration interface) and decreased values when compared to the IA3 region (pulpar wall/restoration interface), independent of the utilized material and, e) the association of amalgam and Panavia F demonstrated statistically similar values to the association to SBMP, and decreased values when compared to control group and by the association of amalgam to Vidrion F (Group II), independent of the analyzed region.

Key words: amalgam, adhesive systems, glass ionomer, resinous cement, gap.

# Introdução

Os materiais odontológicos restauradores têm evoluído, sobremaneira, nas últimas décadas. Como exemplo dessa evolução, podemos citar o amálgama dental, utilizado há mais de 150 anos.<sup>48</sup> Graças a melhorias contínuas na composição e tipo de partículas, tem-se atualmente um material com melhores propriedades, o que tem possibilitado a sua indicação para as mais variadas situações clínicas em dentes posteriores.

Mesmo com o grande interesse econômico por parte das indústrias por materiais resinosos, chegando a introduzir, na maioria das vezes, produtos não adequadamente testados, as ligas metálicas, especificamente o amálgama, continuam ocupando lugar de destaque na relação de materiais para restaurações de dentes posteriores, principalmente onde os fatores mecânicos são mais exigidos, e nos países onde a maioria da população carece de cuidados orais.<sup>48</sup>

Apesar da excelente estética oferecida pelos materiais resinosos atuais, esses ainda não apresentam algumas das vantagens do amálgama, tais como: controle da performance clínica, baixo custo e auto selamento das margens;<sup>9, 18, 44</sup> entretanto, por não se unir quimicamente à estrutura dental, esse material restaurador ainda permite a existência de fendas na interface dente/restauração, o que propicia a ocorrência de microinfiltração marginal.<sup>6, 7, 8, 11, 13, 14, 29, 49</sup> Essas fendas podem levar à penetração de compostos salivares, resíduos alimentares e bactérias, sensibilidade pós-operatória,



descoloração da estrutura dental, deterioração marginal, desenvolvimento de cáries secundárias e, até mesmo, injúrias pulpares.<sup>29, 36, 37</sup>

A retenção das restaurações extensas de amálgama, onde grande parte da estrutura dental foi perdida, é obtida através de retenções adicionais, pelo desgaste de estrutura dental sadia e confecção de caixas de retenção ou através da aplicação de pinos intra-dentinários.<sup>35</sup>

Com o intuito de propiciar a união do amálgama à estrutura dental, as pesquisas no campo dos materiais adesivos têm sugerido a utilização desses materiais sob restaurações de amálgama de prata.<sup>63, 64, 70</sup>

Os estudos sobre o efeito de alguns adesivos na união de uma restauração de amálgama aos tecidos dentais, foi consagrada por Varga et al.,<sup>70</sup> que avaliaram o controle da infiltração marginal e a resistência de união oferecida pela associação de um adesivo do grupo 4-META e do Panávia Ex (Kuraray) com o amálgama, em restaurações de classe I. O estudo da infiltração marginal revelou que a utilização de agentes intermediários adesivos foi capaz de reduzir significativamente a penetração de solução evidenciadora na interface dente/restauração, quando comparado ao não uso de qualquer agente. Com relação à união, os autores puderam observar que houve adesão do 4-META ao amálgama e ao dente, demonstrada pelos valores de resistência à força de cisalhamento, sendo que, ao esmalte condicionado, após um dia o valor alcançado foi de 13,4MPa, e após um mês de 17,7MPa.

Assim, com o intuito de minimizar ou impedir a infiltração marginal nas restaurações de amálgama, bem como, de conseguir meios auxiliares na retenção

desse material restaurador no preparo cavitário, muitos autores propuseram o emprego de agentes intermediários adesivos que, além de protegerem o complexo dentino-pulpar, permitem também a união do amálgama ao tecido dental, reduzindo a infiltração marginal.<sup>5, 11, 16, 21, 43, 56, 68</sup> Esta técnica foi denominada amálgama adesivo.<sup>60, 64</sup>

Tendo em vista as vantagens do emprego do amálgama adesivo, e sendo esta opção restauradora, uma alternativa para restaurações de dentes extensamente destruídos,<sup>40</sup> onde a princípio estaria indicada restauração metálica fundida, seu emprego é, sem dúvida alguma, de grande interesse, não só para a comunidade odontológica, mas também para a população de baixa renda, uma vez que esta técnica possui um custo inferior<sup>62</sup> comparado aos tratamentos restauradores indiretos.

Durante a execução da técnica do amálgama adesivo, a condensação do amálgama sobre o material intermediário, seja ele um cimento resinoso, um sistema adesivo dual ou um cimento de ionômero de vidro, determina a mistura desses dois materiais, resultando assim em um “novo composto”. Ao se analisar a massa do amálgama adesivo em Microscopia Eletrônica de Varredura, pode-se observar um embricamento mecânico entre o amálgama e o material intermediário,<sup>18, 54, 63</sup> porém, não se sabe se ocorrem alterações na microestrutura e na constituição das fases finais do amálgama, decorrente dessa associação.

Estudando a corrosão em amálgama dental, Acciari,<sup>4</sup> em 1997, pôde analisar descritivamente a microestrutura do amálgama através da Metalografia por Microscopia Óptica Comum e Microscopia Eletrônica de Varredura. Entretanto, existe a

necessidade de explicações sobre o que acontece com a microestrutura do amálgama, quando esse é associado a diferentes materiais intermediários, bem como, se ocorre alguma alteração nas fases do amálgama que sugira perda de alguma das propriedades já conhecidas desse material restaurador, o que leva a necessidade de estudos no sentido de esclarecimento de tais dúvidas, que possa dar aos profissionais da área, subsídios para a indicação correta e segura de tal técnica restauradora.

## Revisão da literatura

Baldwin,<sup>12</sup> em 1897, propôs a condensação do amálgama de prata diretamente sobre o cimento de fosfato de zinco, antes do início de sua presa, já pensando na união do amálgama de prata à um material de base. Segundo o autor, esta técnica proporcionaria um menor desgaste dental e conseqüente aumento da resistência do dente.

Buonocore,<sup>19</sup> em 1955, deu início a odontologia adesiva. Através do condicionamento com ácido fosfórico a 85% do esmalte dental, o autor conseguiu uma adesão efetiva entre este e restaurações de resina acrílica. Esta adesão é explicada pela formação de uma superfície rugosa no esmalte na qual a resina pode unir-se mecanicamente ao elemento dental.

Embora o conhecimento do amálgama dental seja mais explorado através das suas propriedades mecânicas, o seu desempenho e as técnicas de uso clínico podem ser melhoradas através do entendimento da microestrutura deste material e das reações de cristalização, que conduzem à formação do amálgama propriamente dito. Entretanto, um dos maiores problemas para esse tipo de estudo em amálgama é o preparo das amostras, devido sua maleabilidade superficial e ao baixo ponto de fusão do mercúrio, o qual determina a recristalização de algumas fases. Por esses motivos, Wing,<sup>73</sup> em 1965, realizou um estudo avaliando diferentes tipos ataque ácido, usados

para determinar a diferenciação das fases do amálgama durante o exame metalográfico. Dentre as soluções avaliadas, o uso inicial de uma solução de 8% de cianeto de potássio e 1mg de iodo por 25ml de solução, seguido da imersão das amostras em uma solução de partes iguais de 10% de hidróxido de amônio e 10% de ferricianeto de potássio, apresentou os melhores resultados. A avaliação da microestrutura das amostras de amálgama atacadas apresentou grande quantidade da liga original, embebida em uma matriz de Ag-Hg e Sn-Hg. Dentro dos limites de resolução do microscópio óptico usado neste estudo não foi possível diferenciar as fases  $\gamma_1$  e  $\gamma_2$ . Entretanto, a porosidade esteve sempre presente e, segundo o autor, ela pode estar relacionada com as técnicas de manipulação do amálgama, e pode influenciar, negativamente, algumas propriedades do material, como por exemplo, a resistência mecânica.

Wing et al.,<sup>74</sup> em 1965, usaram a difração de raios-X para investigar o processo de cristalização de amálgamas de ligas esféricas e correlacionar os resultados obtidos à análise da microestrutura destes materiais após sua completa cristalização. Os exames de difração de raios-X foram obtidos durante diferentes estágios da reação de cristalização do amálgama, iniciando cinco minutos após a trituração, seguindo até a completa cristalização. As amostras foram então submetidas ao polimento metalográfico para realização da análise da microestrutura. Os resultados mostraram que as ligas esféricas mantêm a sua forma original após a cristalização e que a quantidade de material reagido é muito pequena.

Ao se trabalhar com corpos-de-prova de amálgama, deve-se tomar um grande cuidado para evitar o aquecimento deste material. Baseados nesta observação, Araújo & Netto,<sup>10</sup> em 1968, estudaram as alterações estruturais de corpos-de-prova de amálgama provocadas pelo aquecimento de materiais de inclusão para análise metalográfica. Para este estudo, foram confeccionados corpos-de-prova de amálgama de liga convencional (True Dentalloy), com 8,0mm de diâmetro por 2,0mm de altura, e foram testados cinco materiais para inclusão: Specific Metallographic Mounting Resin, resina acrílica autopolimerizável incolor (JET), resina epóxica (Araldite), resina de poliéster (Crystic 191) e um material constituído da mistura de 60% do pó da resina acrílica autopolimerizável (JET) com a resina de poliéster Crystic 191. Os corpos-de-prova foram incluídos nos respectivos materiais, após 1h e 24 h do início da reação de cristalização, juntamente com bulbos de termômetro de mercúrio, graduados até 100°C. Todos os materiais utilizados na inclusão apresentaram aumento da temperatura acima de 60°C durante sua reação de polimerização, exceto a mistura de resina de poliéster (Crystic 191) com resina acrílica autopolimerizável (JET), cuja temperatura não ultrapassou 37°C. Nos materiais que alcançaram temperaturas acima de 60°C, os resultados mostraram refluxo de Hg e formação de fase  $\gamma_2$  na superfície dos corpos-de-prova, mesmo quando estes foram confeccionados com um liga de amálgama específica, a qual não possui fase  $\gamma_2$  na sua microestrutura. Como uma certa quantidade de Sn é arrastada pelo Hg para a superfície dos corpos-de-prova, os autores concluíram que ocorre uma alteração na composição química do corpo do amálgama, devido à perda de certa quantidade desses elementos para a superfície. A adição de 60% de resina

acrílica autopolimerizável à resina de poliéster, por não ultrapassar a temperatura de 37°C durante a polimerização, não determinou alterações na microestrutura dos corpos-de-prova de amálgama, e segundo os autores, é o material indicado para realização da análise metalográfica.

Com a finalidade de avaliar o efeito do polimento e do brunimento na infiltração marginal de restaurações de amálgama, Russo et al.,<sup>56</sup> em 1970, utilizaram como agente evidenciador o  $^{131}\text{Na}$ , e concluíram que o brunimento, além de diminuir a infiltração marginal, reduz a quantidade de mercúrio residual e a porosidade superficial do amálgama.

Em 1977, Chan et al.<sup>21</sup> avaliaram o efeito da escultura, do brunimento e do polimento na adaptação marginal de restaurações de amálgama. Para tanto, foram confeccionadas cavidades de classe V nas superfícies vestibulares de 30 dentes humanos, as quais foram restauradas com amálgama de partículas esféricas e os excessos removidos com instrumentos de escultura. Os espécimes do Grupo I foram brunidos 10 minutos após a realização da escultura; no Grupo II, as restaurações foram somente esculpidas; e no Grupo III, as restaurações foram polidas 24 horas após a escultura. Os corpos-de-prova foram avaliados em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), em aumento de 20X, e os resultados mostraram que nos Grupos II e III ocorreram fendas entre o amálgama e as paredes cavitárias, enquanto no Grupo I as fendas foram preenchidas por amálgama amorfo.

A união do cimento de ionômero de vidro às superfícies dentárias, aos metais e a porcelana foi estudada por Holtz et al.,<sup>36</sup> em 1977. Os autores encontraram união efetiva do cimento de ionômero de vidro ao esmalte e a dentina, entretanto, a união aos metais só foi possível a partir da aplicação de uma fina camada de estanho sobre a superfície do cimento ionomérico. Esta união, segundo os autores, se deu através da formação de pontes de íons metálicos e de pontes de hidrogênio. Não foi observada união entre o cimento de ionômero de vidro e a porcelana.

A partir da introdução dos métodos de ataque ácido previamente a análise metalográfica, foi possível observar que o amálgama dental não era apenas uma estrutura formada por uma liga de prata-estanho, mas sim, que é formado por pelo menos 3 tipos distintos de grãos ou fases: a fase  $\gamma$  (Ag - Sn), a fase  $\gamma_1$  (Ag - Hg) e a fase  $\gamma_2$  (Sn - Hg). Mediante essas considerações, Abbott & Makinson,<sup>1</sup> em 1978, descreveram um método alternativo de ataque ácido para realização do exame metalográfico na superfície do amálgama. Das soluções para ataque ácido testadas, a que apresentou os melhores resultados para o amálgama convencional foi a solução de 5%(m/m) de hidróxido de sódio somada a uma solução de 20%(m/m) de iodo; enquanto para as ligas ricas em cobre, os melhores resultados foram obtidos por uma solução de 1,25% (m/m) de hidróxido de sódio e 5% (m/m) de iodo.



Em 1980, Andrews & Hembree<sup>8</sup> estudaram a ocorrência de infiltração marginal em amálgamas com alto teor de cobre. Foram testadas as ligas Velvalloy (controle), Micro II, Optalloy II, Dispersalloy, Sybraloy, Cupralloy, Aristaloy CR, Indiloy e Tyntin. Após a confecção das restaurações, os corpos-de-prova foram submetidos a 100 ciclos térmicos de 4°C e 58°C. A infiltração marginal foi determinada pelos isótopos radioativos <sup>45</sup>Ca e foi visualizada através de auto radiografias, após o seccionamento dos corpos-de-prova. As avaliações foram feitas no primeiro dia, aos 3 e 6 meses e após 1, 1<sup>1/2</sup> e 2 anos após a confecção das restaurações. Os resultados mostraram que a infiltração marginal nas ligas de alto teor de cobre diminuiu mais lentamente que na liga convencional, usada como controle e após dois anos de análise não houve diferença na infiltração marginal entre as ligas testadas. Esse fato, segundo os autores, pode ser atribuído pela menor corrosão sofrida pelas ligas de alto teor de cobre.

As ligas de amálgama ricas em cobre apresentam pequenas quantidades de fase  $\gamma_2$ , que é eliminada em pouco tempo na temperatura oral, sugerindo que o seu mecanismo de cristalização e de deteriorização são significativamente diferentes da liga de amálgama convencional. Por esse motivo, Marshall et al.,<sup>39</sup> em 1980, avaliaram as mudanças microestruturais de restaurações de amálgama de liga convencional e ricas em cobre após uso clínico, usando, como amostras para este estudo, restaurações de amálgama removidas de dentes extraídos e pedaços de restaurações de amálgama indicadas para substituição. Essas amostras foram submetidas

à análise em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e a Energia Dispersiva de raios-X (EDX), exames que determinam a distribuição dos elementos, a composição química e identificam as diferentes fases na microestrutura das amostras. Os resultados mostraram que, para as restaurações de amálgama ricas em cobre, a corrosão está confinada a superfície e a áreas isoladas; entretanto, tanto os amálgamas convencionais como os ricos em cobre apresentaram reações similares na interface dente/restauração, a qual é formada por uma camada complexa e rica em estanho, sugerindo, segundo os autores, similaridade nas reações responsáveis pelo selamento marginal.

Andrada et al.,<sup>7</sup> em 1982, compararam a infiltração marginal em ligas convencionais e de alto teor de cobre. Para este estudo foram selecionados 300 dentes, os quais receberam preparos no terço médio da face vestibular. Os dentes foram restaurados com três tipos de liga e receberam, ou não, proteção com verniz cavitário, para então serem divididos em 3 grupos, conforme os períodos de análise. Para o estudo da infiltração marginal, foi utilizada, como agente traçador, uma solução de fluoresceína sódica a 2%, durante a ciclagem térmica. Os autores concluíram que a aplicação do verniz cavitário previamente à inserção do amálgama foi capaz de reduzir eficazmente a infiltração marginal; entretanto, esta eficácia foi menos evidente nas restaurações de amálgama rico em cobre que no amálgama convencional, e que nos períodos de 3 e 7 dias houve aumento na infiltração marginal, até que aos 15 e 30 dias os corpos-de-prova desse material apresentaram infiltração total do agente traçador.

Em 1983, Zardiackas & Stoner<sup>76</sup> pesquisaram a união entre o amálgama e as estruturas dentárias através do processo denominado Amalgamação Interfacial Seletiva. Neste processo, a condensação do amálgama é feita sobre uma base composta de cimento de poliacarboxilato e prata. Os autores acreditavam que o mercúrio livre do amálgama era capaz de difundir-se e de reagir com a prata presente no cimento de poliacarboxilato, unindo, desta forma, a base ao amálgama, enquanto a união entre o dente e a restauração aconteceria pelo cimento de poliacarboxilato. Foram realizados testes de tração e de cisalhamento em restaurações confeccionadas em dentes bovinos, e foi analisada a influência da concentração e do peso molecular do ácido poliacrílico e da concentração de óxidos de prata na base de cimento de poliacarboxilato. Os resultados foram comparados aos resultados de restaurações confeccionadas com verniz Copalite como material de base. Segundo os autores, esta técnica foi capaz de unir o amálgama às estruturas dentárias.

No mesmo ano, Steverson<sup>65</sup> considerou as possíveis vantagens de se usar um cimento de ionômero de vidro, ao invés do cimento de fosfato de zinco, para se conseguir a união do amálgama ao dente. Na técnica proposta pelo autor, o amálgama é condensado sobre uma base de cimento de ionômero de vidro antes do seu endurecimento, combinando, desta forma, as propriedades do cimento ionomérico à resistência do amálgama. O autor ainda considerou que, se a força de união na interface dente/restauração fosse bastante alta, seria possível manter esmalte sem suporte em cavidades amplas, evitando a confecção de restaurações de amálgama retidas a pino.

Shimizu et al.,<sup>60</sup> em 1986, avaliaram a força de adesão entre o amálgama e a estrutura dental, usando como agentes intermediários, fluoretos, um cimento de ionômero de vidro, e dois cimentos resinosos. Para este estudo, blocos de dentes bovinos de 8,0mm x 8,0mm foram confeccionados e incluídos em resina acrílica. Uma matriz de cobre foi adaptada ao redor dos corpos-de-prova para possibilitar a condensação do amálgama. Seguiu-se a aplicação dos seguintes materiais intermediários: aplicação tópica de SnF<sub>2</sub> a 8% e de Ag(NH<sub>3</sub>)F a 38% por 3 minutos previamente à aplicação dos materiais adesivos, aplicação dos adesivos Panávia Ex e Super Bond, e dos cimentos Lining Cement e Ketac-Bond, como base para as restaurações adesivas. As amostras foram testadas em máquina de universal de ensaios, com velocidade de 0,5mm/min. Os autores concluíram, de acordo com os resultados, que os dois adesivos testados, Panávia Ex e Super Bond, foram capazes de unir o amálgama à estrutura dental, e que a força de adesão tende a aumentar quando se realiza a aplicação tópica de fluoretos previamente ao uso dos agentes de união.

Varga et al.,<sup>70</sup> em 1986, testaram a união do amálgama dental à parede cavitária usando como agentes intermediários um adesivo derivado do sistema ácido anídrico, o 4-META/MMA-TBB e o cimento resinoso Panávia Ex. Os autores avaliaram a infiltração marginal e determinaram a resistência adesiva através de testes de cisalhamento. Para tanto, foram selecionados 35 dentes, sendo que 25 eram pré-molares e molares, os quais receberam preparos cavitários Classe I e fizeram parte do

[Grupo de estudo da infiltração marginal. Os outros 10 dentes, incisivos, receberam preparos nas faces vestibulares e participaram dos testes mecânicos de resistência ao cisalhamento. Para os testes de infiltração marginal, as cavidades Classe I foram restauradas com amálgama, entretanto, o tratamento dentinário recebido da seguinte forma: (1) aplicação da resina 4-META, sem condicionamento ácido; (2) aplicação da resina Panávia Ex, sem condicionamento; (3) condicionamento do esmalte com ácido fosfórico a 65% por 30 segundos, lavagem, secagem e aplicação da resina 4-META; (4) condicionamento do esmalte com ácido fosfórico a 40% por 60 segundos, lavagem e secagem e aplicação do cimento resinoso Panávia Ex. Após serem mantidos em temperatura ambiente por duas horas, foram imersos em solução de fuccina à 37°C, por um dia. Os dentes foram seccionados e a penetração do corante foi observada. Para os testes mecânicos de resistência ao cisalhamento, as superfícies vestibulares dos incisivos foram condicionadas com ácido fosfórico a 65% por 30 segundos antes de receber a aplicação do adesivo. Os autores concluíram que a utilização de um adesivo sob restaurações de amálgama diminuiu a infiltração marginal, e dentre as variáveis utilizadas, a mais efetiva foi alcançada quando se realizou o condicionamento ácido do esmalte. Com relação aos testes de cisalhamento, tanto o adesivo à base de 4-META como o cimento resinoso Panávia Ex, associados a técnica do condicionamento ácido do esmalte, aumentaram a adesão do amálgama ao esmalte.

Bem-Amar et al.,<sup>13</sup> em 1987, através da realização de um estudo piloto, avaliaram a eficácia do sistema adesivo Scotchbond em reduzir a

microinfiltração quando utilizado sobre restaurações de amálgama. Para tanto, foram preparadas cavidades Classe V em dentes recém-extraídos, as quais foram restauradas com amálgama, com ou sem aplicação de verniz cavitário (Copalite) e do sistema adesivo. Os dentes foram armazenados em solução salina por 7 dias e, logo em seguida, foram submetido a ciclagem térmica. A análise da infiltração marginal foi realizada através da penetração de um corante à base de fuccina básica a 0,5%. Os resultados demonstraram que o uso de uma ou duas camadas do sistema adesivo Scotchbond reduziu, significativamente, a infiltração marginal nas restaurações de amálgama, comparados com os resultados obtidos pela aplicação do verniz Copalite.

Mueller,<sup>44</sup> em 1987, descreve que dois tipos de amálgama são comercialmente encontrados: os amálgamas de baixo conteúdo de cobre (convencionais) e os amálgamas de alto conteúdo de cobre. Quase todas as ligas de composição convencional são preparadas em forma de limalha. As ligas de alto conteúdo de cobre são formadas por partículas esféricas ou por uma mistura constituída por limalhas do amálgama convencional com partículas esféricas formadas pelo eutético prata-cobre. Este tipo de mistura é denominado de fase dispersa e a limalha constitui a aproximadamente dois terços do total da mistura. O amálgama propriamente dito é produzido pela combinação do mercúrio com a liga, processo este denominado trituração. As diferentes formas e partículas das ligas permitem seu maior ou menor contato com o mercúrio.

Baseados em estudos prévios, Shimizu et al.,<sup>61</sup> em 1987, descreveram a técnica do "amálgama adesivo" como uma tentativa de unir as restaurações de amálgama às estruturas dentárias, usando como agente intermediário, o cimento resinoso Panávia Ex. Segundo os autores, os passos necessários para realização desta técnica seriam: (1) isolamento absoluto do campo operatório; (2) remoção do tecido cariado; (3) preparo da cavidade sem forma de retenção; (4) proteção pulpar; (5) aplicação de solução fluoretada; (6) colocação de uma base de cimento de ionômero de vidro; (7) condicionamento ácido; (8) aplicação do cimento resinoso Panávia Ex; (9) condensação imediata do amálgama sobre o cimento resinoso. Segundo os autores, esta técnica está indicada para restaurar cavidades extensas em dentes com vitalidade pulpar e para restaurações de dentes com lesões de cáries proximais. Os casos clínicos realizados através desta técnica e avaliados por períodos de 7, 11, e 15 meses pelos autores, apresentaram comportamento satisfatório.

Em 1987, Yo et al.<sup>75</sup> estudaram a redução da microinfiltração marginal em restaurações de amálgama associadas a agentes adesivos experimentais através da Microscopia Eletrônica de Varredura. Os adesivos utilizados foram o EB Unfilled Resin, Dentin Adhesive, EM Bonding Agent, Creation Bonding, New Bonding e Prisma Universal Bond. Foram realizadas cavidades Classe V na superfície vestibular e lingual de 80 dentes extraídos, os quais foram tratados com os agentes adesivos e restaurados com uma liga de amálgama convencional. Os menores valores de infiltração

marginal foram obtidos pelas restaurações associadas aos agentes adesivos, sendo que, o maior grau ocorreu nas margens gengivais.

Em 1988, Staninec & Holt<sup>64</sup> estudaram a resistência à tração e à infiltração marginal de restaurações de amálgama convencionais e adesivos, cujo material intermediário foi a resina Panávia Ex. Os testes de tensão foram realizados em superfícies de esmalte planas de 0,5mm na face vestibular ou lingual e na superfície dentinária, a qual foi exposta pela redução da superfície oclusal. Tanto o esmalte como a dentina foi atacada com ácido fosfórico a 37% por 30 segundos. Após lavagem e secagem, uma fina camada da resina Panávia Ex foi colocada sobre a superfície dental atacada e, imediatamente após, o amálgama Tyntin (liga de amálgama tipo esférica de alto conteúdo de cobre) foi condensado. Nas amostras no grupo controle, foram pinceladas duas camadas de verniz Copal sobre a superfície dental não atacada. As amostras foram armazenadas em água, à temperatura ambiente, e em seguida, tracionadas em máquina de testes universal Inströn. Para a análise da infiltração marginal, cavidades de Classe V, com margem oclusal em esmalte e gengival em cimento/dentina, foram preparadas em lados opostos dos dentes. Nos corpos-de-prova do Grupo I, cada dente teve uma das cavidades forradas com cimento resinoso Panávia Ex e a cavidade oposta forrada com verniz Copal. Todas as restaurações foram expostas a 100 ciclos térmicos de 4°C e 60°C, em solução de fuccina básica. Os dentes foram então seccionados e avaliados em estereomicroscópio, considerando três níveis de scores, de acordo com a penetração do corante em direção à polpa. Os autores



concluíram que o amálgama pôde ser unido ao dente por intermédio de uma fina camada do cimento resinoso Panávia Ex, e que a resistência à tração foi de 98,7 Kg/cm<sup>2</sup> no esmalte condicionado e 32,97 Kg/cm<sup>2</sup> para a dentina, enquanto a resistência à tração do grupo controle foi zero. A infiltração marginal foi bem menor nas restaurações de amálgama adesivo que nas restaurações com e sem verniz. Os autores sugerem que o mecanismo de adesão da resina Panávia Ex ao amálgama seja semelhante à sua união às superfícies metálicas, que se baseia em retenção mecânica e interação química através de união hidrogeniônica (força de Vander Walls).

Aboush & Jenkins,<sup>3</sup> em 1989, avaliaram a resistência da união entre três cimentos de ionômero de vidro aos amálgamas de liga convencional e de liga dispersa com alto conteúdo de cobre. Os cimentos de ionômero de vidro utilizados foram: um sistema pó/líquido, um pó/água (ambos contendo partículas de prata/estanho) e um cimento do tipo anidro. Os corpos-de-prova de amálgama foram obtidos a partir da sua condensação em orifícios de 5,0mm de diâmetro em blocos de polimetilmetacrilato, e suas superfícies foram regularizadas com lixa de papel de carboneto de silício (granulação 600). Os cimentos ionoméricos foram manipulados de acordo com as instruções do fabricante e colocados sobre a superfície de esmalte vestibular e dentina oclusal de terceiros molares sadios. Em seguida, as amostras de amálgama foram colocadas sobre os cimentos ionoméricos antes do seu endurecimento, e um verniz protetor foi aplicado na superfície exposta do ionômero de vidro. Os dentes foram estocados em água a 37°C, por 24 horas, e em seguida, foram tracionados em máquina

universal de testes Instron, com velocidade de 2mm/min. As superfícies fraturadas foram observadas em microscopia óptica. O tipo de fratura dos corpos-de-prova de amálgama de fase dispersa foi tipo coesiva para o cimento de ionômero de vidro, e tipo adesiva para os corpos-de-prova de amálgama convencional. A força de união do cimento de ionômero de vidro ao esmalte foi de 8,49MPa e à dentina foi de 4,2MPa. Os autores concluíram que o cimento de ionômero de vidro é capaz de se aderir às superfícies do amálgama através de finas camadas de óxido de estanho.

Ainda no mesmo ano, Bem-Amar,<sup>14</sup> através de uma revisão de literatura, comenta que são várias as causas da formação de fenda na interface dente/restauração nas restaurações de amálgama: falta de adesão entre o amálgama e as estruturas dentárias, diferenças no coeficiente de expansão térmica entre o material e o dente, mudanças dimensionais e na textura superficial após a inserção do amálgama no preparo cavitário, condensação e manipulação inadequada do material, tempo de trituração, tipo de partículas da liga, dissolução dos materiais de base e forças oclusais. Segundo o autor, uma das formas de controlar a infiltração marginal é o uso de materiais adesivos, tais como o Scotchbond (3M Co.) e o Panávia (Kurakay Co), que reduzem significativamente a infiltração marginal nas restaurações de amálgama quando comparadas ao uso, ou não, de verniz cavitário, e que, diferentemente dos adesivos dentinários, o cimento resinoso Panávia pode aderir mecânica e quimicamente ao amálgama através de ligações hidrogeniônicas.

Nakabayashi,<sup>46</sup> em 1989, desenvolveu um sistema adesivo com componentes hidrofílicos e hidrofóbicos, que promoveu a união dos materiais restauradores à estrutura dentinária. Esta união entre o adesivo e a dentina desmineralizada ficou conhecida como camada híbrida de adesão ou hibridização dos tecidos dentais. O autor concluiu que os metacrilatos com grupamentos hidrofóbicos e hidrofílicos são necessários para a formação da camada híbrida, ressaltando ainda, que essa camada é altamente ácido-resistente.

Também em 1989, Staninec<sup>63</sup> avaliou a retenção de restaurações de amálgama em cavidades proximais através da técnica adesiva e de retenções adicionais. Todos os dentes receberam preparos cavitários, em forma de caixa proximal, na face mesial de molares humanos extraídos e posteriormente foram divididos em quatro grupos. O Grupo III sofreu uma modificação no preparo através do acréscimo de duas canaletas de retenção nas paredes proximais e o Grupo IV recebeu uma canaleta retentiva por oclusal. Os dentes dos Grupos I, III e IV foram restaurados convencionalmente com amálgama de prata Unison (Johnson & Johnson Dental Care Co.), enquanto os dentes do Grupo II receberam uma fina camada de cimento de ionômero de vidro (Ketac-bond, ESPE GmbH) como material de base e foram restaurados pela técnica do amálgama adesivo, utilizando como material intermediário o cimento resinoso Panavia Ex (Kurakay Co.). Para os testes de retenção, os dentes foram montados de maneira inclinada em blocos individuais de resina acrílica, e foram submetidos a uma carga tangencial por oclusal, em máquina universal de ensaios

Inströn, a fim de provocar o deslocamento da restauração para mesial. Pelos resultados apresentados, o autor concluiu que a maior resistência ao deslocamento foi obtida pelas restaurações de amálgama adesivo, e que as falhas destas restaurações foram do tipo coesivas para o esmalte, enquanto as falhas mais freqüentes nos preparos convencionais e com retenções foram entre o amálgama e o dente.

Masaka,<sup>40</sup> em 1990, descreveu a realização de uma restauração de amálgama adesivo em um primeiro molar inferior altamente comprometido por processo carioso. Como agente adesivo intermediário foi utilizado o Amalgambond (Parkell Biomaterials, Farmingdale, NY. 11735). Após acompanhamento de 14 meses, a polpa apresentou-se vital, sem queixa de sensibilidade térmica pelo paciente. Estes resultados, segundo o autor, já eram esperados, pois há sete anos a Clínica Dental Masaka, de Tóquio, tem documentado a efetividade clínica de restaurações de amálgama unidas ao esmalte e a dentina através do uso do Panávia Ex (Kurakay, Co.) e do sistema adesivo à base de 4-META/MMA-TBA, comercializado como Amalgambond (Parkell). O autor considera que o cimento resinoso Panávia Ex tem boa adesão ao esmalte e ao amálgama e fraca adesão à dentina, enquanto o adesivo Amalgambond une-se fortemente à dentina, proporcionando reforço à estrutura dentária.

Em 1991, Aboush & Elderton<sup>2</sup> estudaram a união do amálgama de prata (Dispersalloy) a uma base de cimento de ionômero de vidro (Vitrabond) através do ensaio de tração, usando, neste estudo, três diferentes agentes intermediários: o

adesivo dentinário Scotchbond, que foi polimerizado por 10 segundos; uma fina camada de Vitrabond não polimerizado; e o líquido do cimento de ionômero de vidro Vitrabond, aplicado por 60 segundos sobre a base de cimento polimerizado. O amálgama foi imediatamente condensado sobre os materiais intermediários e, após 10 minutos, os corpos-de-prova foram armazenados em ambiente escuro por 24 horas, de tal forma que metade foi mantida em água e a outra metade foi mantida em umidade relativa de 95 +/- 5 a 37°C. O teste foi realizado em uma máquina de ensaios Instron, com velocidade de 1mm/min. Os maiores resultados de resistência à tração foram nos corpos-de-prova cujo material intermediário foi o Vitrebond não polimerizado, e a falha ocorreu tanto entre o agente intermediário e o amálgama (falha adesiva) bem como no agente intermediário (falha coesiva). Para os outros grupos, a falha ocorreu entre o agente intermediário e o amálgama (falha adesiva) em todos os corpos-de-prova. O tipo de armazenamento interferiu apenas nos resultados do grupo que recebeu como agente intermediário o cimento de ionômero de vidro não polimerizado, e os menores resultados foram apresentados pelos corpos-de-prova armazenados em água.

Covey & Moon,<sup>25</sup> também em 1991, compararam a união do amálgama de prata à dentina de dentes humanos molares permanentes extraídos, quando associado aos seguintes agentes adesivos intermediários: cimento resinoso Panavia Ex, Amalgambond e cimento de ionômero de vidro Ketac Cem. Para isso, o esmalte da superfície oclusal dos dentes foi removido, a dentina foi tratada com os agentes adesivos conforme as instruções do fabricante e o amálgama foi condensado no interior de uma

matriz adaptada ao dente. Após 15 minutos, os corpos-de-prova foram retirados da matriz e armazenados em água a 37°C, por 7 dias. Em seguida, os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de cisalhamento em uma máquina de ensaios Instron, com velocidade de 0,02 inches/min. Não houve diferença estatisticamente significativa para o teste de cisalhamento entre os grupos; entretanto, a falha foi adesiva para o Ketac Cem e o Amalgambond, e coesiva para o Panavia Ex.

Cooley et al.,<sup>24</sup> em 1991, avaliaram a capacidade um sistema adesivo à base de 4-META (Amalgambond) em aderir dois tipos de ligas de amálgama, (uma liga esferoidal - Valiant, LD Caulk/Dentsply International - e uma de fase dispersa - Dispersalloy, Johnson & Johnson Dental Products Div.), e uma resina composta Bis-Fil, (Bisco Dental) à estrutura dentinária. Não houve diferenças estatisticamente significantes na força de união entre os dois tipos de ligas de amálgama estudados, sendo de 3,38MPa para a liga esférica e 3,84MPa para a liga de fase dispersa. A infiltração marginal foi avaliada entre as restaurações de amálgama, realizadas com sistema adesivo a base de 4-META e verniz cavitário. Foi observada menor infiltração nos dentes restaurados com amálgama associado ao sistema adesivo. Os autores puderam concluir que o agente adesivo promove um selamento efetivo da restauração de amálgama, prevenindo sensibilidade pós-operatória e cáries secundárias.

Em 1992, propondo-se a avaliar a eficácia de três materiais resinosos na redução da infiltração marginal e na capacidade de proporcionar união adesiva entre

o amálgama e a estrutura dental, Charton et al.<sup>22</sup> realizaram um estudo em molares humanos, onde foram realizados preparos cavitários expulsivos de 3,5mm de profundidade por 3,0mm de diâmetro. Os dentes preparados foram divididos em 5 grupos: Grupo I, restauração realizada sem verniz ou material de forramento; Grupo II, uso de verniz Copalite (Harry I. Bosworth Co.) sob a restauração; Grupo III, uso do sistema adesivo Prisma Universal Bond 2 (L.D. Caulk Co., Division of Dentsply, Milford); Grupo IV, uso do Panávia Ex ( I. Morita, Tustin, CA); e Grupo V, uso do Amalgambond (Parkell Products, Farmingdale, N.Y.). O amálgama usado foi o Tyntin (Sybron/Kerr, Romulus, MI). Os corpos-de-prova, após o devido tempo de armazenamento, foram submetidos aos testes de tração em máquina Inströn (Inströn Corp.). Para os testes de microinfiltração, 100 dentes caninos e pré-molares humanos receberam preparos cavitários Classe V na face vestibular e posteriormente foram restaurados na mesma descrita para os molares submetidos ao teste de tração. Após 5 dias de armazenamento em água destilada, os espécimes foram imersos em solução aquosa de um corante fluorescente por 24 horas, sendo posteriormente avaliados em estéreo microscópio (25X), com iluminação ultravioleta. Os autores concluíram que: (1) as restaurações de amálgama associadas ao Amalgambond apresentaram menor grau de infiltração marginal; (2) as restaurações de amálgama associadas ao Panávia Ex e ao Amalgambond exibiram maior retenção às cavidades que a dos demais grupos; e (3) o Amalgambond tem potencial para servir com sucesso como material de forramento em restaurações de amálgama.

Eakle et al.,<sup>30</sup> em 1992, compararam a resistência à fratura de dentes restaurados com amálgama de forma convencional, à resistência de dentes restaurados com amálgama associado a um material adesivo. Os autores realizaram preparos tipo MOD, com istmo correspondente a 1/3 da distância inter-cuspídea, e caixa proximal com 4,0mm de largura e 1,5mm de profundidade. Os dentes foram divididos em dois grupos: Grupo I, restaurados com amálgama Tyntin (Suybron, Keer) e Grupo II, restaurados com amálgama Tyntin associado ao cimento resinoso Panávia Ex (Kurakay Co.). Antes da colocação do cimento resinoso, o esmalte cavo superficial do preparo foi condicionado com ácido fosfórico a 37% por 30 segundos. Os corpos-de-prova foram armazenados em 100% de umidade, por 24 horas, sendo então termociclados e novamente armazenados em água, por 48 horas. Os testes foram realizados em máquina Instron (modelo 1122, Instron Corp.), através da aplicação de cargas na superfície oclusal até que ocorresse a fratura do dente. Mediante resultados obtidos, os autores puderam verificar que os dentes restaurados com o amálgama associado ao cimento resinoso Panávia Ex foram significativamente mais resistentes à fratura que os dentes restaurados somente com amálgama e que, nestes casos, predominaram as fraturas coesivas na interface do cimento.

Prati et al.,<sup>52</sup> também em 1992, avaliaram a força de união de dois diferentes tipos de amálgama (Dispersaloy e Valiant), associados a dois sistemas adesivos (Amalgambond e Clearfil) e um cimento de ionômero de vidro (Vitrebond) à superfície dentinária de dentes humanos extraídos. Para isso, os corpos-de-prova foram



submetidos a testes de cisalhamento em máquina de ensaio universal, com velocidade de 0,5mm/min. Os maiores resultados foram alcançados pelo Amalgambond, seguido pelo Vitrebond e Clerafil PB, com diferenças estatisticamente significantes entre eles. A falhas, avaliadas em Microscopia Eletrônica de Varredura, foram coesivas para o Amalgambond e para o Vitrebond, e adesivas para o Clearfil PB, sugerindo, segundo os autores, diferentes tipos de interações entre os agentes intermediários utilizados e o amálgama.

Al-Moayad et al.,<sup>6</sup> em 1993, testaram a efetividade do cimento de ionômero de vidro Vitrebond (3M Dental Products) e das resinas adesivas Amalgambond (Parkell, Bio Materials Division) e Panávia Ex (Kurakay Co. Ltda) em unir o amálgama ao esmalte e à dentina, *in vitro*. Restaurações sem materiais intermediários e com verniz cavitário serviram como modelos comparativos. Foram confeccionadas cavidades expulsivas na superfície vestibular de 78 molares humanos extraídos e os materiais foram aplicados da seguinte maneira: uma fina camada de Vitrebond foi aplicada em toda a cavidade e não foi polimerizada; o Amalgambond foi aplicado segundo instruções do fabricante e a aplicação do Panávia Ex foi realizada após o condicionamento ácido do esmalte, também conforme as especificações do fabricante. Nas cavidades referentes ao grupo controle, foram aplicadas duas camadas de verniz Copal. Após o emprego dos materiais intermediários, o amálgama foi condensado manualmente e imediatamente na cavidade. Após armazenamento em água destilada à 37°C por 24 horas, realizaram-se os testes de tração em máquina Instron. Os

resultados não mostraram aumentos substanciais na retenção das restaurações realizadas com os materiais intermediários adesivos; entretanto, as restaurações realizadas com Vitrebond mostraram os maiores valores médios de resistência à força de tração, seguidos pelo Amalgambond (38% menor) e pelo Panávia Ex (18% menor). As falhas das restaurações com Vitrebond ocorreram devido a fraturas grosseiras no esmalte e a fraturas coesivas da camada do cimento de ionômero de vidro, enquanto as falhas para o Amalgambond aconteceram na interface resina/amálgama. Os autores consideram que o cimento de ionômero de vidro Vitrebond é efetivo para proporcionar retenção adesiva de restaurações e amálgama *in vivo*.

Ainda em 1993, Baldessera et al.<sup>11</sup> avaliaram, *in vitro*, a infiltração marginal em restaurações de amálgama associadas a aplicação prévia de verniz cavitário, adesivo dentinário (XR Bond), cimento de ionômero de vidro (Chelon Silver) e ionômero resinoso (Vitrebond). Os dentes, após a confecção das restaurações, foram armazenados em água destilada por 8 dias e em seguida submetidos à ciclagem térmica em azul de metileno, de tal forma que os tratamentos térmicos foram realizados durante 7 dias por períodos de 2,5 horas/dia. Após a ciclagem térmica, os dentes foram lavados em água corrente por 24 horas, seccionados e avaliados. A análise estatística mostrou que os menores graus de infiltração foram conseguidos através do cimento ionomérico, seguido do adesivo dentinário e do verniz cavitário, o qual apresentou os piores resultados no controle da infiltração marginal.

Berry, & Tjan,<sup>16</sup> em 1994, avaliaram a efetividade de adesivos dentinários em reduzir a microinfiltração em restaurações de amálgama *in vitro*. Preparos de Classe I para amálgama foram realizados em 40 dentes humanos recentemente extraídos, os quais, previamente à condensação do amálgama (Permite C), receberam tratamento com os seguintes materiais intermediários: Copalite (controle), Scotchbond 2, Prisma Universal Bond e Pertac Universal Bond, sem que fosse realizado ataque ácido nas paredes cavitárias ou margem dos preparos. Os dentes foram armazenados em água a 37°C por 90 dias e, em seguida, foram submetidos a 300 ciclos térmicos com banhos de 1 minuto à temperatura de 5°C e 55°C, em solução de fuccina básica a 0,5%. Os dentes foram então seccionados do sentido longitudinal, méso-distal e vestibulo-lingual. Os resultados mostraram que todos os agentes adesivos intermediários foram capazes de reduzir a microinfiltração, sendo que, o grupo do Scotchbond 2 apresentou maior grau de infiltração e não houve diferenças estatísticas entre o grupo do Prisma Universal Bond 3 e do Pertac Universal Bond.

Lima,<sup>38</sup> em 1994, avaliou a resistência ao cisalhamento do amálgama aderido à dentina de dentes decíduos por meio de diferentes cimentos de ionômero de vidro e diferentes técnicas. Foram selecionados 60 molares decíduos recém-extraídos, os quais tiveram o esmalte dental oclusal removido através de lixas d'água de granulação 100, montadas em politriz elétrica vertical. Sobre a superfície dentinária recém-obtida, foi colocada uma fita adesiva com um orifício central de 4,0mm para delimitação da área de trabalho. Os dentes foram divididos aleatoriamente em dois

grupos, de acordo com a técnica utilizada: (I) aplicação de uma camada de cimento de ionômero de vidro, (II) aplicação de duas camadas de cimento de ionômero de vidro. Em seguida foram subdivididos de acordo com o material utilizado: (A) Vitremer, (B) Vidrion F e (C) Chelon Silver. Após o tratamento dentinário, uma matriz de aço inoxidável, com 4,0mm de diâmetro e 5,0mm de altura, foi fixada sobre a área de trabalho. Nos corpos-de-prova do Grupo I, apenas uma camada dos diferentes cimentos de ionômero de vidro foi aplicada sobre a dentina, de acordo com as instruções do fabricante, e logo em seguida o amálgama de prata (Kerrtyn - Kerr) foi condensado sobre os cimentos, antes do seu completo endurecimento. Nos corpos-de-prova do Grupo II, uma camada de aproximadamente 1,0mm de cimento de ionômero de vidro foi aplicada sobre a dentina e, somente após seu completo endurecimento, a matriz foi estabilizada, uma nova camada de cimento foi aplicada e o amálgama foi condensado da mesma forma descrita para o Grupo I. Os corpos-de-prova foram mantidos a 37°C por 24 horas a 100% de umidade relativa do ar e logo em seguida foram submetidos aos testes de resistência ao cisalhamento em uma máquina de ensaios universal com velocidade de 6,0mm/min. Os resultados deste trabalho mostraram que a técnica do amálgama adesivo com cimentos de ionômero de vidro é eficaz, entretanto, quando se utilizou o Vidrion F como material intermediário, a variável técnica influenciou nos resultados, já que todos os corpos-de-prova onde se aplicou apenas uma camada deste material separaram-se durante a remoção da matriz, denotando a falta de união entre amálgama e a dentina. Segundo o autor, uma das possíveis respostas para este acontecimento seria a baixa viscosidade dos cimentos ionoméricos tipo anidro, o que

diminui o seu contato com a dentina durante a condensação do amálgama. Quando aplicado em duas camadas, os corpos-de-prova não se soltaram, provavelmente, devido as irregularidades presentes na primeira camada de cimento que geleificou em contato com a dentina. Não houve diferenças estatisticamente significantes nos valores de resistência ao cisalhamento entre os grupos do Vitremer em uma ou duas camadas, do Vidrion F em duas camadas e do Chelon Silver em uma camada, sendo estes valores estatisticamente superiores aos obtidos para o grupo do Chelon Silver em duas camadas.

A adesão ao esmalte e à dentina contribui para a redução da microinfiltração marginal, devido ao selamento proporcionado por esses materiais; entretanto, a redução de cáries secundárias deve ser principalmente atribuída à constante liberação de flúor na região adjacente às restaurações. Desta forma, a aplicação de fluoretos nas paredes cavitárias reduziria consideravelmente a incidência de cárie secundária em restaurações de amálgama. Baseado nestas considerações, Pimenta,<sup>51</sup> em 1994, realizou um trabalho com o objetivo de avaliar a capacidade de algumas técnicas restauradoras em prevenir ou diminuir o desenvolvimento de cáries secundárias *in vitro*. Para esta avaliação, 12 terceiros molares, recém-extraídos, foram divididos em 6 faces (mésio e disto vestibular, mésio e disto lingual e proximais mesial e distal) e através de sorteio aleatório, foram selecionadas as faces onde foram realizadas as 6 diferentes técnicas restauradoras: (I) restauração de amálgama sem tratamento das paredes da cavidade; (II) restauração de amálgama, com aplicação prévia de verniz Copal; (III) aplicação de flúor fosfato acidulado a 1,23% e pH 4 nas paredes cavitárias, seguido da

restauração de amálgama; (IV) condicionamento do esmalte com ácido fosfórico a 37% por 30 segundos, aplicação da resina Panávia Ex e confecção da restauração de amálgama; (V) colocação de uma base cavitária, com cimento de ionômero de vidro fotopolimerizável, (Photoc-bond) e restauração de amálgama; (VI) restauração de amálgama sem tratamento das paredes da cavidade. Com exceção do Grupo VI, todos os corpos-de-prova foram submetidos à ciclagem de desmineralização/remineralização e ciclagem térmica. A avaliação da perda mineral foi feita através de testes de dureza, em 12 posições, localizadas a 20, 50, 100 e 200 $\mu$ m de distância das margens da restauração e a 20, 40 e 60 $\mu$ m de profundidade do ângulo cavo superficial em direção ao limite amelo-dentinário. A partir da análise estatística dos resultados obtidos, o autor concluiu que a técnica do amálgama adesivo (Panávia Ex) foi efetiva na redução da perda mineral nas margens da restauração, o cimento de ionômero de vidro e o flúor fosfato acidulado a 1,23% e pH4 não foram capazes de reduzir as desmineralizações, quando colocados abaixo das restaurações de amálgama.

Benedetti et al.,<sup>15</sup> em 1995, avaliaram a resistência ao cisalhamento de três sistemas adesivos universais: Prisma Universal Bond 3, All-Bond 2 e Scotchbond Multi Puspose associados a três ligas diferentes: Dispersalloy, Loadstar e Litecast B. Os corpos-de-prova foram armazenados em água a 37°C por 48 horas, para logo em seguida serem submetidos a 2.500 ciclos de termociclagem entre temperaturas de 8°C e 48°C. Depois de 14 dias de armazenagem em água após a termociclagem, os corpos-de-prova foram submetidos aos testes de resistência ao cisalhamento em máquina Inströn,

com velocidade de 1mm/min. As interfaces de ruptura foram avaliadas em microscópio óptico (40X), com o objetivo de determinar os sítios das falhas adesivas. Os maiores resultados foram apresentados pelo Scotchbond Multi Uso para todas as ligas avaliadas. Esta resistência foi estatisticamente maior ( $p < 0,05$ ) do que as obtidas com o All-Bond 2 e com o Prima Universal Bond, que foram semelhantes entre si ( $p = 0,05$ ). Todos os agentes intermediários apresentaram maior resistência de união com as ligas de metais básicos. Estes valores foram estatisticamente diferentes ( $p < 0,05$ ) dos valores obtidos com o amálgama e com o ouro. A resistência de união entre estes dois últimos materiais foi semelhante ( $p = 0,05$ ). Todos os corpos-de-prova apresentaram falhas adesivas na interface metal/agente de união.

Duarte Jr.,<sup>28</sup> em 1995, avaliou a microinfiltração marginal em restaurações de amálgama confeccionadas com uma liga esférica de alto conteúdo de cobre (Kerrtyn), previamente tratadas com quatro diferentes materiais de proteção, sendo eles os três vernizes: Universal Cavity Varnish, Fluorniz, Duraphat, e um adesivo dentinário: Prisma Universal Bond 3. Como comparação, o grupo controle constituiu-se de restaurações de amálgama sem material de base. Após o tratamento das superfícies dentinárias e confecção das restaurações, os corpos-de-prova foram submetidos a 100 ciclos térmicos em azul de metileno a 2%, nas temperaturas de  $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , e, em seguida, foram seccionados e analisados com auxílio de uma lupa estereoscópica (20X). O autor concluiu, de acordo com a análise estatística dos resultados obtidos, que os vernizes cavitários fluoretados e o sistema adesivo dentinário

apresentaram menores valores de microinfiltração marginal, e que os valores da microinfiltração foram maiores na parede cervical que na parede oclusal das restaurações para todos os grupos.

Imbery et al.,<sup>36</sup> em 1995, compararam a resistência que agentes adesivos e pinos dentinários oferecem às restaurações de amálgama. Para este estudo, foram utilizados 84 dentes molares extraídos, que tiveram sua porção radicular incluída em resina acrílica, até 2,0mm da junção amelo-dentinária-cementária, e a superfície oclusal desgastada até os 2,0mm da junção amelo-cemento-dentina. Uma matriz de cobre, devidamente isolada com verniz cavitário, foi posicionada sobre a superfície dentinária, onde foi condensado o amálgama (Dispesalloy). Os grupos foram divididos da seguinte forma: Grupos A e B - aplicação de Amalgambond; Grupos C e D - Amalgambond Plus; Grupo E - quatro pinos TMS; Grupo F - seis pinos intradentinários; e Grupo G - associação de quatro pinos TMS e Amalgambond. Após a condensação do amálgama os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada, sendo que os Grupos A e C ficaram armazenados por três meses, enquanto o tempo de armazenamento para os demais grupos foi de 6 meses. Após estes períodos, os dentes foram levados à máquina universal de ensaios, que atuou com velocidade de 1mm/mim., em 45° com o longo eixo do dente. Os resultados mostraram que o Amalgambond foi menos efetivo na retenção dos corpos-de-prova, não se diferenciando estatisticamente dos grupos que testaram a efetividade dos pinos. O grupo que



apresentou os melhores resultados foi o que associou a retenção mecânica dos pinos ao uso do sistema adesivo Amalgambond.

Millstein & Naguib,<sup>43</sup> também em 1995, avaliaram a eficácia de dois adesivos resinosos nas propriedades mecânicas da liga de amálgama de fase dispersa Dispersalloy. Para os testes de resistência à compressão e tensão diametral foram confeccionados 200 cilindros de amálgama, com dimensões de 3,0mm de altura por 4,0mm de diâmetro, os quais foram divididos em cinco grupos: Grupo I - o amálgama foi triturado em triturador mecânico e condensado manualmente no interior de uma matriz de teflon. Após uma hora do término da condensação, os corpos-de-prova foram removidos da matriz e armazenados em água destilada; Grupo II - após a aplicação do sistema adesivo Amalgambond, o amálgama foi condensado e os corpos-de-prova removidos e armazenados como descrito para o Grupo I; Grupo III - o Amalgambond foi aplicado na matriz de teflon nas mesmas proporções que para o Grupo II, entretanto em um volume 3 vezes maior; Grupo IV - foi aplicado o cimento resinoso Panávia Ex, conforme recomendações do fabricante, na matriz de teflon e em seguida o amálgama foi condensado e as margens da interface teflon/amálgama foram protegidas pelo produto Oxiguard, para possibilitar a polimerização do cimento resinoso; Grupo V - o cimento Panávia Ex foi aplicado conforme descrito para o Grupo IV, entretanto em um volume 3 vezes maior. Todos os corpos-de-prova foram termociclados em banhos de 5°C e 55°C. Os testes foram realizados em máquina universal de ensaios com

velocidade de 0,5mm/min. Os resultados mostraram que não houve diferenças estatisticamente significantes nos valores de resistência à compressão entre os grupos estudados; entretanto, com relação à tensão diametral, houve diminuição significativa dos valores quando os cimentos foram aplicados em excesso.

Souza et al.,<sup>62</sup> no mesmo ano, com a finalidade de introduzir uma nova técnica de amálgama adesivo, realizaram um trabalho utilizando, como material adesivo intermediário, um cimento de ionômero de vidro anidro tipo I para cimentação. O cimento empregado foi o Vidrion C (S.S.White) e a liga foi a Standalloy (Degussa). A dentina foi preparada com o líquido do Durelon (Espe-Premier), que nada mais é do que ácido poliacrílico a 25%, por 10 segundos. O ionômero foi aglutinado na proporção 1:1, de acordo com as especificações do fabricante, e foi aplicado nas paredes da cavidade com auxílio de um pincel. O excesso de cimento foi removido através de um leve jato de ar. O amálgama foi condensado imediatamente na cavidade, após a aplicação do cimento de ionômero de vidro, antes da sua geleificação, através de um condensador mecânico por vibração (Remont - Kavo). Os autores concluíram ser esta uma técnica eficiente e de baixo custo.

Turner et al.,<sup>68</sup> também em 1995, realizaram um estudo avaliando a infiltração marginal de restaurações de amálgama associadas ou não a materiais adesivos. Foram confeccionadas cavidades Classe V em molares extraídos com margem em esmalte na parede oclusal e em dentina na parede cervical. As cavidades foram

restauradas com Dispersalloy (Jonhson & Johnson), com e Tyntin (Kerr Mounfacturing). Os materiais de base foram o Copalite, Amalgambond Plus HPA, Tenure e Panávia Ex, Sintac e Dual Cem, All-Bond 2 e Liner F. Os resultados mostraram que a microinfiltração foi menor nas restaurações de amálgama associadas aos materiais adesivos que nas restaurações realizadas com Copalite. Não houve diferença estatisticamente significativa na microinfiltração entre os diferentes amálgamas utilizados; entretanto foi observada menor infiltração no esmalte nas restaurações confeccionadas com Tyntin associadas ao Tenure e Panávia Ex e maiores graus de infiltração nas restaurações confeccionadas com Dispersalloy associadas ao Syntac/Dual Cure.

Em 1996, Al-Jezairy et al.<sup>5</sup> avaliaram a eficácia de dois sistemas adesivos dentinários (Amalgambond Plus e All Bond 2) e de um verniz cavitário (Copalite) em reduzir a microinfiltração em dentina de restaurações de amálgama. Para tanto, preparos cavitários padronizados foram confeccionados na face oclusal de 24 molares humanos recentemente extraídos, os quais foram restaurados com amálgama dental associado aos sistemas adesivos e ao verniz cavitário. As margens das restaurações receberam pressão de 16 Psi, a qual quantificava a microinfiltração, que foi avaliada após 24 horas, 1 semana, 1, 3 e 6 meses. Através dos resultados, os autores concluíram que: após as 24 horas houve grande redução da microinfiltração em todos os dentes; que no subsequente intervalo de tempo, o grupo que não recebeu material intermediário apresentou grandes graus de infiltração marginal; e aos 3 e 6 meses de

avaliação, houve redução da microinfiltração nos grupos que não receberam agentes intermediários e receberam verniz cavitário, quando comparados à avaliação inicial. Os autores também concluíram que o uso de sistemas adesivos associados ao amálgama foi mais eficaz na redução da microinfiltração, não havendo diferenças significantes entre os dois materiais adesivos testados.

Cantarelli et al.,<sup>20</sup> em 1996, avaliaram, através de uma revisão de literatura, a técnica do amálgama adesivo quanto à retenção, à resistência à fratura, à adesividade e à microinfiltração. Os autores concluíram que a técnica do amálgama adesivo propicia uma adesão significativa do amálgama ao dente, aumentando também a resistência à fratura e diminuição da infiltração marginal; entretanto, apesar dos resultados positivos dos trabalhos avaliados pelos autores, eles alegam que um maior número de pesquisas avaliando os resultados clínicos a longo prazo devem ser realizados.

Também em 1996, Korale & Mayers<sup>37</sup> avaliaram a eficácia dos sistemas adesivos Tenure, Syntac, Amalgambond e All Bond 2 em reduzir a infiltração marginal em restaurações cervicais de amálgama de alto conteúdo de cobre. Os dentes usados para este estudo receberam preparos cavitário Classe V, de tal forma que, a margem oclusal ficasse em esmalte e a margem cervical ficasse em dentina/cimento. Os dentes foram divididos em 12 grupos: Grupos 1 e 7 não receberam “liner” antes da confecção da restauração; Grupos 2 e 8 receberam duas camadas de verniz cavitário

(Copalite); Grupos 3 e 9 receberam o sistema adesivo Amalgambond Plus; Grupos 4 e 10 receberam o adesivo Tenure, sendo que a última camada do adesivo Visar Seal foi polimerizada anteriormente à inserção do material restaurador; Grupos 5 e 11 receberam o adesivo Syntac, sendo que o adesivo Heliobond também foi polimerizado antes da condensação do amálgama; Grupos 6 e 12 receberam sistema adesivo All Bond 2, que também foi polimerizado previamente a condensação do amálgama. Os Grupos de 1 a 6 foram restaurados com liga esférica de alto conteúdo de cobre (Tyntin), enquanto os Grupos de 7 a 12 foram restaurados com liga de fase dispersa (Dispersalloy). Todos os corpos-de-prova foram termociclados (3000 ciclos, de temperaturas de 5°C e 55°C, com banhos de 30 segundos) e em seguida imersos em solução de fuccina básica a 0,5% a 37°C por 24 horas. Para avaliação da infiltração marginal os dentes foram seccionados e observados em estereomicroscópio. As restaurações que utilizaram os sistemas adesivos apresentaram significativa redução na infiltração marginal quando comparados às restaurações que não receberam "liner" ou verniz cavitário. O Syntac apresentou melhores resultados que o All Bond II, o Amalgambond e o Tenure, nas margens oclusais em esmalte. O Syntac e o Tenure apresentaram valores baixos de vedamento marginal nas margens cervicais em dentina/cimento quando comparados aos outros sistemas adesivos. Não houve diferenças estatisticamente significantes entre os dois tipos de ligas testadas.

Oliveira et al.,<sup>49</sup> em 1996, estudaram a influência de restaurações de amálgama adesivo na resistência à fratura de dentes extraídos. Os materiais adesivos

intermediários testados foram: Panávia 21, Amalgambond Plus, Imperva Dual Bond, All Bond II Primer/ Bond Resin e All Bond II Primer/Liner F e o amálgama usado foi a liga esférica de alto conteúdo de cobre, Tyntin. Cavidades tipo MOD foram restauradas com a associação dos diferentes materiais apresentados, armazenados em água a 37°C por 15 dias, e submetidos a 2500 ciclos térmicos em temperaturas de 8°C e 88°C, e cinco compressões de 10Kg, em velocidade de 5mm/min. As falhas ocorridas no amálgama, nas cúspides ou na interface dente/restauração foram usadas como critério de avaliação. Os melhores resultados foram apresentados pelo Imperva Dual, seguido pelo All Bond II Primer/Bonding Resin. A análise dos padrões das falhas mostrou que o Panávia 21, o All Bond II Primer/Bonding Resin e o Amalgambond Plus tiveram falhas coesivas do amálgama em 35%, 25% e 15% dos casos respectivamente, o que indica, segundo os autores, efetividade desses materiais em unir o amálgama à dentina. Entretanto, a maioria das falhas ocorreu na interface dente/restauração, o que sugere que os atuais sistemas adesivos ainda não são ideais para serem utilizados na técnica do amálgama adesivo.

Orbengoso Flores,<sup>50</sup> em 1996, avaliou a infiltração marginal nas paredes oclusal e cervical em restaurações de classe V de amálgama associado a diferentes materiais adesivos. Os grupos de estudo foram divididos de acordo com o agente intermediário usado: Grupo I (controle), restauração somente com amálgama; Grupo II, aplicação de verniz cavitário seguido da restauração de amálgama; Grupo III, associação de um cimento de ionômero de vidro ao amálgama; Grupo IV, associação de

um sistema adesivo ao amálgama. A liga de amálgama usada foi de alto conteúdo de cobre de fase dispersa (Permite C). Após confecção das restaurações, os corpos-de-prova foram armazenados em estufa a 37°C, por 24 horas, e posteriormente submetidos 200 ciclos térmicos a temperaturas de 8°C e 50°C. Os corpos-de-prova foram, em seguida, imersos em solução aquosa de Rodamina B a 0,2% por 24 horas. Os resultados mostraram que apesar de nenhum dos materiais ser capaz de controlar a infiltração marginal, os melhores resultados foram desempenhados pela associação do amálgama aos materiais adesivos, sendo que a maior infiltração ocorreu na parede cervical das restaurações para todos os grupos.

A falta de integridade marginal talvez seja o fator mais importante na diminuição da longevidade de qualquer restauração, pois ela determina um maior índice de infiltração marginal. A integridade marginal pode ser alterada pelas forças oclusais que são submetidas as restaurações, principalmente na região dos molares. Este fenômeno é atribuído à deformação plástica e elástica dos materiais restauradores. Baseados nestas afirmações, Tarin et al.,<sup>66</sup> em 1996, avaliaram a integridade marginal de restaurações de amálgama associadas a 4 diferentes sistemas adesivos submetidas a "stress" mecânico *in vitro*. Os sistemas adesivos utilizados foram o Amalgambond, o Amalgambond Plus, o Super D-Liner II, que são dois sistemas quimicamente ativados e o Bond-It, que é um sistema adesivo dual. Para cada restauração foram confeccionadas duas réplicas, de tal forma que a primeira foi usada para mensuração da fenda com um perfirômetro, e a segunda foi avaliada em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Os resultados mostraram diferenças estatisticamente significantes entre o grupo controle e os grupos de amálgama associados aos sistemas adesivos, antes e depois da aplicação do "stress" mecânico. Os valores de profundidade de fenda aumentaram após os corpos-de-prova serem submetidos ao "stress", porém sem diferenças estatisticamente significantes. A análise em MEV mostrou fendas de 10 $\mu$ m a 20 $\mu$ m no grupo controle antes da aplicação do "stress", enquanto nos corpos-de-prova onde foram utilizados os sistemas adesivos Amalgambond, Amalgambond Plus e Super D-Liner II, houve redução nos valores das fendas quando comparados aos outros grupos antes da aplicação do "stress". O grupo onde se usou o Bond-It apresentou fendas de 20 $\mu$ m após a aplicação do "stress", localizadas entre o amálgama e a resina. Os autores acreditam que a contração de cristalização inicial do amálgama, as diferenças no coeficiente de expansão térmica entre o material restaurador e o dente e a força de condensação do amálgama sejam os fatores responsáveis pelos maiores valores das fendas. Segundo os autores, os sistemas adesivos, além de proporcionar adesão entre o amálgama e o dente, formam uma camada intermediária elástica capaz de aliviar o "stress" quando a restauração está sendo submetida às forças oclusais. A análise em Microscopia Eletrônica de Varredura mostrou que a formação de fenda foi uniforme em toda extensão da restauração.

Acciari,<sup>4</sup> em 1997, estudou a características de diferentes ligas de amálgama, antes e depois do processo de amalgamação, usando as seguintes técnicas: ICP (análise química), Microscopia Eletrônica de Varredura e mapas elementares



obtidos por EDS (análise química semi-quantitativa). Os estudos metalográficos por microscopia eletrônica de varredura e a análise química semi-quantitativa mostraram que os amálgamas apresentaram uma estrutura multifásica com poros, de tal forma que, no amálgama convencional Velvalloy, estão presentes as fases:  $\text{Ag}_3\text{Sn}$ ,  $\text{Ag}_2\text{Hg}_3$ ,  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ ,  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  e  $\text{Sn}_{7-8}\text{Hg}$ , enquanto que no amálgama de alto conteúdo de cobre de fase dispersa Dispersalloy as fases encontradas são:  $\text{Ag}_3\text{Sn}$ ,  $\text{Ag}_2\text{Hg}_3$ ,  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ ,  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  e o eutético  $\text{Ag-Cu}$ . A aplicação da análise superficial por meio de EDS confirmou a presença dessas fases.

Boston,<sup>17</sup> em 1997, determinou a distribuição de dois materiais resinosos adesivos no interior do amálgama. Foram preparadas cavidades classe I em cinco terceiros molares recém-extraídos, os quais foram restaurados da seguinte forma: em dois dentes, o material adesivo aplicado foi o Amalgambond Plus, seguido de condensação imediata do amálgama; nas outras três cavidade, a dentina foi tratada com o sistema adesivo All Bond 2, previamente à aplicação do Resinomer, e em seguida, sem a polimerização do cimento, o amálgama foi condensado dentro da cavidade. Os dentes restaurados foram seccionados em vários planos e examinados através de radiografias e de microscopia óptica. Em todas as restaurações, os sistemas adesivos resinosos utilizados foram incorporados ao amálgama. Entretanto o autor defende a necessidade da realização de mais estudos para melhor compreensão da distribuição do material adesivo no interior do amálgama, a fim de correlacionar esses padrões com as propriedades físicas.

De Schepper et al.,<sup>26</sup> em 1997, estudaram o comportamento de uma restauração de amálgama de Gálio (Galloy) à corrosão eletroquímica e a sua microestrutura. comparados ao comportamentos de uma liga de amálgama de prata de alto conteúdo de cobre (Permite C). Os produtos de corrosão foram analisados através de espectrometria dispersiva de energia e por difração de raios-X. Os resultados mostraram que o Galloy foi mais corrosivo que o Permite C.

Com o objetivo de testar a eficácia de três agentes intermediários adesivos em unir o amálgama às estruturas dentais, Nóbilo et al.,<sup>48</sup> em 1997, realizaram um estudo *in vitro*, usando como materiais intermediários um cimento resinoso (Panávia Ex), um cimento de ionômero de vidro (Vidrion F) e um selante (Alpha Seal). As restaurações foram realizadas com esses materiais, com e sem condicionamento ácido das estruturas dentárias. Logo após a confecção das restaurações, as amostras foram armazenadas em umidade relativa de 100%, por períodos de 24 horas e 30 dias. Os testes foram realizados em máquina universal de ensaios, em velocidade de 6mm/min. Os resultados mostraram que no período de 24 horas, sem condicionamento ácido, o Vidrion F e o Panávia Ex apresentaram maiores valores de união que o Alpha Seal, e que, no mesmo período, o Panávia Ex apresentou os maiores valores de união entre os espécimens que receberam ataque ácido. Entretanto, quando o período de armazenamento foi de trinta dias, o Vidrion F apresentou os maiores valores de união

nas amostras sem condicionamento ácido, enquanto não houve diferenças significantes entre os adesivos quando o ataque ácido foi realizado.

Ramos & Perdigão,<sup>54</sup> em 1997, avaliaram a força de adesão, *in vitro*, entre a dentina e o amálgama, quando este foi associado a diferentes sistemas adesivos. Desta forma, 80 dentes molares, recém extraídos, tiveram o esmalte oclusal removido através de lixas d'água de granulação 240, 400 e 600, procedimento que também possibilitou a padronização da camada de smear layer. Em seguida, as superfícies dentinárias foram tratadas com os diferentes sistemas adesivos, de acordo com as instruções dos fabricantes: All Bond 2, Amalgambond II, Fugii Duet, One Step/Resinomer, Optibond, Optibond FL, Prime & Bond 2.0/Dyracte Cem e Scotchbond Multi-Purpose Plus. O amálgama, após a aplicação dos sistemas adesivos, foi imediatamente condensado, e após 2h de armazenamento em água destilada, em temperatura ambiente, os corpos-de-prova foram termociclados (500 ciclos de temperaturas de 5°C - 55°C), e em seguida, foram submetidos aos testes de adesão em máquina de testes Shimadzu, com velocidade de 0,5cm/mim. Para análise em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), foram preparadas cavidades MO e OD em dois dentes extraídos para cada grupo. Após a termociclagem estes dentes foram seccionados no sentido buco-lingual e submetidos a desmineralização e desproteção para observação dos "tags" de resina e formação da camada híbrida. Os grupos que tiveram como material intermediário os sistemas Prime & Bond/Dyracte Cem, Amalgambond Plus e Scotchbond Multi-Purpose Plus apresentaram os maiores

valores de adesão, enquanto os menores resultados foram obtidos com os grupos do All Bond 2, Fugii Duet e Optibond FL. Os corpos-de-prova confeccionados com o Optibond (dual) soltaram-se durante a termociclagem. A análise em MEV mostrou o acúmulo de adesivo entre o amálgama e a superfície dentinária e interpenetração da resina no amálgama para todos os grupos, com exceção do Optibond e do Optiond FL. A formação de "tags" de resina e de camada híbrida só não ocorreu no grupo do Fugii Duet. Algumas amostras apresentaram fendas entre o amálgama e a resina, porém os túbulos apresentavam-se vedados pelos "tags" de resina.

Ruzickova et al.,<sup>57</sup> em 1997, avaliaram a resistência ao cisalhamento da interface amálgama/resina em restaurações de amálgama adesivo e se existe influência no tipo de adesivo ou no tipo de liga de amálgama na adesão. Para eliminar a variável da interface dente/resina, os corpos-de-prova foram confeccionados sobre pequenos blocos de alumínio. Duas ligas de amálgama de alto teor de cobre, sendo uma liga esférica (Tyntin) e uma liga de fase dispersa (ANA -2000) e sete sistemas adesivos, entre eles os cimentos resinosos Panávia Ex, C&B Metabond, Chamelon Metal Resin Cement, All Bond e C&B, Photobond e Imperva Dual e um sistema adesivo dentinário All Bond 2, foram testados. Como controle, foi usada uma resina epóxica, com viscosidade similar aos cimentos, porém com composição química diferente. Todos os materiais adesivos foram manipulados de acordo com orientação do fabricante e o amálgama foi imediatamente condensado sobre eles. Após 24h os corpos-de-prova foram submetidos aos testes de resistência ao cisalhamento em máquina Inströn, com

velocidade de 2mm/min. As superfícies que falharam na interface resina/alumínio foram eliminadas, enquanto os outros tipos de fratura foram avaliados em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Os resultados mostraram uma significativa interação entre o amálgama e os materiais adesivos. A análise em MEV mostrou partículas de amálgama retidas no material resinoso em muitas das amostras, dados confirmados pela Energia Dispersiva de raios-X. Os grupos do Panávia Ex, C&B Metabond, Chamelon Metal Resin e All Bond C&B apresentaram os maiores resultados de resistência ao cisalhamento. Os autores acreditam que esses resultados estejam relacionados à maior viscosidade destes cimentos, que determina um maior embricamento mecânico. A escolha do material adesivo foi mais importante que a escolha do tipo de liga de amálgama.

Briso,<sup>18</sup> em 1998, avaliou *in vitro* a infiltração marginal em restaurações cervicais de amálgama associadas a diferentes tipos sistemas adesivos dentinários. Para este estudo, foram confeccionadas 100 cavidades nas faces livres de 50 molares humanos, recentemente extraídos, os quais foram divididos em quatro grupos, de acordo com o sistema adesivo intermediário: Grupo I - Prime & Bond 2.1 (Dentsply); Grupo II - Prime & Bong 2.1Dual Cure; Grupo III - Scotchbond Multi-Purpose Plus (3M); Grupo IV - Amalagambond Plus (Parkel). Após serem restaurados e polidos, os corpos-de-prova foram submetidos a 1000 ciclos térmicos, em temperaturas 5°C +/- 2°C e 55°C +/- 2°C. Em seguida, foram protegidos com esmalte de unha, com exceção do milímetro que circunscrevia as restaurações. As amostras foram imersas em

solução de azul de metileno a 2% por 4 horas, sendo em seguida lavadas, secas, cortadas e avaliadas com auxílio de lupa estereoscópica (35X), por dois examinadores previamente calibrados. De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que os sistemas adesivos Scotchbond Multi-Purpose Plus, Amalgambond Plus e Prime & Bond 2.1 Dual, proporcionaram os menores valores de infiltração marginal em esmalte, enquanto o adesivo Prime & Bond 2.1 alcançou os piores resultados. Nas margens em dentina/cimento, os melhores resultados foram obtidos pelo Scotchbond Multi-Purpose Plus, enquanto os demais sistemas adesivos obtiveram resultados semelhantes entre eles. O autor concluiu que os sistemas adesivos de dupla polimerização (Grupos II, III, IV) foram mais efetivos no controle da microinfiltração marginal que o adesivo fotopolimerizável (Grupo I).

Gonçalves et al.,<sup>33</sup> em 1998, avaliaram o desempenho clínico de uma restauração de amálgama adesivo confeccionada com cimento resinoso Panavia Ex, o qual foi escolhido devido sua afinidade a íons metálicos. Após o tratamento endodôntico do segundo molar inferior, foi realizado um preparo cuja margem cavo-superficial do esmalte cervical foi deixada em 90°. Após instalação do isolamento absoluto e condicionamento ácido por 20 segundos, o cimento resinoso foi aplicado em todas as paredes da cavidade e o amálgama (Dispersalloy, Caulk/Dentsply) foi condensado até a altura da matriz. Após três anos, os resultados das avaliações clínicas e radiográficas da restauração apresentaram-se satisfatórios, e os autores concluíram que a

técnica do amálgama adesivo é uma alternativa eficiente para resolução de situações clínicas semelhantes a este caso.

Maiers & Turner,<sup>41</sup> em 1998, avaliaram a efetividade de quatro sistemas adesivos dentinário/material de forramento resinoso viscoso em reduzir a infiltração marginal de restaurações de Classe V com amálgama de alto conteúdo de cobre (Tyntin e Dispersalloy). Os materiais intermediários utilizados foram o Amalgambond Plus, Tenure/Panávia Ex, Syntac/Dual Cem e All Bond 2/Liner F. Como controle, foram utilizados o verniz cavitário Copalite e restaurações sem forramento. Os preparos foram realizados em molares recentemente extraídos, de tal forma que, as margens oclusais ficassem em esmalte e as margens cervicais ficassem em cimento/dentina. As amostras foram armazenadas em saliva artificial por 12 meses, termocicladas e oxidadas, e, em seguida, foram seccionadas e a microinfiltração foi mensurada. As combinações Amalgambond Plus, Tenure/Panávia Ex, All Bond 2/Liner F, apresentaram menores graus de infiltração marginal que os sistemas Syntac/Dual Cem, que o verniz Copalite e que as restaurações sem forramento. Os resultados indicaram que a combinação dos sistemas adesivos dentinários com os materiais resinosos protegeu, de forma significativa, as restaurações de amálgama de alto teor de cobre contra a microinfiltração no período de 12 meses.

Quagliatto,<sup>53</sup> em 1998, avaliou a resistência ao cisalhamento da união do amálgama associado a diferentes materiais adesivos à dentina. Para este estudo, o

autor dividiu 36 molares recentemente extraídos, os quais tiveram o esmalte oclusal removido, em três grupos, de acordo com o material utilizado: (I) inicialmente, uma camada de Vitremer foi aplicada e polimerizada sobre a superfície dentinária, previamente tratada com o primer do sistema e, em seguida, uma matriz de aço foi adaptada ao dente e uma nova camada de Vitremer foi aplicada sobre a primeira. O amálgama (Logic Plus) foi condensado imediatamente após, sem que o cimento de ionômero de vidro fosse polimerizado; (II) após o tratamento dentinário com o sistema ED Primer, a matriz de aço foi adaptada ao dente e uma camada do cimento Panavia 21 foi aplicada. Imediatamente após, o amálgama foi condensado. Após a remoção da matriz, o gel Oxigard foi aplicado na base do cilindro de amálgama, para possibilitar a polimerização do cimento resinoso; (III) a dentina foi tratada com o sistema adesivo Scotchbond Multi-Usado Plus, de acordo com as orientações do fabricante, e o amálgama foi condensado no interior da matriz logo em seguida. Os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada, a 37°C, por oito dias e, em seguida, foram submetidos ao teste de resistência ao cisalhamento, em máquina universal, com velocidade de 0,5 mm/mim. Para avaliar o tipo de adesão, foi aplicada uma camada de corante à base de hematoxilina na região fraturada, que impregnou nas estruturas dentais, mas não nos materiais, de tal forma que, as regiões que não foram coradas foram consideradas cobertas por material resinoso. As medidas obtidas para os Grupos II e III foram estatisticamente maiores que as obtidas para o Grupo I e as medidas do Grupo I foram estatisticamente maiores que as do Grupo II. Os resultados médios de resistência ao cisalhamento para os sistemas adesivos avaliados foram: Grupo I - 1,114 MPa, Grupo II



- 1,839MPa, Grupo III - 7,039MPa. Os resultados mostraram que as amostras do Grupo I (Vitremer) tiveram 75% de falhas do tipo coesivas para cimento, sugerindo uma menor adesão entre este material e o amálgama que a obtida para os Grupos II (Panávia 21) e III (Scotchbond Multi-Usó Plus), que foram falhas mistas (coesiva e adesiva) em 83,3% das amostras. Falhas do tipo adesiva, em 16,67% dos casos para estes materiais sugeriram que a hibridização da dentina aumenta a resistência.

A união do amálgama de prata ao cimento de ionômero de vidro foi avaliada por Warren Jr. & Söderholm,<sup>71</sup> em 1998, através da aplicação de uma fina camada de ácido poliacrílico sobre a superfície do cimento de ionômero de vidro, após 4 minutos do seu endurecimento. O amálgama foi condensado sobre o cimento de ionômero de vidro nos intervalos de 15, 30, 60, 90 e 120 segundos após a aplicação do ácido poliacrílico. Cilindros de cimento de ionômero de vidro foram utilizados como grupo controle. Todas as amostras foram armazenadas por uma semana, a 37°C e 90+/- 1% de umidade relativa. O teste de cisalhamento foi realizado em máquina de ensaios universal, com velocidade de 0,5mm/min. A força de união, conseguida nos grupos com intervalo de 60 segundos ou mais, não foi estatisticamente diferente dos resultados obtidos no grupo controle, e foi estatisticamente maior que os grupos com intervalo de 30 segundos ou menos. A região da fratura foi avaliada em Microscopia Eletrônica de Varredura, que mostrou ocorrência de falhas, principalmente na interface amálgama/ácido poliacrílico para todos os grupos experimentais.

A difração de raios-X associada aos dados qualitativos fornecidos pelo exame XEDA, foram utilizados por Miller et al.,<sup>42</sup> em 1999, para determinar a microestrutura de quatro ligas de gálio, indicadas para substituir as ligas de amálgama de prata. A microestrutura dessas ligas apresentou-se multifásica ( $\beta$ -Sn, CuGa<sub>2</sub>, In<sub>4</sub>Ag<sub>9</sub>, Ag<sub>27</sub>Ga<sub>28</sub> e Ga<sub>5</sub>Pd, exceto nas ligas que não continham Pd na composição), portanto mais complicada que a do amálgama de prata. Apesar das propriedades físicas e mecânicas destes materiais serem comparáveis às ligas de amálgama de prata de alto conteúdo de cobre, sua microestrutura, associada a instabilidade do Gálio, tornam este material mais susceptível à corrosão.

Chen, et al.,<sup>23</sup> em 2000, avaliaram se o cimento de ionômero de vidro Fugii II é um material apropriado para ser utilizado como agente intermediário em restaurações de amálgama adesivo, através da comparação dos resultados obtidos por restaurações de amálgama associadas a dois materiais resinosos quimicamente ativados (Amalgambond Plus e Panávia 21) e ao verniz cavitário Copalite. O trabalho foi dividido em duas partes: primeiramente, foi determinada a força de adesão e o tipo de falha das restaurações de amálgama à superfície dentinária dos diferentes grupos. Os resultados não mostraram diferenças estatisticamente significantes na força de adesão entre os grupos ( $p > 0,05$ ). As falhas foram predominantemente do tipo adesivas entre o amálgama e os materiais intermediários: Amalgambond, Panávia 21 e Fugii II; num segundo momento, os autores avaliaram a resistência à fratura dos dentes restaurados com os mesmos agentes intermediários comparados a resistência de dentes íntegros e

dentos somente preparados, sem receber o material restaurador. As interfaces fraturadas foram avaliadas em Microscopia Eletrônica de Varredura e os resultados determinaram uma resistência à fratura significativamente maior dos dentes íntegros e dos dentes restaurados com amálgama associado ao Amalgambond, ao Panavia 21 e ao Fugii II, que das restaurações com base de Copalite e dos dentes não restaurados. Os autores concluíram que o cimento de ionômero de vidro Fugii II tem a capacidade de reforçar a estrutura dental remanescente, aumentando a sua resistência à fratura, quando associado a restaurações de amálgama adesivo.

Estafan et al.,<sup>31</sup> em 2000, realizaram um estudo através da análise em Microscopia Eletrônica de Varredura, com o objetivo de avaliar a interface dente/restaurações de restaurações de amálgama adesivo. Foram confeccionados três tipos de restaurações de amálgama: sem material de base, com verniz Copal e com adesivo dentinário PQ1. Os resultados mostraram uma fenda contínua, de no máximo 15µm, na interface dos dentes restaurados sem material de base e com verniz Copal, enquanto nas restaurações de amálgama associadas ao adesivo dentinário PQ1, as fendas apresentaram-se descontínuas, com no máximo 5µm de extensão. Em adição, as restaurações tratadas com o PQ1 exibiram interpenetrações do adesivo no interior da dentina.

Di Lenarda, et al.,<sup>27</sup> em 2000, avaliaram a infiltração marginal em restaurações de amálgama adesivo em dentes extraídos após a confecção das

restaurações. Para este estudo, foram selecionados nove dentes de um paciente que seria submetido a exodontia de todos os elementos dentais, os quais receberam preparos cavitários nas faces vestibulares. Inicialmente, as cavidades foram tratadas com adesivo dentinário Scotchbond Plus e imediatamente restauradas com amálgama de alto teor de cobre. Restaurações de amálgama sem aplicação de material de base serviram como grupo controle e foram confeccionadas na superfície lingual de quatro dentes. Após um mês da confecção das restaurações, os dentes foram extraídos e imersos em uma solução de fuccina básica a 0,05%, por 48h, e logo depois os dentes seccionados. Sete, dos nove dentes tratados, foram avaliados em estereomicroscópio, com aumento de 10X, e os outros dois dentes restantes foram analisados em Microscopia Eletrônica de Varredura. A análise no estereomicroscópio mostrou que 80% das restaurações apresentaram infiltração parcial nas margens cervicais e não apresentaram infiltração nas margens em esmalte, enquanto nas restaurações de amálgama do grupo controle, houve infiltração total em ambas as margens. A análise em Microscopia Eletrônica de Varredura mostrou boa adaptação da resina ao dente e entre a resina e o amálgama. Os autores concluíram que as restaurações de amálgama adesivo são efetivas na redução da infiltração marginal, particularmente nas margens em esmalte.

Stecos, et al.,<sup>59</sup> realizaram em 2000 uma revisão da literatura sobre restaurações de amálgama adesivo, e observaram que a maioria dos estudos *in vitro* mostra que esta técnica reduz significativamente a infiltração marginal e aumenta a força de união da restauração, que varia entre 2 a 20 MPa, dependendo do material

adesivo utilizado. A associação do amálgama a materiais resinosos também aumenta a resistência à fratura dos dentes restaurados por esta técnica, entretanto, a mistura destes materiais pode causar uma diminuição na resistência final da restauração. Alguns estudos afirmam que as restaurações de amálgama adesivo estão indicadas somente para cavidades que apresentem pouca ou nenhuma retenção. Os autores concluem que apesar dos estudos *in vitro* demonstrarem redução na infiltração marginal e aumento da retenção em restaurações de amálgama adesivo, os estudos clínicos mostram poucas vantagens desta técnica sobre as restaurações de amálgama convencional.

Toledano et al.,<sup>67</sup> em 2000, avaliaram a microinfiltração e a micromorfologia de restaurações de amálgama associadas ao Optibond, ao Aelitebond e ao Panávia 21. Cavidades Classe V foram preparadas em dentes humanos, recentemente extraídos, e as paredes da cavidade foram tratadas com os sistemas adesivos dentinários, de acordo com a instrução do fabricante. Em seguida, os dentes foram restaurados com amálgama de fase única de alto conteúdo de cobre (Tytin). Restaurações de amálgama sem materiais de base foram usadas como grupo controle. Após uma semana de armazenamento em água a 37°C, os corpos-de-prova foram termociclados (1000 ciclos, 6°C - 60°C) em solução de fucsina básica. Apesar de nenhuma das restaurações estudadas conseguirem eliminar completamente a microinfiltração, a parede oclusal das restaurações de amálgama associadas ao Panávia 21 e as do grupo controle apresentaram os menores graus de infiltração ( $p < 0,05$ ). Entretanto, nenhuma diferença estatística foi encontrada entre os grupos estudados para a microinfiltração nas margens

em dentina ( $p > 0,05$ ). Quando a microinfiltração foi avaliada através da comparação dos valores obtidos para as paredes de esmalte e dentina, dentro de cada grupo, o grupo controle e o grupo do Panávia 21 apresentaram menor infiltração nas margens em esmalte que nas margens em dentina, enquanto nos grupos do Aelitebond e do Optibond a infiltração foi similar em ambas as margens. Os autores sugerem que os resultados obtidos com os adesivos dentinários sejam devidos à característica hidrofílica destes materiais, os quais podem ser incorporados à solução corante durante a imersão dos corpos-de-prova ou durante o seccionamento. Como conclusão, os autores afirmam que os sistemas adesivos utilizados não foram capazes de selar adequadamente as margens das restaurações de amálgama, tanto em esmalte como em dentina.

Geiner et al.,<sup>32</sup> em 2001, afirmam que a aplicação de um agente adesivo antes da condensação do amálgama tem se tornado um procedimento clínico comum. Entretanto, a interação entre as diferentes fases formadas entre os materiais e a extensão do selamento obtido não têm sido extensivamente estudadas. Neste estudo, os autores caracterizaram as interfaces das restaurações de amálgama associadas ao adesivo dentinário One Step e ao compômero Resinomer, através de testes de microinfiltração marginal e da análise em Microscopia Eletrônica de Varredura, incluindo a análise elementar de alta resolução, com o objetivo de caracterizar a estrutura da interface obtida. Os resultados indicaram que a colocação do material adesivo sob a restauração de amálgama é essencial na prevenção da microinfiltração, principalmente quando este é condensado sobre o material adesivo ainda não

polimerizado, e que a resina adesiva forma uma interface espessa, com interdigitações dentro do amálgama. A análise em Microscopia Eletrônica de Varredura associada à análise elementar indicou que a adesão entre o amálgama e os materiais adesivos é principalmente mecânica, fornecida pelas interdigitações do material adesivo dentro da massa do amálgama. Os autores sugerem que mais trabalhos sejam realizados avaliando as implicações clínicas desses achados.

Sholz Jr.,<sup>58</sup> em 2001, realizou uma avaliação clínica e fotográfica do comportamento de restaurações de amálgama de prata de alto conteúdo de cobre (Permite C -SDI) e de restaurações de amálgama de Gálio (Galio Alloy - SDI) no meio bucal, durante dezoito meses. Para esta análise, foram realizadas 26 restaurações em alunos do segundo ano do curso de Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, que foram divididas de seguinte maneira: 13 restaurações foram confeccionadas pela técnica do amálgama adesivo, associando o amálgama de prata com alto conteúdo de cobre com o agente adesivo Scotchbond Multi-Use Plus (3M); e outras 13 restaurações foram confeccionadas com o amálgama de gálio, utilizando-se o adesivo fornecido pelo fabricante. As restaurações foram polidas 10 dias após sua confecção e os tempos de análise foram: inicial, 6, 12 e 18 meses. Foram analisadas a integridade marginal e a corrosão, e os resultados mostraram que o amálgama de gálio apresentou, com o passar do tempo, altos graus de corrosão e desajuste marginal, proveniente de seu alto índice de expansão. Outra grande desvantagem apresentada pelas restaurações de amálgama de gálio foi a alta sensibilidade pós-operatória apresentada pelos pacientes, o

que levou o autor a remover grande parte das restaurações durante o tempo da pesquisa. Pode-se concluir que o amálgama de gálio (Galloy Alloy) apresentou desempenho insatisfatório e inadequado para ser usado como material restaurador.

Tyler & Thurmeier,<sup>69</sup> em 2001, realizaram um trabalho com o objetivo de avaliar a distribuição dos adesivos dentinários em restaurações de amálgama adesivo. Os adesivos utilizados foram o Scotchbond Multi-Usado Plus e o Prime e Bond 2.1 Dual Cure Universal Dental Adhesive System com Amalgam Bonding Accessory Kit, os quais foram misturados a 1% de azul de metileno diluído em 100% de etanol. Foram confeccionadas cavidades Classe II em pré-molares e molares recentemente extraídos, as quais foram restauradas de acordo com as recomendações do fabricante. Radiografias bitewings foram realizadas com o objetivo de observar a translucidez dos adesivos dentinários. As amostras também foram analisadas através de Microscopia eletrônica de Varredura. Os resultados mostraram que a maior parte do material intermediário se acumula na parede gengival da caixa proximal e nos ângulos formados entre as paredes da cavidade, o que explica a imagem radiolúcida encontradas nestas regiões nas imagens radiográficas. Os autores afirmam que estas imagens podem levar a erros de diagnóstico, já que a translucidez observada nas radiografias pode ser confundida com falta de adaptação marginal e cárie secundária. Desta forma, os autores concluem que todo adesivo dentinário deveria ter em sua composição um material radiopaco.



# ***Proposição***



# Proposição

O objetivo deste estudo é avaliar as variáveis microestrutura do amálgama dental e interface restauradora adesiva em função dos seguintes fatores em diferentes níveis:

1. Materiais Intermediários em 4 níveis:
  - 1.1. ausência de material intermediário (controle);
  - 1.2. cimento resinoso Panavia F;
  - 1.3. cimento de ionômero de vidro Vidrion F;
  - 1.4. sistema adesivo dentinário Scotchbond Multi-Use Plus.
2. Interface Adesiva (presença ou ausência de fenda) em 3 níveis:
  - 2.1. região IA1 – interface esmalte/restauração;
  - 2.2. região IA2 – interface ângulo/restauração;
  - 2.3. região IA3 – interface parede pulpar/restauração.

# ***Material e Método***



## Material e método

Neste trabalho foram utilizados 20 terceiros molares humanos hígidos, recentemente extraídos e, devidamente autorizados pelos pacientes, os quais foram limpos com curetas periodontais (Dental Duflex Ltda.) e polidos com pedra pomes e água, com auxílio de escova tipo Robinson (KG Sorensen Ind. E Com. Ltda.) montada em baixa rotação, e em seguida, foram armazenados em água destilada à temperatura ambiente até o momento de sua utilização.

Os dentes receberam preparos cavitários de Classe I, confeccionados com fresa de carbeto de Tungstênio nº 245 (Deusco Bur-USA), montadas em turbina pneumática tipo colchão de ar (Dabi Atlante) com velocidade de giro livre de 300.000 rpm sob spray ar/água, de tal forma que, a cada cinco preparos a fresa foi substituída por uma nova. Todos os preparos foram realizados manualmente, por um único operador, devidamente calibrado e padronizadas com auxílio de uma sonda milimetrada nas seguintes dimensões: profundidade correspondente ao comprimento da ponta ativa da fresa; distância vestibulo-lingual com aproximadamente 3,0 mm e distância mésio-distal com aproximadamente 6,0 mm (Figura 1 – A, B e C). Os dentes, após preparo foram lavados, secos, e imersos em água destilada até o momento da confecção das restaurações.

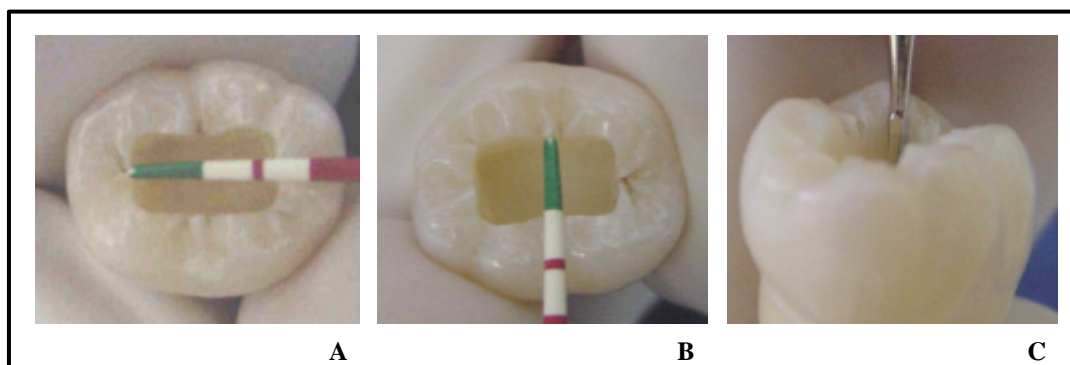


FIGURA 1 - Dimensões aproximadas do preparo cavitário: (A) distância méso-distal - 6,0mm; (B) distância vestibulo-lingual - 3,0mm e (C) profundidade - comprimento da ponta ativa da fresa.

A seguir, os dentes preparados foram distribuídos aleatoriamente em quatro grupos, contendo cinco dentes cada, e submetidos a quatro diferentes técnicas restauradoras, em função dos diferentes materiais intermediários, e agrupados conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 - Definição dos materiais utilizados nos diferentes grupos de estudo.

| <b>GRUPOS</b> | <b>MATERIAL INTERMEDIÁRIO</b> | <b>MATERIAL RESTAURADOR</b> |
|---------------|-------------------------------|-----------------------------|
| GI (controle) | Ausência                      | Permite C                   |
| GII           | Panávia F                     | Permite C                   |
| GIII          | Vidrion F                     | Permite C                   |
| GIV           | Scotchbond Multi Uso Plus     | Permite C                   |

No Grupo I (controle), a cavidade foi restaurada somente com o material restaurador, o amálgama Permite C (SDI), que é uma liga do tipo mistura de alto

conteúdo de cobre, sem aplicação de qualquer material intermediário. Nos demais grupos (GII, GIII e GIV) as restaurações de amálgama foram associadas aos respectivos materiais: Panavia F (J. Morita); Vidrion F (SS White) e Scotchbond Multi-Use Plus (3M). As técnicas para confecção das restaurações seguiram as instruções do fabricante e são descritas a seguir.

#### **GRUPO I (Controle) - RESTAURAÇÃO DE AMÁLGAMA (PERMITE C)**

Após lavagem e secagem da cavidade, o amálgama foi triturado em amalgamador mecânico Ultramat II (SDI) durante 6 segundos, e inserido manualmente na cavidade, utilizando-se para tal, condensador tipo Ward nº 2 (Duflex). Após 3 minutos da condensação do material, foi realizada a escultura da restauração que limitou-se na remoção dos excessos e contorno da superfície dental, utilizando-se, para isso, uma espátula de Holleback nº 3. Decorridos 5 minutos após a escultura, foi realizado o brunimento e logo em seguida, os dentes foram armazenados em água destilada, em recipientes individualizados e devidamente identificados, a temperatura de  $37^{\circ}\text{C} \pm 1$ , por 24 horas, até o momento do acabamento e polimento da restauração.

#### **GRUPO II - RESTAURAÇÃO DE AMÁLGAMA ASSOCIADO A CIMENTO RESINOSO (PANAVIA F)**

Após lavagem e secagem da cavidade, a superfície dentária (esmalte e dentina) foi tratada com o ED Primer, durante 60 segundos, com auxílio de esponjas de aplicação, e posteriormente seca com auxílio de papel absorvente. O primer do sistema

Panávia F é composto de dois frascos sendo identificados como A e B. Conforme instruções do fabricante, gotas iguais desses compostos foram dispensadas em frasco dappem e manipuladas por 5 segundos. Após aplicação do ED Primer, foram manipuladas porções iguais das pastas A e B do cimento resinoso Panávia F, durante 20 segundos. Com auxílio de um pincel, uma fina camada do cimento manipulado foi aplicada nas paredes da cavidade e, imediatamente após, o amálgama foi condensado. Decorrida a cristalização inicial, a restauração foi esculpida e brunida conforme descrito no Grupo I. Após o brunimento, foi aplicado o gel Oxiguard por 3 minutos. Decorrido esse período, os dentes foram armazenados de acordo com a descrição do Grupo I.

### **GRUPO 3 - RESTAURAÇÃO DE AMÁLGAMA ASSOCIADO AO CIMENTO DE IONÔMERO DE VIDRO (VIDRION F)**

Inicialmente, após limpeza e secagem da cavidade, foi realizado o pré-tratamento dentinário com ácido poliacrílico a 25% de maneira ativa por 20 segundos. A superfície dentinária foi então lavada com spray ar/água por 15 segundos. Sobre uma placa de vidro, foi dispensada uma medida de pó de cimento de ionômero de vidro para uma gota de líquido, salientando que a primeira gota foi desprezada, evitando assim que possível quantidade de ar pudesse interferir na proporção ideal do líquido. A aglutinação do material foi realizada com uma espátula de aço nº 24. Com auxílio de um pincel, uma fina camada do cimento ionomérico foi aplicada nas paredes da cavidade e imediatamente após, o amálgama foi inserido, condensado (Figura 2), esculpido e brunido, sendo as amostras armazenadas de acordo com a descrição do Grupo I.

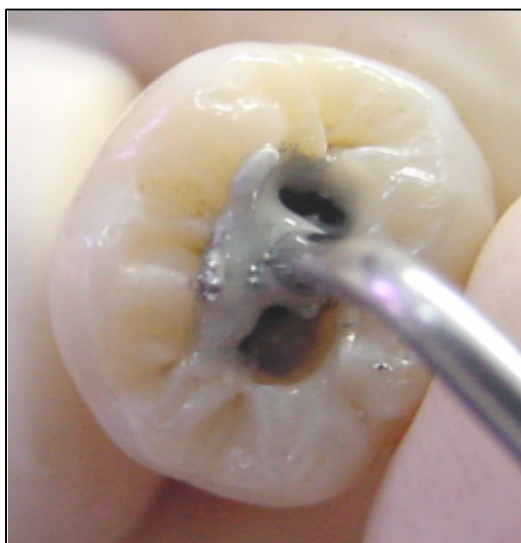


FIGURA - 2. Condensação imediata do amálgama sobre o cimento de ionômero de vidro Vidrion F antes do seu endurecimento.

#### **GRUPO 4 - RESTAURAÇÃO DE AMÁLGAMA ASSOCIADO AO ADESIVO DENTINÁRIO (SCOTCHBOND MULTI-USO PLUS)**

Os espécimes desse grupo foram inicialmente submetidos ao condicionamento ácido total, com ácido fosfórico a 35%, pelo tempo de 30 segundos em esmalte e 15 segundos em dentina. Em seguida, foram lavados com abundante jato de spray ar/água por 15 segundos e secos com suaves jatos de ar, de tal forma que o tecido dentinário apresentou-se ligeiramente umedecido, conforme instruções do fabricante. Em seqüência, foi aplicada no interior da cavidade uma camada do produto ativador (frasco 1,5) que, imediatamente após, foi seco com suaves jatos de ar por 5 segundos. Em seguida, foi aplicada uma camada do "primer" (frasco 2), e após receber



nova secagem, foi aplicada uma camada da mistura do adesivo e do catalisador (frascos 3 e 3,5). Após esse procedimento o amálgama foi inserido, condensado, esculpido e brunido, e a amostra foi armazenada conforme descrição anterior para o Grupo I.

O acabamento das restaurações foi realizado 24 horas após a sua confecção, utilizando-se fresas multilaminadas (12 lâminas - Bush) em baixa velocidade, sob pressão manual, girando no sentido da restauração para a superfície dental, evitando microfraturas na superfície do amálgama. O polimento foi realizado com pontas de borrachas abrasivas (K.G. Sorensen) montadas em contra ângulo, sobre pressão manual, na seguinte ordem decrescente de abrasividade: marrom, verde e azul. Após o polimento, os corpos-de-prova foram mantidos em água destilada, em estufa a  $37^{\circ}\text{C} \pm 1$  por mais 24 horas.

Após o acabamento e o polimento das restaurações, os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de termociclagem em máquina ÉTICA, mod. 521,4, série 9, ÉTICA EQUIP. CIENTÍFICOS S.A. São Paulo, de acordo com a seguinte calibração:

**Nº de ciclos: 500**

**Temperatura máxima:  $55^{\circ}\text{C} \pm 1$       Tempo: 15 segundos**

**Temperatura mínima:  $8^{\circ}\text{C} \pm 1$       Tempo: 15 segundos**

**Tempo total de cada ciclo: 30 segundos**

Para identificação dos corpos-de-prova, durante a termociclagem, os dentes tiveram suas raízes pintadas com esmalte para unha de diferentes cores, sendo que cada cor especificava o Grupo ao qual pertenciam.

Após a termociclagem, os corpos-de-prova foram seccionados longitudinalmente, no sentido vestibulo-lingual, em cortadeira metalográfica (BUEHLER – Modelo ISOMET) com disco de diamante, sob correta refrigeração à água, evitando ao máximo qualquer aquecimento do amálgama e conseqüente alteração da sua composição química. Após o corte, obtivemos duas hemi-superfícies (Figura 3), as quais foram novamente armazenados em água destilada.

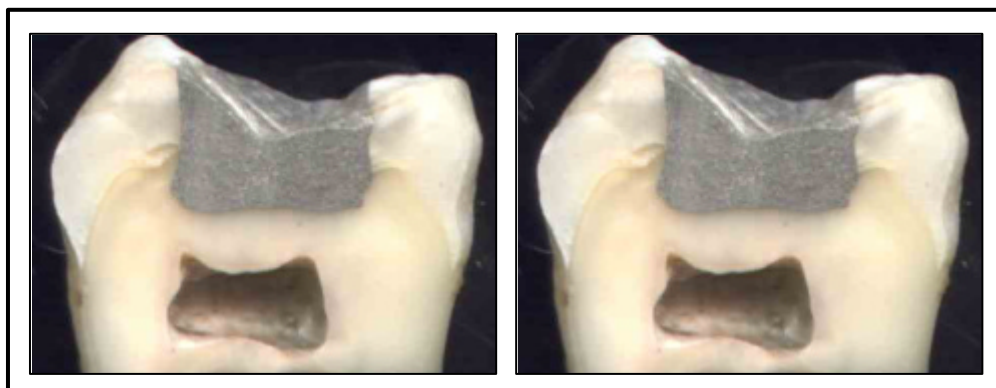


FIGURA. 3 - Hemi-superfícies obtidas através do corte longitudinal dos corpos-de-prova. Uma das hemi-superfícies foi submetida à análise metalográfica e a hemi-superfície correspondente foi submetida à análise da interface.

Após o seccionamento, as hemi-superfícies foram submetidas ao polimento metalográfico, em politriz elétrica horizontal, com lixas d'água de granulação decrescente seqüencial a partir de lixas de nº 400, 600 e 1200, cujo objetivo foi

melhorar a observação das fases e da morfologia presente na microestrutura do amálgama. Foi utilizado um conjunto de lixas para cada grupo de tal forma que não houvesse a possibilidade de incorporação de elementos químicos entre os materiais dos diferentes grupos. Ressalta-se que não foi realizado o polimento final dos corpos-de-prova com pano de feltro e pasta de alumina para que os componentes químicos da mesma não interferissem nos resultados da análise metalográfica.

Após a execução do polimento metalográfico, apenas uma hemi-superfície de cada grupo foi selecionada aleatoriamente e submetida à Análise Metalográfica em Microscopia Eletrônica de Varredura.

## **ANÁLISE METALOGRÁFICA EM MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA**

A metalografia é o estudo da microestrutura, da constituição e da textura das ligas e dos produtos metálicos. Esta metodologia é capaz de fornecer imagem microestrutural, determinar quais são os elementos químicos presentes nas diferentes fases do amálgama e associar estes dados com as propriedades físicas deste material.

Desta forma, por meio de um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) acoplado a um Analisador de Energia Dispersiva (EDS) tornou-se possível a identificação microestrutural e o mapeamento dos principais elementos químicos constituintes do amálgama e dos diferentes materiais adesivos intermediários de cada grupo de estudo.

A Espectrometria de raios-X por Dispersão de Energia (EDS - energy dispersive spectroscopy) é um detector acoplado ao MEV que realiza uma análise química qualitativa puntual, permitindo que elementos microestruturais das amostras sejam identificados. Esta análise é feita da seguinte maneira: parte dos elétrons incidentes penetra na amostra, podendo chegar a 3  $\mu\text{m}$  de profundidade em amostras metálicas. Devido a sua alta energia, a interação existente entre feixe e amostra é suficiente para produzir raios-X. Cada elemento presente nessa região interage diferentemente com o feixe, de forma a gerar raios-X com comprimentos de onda característicos para cada elemento. Para a captação dos raios-X gerados, um detector específico é posicionado no interior da câmara do MEV. O resultado é fornecido em forma de gráficos, contendo picos de intensidade para cada elemento presente nas amostras analisadas, sendo que a altura dos picos é proporcional à concentração do respectivo elemento. Desta forma, a análise das imagens microestruturais e o mapeamento elementar obtido pelo EDS permitem observar a presença das fases do amálgama e a concentração, localização e distribuição dos principais elementos químicos dos materiais presentes nas amostras. Por não existirem diferenças na composição química dos materiais utilizados dentro de cada grupo experimental, não houve necessidade de realizar este tipo de análise em mais de um corpo-de-prova de cada grupo.

Foram obtidos a imagem metalográfica, os espectros de energia dispersiva de raios-X (EDS) e o mapeamento dos elementos químicos para todos os grupos, na

região correspondente a Figura 4, incluindo parte da restauração, da interface dente/restauração e da dentina.

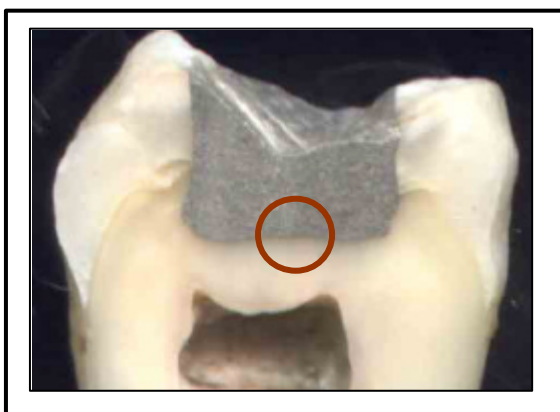


FIGURA 4 - Localização de onde foi realizada a Análise Metalográfica.

Foram mapeados, em todos os grupos de estudo, os principais elementos químicos do amálgama: Mercúrio, Prata, Estanho e Cobre. O elemento Carbono também foi mapeado em todos os grupos, na tentativa de identificar as áreas de concentração dos materiais intermediários à base de polímeros. Para o Grupo III (amálgama associado ao cimento de ionômero de vidro), também foram analisadas a presença e a distribuição dos elementos: Alumínio, Silício, Cálcio e Fosfato, que são os principais elementos químicos presentes na composição deste cimento. A imagem obtida pelo Microscópio Eletrônico de Varredura era enviada para o computador, o qual pigmentava cada elemento químico com uma cor diferente. Este recurso permite que a região da amostra tenha até seis elementos mapeados em uma única vez, facilitando a visualização da distribuição e da concentração de cada elemento na microestrutura. Sendo assim, os elementos formam corados da seguinte maneira: Hg - azul; Ag e Si -

vermelho; Sn e P - amarelo; Cu e Al - ciano; C - verde; Ca - laranja. Quando os elementos possuíam a mesma cor, o mapeamento foi realizado individualmente, para que não houvesse erros de interpretação. As imagens obtidas pelo mapeamento foram analisadas e comparadas com as imagens da microestrutura do amálgama, com o objetivo de identificar as áreas de concentração dos elementos químicos e possíveis afinidades existentes entre eles.

### **ANÁLISE DA INTERFACE ADESIVA**

A interface adesiva foi avaliada através da presença ou ausência de fendas na interface dente/restauração através da análise em Microscopia Eletrônica de Varredura, em três regiões distintas: (IA1) interface esmalte/restauração; (IA2) interface ângulo/restauração; e (IA3) interface parede pulpar/restauração (Figura 5). Para obtenção das imagens, os corpos-de-prova foram limpos com solução de ácido fosfórico a 10% por 15 segundos, para remoção da “smear layer”, lavados abundantemente com jatos de ar/água por mais 15 segundos, desidratados, para então receberem aplicação de ouro em toda superfície. A fenda encontrada foi mensurada com auxílio de um paquímetro digital (DIGIMESS, Metrologia Dimensional, Panambra Industrial e Técnica S/A), a partir da fotomicrografia obtida. Os resultados foram submetidos à análise estatística para verificar possíveis diferenças significantes entre os grupos em estudo. Para cada grupo foram analisadas cinco hemi-superfícies em três regiões distintas, totalizando 15 medidas para cada grupo. As hemi-superfícies correspondentes,

exceto a utilizada para análise metalográfica, não foram utilizadas, e portanto foram desprezadas.

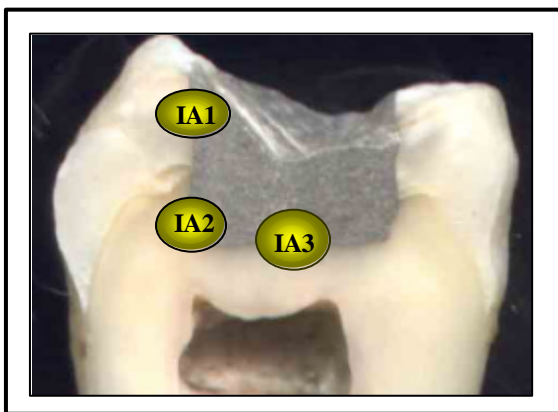


FIGURA 5 - Esquema das regiões onde foi realizada a análise da interface adesiva: IA1 – interface esmalte/restauração; IA2 – interface ângulo/restauração; IA3 interface parede pulpar/restauração.

## PLANEJAMENTO ESTATÍSTICO

Os efeitos que os fatores Região da Interface, com os níveis: esmalte/restauração; ângulo/restauração e parede pulpar/restauração, e Interface Adesiva, com os níveis: controle, amálgama associado ao Panavia F, amálgama associado ao Vidrion F e amálgama associado ao Scotchbond Multi-Use Plus, exerceram sobre a variável fenda, mensurada em  $\mu\text{m}$ , foram analisados com o auxílio do modelo de análise de variância paramétrico a dois critérios fixos.

A região para rejeição ou não das hipóteses estatísticas envolvidas nesse modelo foi construída no nível de significância de 0,05 e a regra de decisão foi definida a partir de  $p = P(F > F_0)$  - probabilidade da estatística F ser maior do que seu valor observado  $F_0$  nos dados da amostra - do modo que se segue: se p foi maior do que 0,05, então o valor  $F_0$  foi não significativo e a hipótese sob teste foi não rejeitada e, em

caso contrário, se  $p$  foi menor do que 0,05, então o valor  $F_0$  foi significativo e a hipótese sob teste foi rejeitada.

A rejeição de hipóteses associadas a um desses fatores levou à construção do teste adicional, nomeado como “conjuntos de médias estatisticamente iguais entre si” que foi definido pelo princípio que se segue: a) as médias, vizinhas na ordenação crescente, das alternativas de um determinado fator precisam ser estatisticamente iguais entre si; b) calcula-se a média geral dessas médias vizinhas na ordenação; c) as médias estatisticamente maiores do que essa média geral formam um conjunto; d) as médias estatisticamente iguais a essa média geral formam outro conjunto e f) as médias estatisticamente menores do que essa média geral também formam um conjunto de médias iguais entre si.



# ***Resultado***



# Resultado

## 1. RESULTADO DA ANÁLISE METALOGRÁFICA EM MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Comparando os resultados das imagens metalográficas dos Grupos II, III, e IV com o Grupo I (controle), pode-se observar que não ocorrem alterações na microestrutura do amálgama utilizado (Permite C), ou seja, todos os grupos apresentaram, na região correspondente ao amálgama, as fases  $\gamma$  (AgSn),  $\gamma_1$  (AgHg) e  $\eta$  (CuSn) do eutético Ag-Cu que não reagiram com o mercúrio (Figuras 6; 7; 8; 9). Foi observada uma maior quantidade de poros para os Grupos II e III, sendo que, no Grupo II, os poros são menores e encontram-se na interface entre o cimento resinoso e o amálgama (Figura 10), enquanto que, no Grupo III, os poros são maiores em tamanho e estão presentes no interior da massa do amálgama, inclusive na região mais oclusal (Figura 11). O Grupo II (amálgama associado ao cimento resinoso) apresentou uma grande quantidade de interlocções entre o cimento e o amálgama (Figuras 7 e 10), enquanto que, para os Grupos III e IV, os materiais intermediários, cimento de ionômero de vidro e adesivo dentinário, apresentaram pequenas interlocções, com pequenas porções (ilhas) retinas no interior do amálgama e concentrações isoladas na interface dente/restauração (Figuras 8 e 9).

Com relação aos resultados obtidos pela análise dos espectros de energia dispersiva de raios-X (EDS) e do mapeamento elementar, pode-se observar para todos os grupos, elevadas proporções de Hg e Ag, na porção correspondente ao amálgama

(Figuras 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24). A grande concentração do Hg e da Ag foi encontrada distribuída homogeneamente na fase  $\gamma_1(\text{Ag}_2\text{Hg}_3)$ , e quantidade razoável de Ag também se encontra concentrada no interior do eutético Ag-Cu (Figuras 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24). A análise Cu mostrou que este elemento encontra-se quase que totalmente concentrado nas regiões em torno do eutético Ag-Cu (Figura 25), que não reagiu durante o processo de trituração, sendo esta uma das características microestruturais das ligas de amálgama de alto conteúdo de cobre.

Na região correspondente à dentina, os elementos Hg, Ag, Cu e Sn foram encontrados distribuídos homogeneamente sobre a amostra (Figuras 12; 13; 14; 15; 16)

O EDS mostrou a presença de Bário (Gráfico 4) presente na amostra do Grupo II. Quantidades semelhantes de Al e Si foram encontradas em todos os grupos, com exceção para o Grupo II (Gráficos 3, 4, 5, 6), que apresentou uma maior quantidade de Si comparado com os resultados do EDS para os demais grupos (I, II, IV). A análise do Carbono mostrou concentrações semelhantes deste elemento em todos os grupos (Gráficos 3, 4, 5 e 6) e o mapeamento deste elemento no Grupo IV mostrou que sua maior concentração está na interface dente/restauração, área correspondente ao sistema adesivo (Figura 29). O resultado do EDS e do mapeamento para o flúor para o Grupo III apresentou baixa quantidade deste elemento distribuído homogeneamente por toda a amostra (Figura 28).

Com relação ao embricamento mecânico entre o amálgama e os materiais intermediários, as imagens metalográficas mostraram que este, praticamente, só

aconteceu nas amostras do Grupo II (Figura 7) comparadas às imagens dos Grupos III e IV (Figura 8 e 9).

No Grupo IV, observou-se que o Scotchbond Multi-Use Plus (SBMP) formou uma camada de espessura uniforme, com penetração do agente adesivo no interior dos túbulos dentinários, com formação da camada híbrida (Figura 41).

Em algumas regiões da interface dente/restauração, o cimento resinoso e o cimento ionomérico apresentavam-se fragmentados, de tal forma que parte do cimento encontrava-se próxima ao amálgama e parte próxima à dentina (Figura 42).

## 2. RESULTADO DA ANÁLISE DA INTERFACE DENTE/RESTAURAÇÃO

Os dados obtidos experimentalmente nas mensurações da amplitude da interface dente/restauração são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores médios originais ( $\mu\text{m}$ ) da amplitude da interface dente/restauração para material intermediário e regiões.

|                      |                                | REGIÕES         |                 |                 |       |
|----------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|
|                      | CORPO-DE-PROVA                 | IA <sub>1</sub> | IA <sub>2</sub> | IA <sub>3</sub> | MÉDIA |
| <b>GI (controle)</b> | MI <sub>1</sub> R <sub>1</sub> | 1,17            | 5,26            | 10,22           | 5,55  |
|                      | MI <sub>1</sub> R <sub>2</sub> | 2,85            | 3,56            | 11,17           | 5,86  |
|                      | MI <sub>1</sub> R <sub>3</sub> | 18,6            | 3,3             | 8,43            | 10,11 |
|                      | MI <sub>1</sub> R <sub>4</sub> | 0               | 2,3             | 2,37            | 1,55  |
|                      | MI <sub>1</sub> R <sub>5</sub> | 2,66            | 13,41           | 8,79            | 8,28  |
| <b>GII</b>           | MI <sub>2</sub> R <sub>1</sub> | 1,49            | 0               | 8,13            | 3,20  |
|                      | MI <sub>2</sub> R <sub>2</sub> | 0               | 1,09            | 4,81            | 0,96  |
|                      | MI <sub>2</sub> R <sub>3</sub> | 0               | 0               | 6,28            | 2,09  |
|                      | MI <sub>2</sub> R <sub>4</sub> | 0               | 3,92            | 8,45            | 4,12  |
|                      | MI <sub>2</sub> R <sub>5</sub> | 0               | 4,86            | 17,37           | 7,41  |
| <b>GIII</b>          | MI <sub>3</sub> R <sub>1</sub> | 0,81            | 4,33            | 8,92            | 4,68  |
|                      | MI <sub>3</sub> R <sub>2</sub> | 2,77            | 5,43            | 4,96            | 4,38  |
|                      | MI <sub>3</sub> R <sub>3</sub> | 0               | 0               | 9,9             | 3,3   |
|                      | MI <sub>3</sub> R <sub>4</sub> | 6,16            | 11,64           | 3,84            | 7,21  |
|                      | MI <sub>3</sub> R <sub>5</sub> | 0,67            | 5,26            | 16,58           | 7,50  |
| <b>GIV</b>           | MI <sub>4</sub> R <sub>1</sub> | 0               | 0               | 3,26            | 1,08  |
|                      | MI <sub>4</sub> R <sub>2</sub> | 0               | 3,52            | 4,67            | 2,73  |
|                      | MI <sub>4</sub> R <sub>3</sub> | 0,73            | 1,18            | 5,01            | 2,30  |
|                      | MI <sub>4</sub> R <sub>4</sub> | 0               | 0               | 3,09            | 1,03  |
|                      | MI <sub>4</sub> R <sub>5</sub> | 0               | 9,32            | 10,07           | 6,46  |

IA<sub>1</sub> – interface esmalte/restauração; IA<sub>2</sub> interface ângulo/restauração; IA<sub>3</sub> – interface parede pulpar/restauração.

A aplicação da análise de variância aos dados da Tabela 1 originou a Tabela 2.

Tabela 2 - Resumo da Análise de Variância.

| Fonte de Variação                           | G.L. | S.Q.    | Q.M.    | F <sub>o</sub> | p <   |
|---|------|---------|---------|----------------|-------|
| Região da Interface                         | 2    | 343,373 | 171,686 | 17,908 s       | 0,001 |
| Material Intermediário                      | 3    | 128,365 | 42,788  | 4,463 s        | 0,009 |
| Região da Interface /Material Intermediário | 6    | 12,461  | 2,077   | 0,217 n        | 0,971 |
| Residual                                    | 48   | 460,176 | 9,587   |                |       |

s = valor significativo; n = valor não significativo

Tabela 3 - Freqüências, médias, erro padrão e classificação.

| Fatores                | Frequência | Média | E.P.  | Classificação |
|------------------------|------------|-------|-------|---------------|
| Região da Interface    |            |       |       |               |
| Esmalte/Restauração    | 20         | 1,595 | 0,692 | A             |
| Ângulo/Restauração     | 20         | 3,919 | 0,692 | A             |
| P.Pulpar/Restauração   | 20         | 7,416 | 0,692 | B             |
| Material Intermediário |            |       |       |               |
| Controle               | 15         | 6,273 | 0,799 | B             |
| Panávia F              | 15         | 3,093 | 0,799 | A             |
| Vidrion F              | 15         | 5,151 | 0,799 | B             |
| SBMP                   | 15         | 2,723 | 0,799 | A             |

Pode-se observar, através da Tabela 2, que o fator Região da Interface apresentou F<sub>0</sub> significativa, com  $p < 0,05$ , havendo evidência amostral para se rejeitar a hipótese de que nas regiões da interface tenham ocorrido iguais fendas médias. Na Tabela 3, observou-se que as fendas médias relativas às regiões IA1 (figuras 30, 33, 36 e 39) e IA2 (figuras 31, 34, 37 e 40) apresentaram-se estatisticamente iguais entre si e

menores que a fenda média ocorrida na região IA3 (fugas 32, 35, 38, 41). Para melhor visualização de tal ocorrência na Tabela 3, apresentamos o Gráfico 1, a seguir:

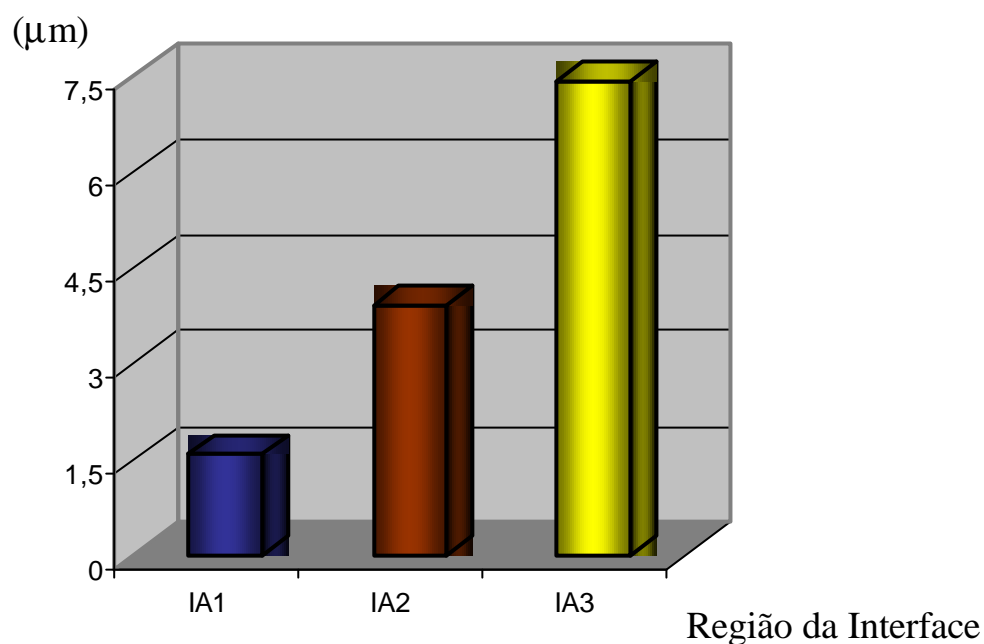


Gráfico 1- Fenda Média segundo Fator Região da Interface (µm).

O fator Material Intermediário também apresentou  $F_0$  significativa com  $p < 0,05$ , havendo evidência amostral para se rejeitar a hipótese de que os materiais intermediários tenham induzido iguais fendas médias. De acordo com a Tabela 3, observou-se que os materiais intermediários, que consistiram no uso do Panavia F e do SBMP associados ao amálgama (Grupos II e IV respectivamente) induziram fendas médias estatisticamente iguais entre si e menores que as fendas induzidas pelas técnicas utilizadas nas restaurações do Grupo Controle e do amálgama associado ao Vidrion F

(Grupos I e III respectivamente), que foram estatisticamente iguais entre si. Para melhor visualizar tais ocorrências observadas na Tabela 3, apresentamos o Gráfico 2, a seguir:

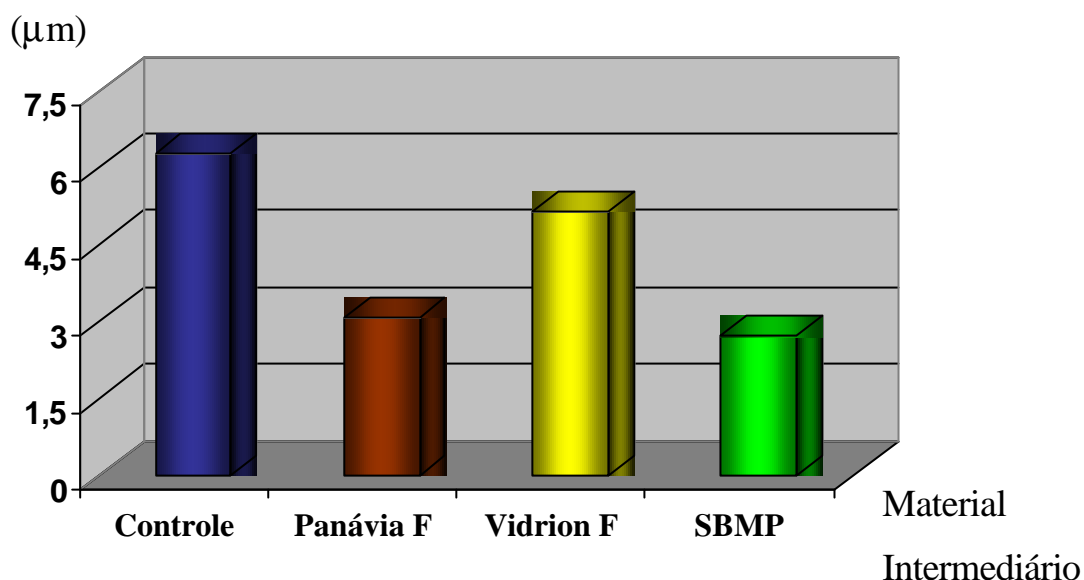


Gráfico 2 - Fenda Média segundo Fator Material Intermediário (μm).

A interação Região da Interface / Material Intermediário apresentou  $F_0$  não significante, com  $p > 0,05$ . Assim, houve evidência amostral para se afirmar que o fator Região da Interface não interferiu na variação ocorrida entre as médias das alternativas do fator Material Intermediário e que o fator Material Intermediário não interferiu na variação ocorrida entre as médias dos níveis do fator Região da Interface. De fato, observa-se na tabela 3, usando-se a d.m.s. = 3,521 obtida com auxílio da estatística D2 de Duncan, que: com o uso de cada material, amálgama associado ao Panávia F ou Controle, as fendas médias ocorridas nas regiões esmalte/restauração e ângulo/restauração foram estatisticamente iguais entre si e menores do que a ocorrida na



região parede pulpar/restauração — variação idêntica à que ocorreu entre as médias da regiões e descrita na Tabela 2; em cada uma das regiões, as fendas médias induzidas pelas técnicas foram estatisticamente iguais entre si, variação idêntica à ocorrida entre as médias dos níveis do fator Material Intermediários e descrita na Tabela 3.

Tabela 4 - Frequência, médias e erros padrão para a fenda segundo a interação Região da Interface / Material Intermediário ( $\mu\text{m}$ ).

| <b>Técnica</b>       | <b>Região da Interface</b> | <b>Frequência</b> | <b>Média</b> | <b>E.P.</b> |
|----------------------|----------------------------|-------------------|--------------|-------------|
| Controle             | Esmalte/Restauração        | 5                 | 3,856        | 1,385       |
|                      | Ângulo/Restauração         | 5                 | 5,566        | 1,385       |
|                      | Parede Pulpar/Restauração  | 5                 | 9,396        | 1,385       |
| Amálgama + Panávia F | Esmalte/Restauração        | 5                 | 0,298        | 1,385       |
|                      | Ângulo/Restauração         | 5                 | 1,974        | 1,385       |
|                      | Parede Pulpar/Restauração  | 5                 | 7,008        | 1,385       |
| Amálgama + Vidrion F | Esmalte/Restauração        | 5                 | 2,082        | 1,385       |
|                      | Ângulo/Restauração         | 5                 | 5,332        | 1,385       |
|                      | Parede Pulpar/Restauração  | 5                 | 8,040        | 1,385       |
| Amálgama + SBMP      | Esmalte/Restauração        | 5                 | 0,146        | 1,382       |
|                      | Ângulo/Restauração         | 5                 | 2,804        | 1,382       |
|                      | Parede Pulpar/Restauração  | 5                 | 5,220        | 1,382       |

Nota-se que os erros-padrão associados às médias das alternativas de cada fator ou às das alternativas da interação são todos iguais entre si, respectivamente, porque a hipótese de igualdade entre as variâncias das condições experimentais foi: não rejeitada, pois o teste de Levene apresentou o valor  $F_0 = 1,675$ , que foi não significativa

porque a ele se correspondeu o valor  $p < 0,109$  na distribuição da estatística F com 11 contra 48 graus de liberdade.

# ***Discussão***



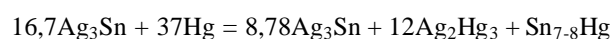
## Discussão

O amálgama dental é um dos materiais mais estudados na Odontologia, e graças a melhorias contínuas na sua composição e no tipo das partículas, ele tem sido usado com sucesso por mais de 150 anos.<sup>48</sup> Pode-se definir Amálgama como sendo o produto da mistura de uma liga metálica ao mercúrio,<sup>45</sup> através de um processo denominado trituração.<sup>44</sup> Como toda liga metálica, este material apresenta uma estrutura multifásica, caracterizada pela presença de pelo menos três tipos de grãos ou fases: fase  $\gamma$  ( $\text{Ag}_3\text{Sn}$ ), fase  $\gamma_1$  ( $\text{Ag}_2\text{Hg}_3$ ) e fase  $\gamma_2$  ( $\text{Sn}_{7-8}\text{Hg}$ ).<sup>1</sup>

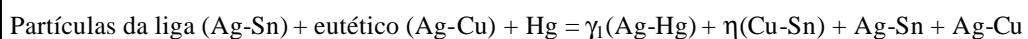
A composição básica do amálgama dental e as técnicas para sua aplicação foram cientificamente definidas por Black, em 1865, e em seguida, Souders & Peters, em 1920, estabeleceram as normas que posteriormente foram adotadas pela American Dental Association (ADA), em 1974 e 1977.<sup>9</sup> Em 1963, Innes e Youdelis,<sup>9</sup> introduziram uma nova e importante modificação no amálgama dental: a adição de uma certa quantidade de partículas esferoidais de uma liga de prata e cobre à liga convencional. Este procedimento determinou o aumento da porcentagem do cobre na composição das ligas de amálgama, que era de até no máximo 6%, como determinava a ADA, para até no máximo 29%. Desta forma, dois tipos de amálgamas são utilizados como material restaurador na Odontologia: os convencionais ou de baixo conteúdo de cobre e os de alto conteúdo de cobre,<sup>44</sup> sendo fundamental o conhecimento desses dois tipos de ligas.<sup>9, 44</sup>

Segundo Wing,<sup>73</sup> em 1965, embora o conhecimento do amálgama dental seja mais explorado através das suas propriedades mecânicas, é fundamental o conhecimento da microestrutura e das reações de cristalização deste material, já que as propriedades físicas de um amálgama cristalizado estão relacionadas com a presença e a quantidade das diferentes fases presentes na sua microestrutura. Vários trabalhos<sup>1, 10, 39, 73, 74</sup> são encontrados na literatura com o objetivo de avaliar a microestrutura e as diferentes fases do amálgama, bem como o de descrever a sua reação de cristalização e quais são as melhores metodologias para este tipo de estudo. A maioria destes estudos<sup>1, 39, 73, 74</sup> fez uso da metalografia e de análises químicas semi-qualitativas e semi-quantitativas para determinar a microestrutura do amálgama dental, definindo a composição e quais são os elementos químicos presentes nas diferentes fases do amálgama.

A partir destes estudos, definiu-se que a reação de cristalização dos amálgamas convencionais acontece da seguinte maneira: quando a liga Ag-Sn entra em contato com o mercúrio e a solubilidade desses elementos é ultrapassada; cristais dos dois compostos metálicos binários se precipitam dentro do mercúrio, formando o composto  $\text{Ag}_2\text{Hg}_3$ , denominada fase  $\gamma_1$ , e o composto  $\text{Sn}_{7-8}\text{Hg}$ , denominada fase  $\gamma_2$ .<sup>9</sup> Partículas não consumidas da liga Ag-Sn encontram-se presentes entre as fases  $\gamma_1$  e  $\gamma_2$ .<sup>9</sup> A reação pode ser expressa em função das fases formadas<sup>9</sup> conforme demonstra-se a reação abaixo:



As ligas de amálgama de alto conteúdo de cobre, devido à presença do eutético Ag-Cu, apresentam reação de cristalização diferente da liga de amálgama convencional. A reação final é caracterizada pela eliminação da fase  $\gamma_2$ .<sup>9</sup>



Segundo Anusavice,<sup>9</sup> as propriedades físicas de um amálgama cristalizado estão relacionadas com a quantidade das diferentes fases presentes na microestrutura. A maior resistência é conseguida quanto maior for a quantidade da fase  $\gamma$  ( $\text{Ag}_3\text{Sn}$ ) sem reagir sendo que o componente mecanicamente mais fraco e menos resistente à corrosão é a fase  $\gamma_2$  ( $\text{Ag}_2\text{Hg}_3$ ).<sup>4, 9, 44</sup> Por esse motivo, amálgama de alto conteúdo de cobre apresenta propriedades mecânicas superiores quando comparado ao amálgama convencional, além de menor corrosão, que segundo Marshal et al.<sup>39</sup> está confinada a áreas isoladas e superficiais da restauração.

Apesar das excelentes propriedades mecânicas inerentes ao amálgama dental, uma das suas maiores desvantagens, além de não ser um material estético, é a falta de adesão às estruturas dentárias, fator que determina a formação de fendas na interface dente/restauração, e conseqüente infiltração marginal,<sup>2, 6, 7, 8, 11, 14, 16, 49, 50, 68</sup> que pode resultar em sensibilidade pós-operatória, descoloração da estrutura dental, deteriorização marginal, desenvolvimento de cáries secundárias, e até mesmo injúrias pulpares.<sup>29, 36, 37</sup> A falta de selamento marginal é intensificada nas restaurações de amálgama de alto conteúdo de cobre, pois, eliminação da fase  $\gamma_2$ , determina uma menor

formação de produtos de corrosão, que com o passar do tempo preenchem parcialmente a interface dente/restauração e diminuem a ocorrência de infiltração marginal.<sup>8, 9, 39</sup>

A falta de adesão do amálgama às estruturas dentárias também determina falta de retenção deste material as paredes da cavidade, a qual é obtida através de retenções adicionais, confeccionadas através do desgaste de estrutura dental sadia ou através da inserção de pinos intradentinários de retenção, que diminuem a resistência do amálgama, determinam perda de estrutura dental, e podem causar micro-rachaduras e micro-fraturas nas estruturas dentinárias.<sup>35</sup> Preocupados com o desgaste de estrutura dental sadia, Zardiackas & Stoner<sup>76</sup> e Baldwin<sup>12</sup> já pensavam em unir o amálgama dental às estruturas dentárias através da sua mistura a materiais de base, como o cimento de fosfato de zinco e o cimento de policarboxilato e prata. Com o início da era adesiva por Buonocore,<sup>19</sup> que introduziu o método de adesão de materiais resinosos ao esmalte dental previamente condicionado pelo ácido fosfórico, e a comprovação da formação da camada híbrida por Nakabayashi et al.,<sup>46</sup> vários autores passaram a estudar a possibilidade de aderir o amálgama dental às estruturas dentárias, através da sua associação com materiais adesivos.<sup>3, 60, 63, 65, 70</sup>

Steverson<sup>65</sup> considerou as possíveis vantagens de se usar as propriedades adesivas do cimento de ionômero de vidro para se conseguir a união do amálgama ao dente, e propôs a técnica de condensação do amálgama sobre o cimento ionomérico antes do seu completo endurecimento. Entretanto, a técnica conhecida como “amálgama adesivo” foi consagrada em 1986, por Varga et al.,<sup>70</sup> que constataram a eficácia no controle da infiltração marginal e na adesão do amálgama ao esmalte dental

proporcionada por um adesivo à base de 4META e pelo o cimento resinoso Panávia Ex.

A partir de então, vários materiais adesivos têm sido indicados para promover adesão do amálgama de prata às estruturas dentárias. A quantidade de trabalhos na literatura que avalia comparativamente qual o melhor material adesivo intermediário é vasta<sup>6, 11, 14, 25, 40, 48, 50, 52, 53, 59, 63</sup> e a maioria dos autores concordam que os sistemas adesivos dentinários, os cimentos resinosos e os cimentos ionoméricos são materiais indicados para realização desta técnica, porém com algumas diferenças entre si.<sup>25, 48, 50, 52, 53, 59</sup>

A possível ocorrência de alterações na microestrutura do amálgama quando este é associado aos diferentes materiais adesivos, pode ser observado em apenas 1 (um) trabalho de pesquisa<sup>32</sup> apresentado recentemente (2001), evidenciando a escassez de estudos sobre o assunto, razão pela qual, nosso trabalho teve como um dos seus objetivos principais, analisar a microestrutura de um amálgama dental de alto conteúdo de cobre (Permite C – SDI) em quatro diferentes situações: (1) Restauração de amálgama com ausência de material intermediário; (2) Restauração de amálgama associada a um cimento resinoso (Panávia F); (3) Restauração de amálgama associada a um cimento de ionômero de vidro (Vidrion F); e (4) Restauração de amálgama associada a um sistema adesivo (Scotchbond Multi-Usado Plus), através de Análise Metalográfica em Microscopia Eletrônica de Varredura, que consta de uma análise química semi-quantitativa, obtida através da Espectrometria Dispersiva de raios-X (EDS) e do Mapeamento Elementar.



Para realização da Análise Metalográfica não houve necessidade de realizar ataques químicos após o polimento dos corpos-de-prova, como determina Wing<sup>73</sup> e Aboot e Makinson,<sup>1</sup> pois a obtenção da imagem da superfície das amostras foi obtida no Microscópio Eletrônico de Varredura (modelo Leica Stereoscan 440 - LEO) do Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Materiais (CCDM) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar / UNESP) através do detector de elétrons retroespalhados. Neste tipo de detecção, os elétrons de mais alta energia penetram na superfície de análise e a interação que surge entre ambos permite que os elétrons sejam absorvidos ou gerados de acordo com o peso atômico do elemento em questão. Desta forma, as imagens são obtidas pelo contraste de peso atômico médio dos elementos químicos presentes na amostra. Quanto maior o peso atômico médio dos elementos, mais clara é a imagem obtida. Também não foi realizado o polimento final com pasta de alumina, como determinam os trabalhos de Wing<sup>73</sup> e Acciari,<sup>4</sup> porque o Alumínio presente na composição da pasta polidora certamente seria incorporado às amostras, alterando assim, os resultados finais do EDS e do mapeamento deste elemento.

Ao compararmos os resultados das imagens metalográficas do Grupo I (controle) com as dos Grupos II, III e IV, pode-se comprovar que não existe alteração na microestrutura do amálgama utilizado quando este é associado aos diferentes materiais adesivos (Figuras 6, 7, 8 e 9). A obtenção dos Espectros de Energia Dispersiva de raios-X, bem como o Mapeamento Elementar, demonstraram elevadas proporções de Mercúrio e Prata para todos os grupos. O mapeamento do Mercúrio (Figuras 17, 19, 21, 23) indica que sua maior concentração está na fase  $\gamma_1(\text{Ag}_2\text{Hg}_3)$ , onde também aparece a

Prata (Figuras 18, 20, 22, 24). A abundância de Prata e Cobre no interior de círculos (Figura 18, 20, 22, 24 e 25) indica que o eutético Ag-Cu também está presente em todos os grupos. A presença do Cobre e do Estanho ao redor do eutético Ag-Cu refere-se à fase  $\eta(\text{Cu}_6\text{Sn}_5)$ . Estes dados estão de acordo com os resultados encontrados por Acciari,<sup>4</sup> quando analisou, através da mesma metodologia, corpos-de-prova de amálgama de alto conteúdo de cobre de fase dispersa (Dispersalloy).

A Espectrometria Dispersiva de raios-X e o Mapeamento do Carbono foram realizados com o objetivo de identificar a proporção e as áreas de concentração deste elemento nos Grupos II e IV, cujos materiais intermediários utilizados são à base de polímeros (cimento resinoso e adesivo dentinário respectivamente). Como já era esperado, o resultado do mapeamento mostrou uma maior concentração deste elemento nas regiões referentes ao cimento resinoso e ao adesivo dentinário nos referidos grupos; o que está de acordo com os resultados encontrados por Geiger et al.<sup>32</sup> Também foi observada, uma distribuição homogênea do Carbono na região da dentina e do amálgama de todos os grupos (Figuras 12, 13, 14, 16). Este fato pode ser justificado pelo Carbono se apresentar em altas concentrações nas impurezas presentes nas amostras, provavelmente advindas da lavagem dos corpos-de-prova com água e das lixas de carvão de silício, durante o polimento.

Alta concentração de Silício e pequena proporção de Bário foram encontradas no resultado do EDS do Grupo II (Gráfico 4), demonstrando a presença destes elementos na composição do cimento resinoso. Ao contrário do esperado, o resultado do EDS para o Silício e para o Alumínio, para o Grupo III, foi semelhante ao

dos Grupos I, II e IV (Gráficos 3, 4, 5, 6). Esperava-se uma maior concentração destes elementos no Grupo III, pois estes fazem parte da composição química do cimento de ionômero de vidro ( $\text{SiO}_2$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{AlF}_3$  e  $\text{AlPO}_4$ ).<sup>47, 72</sup> Apesar destes resultados, o mapeamento indicou que, embora esses elementos estejam presentes em toda a amostra, eles se concentram nas regiões referentes ao cimento, na interface dente/restauração. Estas mesmas observações ocorreram com o Cálcio e o Fósforo, que também fazem parte da composição química do cimento de ionômero de vidro ( $\text{CaF}_2$  e  $\text{AlPO}_4$ ).<sup>42, 72</sup> O Cálcio e o Fósforo (Figuras 15 e 27), assim como demonstrou o trabalho de Geiger et al.,<sup>32</sup> foram encontrados em altas concentrações na dentina. O Flúor aparece em baixíssima quantidade e distribuído em toda a amostra (Figura 28).

A distribuição homogênea da maioria dos elementos observada na dentina no mapeamento das amostras de todos os grupos (Figuras 12, 13, 14, 15, 16) é justificada pela impregnação de material restaurador na dentina durante o polimento dos corpos-de-prova, visto que, somente a lavagem abundante com jatos de ar/água das amostras não foi suficiente para limpeza efetiva desta região.

Apesar dos resultados indicarem que a microestrutura do amálgama se mantém inalterada ao ser ele associado aos materiais intermediários utilizados neste estudo, sugerindo que não aconteçam alterações nas suas propriedades físicas, que segundo Anusavice,<sup>9</sup> estão relacionadas com a microestrutura do amálgama cristalizado, o aumento na quantidade de poros encontrado nos Grupos II e III determinaria uma menor resistência à compressão ao amálgama.<sup>56, 59, 73</sup> A presença de poros também está relacionada a outros fatores como força de condensação, cujo aumento da pressão

diminui consideravelmente a quantidade de poros e espaços no interior do amálgama; e com a plasticidade do material, que diminui com a subtrituração e com o passar do tempo.<sup>9</sup>

A perda da integridade marginal, caracterizada pela formação de fenda na interface dente/restauração, talvez seja um dos fatores determinantes na longevidade das restaurações.<sup>6, 7, 8, 11, 13, 14, 29, 49</sup> A fenda pode estar relacionada à : falta de adesão química do amálgama ao dente; aos diferentes coeficientes de expansão térmica entre o material restaurador/estrutura dentária; mudanças dimensionais que ocorrem durante a reação de cristalização; à inadequada condensação e conseqüente falta de adaptação do amálgama às paredes da cavidade,<sup>68</sup> além da deformação plástica e elástica do material restaurador, quando este é submetido à forças oclusais, principalmente na região dos molares.<sup>66</sup>

A associação de materiais adesivos intermediários ao amálgama também tem como objetivo reduzir ou selar a fenda na interface dente/restauração. Apesar desta associação produzir efetiva redução da microinfiltração e aumentar a união entre a restauração de amálgama e as estruturas dentárias,<sup>5, 6, 11, 14, 16, 22, 23, 24, 25, 27, 30, 32, 34, 40, 50, 52, 60, 63, 67, 68, 70</sup> ela não é capaz de eliminar a formação da fenda,<sup>32, 67</sup> o que está de acordo com os resultados encontrados em nosso trabalho.

Com relação à amplitude média da fenda correspondente às diferentes regiões (IA1; IA2; IA3), observamos que as fendas médias relativas às regiões IA1 (interface esmalte/restauração) e IA2 (interface ângulo/restauração) apresentaram-se estatisticamente iguais entre si e menores que a fenda média na região IA3 (interface

parede pulpar/restauração). Observa-se na literatura que os trabalhos procuram avaliar a adaptação marginal através de testes de infiltração marginal em restaurações de cavidades Classe V,<sup>5, 7, 8, 11, 13, 14, 16, 18, 22, 24, 27, 28, 29, 37, 41, 50, 67, 68, 75</sup> e apontam que os maiores níveis de infiltração são exibidos na margem cervical isenta de esmalte. Desta forma, apesar do nosso trabalho avaliar a adaptação de restaurações de amálgama adesivo em cavidades Classe I, podemos dizer que nossos resultados estão de acordo com a literatura, já que as menores fendas médias foram apresentadas na região IA1 (interface esmalte/restauração), demonstrando melhor adaptação dos materiais intermediários ao esmalte (figuras 30, 33, 36 e 39). Embora as regiões IA2 (interface ângulo/restauração) e IA3 (interface parede pulpar/restauração) estejam localizadas em dentina, a fenda média da região IA2 (interface ângulo/restauração) apresentou-se estatisticamente igual à região IA1 (interface esmalte/restauração) e menor que a fenda média ocorrida na região IA3 (interface parede pulpar/restauração). Este fato pode ser justificado pelo acúmulo de material intermediário na região IA2 durante a confecção da restauração, o qual preenche parcialmente o espaço correspondente à fenda (figuras 42 e 43). Estes resultados estão de acordo com Tyler & Thurmeier,<sup>69</sup> que relatam que o acúmulo do agente intermediário nos ângulos formados pelas paredes das cavidades deveria promover uma redução na infiltração marginal e na sensibilidade pós-operatória.

Com relação ao fator Material Intermediário, observou-se que a associação do Panávia F e do SBMP ao amálgama, apresentaram fendas médias estatisticamente iguais e menores que as fendas médias apresentadas pelo Grupo I

(controle) e pela associação do Vidrion F ao amálgama. Estes resultados podem ser explicados pela maior viscosidade do Panávia F e do SBMP os quais, além de preencherem parcialmente o espaço correspondente à fenda, determinam um maior embricamento mecânico entre estes materiais e o amálgama<sup>68</sup> (figuras 34, 35, 40 e 41). Com relação ao Vidrion F, por ser um cimento de ionômero de vidro tipo anidro, apresenta uma baixa viscosidade, o que certamente dificulta o contato íntimo do material com a dentina durante a condensação do amálgama<sup>38</sup> (figuras 37 e 38). Além disso, Lima,<sup>38</sup> ao avaliar a resistência ao cisalhamento do amálgama aderido à dentina de dentes decíduos, demonstrou que só houve união efetiva do amálgama à dentina quando o Vidrion F foi aplicado em duas camadas, sendo que, quando aplicado apenas em única camada, como foi realizado neste trabalho, todos os corpos-de-prova separaram-se durante a remoção da matriz, demonstrando assim, falta de união entre o material restaurador e a dentina.

Ao relacionarmos a interação fator Região da Interface X Fator Material Intermediário, observamos que não houve interferência estatisticamente significativa nos resultados das fendas médias encontradas nos grupos estudados, o que determina que não houve influência de um fator sobre o outro.

Apesar da fenda estar presente em todos os grupos, quando o amálgama foi associado a um material intermediário a mesma apresentou-se descontínua em toda extensão da interface dente/restauração, diferente do aspecto da fenda do Grupo I (controle), que se apresentou contínua em toda extensão do preparo. Estes resultados estão de acordo com Estafan et al.,<sup>31</sup> que observaram fendas contínuas,

de 15µm de amplitude nas restaurações de amálgama sem a associação a um material de base e com verniz cavitário, enquanto que, para as restaurações de amálgama associadas a um sistema adesivo dentinário, observaram fendas descontínuas de no máximo 5µm de amplitude (figura 41). Encontra-se concordância também com os achados de Geiger et al.,<sup>32</sup> onde as fendas descontínuas apresentaram de 2 a 5µm de amplitude entre a dentina e cimento resinoso e, fenda contínua de 2 a 10µm de amplitude nas restaurações isentas de material intermediário. Estes autores<sup>32</sup> também afirmam que a fenda ocorre não somente entre o dente e o material intermediário, mas também entre o material intermediário e o amálgama, principalmente quando este é um cimento resinoso. Esta afirmação vai de encontro com os resultados encontrados em nosso trabalho, onde observamos através das imagens metalográficas e das fotomicrografias, a ocorrência de fendas entre o amálgama e o material intermediário nos Grupos II e III.

Muito se discute com relação à adesão efetiva entre o agente adesivo intermediário e o amálgama. Uma das formas de avaliar se um material intermediário aderiu eficientemente às estruturas dentais bem como ao material restaurador, é através do tipo de falha que acontece na região da fratura, quando os corpos-de-prova são submetidos a testes mecânicos. Falhas do tipo adesiva como coesiva, são encontradas na literatura quando se avalia a associação do amálgama a cimentos resinosos,<sup>49, 53, 57</sup> a cimentos ionoméricos<sup>2, 6, 38, 52, 53</sup> e a sistemas adesivos,<sup>6, 15, 25, 52, 53</sup> indicando a efetividade desses materiais em unir o amálgama ao dente. Entretanto, os valores de força de união são discrepantes entre os trabalhos encontrados na literatura, variando de 3,38MPa<sup>24</sup> à aproximadamente 7,0 MPa<sup>15, 53</sup> para a associação entre amálgama e

sistemas adesivos, 1,839MPa<sup>53</sup> e 15MPa<sup>33</sup> para a associação entre amálgama e cimentos resinosos. Essas variações decorrem devido aos diferentes tipos de materiais testados bem como a sua forma de aplicação.

A maioria dos autores concorda que a união entre o sistema adesivo e o amálgama dá-se através de retenção micromecânica, por projeções do material restaurador no interior do sistema adesivo.<sup>17, 31, 32, 54</sup> As imagens obtidas pelas micrografias dos Grupos II, III e IV deste trabalho estão de acordo com a literatura,<sup>17, 31, 32, 54</sup> sendo que o maior embricamento mecânico foi apresentado pelo Grupo II (Panávia F), diferente dos resultados obtidos por Turner et al.,<sup>68</sup> que encontraram maior incorporação do sistema adesivo (Amalgambond Plus) ao amálgama quando comparado ao cimento resinoso (Panavia Ex) que, segundo os autores, este fato pode ter ocorrido devido à maior viscosidade do adesivo dentinário. As fraturas encontradas no cimento resinoso e no cimento de ionômero de vidro em algumas regiões da interface dente/restauração podem ser conseqüência da contração de cristalização do amálgama,<sup>68</sup> bem como das alterações dimensionais dos materiais restauradores durante a ciclagem térmica. Como os cimentos estão incorporados ao amálgama, eles podem fraturar-se mediante estes eventos. Além disso, o Panávia mantém a sua viscosidade até a aplicação do inibidor de oxigênio (Oxiguard) e desta forma, a sua capacidade de escoamento pode minimizar a contração de polimerização e a formação de fenda marginal,<sup>68</sup> o que não acontece com o adesivo dentinário, o qual inicia sua reação de polimerização a partir do momento da mistura do ativador.



Por outro lado, além da retenção micromecânica, alguns materiais intermediários são capazes de aderir-se quimicamente tanto à estrutura dental como ao amálgama. Perdigão<sup>18</sup> afirma que os sistemas adesivos que apresentam o co-polímero resinoso HEMA em sua composição, como o Scotchbond Multi- Uso Plus, têm sua união com o amálgama facilitada, devido a uma interação polar existente entre as cargas negativas do grupos fosfatos presentes no material adesivo com as cargas positivas do metal. O cimento resinoso Panávia F apresenta o monômero éster fosfato 10-MDP em sua composição, o qual foi desenvolvido para aderir-se aos tecidos dentais mineralizados e aos materiais restauradores. O mecanismo de adesão às estruturas dentárias é obtido através de ligações iônicas, entre as cargas negativas do grupo fosfato e as cargas positivas dos íons Cálcio do esmalte e da dentina. O mecanismo de adesão à superfície dos metais consiste da retenção micro-mecânica, bem como, interação química através de ligações secundárias por Forças de Van der Waals, e provavelmente o mecanismo de adesão ao amálgama é similar.<sup>64, 67</sup>

Segundo Aboush & Jenkins<sup>3</sup> e Aboush & Elderton,<sup>2</sup> o controle da infiltração marginal nas restaurações de amálgama associadas ao cimento de ionômero de vidro acontece em decorrência da união química do cimento ionomérico às estruturas dentais, por uniões tipo iônico/polar entre os grupos carboxílicos do cimento com o Cálcio e o Fosfato da dentina; e da união entre o cimento e o amálgama através dos grupos carboxilílicos do ionômero com finas camadas de óxido de estanho do amálgama.<sup>33</sup> Além da capacidade de união, o cimento de ionômero de vidro apresenta outras vantagens, como biocompatibilidade, isolamento térmico, coeficiente de

expansão térmica semelhante ao da dentina, liberação de flúor e inibição de cáries secundárias.<sup>2, 6</sup> Pimenta<sup>51</sup> também observou que, apesar da associação do cimento de ionômero de vidro ao amálgama não superar os resultados obtidos pela associação do amálgama ao Panavia Ex na formação de cárie artificial na interface dente restauração, ele foi capaz de reduzir, de forma significativa, a perda mineral em esmalte, quando as medidas foram feitas à distância da interface dente/restauração, sendo que a dureza média foi maior quanto menor a distância estudada. Isso demonstra a vantagem da associação do cimento de ionômero de vidro ao amálgama em pacientes de alta atividade cariogênica.

# ***Conclusão***



# Conclusão

Tendo em vista a proposição e a metodologia aplicadas neste trabalho, pode-se concluir que:

- ✓ não existe alteração da microestrutura do amálgama quando este é associado ao cimento resinoso Panávia F, ao cimento de ionômero de vidro Vidrion F e ao sistema adesivo Scotchbond Multi- Uso Plus;
- ✓ houve aumento na quantidade de poros nas restaurações dos Grupos II, III e IV.
- ✓ a associação do amálgama aos materiais intermediários usados neste trabalho não foi capaz de impedir a formação de fenda; a qual apresenta-se descontínua ao longo das paredes da restauração nos Grupos II e III;
- ✓ a fenda média apresentou diferentes amplitudes em relação aos fatores analisados:

## **Fator Região**

A região IA1 (interface esmalte/restauração) apresentou valores estatisticamente iguais à região IA2 (interface ângulo/restauração) e menores que a região IA3 (interface parede pulpar/restauração) independente do material intermediário utilizado.

**Fator Material Intemediário**

A associação do amálgama ao Panávia F (Grupo II) apresentou valores estatisticamente iguais à associação ao Scotchbond-Multi Uso Plus (Grupo IV), e menores que os apresentados pelo grupo controle e pela associação do amálgama ao Vidrion F (Grupo II), independente da região analisada.

# ***Referências Bibliográficas***



## Referências bibliográficas\*

1. ABBOTT, J.R., MAKINSON, O.F. Etches for the microstructure of dental amalgams. *J. Dent. Res.*, v. 57, p. 790-5, 1978.
2. ABOUSH, Y.E.Y., ELDERTON, R.J. Bonding dental amalgam to a lighth-curing glass ionomer liner/base. *Br. Dent. J.*, v. 170, p. 219-22, 1991.
3. ABOUSH, Y.E.Y., JENKINS, C.B.G. The bonding of glass ionomer to dental amalgam *Br. Dent. J.*, v. 166, p. 255-7, 1989.
4. ACCIARI, H.A. *Estudo de corrosão em amálgamas dentários*. Araraquara, 1997. 151p. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista.
5. AL-JEZAIRY, Y., FOGEL, H., LOUKA, A. Microleakage of bonded amalgam restoration *in vitro* study. *Oper. Dent.*, v. 22, p. 173-85, 1997.
6. AL-MOAYAD, M., ABOUSH, Y.E.Y., ELDERTON, R.J. Bonded amalgam restorations: a comparative study of glass ionomer and resin adhesives. *Br. Dent. J.*, v. 175, p. 363-7, 1993.

---

\* UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Coordenadoria Geral de Bibliotecas, Editora Unesp. *Normas para publicações da UNESP*. São Paulo: Editora UNESP, 1994. 4v., v. 2. Referências Bibliográficas.

7. ANDRADA, M.A.C., CORADAZZI, J.L., MONDELLI, J. Estudo comparativo da infiltração marginal em ligas para amálgama enriquecidas ou não com cobre. *Odontól. Moderno*, v. 9, n. 3, p. 16-21, 1982.
8. ANDREWS, J.T., HEMBREE JR, J.H. Marginal leakage of amalgam alloys with high content of copper: a laboratory study. *Oper. Dent.*, v. 5, n. 1, p. 7-10, 1980.
9. ANUSAVICE, K.J. *Phillips' materiais dentários*. 10th.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. 4121p.
10. ARAÚJO, P.A., NETTO, J.C. Alterações na estrutura de amálgama dental provocadas durante a inclusão de corpos-de-prova para metalografia. *Estomatol. Cult.*, v. 2, n. 2, p. 7-12, 1968.
11. BALDESSERA, R.A. et al. Infiltração marginal em restaurações de amálgama. Uso de diferentes combinações. *Rev. Fac. Odontol. Pelotas*, n. 2/3, p. 9-13, 1993.
12. BALDWIN, H. Cement and amalgam fillings. *Trans. Odont. Soc. Lond.*, v. 29, p. 93-7, 1897 apud ABOUSH, Y.E.Y., ELDERTON, R.J. Bonding dental amalgam to a light-curing glass ionomer liner/base. *Br. Dent. J.*, v. 170, p. 219-22, 1991.
13. BEM-AMAR, A. et al. The control of marginal microleakage in amalgam restorations using a dentin adhesive: a pilot study. *Dent. Mater.*, v. 3, p. 94-6, 1987.
14. BEM-AMAR, A. Reduction of microleakage around new amalgam restorations. *J. Am. Dent. Assoc.*, v. 119, p. 725-8, 1989.



15. BENEDETTI, R., COCHARAN. M.A., MOORE, K. Shear bond strength of three adhesive systems to amalgam, base metal and noble metal. *Rev. Fac. Odontol. Bauru*, v. 3, p. 95-100, 1995.
16. BERRY, T.A., TJAN, A.H.L. Microleakage of amalgam restoration lined with dentin adhesives. *Am. J. Dent.*, v. 7, p. 333-6, 1994.
17. BOSTON, D.W. Adhesive liner incorporation in dental amalgam retoration. *Quintessence Int.*, v. 28, n. 1, p. 49-55, 1997.
18. BRISO, A.L.F. *Avaliação "in vitro" da infiltração marginal em restaurações cervicais com amálgama, utilizando diferentes sistemas adesivos como agentes intermediários*. Piracicaba, 1998. 131p. Dissertação (Mestrado em Dentística) - Faculdade de Odontologia, Universidade de Campinas
19. BUONOCORE, M.G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J. Dent. Res.*, v. 34, p. 849-53, 1955.
20. CANTARELLI, M.M.C., et al. Amálgama adesivo. *Rev. Odontol. Univ. São Paulo*, v. 10, p. 137-44, 1996.
21. CHAN, K.C., EDIE, J.W., SVARE, C.W. Scanning electron microscope study of marginal adaptation of amalgam in restoration finishing techniques. *J. Prosthet. Dent.*, v. 38, p. 165-8, 1977.
22. CHARLTON, D.G., MOORE, B.K., SWARTZ, M.L. *In vitro* evaluation of the use of resin liners to reduce microleakage and improve retention of amalgam restorations. *Oper. Dent.*, v. 17, p. 112-9, 1992.

23. CHEN, R.S., et al. Bonded amalgam restorations: using a glass ionomer as an adhesive liner. *Oper. Dent.*, v. 25, p. 411-7, 2000.
24. COLEY, R.L., TSENG, Y.E., BARKMEIER, W.W. Dentinal bond strength and microleakage of a 4-META adhesive to amalgam and composite resin. *Quintessence Int.*, v. 22, p. 979-83, 1991.
25. COVEY, D.A., MOON, P.C. Shear bond strength of dental amalgam bonded to dentin. *Am. J. Dent.*, v. 4, p. 19-22, 1991.
26. De SHEPPER E.J., et al. In vitro corrosion behavior and microstructure examination of a gallium-based restorative. *Oper. Dent.*, v. 22, p. 209-16, 1997.
27. DI LENARDA, R., et al. Marginal microleakage in bonded amalgam restorations: a combined *in vitro* and *in vivo* study. *J. Adhes. Dent.*, v. 2, n. 3, p. 223-8, 2000.
28. DUARTE JR. S.L.L. *Avaliação da microinfiltração marginal em cavidades de classe V, restauradas com amálgama. Efeito de vernizes e de adesivo dentinário.* Araraquara, 1995. 105p. Dissertação (Mestrado em Dentística) - Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.
29. DUTTON, F.D. et al. Effect of a dentin lining and rebonding on the marginal microleakage of amalgam restoration. *J. Dent.*, v. 21, n. 1, p. 52-6, 1993.
30. EAKLE, W.S., STANINEC, M., LACY. A.M. Effect of bonded amalgam on the fracture resistance of the teeth. *J. Prosthet. Dent.*, v. 68, p. 257-60, 1992.
31. ESTAFAN, D. et al. Evaluations of the interface between amalgam and dentin with a single component dentin bonding system. *Gen. Dent.*, v. 48, n. 2, p. 190-2, 2000.

32. GEIGER, S.B. et al. Charaterization of dentin bonded amalgam interfaces. *Oper. Dent.*, v. 26, p. 239-47, 2001.
33. GONÇALVES, M. et al. The bonded amalgam restoration: a case report. *Quintessence Int.*, v. 29, p. 171-4, 1998.
34. HOTZ, P. et al. The bonding of glass ionomer cements to metal and tooth substrates. *Br. Dent. J.*, v. 142, p. 41-7, 1977.
35. HUHTALA, M.F.R.L. *Estudo comparativo da eficácia de dois adesivos dentinários e um cimento de ionômero de vidro empregados na adesão do amálgama à dentina: teste de cisalhamento e análise estereomicroscópica*. São José dos Campos, 1995. 164p. Dissertação (Mestrado em Odontologia Restauradora); Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.
36. IMBERY, T.A., BURGESS, J.O., BATZER, R.C. Comparing the resistence of dentin bonding agents and pins in amalgam restorations. *J. Am. Dent. Assoc.*, v. 126, p. 753-9, 1995.
37. KORALE, M.E., MEIERS, J.C. Microleakage of dentin bonding systems used with a spherical and admixed amalgams. *Am. J. Dent.*, v. 9, p. 249-52, 1996.
38. LIMA, E.B. *Efeito de materiais e técnicas na resistência ao cisalhamento do amálgama aderido com cimento de ionômero de vidro em dentes decíduos*. Araraquara, 1994. 78p. Dissertação (Mestrado em Odontopediatria) - Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.

39. MARSHALL, G.W., JACKSON, B.L., MARSHALL, S.J. Cooper Rich and conventional amalgam restorations after clinical use. *J. Am. Dent. Assoc.*, v. 100, p. 43-7, 1980.
40. MASAKA, N. Restoring the severely compromised molar through adhesive bonding of amalgam to dentin. *Compend. Contin. Educ. Dent.*, v. 12, p. 92-8, 1990.
41. MEIERS, J.C., TURNER, E.W. Microleakage of dentin amalgam alloy bonding agents: results after 1 year. *Oper. Dent.*, v. 23, n. 1, p. 30-5, 1998.
42. MILLER, B.R. et al. Strength and microstructure of Galium alloys. *Dent. Mater. J.*, v. 8, p. 96-107, 1999.
43. MILLSTEIN, P.L., NAGUIB, G.H. Effect of two dentin adhesives on mechanical properties of set amalgam. *J. Prosthet. Dent.*, v.74, p. 106-9, 1995.
44. MUELLER, H.J. *Tarnish and corrosion of dental alloys*. In: *Metals Handbook: Corrosion*. 9 ed. Ohio: ASM International, v. 13, p. 1336-66, 1987.
45. NAGEM FILHO, H. et al. *Materiais restauradores: amálgama dental*. Bauru: EDUSC, 1997. (Boletim Cultural, 25).
46. NAKABAYASHI, N. Hybridization of natural tissues containing collagen with biocompatible materials: adhesion to tooth substrates. *J Biomed. Mater. Res.*, v. 23, p. 265-73, 1989.
47. NAVARRO, M. F. L., PASCOTTO, R. C. *Cimentos de ionômero de vidro*. São Paulo: Ed. Artes Médicas, 1998. 179p.

48. NÓBILO, M.A.A., CONSANI, S., GOES, M.F. Influence of adhesives systems on the bonding of dental amalgam to glass ionomer cement. *J. Prosthet. Dent.*, v. 77, p. 127-30, 1997.
49. OLIVEIRA, J.P., COCHRAN, M.A., MOORE, B.K. Influence of bonded amalgam restorations on the fracture strength of teeth. *Oper. Dent.*, v. 21, p. 110-5, 1996.
50. ORBENGOSO FLORES, V.H. *Estudo da microinfiltração marginal em restaurações de amálgama aderido. Efeito do verniz cavitário, cimento de ionômero de vidro, e sistemas adesivos.* Araraquara, 1996. 147p. Dissertação (Mestrado em Dentística Restauradora) - Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.
51. PIMENTA, L.A.F. *Avaliação "in vitro" da inibição de lesões de cárie secundária em restaurações de amálgama submetidas ao pré-tratamento das paredes cavitárias.* Araraquara, 1994. 138p. Tese (Doutorado em Dentística Restauradora) - Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.
52. PRATI, C. et al. Dentin bond strength of two amalgams used with different bonding agent materials. *J. Dent. Res.*, v. 71, p. 1006, 1992. (Abstract 12).
53. QUAGLIATTO, P.S. *Amálgama adesivo, avaliação da resistência ao cisalhamento. Efeito de diferentes materiais adesivos intermediários.* Araraquara, 1998. 118p. Dissertação (Mestrado em Dentística) - Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.
54. RAMOS, J.C., PERDIGÃO, J. Bond Strengths and SEM morphology of dentin amalgam adhesives. *Am. J. Dent.*, v. 10, p. 152-8, 1997.

55. RASTELLI, A. N. S. Amálgama dental. Procedimentos clínicos, do preparo cavitário à restauração. Araraquara: Faculdade de Odontologia / Departamento de Dentística Restauradora, 2001. 188p.
56. RUSSO, M. et al. Effects of burnishing and polishing on marginal infiltration of radioisotopes in silver amalgam fillings. *Bull. Tokyo Dent.*, v. 11, p. 133-40, 1970.
57. RUZICKOVA, T. et al. Bond strengths of the adhesive resin amalgams interface. *Am. J. Dent.*, v. 10, p. 192-4, 1997.
58. SCHOLZ JR., N. *Restaurações de amálgama adesivo: avaliação do desempenho clínico das restaurações com amálgama convencional e de amálgama livre de mercúrio.* Araraquara, 2001. 187p. Tese (Doutorado em Dentística Restauradora) - Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.
59. SETCOS, J. C., STANINEC, M., WILSON, N.H.F. Bonding of amalgam restorations: existing knowledge and future prospects. *Oper. Dent.*, v. 25, p. 121-9, 2000.
60. SHIMIZU, A., UI, T., KAUAKAMI, M. Bond strenght between amalgam and tooth hard tissues with aplication of fluoride, glass ionomer cement and adhesive resin cement in various combinations. *Dent. Mater. J.*, v. 5, p. 225-32, 1986.
61. SHIMIZU, et al. Amalgam restorations using an adhesive resin cement as a cavity liner. *J. Osaka. Univ. Dent. Sch.*, v. 27, p. 147-55, 1987.
62. SOUZA, M.A.G. et al. Técnica alternativa para restaurações de amálgama adesivo. *RGO*, v. 43, p. 347-50, 1995.

63. STANINEC, M. Retention of amalgam restorations: undercuts *versus* bonding. *Quintessence Int.*, v. 20, p. 347-51, 1989.
64. STANINEC, M., HOLT, M. Bonding of amalgam to tooth structure: tensile adhesion and microleakage tests. *J. Prosthet. Dent.*, v. 59, p. 397-402, 1988.
65. STEVERSON, M.F. Modified bonded amalgam technique. *Br. Dent. J.*, v. 155, p. 401, 1983.
66. TARIN, B. et al. Marginal integrity of bonded amalgam restorations *Am. J. Dent.*, v. 9, p. 72-6, 1996.
67. TOLEDANO, M., et al. Microleakage and SEM interfacial micromorphology of amalgam restorations using three adhesive systems. *J. Dent.*, v. 28, p. 423-8, 2000.
68. TURNER, E.W. et al. Microleakage of dentin-amalgam bonding agents. *Am. J. Dent.*, v. 18, p. 191-6, 1995.
69. TYLER, D. W., THURMEIER, J. Amalgam bonding: visualization and clinical implications of adhesive displacement during amalgam condensation. *Oper. Dent.*, v. 26, p. 81-6, 2001.
70. VARGA, J., MATSUMURA, H., MATSUMURA, E. Bonding of amalgam filling to tooth cavity with adhesive resin. *Dent. Mater. J.*, v. 5, p. 158-64, 1986.
71. WARREN JR., J.A., SÖDERHOLM, K.J.M. Bonding amalgam to glass ionomer with PAA. *Dent. Mater.*, v. 4, p. 191-6, 1988.
72. WILSON A. D., McLEAN, J.W. Glass ionomer cement. Chicago: Quintessence Publishing Co., 1988, 274p.

73. WING, G. The microstructure of dental amalgam. *Aust. Dent. J.*, v. 10, p. 113-20, 1965.
74. WING, G., RYGE, G. Setting reactions of spherical-particle amalgams. *J. Dent. Res.*, v. 44, p. 1325-33, 1965.
75. YO, X.H., WEI, G., XU, J.W. Experimental use of a bonding agent to reduce marginal microleakage in amalgam restorations. *Quintessence Int.*, v. 18, p. 783-7, 1987.
76. ZARDIACKAS. L.D., STONER, G.E. Tensile and shear adhesion of amalgam to tooth structure using selective interfacial amalgamation. *Biomaterials*, v. 4, p. 9-13, 1983.