

THIAGO SOARES PORTO

**Estudo dos procedimentos utilizados para obtenção de
microrretenções na superfície interna da porcelana:
avaliação por meio de testes de rugosimetria e microscopia
eletrônica de varredura**

**ARARAQUARA
2006**

THIAGO SOARES PORTO

Estudo dos procedimentos utilizados para obtenção de microrretenções na superfície interna da porcelana: avaliação por meio de testes de rugosimetria e microscopia eletrônica de varredura

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação – em Dentística Restauradora, da Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, para obtenção do Título de Mestre em Dentística Restauradora.

Orientador: Prof. Dr. Welington Dinelli

**ARARAQUARA
2006**

Thiago Soares Porto

**ESTUDO DOS PROCEDIMENTOS UTILIZADOS PARA
OBTENÇÃO DE MICRORETENÇÕES NA SUPERFÍCIE
INTERNA DA PORCELANA: AVALIAÇÃO POR MEIO
DE TESTES DE RUGOSIMETRIA E MICROSCOPIA
ELETRÔNICA DE VARREDURA**

COMISSÃO EXAMINADORA

DEFESA DE DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE

ORIENTADOR: Prof. Dr. Welington Dinelli

Departamento de Odontologia Restauradora
Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP

1º EXAMINADOR: Prof. Dr. José Roberto Cury Saad

Departamento de Odontologia Restauradora
Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP

2º EXAMINADOR: Prof. Dr. Manio de Carvalho Tiburcio

Departamento de Odontologia Restauradora
Universidade Federal de Alfenas – EFOA

MEMBROS EXAMINADORES SUPLENTE

1º SUPLENTE: Prof. Dr. Marcelo Ferrarezi de Andrade

Departamento de Odontologia Restauradora
Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP

2º SUPLENTE: Prof. Dr. Vitor Orbegoso Flores

Departamento de Odontologia Restauradora
Universidade Federal de Alfenas – EFOA

DADOS CURRICULARES

Thiago Soares Porto

NASCIMENTO – 25 de abril de 1983

NATURALIDADE – São Carlos - SP

FILIAÇÃO – Sizenando de Toledo Porto Neto
Cecília Helena Soares Porto

2001 – 2004 - Curso de graduação em Odontologia – Universidade de
Ribeirão Preto - UNAERP

2005 – 2006 - Curso de Pós-Graduação em Dentística Restauradora –
Nível Mestrado – Faculdade de Odontologia de Araraquara –
Universidade Estadual Paulista – UNESP

SALMO 90 (Heb. 91)

*Tu, que habitas sob a proteção do Altíssimo,
que moras à sombra do Onipotente,
dize ao Senhor: “Sois meu refúgio e minha cidadela,
meu Deus, em que eu confio.”*

È ele que te livrará do laço do caçador, e da peste perniciosa.

*Ele te cobrirá com suas plumas;
sob suas asas encontrarás refúgio.*

Sua fidelidade te será um escudo de proteção.

*Tu não temerás os terrores noturnos,
nem a flecha que voa à luz do dia, nem a peste que se propaga nas trevas,
nem o mal que grassa ao meio dia.*

*Caiam mil homens à tua esquerda e dez mil à tua direita:
tu não serás atingido.*

*Porém, verás com teus próprios olhos, contemplarás o castigo dos pecadores,
porque o Senhor é teu refúgio.*

Escolheste, por asilo, o Altíssimo.

*Nenhum mal te atingirá, nenhum flagelo chegará a tua tenda,
porque aos seus anjos Ele mandou que te guardem em todo os caminhos.*

*Eles te sustentarão em suas mãos,
para que não tropeces em alguma pedra.*

*Sobre serpente e víbora andarás,
calcarás aos pés o leão e o dragão.*

“Pois que se uniu a mim, eu o livrarei; e o protegerei, pois conhece o meu nome.

Quando me invocar, eu o atenderei; na tribulação estarei com ele.

Hei de livrá-lo e o cobrirei de glória.

Será favorecido de longos dias, e mostrar-lhe-ei a minha salvação.”

Dedicatória...

A meu pai Sizenando de Toledo Porto Neto e minha mãe Cecília Helena Soares Porto eternos amigos, que me ensinaram os primeiros passos, procurando sempre, através de seus esforços, assegurar o melhor para os filhos, mesmo nos momentos de grande dificuldade. Exemplos de toda dedicação e carinho, presentes em todos os momentos de minha vida, sempre me incentivando...

Obrigado pelo amor e pela ajuda nos momentos que mais precisei.

A meus irmãos Fernanda e Felipe, companheiros inseparáveis. Sem a presença de vocês tudo seria em vão, me orgulho muito das suas presenças e amizades.

A meus avós maternos e paternos, que começaram esta trajetória há muito tempo atrás me orgulho de vocês.

*A minha namorada Bebe seus conselhos foram de grande importância
em tão pouco tempo me fizeram enxergar a vida de uma maneira
diferente.*

Sua presença me enobrece e muito me felicita!!!

Obrigado Deus, por me ter concedido uma família maravilhosa!!!

Amo muito a todos!!!!

Agradecimento especial...

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Welington Dinelli. Já são quatro anos de convívio e muito aprendi não só na área da pesquisa, mas também na vida do dia a dia, sempre incentivado a continuar batalhando. Exemplo de conduta na arte de lapidar aqueles que percorrem o caminho da docência.

Agradecimentos...

À Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, na pessoa da sua diretora Prof.^a Dr.^a Rosemary Adriana Chierici Marcantônio e do vice-diretor Prof. Dr. José Cláudio Martins Segala.

Ao Prof. Dr. José Roberto Cury Saad, Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Dentística Restauradora, pela oportunidade, amizade e incentivo.

À Ivoclar-Vivadent na pessoa do Sr. Herbert Mendes e à Wilcos na pessoa do Sr. Carlos Artur, ambos me concederam o material para o desenvolvimento do meu trabalho, continuem incentivando a pesquisa, agradeço-os de coração.

Ao Prof. Dr. Marco Antonio Bottino que cedeu o laboratório de prótese da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – Unesp para o desenvolvimento do meu trabalho, o meu muito obrigado. Obrigado também Karine pelo seu tempo e dedicação a minha pessoa.

Ao Instituto de Química de Araraquara – UNESP, em especial ao Prof. Dr. Antônio Carlos Guastaldi muito me ajudou na execução da parte experimental, pelas inúmeras oportunidades, ensinamentos e conhecimentos transmitidos. Obrigado também Sebastião.

Obrigado à empresa ADITEK de Cravinhos por ter cedido o aparelho a laser para realização da parte experimental. Obrigado Eduardo pela atenção.

Aos estimados professores do Programa de Pós-Graduação em Dentística Restauradora, José Roberto Cury Saad, Marcelo Ferrarezi de Andrade, Sizenando de Toledo Porto Neto, Maria Salete Machado Candido, Osmir Batista de Oliveira Jr. e Sillas Luiz Lordelo Duarte Jr. pelos ensinamentos e agradável convivência.

Aos meus colegas de turma de Mestrado Ana Carolina Botta, Daniel Malta, Niéli Souza, Tatiana Rodrigues, Victor Clavijo, pessoas maravilhosas que tive a sorte de conhecer.

Aos colegas do Doutorado e Mestrado Renato Cássio Roperto, Renato de Souza Queiroz, Adriano Augusto de Melo Mendonça, Hugo Henriques Alvim, Darlon Martins Lima, Desirée Mory Rossato, William Kabbach, Ester Gomes pelo auxílio e convivência agradável.

Aos funcionários do Departamento de Odontologia Restauradora: Creuza, Celinha, Marinho, Vanderlei, Adriana, Maria Aparecida, Aparecida.

Aos funcionários da secção de pós- graduação em especial Mara Cândida Munhoz do Amaral, também aos funcionários da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Araraquara em especial Maria Helena Matsumoto Adriano Ferreira Luiz pela atenção, respeito e afeto com que sempre recebem.

Ao Prof. Romeu Magnani pela realização da análise estatística deste trabalho.

A todos que de forma direta ou indireta ajudaram na realização deste trabalho para que hoje pudesse alcançar o título de mestre.

MUITO OBRIGADO!!!

*“Existem, durante a nossa vida, sempre dois caminhos a seguir:
Aquele que todo mundo segue, e
aquele que a nossa imaginação nos leva a seguir.
O primeiro pode ser o mais seguro, o mais confiável,
o menos crítico... Mas, você será apenas mais um a caminhar.
O segundo com certeza vai ser o mais difícil, mais solitário,
o que você terá maiores
críticas... Mas também, o mais criativo, o mais original
possível.
Não importa o que você seja, ou o que deseja na vida, a
ousadia em ser diferente reflete na sua personalidade, no seu
caráter, naquilo que você é.
E é assim que as pessoas lembrarão de você um dia.”*

Ayrton Senna da Silva

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	23
3. PROPOSIÇÃO.....	67
4. MATERIAL E MÉTODO.....	69
5. RESULTADO.....	87
6. DISCUSSÃO.....	97
7. CONCLUSÃO.....	109
8. REFERÊNCIAS.....	112
9. APÊNDICE.....	121
10. RESUMO.....	125
11. SUMMARY.....	128

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Matriz metálica
- Figura 2** – Matriz metálica aberta
- Figura 3** – Enceramento
- Figura 4** – Pastilha encerada
- Figura 5** – Forno para eliminação da cera
- Figura 6** – Revestimento, êmbulo e pastilha no forno
- Figura 7** – Forno de injeção da cerâmica
- Figura 8** – Revestimento no forno
- Figura 9** – Corpos de prova – IPS Empress II
- Figura 10** – Pastilhas em resina acrílica
- Figura 11** – Matriz de silicone
- Figura 12** – Aditivo e líquido de mistura
- Figura 13** – Ultra-som VITA
- Figura 14** – Mistura no ultra-som por 7 minutos
- Figura 15** – Barbotina sendo aplicada na matriz
- Figura 16** – Barbotina após presa
- Figura 17** – Forno VITA – Inceramat II
- Figura 18** – Pó de vidro de lantânio
- Figura 19** – Pó de vidro + água destilada
- Figura 20** – Camada de pó de vidro
- Figura 21** – Espaço livre para escape de ar
- Figura 22** – Ciclo de infiltração
- Figura 23** – Corpos de prova antes da remoção do excesso de vidro
- Figura 24** – Corpos de prova após a remoção do excesso de vidro
- Figura 25** – Condicionamento com ácido fluorídrico
- Figura 26** – Jato de óxido de alumínio – Bio Art

Figura 27 – Dispositivo utilizado

Figura 28 – Aplicação do CoJet

Figura 29 – Digilaser Nd:YAG

Figura 30 – Irradiação a laser

Figura 31 – FORMTRACER FORM™ – TALYSURF Series 2 –Modelo SV C525

Figura 32 – Microscópio Eletrônico de Varredura, JEOL JSM – T330A

Figura 33 – InCeram controle

Figura 34 – InCeram jato de óxido de alumínio associado ao ácido fluorídrico

Figura 35 – InCeram sistema CoJet

Figura 36 – InCeram ácido fluorídrico

Figura 37 – InCeram laser Nd:YAG

Figura 38 – IPS Empress II controle

Figura 39 – IPS Empress II jato de óxido de alumínio associado ao ácido fluorídrico

Figura 40 – IPS Empress II sistema CoJet

Figura 41 – IPS Empress II ácido fluorídrico

Figura 42 – IPS Empress II laser Nd:YAG

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Médias e desvios padrão de rugosidade

Tabela A1 – Valores de rugosidade referentes à cerâmica C1

Tabela A2 – Valores de rugosidade referentes à cerâmica C2

Tabela A3 – Sumária da análise de variância

Tabela A4 – Valores p do teste de Tukey para comparações de médias de rugosidade duas a duas

INTRODUÇÃO

1. Introdução

Os profissionais que atuam no contexto da Odontologia Restauradora há muito tempo estão cientes da importância da estética dental. É inquestionável o fato de que, nas últimas décadas essa é uma das áreas que mais evoluíram através de pesquisas voltadas para inovações de materiais estéticos que possam substituir com sucesso a estrutura dental.

A restauração estética sempre foi motivo de preocupação e também de desafio para os profissionais, especialistas e meio acadêmico. Hoje, nos procedimentos de consultório e em pesquisas, os grandes desafios estão voltados para se conseguir adequada união micromecânica dessas restaurações, bem como lisura superficial compatível com os tecidos dentais.

De acordo com Borges et al.⁹ (2003), as cerâmicas dentais são consideradas materiais restauradores altamente estéticos com propriedades inerentes que melhor simulam a aparência da dentição natural. Outras admiráveis características incluem translucidez, fluorescência, estabilidade química, biocompatibilidade, alta força de compressão e coeficiente de expansão térmica similares das estruturas dentais. Apesar das inúmeras vantagens, as cerâmicas são frágeis sob cargas de tração e este fato pode ser atribuído à presença e à propagação de microtrincas na superfície do material, o que torna a cerâmica suscetível à fratura durante o procedimento de cimentação e sob cargas oclusais.

Do ponto de vista histórico, McLean⁴⁷ (2001) informou que as primeiras resinas acrílicas cimentadas na dentina foram desenvolvidas pela Amalgamated Dental Company, subsidiada pela De Trey em 1950. Informou também que Hagger, chefe químico da De Trey, desenvolveu o Sevitron Cavity Seal, que continha como elemento principal ácido dimetacrilato glicerofosfórico, sendo o primeiro adesivo de dentina e esmalte a utilizar uma forma de condicionamento ácido.

Na prática, a superfície de qualquer material sempre estará sujeita à influência do ambiente com o qual estiver em contato. Assim, a superfície de um material é usualmente considerada como a mais importante parte de qualquer compósito ou cerâmica, principalmente a superfície interna que fará parte de um complexo de adesão.

O ácido glicerofosfórico melhorou a adesão pela penetração na superfície da dentina, formando uma camada intermediária conhecida hoje como camada híbrida. Em 1955, Buonocore¹¹ continuou esses experimentos condicionando a superfície do esmalte com ácido fosfórico a 37%, adicionando o Sevitrone após esse condicionamento e aplicando resina autopolimerizável sobre essa superfície, iniciando, então, a era das restaurações adesivas.

Em 1968, MacCulloch⁴³, junto com a Pilkington Glass Company, foi o primeiro a utilizar coroas de cerâmica de vidro para restaurar dentes com pinos de porcelana. Condicionamento ácido do esmalte para cimentação de próteses parciais fixas metalocerâmicas em dentes preparados foi proposto por Rochette⁵⁸ (1973). O conceito de cimentação de compostos resinosos aplicado à porcelana condicionada com ácido foi proposto pela primeira vez por Simonsen e Calamia⁶³ em 1983, e a fabricação de facetas de porcelana com esse sistema foi proposta por Horn³⁰ no mesmo ano. A cimentação direta da porcelana sobre a estrutura dental foi um dos mais importantes avanços no século XX da Odontologia Restauradora, segundo McLean⁴⁷ (2001). Porcelanas específicas têm sido desenvolvidas desde então não só para facilitar a técnica, mas também visando cada vez mais a cópia perfeita do dente natural, aumentando também a resistência dos materiais a níveis que suportem as extremas forças mastigatórias.

Simonsen e Calamia⁶³ (1983) fizeram os primeiros estudos para verificar a possibilidade do condicionamento ácido na superfície da cerâmica e, conseqüentemente, testaram a força de adesão da porcelana condicionada unida à resina composta. Esses primeiros estudos foram realizados com a utilização do ácido fluorídrico a 7,5% aplicado nos tempos de 0, 2½, 5, 10 e 20 minutos. Concluíram

que, devido à constante evolução dos materiais cerâmicos, principalmente relacionada à sua composição, muitos trabalhos ainda deverão ser realizados para determinar a melhor solução condicionante e o melhor tempo de aplicação e chegar a um condicionamento ideal da superfície. Vários tipos de condicionamento de superfície da cerâmica têm sido propostos, como utilização de jato de óxido de alumínio, aplicação de laser, sistemas em que se faz o recobrimento da superfície com sílica, entre outros.

Segundo McLean⁴⁷ (2001), paralelamente ao desenvolvimento do tratamento de superfície o esmalte dental e da porcelana, a partir de 1960, técnicos de laboratório desenvolveram sofisticadas técnicas para a fabricação de coroas de porcelana, desta maneira a cor foi desenvolvida internamente; a aplicação incremental resultou em coroas que eram indistinguíveis dos dentes naturais. Então dentistas e técnicos tornaram-se mais atentos para a significância estética da transmissão, o índice de refração e o de reflexão de luz diferentes dos índices das porcelanas opacas.

Nos dias atuais, com base nas informações de Al Hussaini e Al Wazzan¹ (2005), restaurações metalocerâmicas são amplamente aceitáveis como restaurações estéticas. Para que as ligas metálicas sejam usadas em restaurações metalocerâmicas, devem ser biocompatíveis para não causarem reações alérgicas nem serem tóxicas aos pacientes ou aos tecidos dentais. Ainda, devem ter propriedades físicas adequadas, ser de fácil manipulação e relativamente baratas. Esses autores informaram que o sucesso de restaurações metalocerâmicas depende da presença de uma forte adesão entre a porcelana e a estrutura de metal por meio de técnicas coerentes e que uma cuidadosa seleção da porcelana e do metal é essencial para o sucesso clínico. Assim, para que a adesão ideal ocorra, é necessário que o coeficiente de expansão térmica da cerâmica e do metal sejam compatíveis.

Para Reich et al.⁵⁷ (2005), a procura por restaurações biocompatíveis e cada vez mais estéticas pelos pacientes resultou em grande número de sistemas cerâmicos. O desenvolvimento das cerâmicas contribuiu para mudanças significativas no campo dos cimentos resinosos. Todos os tipos de restaurações estéticas indiretas

são cimentados ao dente utilizando-se a tecnologia adesiva junto com cimentos à base de material resinoso. Para realizar a adesão de maneira ideal, tratamentos superficiais serão necessários no esmalte e na dentina e na superfície da cerâmica.

Ainda a esse respeito, Atsu et al.⁵ (2006) assinalaram que a exigência estética tem aumentado a cada ano e que cada vez mais, restaurações de metal *free* têm sido o material de escolha dos cirurgiões-dentistas para satisfazer a essas exigências. A popularidade das restaurações metal *free* tem aumentado nos últimos anos por causa da estética superior e por não possuírem metal. Comentaram que, apesar disso, todos os sistemas cerâmicos livres de metal têm adequada resistência às forças oclusais para uma simples coroa ou prótese fixa de três elementos.

McLean e Hughes⁴⁹ (1965), estudando a resistência e o módulo de elasticidade de dispersão dos cristais de cerâmica dentro de uma matriz vitrificada, com o intuito de fortalecer a porcelana dental, confeccionaram os primeiros *copings* com alto teor de alumina sinterizada. Além de serem estéticas, as restaurações metal *free* podem ser tão resistentes quanto coroas metalocerâmicas e possivelmente ter um tempo de vida maior. Como a matriz vitrificada tem uma expansão térmica semelhante à dos cristais de cerâmica, tanto a resistência como o módulo de elasticidade também podem aumentar.

Para o bom desempenho clínico e estético, tanto das cerâmicas quanto das resinas, deve-se levar em consideração as propriedades e o tipo de agente cimentante a ser utilizado.

Por outro lado, White⁷⁶ (1993) informou que a escolha do agente cimentante adequado para o material restaurador a ser utilizado em uma determinada situação clínica deve se basear nas características próprias de cada cimento. Segundo Vieira⁷⁵ (1976) e Wilson et al.⁷⁷ (1977), o agente cimentante ideal deve apresentar: a) alta resistência à compressão, à tração e ao cisalhamento; b) adesividade, tanto à estrutura dental como à restauração; c) bicompatibilidade e ação cariostática; d) baixa solubilidade nos fluidos bucais; e) tempo de trabalho prolongado e presa rápida na

boca; f) não interferência na estética; g) baixa viscosidade e espessura mínima de película.

A crescente aplicação clínica dos materiais restauradores estéticos em restaurações indiretas de dentes posteriores provocou o aparecimento de uma grande variedade de cimentos resinosos, mostrados em trabalhos publicados na *Dental Advisor*^{56, 21, 17} (1988, 1993, 2000). Esses cimentos visam melhor estética e melhor união às estruturas dentais quando utilizados juntamente com os adesivos dentinários.

Atualmente ainda existem muitas dúvidas quanto à seleção do agente cimentante, à sua interação com o material restaurador, ao tratamento do material, e em relação à resistência à tração, à compressão e ao cisalhamento desses cimentos através do tempo, segundo Qualtrough et al.⁵⁵ (1991), Van Meerbeek et al.⁷⁴ (1992), Dietschi et al.²³ (1994), Milleding et al.⁴⁵ (1995).

Uma forma de melhorar a retenção dos materiais restauradores na estrutura dental, é pela obtenção de microrretenções por meios físicos e químicos, como, por exemplo: jato de óxido de alumínio, ácido fluorídrico (CHEN et al.^{18, 19}, 1998; BOUSCHILCHER et al.¹⁰, 1999; JARDEL et al.^{31, 32}, 1999), aplicação de sílica sobre a superfície das cerâmicas e condicionamento com laser de Nd:YAG. Diversos autores concordam que, certamente com a associação de técnicas sedimentará este processo de união (MEYER FILHO et al.⁴⁴, 2004; GUAZZATO et al.²⁸, 2005; YOSHIDA et al.⁸⁰, 2005; REICH et al.⁵⁷, 2005; DERAND et al.²², 2005; AKOVA et al.², 2005; VALANDRO et al.⁷³, 2005; KIM et al.³⁶, 2005; ATSU et al.⁵, 2006; XIBLE et al.⁷⁹, 2006; GÜLER et al.²⁹, 2006; TURKMEN et al.⁷¹, 2006).

Lawn et al.³⁹ (2001) argumentaram que um material de *coping* mais forte e resistente poderia melhorar a reabilitação e também o tempo de vida de coroas de cerâmicas metal *free*. O progresso da performance clínica das restaurações é esperado, se os passos forem seguidos corretamente para evitar a formação de fendas. Essas fendas podem ser consideradas como resultado do desgaste e jateamento,

procedimentos que são comuns em estágios de fabricação e ajustes clínicos de coroas metal free segundo Guazzato et al.²⁸ (2005).

Com a constante evolução, os materiais cerâmicos, têm tido suas características modificadas, pois diversas são as composições cerâmicas presentes no mercado. Assim, sua dureza altera-se de acordo com a composição da cerâmica e, para cada material cerâmico, há um protocolo de condicionamento de superfície.

Assim sendo é pertinente consultar e pesquisar a literatura, para que se possa, por meio dos trabalhos científicos ter conhecimento dos materiais cerâmicos, entendendo a sua composição química, as suas propriedades mecânicas, físicas e biológicas, bem como os tratamentos a que devem ser submetidos para melhor uma união com a estrutura dental e os agentes cimentantes.

***REVISÃO DA
LITERATURA***

2. Revisão da Literatura

Em 1955, Buonocore¹¹ iniciou as primeiras pesquisas pelos quais, a partir deste momento, passou-se a ter conhecimento da Odontologia Adesiva. Em seu trabalho, apresentou um método simples de melhorar a adesão de resinas acrílicas à superfície do esmalte. Um ácido fosfórico e um ácido *phosphomolybdateoxalic* foram empregados no tratamento superficial do esmalte para alterar suas características quimicamente. O tratamento com ácido fosfórico, pareceu, resultou em melhores resultados e é mais fácil de ser utilizado. Sugeriu-se então que o selamento de fósulas e fissuras com resina acrílica fosse realizado como um método de prevenção à cárie.

Simonsen e Calamia⁶³ (1983) fizeram os primeiros estudos sobre condicionamento ácido da porcelana e posteriormente testaram a força de adesão da porcelana à resina composta. A análise ao MEV da superfície da porcelana condicionada em diferentes tempos evidenciou uma superfície porosa. Vinte discos de porcelana confeccionados em uma matriz de uma liga não-preciosa foram condicionados por 0, 2½, 5, 10 e 20 minutos com uma solução contendo 7,5% de ácido fluorídrico. Após a lavagem e a secagem, as superfícies foram cobertas por uma camada de resina não completa, e um cilindro com resina completa foi cimentado na superfície. As amostras foram testadas em uma máquina universal de testes Instron. A força de adesão obtida aumentou conforme o tempo de aplicação, sendo alcançados 88 psi (0,6MPa) para cerâmica sem tratamento e 1.100 psi (7,5MPa) com 20 minutos de condicionamento. A análise ao MEV das amostras fraturadas mostrou, em todos os casos, onde não houve condicionamento da porcelana e onde a resina e a cerâmica foram totalmente separadas. Em todos os casos em que a porcelana foi condicionada, fraturas nos dois materiais foram observados.

Calamia e Simonsen¹⁴ (1984) avaliaram o efeito de dois agentes de união silano comercialmente disponíveis na força de adesão da porcelana

condicionada com ácido. Quarenta discos de porcelana foram confeccionados em uma matriz de liga não-preciosa e divididos em quatro grupos. Os primeiros três grupos foram uniformemente condicionados por 20 minutos em uma solução de ácidos fluorídrico e sulfúrico. As superfícies condicionadas foram inteiramente lavadas e secas. No grupo 1, os discos foram cobertos com uma camada de resina não completa e cimentados a um cilindro de resina composta. Nos grupos 2 e 3, os discos foram tratados com dois diferentes agentes de união silano comercialmente disponíveis a uma condição prévia para cimentação da porcelana à resina composta. No grupo 4, as amostras não foram condicionadas, a porcelana foi tratada como no grupo 3 com o agente de união silano previamente à cimentação. Todas as amostras foram testadas na máquina universal de teste Instron. As médias dos valores para a força de adesão dos grupos foram as seguintes: Grupo 1, 1.662 psi; Grupo 2, 1.638 psi; Grupo 3, 2.078 psi e Grupo 4, 1.198 psi. Ficou claro pelos resultados obtidos que a porcelana condicionada tem uma grande importância em toda parte da força de adesão e depois o agente de união silano, apesar de os melhores resultados terem sido obtidos com o uso de uma combinação da porcelana condicionada com o agente de união silano específico.

No Dental Advisor⁵⁶ (1988), foi publicada uma revisão sobre cimentos resinosos, citando que esses cimentos, normalmente, são resinas diacrilato com 20%-80% de partículas inorgânicas de vidro, a maioria delas com menos de 1,0µm de tamanho. Ainda foi citado que, comparados com os demais agentes cimentantes, esses materiais apresentavam baixa solubilidade, resistência média-alta, rigidez média e espessura de película variando de média a alta.

Gregory et al.²⁷, (1988) pesquisou, por meio de ensaios de tração, os reparos em cerâmica Vita VMK68 e esmalte usando cinco tipos de reparos líquidos e duas resinas fotoativadas, verificando assim a adesividade entre a resina e a cerâmica. Para tanto, utilizaram os agentes de união Porcelain Repair líquido, Silanit, Scotchprime, Fusion e Ultra Fine e as resinas restauradoras Conmand Ultrafine (resina composta híbrida) e Silux (resina composta de micropartículas). As amostras

de cerâmica foram confeccionadas com aproximadamente 9mm de diâmetro por 7mm de espessura e sofreram regularização em uma das superfícies com lixa de granulação 600. Após a regularização das superfícies, as amostras foram preparadas de acordo com cada fabricante dos adesivos para posterior reparo com a resina Ultrafine combinada com todos os adesivos e com a resina Silux associada ao adesivo Scotchprime. As amostras, logo após o reparo, foram colocadas em água a 37°C, por um, 7 e 28 dias, para posterior ensaios de tração em uma máquina universal Instron, a uma velocidade de 0,05cm/min. Os autores relataram que todas as falhas foram adesivas na interface cerâmica/adesiva. A força de união diminuiu significativamente entre o primeiro e o oitavo dia para todos os adesivos. No primeiro dia, não houve diferença estatisticamente significativa entre o adesivo Scotchprime e o Porcelain Repair, os quais apresentaram as menores forças de união. Os adesivos Fusion e Scotchprime tiveram as suas forças de união aumentadas no 28º dia em comparação com o 7º dia. O reparo realizado com o sistema Scotchprime/resina Silux exibiu força de adesão menor do que a combinação Scotchprime/resina Ultrafine.

Conforme nos informa Castellani¹⁶ (1990), as restaurações indiretas em dentes posteriores confeccionados com cerâmica devem apresentar boa resistência à compressão, adaptação interna e marginal, simplicidade de confecção, baixa condutibilidade térmica e elétrica e excelentes propriedades óticas que simulem bem a aparência dos dentes naturais. As cerâmicas odontológicas podem ser divididas segundo as suas características químicas como cerâmicas feldspáticas, que infelizmente são de baixa resistência e possuem alta contração de cocção; como cerâmica de leucita, cerâmica de óxido de alumínio, cerâmica de óxido de alumínio com vidro e vitrocerâmica de disilicato de lítio.

Em 1991, Sorensen et al.⁶⁶ avaliaram a microinfiltração da interface resina composta/porcelana ante o efeito de vários tratamentos de superfície de porcelana. O experimento foi realizado sem a adesão ao dente; somente a interface resina/porcelana foi estudada. Foram feitos espécimes com quatro tipos de porcelana nas seguintes medidas: 1mm de espessura por 8,5 mm de diâmetro. Os grupos de

porcelana foram subdivididos para tratamento com ácido fluorídrico e o silano. Um guia padronizado de 0,2 mm foi utilizado para polimerização da resina na porcelana. Foi feito o acabamento e o polimento das margens com discos e fresas. As amostras foram armazenadas em água destilada a 37°C e termocicladadas por 1000x e, em seguida, colocadas em uma solução de AgNO₃ e seccionadas na interface para verificação da penetração do material. Uma contração da porcelana pela polimerização da resina foi observada. O tratamento superficial da porcelana significativamente aumentou a capacidade dos espécimes de resistir à termociclagem. O silano juntamente com o tratamento superficial da porcelana não reduz a microinfiltração, mas, se feito todo um condicionamento da superfície reduz significativamente.

Sorensen et al.⁶⁵ (1991) estudaram o efeito do tratamento de superfície da porcelana na força de adesão ao cisalhamento unindo resina composta a porcelana e a várias combinações de porcelana. Uma variedade de porcelana feldspática com baixo e médio conteúdo de alumina foi testada. As amostras de porcelana/resina composta foram estocadas em água destilada a 37°C, com ciclagem de 1000x, e foi feito o cisalhamento. O condicionamento com ácido fluorídrico por 3 minutos significativamente aumentou a força de adesão da maioria das porcelanas feldspáticas com baixo e médio conteúdo de alumina. A aplicação do silano a todos os tipos de porcelana tratada não teve efeito significativo na força de adesão.

Em 1992, Lu et al.⁴¹ avaliaram o efeito de vários tratamentos de superfície na resistência ao cisalhamento de colagens entre porcelana e cimentos resinosos. Foram também examinada ao MEV as características das fraturas obtidas após os testes. Os tratamentos avaliados foram: ácido fluorídrico, silano, ácido fluorídrico mais silano e controle. O grupo tratado com ácido fluorídrico mais silano apresentou maior resistência (16.4MPa). No estudo com MEV, observaram fratura adesiva apenas no grupo controle e fratura coesiva do corpo da porcelana nos demais grupos.

No Dental Advisor²¹ (1993), sobre cimentos, foram citados como requisitos desses materiais: biocompatibilidade, resistência mecânica, fácil manipulação, adesão, baixa solubilidade e boa estética. Os cimentos resinosos receberam a maior pontuação entre os diversos materiais existentes para cimentação permanente.

Suliman et al.⁶⁸, (1993) fizeram uma avaliação de várias possibilidades de tratamento de superfície da porcelana: com ponta diamantada; condicionada com ácido fluorídrico 9.6%; jateada com óxido de alumínio 50µm; tratada com ponta diamantada e condicionada pelo ácido fluorídrico. Todos os grupos receberam silanização. Comprovaram que o sistema adesivo tem influência na resistência ao cisalhamento, assim como os tratamentos de superfície, entre os quais o tratamento com ponta diamantada mais condicionamento seguido da silanização possibilitou colagens mais resistentes.

Yen et al.⁸¹, (1993), estudaram, no MEV, o efeito do condicionamento pelo ácido fluorídrico na superfície da porcelana feldspática Mirage e da injetável Dicor. A resistência flexural dos corpos-de-prova obtida pela colagem de duas peças de porcelana com resina composta também foi estudado, tendo como variáveis quatro tempos diferentes de condicionamento ácido: 30s; 1min; 2,5min e 5min. Diferenças foram mostradas pela análise ao MEV na superfície dos materiais após o condicionamento. A porcelana feldspática mostrou-se rugosa e a porcelana injetada expôs na sua superfície inúmeros cristais com terminações arredondadas. Quanto à resistência das colagens, os autores encontraram que o tempo de condicionamento não interferiu no desempenho das uniões com nenhuma das cerâmicas utilizadas no estudo.

White⁷⁶ (1993) fez uma extensa revisão a respeito dos agentes cimentantes e discutiu em profundidade as propriedades desses materiais. O autor fez considerações em relação a: resistência, módulo de elasticidade, deformação plástica, solubilidade e estabilidade, espessura do filme, tempo de trabalho, integridade marginal, assentamento e microinfiltração, pH e sensibilidade dentinária,

translucidez, liberação de fluoreto, adesão e retenção. Além disso, fez um estudo minucioso dos seguintes agentes cimentantes: cimento de fosfato de zinco, cimento de ionômero de vidro, resina composta e híbridos de resina composta e ionômero de vidro. O autor concluiu que não se deve eleger um agente cimentante para todos os casos clínicos e que, embora os cimentos adesivos modernos sejam melhores, estes apresentam técnicas mais sensíveis em relação ao cimento de fosfato de zinco.

Latta e Barkmeier³⁸ (1994) avaliaram a resistência ao cisalhamento de um cimento resinoso para restaurações indiretas de resina composta. As superfícies dessas restaurações receberam tratamento com: ácido fluorídrico por 60s; bifluoreto de amônia por 60s; resina adesiva; microabrasão com jato de óxido de alumínio mais resina e microabrasão com óxido de alumínio mais resina adesiva. Sessenta corpos foram confeccionados com resina para inlays. Todos receberam um dos tratamentos acima citados, foram cimentados em esmalte com superfície plana e com cimento dual. Após o ensaio mecânico de cisalhamento, fizeram a análise em MEV para o exame da morfologia da superfície de resina, antes e após o tratamento. Os resultados mostraram que a microabrasão melhorou a adesão do cimento e o MEV evidenciou uma superfície irregular.

Thurmond et al.⁷⁰ (1994) realizaram um experimento para avaliar o efeito do tratamento da superfície da cerâmica na força de adesão entre a resina e a cerâmica. Nesse experimento, os autores utilizaram o sistema All-Bond 2, o metal Rexillum III, a Cerâmica Cerâmco II e a resina Bis Fil. As superfícies da cerâmica foram regularizadas com lixa de granulação 240 e, a seguir, sofreram dez tipos de tratamento da superfície para a realização dos reparos com resina. Em seguida à confecção destes, as amostras foram divididas em dois grupos: um grupo foi armazenado em água destilada a 37°C, durante 24 horas, e o outro grupo ficou armazenado em água destilada a 37°C, por três meses, para, em seguida, ser submetido a 2.500 ciclos em temperaturas de 5°C e 55°C. Após ciclagem térmica, as amostras sofreram o ensaio de cisalhamento em uma máquina Instron à velocidade de 5mm/min. Os autores concluíram que as alterações mecânicas da superfície da

cerâmica são mais importantes do que os agentes que promovem a união química entre a resina e a cerâmica. A combinação do tratamento com óxido de alumínio de partículas de 50µm com o condicionamento usando ácido fluorídrico a 8% produziu melhor resistência de união do que os procedimentos usados separadamente. A força de adesão resina/cerâmica diminuiu com a estocagem em água e com a termociclagem. O padrão de falha observado foi coesivo na cerâmica, e esse padrão passou a ser adesivo na interface cerâmica/resina quando os valores de união foram menores ou iguais a 13MPa. A durabilidade da união resina/cerâmica é maior quando usado o condicionamento com ácido ou com óxido, ou com ambos, em vez de usar somente os agentes químicos de união.

Kern e Thompson³⁵ (1994) avaliaram os efeitos da técnica de cobertura de sílica e jato de ar abrasivo na perda de volume e na morfologia e na composição da superfície do In-Ceram. A perda de volume através do jato de ar abrasivo foi 36 vezes menor para o In-Ceram quando comparado à cerâmica de vidro feldspática (IPS Empress), e o jato de areia não alterou a composição da superfície do In-Ceram. Após o recobrimento com sílica pelo Rocatec System, uma pequena camada de sílica que sobrou elevou a quantidade de sílica para 19,7% de peso (Espectroscopia de energia dispersiva). A limpeza feita pelo ultra-som despreendeu as partículas de sílica diminuiu a quantidade de sílica para 15,8% de peso, a qual sugeriu fixação da maior parte da camada de sílica à superfície. Após o tratamento com o Silicoater MD System, a quantidade de sílica aumentou fracamente nas amostras que foram jateadas. As camadas de sílica promovidas por esses sistemas diferem muito tanto na morfologia como na espessura, o que pode resultar em diferentes forças de adesão. O jateamento de todas as restaurações de cerâmica de vidro feldspática deve ser evitado, mas para o In-Ceram o volume perdido está dentro da medida aceita e similar ao dos metais nobres.

Ozden et al.⁵² (1994), testaram a resistência ao cisalhamento da resistência de união entre porcelana e cimento, dupla polimerização, em função do tratamento superficial da porcelana. Seis tratamentos foram avaliados: silanização;

condicionamento com ácido fluorídrico; condicionamento mais silanização; tratamento com ponta diamantada seguido de silanização; tratamento mais condicionamento mais silanização: tratamento mais condicionamento. O cimento utilizado foi o Opaque dual cured-vivadent. Após 24 horas de armazenagem e termociclagem, 100 ciclos entre 6°C e 60°C, os resultados mostraram que a aspereza seguida da silanização foi o tratamento que forneceu maior resistência de colagem.

Braga⁸ (1995), avaliou a resistência ao cisalhamento de colagens entre porcelana e dentina, unidas por cimentos de dupla ativação, em seus momentos iniciais. Foram avaliados três materiais: Porcelite Dual Cure-Kerr, Dual Cement-Vivadent, além de um cimento quimicamente ativado C&B Lutting Composite-Bisco. Peças de porcelana de 3mm de altura, Ceramco II-Dentsply, cor A 3,5, foram tratadas com ácido fluorídrico e silano e, a seguir, coladas em superfícies dentinárias regularizadas com lixa nº 220, tratadas com adesivo Optibond – Kerr. A fotoativação foi realizada usando um aparelho com potência de 450mw/cm². Os corpos-de-prova foram armazenados em água a 37°C até o momento do teste. Os tempos observados foram 10, 30, 90min e 7 dias, usado como referência de resistência máxima. Os resultados mostraram que, aos 10 e 30 min, os materiais de dupla ativação foram superiores ao material quimicamente ativado; aos 90min, o C&B Lutting Composite foi semelhante ao Porcelite Dual Cure, porém ainda inferior ao Dual Cement; aos 7 dias, os três cimentos apresentaram resistência semelhante. O autor afirmou que o elevado coeficiente de variação do experimento torna arriscada a indicação de tempos menores que 90min para a entrada em função desse tipo de colagem.

Ariyaratnam et al.⁴ (1997) avaliaram a morfologia, após tratamento a laser e com ácido, para determinar a força de cisalhamento de compósitos ligados a esmalte com esses tratamentos. Esmalte íntegro de molares permanentes foram submetidos igualmente a tratamento com laser de Nd:YAG em diferentes parâmetros e expostos ao ácido fosfórico 37% por 60 segundos. A superfície do esmalte foi analisada por um perfilômetro. Os resultados foram analisados pelos testes SPSS/PC e Student-Newman Keuls. As amostras foram examinadas no MEV. A força de

cisalhamento das amostras tratadas foi determinada. Os resultados foram comparados por meio do teste SPSS/PC. Os espécimes tratados com ácido exibiram qualitativamente diferentes tipos de esmalte na morfologia da superfície quando comparado com o tratamento a laser. O tratamento a laser a altas exposições resultou na formação de microtrincas e fissuras. Nenhuma diferença significativa na rugosidade da superfície foi observada entre nos três parâmetros aos quais as amostras foram submetidas e quanto ao ácido. Porém, o valor médio da força de adesão de todas as amostras tratadas com laser, indiferente dos testes, foi significativamente menor que o dos espécimes tratados com ácido. Apesar disso, o laser criou certa rugosidade na superfície do esmalte, mas isso não garante que a superfície seja retentiva quando se utiliza ácido fosfórico. Concluíram nesse estudo que o laser de Nd:YAG utilizado abaixo das condições descritas não pode ser recomendado como uma alternativa viável para condicionamento.

Chen et al.¹⁸ (1998) avaliaram as mudanças da microestrutura da porcelana Cerec 2 Vitablocs Mark II, condicionada por ácido fluorídrico a 5%, e examinaram o efeito de diferentes tempos de tratamento na força adesiva entre a porcelana e a resina composta. Seis diferentes tempos de condicionamento (0, 5, 30, 60, 120 e 180 segundos) foram usados, respectivamente, para condicionar as superfícies da porcelana. Padrões de alívio condicionados foram observados por meio de um microscópio eletrônico de varredura, e foi determinada a força adesiva entre um agente de vedação do compósito de dupla presa e a porcelana. Os resultados mostraram que a resina composta não se ligou à porcelana não-condicionada, mas ligou-se à porcelana condicionada, tendo o tratamento aos 120 segundo mostrado a maior força adesiva. Os valores da força adesiva corresponderam bem às mudanças da microestrutura causadas pelo condicionamento.

Chen et al.¹⁹ (1998) objetivaram, em seu estudo, a avaliação do efeito do condicionamento e do tratamento com silano na força adesiva de uma porcelana feldspática (VMK 68) de uma resina composta (Clearfil APX). Dois agentes corrosivos de ácido fluorídrico (2,5% e 5%) e sete diferentes períodos de

condicionamento (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 segundos) foram usados para tratar as amostras de porcelana. Um agente de ligação autopolimerizante contendo um acoplador de silano (Clearfil Porcelain Bond) foi usado tanto em superfícies de porcelana tratada quanto em superfícies não-tratadas. Padrões de alívio condicionados foram observados por meio de um microscópio eletrônico de varredura, e foram determinadas as forças adesivas entre a resina composta fotopolimerizada e a porcelana. Micrografos eletrônicos de varredura revelaram complicados padrões de condicionamento com elevados períodos de exposição. Os resultados dos testes de cisalhamento mostraram que a força adesiva na porcelana não-tratada da resina composta foi muito baixa, e que os períodos de exposição por mais de 30 segundos realmente acentuaram a força adesiva. Dos dois condicionadores ácidos aplicados à porcelana não-silanizada, o agente corrosivo tamponado a 2,5% produziu forças adesivas maiores que o agente corrosivo a 5% para todos os períodos de exposição, exceto o de 180 segundos. O condicionamento de silano foi eficaz e crítico para melhorar a força adesiva na porcelana. A aplicação do agente de ligação de silano na porcelana após o tratamento com ácido fluorídrico pareceu ser adequada para conseguir uma ligação consistente entre a resina composta e a porcelana.

Folwaczny et al.²⁵ (1998) tiveram como objetivo o polimento de cerâmicas sem que este formasse microtrincas na superfície e para isso utilizaram o laser de XeCl com comprimento de onda de 308 nm. Sessenta e quatro amostras de quatro cerâmicas diferentes foram irradiadas com o laser de XeCl variando a densidade de energia por pulso de $1,57 \text{ Jcm}^{-2}$; $3,14 \text{ Jcm}^{-2}$ e $6,28 \text{ Jcm}^{-2}$. As cerâmicas utilizadas foram IVOCLAR-Empress (cerâmica feldspática reforçada por leucita), InCeram Spinell (cerâmica de spinell duplo cristais), InCeram Alumina (cerâmica reforçada por óxido de alumínio) e Vita Mark II (cerâmica feldspática). A rugosidade (Ra) do tratamento a laser foi medida utilizando um perfilômetro. As alterações foram observadas em um microscópio eletrônico de varredura e em um microscópio de força atômica. As alterações de rugosidade ocorridas na superfície em consequência do tratamento a laser foram estatisticamente analisadas utilizando o teste ANOVA

com Scheffé ao nível de significância de 0,05% ($p < 0,05$). Dependendo do tipo de cerâmica e da densidade de energia de radiação, vários valores de rugosidades foram obtidos. No geral, os menores valores de rugosidade foram medidos nas amostras irradiadas com a energia máxima. Os valores mais baixos foram obtidos para a amostra de InCeram Spinell: $1,30(\pm 0,19)$ μm . O valor médio mínimo de rugosidade para o Ivoclar-Empress foi $1,92(\pm 0,35)$ μm , para o InCeram alumina foi $2,04(\pm 0,49)$ μm e para o Vita-Mark II foi $2,72(\pm 0,40)$ μm . O exame ultraestrutural do tratamento a laser, em parte, demonstrou fusão extensiva e superfície homogênea com a formação de microfendas. É conclusivo que a rugosidade da cerâmica pode ser significativamente reduzida com o laser XeCl 308nm, apesar de a superfície tratada com laser não ter sido completamente fundida e ter havido a formação de microtrincas. Por essa razão, após a utilização do laser XeCl 308nm para acabamento da cerâmica, novamente um polimento da superfície cerâmica será necessário.

Gillis e Redlich²⁶ (1998) observaram que, com a crescente procura pela ortodontia adulta, surge uma crescente necessidade de ligar encaixes a superfícies de porcelana. A adesão ótima a uma superfície de porcelana deveria permitir um tratamento ortodôntico sem deficiência de adesão, mas não prejudicar a integridade da superfície de porcelana após a descolagem. Nesse estudo, 90 facetas de porcelana polidas foram divididas em três grupos de acordo com diferentes técnicas de preparação: 1) desgaste com um diamante bruto; 2) ácido fluorídrico 8% ; 3) microjateamento com partículas de óxido de alumínio 60μ . Cada grupo foi subdividido em três grupos, e braquetes de aço inoxidável foram depois colados à porcelana preparada com três adesivos odontológicos diferentes. Os adesivos usados foram: 1) silano+Right-On; 2) silano+Concise; 3) High-Q-Bond sem silano. Quatro facetas adicionais (três das quais preparadas como mencionado acima e uma intacta) foram analisadas microscopicamente e por microscopia eletrônica de varredura. A força adesiva de cisalhamento foi medida com uma máquina de teste universal Instron, e foi realizada uma análise macroscópica das superfícies de porcelana descoladas. Os resultados mostraram que a força adesiva de cisalhamento foi

altamente influenciada tanto pela técnica de preparação quanto pela adesiva. A força adesiva de cisalhamento dos grupos de High-Q-Bond foi significativamente mais baixa que as dos grupos silano+Right-On e silano+Concise; entretanto, a força adesiva de cisalhamento alcançada pelo High-Q-Bond foi suficiente para suportar a duração do tratamento ortodôntico completo. (exceto pelo grupo preparado por ranhuras com um diamante bruto). A análise por meio de microscopia eletrônica de varredura revelou que ranhuras com diamante e microjateamento produziram somente uma amostra de descamação superficial, enquanto a preparação com ácido fluorídrico produziu uma ampla amostra de penetração em profundidade. A preparação com ácido fluorídrico produziu uma força de cisalhamento maior que a técnica que com ranhuras produzidas com diamante e a do microjateamento. Após a descolagem por meio de uma força de cisalhamento, a porcentagem das superfícies de porcelana danificadas nos grupos silano+Concise era significativamente maior que nos grupos silano+Right-On e High-Q-Bond.

Kamada et al.³⁴ (1998) avaliaram o efeito de vários tratamentos de superfície cerâmicos nas forças adesivas de cisalhamento de quatro agentes de vedação de resina ao material cerâmico Cerec 2. Quatro tratamentos de superfície cerâmicos foram realizados. Todos os grupos foram submetidos ao tratamento de controle, que foi esmerilamento com lixa d'água nº 600. Os outros três tratamentos foram: condicionamento com ácido fosfórico gel, aplicação de agente adesivo contendo acoplador de silano, e aplicação de agente de ligação de silano após o condicionamento com ácido fosfórico gel. As amostras cerâmicas de Cerec 2 foram tratadas com um dos quatro métodos e então cimentadas com cada um dos quatro agentes de vedação de silano (Super-Bond C&B, Panavia 21, Clapearl e Vita Cerec Duo Cement). Metade das amostras foi armazenada em água e a outra metade foi termociclada antes do teste da força adesiva de cisalhamento. O tratamento com o acoplador de silano melhorou a força adesiva de cisalhamento comparado somente com o esmerilamento com lixa (controle). Quando o material cerâmico foi tratado com o acoplador de silano ou com o agente de ligação de silano após o tratamento

com ácido fosfórico gel, não foram observadas diferenças significativas na força adesiva entre a armazenagem em água e os 20.000 ciclos térmicos para qualquer um dos quatro agentes de vedação de resina. Depois de 20.000 ciclos térmicos, todas as amostras tratadas com o agente de ligação de silano, com ácido fosfórico gel, exceto aquelas cimentadas com o agente de vedação de resina Super-Bond C&B após o tratamento, mostraram deficiências coesivas dentro da cerâmica. Tratamento de superfície combinado de condicionamento com ácido fosfórico gel e aplicação de agente de ligação de silano fornece as mais altas forças adesivas de agentes de vedação de resina ao material cerâmico Cerec 2 após a ciclagem térmica.

Em 1998, Shahverdi et al.⁶² examinaram as deficiências das interfaces de porcelana/resina composta sob carga de cisalhamento. A queima da porcelana deu-se em cilindros de metal, e as superfícies de porcelana foram enrugadas com brocas ou tratadas com ácido fluorídrico gel e/ou jateadas com um Microetcher. Dois agentes de ligação de silano foram usados em cinco grupos, cada um contendo 22 amostras. Todas as amostras tratadas foram restauradas com uma resina composta de tipo híbrido. Cada grupo foi então dividido em dois subgrupos de acordo com os períodos de armazenamento, de 24 horas e de 30 dias. Depois de termocicladas as amostras que foram armazenadas por 30 dias, todos os grupos foram submetidos à força de cisalhamento na interface porcelana/resina composta até que ocorresse a fratura. Os resultados mostraram diferenças nas forças adesivas tanto no período de armazenamento de 24 horas quanto no de 30 dias e entre os vários métodos de tratamento de superfície. As amostras tratadas com os três materiais, Microetcher, ácido fluorídrico e silano, mostraram os mais altos valores de adesão depois de armazenadas por 24 horas, seguidas pelos grupos microjateado/silano e ácido fluorídrico/silano (F: 570.31, P: 0.00). Depois de 30 dias, os mais altos valores médios de força adesiva de cisalhamento ocorreram novamente com as amostras tratadas pelos três processos. O tempo de armazenamento e a termociclagem diminuíram a força adesiva das amostras, havendo uma diferença significativa entre os grupos (F: 1388.55, P: 0.00). Pré-tratamento com silano foi importante, uma vez

que a força adesiva média das amostras jateadas/condicionadas foi significativamente mais baixa do que a dos outros grupos que foram tratados mecanicamente, após 24 horas. O jateamento parece ter pouco efeito na colagem. As comparações das amostras de 24 horas e de 30 dias também apresentaram uma diferença significativa (F: 91.4376, P: 0.00).

Bouschilcher et al.¹⁰ (1999) fizeram um estudo comparando dois métodos de condicionamento de superfície, com ou sem uso de agente umectante, para avaliar seu efeito na adesão de um cimento resinoso aos seguintes materiais de restaurações indiretas: ArtGlass, BellGlass HP, Concept e Targis. Os métodos de asperização ou condicionamento de superfície incluíram microabrasão com óxido de alumínio, 50µm e 34pis, camada de sílica silanizada, Co Jet Sand, 30µm a 34pis. Os materiais ArtGlass e Concept foram testados com e sem o uso de seus respectivos agentes umectantes: ArtGlass Liquid e Special Bond II. Foram fabricados 120 corpos-de-prova, cada um constituído por um par de cilindros com 7,0mm x 3,0mm e 4,3mm x 3,0mm, para a realização do ensaio. O cilindro maior ou base foi embutido em resina autopolimerizável em um anel plástico, e as superfícies de união foram acabadas com lixa siliconizada de granulação 320. Todos os corpos-de-prova, para cada material restaurador, foram aleatoriamente distribuídos em dez grupos que receberam os seguintes tratamentos de superfície antes da cimentação: Grupo 1) AG/AO/ + AGL; Grupo 2) AG/AO/ - AGL; Grupo 3) AG/CJ/ + AGL; Grupo 4) AG/CJ/ - AGL; Grupo 5) BG/ AO; Grupo 6) BG/CJ; Grupo 7) C/AO/ + SB; Grupo 8) C/AO/ - SB; Grupo 9) C/CJ/ + SB; Grupo 10) C/CJ/ - SB; Grupo 11) T/AO; Grupo 12) T/CJ. Os pares de cilindros foram cimentados com um cimento resinoso de polimerização dual (Dual) e uma força padronizada de 1MPa. Os corpos-de-prova foram fotopolimerizados durante 40 segundos de cada lado e termociclados 300 vezes entre 5° e 55°C. A resistência ao cisalhamento MPa foi determinada usando a máquina de ensaios Zhick com velocidade de 5mm/min. A ANOVA e o teste de DUNCAN, para cada tipo de material restaurador, não apresentaram diferença significativa na resistência ao cisalhamento entre o grupo 5BG (29.8 ± 5.8) e os

grupos 6BG (28.3 ± 4.3), 11T (29.3 ± 4.9) e 12T (29.0 ± 4.4). A resistência ao cisalhamento no grupo 3AG (35.9 ± 3.4) foi significativamente mais elevada que no grupo 4AG (32.4 ± 4.0) e igualou-se às do grupo 2AG (31.9 ± 3.9) e grupo 1AG (30.0 ± 3.6). A resistência ao cisalhamento no grupo 10C (24.8 ± 5.7) foi igual à do grupo 9C (21.5 ± 2.9), mais foi superior à do grupo 7C (19.4 ± 3.1) e grupo 8 (19.4 ± 3.4).

Em 1999, Jardel et al.³¹ verificaram que, em um trabalho anterior, haviam observado a evolução das forças adesivas de duas cerâmicas feldspáticas odontológicas. Com base nessas observações propuseram um novo trabalho, avaliando o efeito das modificações superficiais com ácido fluorídrico gel (concentração de 10%) na energia superficial de duas cerâmicas feldspáticas odontológicas (GC e PVS). Para uma caracterização da energia, foram feitas 30 amostras de GC e 30 amostras de PVS. Esse estudo compreendeu a medida de ângulos de contato para determinar o trabalho de adesão (W_a) das duas cerâmicas. A evolução do trabalho de adesão dependeu da ação do ácido fluorídrico gel na aspereza da superfície das duas cerâmicas. Num estado polido, o PVS apresentou um trabalho de adesão maior do que o GC. Tratar a cerâmica com ácido fluorídrico gel aumentou o trabalho de adesão, especialmente para GC, mas esse tratamento não foi suficiente para conseguir um alto trabalho de adesão. Condicionar com ácido fluorídrico gel não foi suficiente para aumentar o trabalho de adesão das duas cerâmicas. Concluíram que silanização é preferível a condicionamento com ácido.

Jardel et al.³² (1999) observaram que técnicas de ligação são comumente usadas hoje para garantir a durabilidade das faces laminadas de porcelana e de blocos e onlays de cerâmica, que são esteticamente soluções agradáveis para o problema de restauração odontológica. Ataque ácido e silanização têm sido amplamente usados para acentuar a fixação entre as resinas de ligação e restaurações cerâmicas. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito de modificações superficiais com ácido fluorídrico gel a 10% e um agente de ligação (um componente duplo de silano) na força adesiva de duas cerâmicas feldspáticas odontológicas (GC e PVS)

coladas com uma resina não obturada (Super-Bond). Oitenta amostras de GC e 80 amostras de PVS foram feitas para um estudo mecânico. Os testes mecânicos foram realizados usando uma máquina elástica Lloyd T 6000 R, que determinou as forças adesivas das duas cerâmicas após diferentes tratamentos de superfície (condicionamento e silanização). Na parte seguinte do estudo, dez superfícies de GC e dez superfícies de PVS foram estudadas com um microscópio mecânico de varredura para avaliar a ação do ácido fluorídrico gel na aspereza das duas cerâmicas. Condicionar a cerâmica com ácido fluorídrico gel aumentou o desenvolvimento superficial da cerâmica feldspática, especialmente para PVS, mas esse tratamento não foi suficiente para conseguir a mais alta força adesiva de cisalhamento. A influência altamente positiva da silanização foi mostrada, em especial, para a cerâmica GC ligada com uma resina não obturada. Silano combinado com a ação do ácido fluorídrico gel é o tratamento de superfície mais eficaz para a cerâmica.

Peumans et al.⁵⁴ (1999) avaliaram a técnica de revestimento de porcelana ligada a uma fina cápsula de porcelana a uma superfície do dente minimamente preparada (esmalte e/ou dentina) com um compósito de vedação combinado com um sistema adesivo. Quando terminado o processo, duas interfaces adesivas estão formadas – resina na porcelana condicionada e resina na superfície do dente. O objetivo dessa pesquisa laboratorial foi analisar a ultra-estrutura dessas duas interfaces adesivas a fim de encontrar uma explicação para alguns fenômenos clínicos e/ou falhas nas faces de porcelana coladas. As superfícies dos quatro discos de porcelana foram tratadas sucessivamente por jateamento, condicionamento com ácido fluorídrico, limpeza ultra-sônica e silanização. O efeito de cada etapa na estrutura da superfície de porcelana foi avaliado por microscopia eletrônica de varredura de emissão de campo (FE-SEM). Além disso, o efeito do ácido condicionando a superfície do dente de preparo das facetas em sete dentes superiores anteriores extraídos foi igualmente determinado. Finalmente, facetas de porcelana pré-tratadas foram vedadas aos preparos das facetas em 12 dentes superiores anteriores extraídos por meio de um moderno sistema adesivo de condicionamento total e um compósito

de vedação fotopolimerizável. O compósito de vedação/dente e o compósito de vedação/interface de porcelana do complexo da faceta foram avaliados ultramorfologicamente por FE-SEM depois de as amostras terem sido despolidas com um *argon-ion beam* para realçar o alívio superficial. A geração de imagem por FE-SEM do dente/compósito de vedação/interface de porcelana mostrou um forte entrelaçamento micromecânico do compósito de vedação nas cavidades microrretentoras tanto na superfície do dente condicionado com ácido quanto nas cavidades tratadas da superfície de porcelana condicionada com ácido. A partir dessa perspectiva ultramorfológica, a superfície da porcelana tratada é mais retentora do que a superfície do dente tratado. Na superfície do dente, o esmalte aprismático cervical e a dentina exposta mostraram textura superficial menos receptiva à resina. No entanto, nessas áreas não foi verificada a separação da interface quando um sistema adesivo de condicionamento total de múltipla etapa foi usado. O forte entrelaçamento do compósito de vedação nas cavidades tratadas retentoras tanto da porcelana quanto dos substratos do dente contribui para a forte adesão das facetas de porcelana com boa retenção. Esse estudo sugeriu que um moderno sistema adesivo de deslustre total de múltipla etapa pode produzir adesão até mesmo no esmalte cervical menos retentor e na dentina exposta. Uma maior pesquisa clínica seria necessária para avaliar a retenção, a longo prazo, das facetas de porcelana e correlatar esses estudos in vitro com o desempenho clínico.

Blixt et al.⁷ (2000) avaliaram um fator importante do sucesso clínico das restaurações de cerâmica: a força adesiva do agente de vedação na superfície de assentamento e nas estruturas preparadas do dente. Os fabricantes de sistemas cerâmicos freqüentemente especificam tanto o agente de vedação quanto o tratamento de pré-vedação da superfície de assentamento da coroa. Procera All Ceram é uma coroa inteira de cerâmica contendo uma cápsula com revestimento de porcelana de óxido de alumínio de alta pureza e densamente concrecionado. Esse estudo avaliou a força adesiva de cisalhamento de quatro agentes de vedação: fosfato de zinco, ionômero de vidro, ionômero de vidro de resina modificada e cimento de resina de

presa dupla ligado Procera material da cápsula de óxido de alumínio. Os agentes de vedação foram submetidos a diferentes tratamentos de superfície: não-tratado jateado ou revestido de sílica pelo sistema Rocatec. Amostras cilíndricas e cúbicas do material da cápsula foram vedadas juntas, e a força de cisalhamento necessária para separar o cilindro do cubo foi medida com uma máquina de teste universal. As superfícies das amostras também foram analisadas. Não foram registradas diferenças significativas nas forças adesivas de cisalhamento dos agentes de vedação no óxido de alumínio não-tratado. Os cimentos de ionômero de vidro e de ionômero de vidro de resina modificada tiveram os valores mais altos (4,2 MPa \pm 2,5 MPa e 4,3 MPa \pm 1,9 MPa, respectivamente) , e os mais baixos foram 3,3 MPa \pm 2,3 MPa para o cimento de resina e 3,2 MPa \pm 1,0 MPa para o cimento de fosfato de zinco. Resultados parecidos foram registrados para as superfícies de óxido de alumínio jateadas, exceto com o ionômero de vidro, que foi significativamente mais alto (12,9 MPa \pm 2,4 MPa). Para os quatro agentes de vedação, os valores mais altos da força adesiva de cisalhamento foram registrados nas amostras revestidas de sílica, e o mais alto foi para o cimento de resina, 36,2 MPa \pm 7,8 MPa . As forças adesivas entre as amostras de cimento de resina e de óxido de alumínio tratadas pelo sistema Rocatec foram significativamente mais altas do que as forças adesivas de outros materiais e tratamentos de superfície avaliados.

Estafan et al.²⁴ (2000) ao examinaram e avaliaram as topografias do Vita Mark II e as superfícies do Dicor MGC por SEM após a simulação de procedimentos clínicos comuns. Doze amostras de Dicor MGC e 12 amostras de Vita Mark II foram fresadas num Cerec, uma máquina controlada por computador. Três superfícies de corte foram observadas e fotografadas usando um microscópio eletrônico de varredura após os procedimentos padronizados de fresagem, de condicionamento e de polimento. As topografias das superfícies dos materiais restauradores de cerâmica mostraram características nitidamente diferentes. O Dicor MGC mostrou cristais bem moldados após o condicionamento. As características da superfície do MGC condicionado eram diferentes das do Vita Mark II condicionado,

que mostrava grandes trabeculações. As superfícies oclusais e proximais, que não foram condicionadas, mas polidas, mostravam grandes vacúolos com Vita Mark II enquanto vacúolos menores podiam ser vistos nos cristais fundidos do Dicor MGC.

Li et al.⁴⁰ (2000), avaliaram a força de adesão da resina composta aderida à superfície da porcelana tratada pela irradiação de laser Nd:YAG e ácido fluorídrico a 8%. A superfície da porcelana foi desgastada com pontas de diamante até o corpo opaco da porcelana ser exposto. As amostras foram divididas em quatro grupos. Os corpos-de-prova do primeiro grupo foram condicionados com ácido fluorídrico a 8%, por 3 minutos, seguindo as instruções do fabricante. Amostras dos grupos dois, três e quatro foram separadamente irradiadas pelo laser de Nd:YAG com três parâmetros de energia diferentes: 15 Hz, 40 mJ, 0,6 W; 15 Hz, 60 mJ, 0,9 W e 15 Hz, 80 mJ, 1,2 W, respectivamente, e cada espécime foi irradiado por 1 minuto. Então, agente silano foi aplicado igualmente nas superfícies por 3 minutos. O adesivo foi aplicado e polimerizado. A resina composta foi finalmente aplicada na superfície da porcelana tratada, formando uma massa de resina de 3mm x 3mm x 2mm. As amostras foram testadas através da força de cisalhamento entre a porcelana tratada e a resina composta utilizando uma máquina universal de testes SWD-10 elétrica à velocidade de 1mm/min até a fratura. No final, os dados foram analisados utilizando ANOVA e os autores compararam os resultados do teste. Por outro lado, as características morfológicas da irradiação a laser na superfície da porcelana foram preparadas e observadas no microscópio eletrônico de varredura. A força de cisalhamento dos grupos de laser 0,6 W, 0,9 W, 1,2 W e do grupo condicionado com ácido foi respectivamente 8,61 MPa, 14,07 MPa, 11,22 MPa e 13,47 MPa. Não houve diferença significativa entre os grupos de laser 0,9 W e 1,2 W e o grupo condicionado por ácido. Esses resultados sugerem que a irradiação a laser na superfície da porcelana com laser de Nd:YAG nas potências ideais podem ser tão efetivos quanto o condicionamento com ácido fluorídrico. Mas a força de cisalhamento para o grupo irradiado com laser na potência 0,6 W foi significativamente menor que a do ácido. Isso sugere que a força de cisalhamento diminuiu quando a energia do laser foi 0,6 W

ou menor e que não seria aplicado nesses parâmetros para condicionar a porcelana. Microscópio eletrônico de varredura mostrou a superfície da porcelana irradiada pelo laser de Nd:YAG exibindo desgaste, microporosidades e uma superfície adequada à adesão entre a porcelana e a resina composta. O laser de Nd:YAG poderia substituir o tratamento com ácido da porcelana para procedimentos adesivos.

Madani et al.⁴² (2000) observaram que a colagem em todas as restaurações de cerâmica pura é desejável, que pouco se sabe sobre o uso de cimentos de resina contendo um monômero de fosfato e a importância de diferentes tratamentos superficiais na adesão deles a materiais de núcleos de alta resistência. Esse estudo tentou determinar os valores da força adesiva de cisalhamento entre o cimento de resina Panavia 21 (Kuraray) e um material de núcleo de alumina (In-Ceram) depois de três tratamentos superficiais e da aplicação de um agente de ligação de silano. Quarenta e cinco bastões cilíndricos In-Ceram foram feitos e distribuídos em três grupos. As amostras do grupo I foram tratadas com ácido fluorídrico (HF) 9,5% , as do grupo II com um ácido HF 5% e as do grupo III foram jateadas. Todas as amostras foram revestidas com um agente de ligação de silano (Cavex Clearfil Photobond e Activator) antes da cimentação com Panavia 21 nos bastões jateados com níquel-cromo. Como controle, o grupo IV consistiu de oito bastões de porcelana (Vitadur Alpha) tratados com um ácido HF 5% e com silano. Todas as amostras foram submetidas a uma carga de 1,2 kg durante a cimentação e então estocadas submersas por 36 horas. Um gabarito montado numa máquina de Teste Universal Hounsfield foi usado, a uma velocidade cruzada de 0,5 mm/min, para testar as forças adesivas de cisalhamento. Os resultados das amostras In-Ceram foram 14.65 ± 4.64 MPa para o grupo I; $18,03 \text{ MPa} \pm 6,13 \text{ MPa}$ para o grupo II; e $22,35 \text{ MPa} \pm 5,98 \text{ MPa}$ para o grupo III; e $18,05 \text{ MPa} \pm 8,46 \text{ MPa}$ para controle (grupo IV). O uso do cimento de resina Panavia 21 e de um agente de ligação de silano pode alcançar uma boa adesão em um material de núcleo In-Ceram jateado ou condicionado com ácido HF 5%.

Szep et al.⁶⁹ (2000) relataram que a fratura da porcelana é um acidente clínico relativamente comum. Pesquisa recente mostrou que ligações fortes podem se

formar entre o compósito e a porcelana odontológica. Superfícies de porcelana são condicionadas com ácido fluorídrico e tratadas com agentes de ligação de silano antes da aplicação do compósito. A questão é como a dentina exposta pode reagir ao condicionamento com ácido fluorídrico. O estudo examinou o efeito do ácido fluorídrico tamponado a 9,5%, do ácido o-fosfórico a 36% sozinho ou em associação na estrutura superficial da dentina humana seccionada. Dentes molares humanos foram seccionados em cortes de aproximadamente 0,8mm de espessura e tratados com ácidos diferentes e suas associações. Os períodos de aplicação foram de 10, 60 e 180 segundos. As amostras foram processadas para SEM e para microanálises de Raios X da energia dispersiva (EDX). A camada de esfregaço na superfície da dentina seccionada não foi totalmente removida só pelo ácido fluorídrico, e um denso precipitado amorfo foi formado na zona peritubular. Eram visíveis estruturas em forma de estrela nos canalículos dentinários. A análise de EDX mostrou um diferente teor de fluoreto na superfície tratada dependendo do agente corrosivo usado. A aplicação tópica do ácido fluorídrico surgiu para fornecer uma superfície dentinária com um precipitado de fluoreto amorfo. Essa camada pode ser importante tanto para resistência de cáries dentárias na dentina quanto para reações de ligação.

Canay et al.¹⁵ (2001) objetivaram, em seu estudo, a determinação do efeito de tratamentos superficiais selecionados na estrutura da superfície de uma cerâmica feldspática. Os três diferentes tratamentos com agentes corrosivos foram: fluoreto de fosfato acidificado (APF) aplicado por 10 minutos e ácido fluorídrico (HF) aplicado por 1 e 4 minutos. Após o tratamento com ácido, metade das amostras de cada grupo foi lavada com água e as outras foram submetidas a uma limpeza ultrassônica e então secas. Metade das amostras lavadas com dois métodos diferentes foi tratada com silano. Microscopia eletrônica de varredura (SEM) e espectroscopia de energia dispersiva (EDS) foram usadas para definir os efeitos de tais tratamentos. Condicionamento com APF apresentou padrões superficiais. Condicionamento por 1 minuto com HP apresentou canais profundos, poros e precipitados na superfície, e, como o tempo de aplicação aumentou, esses canais foram substituídos por canais

maiores. Análises de EDS mostram que os precipitados cristalinos nas superfícies condicionadas, que não se mostraram facilmente solúveis em água, eram os produtos de reação de Na, K, Ca, Al, etc. O HF apresentou uma superfície mais áspera do que a do gel APF. Entretanto, os precipitados permaneceram na superfície após a aplicação de ácido, e só puderam ser removidos por meio de limpeza ultra-sônica por não conseguir que fossem removidos por meio de enxágüe.

Em 2001, Jedynakiewics e Martin³³ examinaram neste estudo a natureza da superfície apresentada por uma porcelana feldspática machinable e por uma cerâmica de vidro machinable para colagem em agentes de vedação convencionais compostos e mediram as forças adesivas que podem ser alcançadas com vários tratamentos de superfície. Não houve diferença significativa entre as forças adesivas obtidas na porcelana condicionada, na porcelana revestida de sílica ou na cerâmica de vidro condicionada. As amostras de cerâmica de vidro revestidas de sílica mostraram uma força adesiva de armação significativamente maior ($p=0.02$). A análise das amostras fraturadas mostrou que, em todos os casos, a falha compreendeu uma falha coesiva parcial da superfície da cerâmica e uma falha parcial na interface cimento-cerâmica.

Lawn et al.³⁹ (2001) revisaram alguns trabalhos sobre coroas com base de cerâmica, particularmente coroas de molares, as quais podem falhar prematuramente pela acumulação de fraturas e por outros danos pelo contínuo contato oclusal. O tipo de dano nas cerâmicas depende (especialmente da microestrutura) da condição da falha, da força da carga e dos fatores geométricos. Esses tipos de dano podem ser simulados e caracterizados no laboratório, com o uso da máquina de teste de contato Hertzian, com uma camada, duas camadas ou três camadas de estruturas que representem as respostas dos importantes aspectos das coroas em função na cavidade oral. Esse artigo revisa o conhecimento corrente sobre os materiais dentários com base na sua relevância clínica de danos de contato induzidos.

Em 2001, Özcan et al.⁵⁰ objetivaram estudar a avaliação do efeito de três tratamentos de superfície na força adesiva de quatro diferentes cimentos adesivos

- 3 bis-GMA-baseados em um cimento resinoso e um cimento de compômero – In-Ceram. Oito amostras de In-Ceram foram usadas para cada grupo experimental. Três condições de tratamento foram dadas ao acaso para as amostras : 1) condicionamento por 90 segundos com ácido fluorídrico gel a 5%, 2) jateamento (110 μm Al₂O₃) e 3) revestimento de sílica tribochemical. Todas as amostras foram silanizadas após o tratamento de superfície. Os cimentos adesivos resinosos foram ligados às amostras de In-Ceram por meio de tubos de teflon. Todas as amostras foram termocicladas por 5.000 ciclos variando entre 5° e 55°C, com intervalos de 30 segundos. Os valores da força adesiva de cisalhamento foram medidos em uma máquina de teste universal, a uma velocidade cruzada de 1mm/minuto. Foi feita uma análise de discrepância para analisar os dados. As forças adesivas médias variaram entre 1,2 MPa e 24,7 MPa . A força adesiva de cisalhamento do cimento de compômero após a camada de sílica tribochemical foi significativamente menor em comparação à dos cimentos de resina. Vedação de In-Ceram com várias resinas forneceu diversificados graus de forças adesivas que foram significativamente elevados por meio do sistema de revestimento de sílica tribochemical.

Pagani⁵³ (2001) avaliou, in vitro, a resistência adesiva aos testes de cisalhamento na dentina bovina, utilizando as seguintes variáveis: cimentos resinosos Enforce e Panavia F; materiais restauradores Art Glass, IPS Empress 2 e Targis. O tratamento das superfícies desses materiais foi com jato de óxido de alumínio, ácido fluorídrico e silano, nos períodos de 24 horas e 30 dias. Foram utilizados 288 dentes bovinos hígidos de animais com três anos de idade, com os quais foram confeccionados os corpos-de-prova em caixas de resina de poliéster. Os testes foram executados em máquina de ensaios mecânicos *Instron*, modelo 430, com célula de 500kg de carga e com velocidade da ponta de 0,5 mm/min. Os resultados obtidos em kgf foram transformados em MPa e analisados estatisticamente pelo ANOVA, pelos teste de Tukey e Box-Whisker Plot. O material IPS Empress II tratado com jato de óxido de alumínio, ácido fluorídrico e silano, cimentado com Panavia F e estocado

em água destilada a 37°C, durante 30 dias, quando submetido aos testes de resistência ao cisalhamento, mostrou os melhores resultados.

Sant'anna et al.⁵⁹ (2002) objetivaram verificar, *in vitro*, o efeito dos vários tratamentos de superfície de cerâmica na resistência ao cisalhamento de braquetes ortodônticos ligados à porcelana e o modo de fratura após a descolagem. Oitenta e oito amostras de porcelana feldspática com apoio metálico foram randomicamente divididas em quatro grupos de acordo com sua superfície de preparação: a porcelana foi mantida intacta (GI), enrugada com uma broca de diamante (GII), condicionada com ácido fluorídrico 10% (GIII) ou jateada com óxido de alumínio (GIV). As amostras foram tratadas com silano (Scotchprime), e os braquetes foram ligados com Concise. Cada amostra foi submetida a uma carga de cisalhamento a uma velocidade cruzada de 1mm/min, e um registro foi feito no ponto da falha. Forças adesivas adequadas para suportar a aplicação de forças ortodônticas foram alcançadas em todos os grupos. O teste estatístico Kruskal-Wallis não mostrou diferenças significativas na força adesiva entre os grupos ($p > 0.05$). No entanto, muitas mais fraturas de porcelana ocorreram na porcelana condicionada. Esse estudo indicou que, com a seleção adequada do material, o procedimento composto/silano sozinho pode ser adequado para colagem.

Stewart et al.⁶⁷ (2002) observaram que todas as restaurações de cerâmica beneficiam-se da ligação do cimento de resina ao dente. No entanto, a literatura é pouco clara sobre qual cimento, tratamento de preparação da cerâmica ou agente adesivo da dentina produz a mais alta e mais duradoura força adesiva. Esse estudo *in vitro* avaliou as forças adesivas de cisalhamento imediatas e de seis meses entre a cerâmica feldspática e quatro cimentos de resina diferentes com o uso de tratamentos de preparação de superfície diferentes. Também foram medidas as forças adesivas de cisalhamento entre os quatro cimentos de resina e a dentina. Quatrocentos e oitenta discos (10mm de diâmetro por 4mm de espessura) de porcelana Ceramco II foram randomicamente divididos em seis grupos principais ($n = 80$). As amostras de cerâmica receberam seis tratamentos de preparação de superfície diferentes antes da

aplicação do cimento de resina. Esses tratamentos foram: raspagem com lixa d'água 600-grit, microjateamento com óxido de alumínio, raspagem seguida de aplicação de silano, microjateamento seguido de aplicação de silano, condicionamento com ácido fluorídrico e condicionamento com ácido fluorídrico seguido de aplicação de silano. A seguir cada grupo foi dividido em quatro subgrupos (n=20) para aplicação de um dos quatro cimentos: Nexus, Panavia 21, RelyX ARC e Calibra. Todas as amostras cimentadas foram testadas sob carga de cisalhamento numa máquina de teste universal até que ocorresse a fratura. A carga na fratura foi apresentada como a força adesiva. As forças adesivas foram determinadas em 24 horas e após 6 meses de armazenamento da amostra em uma solução salina. Para testar a força adesiva de cisalhamento do cimento de resina na dentina, as amostras de dentina foram tratadas com agentes de colagem de dentina, e uma fina camada de cimento de resina foi aplicada de acordo com as instruções do fabricante. O composto Prodigy foi ligado ao cimento. As forças adesivas de cisalhamento foram determinadas como mencionado acima e relatadas em MPa na fratura. Os dados foram analisados em três formas de análise de discrepância ($P < .01$). O condicionamento com ácido fluorídrico seguida de aplicação de silano produziu forças adesivas (15,0 MPa \pm 7,4 MPa a 21,8 MPa \pm 5,8 MPa) no mais alto grupo estatístico com os quatro cimentos tanto em 24 horas quanto em 6 meses ($P < .01$). Raspagem com lixa d'água 600-grit e microjateado com óxido de alumínio produziram as mais baixas forças adesivas (0,0 MPa a 4,0 MPa \pm 3,5 MPa). Em 24 horas e em 6 meses, não foram encontradas diferenças significativas entre os quatro cimentos quando o condicionamento com ácido fluorídrico foi seguido por aplicação de silano. Tanto os agentes adesivos de dentina autopolimerizados quanto os levemente polimerizados ligam-se melhor à dentina do que os agentes adesivos duplamente polimerizados. Dentro das limitações desse estudo, o condicionamento por ácido fluorídrico seguido de aplicação de silano produziu as melhores adesões em 24 horas e em 6 meses com os quatro cimentos. Adesivos autopolimerizados e levemente polimerizados foram associados à dentina com forças adesivas maiores do que os adesivos duplamente polimerizados.

Borges et al.⁹ (2003) afirmaram que a composição da cerâmica e a superfície microestrutural de todas as restaurações de cerâmica pura são componentes importantes de um substrato de adesão efetivo. Tanto o condicionamento com ácido fluorídrico quanto o uso de jato de óxido de alumínio produzem superfícies irregulares necessárias para a adesão microcerâmica. Embora os tratamentos de superfície das porcelanas leucitas e feldspáticas tenham sido estudados anteriormente, as cerâmicas de disilicato de lítio e com alto teor de alumina não foram estudadas a fundo. O objetivo, nesse estudo, foi a avaliação da topografia da superfície de seis cerâmicas diferentes após condicionamento com ácido fluorídrico ou uso do jato de óxido de alumínio. Cinco corpos-de-prova, cada um composto de IPS Empress, IPS Empress II (0,8mm de espessura), Cergogold (0,7mm de espessura), In-Ceram Alumina, In-Ceram Zirconia, e Procera (0,8mm de espessura), foram feitos de acordo com as instruções do fabricante. Cada corpo-de-prova foi cortado longitudinalmente em quatro partes iguais com um disco de diamante. As partes resultantes foram randomicamente separadas em três grupos dependendo dos tratamentos de superfície subseqüentes: Grupo 1, amostras sem tratamento de superfície adicional, como recebidas do laboratório (controle); Grupo 2, amostras tratadas com jato de óxido de alumínio 50 μm ; e Grupo 3, amostras tratadas por condicionamento com ácido fluorídrico 10% (20 segundos para IPS Empress 2; 60 segundos para IPS Empress e Cergogold; e 2 minutos para In-Ceram Alumina, In-Ceram Zirconia e Procera). O desgaste com jato de óxido de alumínio mudou a superfície morfológica das cerâmicas IPS Empress, IPS Empress II e Cergogold. A topografia da superfície dessas cerâmicas mostrou irregularidades superficiais não evidentes no grupo de controle. Para Procera, o desgaste com jato de óxido de alumínio 50 μm produziu uma superfície achatada. O desgaste do jato na superfície In-Ceram Alumina e na In-Ceram Zirconia não mudou as características morfológicas, e permaneceram as mesmas cavidades rasas encontradas no grupo controle. Para IPS Empress e Cergogold, a característica morfológica foi semelhante a um favo de mel na superfície da cerâmica. O tratamento de superfície da In-Ceram Alumina, da In-

Ceram Zirconia e da Procera não mudou suas estruturas superficiais. Condicionamento com ácido fluorídrico e desgaste com jato de óxido de alumínio 50 µm aumentaram as irregularidades na superfície das cerâmicas IPS Empress, IPS Empress II e Cergogold. Tratamento semelhante na In-Ceram Alumina, In-Ceram Zirconia e Procera não mudou suas microestruturas morfológicas.

Della Bona et al.²⁰ (2003) usaram princípios fratográficos para classificar o modo de insuficiência da resina composta colada às amostras de cerâmica depois de um teste microtensivo. Uma cerâmica com base de leucita (IPS Empress)–E1) e uma cerâmica com base de disilicato de lítio (IPS Empress II)–E2) foram selecionadas para o estudo. Quinze blocos de E1 e E2 foram polidos com um abrasivo de alumina de 1 microm. Os seguintes tratamentos de superfície da cerâmica foram aplicados a três blocos de cada cerâmica: (1) ácido fluorídrico (HF) 9.5% por 2 minutos; (2) fluoreto de fosfato acidulado (APF) 4% por 2 minutos; (3) revestimento de silano (S); (4) HF+S; (5) APF+S. Uma resina adesiva e uma resina composta foram aplicadas em todas as superfícies tratadas e fotopolimerizadas. Foram preparadas para cada grupo 20 amostras de barras dos blocos de cerâmica composta e armazenadas em água destilada a 37°C por 30 dias antes da preparação para a falha sob tensão numa máquina de teste Instron. Superfícies de fratura foram examinadas por meio de microscopia eletrônica de varredura e mapeamento de ponto de Raio X. A análise estatística foi realizada por ANOVA contínua, teste de alcance múltiplo de Duncan e análises de Weibull. Semelhantes tratamentos de superfície foram associados a significativamente diferentes forças adesivas e modos de insuficiência para E1 e E2. Todas as fraturas ocorreram dentro da zona de adesão. A diferença microestrutural entre a cerâmica tratada E1 e a E2 foi um importante fator controlador na adesão. A qualidade da colagem não deveria ser avaliada com base somente nos dados da força adesiva. Modo de insuficiência e análises fratográficas devem fornecer informação importante que leve a previsões sobre os limites do desempenho clínico.

Em 2003, Özcan e Vallittu⁵¹ avaliaram o efeito de três diferentes condicionamentos na força de adesão de um cimento resinoso à base de Bis-GMA a

seis cerâmicas comerciais. Seis discos de cerâmica (cerâmica vítrea, cerâmica alumina, cerâmica zircônia) foram usadas para cada grupo totalizando 216 espécimes. As amostras foram tratadas da seguinte forma. (1) ácido fluorídrico, (2) jato de óxido de alumínio, (3) cobertura de sílica. A resina composta foi cimentada nas cerâmicas condicionadas e silanizadas. Todos os espécimes foram testados, secos e termociclados (6.000, 5°-55°C, 30 segundos). A força de cisalhamento da resina composta cimentada na cerâmica foi medida por uma máquina universal de testes (1mm/min). Em condições secas, a cerâmica vítrea exibiu significativamente os resultados mais altos (26,4 MPa - 29.4 MPa) que os de todas as cerâmicas com óxido de alumínio (5,3 MPa – 18,1 MPa) ou com dióxido de zircônia (8,1 MPa) (ANOVA, $p < 0,001$). A termociclagem diminuiu a força de adesão significativamente após todos os condicionamentos. A força de adesão do cimento resinoso testado nas cerâmicas de acordo com os métodos de condicionamento variou conforme o tipo da cerâmica. Ácido fluorídrico foi efetivo na maioria das cerâmicas que possuíam matriz de vidro na sua estrutura. A rugosidade da superfície cerâmica com jato de óxido de alumínio evidenciou os mais altos valores para cerâmica com óxido de alumina, e os valores aumentaram significativamente após a silicatização.

Saygili e Sahmali⁶⁰ (2003) objetivaram em seu estudo a avaliação das forças adesivas de alguns cimentos adesivos resinosos de dois materiais de cerâmica pura (In-Ceram, IPS-Empress). Cilindros de resina composta medindo 3,2mmx2mm foram preparados nas superfícies de cerâmica para um teste de cisalhamento. Foram realizados quatro tratamentos de superfície de cerâmica: (I) como recebido, (II) desgaste com broca de diamante, (III) jateamento com esmeril de alumina e (IV) tratamento com ácido fluorídrico e jateamento com esmeril de alumina 50 µm. As amostras de cerâmica foram tratadas com um dos quatro métodos e cimentadas juntas com cada um dos agentes de vedação. Os cimentos adesivos testados foram Panavia F e Clearfil Se Bond (CSeB). O CSeB exibiu a maior força adesiva (59,95 MPa) independentemente dos blocos de cerâmica. A carga média para fraturar os blocos de In-Ceram vedados com cimento Panavia F foi 25,89 MPa. A força adesiva média de

cisalhamento dos blocos de IPS Empress vedados com cimento Panavia F foi 10,31 MPa. O desgaste da superfície com broca de diamante para os blocos In-Ceram vedados com Panavia F foi 30,93 MPa e com CSeB foi 77,04 MPa. Para os blocos IPS-Empress, esses valores diminuíram para 12,39 MPa para Panavia-F e 30,84 MPa para CSeB. Condicionamento das superfícies com ácido fluorídrico mostrou uma pequena tendência para melhorar a força adesiva (In-Ceram -->Panavia-F= 14,59 MPa e CSeB =59,32 MPa; IPS-Empress-->Panavia-F=5,85 MPa e CSeB=23,33 MPa).

Schmage et al.⁶¹ (2003) afirmaram que, com o aumento da procura por tratamento ortodôntico em adultos, vem também a necessidade de se achar um método confiável para a adesão dos braquetes ortodônticos às coroas de cerâmica ou metal e próteses parciais fixas. No estudo, esses autores testes de força adesiva de cisalhamento e tratamento de superfície foram feitos para analisar o efeito de quatro diferentes métodos de condicionamento da superfície: broca de diamante fina, jateamento com óxido de alumínio, ácido fluorídrico 5% e revestimento de sílica para ligar braquetes de metal às superfícies de cerâmica de porcelana feldspática. Jateamento e ácido fluorídrico foram testados mais adiante, após a aplicação de silano. Foram produzidos um total de 120 amostras de discos de cerâmica, das quais 50 foram usadas para medidas de tratamento de superfície. As superfícies de cerâmica polidas foram usadas como controle. Braquetes de metal foram ligados aos substratos de cerâmica com um composto autopolimerizante. As amostras foram armazenadas em uma solução de NaCl 0.9% por 24 horas e posteriormente termocicladas (5.000 vezes, 5° a 55°C, 30 segundos). Testes de adesão de cisalhamento foram realizados por um dispositivo de teste universal, e os resultados foram analisados estatisticamente. Condicionamento químico da superfície tanto com ácido fluorídrico (4,3 μm) quanto com silanização (4,4 μm) resultou em tratamento de superfície significativamente menor do que condicionamento mecânico (broca de diamante, 9,3 μm ; jateamento, 9,7 μm) ($p < .001$). Os valores de tratamento de superfície refletem as distâncias pico-e-vale médias. As forças adesivas dos braquetes ligados à superfícies

de cerâmica tratadas por ácido fluorídrico com e sem silano (12,2 MPa e 14,7 MPa, respectivamente), silanização (14,9 MPa) e aplicação de silano (15,8 MPa) foram significativamente maiores ($p < .001$) do que das tratadas por desgaste com brocas de diamante finas (1,6 MPa) ou jateamento (2,8 MPa). Os maiores valores das forças adesivas foram obtidos com jateamento e aplicação de silano ou ácido fluorídrico sem silano, os quais atenderam o limiar exigido. O uso de silano após condicionamento com ácido fluorídrico não aumentou a força adesiva. Desgaste com diamante e jateamento mostraram a maior rugosidade da superfície: eles danificam a superfície da cerâmica. O condicionamento ácido mostrou resultados aceitáveis para o uso clínico, mas os riscos à saúde devem ser considerados. A técnica de silanização tem potencial para substituir os outros métodos, mas foram observadas insuficiências coesivas na cerâmica durante a remoção dos braquetes.

Usumez e Aykent⁷² (2003) afirmaram que o sistema de laser hidrocínético érbio, cromo: ítrio, escândio, gálio, granada (Er,Cr:YSGG) tem mostrado bons resultados na ablação dos tecidos odontológicos. Foi relatado que esse sistema também é útil para a preparação das superfícies do dente para a adesão, mas até o momento os resultados são controversos. Avaliaram, em seu estudo *in vitro*, as forças adesivas das facetas laminadas de porcelana às superfícies do dente após condicionamento com ácido e condicionamento a laser Er,Cr:YSGG. Foram usados 40 incisivos centrais superiores humanos sem cáries e restaurações. Os dentes foram seccionados 2mm abaixo da junção amelocementária. As coroas foram incluídas em resina acrílica autopolimerizante com as superfícies labiais voltadas para cima. As superfícies labiais foram preparadas com uma redução de 0,5mm para receber as facetas de porcelana. Os dentes foram divididos em quatro grupos de dez amostras. Trinta amostras receberam um dos seguintes tratamentos de superfície antes da colagem das facetas laminadas IPS Empress 2: (1) radiação laser de uma unidade laser Er,Cr:YSGG; (2) 37% ácido ortofosfórico, e (3) 10% ácido maleico. Dez amostras não receberam tratamento de superfície e serviram como grupo controle. As facetas foram coladas com resina de polimerização dupla, Variolink II. Uma amostra

microtensiva de cada um dos terceiros incisais e cervicais, medindo 1,2mmx1,2mm, foi preparada com uma serra de diamante de baixa velocidade com ponta diamantada. Essas amostras foram fixadas nos braços opostos do aparelho de teste microtensivo com adesivo cianoacrilato e fraturadas sob tensão a uma velocidade de varredura de 1mm/min, tendo sido registrada carga máxima na fratura (Kg). Os dados foram analisados por meio de uma análise de variância conjunta e testes Tukey HSD ($\alpha = .05$). Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as forças adesivas das facetas coladas às superfícies dos dentes condicionados com laser Er,Cr:YSGG (12,1 MPa +/- 4,4 MPa), ácido fosfórico 37% (13 MPa +/- 6,5 MPa) e ácido maleico 10% (10,6 MPa +/-5,6 MPa). O grupo controle mostrou as menores forças adesivas em todos os grupos de teste. Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as forças adesivas dos cortes cervicais e incisais. ($P < 0,01$). Forças adesivas microtensivas in vitro de facetas laminadas de porcelana coladas às superfícies dos dentes que foram condicionadas com laser mostraram valores semelhantes aos das superfícies dos dentes condicionadas com ácido ortofosfórico ou ácido maleico.

Attia e Kern⁶ (2004) afirmaram que uma das maiores vantagens das restaurações de cerâmica pura é a sua excelente qualidade estética. A fratura, no entanto, é uma desvantagem dessas restaurações. Sistemas de colagem de cerâmica usando adesivos cerâmicos sem o uso de ácido fluorídrico foram introduzidos, mas não há dados suficientes sobre a sua eficiência. Esse estudo desses autores analisou a influência de dois métodos de colagem na resistência à fratura das coroas de cerâmica de baixa fusão e de cerâmica pura CAD-CAM. Foram fabricadas 42 coroas padronizadas de cerâmica pura em pré-molares superiores humanos. Sete pré-molares superiores intocados foram usados como controle. Foram utilizados três sistemas de coroa de cerâmica pura: um de cerâmica de baixa fusão (Duceram) e dois de cerâmicas processadas (Vita Mark II e ProCAD) pelo sistema Cerec3 CAD-CAM. As superfícies do entalhe das coroas fabricadas (n=7) foram submetidas a duas técnicas diferentes de preparação: a) condicionamento, usando ácido fluorídrico a 4,9%,

seguido de aplicação de silano Mirage ABC ou b) limpeza, usando ácido fosfórico a 65% e aplicação de primer (Porcelain Liner-M). As coroas foram vedadas aos dentes por meio do agente de vedação Superbond C&B. Após terem sido armazenadas em água por 24 horas, as amostras foram colocadas em uma máquina de teste universal com a carga de compressão aplicada no longo eixo da amostra a uma velocidade de varredura de 1mm/min até que ocorresse a fratura. Foram registradas cargas de fratura (N). Análise de variância contínua (ANOVA) e teste Tukey HSD ($\alpha=0.05$) foram usados para a análise estatística dos dados. A carga média de fratura das amostras de controle (738,3 N +/- 195,3 N) não foi significativamente diferente da carga das duas coroas CAD-CAM (667,7 N +/- 72,3 N, 715,9 N +/- 105,2 N). Entretanto, a carga de fratura dos dentes naturais e das duas coroas CAD-CAM foi significativamente maior do que a carga de fratura das coroas de cerâmica de baixa fusão tratadas com ácido fluorídrico e silano.

Meyer Filho et al.⁴⁴ (2004) objetivaram em seu estudo a avaliação do efeito de diferentes tratamentos de superfície na força adesiva microtensiva do compósito colado à cerâmica prensada a calor. A hipótese nula testada foi que nenhuma das superfícies de tratamento (silanização ou condicionamento com ácido fluorídrico) produziu maior força adesiva da resina composta à cerâmica. Quatro blocos de cerâmica prensada a calor de IPS Empress II medindo 7mmx7mmx5mm foram fabricados e polidos com esmeril 600 e jateados com alumina 50 μ m. A seguir, os blocos de cerâmica foram separados em quatro grupos e submetidos aos seguintes tratamentos de superfície: Grupo 1: ácido fluorídrico (HF) 9,5% durante 20 segundos e silano (S) durante 3 minutos; Grupo 2 : silano durante 3 minutos; Grupo 3 : ácido fluorídrico (HF) 9,5% durante 20 segundos; Grupo 4: sem tratamento. O adesivo Scotchbond foi aplicado nas superfícies cerâmicas tratadas e estas foram cobertas com a resina composta Filtek Z250. Os blocos de cerâmica composta foram cortados com uma serra de diamante de baixa velocidade Isomet produzindo varetas (n=25), que foram preparadas para falhar sob tensão em uma máquina de teste Universal Instron. A força adesiva microtensiva média foi analisada por meio da ANOVA

contínua e do teste “t” Bonferroni. Todas as amostras do Grupo 4 mostraram falha de adesão durante o corte do bloco e foram eliminadas. A força adesiva microtensiva média e os desvios padrão (SD) em MPa foram os seguintes : Grupo 1= 56,8 (+/- 10,4), Grupo 2= 44,8 (+/- 11,6), Grupo 3= 35,1 (+/- 7,7). A análise estatística mostrou que a força adesiva foi significativamente afetada pelo tratamento de superfície ($p < 0,0001$). O Grupo 1 (HF+S) teve a maior micro-tbs, e o Grupo 2 (S) teve uma micro-tbs maior do que o Grupo 3 (HF). O modo de fratura das amostras foi examinado por meio de um microscópio eletrônico de varredura (MEV), e todas as fraturas ocorreram dentro da zona de adesão. Os resultados mostram que o tratamento da superfície é importante para a adesão da resina à cerâmica e sugerem que o tratamento de silano foi o fator mais importante e responsável pela colagem da resina à cerâmica.

Amaral et al.³ (2005) avaliaram o efeito de três métodos de condicionamento de superfície através da força de adesão com teste de tração. Trinta corpos-de-prova (5mmx5mmx4mm) de In-Ceram Zircônia foram fabricados de acordo com as especificações do fabricante e foram feitos também de resina composta. Os espécimes foram polidos e submetidos a três condições de tratamento: (1) jato de óxido de alumínio com 110 μ m e silanização, (2) jateamento de sílica com 110 μ m (Rocatec Pré e Plus, 3M ESPE) e silanização, (3) jateamento com sílica com 30 μ m (CoJet, 3M ESPE) e silanização. Os corpos-de-prova de cerâmica foram cimentados aos de resina composta com um cimento resinoso (Panavia F) e foram estocados a 37°C em água destilada por 7 dias previamente aos testes. Os corpos-de-prova foram cortados sob água fria com a intenção de obter uma área de cimentação de 0,6 mm² aproximadamente. Os testes de força de adesão foram realizados em uma máquina universal de testes (vel. 1mm/min). Os resultados da força de adesão de cada espécime foram estatisticamente analisados pelo teste ANOVA e Tukey ($\alpha \leq 0,05$). Jateamento com sílica e silanização tanto utilizando partículas com 110 μ m ou 30 μ m melhoraram a força de adesão do cimento resinoso (24, 6 MPa \pm 2,7 MPa e 26,7 MPa \pm 2,4 MPa, respectivamente) ao In-Ceram Zircônia significativamente quando

comparado a jato de óxido de alumínio com 110 μ m (20,5 MPa \pm 3,8 MPa) (ANOVA, $p < 0,05$).

Akova et al.² (2005) estudaram o efeito da irradiação a laser na adesão de brackets cimentados à porcelana feldspática e compararam com brackets cimentados com técnicas convencionais. Cem amostras de porcelana foram divididas em dez grupos de dez. Os tratamentos foram: jato de óxido de alumínio (SB), jato de óxido de alumínio com silano (SB+S), ácido fosfórico (OFA), ácido fosfórico com silano (OFA+S), ácido fluorídrico (HFA), ácido fluorídrico com silano (HFA+S), condicionamento com laser (L), condicionamento com laser mais silano (L+S), glaziado (controle 1/C1) e sem glaze (controle 2/C2). Outros cinco espécimes foram irradiados por 2-watts, 3-watts, 5-watts, 10-watts e 15-watts por laser de CO₂, por 20 segundos, e examinados por microscópio eletrônico de varredura. Brackets foram cimentados com um compósito autopolimerizante, estocados em água a 37°C, por 24 horas, e termociclados em banhos entre 5°C e 55°C, por 500 vezes. A força de adesão foi determinada em MPa pelo teste de cisalhamento à velocidade de 1mm/minuto. O modo da falha adesiva foi observado em um estereomicroscópio. Para a análise estatística ANOVA, Tamhane *post hoc test* foi usado. A análise estatística mostrou diferenças entre os grupos ao nível de 0,05. O grupo HFA+S evidenciou a mais alta média (15,07 \pm 1,44). Os outros grupos apresentaram os seguintes resultados: (SB+S) 13,81 \pm 2,00, (HFA) 10,78 \pm 0,62, (OFA+S) 10,73 \pm 1,12, (L+S) 8,25 \pm 0,90, (L) 6,26 \pm 0,58, (C2) 2,45 \pm 0,54, (OFA) 2,36 \pm 0,41, (SB) 2,04 \pm 0,41 e (C1) 1,64 \pm 0,33. O modo da falha adesiva dos grupos HFA e Silano, exceto L+S, foi coesiva na porcelana. Os grupos controle e outros grupos testados mostraram falha adesiva. Somente irradiação por 2 watts durante 20 segundos propiciou uma superfície porosa sem trincas. Laser de CO₂ com superpulso irradiado pelo tempo 2watts/20segundos pode ser uma alternativa para um método de condicionamento para tratamento de superfícies cerâmicas. Aumento da força de adesão ainda pode ser obtido pela aplicação do silano.

Derand et al.²² (2005) avaliaram a força de adesão de um agente resinoso e cerâmica de zircônia após tratamento de superfície com diferentes técnicas. Amostras de cerâmica de zircônia (ZF) foram fabricadas (Procera Zircon, Nobel Biocare, Sweden) e comparadas a blocos densos de zircônia (ZG). Quatro grupos com diferentes tratamentos de superfície foram preparados. Grupo I: ZF (n=5) e ZG (n=5) sem nenhum tratamento; Grupo II: ZF-s (n=5) e ZG-s (n=5) tratados com silano; Grupo III: ZF-P (n=10) e ZG-P (n=10) tratados com Plasma spray RF (hexametildisiloxano) utilizando um reator (Plasma Electronic, Alemanha); Grupo IV: ZF-p (n=10) ZG-p (n=10) tratado com micropérolas de porcelana de baixa fusão (720°C) na superfície. Cilindros de resina composta (Charisma, Hereus Kulzer, Dormagen, Germany) foram cimentados com Variolink II (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) para o teste. Os espécimes foram limpos com ar uma hora antes do teste de leitura na máquina universal de testes (LRX, Lloyd Instruments, Farnham, England) até a falha. Não houve diferença estatisticamente significativa entre as amostras não-tratadas de ZF e ZG (Grupo I), como também não houve entre as amostras tratadas com silano (Grupo II). Tratamento com plasma spray aumentou significativamente a força de adesão por um fator três ($p<0.001$). Tratamento com micropérolas de porcelana de baixa fusão aumentou a força de adesão por um fator 10 comparado ao das superfícies não-tratadas ($p<0.001$). Não foi observada diferença estatística entre as superfícies tratadas ZF-p e ZG-p. A fina camada de pérolas de vidro não excedeu 5 μm . O microscópio eletrônico de varredura mostrou densos grãos na borda da ZF e uma textura grossa no ZG. Tratamento da superfície cerâmica da zircônia com plasma spray ou camada de porcelana de baixa fusão aumentou significativamente a força de adesão ao cimento resinoso.

Guazatto et al.²⁸ (2005) investigaram a influência do jato de ar abrasivo, do desgaste, do desgaste orientado e do polimento antes e depois do tratamento por calor, na força de flexão da cerâmica dental infiltrada por vidro reforçada de alumina/zircônia (In-Ceram Zirconia). A força de flexão uniaxial foi calculada em 160bar nos corpos-de-prova (20mm x4mm x1,2mm) divididos

igualmente em oito grupos como segue: jato de ar abrasivo, jato de ar abrasivo com calor, polidos, polidos com calor, desgaste paralelo ao eixo de flexão, desgaste paralelo com calor, desgaste perpendicular e desgaste perpendicular com calor. Os resultados foram analisados com regressão múltipla, método ANOVA e Tukey duplo modo a comparações múltiplas e análise Weibull. O tratamento e a fratura da superfície foram observados ao MEV. O relativo contentamento da fase monoclinica foi quantificado com a análise de difração de raio x. Uma fina camada de vidro estava presente nas amostras após o tratamento com calor e contribuiu para a melhoria da força de flexão. O tratamento de superfície sem calor propiciou transformação da fase, apesar de não ter sido suficiente para evitar a degradação da força de flexão causada pelas trincas que ocorrem devido ao tratamento de superfície. Jato de ar abrasivo causou a maior degradação da força de flexão. O desgaste orientado em respeito à direção da força de tensão não teve influência no último teste da força de tensão. Concluíram que esse presente estudo sugere que qualquer tratamento de superfície de In-Ceram Zircônia deve ser sempre realizado pelo tratamento por calor para evitar a degradação da força.

Reich et al.⁵⁷ (2005) tiveram como objetivo avaliar a força de cisalhamento de três cimentos resinosos junto com a cerâmica Vita Mark II sob diferentes tratamentos da superfície e examinar se os procedimentos de tratamento simplificados resultariam em resultados satisfatórios. Relyx Unicem (RXU), Calibra (CAL) e Variolink II (VAR) foram usados como cimentos, e discos de cerâmicas feldspática foram cimentados com os seguintes condicionamentos: (1) sem tratamento, (2) ácido fluorídrico, (3) silano, (4) ácido + silano, (5) ácido + silano + heliobond. A força de cisalhamento foi medida inicialmente, após 5.000 e 10.000 termociclos. Após 10.000 ciclos para CAL, somente o condicionamento 5 resultou em uma adesão segura no valor médio de 10,7 MPa. O VAR mostrou valores médios de 24,6 MPa, 17,2 MPa e 18,1 MPa para os tratamentos 5, 4 e 3, respectivamente. Para o procedimento 2, RXU revelou significativamente valores médios de 15,4 MPa (*U*-test, $p=0.05$). Somente RXU foi efetivo para os espécimes do procedimento 1 aos

10.000 ciclos. Os resultados revelaram que uma simplificação do tratamento cerâmico para VAR e RXU pode ser possível.

Em 2005, Soares et al.⁶⁴ observaram que a longevidade clínica de restaurações indiretas confeccionadas de cerâmica ou de resina composta indireta, para o sucesso clínico, depende da indicação do tratamento e /ou da cimentação. A técnica de cimentação é determinada pelo tipo de material restaurador – cerâmica ou resina composta indireta. Dessa maneira, o tratamento de superfície deve ser realizado de acordo com suas composições particulares. O propósito dessa revisão de literatura foi definir os protocolos de tratamento de superfície dos diferentes materiais disponíveis para restaurações estéticas indiretas. A base de dados do PubMed mostrou que estudos *in vitro* são, em sua maioria, mais comuns no protocolo de tratamento de materiais para dentes coloridos. Artigos que descrevem, pelo menos, procedimentos de tratamento de superfície com efeito na adesão, na relação com a composição do material, nos aspectos clínicos e na expectativa de longevidade foram selecionados. A procura limitou-se a artigos publicados em inglês, entre 1965 e 2004, em periódicos. Jato de areia, técnicas de condicionamento ácido e agentes silanos foram os procedimentos mais comuns com os melhores resultados.

Valandro et al.⁷³ (2005) avaliaram a cobertura de sílica na cerâmica de alumina densamente sinterizada relativamente a isso e a força de adesão de compostos resinosos usando um cimento resinoso. Corpos-de-prova (6mm x6mm x5mm) de cerâmica e resina foram feitos. A superfície da cerâmica (Procera AllCeram) foi polida, e os corpos-de-prova foram divididos em três grupos (n=5): SB, jato de óxido de alumínio com partículas de 110 µm; RS, cobertura de sílica utilizando Rocatec System; e CS, cobertura de sílica utilizando CoJet System. As amostras de cerâmica tratados foram cimentados aos corpos de prova de resina composta (W3D Master) utilizando um cimento resinoso (Panavia F). Os espécimes foram estocados em água destilada a 37°C, por 7 dias, e então cortados em dois eixos, x e y, para obter corpos de prova com uma área de cimentação de aproximadamente 0.6mm (n=30). Os corpos-de-prova foram testados em uma máquina universal de

teste, e os resultados foram estatisticamente analisados, sendo a análise de variância feita pelo teste de Tukey ($\alpha=.05$). Superfícies fraturadas foram analisadas utilizando um microscópio de luz e um microscópio de scanner de elétrons para determinar o tipo de fratura. Espectroscopia de energia dispersiva foi usada para análise da composição da superfície. As médias dos valores de adesão (MPa) dos grupos RS ($17,1 \pm 3,9$) ($p=.00015$) e CS ($18,5 \pm 4,7$) ($p=.00012$) foram estatisticamente maiores que os valores do grupo SB ($12,7 \pm 2,6$). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos RS e CS. Todas as falhas ocorreram na zona de adesão. Concluíram que a cobertura de sílica pelo sistema *tribochemical* aumentou os valores da força de adesão entre Panavia F e Procera AllCeram.

Kim et al.³⁶ (2005), em seu estudo, avaliaram a força de adesão da resina composta a três diferentes *copings* de cerâmica com vários tratamentos de superfície. Trinta corpos-de-prova de cada material (10mm x10mm x2 mm), cerâmica de disilicato de lítio (IPS Empress2[E]), cerâmica alumina (In-Ceram Alumina[I]) e cerâmica zircônia (Zi-Ceram[Z]), foram fabricados. Cerâmica feldspática (Duceram Plus[F]) foi utilizada como controle. Cada material foi dividido em três grupos ($n=10$), e três diferentes tratamentos de superfície foram realizados: jato de ar abrasivo com 50 μm partícula de alumina (Ab); jato de ar abrasivo com 50 μm partícula de alumina e condicionamento ácido com ácido fluorídrico a 4% (Ae) e jato de ar abrasivo com 30 μm modificado com ácido de sílica (Si). Após o tratamento de superfície dos corpos-de-prova, cilindros de resina composta (5-mm diâmetro x10mm de altura) foram polimerizados sobre os corpos-de-prova de cerâmica. Cada corpo-de-prova foi submetido a uma força de tensão à velocidade de 2mm/min até a fratura. As regiões de fratura foram examinadas com microscópio de scanner de elétrons para determinar o local da fratura durante a tensão e examinar o efeito do tratamento de superfície. Dois métodos de análise de variância foram utilizados, e o teste comparativo múltiplo de Duncan ($\alpha= .05$) foi usado para analisar os valores da força de adesão. Foram encontradas diferenças significativas para cerâmicas e tratamento de superfície e interação de ambos. A análise de Duncan resultou nos seguintes

valores estatísticos de força de adesão: (FAe, ISi, EAe, ZSi) > FAb > (FSi, EAb, ESi) (IAb, IAe) > (ZAe, ZAb). Os resultados não ilustram diferenças dentro dos parênteses, mas são estatisticamente significantes entre os grupos. Corpos-de-prova de cerâmica de alumina e zircônia tratados pela técnica de cobertura de sílica e cerâmica de disilicato de lítio tratada com jato de ar abrasivo e tratamento ácido resultaram nos maiores valores de forças de adesão.

Em 2005, Yoshida et al.⁸⁰ propuseram dois cimentos resinosos dual para serem utilizados com cerâmica de vidro e observaram o efeito de três agentes duplos silanos na força de adesão ao cisalhamento. Espécimes de cerâmica de vidro foram confeccionados na forma de discos, tratados ou não com um dos três agentes silanos e então cimentados com um dos dois cimentos resinosos dual. Os corpos-de-prova foram estocados em água destilada a 37°C, por 24 horas, e/ou termociclados 50.000x antes do teste de cisalhamento. Indiferentemente do cimento resinoso e da termociclagem, os espécimes tratados com Clearfil Porcelain Activator mostraram a mais alta força ao cisalhamento entre todos os tratamentos. O tratamento de superfície do Clearfil Porcelain Activator mostrou significativamente boa força de adesão ao cisalhamento após 50.000x de termociclagem comparado com outros tratamentos. De qualquer modo, diferenças significativas na força de adesão foram observadas entre 0 e 50.000 termociclagens para todos os tratamentos.

Em 2006, Atsu et al.² tiveram como objetivo a comparação do efeito do jato de óxido alumínio, da silanização e da combinação da aplicação do silano com métodos de condicionamento na força de adesão da cerâmica reforçada por óxidos de zircônia ligada ao cimento resinoso. Sessenta amostras (5mm x 5mm x 1.5 mm) de cerâmica (Cercon) e cilindros (3mm x 3 mm) de resina composta (Z-250) foram preparados. A superfície da cerâmica foi jateada com partículas de 125 µm de óxido de alumínio, e as amostras foram divididas em seis grupos (n=10), e assim tratados: Grupo C, sem tratamento (controle); Grupo SIL, silanizado (Clearfil Porcelain Bond Activator); Grupo BSIL, aplicação de adesivo (MDP) contendo silano na mistura (Clearfil Liner Bond 2 V/ Porcelain Bond Activator); Grupo SC, aplicação de sílica

30 µm (Sistema CoJet); e Grupo SCBSIL, aplicação de sílica e adesivo com silano (Clearfil Liner Bond 2 V/ Porcelain Bond Activator). Os cilindros de resina composta foram cimentados na superfície da porcelana tendo sido utilizados um adesivo com monômero fosfatado e cimento resinoso (Panavia F). Após as amostras serem estocadas em água destilada a 37°C, por 24 horas, a força de cisalhamento foi avaliada em uma máquina universal de testes à velocidade de 0,5 mm/min. As superfícies descoladas foram observadas com um estereomicroscópio para identificar o modo da fratura, e as superfícies tratadas foram observadas ao microscópio eletrônico de varredura. Os dados de força de adesão foram analisados utilizando o teste de variância de Duncan ($\alpha=0.05$) A força de adesão (média± SD; MPa) nos grupos foi mostrado como segue: grupo C, 15,7±2,9; grupo SIL, 16,5±3,4; grupo BSIL, 18,8±2,8; grupo SC, 21,6±3,6; grupo SCSIL, 21,9±3,9; e grupo SCBSIL, 22,9±3,1. A força de adesão foi significativamente maior no grupo SCBSIL que nos grupos C, SIL e BSIL ($P<0.001$), mas não houve diferença significativa para os outros grupos, SC e SCSIL. Os modos de falha foram primárias na interface entre cerâmica e cimento resinoso nos grupos C e SIL e primária e coesiva nos grupos SC, SCSIL e SCBSIL. A cobertura com sílica (sistema CoJet) e a aplicação de MDP contendo adesivo e silano aumentaram a força de adesão entre a cerâmica e o cimento resinoso (Panavia F).

Güler et al.²⁹ (2006) estudaram o efeito de diferentes tempos de condicionamento ácido utilizando ácido hidrófluorídrico na concentração de 9,6% e dois sistemas adesivos na força de cisalhamento da resina composta com a porcelana. Noventa e oito espécimes de porcelana feldspática (VMK 95, Vita) foram confeccionados (7x7x2), e divididos em sete grupos: um controle e outros seis grupos condicionados com ácido hidrófluorídrico 9,6% com diferentes tempos de condicionamento: 30 segundos, 30+30 segundos, 60 segundos, 60+60 segundos, 120 segundos e 180 segundos. Cada tempo de condicionamento foi dividido em dois grupos: Single Bond e AdheSE (subgrupos n=7). Compósito microhíbrido (Filtek Z250) foi condensado utilizando matriz de teflon e polimerizado por 20 segundos nos

espécimes de porcelana. Os corpos-de-prova preparados foram estocados em água destilada a 37°C, por 24 horas, antes do teste mecânico. Os testes de cisalhamento foram realizados em uma máquina universal de testes (Lloyd LRX) a uma velocidade de 0,5mm/min. Os dados da força de adesão foram analisados com ANOVA. Os resultados foram comparados utilizando o teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). Tempo de condicionamento e o agente adesivo sofreram influência estatisticamente significativa da força de adesão ($p < 0,05$). No grupo do Single Bond, a força de adesão entre o grupo 0 (10,48MPa) e o grupo 30 (11,17MPa) não diferiu significativamente, tendo esse grupos exibido os menores valores de força de adesão. Os maiores valores de força de adesão no grupo do Single Bond foram observados no grupo 120 (15,07 MPa) e no grupo 60+60 (15,42 MPa), os quais não diferiram significativamente. No grupo do AdheSE, a força de adesão do grupo 0 (9,33 MPa) e a do grupo 30 (9,49 MPa) não diferiram significativamente, e esses grupos exibiram os menores valores. Os maiores valores nos subgrupos do AdheSE foram observados no grupo 120 (14,84 MPa) e no grupo 60+60 (14,96 MPa), que não foram significativamente diferentes. Comparando a diferença nos dois sistemas adesivos, Single Bond exibiu maiores valores que o sistema self-etching AdheSE. Condicionamento ácido da porcelana com ácido hidrófluorídrico 9,6% por 120 segundos teve a melhor força de adesão para reparos com resina composta microhíbrida. Concluíram que quando uma restauração de porcelana é reparada com compósito, sistema Single Bond deve ser utilizado ao sistema self-etching AdheSE.

Em 2006, Türkmen et al.⁷¹ estudaram os efeitos do laser de Nd:YAG, do jato de ar abrasivo e do ácido ortofosfórico em alguns materiais restauradores a saber: amálgama, resina composta, compômero, CIV e cerômero, quando foram usados para propósitos de selamento marginal, e avaliaram, de acordo com os parâmetros, padrões de condicionamento do esmalte. As superfícies dos materiais foram polidas. Uma amostra de cada grupo foi exposta ao laser (0,75J, 15pps) e ao ar abrasivo (pó de óxido de alumínio, 60 psi) por 2 segundos e ácido ortofosfórico a 37% por 60 segundos. Os materiais tratados foram analisados ao microscópio

eletrônico de varredura. Após o tratamento a laser, a maioria das amostras mostrou áreas recristalizadas, a superfície do cimento ionômero de vidro mostrou-se a mais afetada. Havia alguns poros e cavidade na superfície do amálgama após o tratamento a laser. As superfícies tratadas apresentaram-se abrasionadas. O condicionamento ácido mostrou-se o mais fraco. Durante a aplicação do laser ou ar abrasivo, os dentes adjacentes devem estar protegidos ou o dentista deve tomar cuidado.

Xible et al.⁷⁹ (2006), sabendo que a força de adesão dos núcleos de resina composta ligados a superfícies lisas dos pinos de cerâmica pré-fabricados é problemática, porque possivelmente não é suficiente para assegurar a estabilidade do sistema pino e núcleo preenchido com resina. E ainda não está claro, ante qualquer alteração do pino devida a retenções adicionais mecânicas ou químicas, que elas poderiam comprometer a força de flexão dos pinos. Esse estudo testou o efeito do tratamento tribochemical na força de adesão entre os pinos de zircônia e a resina composta na força de flexão dos pinos. Para o teste de força de adesão, dois grupos de amostras (n=10) foram preparados com segue: no grupo experimental (E), pinos de cerâmica (Cosmopost), 21mm de comprimento e 1,7mm de diâmetro, foram tratados com cobertura de sílica tribochemical e silanizados (Rocatec). Para o grupo controle (C), os pinos de zircônia foram utilizados segundo as instruções do fabricante. Para os dois grupos, os pinos foram centralizados e verticalmente posicionados em uma matriz de metal, e resina composta (Tetric Ceram) foi polimerizada em volta dos pinos para formar anéis (6mm de diâmetro x 4mm de altura). Todos os corpos-de-prova foram posicionados em uma máquina universal de testes, e a força foi aplicada axialmente na cabeça dos pinos no modo de cisalhamento até a falha adesiva. O modo de fratura foi classificado como coesiva, coesiva/adesiva ou adesiva. Assim, a força de flexão dos pinos foi medida em MPa utilizando três pontos de apoio. Os dados foram anotados e analisados estatisticamente utilizando o teste *t* do estudante para os dois resultados ($\alpha=.01$). A média dos valores de fraturas \pm SDs para o teste de força de adesão foi 28,1 MPa \pm 2,3 MPa e 8,9 MPa \pm 3,97 MPa para os grupos E e C respectivamente. As médias dos valores de força de flexão foram 1.544,9 MPa

$\pm 214,1$ MPa e $844,8$ MPa $\pm 50,8$ MPa para os grupos E e C respectivamente. Os pinos tratados com sílica (Rocatec) exibiram significativamente altos valores para ambos, força de adesão a resina composta e resistência a fratura, quando comparado aos pinos no grupo controle ($p < .001$). A análise das fraturas mostrou 100% de fratura coesiva/adesiva para o grupo E e 100% de fratura adesiva para o grupo C. O uso da sílica como tratamento e silanização nos pinos de cerâmica aumentou ambos, tanto a força de adesão da resina composta como a resistência à fratura dos pinos.

PROPOSIÇÃO

3. Proposição

Neste trabalho foi avaliada a rugosidade interna de dois sistemas cerâmicos submetidos às diferentes condições de tratamento, utilizando testes de rugosimetria e microscopia eletrônica de varredura, como segue:

Cerâmicas:

- In-Ceram Alumina (Vita Zahnfabrick-Alemanha).
- IPS Empress II (Ivoclar-Vivadent Alemanha).

Tratamentos:

- Controle (sem tratamento)
- Ácido fluorídrico
- Ácido fluorídrico associado ao jato de óxido de alumínio
- Sistema Cojet
- Laser Nd:YAG

***MATERIAL
E MÉTODO***

4. Material e Método

Foram utilizados dois materiais cerâmicos para confecção dos corpos-de-prova:

- In-Ceram Alumina (Vita Zahnfabrick-Alemanha)

Composição: Al_2O_3 (82%), La_2O_3 (12%), SiO_2 (4,5%), CaO (0,8%), outros óxidos (0,7%).

- IPS Empress II (Ivoclar-Vivadent Alemanha)

Composição: SiO_2 (57-80%), Li_2O (11-19%), Al_2O_3 (0-5%), La_2O_3 (0,1-6%), MgO (0-5%), P_2O_5 (0-11%), ZnO (0-8%), K_2O (0-13%).

4.1. Confecção das bases dos corpos-de-prova (CPs)

Foi usinada matriz metálica (Figuras 1 e 2) em aço inoxidável, nas dimensões de 50mm de altura e 20mm de espessura, possuindo em uma de suas superfícies dois orifícios com 10mm de diâmetro por 2mm de altura.



FIGURA 1 – Matriz metálica.

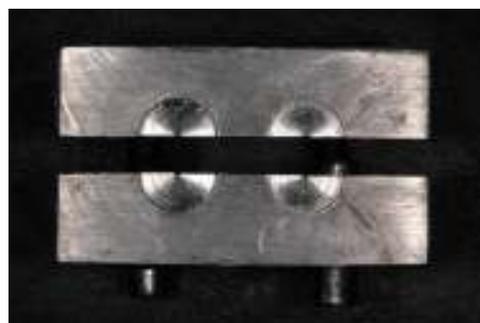


FIGURA 2 – Matriz metálica aberta.

4.2. Metodologia – IPS Empress II

Na confecção dos corpos-de-prova de IPS Empress II sobre o orifício da matriz metálica, foi feito o enceramento da pastilha de cera (Renfert-Alemanha) (Figuras 3 e 4) contendo as dimensões citadas anteriormente, para posterior injeção da cerâmica no revestimento.



FIGURA 3 – Enceramento.



FIGURA 4 – Pastilha encerada.

As pastilhas de cera foram incluídas no revestimento específico do IPS Empress II e após o mesmo ter tomado presa, o conjunto foi levado ao forno da EDG Equipamentos, modelo EDGCON 3000 (Figura 5). Ao lado do revestimento, foram colocados também no forno a pastilha de cerâmica e o êmbulo (Figura 6), até atingir à temperatura de 850°C na qual permaneceram durante 40 minutos para eliminação da cera.



FIGURA 5 – Forno para eliminação da cera.



FIGURA 6 – Revestimento, êmbulo e pastilha no forno.

Atendida a temperatura de 850°C, o conjunto foi transferido para o forno de injeção de cerâmica Ivoclar IPS Empress, modelo 2.9 (Figura 7). O anel de revestimento (Figura 8) foi colocado na temperatura de 700°C, elevada até 920°C (temperatura de fusão da cerâmica) 60°C por minuto a partir dos 700°C iniciais. A temperatura foi mantida a 920°C por 15 minutos antes da injeção da cerâmica para que a temperatura do revestimento estivesse por igual, permanecendo essa temperatura até o final da injeção da cerâmica o qual seria determinado no momento em que o êmbulo estivesse sob pressão de 6 bares, e o tempo dependeu da quantidade injetada. Após a remoção do anel de revestimento do forno, a porcelana foi resfriada à temperatura ambiente e o revestimento aberto com jato de óxido de alumínio com partículas de 50 μm para não danificar o material. O corpo-de-prova (Figura 9) também obteve as mesmas dimensões anteriormente citadas.



FIGURA 7 – Forno de injeção da cerâmica.

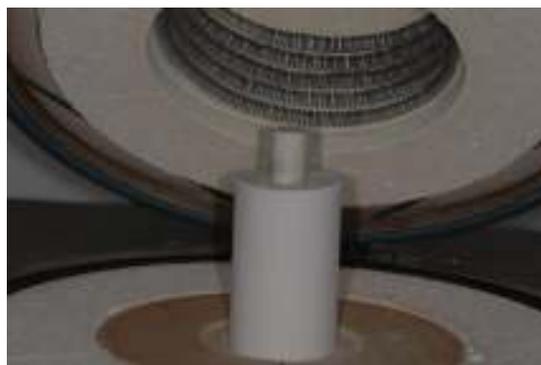


FIGURA 8 – Revestimento no forno.



FIGURA 9 – Corpos de prova – IPS Empress II.

4.3. Metodologia – In-Ceram Alumina

Com a matriz de aço inoxidável foram feitas pastilhas de resina acrílica para que posteriormente fossem confeccionadas matrizes em silicone, pela facilidade de trabalho oferecida por essa cerâmica em sua fase inicial com esse tipo de material, no caso o silicone.



FIGURA 10 – Pastilhas em resina acrílica.



FIGURA 11 – Matriz de silicone.

Seguindo as recomendações do fabricante (VITA, 2000), foram pesados 38g de pó do In-Ceram Alumina em uma balança digital (Micronal B600, Micronal S/A, São Paulo - Brasil). Em um béquer de vidro, foi adicionada uma ampola do líquido de mistura Vita In-Ceram Alumina/Zircônia (5ml) a uma gota do aditivo Vita In-Ceram Alumina (Figura 12). Com objetivo de homogeneizar o líquido, essa mistura foi levada ao aparelho de ultra-som (Vitasonic II – Vita Zahnfabrik, Alemanha) (Figura 13) por 1 minuto.



FIGURA 12 – Aditivo e líquido de mistura.



FIGURA 13 – Ultra-som Vita.

Em seguida, misturou-se o pó de alumina gradativamente com o auxílio de uma espátula de vidro, interrompendo-se esse processo por três vezes para que o recipiente fosse levado, por dois minutos, ao aparelho de ultra-som (Vitasonic

II – Vita), no qual havia cubos de gelo. Após o acréscimo de todo o pó, a mistura permaneceu por 7 minutos no aparelho de ultra-som para promover a completa homogeneização do material (Figura 12).



FIGURA 14 – Mistura no ultra-som por 7 minutos.

Misturou-se pequena quantidade de barbotina, nome dado à suspensão de óxido de alumina, com água destilada em um pote dappen e, com um pincel de ponta fina, umedecia-se a matriz para a quebra da tensão superficial e evitar que ocorressem bolhas após a presa do material. A barbotina, foi aplicada, com o auxílio de pincel na matriz de silicone (Figura 15). Aguardou-se duas horas em temperatura ambiente para que ocorresse a secagem da mistura barbotina (Figura 16), permitindo a remoção das bases dos corpos-de-prova da matriz de silicone, as quais foram levadas ao forno Inceramat 2 (Vita Zahnfabrick, Alemanha) (Figura 17) para sinterização, seguindo o ciclo preconizado pelo fabricante, conforme o Quadro 1.



FIGURA 15 – Barbotina sendo aplicada na matriz.



FIGURA 16 – Barbotina após presa.



FIGURA 17 – Forno VITA – Inceramat II.

Quadro 1 - Ciclo de sinterização do In-Ceram Alumina

Temperatura	120°C	120 a 1.120°C	1.120°C	1.120 a 400°C
Tempo	6 horas	2 horas	2 horas	2 horas

4.3.a. Infiltração do pó de vidro de lantânio nas bases de In-Ceram Alumina

O In-Ceram Alumina possui pó de vidro de lantânio (Figura 18) específico para sua utilização. O pó de vidro de finas partículas foi misturado com água destilada até a obtenção de uma massa de consistência fluida (Figura 19). Com o

auxílio de pincel, foi aplicada uma camada de aproximadamente 2 mm de espessura em toda a extensão das bases sinterizadas (Figura 20), deixando um espaço livre de vidro, em uma das bases, para permitir o escape de ar do interior da estrutura (Figura 21), uma vez que a infiltração do vidro ocorre por um processo de capilaridade, passando pelo interior da estrutura porosa.



FIGURA 18 – Pó de vidro de lantânio.



FIGURA 19 – Pó de vidro + água destilada.



FIGURA 20 – Camada de pó de vidro.



FIGURA 21 – Espaço livre para escape de ar.

Para a infiltração do vidro, os ciclos foram realizados sobre lâmina de platina-ouro (CNG – Brasil), cuja composição consistia em 95% de platina e 5% de ouro, nas dimensões de 60 mm x 50mm e 0,1mm de espessura, sendo as bases, onde sofrerão o tratamento de superfície, dispostas sobre a lâmina de platina-ouro com a região oposta virada para cima (Figura 21). No forno Incerammat 2 (Vita Zahnfabrick,

Alemanha) (Figura 22), foi realizado o ciclo de infiltração do vidro do In-Ceram Alumina também de acordo com as recomendações do respectivo fabricante (Quadro 2).



FIGURA 22 – Ciclo de infiltração.

Quadro 2 - Ciclo de infiltração do vidro do In-Ceram Alumina

Temperatura	200 a 1.100°C	1.100°C
Tempo	30 minutos	6 horas

Em seguida, o excesso de vidro dos corpos-de-prova foi removido com o auxílio de um jato de óxido de alumínio de 50 μ m e pressão de 3 bares.



FIGURA 23 – Corpos-de-prova antes da remoção do excesso de vidro.



FIGURA 24 – Corpos-de-prova após a remoção do excesso de vidro.

4.4. Tratamento superficial dos corpos-de-prova

4.4.a. Condicionamento com ácido fluorídrico a 10%

A superfície dos corpos-de-prova foi submetida a condicionamento com ácido fluorídrico a 10% pelo tempo de um minuto (Figura 25) e, a seguir, foram lavados abundantemente com água para neutralização do efeito ácido.



FIGURA 25 – Condicionamento com ácido fluorídrico.

4.4.b. Jato de óxido de alumínio – Bio Art

A superfície dos corpos-de-prova foi submetida à ação do jato de óxido de alumínio com equipamento fabricado pela Bio-Art. Foram utilizadas partículas de 50 μ m jateadas por 20 segundos, a uma distância de 1,0 cm e pressão de 60 libras/polegadas², tendo como objetivo criar microrretenções na superfície dos materiais testados.

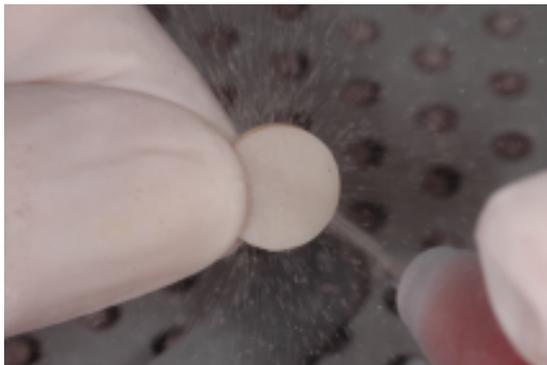


FIGURA 26 – Jato de óxido de alumínio – Bio Art.

4.4.c. Condicionamento com ácido fluorídrico a 10% e jato de óxido de alumínio

Nesse tratamento, a superfície dos corpos-de-prova foram submetidas à associação do condicionamento do ácido fluorídrico a 10% com jato de óxido de alumínio.

4.4.d. Condicionamento com partículas de sílica – Sistema CoJet

Foi aplicada sobre a superfície dos corpos-de-prova de IPS Empress II e InCeram Alumina uma cobertura de sílica. As pastilhas foram colocadas em plataforma, na qual o jato de sílica (Micro-Etcher, Danville Inc., San Ramon, CA, USA) posicionava-se à distância de 1 cm (dispositivo desenvolvido pela disciplina de Prótese da UNESP – São José dos Campos) (Figura 27), com pressão de 2,8 bar, por 20 segundos, com CoJet-Sand (partículas de sílica possuem 30 μ m, 3M-ESPE, Minnesota, USA) (Figura 28). Esses corpos-de-prova foram movimentados sobre a plataforma para que se obtivesse um tratamento homogêneo.



FIGURA 27 – Dispositivo utilizado.



FIGURA 28 – Aplicação do CoJet.

4.4.e. Condicionamento da superfície com laser de Nd:YAG

Os ensaios de irradiação por feixe de laser foram todos realizados em um equipamento Digilaser 100-Violin 10-Nd:YAG (Figura 29) da empresa ADITEK, localizada no município de Cravinhos (SP). As pastilhas de cerâmica foram posicionadas uma a uma sobre uma placa metálica sob a ponta de ação do laser, e individualmente o tratamento da superfície com o laser nas pastilhas de cerâmica foi realizado (Figura 30). No computador era selecionado o perímetro de ação do laser, a velocidade de varredura, a frequência e a potência de ação do laser:

- Perímetro de ação do laser: 1cm^2 ;
- Velocidade de varredura: 100mm/s (espaço entre varreduras 0,01mm);
- Frequência de pulso: 35KHz;
- Potência: 100% da capacidade.



FIGURA 29 – Digilaser Nd:YAG.

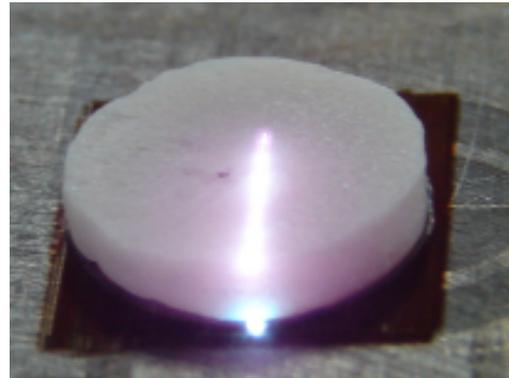


FIGURA 30 – Irradiação a laser.

4.5. Planejamento experimental

Foi confeccionado um total de 100 amostras, sendo 50 para cada material. Realizaram-se quatro leituras de rugosidade na superfície dos corpos-de-prova, duas no sentido transversal e duas no sentido longitudinal, e foram feitas cinco fotos da superfície de um corpo-de-prova para cada condição experimental, amostras essas sorteadas aleatoriamente.

Grupo 1 - In-Ceram Alumina (Vita Zahnfabrick-Alemanha) (C1)

- Controle (sem tratamento) – n=10 (T0)
- Condicionamento com ácido fluorídrico a 10% – n=10 (T1)
- Jato de óxido de alumínio associado ao ácido fluorídrico a 10% – n=10 (T2)
- Sistema Cojet (cobertura de sílica) – n=10 (T3)
- Condicionamento com laser Nd:YAG – n=10 (T4)

Grupo 2 - IPS Empress II (Ivoclar-Vivadent Alemanha) (C2)

- Controle (sem tratamento) – n=10 (T0)
- Condicionamento com ácido fluorídrico a 10% – n=10 (T1)
- Jato de óxido de alumínio associado ao ácido fluorídrico a 10% – n=10 (T2)
- Sistema Cojet (cobertura de sílica) – n=10 (T3)
- Condicionamento com laser Nd:YAG – n=10 (T4)

4.5.a. Avaliação da superfície dos corpos-de-prova por meio dos testes de rugosimetria

A realização dos testes de rugosimetria ocorreu segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (A.B.N.T.), que, através do seu P – NB 6043 – 2004, identifica como critério de especificação de rugosidade o desvio médio aritmético – Ra ou CLA (Center-line Average), ou AA (Arithmetic Average), que se baseia no sistema M (linha média), linha paralela capaz de orientar a direção do perfil rugoso.

A medição da rugosidade superficial dos corpos-de-prova de cerâmica foi feita com o aparelho para medição de perfis e rugosidade superficial FORMTRACER FORM™ – TALYSURF Series 2 – Modelo SV C525 (Taylor Hobson Precision – Leicester – Inglaterra), do laboratório de Materiais Fotônicos do Instituto de Química de Araraquara – UNESP (Figura 31).



FIGURA 31 – FORMTRACER FORM™ – TALYSURF Series 2 –Modelo SV C525.

Foi realizada calibragem prévia do aparelho sobre uma superfície metálica própria do aparelho, anteriormente à leitura dos corpos-de-prova.

Esse equipamento é composto de plataforma metálica na qual se apóia o corpo-de-prova. Possui também um travessão horizontal regulável, acoplado a uma haste vertical, que permite a aproximação da ponta medidora de rugosidade da superfície do corpo-de-prova, ponta essa de diamante, com secção transversal de 0,002mm de raio (ponta medidora nº 112/2564-2003), que se desloca à velocidade de 0,5mm/s, cuja manipulação é feita através de um *software* específico para leitura de rugosidade (ULTRA VERSION 4.3.14™).

Para a realização das medidas, o ajuste da ponta medidora foi realizado por meio de um dispositivo automático informatizado que permitia, por meio de sensibilidade, o adequado contato da ponta com a superfície do corpo-de-prova. Essa ponta percorreria uma distância de 4 mm (variável X), escala em micrômetros (μm) e ajuste em área de superfície dos corpos-de-prova – Ra (variável Z).

Cada corpo-de-prova foi submetido a um total de quatro medidas, duas medidas no sentido transversal e duas no sentido longitudinal. O deslocamento lateral entre as varreduras (variável Y) foi estabelecido em 1 mm. As variáveis X, Y e Z

foram analisadas em gráfico de intersecção denominado LS, que emitiu o valor real da unidade de medida selecionada (Ra).

Foram analisadas as superfícies de todas as amostras, e os resultados individuais de cada aferição foram anotados em anexos.

Para cada amostra de cerâmica, foram feitas 4 leituras considerando-se 5 amostras por grupo; desse modo, 100 leituras por tipo de cerâmica, totalizando 200 aferições em todo o experimento.

4.5.b. Avaliação da superfície dos corpos-de-prova por meio de fotomicrografias em MEV

A realização da microscopia ocorreu no microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM – T330A (Japão – Tokyo), e as superfícies dos corpos-de-prova devidamente tratados ou não foram metalizadas com uma cobertura de ouro paládio, em aparelho específico BAL-TEC SCD 050 sputter coater (Alemanha), para observação ao microscópio eletrônico de varredura regulado para 20 KV e aumento de 2000X. Para cada amostra foi obtida cinco fotomicrografias da superfície com filme Neopan Across 100 em preto e branco para posterior análise comparativa dos diferentes tratamentos.



FIGURA 32 – Microscópio Eletrônico de Varredura, JEOL JSM – T330A.

4.6. Planejamento estatístico

A avaliação de rugosidade foi realizada pela análise de variância de dois fatores: cerâmica e tratamento superficial, complementada por comparações múltiplas de médias pelo teste de Tukey, sendo adotado o nível de significância de 5% para a tomada de decisões.

A eficiência da análise de variância depende de serem verificadas algumas condições, como independência das medidas de rugosidade, homogeneidade de variâncias e normalidade dos erros experimentais.

A metodologia indicada acima permite avaliar apenas se existe evidência de diferenças significativas entre médias. Para quantificar essas diferenças, foram construídos intervalos de confiança de 95% para as médias obtidas, e, quanto maior a sobreposição desses intervalos, menor será a evidência de diferença entre duas médias.

RESULTADOS

5. Resultados

5.1. RESULTADOS – Rugosimetria

Nas Tabelas A1 e A2 do Apêndice A, são mostrados os valores de rugosidade (médias de quatro leituras) obtidos em amostras das cerâmicas In-Ceram Alumina (C1) e IPS Empress II (C2) submetidas aos tratamentos superficiais: ácido fluorídrico (T1); ácido fluorídrico associado ao jato de óxido de alumínio (T2); Sistema Cojet (T3); Laser Nd:YAG (T4) e sem tratamento (T0: controle). Na Tabela 1 são apresentadas às médias e os desvios padrão dessas medidas de rugosidade.

A análise de variância evidenciou efeito altamente significativo da interação tratamento/material ($p < 0,001$), como mostrado na Tabela A3 do Apêndice A, indicando que os efeitos dos tratamentos superficiais dependem da composição e microestrutura das cerâmicas. Então, o teste de Tukey foi aplicado para a comparação das médias dos 20 condições experimentais duas a duas. Os valores p do teste de Tukey são mostrados na Tabela A4 do Apêndice A, e o resultado está resumido na Tabela 1 da seguinte forma: médias acompanhadas de letras iguais não foram consideradas significativamente diferentes ao nível de significância de 5%.

Tabela 1 - Médias e desvios padrão de rugosidade

Tratamento	Cerâmica			
	C1		C2	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
T0	0,829 ^b	0,046	0,449 ^a	0,022
T1	0,928 ^{bc}	0,136	1,726 ^e	0,143
T2	1,021 ^{bc}	0,125	1,527 ^{de}	0,083
T3	1,046 ^c	0,083	1,493 ^d	0,257
T4	0,876 ^{bc}	0,042	3,022 ^f	0,231

Verificando os resultados obtidos mostrado na Tabela 1, entendemos que é de suma importância avaliação gráfica com a finalidade de evidenciar as diferenças significativas entre médias e sobre a significância da interação. Assim sendo, no Gráfico 1 estão representadas graficamente as médias de rugosidade obtidas em cada grupo experimental, assim como os intervalos de confiança de 95% para as médias obtidas, individualizados para cada grupo experimental. Quanto menor o intervalo, maior é o grau de precisão sobre a estimativa da média obtida.

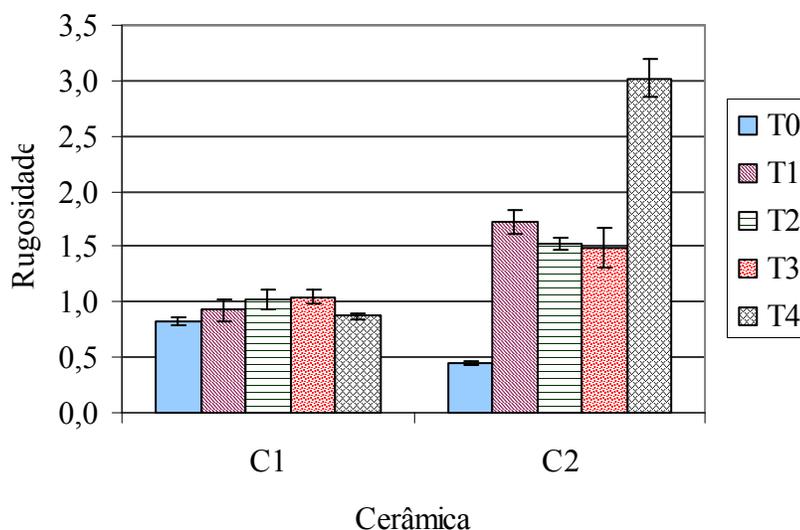


Gráfico 1 - Médias amostrais (retângulos) de rugosidade e intervalos de 95% para as médias obtidas (barras).

Portanto, devem ser considerados, para a análise dos resultados de rugosidade: a análise estatística, com os cuidados recomendados; os gráficos de médias com os intervalos de confiança e também a relevância na prática das diferenças encontradas. Nesse sentido, é evidente que as médias dos grupos com a cerâmica C1 são próximas e intermediárias em relação ao controle de C2 e aos outros grupos com C2. A média de rugosidade do grupo controle da cerâmica C2 é a menor de todas, enquanto a média do tratamento T4 em C2 é a maior.

As variabilidades diferentes de alguns grupos experimentais, quando comparadas com a variação do controle, mostram que os tratamentos afetam a estrutura superficial das cerâmicas, ainda que possam manter a mesma média de rugosidade ou aumentá-las.

5.2. RESULTADOS – Microscopia Eletrônica de Varredura

Os resultados obtidos nas fotomicrografias são provenientes de dois materiais restauradores indiretos com quatro tratamentos superficiais mais o controle. Para a avaliação, foram obtidas em microscopia eletrônica de varredura 50 fotomicrografias, sendo 5 fotomicrografias para cada condição experimental. Assim, escolheu-se a foto que mais evidenciava as características da condição avaliada.

Os resultados obtidos evidenciaram o seguinte:

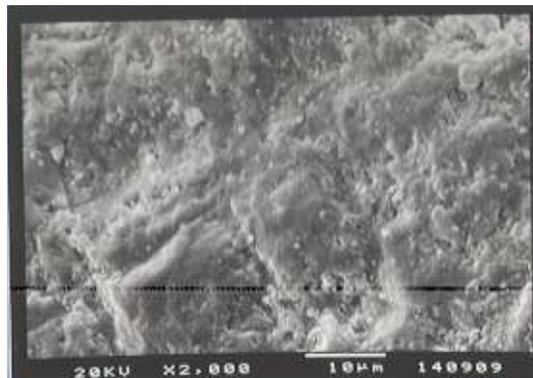


FIGURA 33 – InCeram controle.

A superfície aqui observada transparece certa regularidade e partículas dispersas em uma matriz cerâmica.

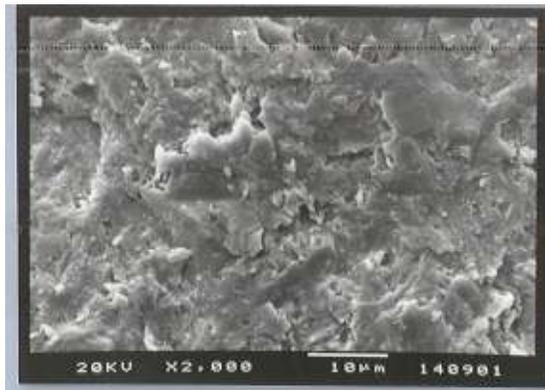


FIGURA 34 – InCeram jato de óxido de alumínio associado ao ácido fluorídrico a 10% .

As características nesta fotomicrografia evidenciam irregularidades provenientes dos tratamentos aos quais este grupo experimental foi submetido quando comparado ao controle.

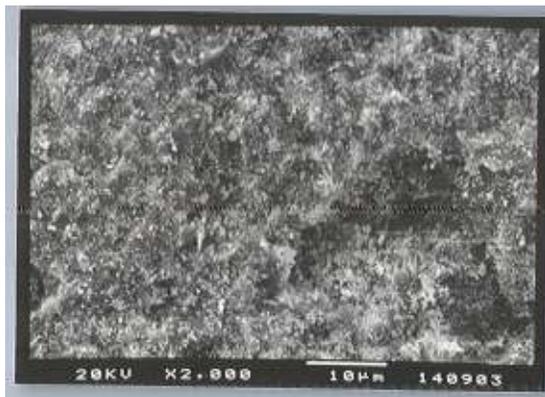


FIGURA 35 – InCeram sistema CoJet.

Esse resultado evidencia que é nítido o aparecimento de microrretenções sobre a superfície do material, bem como de partículas de sílica impregnadas na superfície, característica deste tipo de tratamento.

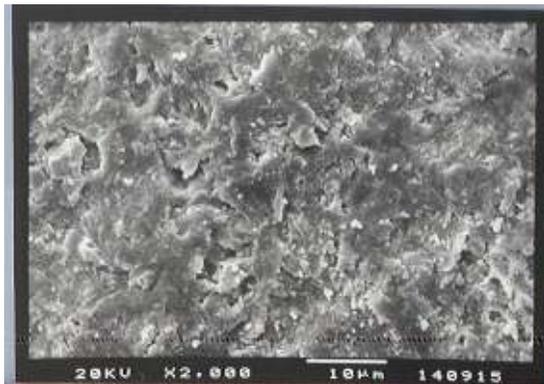


FIGURA 36 – InCeram ácido fluorídrico à 10%.

Ocorreu o aparecimento de alguma microporosidade sem, entretanto, originar uma superfície propícia para retenção.

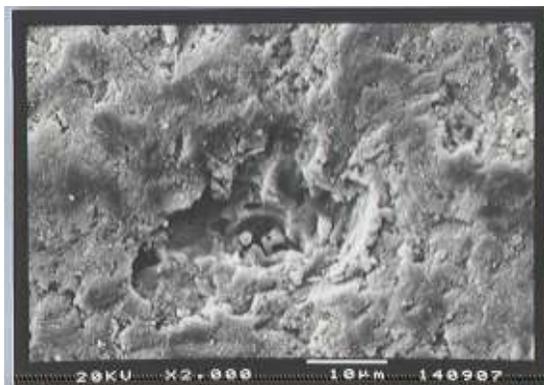


FIGURA 37 – InCeram laser Nd:YAG.

São observadas macrorretenções (crateras) em comparação com os outros tratamentos, como também partículas de cerâmica dispersas.

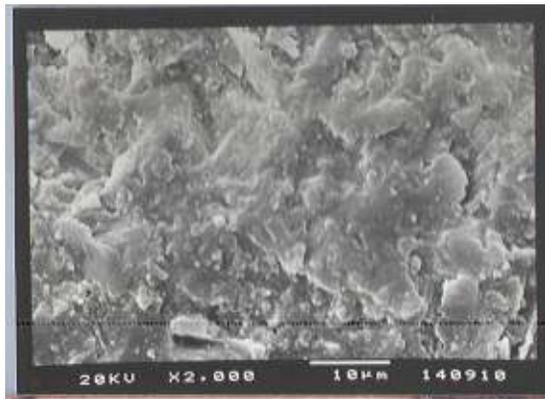


FIGURA 38 – IPS Empress II controle.

Observa-se nesta fotomicrografia, uma superfície parcialmente lisa de disilicato de lítio transparecendo a presença de cristais.

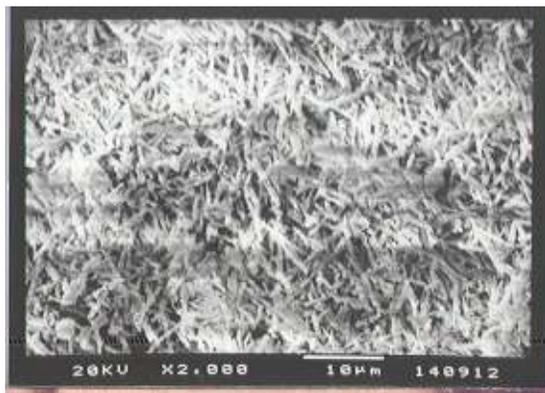


FIGURA 39 – IPS Empress II jato de óxido de alumínio associado ao ácido fluorídrico a 10%.

Esta fotomicrografia apresenta boa exposição de cristais de disilicato de lítio juntamente com filamentos, ocasionando o aparecimento de microtúneis favorecendo a microrretenção.

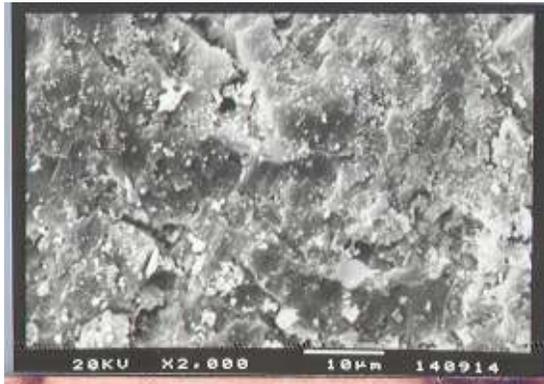


FIGURA 40 – IPS Empress II sistema CoJet.

Evidenciou-se a presença de erosões na superfície da cerâmica, partículas de sílica provenientes do tratamento e também partículas de disilicato de lítio dispersas na superfície, sem a presença de microrretenções.



FIGURA 41 – IPS Empress II ácido fluorídrico a 10%.

Nota-se a presença uniforme de superfície altamente filamentosa com pequenos cristais de disilicato de lítio, estando aparentes as microrretenções no corpo-de-prova. O ataque ácido dissolve a fina camada da fase de vidro e expõe os cristais de disilicato de lítio, (ambos servem como qualidades de retenção). A composição de sílica do IPS Empress II é de aproximadamente 60%, segundo o

fabricante, e é suficiente para se obter boa ligação com o cimento resinoso sem precisar da técnica de cobertura de sílica.

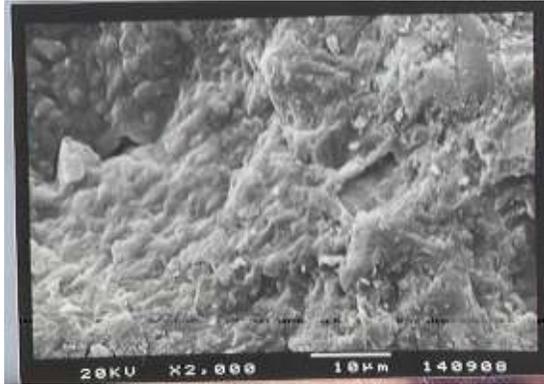


FIGURA 42 – IPS Empress II laser Nd:YAG.

Este tratamento mostrou superfície altamente irregular, sem, no entanto, propiciar uniformidade retentiva favorecendo a retenção.

DISCUSSÃO

6. Discussão

Para que se tenha sucesso estético e funcional em Odontologia Restauradora quando utilizadas restaurações indiretas de cerâmica é necessário que ocorra a adesão entre este material e o substrato dental (ÖZCAN, 2003)⁵¹, de tal modo que muitos são os requisitos e cuidados que devem ser tomados, desde o preparo do dente até a cimentação das peças indiretas, sejam estas confeccionadas, de cerâmica pura ou metalocerâmica. A adesão fará parte de todo o procedimento de cimentação da coroa que será realizado, sendo um dos últimos estágios para a finalização do trabalho restaurador indireto.

Tendo em vista a proposição deste trabalho, há de se considerar o que Borges et al.⁹ (2003): assinalam que a composição e a superfície microestrutural de todas as cerâmicas são componentes importantes de um substrato destinado à posterior adesão. De modo geral, a literatura consultada mostra que os materiais estéticos indiretos envolvidos apresentaram também diferentes níveis de rugosidade e adesividade quando submetidos a tratamentos superficiais, (BORGES et al.⁹, 2003; DELLA BONA et al.²⁰, 2003; SAYGILI e SAHMALI⁶⁰, 2003; SCHMAGE et al.⁶¹, 2003; USUMEZ e AYKENT⁷², 2003; ATTIA e KERN⁶, 2004; MEYER FILHO et al.⁴⁴, 2004). Estas informações estão de pleno acordo com os nossos resultados mostrados na Tabela A3 (Apêndice A), onde indicam que os efeitos dos tratamentos superficiais dependem da composição e microestrutura da cerâmica.

De fato, existem várias formas de melhorar a retenção e a resistência de união de materiais restauradores estéticos indiretos com a estrutura dental. A obtenção de microrretenções por meios físicos e químicos tem sido investigada ao longo dos anos e, com certeza, constitui importante desafio para melhorar o desempenho clínico desses materiais. Como principais meios mecânicos para criar retenções microscópicas, o jato de óxido de alumínio e a aplicação de sílica por meio do sistema CoJet e Rocatec são considerados por Türkmen et al.⁷¹ (2006), Xible et

al.⁷⁹ (2006), Atsu et al.⁵ (2006), Kim et al.³⁶ (2005), Valandro et al.⁷³ (2005), Akova et al.² (2005), Guazzato et al.²⁸ (2005), como sendo artificios extremamente eficientes nesse propósito, pois originam alterações morfológicas na superfície das cerâmicas da ordem de 15 µm pela velocidade de impacto das partículas com a superfície do material cerâmico. Esses autores também relatam a eficiência desse método de tratamento para metais. Assim sendo estas afirmações corroboram de certa forma com os nossos achados através da microscopia eletrônica de varredura, onde a Figura 35 – InCeram Sistema CoJet e a Figura 39 – IPS Empress II aplicação de jato de óxido de alumínio associado ao ácido fluorídrico, evidenciam características onde as microrretenções são extremamente sugestivas nas superfícies destes materiais.

Importante artifício para obter microrretenções é a aplicação de substâncias químicas tal como o ácido fluorídrico, como nos informam Chen et al.¹⁸,¹⁹ (1998), Jardel et al.^{31, 32} (1999), Peumans et al.⁵⁴ (1999), Meyer Filho et al.⁴⁴ (2004), Reich et al.⁵⁷ (2005), Krämer et al.³⁷ (2006), Güler et al.²⁹ (2006), o qual age na superfície das cerâmicas dissolvendo a parte vítrea e criando, dessa forma, microporosidades retentivas pela exposição de áreas de cristais que formam a parte cristalina. Várias outras soluções ácidas foram testadas; entretanto, o ácido fluorídrico mostrou-se o mais efetivo. Essas afirmações podem ser observadas na Figura 41 IPS Empress II ácido fluorídrico a 10% - Onde nota-se a presença uniforme de superfície altamente filamentosa com pequenos cristais de disilicato de lítio, ficando aparente as microrretenções na superfície tratada do corpo-de-prova. O ataque ácido dissolve a fina camada da fase de vidro expondo os cristais de disilicato de lítio, ambos servem como qualidades de retenção. A composição de sílica do IPS Empress II é de aproximadamente 60% segundo o fabricante e é suficiente para se obter boa ligação com o cimento resinoso sem que se precise da técnica de cobertura de sílica.

Entre os meios físicos, o tratamento por calor é recomendado por Guazzato et al.²⁸ (2005), pelo qual o material cerâmico foi elevado à temperatura de 960°C por 1 minuto e posteriormente à 940°C por mais 1 minuto, sendo também aplicados métodos convencionais anteriormente ao tratamento por calor. A aplicação

de laser de CO₂ por Akova et al.² (2005), de Nd:YAG por Li et al.⁴⁰ (2000) e de ER,Cr:YSGG por Usumez e Aykent et al.⁷² (2003) tiveram o mesmo propósito, a obtenção de microrretenções na superfície das cerâmicas. Os autores afirmaram que a irradiação a laser promove adequada força de adesão na superfície da porcelana e pode substituir métodos convencionais, mas outros estudos devem ser realizados para aprimoramento da técnica e redução do custo. Derand et al.²² (2005) ainda propuseram outro tipo de tratamento utilizando plasma spray através de um reator. A deposição do plasma é feita em três passos seqüenciais: ativação da superfície pelo oxigênio, deposição de hexametildisiloxano e ativação do polímero com oxigênio. O estudo mostrou que o condicionamento da superfície com plasma spray pode, com sucesso, aumentar a força de adesão na superfície das cerâmicas comparada com as superfícies não-tratadas. Em nosso estudo o meio físico testado foi o laser de Nd:YAG nas seguintes condições experimentais; InCeram Alumina e IPS Empress II (Figuras 37 e 42 respectivamente) onde por estes tratamento mostraram uma superfície altamente irregular, sem no entanto propiciar um padrão de retenção adequada o que de certa forma é discordante dos achados literários.

Outros autores sugeriram a utilização de agentes silanos para o aumento da força de adesão (AKOVA et al.², 2005; SOARES et al.⁶⁴, 2005; YOSHIDA et al.⁸⁰, 2005; REICH et al.⁵⁷, 2005; MEYER FILHO et al.⁴⁴, 2004; DELLA BONA et al.²⁰, 2003). Afirmaram que o silano é um dos fatores responsáveis pelo aumento na força de adesão das cerâmicas e que a aplicação do silano não condiz com a composição e a microestrutura do material, mas fornece grande capacidade adesiva devido sua alta capacidade de molhamento e contribuição química para adesão. O agente silano é uma grande molécula que possui um grupo metacrilato que se liga ao material resinoso e um grupo silanol que se une a superfície da cerâmica.

Ao longo dos anos, com o desenvolvimento tecnológico e das pesquisas por interesse do profissional, têm aumentado as possibilidades de tratamentos para superfícies cerâmicas, como foi citado nos parágrafos anteriores,

visando melhora e maior sucesso clínico nas cimentações de restaurações cerâmicas. Segundo Soares⁶⁴ (2005), o tratamento de superfícies internas das cerâmicas e dos cerômeros vai depender da composição do material, do uso de técnicas de condicionamento e abrasão da superfície e do emprego do silano. Conseqüentemente, o clínico deverá conhecer completamente os materiais restauradores e os protocolos específicos para otimizar o sucesso de procedimentos restauradores indiretos. Borges et al.⁹ (2003) disseram que o sucesso clínico depende do processo de cimentação, por outro lado, Stewart et al.⁶⁷ (2002), enfatizaram que a literatura é pouco clara sobre qual cimento, tratamento de superfície de cerâmica e agente adesivo seria mais adequado para produzir mais alta e duradoura resistência adesiva. Independentemente das citações dos parágrafos anteriores julgamos de suma importância relatar nossos achados quanto a rugosidade. As variabilidades diferentes de alguns grupos experimentais, quando comparadas com a variação do controle, mostram que os tratamentos afetam a estrutura superficial das cerâmicas, ainda que possam manter a mesma média de rugosidade ou aumentá-las, isso significa que mesmo que as superfícies sejam altamente rugosas, se esta superfície não possuir um padrão de rugosidade ou não sofrer um processo de tratamento adequado o processo de adesão pode apresentar falhas que comprometam a fixação da peça.

As diferentes aplicações de condicionamento da superfície de cerâmica tiveram um grande desenvolvimento a partir de 1983, quando Simonsen e Calamia⁶³, pela primeira vez, utilizaram ácido fluorídrico na concentração de 7,5% nos seguintes tempos: 0, 2½, 5, 10 e 20 minutos para tratamento da mesma e, em seguida, utilizaram testes de tração para chegar a um tempo ideal. Entretanto, outros trabalhos ainda são necessários para adequar o tipo de porcelana ao condicionamento ideal, pois por, serem muitos os sistemas cerâmicos diferentes, nem sempre tratamentos iguais são eficientes para sistemas diferentes. No ano seguinte, (1984) Calamia e Simonsen¹⁴, tendo concluído com o trabalho anterior que o condicionamento da porcelana realmente melhorava sua força de adesão, fizeram novamente o condicionamento da cerâmica, por 20 minutos, desta vez aplicaram

silano junto com o ácido, e mostraram que não só o ácido, mas este juntamente com o silano, formam um importante método de tratamento superficial de sistemas cerâmicos.

Durante a década de 1980, muitas pesquisas foram feitas no campo dos materiais cerâmicos, inclusive trabalhos clínicos, como em 1985 quando Calamia¹³ cimentou muitas facetas individuais com cimentos resinosos sugeridos por Horn³⁰ em 1983. A utilização de materiais fotopolimerizáveis para este trabalho permitiu fácil manipulação além de tempo de trabalho maior. Mais de 100 facetas foram cimentadas dessa maneira, concluindo-se que muitos estudos ainda deveriam ser realizados, embora ao longo dos dois últimos anos, essa nova modalidade de tratamento já tenha se mostrado estética, segura e de bom prognóstico clínico.

Em 1988, Gregory et al.²⁷ estudaram diferentes materiais adesivos no reparo da porcelana com resina composta, submetendo a porcelana ao seguinte tratamento; desgaste com lixa de silicone abrasiva número 600 obtendo resultados pelo quais podiam definir qual sistema adesivo seria mais adequado. Havia ainda a necessidade de desenvolvimento do tratamento das cerâmicas. Sorensen et al.^{65, 66} (1991) diminuíram o tempo de condicionamento para 3 minutos, mas aumentaram a concentração do ácido para 20% e obtiveram excelentes resultados, observando que todas as porcelanas feldspáticas testadas tiveram sua capacidade adesiva melhorada. Apesar disso as porcelanas com alumina não tinham sua força de adesão aumentada por serem cerâmicas mais resistentes. Somente o ácido fluorídrico não era capaz de criar microrretenções. Informaram ainda que não obtiveram os mesmos resultados que Calamia e Simonsen¹⁴ (1984) quanto à aplicação do silano. Os resultados obtidos mostraram que o material não influenciava a força de adesão das cerâmicas ligadas à resina composta. Em outra pesquisa realizada na mesma época, os mesmos autores avaliaram o efeito do condicionamento ácido da porcelana mais a aplicação do silano na microinfiltração e observaram que o tratamento ou o silano sozinhos não têm influência na microinfiltração mas que ambos associados, diminuem significativamente esta que pode ser motivo de insucesso nas reabilitações.

Tanto quanto as primeiras iniciativas de tratamento das cerâmicas por Simonsen & Calamia⁶³ nosso trabalho mostra a importância das diferenças significativas entre os tratamentos e cerâmicas, assim sendo no Gráfico 1 estão representadas as médias de rugosidade obtidas em cada grupo experimental.

De acordo com opiniões emitidas na literatura, o tratamento superficial para cerâmica mais efetivo é a combinação de desgaste com fresa de diamante e condicionamento com ácido fluorídrico à concentração de 9,6% por 2 minutos, segundo Suliman et al.⁶⁸ (1993). Thurmond et al.⁷⁰ (1994) assinalaram que a combinação de jato de óxido de alumínio com ácido fluorídrico à 8% provou ter a melhor força de adesão se comparada a esses tratamentos realizados individualmente. Em estudo realizado por Ozden et al.⁵² (1994) pelo qual estudaram a força de cisalhamento de porcelanas tratadas e cimentadas com cimento dual, o resultado mostrou que os maiores valores de adesão encontrados foram quanto ao uso do silano associado ao desgaste da superfície cerâmica com ponta diamantada. Também relataram que a utilização do ácido fluorídrico com silano o mostrou valores similares ao do uso do ácido sozinho, estando de acordo com Calamia e Simonsen¹⁴, em estudo de 1984, no qual a aplicação do silano não alterou a força de adesão das porcelanas. Nosso estudo não contemplou o uso de desgaste com fresas. Do mesmo modo, Yoshida et al.⁸⁰ (2005) utilizaram o ácido fosfórico a 37% para tratamento da cerâmica e aplicaram três tipos diferentes de silano, tendo afirmado que esse agente, aumenta a força de adesão nos processos de cimentação. Xible et al.⁷⁹ (2006) afirmaram que condicionamento com ácido fluorídrico e silano não aumenta a força de adesão de porcelanas que contenham sílica em sua composição, assim como Madani et al.⁴² (2000) mostraram que o tratamento com jato de óxido alumínio para o InCeram foi mais efetivo na produção da força de adesão entre resina composta e material cerâmico quando comparado à utilização do ácido fluorídrico na concentração de 10%. Porém, para o mesmo material, a aplicação de ácido fluorídrico a 5% mostrou valores similares aos do jato de óxido de alumínio na força de adesão. Excluindo-se a presença do agente silano, os resultados por nós encontrados, mostra

que a presença do ácido fluorídrico à 10% propiciou superfície filamentososa com exposição de cristais, possivelmente adequada para melhoria da retenção. Por outro lado o ácido fluorídrico à 10% não causou alterações significativas na porcelana InCeram Alumina, provavelmente devido a sua alta resistência aos ataques químicos. Como melhor tratamento de superfície para essa cerâmica nossos resultados mostraram que o condicionamento com o Sistema CoJet onde é nítido o aparecimento de microrretenções sobre a superfície do material, bem como de partículas de sílica impregnadas na superfície, característica deste tipo de tratamento, sugerindo grande qualidade na força de adesão.

Reich et al.⁵⁷ (2005), utilizando três diferentes tipos de cimentos resinosos com a aplicação de ácido fluorídrico e silano, disseram ser esses materiais suficientes para a adesão, mas que mais trabalhos *in vitro* ainda deveriam ser realizados para total esclarecimento. Akova et al.² (2005) utilizaram vários tratamentos de superfície na cerâmica. De acordo com outros estudos, a aplicação de jato de óxido de alumínio e ácido fosfórico produziu valores muito baixos comparados aos de outras técnicas de tratamento de superfície (GILLIS E REDLICH²⁶, 1998; SHAHVERDI et al.⁶², 1998), mas, independentemente do tipo de tratamento, a aplicação do silano aumentou a força de adesão de ambos. Lu et al.⁴¹ (1992) e Akova et al.² (2005) ainda obtiveram aumento da força de adesão quando o silano foi aplicado após o tratamento com ácido fluorídrico, diferente de Calamia e Simonsen¹⁴ (1984) e Ozden et al.⁵² (1994) para os quais a aplicação do silano no ácido fluorídrico não provocou aumentos significativos.

Atsu et al.⁵ (2006) estudaram cerâmicas à base de óxidos de zircônia e afirmaram que a aplicação de sílica sobre a superfície definitivamente aumenta a força de adesão dessas cerâmicas e melhora ainda mais quando se faz a utilização de silano. Não tiveram grandes resultados na aplicação do jato de óxido de alumínio junto com o silano. Kim et al.³⁶ (2005) testaram cerâmicas à base de alumina e zircônia. O jato de óxido de alumínio e o condicionamento com ácido fluorídrico tiveram pouca influência no aumento da força de adesão com a resina composta.

Esses resultados foram similares ao de Kern e Thompson³⁵ (1994) para quem a aplicação de sílica pelo sistema Rocatec no sistema cerâmico InCeram promoveu um grande aumento na força de adesão. Kim et al.³⁶ (2005) ainda estudaram as cerâmicas de disilicato de lítio e não tiveram sucesso com a aplicação do jato de óxido de alumínio e o condicionamento com ácido fluorídrico, observando que o desgaste da superfície não foi suficiente para obter relativa força de adesão entre cerâmica e resina composta. Krämer et al.³⁷ (2006) tiveram bons resultados utilizando ácido fluorídrico a 4,5% por 60 segundos junto com a aplicação do silano e recomendaram a utilização desse sistema para cimentação de materiais à base de disilicato de lítio.

Meyer Filho et al.⁴⁴ (2004), pesquisando o tratamento de superfície de porcelanas à base de disilicato de lítio, afirmaram que o silano, individualmente, foi o fator responsável pela força de adesão e que ácido combinado com silano promoveu as maiores forças de união e a aplicação de jato de óxido de alumínio não foi adequada para a união. Al Hussaini e Al Wazzan¹ (2005), utilizando ácido fluorídrico e jato de óxido de alumínio no tratamento de porcelanas com o intuito de cimentação, tiveram como melhor resultado a associação de jato de óxido de alumínio ao adesivo, não tendo a aplicação de ácido com adesivo sido eficiente. Güler et al.²⁹ (2006) aplicaram sobre porcelana feldspática ácido fluorídrico a 9,6% com diferentes tempos de aplicação, tendo a aplicação por 120 segundos mostrado mais eficiente na força de adesão. Wolf et al.⁷⁸ (1992) concluíram que jato de óxido de alumínio ou desgaste com pontas pode ser satisfatório em muitos casos. Apesar disso, acharam que, quando forças de adesão maiores e mais duráveis foram desejadas, condicionamento com ácido fluorídrico foi o passo mais efetivo no tratamento superficial devido à profunda penetração do ácido. Complementando, Chen et al.^{18, 19} (1998) afirmaram que tratamento da superfície da porcelana com jato de óxido de alumínio não seria necessário para a adesão da porcelana com cimento resinoso se o condicionamento ácido fosse utilizado. Como foi descrito por Yen et al.⁸¹ (1993), o efeito do condicionamento ácido pode ser explicado pela natureza química do processo de tratamento. Ácido fluorídrico reage preferencialmente com a fase de sílica da

porcelana feldspática para formar hexafluorossilicatos. Como resultado, a superfície da porcelana torna-se como um favo de mel, o que é esperado para microrretenções. O ácido fluorídrico ataca a matriz de vidro da cerâmica parcialmente e cria microporosidade retentiva pela exposição de cristais, os quais formam a matriz de cristal. Microporosidade melhora a área de superfície e faz com que seja possível o material resinoso micromecanicamente travar sobre a superfície condicionada. Embora várias soluções ácidas possam ser utilizadas com esse propósito, o ácido fluorídrico tem se mostrado o mais efetivo.

Özcan et al.⁵⁰ (2001), utilizando ácido fluorídrico a 5% por 90 segundos, jato de óxido de alumínio e cobertura de sílica através do sistema Rocatec, observaram que o efeito do condicionamento ácido e jato de óxido de alumínio na força de adesão de cimento resinoso ao InCeram não foi em conformidade com os resultados de outros estudos. As diferenças na força de adesão podem ser explicadas pela diferença da morfologia causada pelo ácido e o jato. Ácido fluorídrico dissolve igualmente a matriz de vidro ou cristal da cerâmica dependendo da concentração do ácido e da composição da porcelana. O uso do ácido produz microporosidade, como uma rede de túneis onde o jato apenas faz um desgaste da superfície e não forma essa rede de túneis abaixo da superfície. Os resultados mostraram que o condicionamento ácido não aumentou a força de adesão porque não criou uma superfície microrretentiva no InCeram pela alta concentração de alumina. O melhor resultado foi alcançado com a aplicação de sílica sobre a superfície pelo sistema Rocatec. Assim como Xible et al.⁷⁹ (2006) estudaram diversos tratamentos sobre pinos de cerâmica à base de zircônia e disseram que ácido fluorídrico e silano aplicados sobre cerâmicas à base de zircônia não aumentam a força de adesão da porcelana ligada ao substrato dental ou material resinoso. Obtiveram bons resultados quando aplicaram a sílica sobre a superfície do material pelo sistema Rocatec Plus mais silano, o que pode ser atribuído a dois mecanismos diferentes. Primeiro, irregularidades microscópicas criadas pelas partículas de óxido de alumínio podem provocar retenção mecânica. Madani et al.⁴² (2000) também mostraram que tratamento com jato de ar

abrasivo foi mais efetivo, produzindo alta força de adesão entre resina composta e cerâmica reforçada por óxidos, quando comparado com ácido fluorídrico e desgaste com instrumento rotatório diamantado. O segundo mecanismo está relacionado a uma cobertura gerada pela camada adesiva de sílica seguida da aplicação do silano. Rocatec Plus não é somente um sistema de jato de ar abrasivo; ele consiste em partículas de tamanhos regulares de óxido de alumínio junto com dióxido de silício. Pelo mecanismo, a sílica é quimicamente transformada e conseqüentemente se liga a ligas metálicas e cerâmicas reforçadas por óxidos possibilitando um melhor resultado adesivo.

A constante evolução dos sistemas cerâmicos fez com que outros tipos de tratamento fossem propostos, como a utilização de laser, plasma spray, tratamento por calor ou a associação destes com meios físicos ou químicos (GUAZZATO et al.²⁸, 2005; DERAND et al.²², 2005; AKOVA et al.², 2005; TÜRKMEN et al.⁷¹, 2006). A evolução desses materiais cerâmicos iniciou-se em 1965 com McLean e Hughes⁴⁹ com a implementação de cerâmicas reforçadas por óxidos, isso só foi possível porque houve a introdução de pó de cerâmica que poderia ser queimado a vácuo, além de possuir densidade mais fácil de se trabalhar, segundo McLean⁴⁷ (2001). Junto com a evolução dos sistemas cerâmicos, houve também o desenvolvimento ou simplesmente a introdução de outros métodos de tratamento da porcelana. Akova et al.² (2005) investigaram a ação do condicionamento a laser na porcelana, o que foi sugerido por Li et al.⁴⁰ (2000). Alguns estudos têm investigado a ação do laser no esmalte (ARIYARATNAM et al.⁴, 1997; USUMEZ e AYKENT⁷², 2003; TÜRKMEN et al.⁷¹, 2006), mas seu efeito na porcelana não é completamente conhecido. Segundo o estudo de Akova et al.² (2005) as imagens em MEV mostraram irregularidades na superfície da porcelana. Hipoteticamente essas irregularidades poderiam aumentar a retenção entre a porcelana e o substrato em questão. Li et al.⁴⁰ (2000), que propuseram o condicionamento a laser, observaram nas imagens ao MEV que a superfície da porcelana irradiada com laser de Nd:YAG exibiu desgaste e perfurações que auxiliam na retenção mecânica entre resina composta e cerâmica em processos de

cimentação. Sendo assim, o laser pode substituir outros métodos de condicionamento ou simplesmente se associar a eles.

A literatura consultada mostra muitas informações técnicas a respeito de mecanismos que teve por objetivo aumentar a resistência de união entre a porcelana e a estrutura dental. Entre eles podemos citar: desgaste por pontas diamantadas, aplicação do jato de óxido de alumínio, ácido fluorídrico e, mais modernamente, aplicação de novos sistemas com a utilização de raios laser, plasma spray e impregnação de sílica no contexto da técnica Rocatec ou CoJet.

Em que pesem todas essas tentativas, a literatura mostra também que todas elas são mais eficazes com a presença do silano, que constitui o elo de ligação entre a porcelana e o sistema adesivo.

Em outro projeto futuro, pretendemos testar estes tipos de tratamentos, associando-os a ensaios de resistência de união.

CONCLUSÃO

7. Conclusão

De acordo com a metodologia desenvolvida e os resultados obtidos, julgamos oportuno concluir:

7.1. Rugosimetria

- os meios físicos e químicas empregadas no tratamento superficial das porcelanas foram capazes de provocar microrretenções;
- o sistema IPS Empress II mostrou maiores valores de rugosidades quando submetido ao ácido fluorídrico a 10%, seguido de T2 e T3;
- para todos os tratamentos testados, os níveis de rugosidade foram menores para o sistema InCeram Alumina;
- o sistema IPS Empress II mostrou-se mais favorável em relação a formação de microrretenção quando comparado com o InCeram Alumina.

7.2. Microscopia Eletrônica de Varredura

- o condicionamento a laser propiciou macrorretenção nas superfícies das cerâmicas testadas;
- o sistema InCeram Alumina evidenciou o aparecimento de microrretenções quando se utilizou o sistema CoJet;

- o jato de óxido de alumínio propiciou microrretenções em todos os sistemas cerâmicos.

REFERÊNCIAS

8. Referências

1. Al Hussaini I, Al Wazzan KA. Effect of surface treatment on bond strength of low-fusing porcelain to commercially pure titanium. *J Prosthet Dent.* 2005; 94: 350-6.
2. Akova T, Yoldas O, Toroglu SM, Uysal H. Porcelain surface treatment by laser for bracket-porcelain bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005; 128: 630-7.
3. Amaral R, Özcan M, Bottino MA, Valandro LF. Microtensile bond strength of a resin cement to glass infiltrated zirconia-reinforced ceramic: The effect of surface conditioning. *Dent Mater.* 2005; 22: 283-90.
4. Ariyaratnam MT, Wilson MA, Mackie IC, Blinkhorn AS. A comparison of surface roughness and composite/enamel bond strength of human enamel following the application of the Nd:YAG laser and etching with phosphoric acid. *Dent Mater.* 1997; 13: 51-5.
5. Atsu SS, Kilicarslan MA, Kucukesmen HC, Aka PS. Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. *J Prosthet Dent.* 2006; 95: 430-6.
6. Attia A, Kern M. Fracture strength of all-ceramic crowns luted using two bonding methods. *J Prosthet Dent.* 2004; 91: 247-52.
7. Blixt M, Adamczak E, Lindén LA, Odén A, Arvidson K. Bonding to densely sintered alumina surfaces: effect of sandblasting and silica coating on shear bond strength of luting cements. *Int J Prosthodont.* 2000; 13: 221-6.
8. Braga, RR. Resistência inicial ao cisalhamento de colagens envolvendo porcelana e dentina medidas por cimentos resinosos de dupla ativação. [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 1995.

9. Borges GA, Sophr AM, De Goes MF, Sobrinho LC, Chan DC. Effect of etching and airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramic. *J Prosthet Dent.* 2003; 89: 479-88.
10. Bouschilcher MR, Cobb DS, Vargas MA. Effect of two abrasive systems on resin bonding to laboratory-processed indirect resin composite restorations. *J Esthet Dent.* 1999; 11: 185-96.
11. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955; 34: 849-53.
12. Calamia JR. Etched porcelain facial veneers: a new treatment modality based on scientific and clinical evidence. *N Y J Dent.* 1983; 53: 255-9.
13. Calamia JR. Etched porcelain veneers: the current state of the art. *Oper Dent.* 1985; 5-12.
14. Calamia JR, Simonsen RJ. Effect of coupling agents on bond strength of etched porcelain. [abstract 79]. *J Dent Res.* 1984; 63: 179.
15. Canay S, Hersek N, Ertan A. Effect of different acid treatments on a porcelain surface. *J Oral Rehabil.* 2001; 28: 95-101.
16. Castellani D. Differential treatment planning or the single anterior crown. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1990; 10: 230-41.
17. Cimentos resinosos estéticos. *Dental Advisor.* 2000; 7(4): 1-4.
18. Chen JH, Cramer A, Wilson NH, Roulet JF, Noack M. Effect of etchant, etching period, and silane priming on bond strength to porcelain of composite resin. *Oper Dent.* 1998; 23: 250-7.
19. Chen JH, Matsumara H, Atsuta M. Effect of different etching periods on the bond strength of a composite resin to a machinable porcelain. *J Dent.* 1998; 26: 53-8.
20. Della Bonna A, Anusavice KJ, Mecholsky JJJr. Failure analysis of resin composite bonded to ceramic. *Dent Mater.* 2003; 19: 693-9.
21. Dental cements. *Dental Advisor.* 1993; 10(4): 1-8.

22. Derand T, Molin M, Kvam K. Bond strength of composite luting cement to zirconia ceramic surfaces. *Dent Mater.* 2005; 21: 1158-62.
23. Dietschi D, Magne P, Holz J. Recent trends in esthetic restorations for posterior teeth. *Quintessence Int.* 1994; 25: 659-77.
24. Estafan D, Martin KU, Dussetschleger F, Estafan A. Morphological effects of surface treatments on ceramic restorative materials. *Am J Dent.* 2000; 13: 35-8.
25. Folwaczny M, Mehl A, Haffner C, Hickel R. Polishing and coating of dental ceramic materials with 308 XeCl excimer laser radiation. *Dent Mater.* 1998; 14: 186-93.
26. Gillis I, Redlich M. The effect of different porcelain conditioning techniques on shear bond strength of stainless steel brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998; 114: 387-92.
27. Gregory WA, Hangen CA, Power JM. Composite resin repair of porcelain using different bonding materials. *Oper Dent.* 1988; 13: 114-8.
28. Guazzato M, Albakry M, Quarch L, Swain MV. Influence of surface and heat treatments on the flexural strength of a glass-infiltrated alumina/zirconia-reinforced dental ceramic. *Dent Mater.* 2005; 21: 454-63.
29. Güler AU, Yilmaz F, Yenisey M, Güler E, Ural Ç. Effect of acid etching time and a self-etching adhesive on the shear bond strength of composite resin to porcelain. *J Adhes Dent.* 2006; 8: 21-5.
30. Horn HR. Porcelain laminate veneers bonded to etched enamel. *Dent Clin North Am.* 1983; 27: 671-84.
31. Jardel V, Degrange M, Picard B, Derrien G. Surface energy of etched ceramic. *Int J Prosthodont.* 1999; 12: 415-8.
32. Jardel V, Degrange M, Picard B, Derrien G. Correlation of topography to bond strength of etched ceramic. *Int J Prosthodont.* 1999; 12: 59-64.
33. Jedyakiewics NM, Martin N. The effect of surface coating on the bond strength of machinable ceramics. *Biomaterials.* 2001; 22: 749-52.

34. Kamada K, Yoshida K, Atsuta M. Effect of ceramic surface treatments on the bond of four resin luting agents to a ceramic material. *J Prosthet Dent.* 1998; 79: 508-13.
35. Kern M, Thompson VP. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: volume loss, morphology, and change in the surface composition. *J Prosthet Dent.* 1994; 71: 453-61.
36. Kim BK, Bae HE-K, Shim J-S, Lee K-W. The influence of ceramic surface treatments on the tensile bond strength of composite resin to all-ceramic coping materials. *J Prosthet Dent.* 2005; 94: 357-62.
37. Krämer N, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R. Ceramic inlays bonded with two adhesives after 4 years. *Dent Mater.* 2006; 22: 13-21.
38. Latta MA, Barkmeier WW. Bond strength of a resin cement to a cure composite inlay material. *J Prosthet Dent.* 1994; 72: 189-93.
39. Lawn BR, Deng Y, Thompson VP. Use of contact testing in the characterization and design of all-ceramic crownlike layer structures: a review, *J Prosthet Dent.* 2001; 86: 495–510.
40. Li R, Ren Y, Han J. Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on shear bond strength of composite resin bonded to porcelain. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 2000; 18: 377-9.
41. Lu R, Harcourt J, Tyas M, Alexander B. An investigation of the composite resin/porcelain interface. *Aust Dent J.* 1992; 37: 12-9.
42. Madani M, Chu FCS, McDonald AV, Smales RJ. Effects of surface treatments on shear bond strength between a resin cement and an alumina core. *J Prosthet Dent.* 2000; 83: 644-47.
43. MacCulloch WT. Advances in dental ceramics. *Br Dent J.* 1968; 124: 361-5.
44. Meyer Filho A, Vieira LC, Araujo E, Monteiro Junior S. Effect of different ceramic surface treatments on resin microtensile bond strength. *J Prosthodont.* 2004; 13: 28-35.

45. Milleding P, Örtengren U, Karlsson S. Ceramic inlay systems: some clinical aspects. *J Oral Rehabil.* 1995; 22: 571-80.
46. Mclean JW. Development of esthetics in aluminous porcelain restorations. *J Esthet Dent.* 1997; 9: 208-14.
47. Mclean JW. Evolution of dental ceramics in the twentieth century. *J Prosthet Dent.* 2001; 85: 61-6.
48. Mclean JW. New dental ceramics and esthetics. *J. Esthet Dent.* 1995; 7: 141-9.
49. Mclean JW, Hughes TH. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. *Br Dent J.* 1965; 119: 251-67.
50. Özcan M, Alkumuru HN, Gemalmaz D. The effect of surface treatment on the shear bond strength of luting cement to a glass-infiltrated alumina ceramic. *Int J Prosthodont.* 2001; 14: 335-9.
51. Özcan M, Vallitu PK. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. *Dent Mater.* 2003; 19: 725-31.
52. Ozden HN, Akaltan F, Can G. Effect of surface treatment of porcelain on the shear bond strength of applied dual-cured cements. *J Prosthet Dent.* 1994; 72: 85-8.
53. Pagan C. Avaliação in vitro da resistência adesiva ao cisalhamento entre a dentina bovina, cimentos resinosos e materiais restauradores indiretos, tratados ou não com jato de óxido de alumínio, ácido fluorídrico e silano. [Tese Livre-Docência em Odontologia]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2001.
54. Peumans M, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G. Porcelain veneers bonded to tooth structure: an ultra-morphological FE-SEM examination of the adhesive interface. *Dent Mater.* 1999; 15: 105-19.
55. Qualtrough AJE, An in vitro evaluation of the marginal integrity of a porcelain inlay system. *Int J Prosthodont.* 1991; 4: 517-23.
56. Resin cements. *Dental Advisor.* 1988; 5(1): 1-8.

57. Reich SM, Wichmann M, Frankenberger R, Zajc D. Effect of surface treatment on the shear bond strength of three resin cements to a machinable feldspathic ceramic. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2005; 74: 740-6.
58. Rochette AL. Attachment of a splint to enamel of lower anterior teeth. *J Prosthet Dent.* 1973; 30: 418-23.
59. Sant'Anna EF, Monnerat ME, Chevitarese O, Stuani MBS. Bonding brackets to porcelain – in vitro study. *Braz Dent J.* 2002; 13: 191-6.
60. Saygili G, Sahmali S. Effect of ceramic surface treatment on the shear bond strengths of two resin luting agents to all-ceramic materials. *J Oral Rehabil.* 2003; 30: 758-64.
61. Schmage P, Nergiz I, Hermann W, Ozcan M. Influence of various surface-conditioning methods on the bond strength of metal brackets to ceramic surfaces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003; 123: 540-6.
62. Shahverdi S, Canay S, Sahin E, Bilge A. Effects of different surface treatment methods on the bond strength of composite resin to porcelain. *J Oral Rehabil.* 1998; 25: 699-705.
63. Simonsen RJ, Calamia JR. Tensile bond strength of etched porcelain. [abstract 1154]. *J Dent Res.* 1983; 61: 297.
64. Soares CJ, Soares PV, Pereira JC, Fonseca RB. Surface treatment protocols in the cementation process of ceramic and laboratory-processed composite restorations: A literature review. *J Esthet Restor Dent.* 2005; 17: 224-35.
65. Sorensen JA, Engelman MJ, Torres TJ, Avera SP. Shear bond strength of composite resin to porcelain. *Int J Prosthodont.* 1991; 4: 17-23.
66. Sorensen JA, Kang SK, Avera SP. Porcelain-composite interface microleakage with various porcelain surface treatments. *Dent Mater.* 1991; 7: 118-123.
67. Stewart GP, Jain P, Hodges J. Shear bond strength of resin cements to both ceramic and dentin. *J Prosthet Dent.* 2002; 88: 277-84.

68. Suliman AA, Swinft Junior EJ, Perdigão J. Effects of surface treatment and bonding agents on bond strength of composite resin to porcelain. *J Prosthet Dent.* 1993; 70: 118-20.
69. Szep S, Gerhardt T, Gockel H-W, Ruppel M, Metzeltin D, Heidemann D. In vitro dentinal surface reaction of 9.5% buffered hydrofluoric acid in repair of ceramic restorations: a scanning electron microscopic investigation. *J Prosthet Dent.* 2000; 83: 668-74.
70. Thurmond WJ, Barkmeier WW, Wilwerding TM. Effect of porcelain surface treatments on bond strengths of composite resin bonded to porcelain. *J Prosthet Dent.* 1994; 72: 335-9.
71. Türkmen C, Sazak H, Günday M. Effects of the Nd:YAG laser, air-abrasion, and acid-etchant on filling materials. *J Oral Rehabil.* 2006; 33: 64-9.
72. Usumez A, Aykent F. Bond strengths of porcelain laminate veneers to tooth surface prepared with acid and Er, Cr: YSGG laser etching. *J Prosthet Dent.* 2003; 90: 24-30.
73. Valandro LF, Della Bona A, Bottino MA, Neisser MP. The effect of ceramic surface treatment on bonding to densely sintered alumina ceramic. *J Prosthet Dent.* 2005; 93: 253-9.
74. Van Meerbeek B, Inokoshi S, Willems G, Noack MJ, Braem M, Lambrechts P, Roulet JF, Vanherle G. Marginal adaptation a four tooth coloured inlay systems in vivo. *J Dent.* 1992; 20: 18-26.
75. Vieira DF. Cimentação: inscrustações, coroas e próteses fixas. São Paulo: Sarvier; 1976.
76. White SN. Adhesive cements and cementation. *J Calif Dent Assoc.* 1993; 21: 30-7.
77. Wilson AD, Crisp S, Lewis BG, Mclean JW. Experimental luting agents based on the glass ionomer cements. *Br Dent J.* 1977; 142: 117-27.
78. Wolf DM, Powers JM, O'Keefe KL. Bond strength of composite to porcelain treated with new porcelain repair agents. *Dent Mater.* 1992; 8: 158-61.

79. Xible AA, Jesus Tavares RR, Araujo CRP, Bonachela WC. Effect of silica coating and silanization on flexural and composite-resin bond strengths of zirconia posts: An in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2006; 95: 224-9.
80. Yoshida K, Yamashita M, Atsuta M. Bond strength between machinable glass-ceramic and dual-cured resin luting cements using silane coupling agents. *Am J Dent.* 2005; 18: 327-30.
81. Yen T, Blackman RB, Baez RJ. Effect of acid etching on the flexural strength of feldspathic porcelain and a castable glass ceramic. *J Prosthet Dent.* 1993; 70: 224-33.

APÊNDICE

9. Apêndice

Tabela A1 - Valores de rugosidade referentes à cerâmica C1

T0	T1	T2	T3	T4
0,767	1,258	1,030	0,978	0,884
0,772	0,991	0,981	0,939	0,842
0,845	0,777	1,102	1,168	0,835
0,833	0,795	1,260	1,167	0,914
0,887	0,837	0,934	0,965	0,852
0,902	0,899	0,917	1,053	0,842
0,785	0,875	1,092	1,019	0,941
0,834	0,950	1,131	1,102	0,885
0,811	0,935	0,901	1,088	0,934
0,856	0,966	0,862	0,984	0,830

Tabela A2 - Valores de rugosidade referentes à cerâmica C2

T0	T1	T2	T3	T4
0,436	1,742	1,544	1,331	2,640
0,403	1,616	1,659	1,327	2,712
0,441	1,806	1,474	1,373	2,962
0,468	1,635	1,425	1,307	3,047
0,461	1,808	1,538	1,322	3,056
0,428	1,596	1,579	1,366	3,254
0,446	1,903	1,459	1,959	3,270
0,477	1,980	1,422	1,801	3,135
0,467	1,576	1,639	1,329	2,845
0,459	1,605	1,536	1,818	3,295

Tabela A3 - Sumária da análise de variância

Efeito	Graus de liberdade	Média quadrática	F	p
Cerâmica	1	12,367	644,6	<0,001
Tratamento	4	4,300	224,1	<0,001
Interação	4	4,210	219,4	<0,001
Resíduo	90	0,019		

RESUMO

10. Resumo

PORTO, TS. Estudo dos procedimentos utilizados para obtenção de microrretenções na superfície interna da porcelana: avaliação por meio de testes de rugosimetria e microscopia eletrônica de varredura. Araraquara, 2006, 129f. Dissertação (Mestrado em Dentística Restauradora) – Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

O objetivo deste estudo foi avaliar a superfície interna de dois sistemas cerâmicos, após diferentes tratamentos de superfície, avaliação essa feita por meio de rugosimetria e microscopia eletrônica de varredura. Foram utilizadas as seguintes cerâmicas: IPS Empress II (Ivoclar-Vivadent Alemanha) e InCeram Alumina (Vita Zahnfabrick - Alemanha). Foram confeccionadas 50 amostras em forma de pastilha para cada sistema cerâmico de acordo com as especificações dos fabricantes, armazenadas à temperatura ambiente para então serem submetidas ao tratamento superficial, a saber (n=10): sem tratamento (T0) (controle); Ácido fluorídrico (T1); Ácido fluorídrico associado ao jato de óxido de alumínio (T2); Sistema Cojet (T3); Laser Nd:YAG (T4). Para os resultados de rugosidade, padronizaram-se as medidas em Ra, sendo posteriormente realizada a análise estatística por meio de ANOVA e teste de Tukey ($p < .001$). Para ambos os grupos controle (T0) das cerâmicas testadas, as análises evidenciaram os valores de rugosidade mais inferiores; para o Sistema InCeram Alumina, os tratamentos, ácido fluorídrico (T1), Sistem Cojet (T3) e Laser Nd:YAG (T4), não tiveram diferença estatisticamente significativa; já para o Sistema IPS Empress II, todos os tratamentos foram estatisticamente diferentes. As fotomicrografias em microscopia eletrônica de varredura mostraram características diferentes para os tratamentos peculiares para cada sistema cerâmico. Baseado nos dados obtidos pode-se concluir que, quanto ao IPS Empress II, o tratamento com ácido fluorídrico é suficiente, assim como o Sistema CoJet é para o InCeram

Alumina. Outros estudos devem ser realizados para que se tenham parâmetros ideais para o tratamento a laser.

Palavras-chave: cerâmicas, condicionamento ácido, jato de óxido de alumínio, microscopia eletrônica de varredura.

SUMMARY

11. Summary

PORTO, TS. **Procedures for obtaining microretentions on the inner surface of the porcelain by surface roughness tests and SEM.** Araraquara, 2006, 129f. Dissertação (Mestrado em Dentística Restauradora) – Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

The present study aimed at evaluating the inner surface of two ceramic systems, after different surface treatments, performed by surface roughness tests and scanning electron microscopy (SEM). IPS Empress II (Ivoclar-Vivadent – Germany) and InCeram Alumina (Vita Zahnfabrick – Germany) were used. Fifty lozenge-shaped samples were made for each ceramic system according to the manufacturers' specifications, and stored at room temperature prior to surface treatment; namely (n=10): non-treated (T0) (control); hydrofluoric acid (T1); hydrofluoric acid associated to airborne particle abrasion (T2); CoJet System (T3); Laser Nd: YAG (T4). Roughness measurement results were standardized in Ra. Analysis of variance (ANOVA) and Tukey test ($p < .001$) were used to perform the statistics analysis. For both control groups of the tested ceramics, analyses revealed the lowest roughness values; for the InCeram Alumina System, treatments such as hydrofluoric acid (T1), CoJet System (T3) and Laser Nd:YAG (T4) did not present any statistically significant difference, while for the IPS Empress II System, all treatments were statistically different. Photomicrographs by SEM showed different characteristics for each ceramic system treatment. Based on the resulting data, it can be concluded that the hydrofluoric acid treatment suits the IPS Empress II System, as well as the CoJet System suits the InCeram Alumina System. Further research might be done in order to get ideal parameters for the laser treatment.

Key words: ceramics, etching acid, airborne particle abrasion, scanning electron microscopy (SEM).