

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
MESTRADO EM MATERIAIS DENTÁRIOS

JULIANA DONCATTO BETTINELLI

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE REPAROS EM
CERÂMICAS APÓS DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE**

Porto Alegre

2013

JULIANA DONCATTO BETTINELLI

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE REPAROS EM
CERÂMICAS APÓS DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Materiais Dentários pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Profa. Dra. Luciana Mayumi Hirakata

Porto Alegre

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B565a Bettinelli, Juliana Doncatto
Análise da resistência ao cisalhamento de reparos em cerâmicas após diferentes tratamentos de superfície / Juliana Doncatto Bettinelli. – Porto Alegre, 2013.
56 f. : il.

Diss. (Mestrado em Odontologia) – Fac. de Odontologia, PUCRS.
Orientação: Prof.^a Dr.^a Luciana Mayumi Hirakata.

1. Odontologia. 2. Materiais Dentários. 3. Cerâmica Dentária.
4. Resistência dos Materiais (Odontologia). 5. Materiais Cerâmicos (Resistência dos Materiais). I. Hirakata, Luciana Mayumi. II. Título.

CDD 617.675

**Ficha Catalográfica elaborada por
Vanessa Pinent
CRB 10/1297**

JULIANA DONCATTO BETTINELLI

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE REPAROS EM
CERÂMICAS APÓS DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Materiais Dentários pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Aprovada em: _____ de _____ de 2013.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof. Dra. Luciana Mayumi Hirakata – PUCRS

Examinadora: Profa. Dra. Vivian Mainieri Henkin – UFRGS

Examinador: Prof. Dr. Hugo Mitsuo Silva Oshima – PUCRS

Dedico esta dissertação ao meu esposo Airton e aos meus amados filhos Marina e Pedro Henrique, que são a razão da minha existência.

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, Prof. Dra. Luciana Mayumi Hirakata, pela oportunidade, incentivo e ensinamentos.

Aos professores da disciplina de Materiais Dentários da PUCRS, pelo apoio.

Aos colegas de Curso Mestrado/Doutorado em Materiais Dentários, pelo apoio, amizade e conselhos.

Ao Prof. Dr. Rogério Miranda Pagnoncelli, que colaborou com a aplicação do laser nos discos de cerâmica.

Ao Laboratório de prótese Kayser Yamada, pela confecção dos discos de cerâmica.

Ao Centro de Microscopia Eletrônica e Microanálise (CEMM) da PUCRS.

Ao Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Odontologia Prof. Dr. José Antônio Poli de Figueiredo.

A Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, ao Diretor Prof. Marcos Túlio Mazini Carvalho.

A Secretaria da Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

“Deus nos fez perfeitos e não escolhe os capacitados, capacita os escolhidos. Fazer ou não fazer algo, só depende de nossa vontade e perseverança”.

Albert Einstein

RESUMO

Com a crescente preocupação na Odontologia com a estética, têm-se desenvolvido vários tipos de sistemas cerâmicos. Contudo, convém lembrar que, apesar das excelentes características estéticas e de biocompatibilidade, a cerâmica é um material friável incapaz de suportar deformação plástica sob tensão. Reparos em resina composta podem evitar a substituição de uma prótese com fratura. O objetivo deste trabalho foi verificar a resistência ao cisalhamento de reparos em cerâmica após diferentes tratamentos. O ácido hidrófluorídrico e o jateamento com óxido de alumínio são comumente usados nos tratamentos de superfície na clínica diária. O laser de baixa potência tem sido utilizado em tratamentos odontológicos visando melhorar o reparo cicatricial nos tecidos, porém este estudo avaliou resultados na irradiação de um laser de baixa intensidade utilizado como tratamento de superfície em cerâmicas. Quarenta discos de cerâmica, divididos em quatro grupos e com (n=10) foram confeccionados com a cerâmica Noritake **EX-3 (Grupos E)** e outros quarenta discos, foram confeccionados com o sistema Noritake **Cerabien (Grupos C)**. Os discos de cerâmica foram confeccionados a partir de uma matriz bipartida de politetrafluoretileno (PTFE) e incluídos individualmente no centro de um anel de policloreto de vinila (PVC), utilizando-se resina acrílica autopolimerizável. Os grupos foram divididos aleatoriamente de acordo com o grupo: **Grupo E1 e C1:** aplicação do laser, **Grupo E2 e C2:** condicionamento com ácido hidrófluorídrico 10%, **Grupo E3 e C3:** jateamento com óxido de alumínio, **Grupo E4 e C4:** asperização com carvão de silício granulação # 400 (controle). Todos os discos de cerâmica foram padronizados com asperização com carvão de silício granulação # 400, receberam aplicação de uma camada de agente união para cerâmica (Silano, Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil) e uma camada de adesivo (Single Bond 2 – Adhesive, 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA). No centro do disco de cerâmica, foi confeccionado um bloco em resina composta microhíbrida (Charisma, Heraeus kulzer, Hanau, Alemanha). Cada grupo foi mantido a 100% de umidade a 37°C por uma e quatro semanas na estufa para cultura. Para os ensaios de resistência ao cisalhamento foi utilizada a Máquina de Ensaio Universal modelo DL 2000 (EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brasil). Os dados obtidos foram analisados estatisticamente com auxílio do SPSS 17.0 e análise de variância com medidas repetidas seguida do teste de Bonferroni. O jateamento com óxido de alumínio apresentou os maiores valores à resistência ao cisalhamento na interface entre a resina composta e a cerâmica EX3; e o mesmo ocorreu na cerâmica Cerabien; porém a cerâmica EX3 com o tempo de armazenagem de 1 semana e a cerâmica Cerabien com o tempo de armazenagem de 4 semanas. O jateamento com óxido de alumínio foi o tratamento superficial que apresentou melhores resultados nos dois tipos de cerâmicas de cobertura pesquisadas. O tempo de armazenagem de 4 semanas não teve influência significativa neste estudo.

Palavras-chave: Cerâmicas. Reparo. Resina. Armazenagem. Resistência ao cisalhamento.

ABSTRACT

With growing concern with aesthetics in dentistry, have developed various types of ceramic systems. However, remember that, despite the excellent aesthetic characteristics and biocompatibility of the ceramic material is friable unable to withstand plastic deformation under stress. Repairs composite resin can prevent the replacement of a prosthetic fracture. The aim of this study was to determine the shear strength of ceramic repairs after different treatments. The low level laser has been used in dental treatments aiming at improving the cicatricial repair tissue, however this study evaluated results in irradiation of a low intensity laser surface treatment as used in ceramics. The hydrofluoric acid and blasting with aluminum oxide are commonly used in surface treatments in clinical daily. Forty ceramic discs were divided into four groups and with (n = 10) were prepared with the ceramic Noritake EX-3 (Groups E) and another forty discs, were made with the system Noritake Cerabien (Group C). The ceramic discs were fabricated from a metallic mold polytetrafluoroethylene (PTFE) and included individually at the center of a ring of polyvinyl chloride (PVC), using acrylic resin. The groups were divided according to the group: Group E1 and C1: laser application, Grupo E2 and C2: etching with hydrofluoric acid 10%, Group E3 and C3: blasting with aluminum oxide, Group E4 and C4: roughened with carbide silicon grit # 400 (control). All ceramic discs were standardized with roughened with silicon carbide grit # 400, received application of a layer of union agent for ceramics (Silano, Dentsply, Petrópolis, RJ, Brazil) and a layer of adhesive (Single Bond 2 - Adhesive, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA). In the center of the disk ceramic block was manufactured in composite microhybrid (Charisma, Heraeus Kulzer, Hanau, Germany). Each group was maintained at 100% humidity at 37 ° C for one to four weeks in an oven to culture. For tests on shear was used Universal Testing Machine Model DL 2000 (EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brazil). Data were statistically analyzed with the aid of SPSS 17.0 and analysis of variance with repeated measures followed by the Bonferroni test. The blasting with aluminum oxide showed the highest resistance to shear at the interface between the composite and ceramic EX3, and the same occurred in Cerabien pottery, but pottery EX3 with the storage time of 1 week and ceramic Cerabien with time storage of 4 weeks. The blasting with aluminum oxide surface treatment that was presented better results in both types of ceramics coverage surveyed. The storage time of 4weeks had no significant influence in this study.

Keywords: Ceramics. Repair. Resin. Aging. Shear Strength.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cerâmicas Cerabien e EX3 e os corpos de prova	31
Figura 2 - Laser de diodo, Thera Lase	32
Figura 3 - a e d: partes do dispositivo que fixa o corpo de prova a máquina de cisalhamento; b: anel de policloreto de vinila preenchido com resina acrílica autopolimerizável; c: matriz de politetrafluoretileno.....	35
Figura 4 - Cerâmica Ex3 após tratamento superficial com laser (800x).....	36
Figura 5 - Cerâmica Cerabien após tratamento superficial com laser (800x)	36
Figura 6 - Cerâmica Ex3 após tratamento superficial com ácido hidrofúorídrico à 10% (800x).....	37
Figura 7 - Cerâmica Cerabien após tratamento superficial com ácido hidrofúorídrico à 10% (800x).....	37
Figura 8 - Cerâmica Ex3 após tratamento superficial com jateamento com óxido de alumínio (800x)	38
Figura 9 - Cerâmica Cerabien após tratamento superficial com jateamento com óxido de alumínio (800x).....	38
Figura 10 - Cerâmica Ex3 após asperização com carvão de silício #400 (800x)	39
Figura 11 - Cerâmica Cerabien após asperização com carvão de silício #400 (800x).....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tratamento de superfície realizados nas cerâmicas EX3 e Cerabien e confecção do reparo em resina composta.....	33
Tabela 2 - Resultados dos valores médios dos testes de cisalhamento na cerâmica EX3 após 1e 4 semanas	42
Tabela 3 - Resultados dos valores médios dos testes de cisalhamento na cerâmica Cerabien após 1e 4 semanas	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Algumas características da cerâmica Noritake EX3, segundo informações do fabricante.	33
Quadro 2 - Algumas características da cerâmica Noritake Cerabien, segundo informações do fabricante.	34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Valores médios da cerâmica Ex3 após 1 e 4 semanas da resistência ao cisalhamento	41
Gráfico 2 - Valores médios da cerâmica Cerabien após 1 e 4 semanas da resistência ao cisalhamento	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 CERÂMICAS	13
1.2 REPAROS EM CERÂMICA (SIMULAÇÃO DE SITUAÇÃO CLÍNICA)	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 CERÂMICAS	16
2.2 FRATURA DA CERÂMICA	17
2.3 TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE	18
2.3.1 Ácido Fluorídrico.....	19
2.3.2 Jateamento com Óxido de Alumínio	21
2.3.3 Laser	23
2.4 REPAROS COM RESINAS COMPOSTAS	25
2.5 ENVELHECIMENTO	26
3 OBJETIVO	29
3.1 OBJETIVO GERAL.....	29
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
4 MATERIAIS E MÉTODOS	30
4.1 CONFEÇÃO DOS DISCOS DE CERÂMICA.....	30
4.2 TRATAMENTO SUPERFICIAL DA CERÂMICA	31
4.3 CONFEÇÃO DO REPARO EM RESINA COMPOSTA	33
4.4 ENVELHECIMENTO	34
4.5 ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO.....	34
4.6 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)	35
4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	40
5 RESULTADOS.....	41
6 DISCUSSÃO.....	44
7 CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

1.1 CERÂMICAS

A utilização das cerâmicas odontológicas em procedimentos restauradores tem se destacado devido à influência atual da estética sobre o bem-estar físico, psíquico e social da população.¹

De acordo com BORGES et al.² (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 resistência de compressão e coeficiente de expansão térmica similar às estruturas dentais.

Com qualidades físicas bastante interessantes, como a estabilidade de cor e o biomimetismo, as cerâmicas dentárias convencionais são caracterizadas como vidros, apresentando uma quantidade maior de feldspato em comparação ao quartzo. Obtidas por meio da fusão de óxidos em alta temperatura, constituem uma estrutura complexa, com núcleos cristalinos não incorporados à matriz vítrea formada, que atuam como arcabouço de reforço, tornando-as muito mais resistentes que os vidros comuns. Devido à sua natureza vítrea e cristalina (núcleos cristalinos), elas apresentam uma interação de reflexão óptica mais elaborada, muito semelhante às estruturas dentária, e graças à sua inércia química característica, suas propriedades de solubilidade e corrosão são bastante adequadas, possibilitando a construção de restaurações com boa aparência e tolerância ao meio bucal.³ Atualmente, com a crescente preocupação na Odontologia com a estética, têm-se desenvolvido sistemas cerâmicos livres de estrutura metálica. Contudo, convém lembrar que, apesar das excelentes características estéticas e de biocompatibilidade, a cerâmica é um material friável incapaz de suportar deformação plástica sob tensão.⁴

1.2 REPAROS EM CERÂMICA (CRITERIOS CLINICOS PARA A REALIZACAO DO REPARO)

A fratura do revestimento estético trata-se de uma experiência desagradável para o dentista e para o paciente, além do que refazer a restauração protética demanda custo adicional para o profissional e tempo para ambos.⁶ De acordo com CHUNG e HWANG⁷

(1997), os modelos de fraturas mais frequentemente encontradas no revestimento são as que ocorrem somente na cerâmica; fratura na cerâmica expondo pequena quantidade de metal e fratura da cerâmica com substancial quantidade de metal exposto.

Entretanto, a fratura do revestimento estético não implica na falência da restauração, pois a opção de reparo intra-oral pode ser considerada uma solução para esta situação, não sendo necessária muitas vezes realizar a troca da prótese em questão.⁸

A necessidade de realizar uma técnica de reparo parcial da coroa fraturada. Como parte da abordagem clínica para o sucesso desta intervenção, devemos considerar:

- o motivo provável do acidente;
- extensão do dano;
- quantidade do remanescente em cerâmica do elemento fraturado;
- área de abrangência da fratura e as estruturas atingidas;
- comprometimento da estética do paciente;
- envolvimento de funções oclusais;
- tipo de porcelana e a técnica de confecção da peça;
- presença do fragmento cerâmico recapturado pelo paciente⁵.

Concluiu-se que, ao criar rugosidade na superfície do substrato, promove-se aumento na resistência de união adesiva, uma vez que o polímero (resina composta) escoar através da superfície cerâmica e também para dentro das irregularidades formadas pelo jateamento.⁹

SIMONSEN e CALAMIA¹⁰ (1983) fizeram os primeiros estudos para verificar a possibilidade do condicionamento ácido na superfície da cerâmica. 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. Entretanto, a maioria das cerâmicas dentais é friável e o estresse de tração resultante de uma carga externa pode levar a propagação catastrófica de trincas (falhas, defeitos) pré-existentes.¹¹ Sua susceptibilidade à falha foi identificada em áreas localizadas de concentração de estresse elevado.¹²⁻¹⁵ Para a cerâmica feldspática, tanto o

condicionamento com ácido fluorídrico como o jateamento com partículas de óxido de alumínio são efetivos.^{16,17} No entanto, estudos prévios mostraram que, dependendo da composição da cerâmica, o condicionamento com ácido fluorídrico, assim como o jateamento com óxido de alumínio, não são efetivos.^{18,19,20}

Tratamentos alternativos foram sugeridos com o uso do laser em altas intensidades. LI, REN e HAN²¹ (2000) sugeriram que o laser Nd:YAG é capaz de alterar a superfície da cerâmica feldspática e promover uma adequada união aos cimentos resinosos. O laser de Nd:YAG foi testado para o tratamento da alumina e é capaz de alterar micromorfológicamente a superfície da cerâmica melhorando a união adesiva.²² Assim entende-se que a rugosidade gerada na superfície da cerâmica influencia na resistência de união.

SORENSEN et al.²³ (1991) estudaram o efeito do tratamento de superfície da cerâmica na resistência de união ao cisalhamento unindo resina composta à cerâmica e a várias combinações de cerâmicas. Uma variedade de cerâmica feldspática com baixo e médio conteúdo de alumina foi testada. As amostras de cerâmica/resina composta foram estocadas em água destilada a 37°C; e após foi realizada a termociclagem (1000 ciclos), e o teste de resistência ao cisalhamento. O condicionamento com ácido fluorídrico por três minutos significativamente aumentou a força de adesão da maioria das cerâmicas feldspáticas (Vitadur Alpha; Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen) com baixo e médio conteúdo de alumina. A aplicação do silano a todos os tipos de cerâmica tratada não teve efeito significativo na resistência de união ao cisalhamento.

Em 1992, LU et al.²⁴, avaliaram o efeito de vários tratamentos de superfície na resistência ao cisalhamento de colagens entre a cerâmica e cimentos resinosos. Foram também examinadas 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 (16.4 MPa). No estudo com MEV, observaram fratura adesiva apenas no grupo controle e fratura coesiva do corpo da cerâmica nos demais grupos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CERÂMICAS

As cerâmicas foram, provavelmente, os primeiros materiais a serem desenvolvidos artificialmente pelo homem. O homem primitivo, utilizando-se das propriedades plásticas da lama e do barro descobriu acidentalmente, que formas modeladas submetidas ao fogo, tornavam-se duras. A palavra cerâmica, originada do grego “keramos” significa olaria ou “material queimado”. Segundo a história, a porcelana foi desenvolvida em *Kingtetching* na China há cerca de 1000 anos d.C., sendo obtida por meio da fusão da argila branca da China com pedra da China, resultando numa louça branca translúcida. Contudo, apesar das primeiras amostras de porcelana serem datadas de 960 a 125 d.C. na dinastia Sung, somente há cerca de 200 anos foram utilizadas como material dental.²⁵

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 dental²⁶.

A predileção dos profissionais de odontologia e de seus exigentes clientes por utilizar cerâmicas em trabalhos protéticos advém de fatores como o reconhecido sucesso clínico de longo prazo, a estética superior demonstrando ausência de sorção de corantes com brilho duradouro, a reprodução de características naturais dos dentes, além de biocompatibilidade com os tecidos bucais. Estes, dentre outros fatores, fazem das cerâmicas os melhores materiais para se reporem dentes perdidos e reabilitações protéticas.²⁷

Conforme nos informa CASTELLANI²⁸ (1990), as restaurações indiretas em dentes posteriores confeccionados em 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.

2.2 FRATURA DA CERÂMICA

Contudo, apesar dos progressos das cerâmicas, elas ainda apresentam limitações como: baixa resistência à tração, porosidades e defeitos superficiais que são considerados facilitadores de fraturas.²⁹

A falha prematura de uma restauração em cerâmica, qualquer que seja o motivo do acidente ocorrido, traz um grande grau de insatisfação ao paciente, principalmente se o dente-problema pertencer à região anterior.⁵

Em 2007, os pesquisadores MANICONE, IOMMETTI e RAFFAELLI,³⁰ escreveram uma revisão de literatura sobre a cerâmica de óxido de Zircônia e relataram que devido à suas propriedades mecânicas, superiores a todas as demais cerâmicas de alta resistência, houve expansão da utilização das próteses livres de metal, antes confinada à região anterior da boca incluindo sua utilização em dentes posteriores, execução de próteses parciais fixas, intermediários protéticos para implantes, bráquetes ortodônticos, pinos intra-radulares entre muitas outras aplicações clínicas. O processo de envelhecimento desta cerâmica afeta suas propriedades e o estresse mecânico e a presença de umidade aceleram este processo. O grupo de autores cita uma revisão sistemática comparando o sucesso clínico dos trabalhos protéticos em zircônia com o das cerâmicas fundidas a metais. Cinco anos de acompanhamento resultaram em 93.3% de sucesso para as próteses em zircônia e 95.6% as de metal. A cerâmica de cobertura demonstra ser o ponto fraco para as restaurações uma vez que, seu lascamento ou mesmo fratura, é o relato mais freqüente relativo a insucessos com cerâmicas de óxido de Zircônia utilizadas para infra-estrutura de trabalhos totalmente cerâmicos.

Estudos clínicos têm relatado uma prevalência de fraturas entre 5 e 10% em coroas metalocerâmicas após 10 anos de uso.³¹ Para OZCAN e NIEDERMEIER³² (2002), vários são os fatores que influenciam no prognóstico e no desempenho clínico de coroas metalocerâmicas, como: falta de suporte da cerâmica pela estrutura metálica, defeitos intrínsecos da cerâmica, hábitos parafuncionais dos pacientes, desgaste insuficiente do dente pilar durante o preparo, fadiga, erros técnico-laboratoriais durante a confecção da prótese e contatos prematuros.

Outro fator envolvido na resistência à fratura dos sistemas cerâmicos; é a avaliação das amostras em ambiente aquoso, onde segundo observado por MORENA et al.³³ (1986), ocorre o aumento de trincas e poros, o que vem de encontro com a afirmação de SHERRIL & O'BRIEN³⁴ (1974), KELLY et al.³⁵ (1998) e AZER et al.³⁶ (2001), de que a resistência à

fratura das cerâmicas diminuía cerca de 30% quando as amostras eram imersas em água. LEEVAILO et al.³⁷ (1998) ao avaliarem a incidência de fratura de coroas In Ceram observaram o surgimento de múltiplas linhas de trincas iniciadas nas margens das coroas cerâmicas conforme o aumento do tempo de armazenamento. Assim como, mudanças significativas de temperatura podem favorecer o surgimento de trincas nas cerâmicas, segundo MAGNE et al.³⁸ (1999), segundo BOHJALIAN et al.²⁵ (2006).

SZEP et al.³⁹ (2000) relataram que a fratura da porcelana é um acidente clínico relativamente comum.

2.3 TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE

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 dissilicato de lítio.²⁸

Devido a constante evolução dos materiais cerâmicos, que têm tido suas características modificadas, pois diversas são as composições cerâmicas presentes no mercado. Assim, a dureza altera-se de acordo com a composição da cerâmica e, para cada material cerâmico, há um protocolo de condicionamento de superfície.²⁶

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,⁴⁰⁻⁴⁴ aplicação de sílica sobre a superfície das cerâmicas e condicionamento com laser de Nd:YAG.¹¹¹ Diversos autores concordam que, certamente com a associação de técnicas sedimentará este processo de união (MEYER FILHO et al.⁴⁵ (2004); GUAZZATO et al.⁴⁶ (2005); YOSHIDA et al.⁴⁷ (2005); REICH et al.⁴⁸ (2005); DERAND et al.⁴⁹ (2005); AKOVA et al.⁵⁰ (2005); VALANDRO et al.⁵¹ (2005); KIM et al.⁵² (2005); ATSU et al.⁵³ (2006); XIBLE et al.⁵⁴ (2006); GÜLER et al.⁵⁵ (2006); TURKMEN et al.⁵⁶ (2006), segundo PORTO.²⁶ Metodologias diversas estão disponíveis para a avaliação da resistência de união adesiva entre diferentes substratos, uma vez que não há ainda um teste de resistência de união universalmente aceito; apesar do grande número de pesquisas nas últimas décadas.⁵⁷ O teste de resistência ao cisalhamento é a metodologia mais empregada para esta análise, pois apresenta maiores valores que os obtidos nos teste de resistência à tração e também por que são considerados mais representativos das condições clínicas.⁵⁸ Porém, segundo

PHRUKKANON et al.⁵⁹ (1998); os testes de resistência ao cisalhamento demonstram, freqüentemente, falhas coesivas tanto na restauração quanto na estrutura dentária. Falham em determinar a verdadeira resistência adesiva do material.¹¹¹

2.3.1 Ácido Fluorídrico

Superfícies de cerâmica são condicionadas com ácido fluorídrico e tratadas com agentes de união de silano antes da aplicação do compósito.²⁶ GILLIS e REDLICH⁶⁰ (1998) observaram que, com a crescente procura pela ortodontia adulta, surge a necessidade de aderir os braquetes à superfície da cerâmica, esta adesão deveria permitir um tratamento ortodôntico sem deficiência, e não prejudicar a integridade da cerâmica após a descolagem. Nesse estudo, 90 facetas de cerâmica polidas foram divididas em três grupos de acordo com diferentes técnicas de preparação: 1) desgaste com broca diamantada; 2) ácido fluorídrico 8%; 3) microjateamento com partículas de óxido de alumínio. Cada grupo foi subdividido em três grupos, e braquetes metálicos foram depois colados à cerâmica 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 resistência de união ao cisalhamento foi medida com uma máquina de teste universal Instron, e foi realizada uma análise macroscópica das superfícies de cerâmica descoladas. Os resultados mostraram que a resistência de união ao cisalhamento foi altamente influenciada tanto pela técnica de tratamento de superfície, quanto pelos adesivos utilizados. A resistência de união ao cisalhamento dos grupos de High-Q-Bond foi significativamente mais baixa que as dos grupos silano+Right-On e silano+Concise; entretanto, a resistência de união ao cisalhamento alcançada pelo High-Q-Bond foi suficiente para suportar o tratamento ortodôntico completo, (exceto pelo grupo preparado por ranhuras com a broca diamantada). A análise por meio de microscopia eletrônica de varredura revelou que ranhuras com a broca diamantada e microjateamento produziram somente descamação superficial, enquanto o tratamento com ácido fluorídrico produziu uma ampla amostra de penetração em profundidade na superfície da cerâmica. O ácido fluorídrico produziu um valor de resistência ao cisalhamento maior que as ranhuras produzidas com a broca diamantada e do microjateamento. Após os ensaios de resistência de união ao cisalhamento, a porcentagem das superfícies de cerâmica danificadas nos grupos silano+Concise foi significativamente maior que nos grupos silano+Right-On e High-Q-Bond²⁶. Em 1999, JARDEL et al.⁴³

verificaram que, no 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 (GC Dental) e PVS (SS White). Para a caracterização da energia, foram feitas 30 amostras de GC e 30 amostras de PVS. Esse estudo propôs a determinação dos ângulos de contato para relacionar a resistência de união (W_a) das duas cerâmicas. O aumento da resistência de união depende da ação do ácido fluorídrico gel na superfície das duas cerâmicas. A cerâmica PVS apresentou uma maior resistência de união do que a cerâmica GC. Tratar a cerâmica com ácido fluorídrico gel aumentou a adesão, especialmente para GC, mas esse tratamento não foi suficiente para conseguir uma melhor adesão. Condicionar com ácido fluorídrico gel não foi suficiente para aumentara adesão das duas cerâmicas. Concluíram que silanização é preferível a condicionamento com ácido.

SANT'ANNA et al.⁶¹ (2002) observaram, *in vitro*, os efeitos dos vários tratamentos de superfície, a resistência ao cisalhamento de braquetes ortodônticos colados e o modo de fratura após a descolagem destes em uma cerâmica. Oitenta e oito amostras de cerâmica feldspática com apoio metálico foram randomicamente divididas em quatro grupos de acordo com o tratamento superficial: a cerâmica foi mantida intacta (GI), asperizada com uma broca diamantada (GII), condicionada com ácido fluorídrico 10% (GIII), jateada com óxido de alumínio (GIV). As amostras foram tratadas com silano (Scotchprime), e os braquetes foram colados com Concise. Cada amostra foi submetida aos testes de cisalhamento a uma velocidade de 1mm/min, e um registro foi feito na fratura. Todos os grupos apresentaram valores de resistência ao cisalhamento. O teste estatístico Kruskal-Wallis não mostrou diferenças estatísticas significativas nos valores de resistência de união entre os grupos ($p>0.05$). No entanto, foi na cerâmica condicionada com o ácido fluorídrico que ocorreram as fraturas. Esse estudo indicou que, com a seleção adequada do material e a aplicação do silano, pode ser adequada para colagem de braquetes. GÜLER et al.⁵⁵ (2006) estudaram o efeito de diferentes tempos de condicionamento ácido utilizando ácido hidrófluorídrico na concentração de 9,6% e dois sistemas adesivos (Single Bond e AdheSE) na resistência ao cisalhamento da resina composta com a cerâmica. Noventa e oito espécimes de cerâmica feldspática (VMK 95, Vita) foram confeccionados (7x7x2 mm), e divididos em sete grupos: um controle (grupo 0) e outros seis grupos condicionados com ácido hidrófluorídrico 9,6% com diferentes tempos de condicionamento: 30 segundos (grupo 30), 30+30 segundos (grupo

30+30), 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). Os corpos de prova foram confeccionados com o compósito microhíbrido (Filtek Z250) sobre a cerâmica, utilizando matriz de teflon e polimerizados por 20 segundos. O compósito foi confeccionado utilizando matriz de teflon e polimerizado por 20 segundos sobre os discos de cerâmica. Os corpos de prova preparados foram estocados em água destilada a 37°C, por 24 horas, antes do ensaio 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 resistência de união foram analisados com ANOVA. Os resultados foram comparados utilizando o teste de Tukey HSD ($q = 0,05$). O tempo de condicionamento e o agente adesivo foram estatisticamente significantes na resistência de união. No grupo do Single Bond, os valores de resistência de união entre o grupo 0 (10,48MPa) e o grupo 30 (11,17MPa) não diferiu significativamente, tendo esse grupos exibido os menores valores de resistência de união. Os maiores valores de resistência de união 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 resistência de união 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. O condicionamento ácido da cerâmica com ácido hidrofúorídrico 9,6% por 120 segundos teve a melhor resistência de união para reparos com resina composta microhíbrida. Concluíram que quando uma restauração de cerâmica é reparada com compósito, o sistema Single Bond deve ser utilizado ao sistema *self-etching* AdheSE.

2.3.2 Jateamento com Óxido de Alumínio

Concluiu-se que, ao criar rugosidade na superfície do substrato, promove-se aumento na resistência de união, uma vez que a resina composta escoar através da superfície cerâmica e também para dentro das irregularidades formadas pelo jateamento (MATINLINNA *et al.*⁶², 2006). Esse processo ainda diminui a tensão superficial, permitindo ótimo molhamento pelo silano.

Em 2003, ÖZCAN e VALLITTU⁶³ avaliaram o efeito de três diferentes condicionamentos na resistência de união de um cimento resinoso à base de Bis-GMA seis cerâmicas comerciais. Seis discos de cerâmica (2 marcas comerciais de cerâmica vítrea, 2 marcas comerciais de cerâmica alumina e 2 marcas comerciais 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) jato de sílica. A resina composta foi cimentada nas cerâmicas condicionadas e silanizadas. Todos os espécimes foram testados e termociclados (6.000 ciclos, 5°-55°C à 30 segundos). A resistência ao cisalhamento da resina composta cimentada na cerâmica foi medida por uma máquina de ensaio universal de testes (1mm/min). Em condições secas, a cerâmica vítrea exibiu 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, $p < 0,001$). Os valores obtidos da resistência ao cisalhamento após a termociclagem eram mais baixos em relação ao grupo controle. Os valores da resistência de união 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. KIM et al.⁵² (2005) testaram a resistência de união a resina composta a quatro diferentes cerâmicas com vários tratamentos. Os materiais utilizados foram: cerâmica feldspática (Duceram Plus, Dentsply Ceramco), cerâmica dissilicato de lítio (IPS Empress II, Ivoclar Vivadent), cerâmica aluminizada (In Ceram Alumina, Vita) e cerâmica de zircônio (Zi Ceram, Dental Graphics Co.). Os tratamentos realizados foram jateamento com partículas abrasivas, jateamento com partículas abrasivas e ataque ácido, e jateamento com partículas de sílica, silano e primer. Os resultados mostraram os maiores valores de união para a cerâmica alumina e zircônia tratadas com partículas de sílica e para a cerâmica de dissilicato de lítio tratadas com jateamento de óxido de alumínio e ataque ácido.

LATTA e BARKMEIER⁶⁴ (2000) sendo a média de “vida” destas restaurações de menos de 6 anos. Opinaram que reparos em cerâmica evitam trauma e maior redução dental em comparação com a completa remoção da restauração. Após revisão da literatura sobre técnicas e abordagens para reparo intra-oral de fraturas em cerâmica, os autores concluíram que para fraturas localizadas somente em cerâmica, a aplicação de ácido hidrófluorídrico

seguido de silanização é o melhor procedimento; para reparos onde além da cerâmica, metal da infraestrutura foi exposto, além da aplicação de ácido na cerâmica, se faz necessário o jateamento com óxido de alumínio do metal seguido de silanização e para reparos de cerâmica aluminizada os melhores resultados são obtidos com aplicação de jateamento com óxido de alumínio seguido de jateamento com partículas de sílica. A longevidade destes reparos pode ser prolongada mediante rigorosa atenção aos princípios de cada técnica e devido aos modernos sistemas de adesivos. Entretanto, segundo os autores, os pacientes devem ser avisados de possíveis limitações deste tipo de tratamento.⁶⁵

Diversas técnicas, especialmente o jateamento com partículas de óxido de alumínio, têm sido reportadas por aumentar a resistência de união entre cimento resinoso e a cerâmica com zircônia.^{63, 66-68}

2.3.3 Laser

A radiação laser é eletromagnética não ionizante, sendo um tipo de fonte luminosa com características bastante distintas daquelas de uma luz fluorescente ou de uma lâmpada comum. A radiação laser é monocromática, ou seja, emite radiações em um único comprimento de onda. É uma radiação com coerência espacial e temporal, onde as ondas propagam-se com a mesma fase no espaço e no tempo. São estas características físicas, entre outras, que fazem o laser ter propriedades terapêuticas importantes (Laser de Baixa Potência ou Terapêutico).⁶⁹

A tecnologia laser, assim como os efeitos biológicos causados pela sua radiação, tem sido muito estudados nas diversas áreas da Odontologia. Os lasers podem ser divididos em dois grupos: os cirúrgicos (alta potência) e os não cirúrgicos (baixa potência). Na terapia com lasers de baixa potência a energia dos fótons absorvidos é transformada predominantemente em efeitos fotoquímicos, fotofísicos e/ou fotobiológicos nas células e no tecido.⁶⁹

Os lasers de baixa potência agem como moduladores teciduais,⁷⁰⁻⁷² antiinflamatórios e analgésico,^{73,74} podendo ser usados em diversos procedimentos nas mais distintas áreas odontológicas como em cirurgias orais, periodontia, dentística, ortodontia, pediatria, endodontia, semiologia entre outras⁶⁹.

LI et al.²¹ (2000), avaliaram a resistência de união da resina composta à superfície da cerâmica tratada pela irradiação de laser Nd:YAG e ácido fluorídrico a 8%. A superfície da cerâmica foi desgastada com pontas de diamantadas até o corpo opaco 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 cerâmica tratada, formando um bloco de resina de 3mm x 3mm x 2mm. As amostras foram testadas através da resistência de união ao cisalhamento entre a cerâmica tratada e a resina composta utilizando uma máquina de ensaio 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 cerâmica foram preparadas e observadas no microscópio eletrônico de varredura. A resistência de união ao 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 cerâmica com laser de Nd:YAG nas potências ideais podem ser tão efetivos quanto o condicionamento com ácido fluorídrico. Mas a resistência ao cisalhamento para o grupo irradiado com laser na potência 0,6 W foi significativamente menor que a do ácido. Isso sugere que a resistência ao cisalhamento diminuiu quando a energia do laser foi 0,6 W ou menor e que não seria aplicado nesses parâmetros para condicionar a cerâmica. O microscópio eletrônico de varredura mostrou a superfície da cerâmica irradiada pelo laser de Nd:YAG exibindo desgaste, microporosidades e uma superfície adequada à adesão entre a cerâmica e a resina composta. O laser de Nd:YAG poderia substituir o tratamento com ácido da cerâmica para procedimentos adesivos.²⁶

AKOVA et al.⁵⁰ (2005) estudaram o efeito da irradiação a laser de CO₂ na união de braquetes cimentados à cerâmica feldspática e compararam com braquetes cimentados com técnicas convencionais. Cem amostras de cerâmica 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), glazeado (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. Os braquetes 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 resistência de união 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, foi utilizado a ANOVA e o *post hoc* Tamhane. A análise estatística mostrou diferenças entre os grupos ao nível de 0,05. O grupo HFA+S evidenciou a mais alta média (15,07±1,44). Os outros grupos apresentaram os seguintes resultados: (SB+S) 13,81±2,00, (HFA) 10,78±0,62, (OFA+S) 10,73±1,12, (L+S) 8,25±0,90, (L) 6,26±0,58, (C2) 2,45±0,54, (OFA) 2,36±0,41, (SB) 2,04±0,41 e (C1) 1,64±0,33. O modo da falha adesiva dos grupos HFA e Silano, exceto L+S, foi coesiva na cerâmica. Os grupos controle e outros grupos testados mostraram falha adesiva. Somente irradiação por 2 watts durante 20 segundos propiciou uma superfície sem trincas. Laser de CO₂ com super pulso irradiado pelo tempo 2watts/20segundos pode ser uma alternativa para um método de condicionamento para tratamento de superfícies cerâmicas. Aumento da resistência de união ainda pode ser obtido pela aplicação do silano.²⁶

KERN e THOMPSON⁷⁵ (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.

2.4 REPAROS COM RESINAS COMPOSTAS

Os compósitos odontológicos consistem em uma matriz orgânica tradicionalmente formulada a partir de monômeros de dimetacrilatos, contendo partículas inorgânicas, circundadas por um agente de união. As partículas inorgânicas são importantes para o desempenho clínico das restaurações, tendo em vista que melhoram as propriedades mecânicas e reduzem a contração de polimerização.⁷⁶

Antes de considerar as técnicas de reparo, devemos observar as alterações nas resinas compostas no meio bucal, a fim de entender as modificações na sua composição e a influência destas no momento do reparo. O processo de união não pode ser considerado apenas entre o

material restaurador e o tecido dental, mas também entre dois materiais restauradores. Mudanças severas ocorrem na resina composta durante o processo de envelhecimento, as quais podem influenciar no sucesso do procedimento de reparo, como absorção de água e degradação química.⁷⁷ Os efeitos de alterações do pH,⁷⁸ enzimas salivares⁷⁹ e a umidade do ambiente⁸⁰⁻⁸² na degradação dos compósitos são extensivamente relatados na literatura.⁷⁷

Atenção especial deve ser dada à difusão de água por meio das cadeias poliméricas e interfaces com a carga, bem como à deterioração hidrolítica das cadeias poliméricas. Esse complexo mecanismo de degradação pode acabar resultando em perda de componentes e na “plastificação” das resinas. Inicialmente, esse processo poderá afetar propriedades da superfície, como dureza e resistência ao desgaste. Entretanto, com o passar do tempo pode interferir nas propriedades das partículas de carga inorgânica, como a resistência à fratura do material,^{83,84} comprometendo a longevidade da restauração.⁸⁵ Além disso, a intensidade com que esse processo de envelhecimento afeta o desempenho da restauração depende também das características da microestrutura e da composição das resinas. Portanto, as características da rede de polímero, que são ditados por vários graus de mobilidade e hidrofobicidade do monômero constituinte, e as características de carga, tais como as de composição, percentual de carga em peso, área de superfície e qualidade do limite interfacial, exercem papel fundamental.^{86,87}

2.5 ENVELHECIMENTO

SOUZA JÚNIOR et al.⁸⁸ (2003) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a estabilidade de reparos em resina composta através da aplicação de forças de tração e cisalhamento. Os corpos de prova de resina foram submetidos a uma simulação de envelhecimento por 30 dias e sofreram diferentes tratamentos de superfície: ácido fosfórico a 35%, ácido fluorídrico a 10% ou jateamento com partículas de óxido de alumínio. Em seguida, aplicou-se um agente adesivo associado ou não a um agente silanizador e a resina foi inserida e polimerizada em incrementos para a realização dos reparos. Os espécimes foram armazenados em água destilada e mantidos em estufa de 37°C por 30 dias para que os testes fossem realizados.

Segundo DE MUNCK et al.⁸⁹ (2005), o envelhecimento mais comumente utilizado é a estocagem dos corpos-de-prova em ambiente úmido a 37°C, por um período específico. A maioria dos estudos demonstra diminuição dos valores de resistência após a armazenagem,

que é causada, possivelmente, pela degradação por hidrólise da interface entre os componentes (principalmente da resina e/ou colágeno). Mas, a água pode infiltrar e diminuir as propriedades mecânicas da matriz polimérica, dilatando e reduzindo as forças entre as cadeias poliméricas (processo chamado de plastificação). Além disso, alguns componentes da interface como monômeros residuais e produtos resultantes dos processos de envelhecimento podem enfraquecer a adesão entre os materiais. A água é a solução geralmente utilizada nos estudos, sendo que saliva artificial também pode ser utilizada demonstrando resultados similares.

O meio aquoso pode interferir nas características das resinas compostas e, até mesmo, levar à degradação hidrolítica ao longo do tempo. A absorção da água e degradação hidrolítica leva a uma modificação das propriedades mecânicas dos compósitos. É preocupante que os efeitos da ação do solvente e degradação hidrolítica possam levar a uma menor longevidade das restaurações. As diferenças, em longo prazo, da sorção de água por cadeias poliméricas compostas por vários monômeros são apresentados na seguinte ordem: TEGDMA>BIS-GMA>UDMA. Esta diferença foi explicada pela presença de ligações hidrofílicas de éter em TEGDMA, grupos hidroxílicos em BIS-GMA, ligações de uretano em UDMA, e pela presença do grupo éster em todos.⁹⁰

Apesar dos cabíveis resultados imediatos encontrados pela literatura vigente, muitos métodos foram empregados para simular situações clínicas onde as restaurações sejam desafiadas, por exemplo, a ciclagem mecânica,⁹¹ o armazenamento em água.⁹² Entretanto, é crítica a análise em laboratório destas condições que visam testar a longevidade da união devido ao grande número de fatores envolvidos no processo de degradação e também devido ao comportamento dinâmico da biologia do meio oral.⁹³

Na maioria das pesquisas, os testes laboratoriais realizados buscam avaliar a resistência à fratura dos novos materiais cerâmicos simulando fracassos clínicos. No entanto, KELLY⁹⁴ em 1999, observou que, os testes “in vitro” realizados para avaliação da resistência à fratura de sistemas de restauração em cerâmica pura, não causavam o mesmo tipo de fracasso observado clinicamente. Assim sendo, segundo o autor, muitas informações encontradas na literatura odontológica, poderiam oferecer resultados nem sempre semelhantes aos encontrados clinicamente.²⁵ Quanto a manutenção dos corpos-de-prova imersos em recipientes contendo água deionizada, por 30 dias, a uma temperatura de 60°C, em média, um processo de envelhecimento, tem, para o autor, a mesma correlação da permanência dos corpos de prova em água deionizada, a 37°C, por doze meses. Embora, diante da

diversificação das condições bucais, é sabido que é impossível estabelecer uma relação exata entre as condições obtidas *in vivo* com as reproduzidas *in vitro*, com exatidão.⁹⁵

A sorção de água gera movimentação externa dos monômeros residuais e de íons, ocasionando solubilidade. Além disso, pode desencadear falhas na reação dos componentes, especialmente nos monômeros e pela hidrólise do silano, resultando em contração, menor peso e redução das propriedades mecânicas, diminuindo a durabilidade das resinas compostas e a formação de microfendas.⁹⁶

Secundariamente ocorre um efeito inverso: a água ocasiona um aumento do volume e do peso do material resinoso; difunde-se para dentro da resina e separa suas cadeias, gerando a expansão.⁹⁶

Inicialmente essa expansão pode ser benéfica para a resina composta, pois seria um efeito compensatório a contração de polimerização, o que aumentaria o selamento marginal.⁹⁷

Porém, isso não é verificado, uma vez que a contração de polimerização ocorre em poucos segundos, e a sorção de água em dias ou até semanas, não sendo, portanto, efetiva no relaxamento proporcional a contração.⁹⁸ Algumas pesquisas simulam, em condições laboratoriais, sorção e solubilidade de resinas compostas após imersão em água, por um determinado tempo,⁹⁶⁻¹⁰² porém as condições intraorais são mais complexas em relação a água destilada utilizada em alguns experimentos.⁹⁶

3 OBJETIVO

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a resistência ao cisalhamento da cerâmica e resina composta submetidos a diferentes tratamentos superficiais.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a resistência de união ao cisalhamento de dois sistemas cerâmicos com diferentes tratamentos superficiais:

- ✓ laser e silanização;
- ✓ ácido fluorídrico e silanização;
- ✓ jateamento com óxido de alumínio e silanização
- ✓ asperização com carbeto de silício granulação # 400 e silanização;
e um reparo em resina composta fotopolimerizável.

Avaliar o efeito do envelhecimento na união entre as cerâmicas estudadas e o reparo em resina acrílica.

Avaliar a ação dos tratamentos de superfície nas cerâmicas estudadas através da microscopia eletrônica de varredura.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram avaliados dois sistemas cerâmicos de cobertura com finalidade protética; uma cerâmica da marca comercial Noritake EX-3, utilizada para aplicação sobre estruturas confeccionadas a partir de ligas metálicas e o sistema Cerabien (Noritake) exclusivamente para aplicação sobre estruturas de alumina densamente sinterizada, alumina e zircônia infiltradas por vidro.

4.1 CONFECÇÃO DOS DISCOS DE CERÂMICA

Foram confeccionados 40 discos em cerâmica Noritake EX-3 (Noritake Dental Supply Co., Limited, Higashiyama, Miyoshi, Japão) e 40 discos em cerâmica no sistema Cerabien (Noritake Dental Supply Co., Limited, Higashiyama, Miyoshi, Japão) cor A2B. Os discos de cerâmica foram confeccionados a partir de uma matriz bipartida (4mm x 6mm) de politetrafluoretileno (PTFE), pelo laboratório Kayser Yamada, Porto Alegre, RS, Brasil. Os discos de cerâmica foram incluídos individualmente no centro de um anel de policloreto de vinila (PVC) de 20 mm de diâmetro com 20 mm de espessura, utilizando-se resina acrílica autopolimerizável (Jet, Clássico, São Paulo, SP, Brasil), deixando uma das superfícies da cerâmica exposta e nivelada na parte superior do tubo de PVC. Os discos de cerâmica foram posicionadas sobre uma lâmina de cera utilidade (Clássico, São Paulo, São Paulo, Brasil), Figura 1.

Figura 1 - Cerâmicas Cerabien e EX3 e os discos de cerâmica



4.2 TRATAMENTO SUPERFICIAL DA CERÂMICA

Todos os grupos foram padronizados com asperização com carbeto de silício granulação # 400 (3M do Brasil, Sumaré, SP, Brasil) aproximadamente a uma rotação de 550 RPM com fluxo de água contínuo por 30 s (Politriz DPU-10, Panambra, São Paulo, SP, Brasil).

Os discos de cerâmica foram divididos aleatoriamente em quatro grupos para a cerâmica EX3 e 4 grupos para a cerâmica Cerabien (n=10):

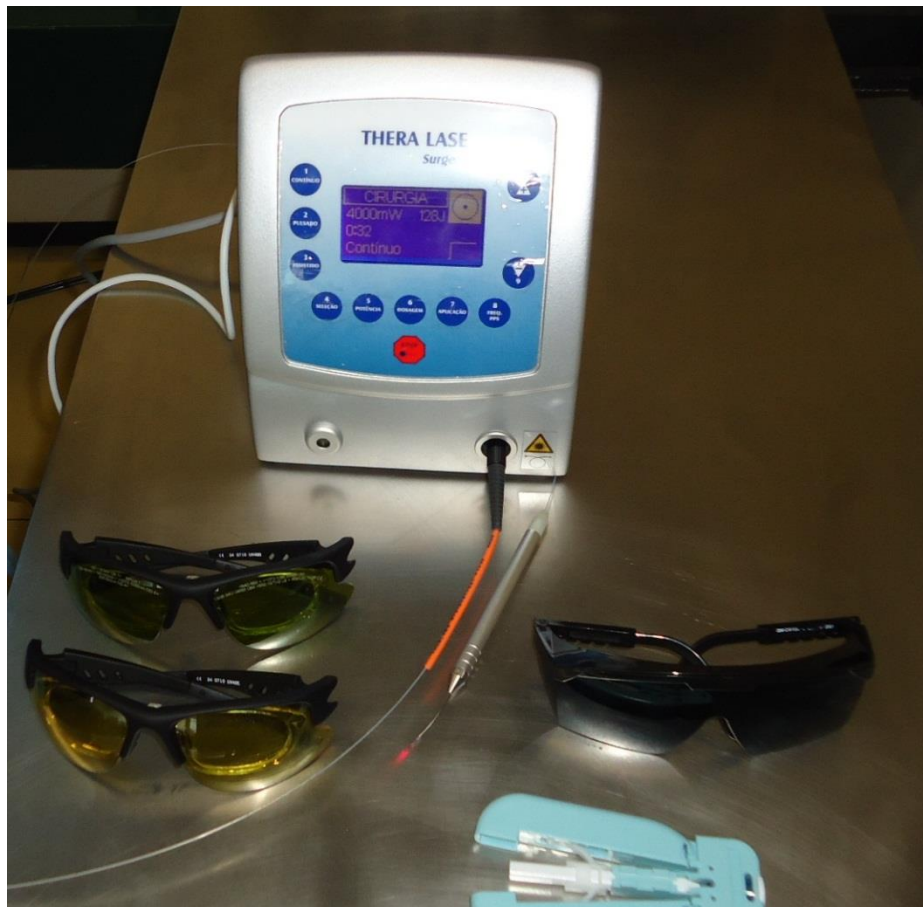
Grupo E1 e C1: aplicação do laser por 30 segundos à 400 j/cm^2 de energia em modo de exposição contínuo (Thera Lase - DMC Equipamentos, São Paulo, Brasil) (Figura 2), lavagem em água corrente por 30 segundos e secagem com jatos de ar a 1 cm de distância pelo tempo de 15 segundos;

Grupo E2 e C2: condicionamento com ácido hidrófluorídrico 10% (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil), por 2 minutos, lavagem em água corrente por 30 segundos e secagem com jatos de ar a 1 cm de distância pelo tempo de 15 segundos;

Grupo E3 e C3: jateamento com óxido de alumínio $50\mu\text{m}$ de espessura (Microjato, BioArt, São Carlos, SP, Brasil) por 15 segundos a uma distância de 1 cm, lavagem em água corrente por 30 segundos e secagem com jatos de ar a 1 cm distância pelo tempo de 15 segundos;

Grupo E4 e C4 (controle): asperização com carbeto de silício granulação # 400.

Figura 2 - Laser de diodo, Thera Lase



4.3 CONFECCÃO DO REPARO EM RESINA COMPOSTA

Todos os discos de cerâmica receberam aplicação de uma camada de agente união para cerâmica (Silano, Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil), aplicado com auxílio de um aplicador descartável (Microbrush Corporation, Grafton, WI, EUA) por 30 segundos e secos com jatos de ar por 10 segundos a 1 cm de distância. Após, foi aplicado com um aplicador descartável uma camada de adesivo (Single Bond 2 – Adhesive, 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA), fotopolimerizado por 20 segundos utilizou-se o fotopolimerizador led (diodos emissores de luz) Radium-cal com potência de 1200 mW/cm^2 (SDI, São Paulo, SP, Brasil) com a ponta do aparelho permanecendo a 1 cm de distância da cerâmica.

Posteriormente, no centro dos discos de cerâmica, uma matriz (bipartida de politetrafluoretileno com 3 mm de diâmetro x 6 mm de espessura) foi posicionada, onde foi confeccionada um bloco de resina composta microhíbrida cor A3 (Charisma, Heraeus kulzer, Hanau, Alemanha), que foi fotopolimerizada pelo aparelho led (diodos emissores de luz) Radium-cal (SDI, São Paulo, SP, Brasil) com potência de 1200 mW/cm^2 . O bloco em resina composta foi confeccionada em dois incrementos, de aproximadamente de 1,5 mm de espessura.

Todo o processo de preparo da superfície e reparo em resina composta segue na tabela 1.

Tabela 1 - Tratamento de superfície realizados nas cerâmicas EX3 e Cerabien e confecção do reparo em resina composta

GrupoE 1/C1	GrupoE 2/C2	GrupoE 3/C3	Grupo 4 (controle)
Laser	Ácido Fluorídrico	Óxido de alumínio	Carbeto de Silício
Silano	Silano	Silano	Silano
Adesivo	Adesivo	Adesivo	Adesivo
Resina Composta	Resina Composta	Resina Composta	Resina Composta

Fonte: Autora da pesquisa, 2012.

EX3 (utilizada para aplicação sobre estruturas confeccionadas a partir de ligas metálicas)

Quadro 1 - Algumas características da cerâmica Noritake EX3, segundo informações do fabricante.¹⁰³

- Fluorescência natural;
- Coeficiente de expansão térmica (CET) $12,4 \times 10^{-6} \sim 14,6 \times 10^{-6}$;
- Finas camadas de revestimento;
- Completo recobrimento dos óxidos metálicos

Cerabien (exclusivamente para aplicação sobre estruturas de alumina densamente sinterizada, alumina e zircônia infiltradas por vidro).

Quadro 2 - Algumas características da cerâmica Noritake Cerabien, segundo informações do fabricante.¹⁰⁴

- Alta resistência à fratura.
- Oferece resistência à fratura e trincas durante o processo de desgaste e acabamento devido e a interação entre a composição química das suas partículas.
- CET e seus cristais de leucita associadas às estruturas em alumina quando submetidas a temperaturas e taxas de resfriamento são estáveis.
- Devido à interação entre as estruturas em alumina/Cerabien não ocorre processos alérgicos nos pacientes.
- Excelente adesão às estruturas em alumina.
- O CET (coeficiente de expansão térmica) da cerâmica Noritake Cerabien é de $6,8 \times 10$.

4.4 ENVELHECIMENTO

Cada grupo foi mantido em água destilada, a 100% de umidade absoluta, a 37° C por uma semana e por quatro semanas na estufa para cultura modelo 002 (Fanem Ltda., São Paulo, Brasil).

4.5 ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO

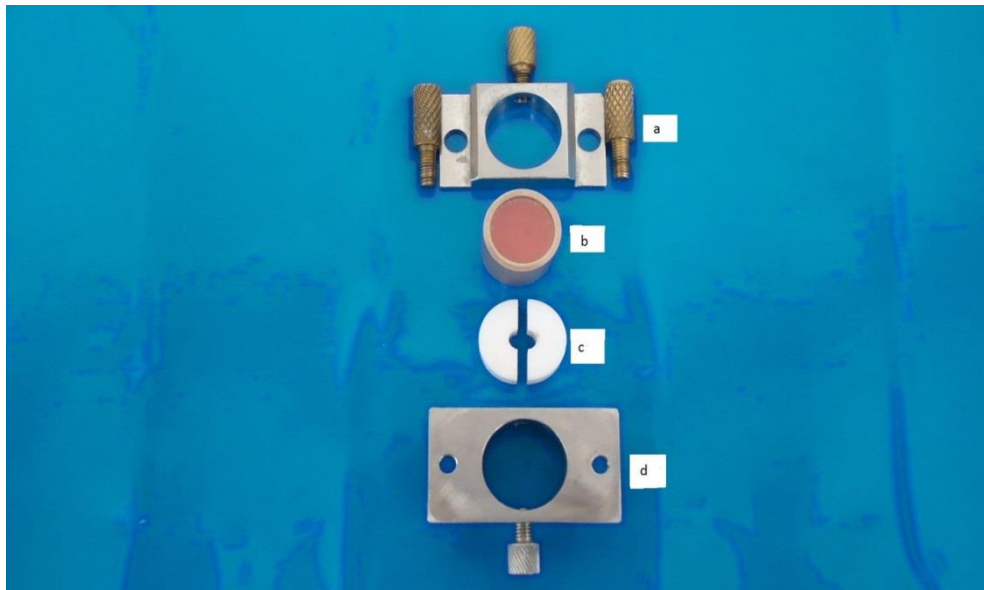
Para os ensaios de resistência ao cisalhamento foi utilizada a Máquina de Ensaio Universal, modelo DL 2000 (EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brasil). Os discos de cerâmica foram medidos com um paquímetro digital Mitutoyo (Mitutoyo Sul Americana, Suzano, SP, Brasil) e então posicionados no dispositivo metálico próprio. Os testes foram realizados utilizando um cinzel 0,5 mm, com velocidade de 0,5 mm por minuto e célula de carga de 50 kgf. Todas as amostras foram preparadas e testadas por um único operador, afim de eliminar a variável interoperador.

$$Rc = F/A$$

$$A = \pi r^2$$

Onde: Rc é a resistência ao cisalhamento; F (KgF), a força aplicada; e A (mm²), a área de união.

Figura 3 - a e d: partes do dispositivo que fixa o corpo de prova a máquina de cisalhamento; b: anel de policloreto de vinila preenchido com resina acrílica autopolimerizável; c: matriz de politetrafluoretileno.



4.6 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

Os corpos de prova foram analisados no microscópio eletrônico de varredura (modelo XL30, Phillips, Alemanha), apenas com fins ilustrativos, para observar as cerâmicas após de realizados os diferentes tratamentos de superfície.

Figura 4 - Cerâmica Ex3 após tratamento superficial com laser (800x)

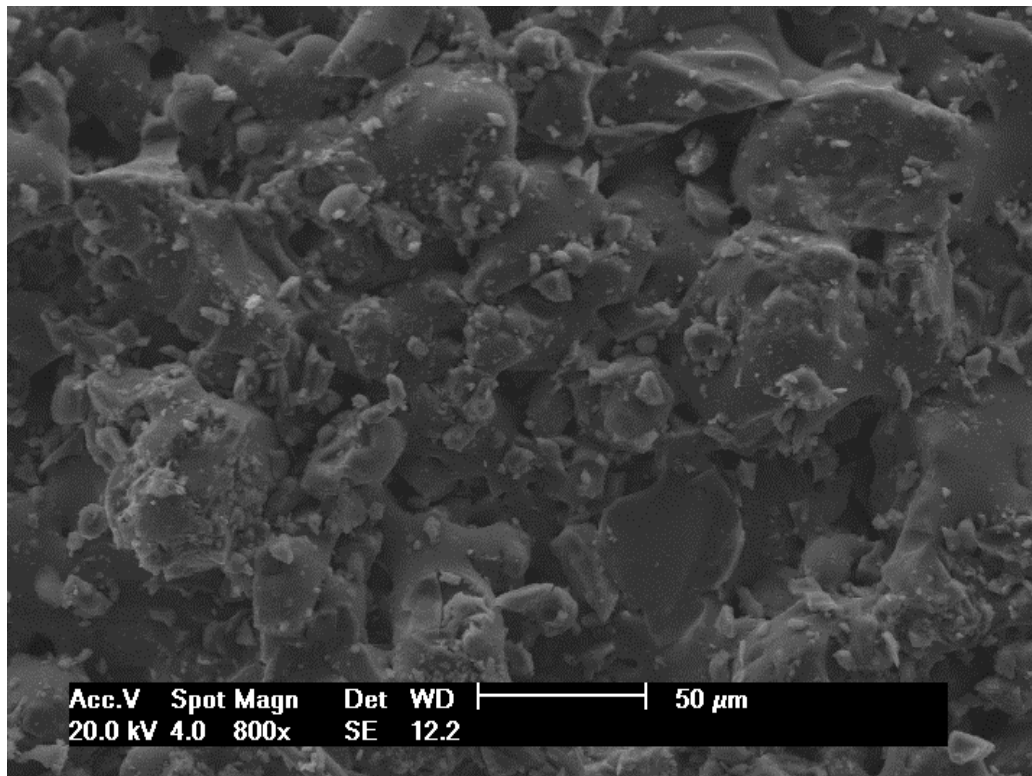


Figura 5 - Cerâmica Cerabien após tratamento superficial com laser (800x)

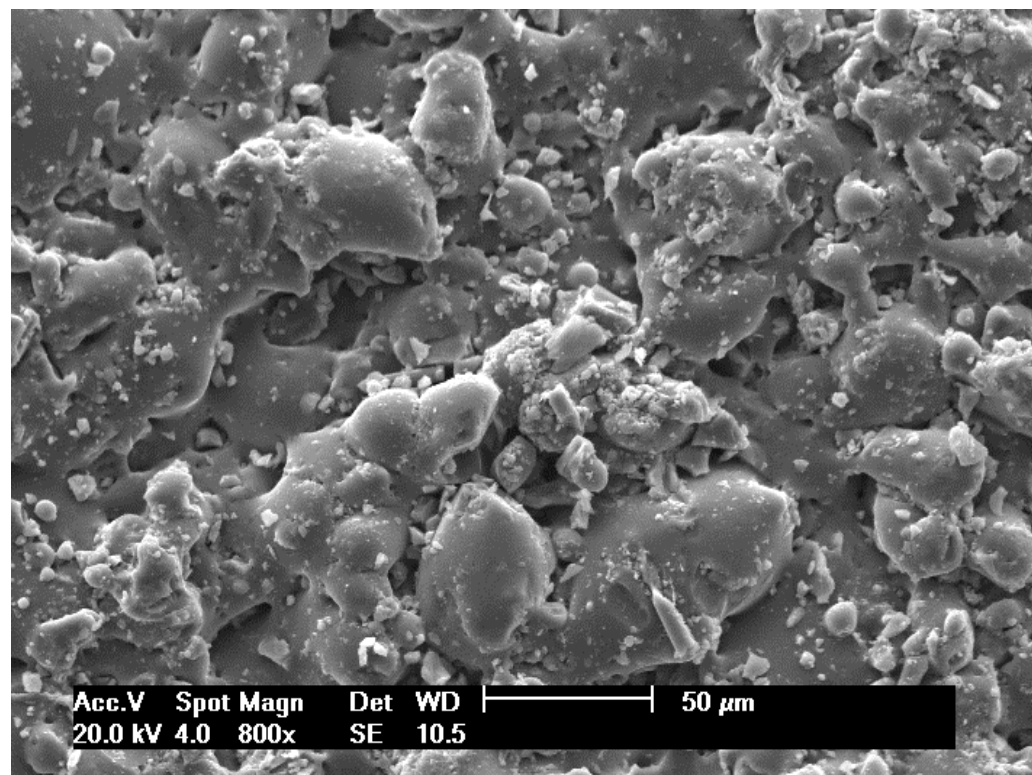


Figura 6 - Cerâmica Ex3 após tratamento superficial com ácido hidrófluorídrico à 10% (800x)

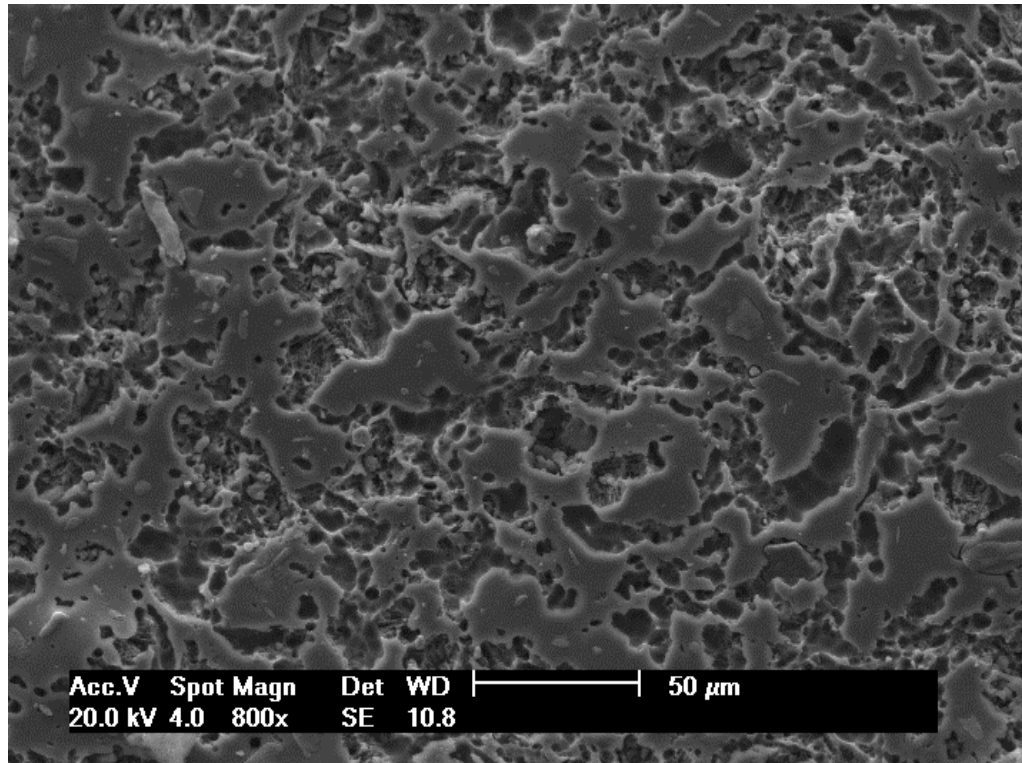


Figura 7 - Cerâmica Cerabien após tratamento superficial com ácido hidrófluorídrico à 10% (800x)

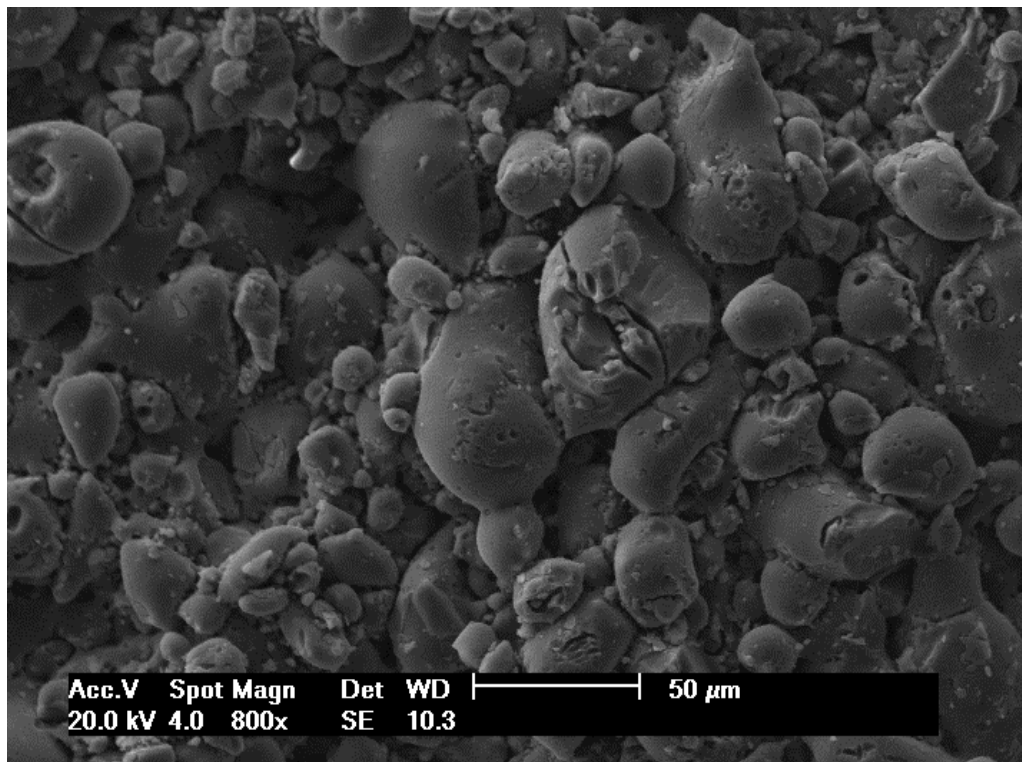


Figura 8 - Cerâmica Ex3 após tratamento superficial com jateamento com óxido de alumínio (800x)

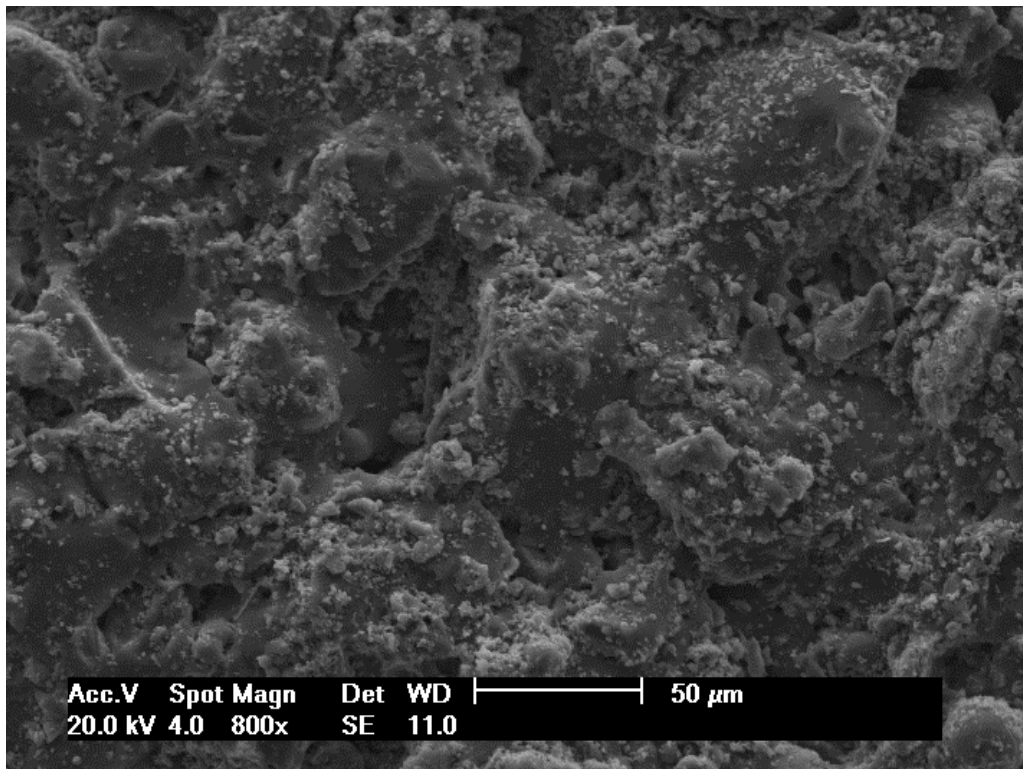


Figura 9 - Cerâmica Cerabien após tratamento superficial com jateamento com óxido de alumínio (800x)

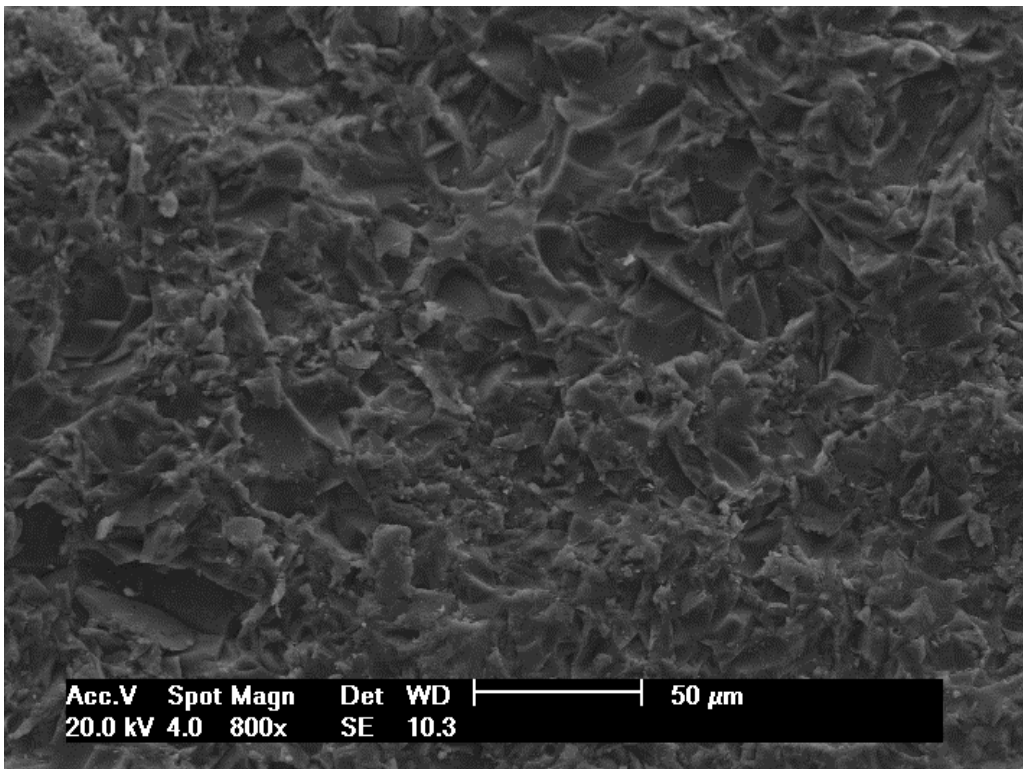


Figura 10 - Cerâmica Ex3 após asperização com carbeto de silício #400 (800x)

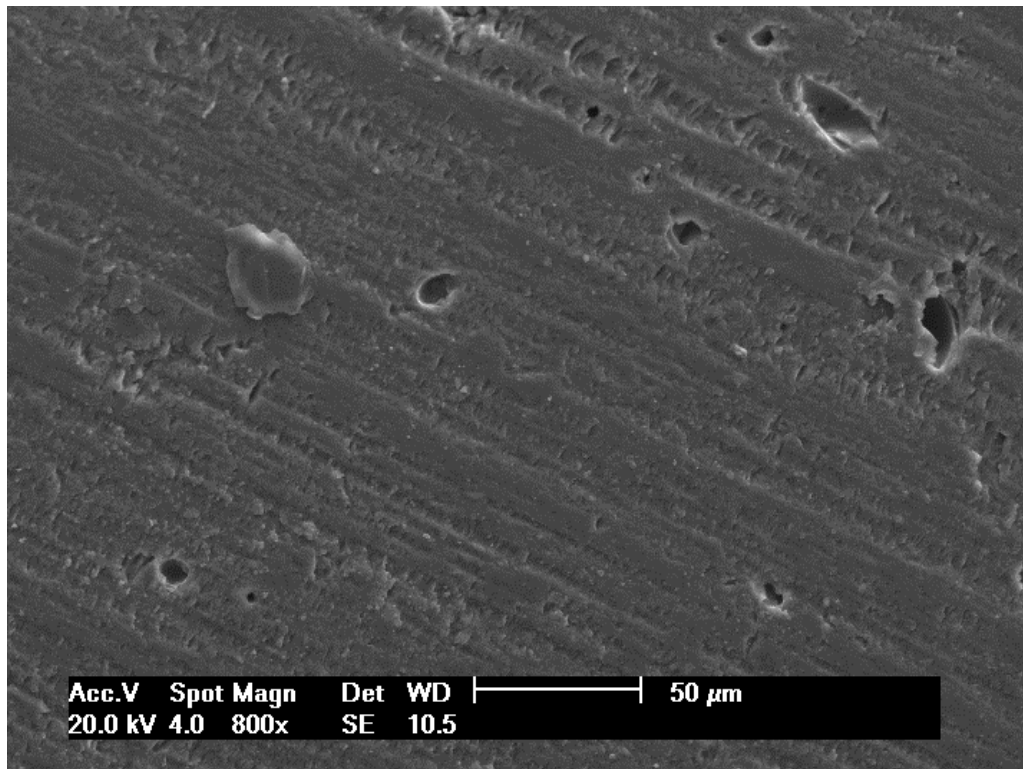
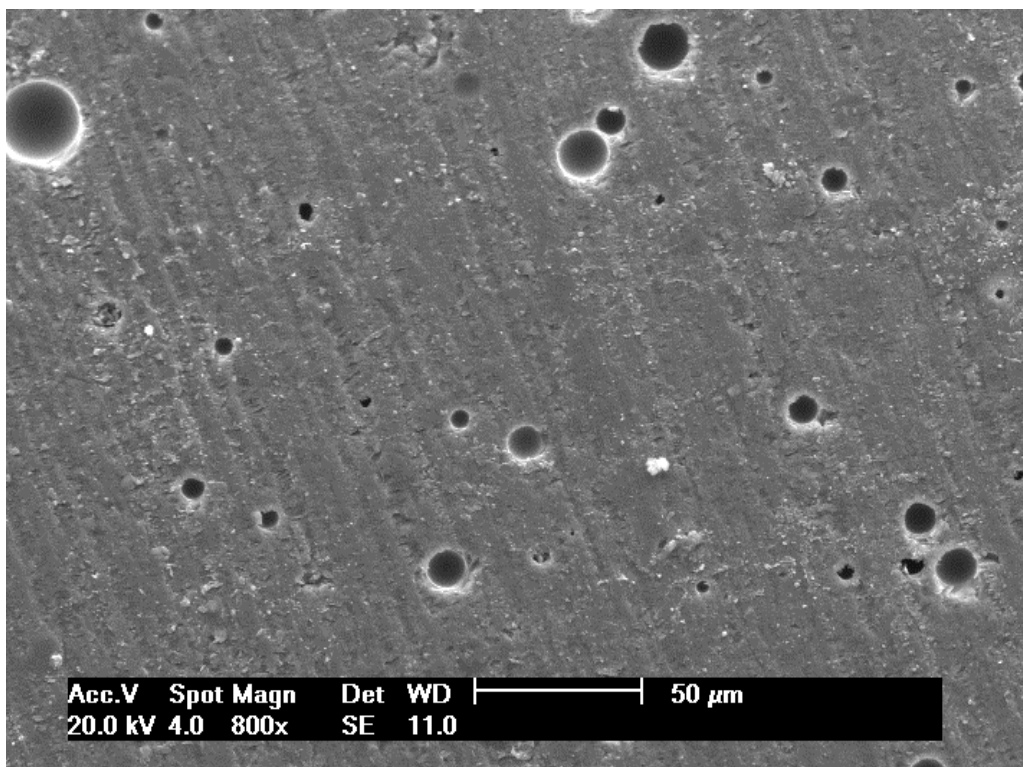


Figura 11 - Cerâmica Cerabien após asperização com carbeto de silício #400 (800x)



4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

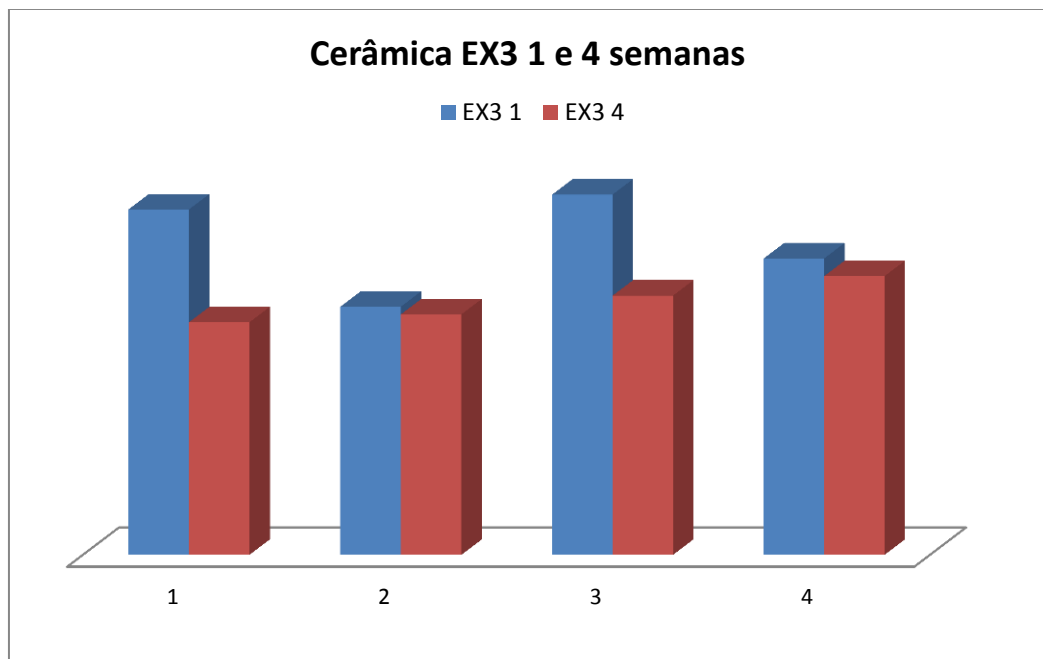
Os dados obtidos foram coletados, tabulados e analisados estatisticamente com auxílio do SPSS 17.0 (*Statistical Package for Social Science 17.0 for Windows*, Microsoft Co, EUA); e submetidos à análise de variância com medidas repetidas (uma e quatro semanas) seguida do método de comparação múltipla; o teste de Bonferroni.

5 RESULTADOS

Em um primeiro momento foi aplicado o Teste ANOVA, para verificar se existiu uma diferença significativa entre as médias, com nível de significância $\alpha = 5\%$ e o teste de Bonferroni ($p < 0,05$) para comparações múltiplas.

Ao comparar os valores médios no Gráfico 1, é notório que a aplicação do jateamento com óxido de alumínio apresentou a maior resistência ao cisalhamento entre a resina composta e a cerâmica EX3, com o tempo de armazenagem de 1 semana; depois observamos o grupo da aplicação do laser, o grupo controle e por fim o grupo no qual foi submetido ao tratamento com o ácido fluorídrico, todos com o tempo de armazenagem de 1 semana.

Gráfico 1 - Valores médios da cerâmica Ex3 após 1 e 4 semanas da resistência ao cisalhamento



1-Laser; 2-Ácido Fluorídrico; 3-Óxido de alumínio; 4-Controle

Fonte: Autora da pesquisa, 2012.

Na Tabela 2, podemos observar que houve diferença entre os grupos, porém não significantes estatisticamente.

Tabela 2 - Resultados dos valores médios dos testes de cisalhamento na cerâmica EX3 após 1e 4 semanas

Valores Médios dos Testes de Cisalhamento MPa (desvio padrão)				
	Grupo E1	Grupo E2	Grupo E3	Controle Cerâmicas
EX3 1	18,746+/- (2,616)aA	13,468+/- (3,203)aA	19,558+/- (2,774)aA	16,088+/- (2,774)aA
EX3 4	12,623+/- (2,636)aA	13,054+/- (3,228)aA	14,071+/- (2,795) aA	15,128+/- (2,795)aA

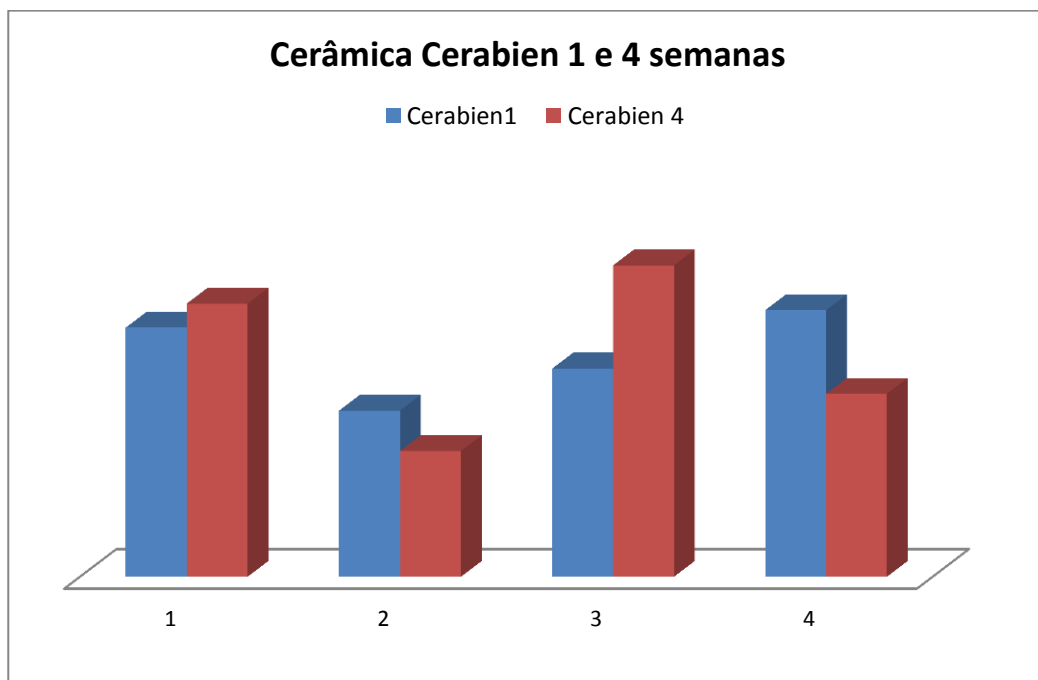
Fonte: Autora da pesquisa, 2012.

Médias seguidas por letras MINÚSCULAS iguais, nas linhas (para cada cerâmica utilizada), não diferiram entre si pelo teste ANOVA, com nível de significância de 5%.

Médias seguidas por letras MAIÚSCULAS iguais, nas colunas (para cada tratamento de superfície), não diferem entre si pelo teste ANOVA, com nível de significância de 5%.

Ao comparar os valores das médias no Gráfico 2, observamos que a aplicação do jateamento com óxido de alumínio apresentou a maior influência na resistência ao cisalhamento na interface entre a resina composta e a cerâmica Cerabien, com o tempo de armazenagem de 4 semanas; depois observamos o grupo da aplicação do laser, também com 4 semanas, depois o grupo controle seguido do grupo da aplicação do ácido fluorídrico, os dois últimos com tempo de armazenagem de 1 semana.

Gráfico 2 - Valores médios da cerâmica Cerabien após 1 e 4 semanas da resistência ao cisalhamento



1-Laser; 2-Ácido Fluorídrico; 3-Óxido de alumínio; 4-Controle

Fonte: Autora da pesquisa, 2012.

Na Tabela 3, podemos observar que houve diferença entre os grupos, porém não significantes estatisticamente.

Tabela 3 - Resultados dos valores médios dos testes de cisalhamento na cerâmica Cerabien após 1e 4 semanas

Valores Médios dos Testes de Cisalhamento MPa (desvio padrão)				
	Grupo C1	Grupo C2	Grupo C3	Controle Cerâmica
Cerabien 1	16,094+/- (3,258)aA	10,734+/- (3,072)aA	13,456+/- (3,072)aA	17,224+/- (3,762)aA
Cerabien 4	17,643+/- (3,203)aA	8,124+/- (3,020)aA	20,119+/- (3,020)aA	11,814+/- (3,699)aA

Fonte: Autora da pesquisa, 2012.

Médias seguidas por letras MINÚSCULAS iguais, nas linhas (para cada cerâmica utilizada), não diferiram entre si pelo teste ANOVA, com nível de significância de 5%.

Médias seguidas por letras MAIÚSCULAS iguais, nas colunas (para cada tratamento de superfície), não diferem entre si pelo teste ANOVA, com nível de significância de 5%.

No teste de comparações múltiplas de Bonferroni não houve resultados significativos.

6 DISCUSSÃO

Reabilitações orais com próteses metalocerâmicas ou de cerâmica pura são tão atraentes para o paciente, quanto estressante para o profissional. O planejamento da reabilitação desde as moldagens iniciais, passando pelos preparos dos dentes suportes ou implantes, moldagens de trabalho e prova da infra-estrutura, até o ajuste da cor, da anatomia e cimentação final, são etapas que demandam tempo, custo elevado e riqueza de detalhes indispensáveis para o sucesso da reabilitação. O estresse do profissional ocorre por conta de possibilidade de, após tanto empenho, ocorrer fratura do material restaurador, comprometendo o aspecto funcional e, principalmente, estético da restauração. Não há dúvida que a melhor opção é a remoção da restauração fraturada e substituição por novo trabalho. No entanto, sobretudo frente a trabalhos extensos, os custos e os riscos envolvidos tornam esta opção muito mais teórica do que prática. Frente a esta situação, não rara nas atividades da clínica diária, a opção do profissional é o reparo intra-oral da porção fraturada com resinas compostas. O tratamento superficial de cerâmicas com ácido fluorídrico, asperização com pontas diamantadas, jateamento com óxido de alumínio e jateamento com partícula de sílica, visando a criação de uma superfície que favoreça a adesão de resinas compostas ou a utilização de cimentação adesiva vem sendo utilizado com grande frequência, segundo PEDRAZZI.⁶⁵ Nenhum estudo envolvendo a utilização do laser de diodo para ablação de cerâmica odontológica foi encontrado em nossas investigações. Este laser produziu algumas alterações na cerâmica. Uma vez que os lasers de uso clínico não são utilizados para este fim; porém estas alterações não foram significativas de modo que evidenciassem sucesso para uma superfície de cerâmica a estar preparada para receber o processo restaurador; quer por falta de interação com a cerâmica ou por presença de profundas alterações como trincas devido a um efeito fototérmico.

A utilização do laser de diodo parece ser viável para o tratamento superficial das cerâmicas; pois, produziu alterações na superfície destas cerâmicas estudadas, porém deverão ser realizados mais estudos, com diferentes metodologias, como: modificar a potência empregada, aumentar ou diminuir o tempo de irradiação, utilizar diferentes tipos e marcas comerciais de cerâmica ; buscando estabelecer um protocolo de uso para a validação da sua utilização na clínica diária para este fim.

Em um primeiro momento, observamos que a resistência de união depende do tratamento realizado e tempo de armazenagem (envelhecimento) proposto; porém mesmo

sabendo que o tempo de armazenagem interfere na interface adesiva, não houve diferença significativa na armazenagem dos corpos de prova em 1 ou 4 semanas. Porém, observamos através da microscopia eletrônica de varredura; que o grupo o jateamento com óxido de alumínio apresentou maiores irregularidades superficiais; causando assim, o aumento da resistência ao cisalhamento na cerâmica Cerabien com o armazenamento de 4 semanas. No presente estudo, os grupos das cerâmicas Ex3 e Cerabien de 1 e 4 semanas, quase não demonstraram diferença, apenas o grupo Ex3 (1 semana) do jateamento com óxido de alumínio, (Grupo E3) é que demonstrou um aumento significativo na resistência ao cisalhamento; e o grupo (4 semanas) do jateamento com óxido de alumínio (Grupo C3) foi o que demonstrou também um aumento na resistência ao cisalhamento.

Como podemos observar as fotos realizadas na microscopia eletrônica de varredura, os tratamentos de superfície realizados nas duas cerâmicas estudadas, demonstraram-se bastante efetivos; o jateamento com óxido de alumínio apresentou os melhores resultados na resistência ao cisalhamento; seguido da aplicação do laser, asperização com carbetto de silício e aplicação do ácido fluorídrico. Como também, imagens bastante distintas umas das outras, pois tanto na cerâmica EX3, bem como no sistema Cerabien, as cerâmicas se mostraram visivelmente modificadas em sua superfície, agregando assim, um conhecimento bastante importante para futuras pesquisas científicas neste sentido.

7 CONCLUSÃO

De acordo com a metodologia empregada neste estudo, podemos concluir que:

- O jateamento com óxido de alumínio foi o tratamento superficial que apresentou melhores resultados nos dois tipos de cerâmicas de cobertura pesquisadas;
- O tempo de armazenagem de quatro (4) semanas não teve influência significativa neste estudo.

REFERÊNCIAS

1. GOMES HENRIQUES, A.; COSTA, D.P.; BARROS, K.M.; BEATRICE, L.C.; MENEZES FILHO, PF. Cerâmicas Odontológicas: aspectos atuais, propriedades e indicações. *Odontologia. Clín.-Científ*, Recife, v. 7, n. 4, p. 289-294, out./dez. 2008.
2. BORGES, G.A.; SOPHR, A.M.; DE GOES, M.F.; SOBRINHO, L.C.; CHAN, D.C. Effect ofetching and airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramic. *J Prosthet Dent*, v. 89, p. 479-88, 2003.
3. KINA, S. Cerâmicas dentárias. *R Dental Press Estet*, v. 2, n. 2, p. 112-128, abr./maio/jun. 2005.
4. ANUSAVICE, K.J. **Materiais dentários**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. p. 345-366. (Cap. 26: Cerâmicas Odontológicas).
5. MELO, M.M.; ROSA, R.L.; SOUZA, P.M.; GONÇALVES, M. **Reparo em cerâmica: como solucionar pequenos "acidentes"**. Relato de Caso Clínico. [On line]. Disponível em: <www.odontologiacosmetica.com.br>. Acesso em: 10 set. 2011.
6. FAN, P.L. Porcelain repair materials. Council on Dental Materials, Instruments and Equipment. *J Am Dent Assoc*, Chicago, v. 122, n. 8, p. 124-30, Aug. 1991.
7. CHUNG, K.H.; HWANG, Y.C. Bonding strengths of porcelain repair systems with various surface treatments. *J Prosthet Dent*, St. Louis, v. 78, n. 3, p. 267-74, Sept. 1997.
8. OZCAN, M. Evaluation of alternative intra-oral repair techniques for fractured ceramic-fused-to-metal restorations. *J Oral Rehabil*, Oxford, v. 30, n. 2, p. 194-203, Feb. 2003.
9. MATINLINNA, J.P.; HEIKKIEN, T.; OZCAN, M.; LASSILA, L.; VALLITTU, P.K. Evaluation of resin adhesion to zirconia ceramic using some organosilanes. *Dent Mater*, v. 22, p. 824-831, 2006.
10. SIMONSEN, R.J.; CALAMIA, J.R. Tensile bond strength of etched porcelain. [abstract1154]. *J Dent Res*, v. 61, p. 297, 1983.
11. SEGHI, R.R.; DENRY, I.L.; ROSENSTIEL, S.F. Relative fracture toughness and hardness of new dental ceramics. *J Prosthet Dent*, v. 74, p. 145-50, 1995.
12. KRAMER, N.; FRANKENBERGER, R.; PELKA, M.; PETSCHERT, A. IPS Empress inlays and onlays after four years - a clinical study. *J Dent*, v. 27, n. 5, p. 325-31, 1999.
13. SCHERRER, S.S.; KELLY, J.R.; QUIN, G.D.; XU, K. Fracture toughness (K_{Ic}) of a dental porcelain determined by fractographic analysis. *Dental Materials*, v. 15, p. 342-8, 1999.

14. JUNG, Y.G.; PETERSON, I.M.; KIM, D.K.; LAWN, B.R. Lifetime limiting strength degradation from contact fatigue in dental ceramics. **J Dent Res**, v. 79, n. 2, p. 722-31, 2000.
15. LAWN, B.R.; DENG, Y.; THOMPSON, V.P. Use of contact testing in the characterization and design of all-ceramic crown-like layer structures: a review. **J Prosth Dent**, v. 86, p. 495-510, 2001.
16. KATO, H.; MATSUMURA, H.; TANAKA, T.; ATSUTA, M. Bond strength and durability of porcelain bonding systems. **J Prosthet Dent**, v. 75, p. 163-8, 1996.
17. SEN, D.; POYRAZOGLU, E.; TUNCELLI, B.; GOLLER, G. Shear bond strength of resin luting cement to glass-infiltrated porous aluminum oxide cores. **J Prosthet Dent**, v. 83, p. 210-5, 2000.
18. BORGES, G.A. et al. Effect of etching airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramics. **J Prosthet Dent**, v. 89, p. 479-88, 2003.
19. KERN, M.; THOMPSON, V.P. Bonding to glass infiltrated alumina ceramic: adhesive methods and their durability. **J Prosthet Dent**, v. 73, p. 240-9, 1995.
20. OZCAN, M.; ALKUMRU, H.N.; GEMALMAZ, D. The effect of surface treatment on the shear bond strength of luting cement to a glass-infiltrated alumina ceramic. **Int J Prosthodont**, v. 14, p. 335-9, 2001.
21. LI, R.; REN, Y.; HAN, J. Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on shear bond strength of composite resin bonded to porcelain. **Hua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi**, v. 18, p. 377-9, 2000.
22. SILVEIRA, B.L.; PAGLIA, A.; BURNETT, L.H.; SHINKAI, R.S.; EDUARDO, C.P.; SPOHR, A.M. Micro-tensile bond strength between a resin cement and a aluminous ceramic treated with Nd:YAG laser, Rocatec system or aluminum oxide sandblasting. **Photomed Laser Surg**, v. 23, n. 6, p. 543-8, 2005.
23. SORENSEN, J.A.; ENGELMAN, M.J.; TORRES, T.J.; AVERA, S.P. Shear bond strength of composite resin to porcelain. **Int J Prosthodont**, v. 4, p. 17-23, 1991.
24. LU, R.; HARCOURT, J.; TYAS, M.; ALEXANDER, B. An investigation of the composite resin/porcelain interface. **Aust Dent J**, v. 37, p. 12-9, 1992.
25. BOHJALIAN, A.; FRONER, E.E.; ZANETTI, A.L.; SANTOS, V.M.A. Resistência à Fratura de Sistemas Cerâmicos Empress I, II e In-Ceram. **RGO**, Porto Alegre, v. 54, n. 2, p. 185-190, abr./jun. 2006.
26. PORTO, T.S. **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**. 2006, 130 f. Dissertação (Mestrado em Dentística Restauradora) - Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP Araraquara, 2006.

27. WERNER, H.K.B. **Avaliação da resistência de união de uma cerâmica de zircônia submetida a diversos tratamentos de superfície.** 2009, 85 f. Dissertação (Mestrado em Clínica Odontológica - Ênfase em Prótese Dentária) – Faculdade de Odontologia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
28. CASTELLANI, D. Differential treatment planning or the single anterior crown. **Int J Periodontics Restorative Dent**, v. 10, p. 230-41, 1990.
29. DELLA BONA, A. Cerâmicas: desenvolvimento e tecnologia. **Revista Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo-Fundo**, v. 1, n. 1, p. 13-23, 1996.
30. MANICONE, P.F.; IOMMETTI, P.R.; RAFFAELLI, L. An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications. **J Dent**, v. 35, p. 819-826, 2007.
31. COONAERT, J.; ADRIANS, P.; DE BOEVER, J. Long-term clinical study of porcelain-fused-to-gold restorations. **J Prosthet Dent**, St. Louis, v. 51, n. 3, p. 338-42, Mar. 1984.
32. ÔZCAN, M.; NIEDERMEIER, W. Clinical study on the reasons for and location of failures of metal-ceramic restorations and survival of repairs. **Int J Prosthodont**, Lombard, v. 15, n. 3, p. 299-302, May/June 2002.
33. MORENA, R.; BEAUDREAU, G.M.; LOCKWOOD, P.E. et al. Fatigue of dental ceramics in a simulated oral environment. **J Dent Res**, v. 65, n. 7, p. 993-997, 1986.
34. SHERRIL, C.A.; O'BRIEN, W.J. Transverse strength of aluminous and feldspathic porcelain. **J Dent Res**, v. 53, n. 3, p. 683-90, 1974.
35. KELLY, J.R.; HUNTER, B.V.; BRENYO, M.R. et al. Simulating clinical failure during in vitro testing of all-ceramic crowns. **J Dent Res**, (Abstract 1175), v. 77, p. 778, 1998.
36. AZER, S.S.; DRUMMOND, J.L.; CAMPBELL, S.D. et al. Influence of core buildup material on the fatigue strength of an all-ceramic crown. **J Prosthet Dent**, v. 86, n. 6, p. 624-31, 2001.
37. LEEVAILO, J.C.; PLATT, J.A.; COCHRAN, M.A. et al. In vitro study of fracture incidence and compressive fracture load of all-ceramic crowns cemented with resin-modified glass ionomer and other luting agents. **J Prosthet Dent**, v. 80, n. 6, p. 699-707, 1998.
38. MAGNE, P.; KWON, K.R.; BELSER, U.C. et al. Crack propensity of porcelain laminate veneers: a simulated operatory evaluation. **J Prosthet Dent**, v. 81, n. 3, p. 327-34, 1999.
39. 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. **J Prosthet Dent**, St. Louis, v. 83, n. 6, p. 668-674, 2000.

40. CHEN, J.H.; CRAMER, A.; WILSON, N.H.; ROULET, J.F.; NOACK, M. Effect of etchant, etching period, and silane priming on bond strength to porcelain of composite resin. **Oper Dent**, v. 23, p. 250-7, 1998.
41. CHEN, J.H.; MATSUMARA, H.; ATSUTA, M. Effect of different etching periods on the bond strength of a composite resin to a machinable porcelain. **J Dent**, v. 26, p. 53-8, 1998.
42. BOUSCHILCHER, M.R.; COBB, D.S.; VARGAS, M.A. Effect of two abrasive systems on resin bonding to laboratory-processed indirect resin composite restorations. **J Esthet Dent**, v. 11, p. 185-96, 1999.
43. JARDEL, V.; DEGRANGE, M.; PICARD, B.; DERRIEN, G. Surface energy of etched ceramic. **Int J Prosthodont**, v. 12, p. 415-8, 1999.
44. JARDEL, V.; DEGRANGE, M.; PICARD, B.; DERRIEN, G. Correlation of topography to bond strength of etched ceramic. **Int J Prosthodont**, v. 12, p. 59-64, 1999.
45. MEYER FILHO, A.; VIEIRA, L.C.; ARAUJO, E.; MONTEIRO JUNIOR, S. Effect of different ceramic surface treatments on resin microtensile bond strength. **J Prosthodont**, v. 13, p. 28-35, 2004.
46. GUAZZATO, M.; ALBAKRY, M.; QUARCH, L.; SWAIN, M.V. Influence of surface and heat treatments on the flexural strength of a glass-infiltrated alumina/zirconia reinforced dental ceramic. **Dent Mater**, v. 21, p. 454-63, 2005.
47. 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**, v. 18, p. 327-30, 2005.
48. REICH, S.M.; 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**, v. 74, p. 740-6, 2005.
49. DERAND, T.; MOLIN, M.; KVAM, K. Bond strength of composite luting cement to zirconia ceramic surfaces. **Dent Mater**, v. 21, p. 1158-62, 2005.
50. AKOVA, T.; YOLDAS, O.; TOROGLU, S.M.; UYSAL, H. Porcelain surface treatment by laser for bracket-porcelain bonding. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 128, p. 630-7, 2005.
51. VALANDRO, L.F.; DELLA BONA, A.; BOTTINO, M.A.; NEISSER, M.P. The effect of ceramic surface treatment on bonding to densely sintered alumina ceramic. **J Prosthet Dent.**, v. 93, p. 253-9, 2005.
52. KIM, B.K.; BAE, H.E.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**, v. 94, p. 357-62, 2005.

53. ATSU, S.S.; KILICARSLAN, M.A.; KUCUKESMEN, H.C.; AKA, P.S. Effect of zirconiumoxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. **J Prosthet Dent**, v. 95, p. 430-6, 2006.
54. XIBLE, A.A.; JESUS TAVARES, R.R.; ARAUJO, C.R.P.; BONACHELA, W.C. Effect of silica coating and silanization on flexural and composite-resin bond strengths of zirconia posts: An in vitro study. **J Prosthet Dent**, v. 95, p. 224-9, 2006.
55. GÜLER, A.U.; 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**, v. 8, p. 21-5, 2006.
56. TÜRKMEN, C.; SAZAK, H.; GÜNDAY, M. Effects of the Nd:YAG laser, air-abrasion, and acid-etchant on filling materials. **J Oral Rehabil**, v. 33, p. 64-9, 2006.
57. DELLA BONA, A.; VAN NOORT, R. Shear vs tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. **J Dent Res**, Chicago, v. 74, n. 9, p. 1591-1596, 1995.
58. CARDOSO, P.E.C.; BRAGA, R.R.; CARRILHO, M.R.O. Evaluation of micro-tensile, shear and tensile tests determining the bond strength of three adhesive systems. **Dent Mater**, Copenhagen, v. 14, n. 6, p. 394-398, 1998.
59. PHRUKKANON, S.; BURROW, M.F.; TYAS, M.J. The influence of cross-sectional shape and surface area on the micro-tensile bond test. **Dent Mater**, Copenhagen, v. 14, n. 3, p. 212-221, 1998b.
60. GILLIS, I.; REDLICH, M. The effect of different porcelain conditioning techniques on shear bond strength of stainless steel brackets. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 114, p. 387-92, 1998.
61. SANT'ANNA, E.F.; MONNERAT, M.E.; CHEVITARESE, O.; STUANI, M.B.S. Bonding brackets to porcelain – in vitro study. **Braz Dent J**, v. 13, p. 191-6, 2002.
62. MATINLINNA, J.P.; HEIKKIEN, T.; OZCAN, M.; LASSILA, L.; VALLITTU, P.K. Evaluation of resin adhesion to zirconia ceramic using some organosilanes. **Dent Mater**, v. 22, p. 824-831, 2006.
63. ÖZCAN, M.; VALLITU, P.K. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. **Dent Mater**, v. 19, p. 725-31, 2003.
64. LATTA, M.A.; BARKMEIER, W.W. Approaches for intraoral repair of ceramic restorations. **Compend Contin Educ Dent**, v. 21, n. 8, p. 635-43, Aug. 2000.
65. PEDRAZZI, H. **Resistência adesiva ao cisalhamento de reparos em porcelana condicionada com laser**. 2007, 89f. Tese (Doutorado em Reabilitação Oral) - Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, 2007.
66. BLATZ, M.B.; SADAN, A.; MARTIN, J.; LANG, B. In vitro evaluation bond strengths of resin to densely-sintered high-purity zirconium-oxide ceramic after long-term storage and thermal cycling. **J Prosthet Dent**, v. 91, n. 4, p. 356-62, 2004.

67. AMARAL, R.; OZCAN, M.; BOTTINO, M.A.; VALANDRO, L.F. Microtensile bond strength of a resin cement to glass infiltrated zirconia-reinforced ceramic: the effect of surface conditioning. **Dent Mater**, v. 22, n. 3, p. 283-90, 2006.
68. RE, D.; AUGUSTI, D.; SAILER, I.; SPREAFICO, D., CERUTTI, A. The effect of surface treatment on the adhesion of resin cements to Y-TZP. **Eur J Esthet Dent**, v. 3, n. 2, p. 186-96, 2008.
69. POLIDO, C.B. **Efeito do laser de diodo (808nm) de alta potência no crescimento de cultura de células de fibroblastos humanos**. 2005, 67 f. Dissertação (Mestrado em Lasers em Odontologia) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares e Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
70. KARU, T. et al. **Biostimulation of HeLa cells by low: intensity visible light II. Stimulation of DNA and RNA synthesis in a wide spectral range**. 3. ed. Nuevo Cimento, [S.I.], 1984. p. 309-318.
71. MARSHAL, S.L. **Laser: tecnologia y aplicaciones**. Barcelona: Reverte, 1972.
72. MESTER, E.; MESTER, A.F.; MESTER, A. The biomedical effects of laser application. **Lasers in Surgery and Medicine**, New York, v. 5, p. 31-39, 1985.
73. TUNER, J.; HODE, L. It's all in the parameters, a critical analysis of some wellknown negative studies on low-level laser therapy. **J Clin Laser Medicine and Surgery**, New York, v. 16, n. 5, p. 245-248, 1998.
74. YLMAZ, S. et al. Effect of Gallium Arsenide Diode Laser on human periodontal disease: a microbiological and clinical study. **Lasers in Surgery and Medicine**, New York, v. 30, n. 1, p. 60-66, Jan. 2002.
75. KERN, M.; THOMPSON, V.P. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: volume loss, morphology, and change in the surface composition. **J Prosthet Dent**, v. 71, p. 453-61, 1994.
76. RIBEIRO, J.C.R.; GOMES, P.N.; MOYSÉS, M.R.; DIAS, S.C.; PEREIRA, L.J.; RIBEIRO, J.G.R. Shear strength evaluation of composite-composite resin associations. **J Dent**, v. 36, n. 5, p. 326-30, 2008.
77. BACCHI, A.; CAVALCANTE, L.M.A.; SCHNEIDER, L.F.J.; CONSANI, R.L.X. Repairs in composite resin restorations – a literature review. **RFO**, Passo Fundo, v. 15, n. 3, p. 331-335, set./dez. 2010.
78. BAGHERI, R.; TYAS, M.J.; BURROW, M.F. Subsurface degradation of resin-based composites. **Dent Mater**, v. 23, n. 8, p. 944-51, 2007.
79. JAFFER, F.; FINER, Y.; SANTERRE, J.P. Interactions between resin monomers and commercial composite resins whit human saliva derived esterase. **Biomaterials**, v. 23, n. 7, p. 1707-19, 2002.

80. FERRACANE, J.L. Elution of leachable components from composites. **J Oral Rehabil**, v. 21, n. 4, p. 441-52, 1994.
81. ÖRTENGREN, U.; WELLENDORF, H.; KARLSSON, S.; RUYTER, I. Water sorption and solubility of dental composites and identification of monomers released in an aqueous environment. **J Oral Rehabil**, v. 28, n. 12, p. 1106-15, 2001.
82. GRÖGER, G.; ROSENTRITT, M.; BEHR, M.; SCHRÖDER, J.; HANDEL, G. Dental resin materials in vivo-TEM results after one year: a pilot study. **J Mater Sci Mater Med**, v. 17, n. 9, p. 825-8, 2006.
83. FERRACANE, J.L. Hygroscopic and Hydrolytic effects in dental polymer networks. **Dent Mater**, v. 22, n. 3, p. 211-22, 2006.
84. FERRACANE, J.L.; MARKER, V.A. Solvent degradation and reduced fracture toughness in aged composites. **J Dent Res**, v. 71, n. 1, p. 13-9, 1992.
85. RODRIGUES, J.R.A.S.; FERRACANE, J.L.; DELLA BONA, A. Influence of surface treatments on the bond strength of repaired resin composite restorative materials. **Dent Mater**, v. 25, n. 4, p. 442-51, 2009.
86. FERRACANE, J.L. Hygroscopic and Hydrolytic effects in dental polymer networks. **Dent Mater**, v. 22, n. 3, p. 211-22, 2006.
87. KALACHANDRA, S. Influence of fillers on the water sorption of composites. **Dent Mater**, v. 5, n. 4, p. 283-8, 1989.
88. SOUZA JÚNIOR, M.H.S.; FREITAS, A.B.D.A.; MONDELLI, R.F.L.; ISHIQUIRIAMA, A. Avaliação da Estabilidade de Reparos em Resina Composta por Testes de Tração e Cisalhamento Utilizando Diferentes Tratamentos de Superfície. **J Bras Clin Odontol Int**, v. 7, p. 196-201, 2003.
89. DE MUNCK, J.; VAN LANDUYT, K.; PEUMANS, M.; POITEVIN, A.; LAMBRECHTS, P.; BRAEM, M. et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. **J Dent Res**, v. 84, v. 2, p. 118-32, 2005.
90. LUCENA, M.C.M.; GOMES, R.V.S.; SANTOS, M.C.M.S. Avaliação da rugosidade superficial da resina composta filtek Z350 3M/ Espe de baixa viscosidade exposta a enxaguatórios com e sem álcool. **Odontol Clin Cient**, v. 9, n. 1, p. 59-64, 2010.
91. PEUMANS, M.; HIKITA, K.; DE MUNCK, J.; VAN LANDUYT, K.; POITEVIN, A.; LAMBRECHTS, P. et al. Bond durability of composite luting agents to ceramic when exposed to long term-thermocycling. **Oper Dent**, v. 32, n. 4, p. 372-79, Jul. 2007.
92. HUMMEL, M.; KERN, M. Durability of resin bond strength to the alumina ceramic Procera. **Dent Mater**, v. 20, n. 5, p. 498-508, 2004.
93. OSÓRIO, R.; TOLEDANO, M.; OSÓRIO, E.; AGUILERA, F.S.; TAY, F.; FERRARI, M. Effect of loading cycling and in vitro degradation on resin-dentin bonds using a self-etching primer. **J Biomed Mater Res**, v. 72, p. 399-408, 2005.

94. KELLY, J.R. Clinically relevant approach to failure testing of allceramic restorations. **J Prosthet Dent June**, v. 81, n. 6, p. 652-61, 1999.
95. CALDARELLI, P.G.; BELTRANI, F.C.; SANTOS, F.A.; SHIBAYAMA, R.; HOEPPNER, M.G. Manchamento de uma resina composta e sua relação com o efeito da intensidade da luz emitida por aparelhos fotopolimerizadores de lâmpada halógena. **Rev Odontol Araçatuba**, v. 32, n. 2, p. 44-48, jul./dez. 2011.
96. SIDERIDOU, I.; ACHILIAS, D.S.; SPYROUDI, C.; KARABELA, M. Water sorption characteristics of light-cured dental resins and composites based on Bis-EMA/PCDMA. **Biomaterials**, v. 25, p. 367-76, 2004.
97. SIDERIDOU, I.D.; KARABELA, M.M.; VOUVOUDI, E.C.H. Volumetric dimensional changes of dental light-cured dimethacrylate resins after sorption of water or ethanol. **Dent Mater**, v. 24, n. 12, p. 1631-9, Dec. 2008.
98. MARTIN, N.; JEDYNAKIEWICZ, N. Measurement of water sorption in dental composites. **Biomaterials**, v. 19, p. 77-83, 1998.
99. YAP, A.U.; LOW, J.S.; ONG, L.F. Effect of food-simulating liquids on surface characteristics of composite and polyacid-modified composite restoratives. **Oper Dent**, v. 25, n. 3, p. 170-6, May-June 2000.
100. ITO, S.; HASHIMOTO, M.; WADGAONKAR, B.; SVIZERO, N.; CARVALHO, R.M.; YIU, C. et al. Effect of resin hydrophilicity on water sorption and changes in modulus of elasticity. **Biomaterials**, v. 26, n. 33, p. 6449-59, 2005.
101. ARHEGAS, L.R.P. **Sorção e solubilidade de resinas compostas polimerizadas com luz halogena e led**. 2005, 87f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2005.
102. KARABELA, M.M.; SIDERIDOU, I.D. Effect of the structure of silane coupling agent on sorption characteristics of solvents by dental resin-nanocomposites. **Dent Mater**, v. 24, p. 1631-39, 2008.
103. NORITAKE-EX-3. **Manual de instruções EX3**. [On line]. Disponível em: <<http://www.kotaimp.com/wpcontent/uploads/2012/03/Manual-Noritake-EX-3.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2011.
104. NORITAKE CERABIEN. **Características Noritake Cerabien**. [On line]. Disponível em: <<http://www.kotaimp.com/wpcontent/uploads/2012/03/CERABIEN-Estudo-10-2008.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2011.