



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

KAREN CRISTINA ARCHANGELO PERDIGÃO

**EFEITO DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE
NA RUGOSIDADE DE UM SISTEMA CERÂMICO**

Londrina
2014

KAREN CRISTINA ARCHANGELO PERDIGÃO

**EFEITO DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE
NA RUGOSIDADE DE UM SISTEMA CERÂMICO**

Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE, pelo Programa Pós-graduação em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Giovani de Oliveira Corrêa.

Londrina
2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

P433e Perdigão, Karen Cristina Archangelo.
Efeito de diferentes tratamentos de superfície na rugosidade de um sistema cerâmico
/ Karen Cristina Archangelo Perdigão. – Londrina, 2014.
77 f.: il.

Orientador: Giovani de Oliveira Correa.
Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Universidade Estadual de Londrina,
Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, 2014.
Inclui bibliografia.

1. Cerâmica odontológica – Teses. 2. Dentes x Polimento – Teses. 3. Materiais dentários – Teses. I. Corrêa, Giovani de Oliveira. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

CDU 616.314-089.27

KAREN CRISTINA ARCHANGELO PERDIGÃO

**EFEITO DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE NA
RUGOSIDADE DE UM SISTEMA CERÂMICO**

Dissertação de mestrado apresentada à
Universidade Estadual de Londrina, como
requisito parcial para a obtenção do título de
MESTRE, pelo Programa Pós-graduação em
Odontologia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Giovani de Oliveira Corrêa
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Edwin Fernando Ruiz Contreras
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Alexandre Luiz Souto Borges
Universidade Estadual Paulista - UNESP

Londrina, 26 de fevereiro de 2014.

DEDICO

Dedico este trabalho a Deus, pelo dom da vida, pela sabedoria, pela inteligência, por me mostrar os caminhos a seguir e me dar forças para trilhar caminhos de enriquecimento pessoal e profissional.

Aos meus pais, que me mostraram o verdadeiro valor de nossa existência, o valor de um sorriso, um abraço. Àqueles que me proporcionaram o amor maior que poderia receber.

Ao meu querido e amado irmão, Carlos Marcelo Archangelo, amigo, leal, companheiro, grande impulsionador de minha vida profissional, exemplo de dedicação e amor à profissão.

Ao meu marido Eduardo Perdigão, tão especial em minha vida, sempre ao meu lado, ajudando com seu carinho, presente com seu amor. Sou feliz porque tenho você. Amo além da vida!

Ao meu afilhado Leonardo das Neves Archangelo, por ser fonte de alegria em minha vida, com sua doçura e inocência de criança, fazendo florescer os mais belos sentimentos em meu coração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, o professor Dr. Giovani de Oliveira Corrêa, pelos momentos dedicados à minha formação profissional, me acompanhando no mundo científico, auxiliando na produção deste trabalho, e dividindo conhecimentos. Obrigada pela paciência e disponibilidade.

Ao programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Estadual de Londrina, em especial a esta universidade, que me ofereceu oportunidades para o desenvolvimento deste estudo, bem como para o aprimoramento profissional.

Ao professor Dr. Edwin Fernando Ruiz Contreras, pelo auxílio em diversas fases da pesquisa, por se mostrar disposto a ajudar e ensinar. Obrigada por compartilhar sua sabedoria e mostrar o caminho para ser um bom professor e profissional.

À professora Dra. Cássia Cilene Dezan Garbelini, pela dedicação e empenho em formar profissionais qualificados, pelos conhecimentos compartilhados, pela disposição em ajudar em todos os momentos.

Ao Professor Dr. Márcio Grama Hoepfner, pelo esforço e eficiência no trabalho prestado como professor no mestrado.

À professora Dra. Solange de Paula Ramos, pelo crescimento científico proporcionado.

À professora Dra. Célia Guadalupe Tardeli de Jesus Andrade, coordenadora do Laboratório de Microscopia e Microanálise da Universidade Estadual de Londrina, e ao técnico Osvaldo Capello, pelas aulas ministradas sobre Microscopia Eletrônica de Varredura e que, prontamente, se dispuseram a ajudar na coleta das imagens.

A todo o corpo docente do mestrado, pela competência e seriedade na condução das disciplinas.

Aos colegas de turma, Andressa Bozza, Daniel Poletto, Fernanda Elissa Sanches, Kelly Limi Aida, Lígia Sturion de Souza, Simone Valenga, Sonia Gomes de Lemos, pelos bons momentos vividos.

Ao professor Dr. Carlos Marcelo Archangelo, pelo incentivo profissional, companheirismo e ajuda na aquisição dos materiais de pesquisa.

Ao professor Angelo Marcelo Tirado Santos, pela orientação na compreensão dos dados estatísticos.

Ao Laboratório de Prótese Dentária Romanini, pela confecção dos corpos de prova em cerâmica, aos técnicos em prótese dentária Ronaldo Barbosa, Lucas Barbosa de Matos, Rodrigo Sanches e Marcelo Costa, pelo carinho no atendimento e pronta ajuda. À querida Maria Cristina Carvalho Ribeiro – Cris, pelo atendimento carinhoso em todos os momentos de visita ao laboratório. Em especial, a José Carlos Romanini, pelo acolhimento e recepção, agradeço grandemente.

Ao professor Dr. Sidney Kina, pela colaboração com equipamentos durante a fase de coleta de dados.

Ao professor Dr. Celso Vataru Nakamura e à aluna do programa de Pós Graduação Kátia Kern, da Central de Microscopia do Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa da Universidade Estadual de Maringá, pelo apoio e auxílio na obtenção de imagens deste trabalho.

A todos os amigos e familiares que torcem pelo meu sucesso profissional e pessoal.

PERDIGÃO, Karen Cristina Archangelo. **Efeito de diferentes tratamentos de superfície na rugosidade de um sistema cerâmico**. 2014. 77 f. Dissertação de Conclusão de Curso de Mestrado em Clínica Odontológica – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

RESUMO

A superfície dos materiais restauradores cerâmicos deve ser estética e lisa. Superfícies rugosas ou ásperas podem diminuir a resistência à flexão do material, além de apresentarem maior propensão ao desgaste do elemento dentário antagonista e aumento na taxa de acúmulo de biofilme, prejudicando a qualidade estética do material. A microestrutura interna de restaurações livres de metal pode ser um importante fator para se obter uma adesão efetiva entre a cerâmica e o agente de cimentação. Nesse sentido, os propósitos deste estudo foram: 1) Avaliar o efeito de diferentes tratamentos de superfície na rugosidade da cerâmica de cobertura do dissilicato de lítio; 2) Avaliar o efeito de diferentes condicionamentos de superfície na rugosidade da infraestrutura do dissilicato de lítio. Foram confeccionados 55 discos em cerâmica de dissilicato de lítio (7 somente da infraestrutura e 48 com infraestrutura, cerâmica de cobertura e camada de glaze), distribuídos em 7 grupos. Para a primeira proposta, foram utilizados os discos com cerâmica de cobertura (n=8): G1: controle; G2: desgaste com ponta diamantada 4138F; G3: 4138F + 4138FF; G4: 4138F + novo glaze; G5: 4138F + Kit OpraFine; G6: 4138F + taça de borracha com pasta diamantada + feltro com pasta diamantada. Antes e após o tratamento, os espécimes foram medidos em rugosímetro, para análise da rugosidade, e após o tratamento um espécime de cada grupo foi levado ao MEV. Para a segunda proposta, foram utilizados os discos em cerâmica injetada e os demais grupos, exceto G4 e G6, da seguinte forma (n=7): G1: controle; G2: ácido fluorídrico 10% durante 20 segundos; G3: óxido de alumínio 50µm; G4: óxido de alumínio 110µm; G5: óxido de alumínio 110µm revestido por sílica. Os espécimes foram medidos em rugosímetro antes e após o tratamento, e após o tratamento um espécime de cada grupo foi levado ao MEV. Concluiu-se que o método de polimento influenciou na rugosidade de superfície, sendo indicados: glaze, novo glaze e o polimento com o Kit de polimento. As pontas diamantadas, isoladamente, não devem ser utilizadas para finalizações de restaurações cerâmicas. O tratamento da infraestrutura com ácido fluorídrico produziu dissolução da matriz vítrea e exposição dos cristais, além da criação de micro retenções. Entretanto, não houve diferença estatística entre os valores de rugosidades dos tratamentos realizados. O jateamento com óxido de alumínio de 50µm, 110µm e 110µm revestido por sílica produziram asperização da superfície, com formação de pequenos relevos.

Unitermos: Cerâmica. Polimento dentário. Abrasão dental por ar. ácido fluorídrico.

PERDIGÃO, Karen Cristina Archangelo. **Effect of different treatments on the surface roughness of a ceramic system**. 2014. 77 p. Dissertation of Master Course in Dental Clinic – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

ABSTRACT

The surface of ceramic restorative materials should be smooth and aesthetic. Rough surfaces can decrease the flexural strength of the material, and present a greater propensity to wear the antagonist tooth. Furthermore, it can increase the biofilm accumulation, compromising the aesthetic quality of the material. The internal microstructure of metal free restorations can be an important factor to achieve an effective bond between the ceramic and the luting agent. Accordingly, the purpose of this study were: 1) To evaluate the effect of different surface treatments on roughness of the lithium disilicate ceramic with coverage; 2) To evaluate the effect of different conditioning methods on the surface roughness of the lithium disilicate infrastructure. Fifty-five lithium disilicate ceramic discs were made (7 made of infrastructure and 48 made of infrastructure, veneer ceramic and glaze layer), distributed into 7 groups. For the first proposal discs with ceramic cover were used (n=8): G1: control; G2: abrasion with a diamond bur 4138F; G3: 4138F + 4138FF; G4: 4138F + new glaze layer; G5: 4138F + OpraFine Kit; G6: 4138F + rubber cup with diamond paste + felt with diamond paste. Before and after treatments, the specimens were measured by a profilometer for the surface roughness analysis, and after that, one specimen of each group was analyzed by SEM. For the second proposal, it was used the ceramic pressed discs and the infrastructure of the other groups, except G4 and G6, used as follows: G1: control; G2: 10% hydrofluoric acid for 20 seconds; G3: 50µm aluminum oxide; G4: 110µm aluminum oxide; G5: 110µm silica-coated aluminum oxide. The specimens were measured by a profilometer before and after treatments, and after, one specimen per group was analysed by SEM. It was concluded that the polishing method affected the surface roughness, and the indicated methods are: glaze layer, new glaze layer and polishing with the polishing kit. The diamond burs alone should not be used for finishing ceramic restorations. The treatment of the infrastructure with hydrofluoric acid produced the glass matrix dissolution and exposure of the crystals, in addition to creating micro retentions. However, there was no statistical difference between the roughness values of the treatments made. Sandblasting with 50µm aluminum oxide, 110µm aluminum oxide and 110µm silica-coated aluminum oxide produced slightly roughening surface with small reliefs.

Keywords: Ceramics. Dental Polishing. Dental Air Abrasion. Hydrofluoric Acid.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
2	CAPÍTULOS.....	16
2.1	ARTIGO 1	16
2.1.1	Introdução	18
2.1.2	Metodologia	21
2.1.2.1	Teste de rugosidade de superfície	23
2.1.2.2	Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	24
2.1.2.3	Análise estatística	24
2.1.3	Resultados	25
2.1.4	Discussão	28
2.1.5	Conclusões	32
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
2.2	ARTIGO 2	38
2.2.1	Introdução	40
2.2.2	Metodologia	42
2.2.2.1	Teste de rugosidade de superfície 43	
2.2.2.2	Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	43
2.2.2.3	Análise estatística	44
2.2.3	Resultados	45
2.2.4	Discussão	47
2.2.5	Conclusões	51
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
	ANEXOS	56
ANEXO A -	CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA	56
ANEXO B -	METODOLOGIA CAPÍTULO 1	58
ANEXO C -	METODOLOGIA CAPÍTULO 2.....	60
ANEXO D -	ANÁLISE ESTATÍSTICA CAPÍTULO 1.....	62
	Poder do Teste	62
	Análise Descritiva Pré-Tratamento.....	63

Teste de Normalidade Pré-Tratamento	64
Análise de Variância (ANOVA) / TUKEY Pré-Tratamento	65
Análise Descritiva Pós-Tratamento	66
Teste de Normalidade Pós-Tratamento	67
Análise de Variância (ANOVA) / TUKEY Pós-Tratamento	68
ANEXO E - ANÁLISE ESTATÍSTICA CAPÍTULO 2	69
Poder do Teste	69
Análise Descritiva Pré-Tratamento	70
Teste de Normalidade Pré-Tratamento	71
Análise de Variância (ANOVA) Pré-Tratamento	72
Análise Descritiva Pós-Tratamento	73
Teste de Normalidade Pós-Tratamento	74
Análise de Variância (ANOVA) / TUKEY Pós-Tratamento	75
Resultados: Tabelas.....	76
Resultados: Gráficos	77

1 INTRODUÇÃO

O tratamento restaurador através de coroas totais é vastamente utilizado na prática odontológica (SILVA et al., 2011). Dentre os materiais disponíveis para substituir a estrutura dental, encontram-se as cerâmicas odontológicas. O termo cerâmica se refere a um material não metálico inorgânico, de estrutura cristalina, consistindo de uma mistura de componentes vítreos e cristalinos (GIORDANO; McLAREN, 2010). Muitos sistemas cerâmicos diferentes tem sido introduzidos ao longo dos anos, que podem ser classificados de acordo com a microestrutura: 1) Sistemas Vítreos, a base de sílica, constituindo as cerâmicas feldspáticas; 2) Sistemas Vítreos, enriquecidos com cristais. Nestes sistemas existe a fase vítrea e uma segunda fase, a cristalina, que pode ser a base de cristais de leucita, dissilicato de lítio ou fluorapatita; 3) Sistemas Cristalinos, Infiltrados de vidro; 4) Sólidos Policristalinos, com alto teor de alumina ou alto teor de zircônia (GIORDANO; McLAREN, 2010; SHENOY; SHENOY, 2010)

A demanda crescente por materiais estéticos e resistentes levou ao desenvolvimento das restaurações livres de metal. Dentre esses, grande destaque tem se dado ao dissilicato de lítio, o qual apresenta aplicação clínica ampla, devido à alta resistência flexural e tenacidade à fratura superior às demais cerâmicas vítreas, além de características estéticas superiores (HUANG et al., 2013).

O desenho da infraestrutura e o sistema de adesão são essenciais para o sucesso e longevidade das restaurações cerâmicas livres de metal. Nesse sentido, o coping deve apresentar configuração que proporcione adequada espessura da cerâmica de cobertura, boa adaptação para reduzir a linha de cimento, sendo utilizado preferencialmente os cimentos resinosos como método para aumentar a resistência à fratura comparado a cimentos convencionais (SADOWSKY, 2006). A união do cimento resinoso à dentina ocorre por retenção micromecânica e à cerâmica por adesão química, o que requer rugosidade adequada desta superfície e aplicação de um agente de união silano (BLATZ et al., 2003). Devido à natureza frágil da cerâmica, o cimento atua penetrando as irregularidades da superfície e falhas criadas, proporcionando aumento na resistência à fratura, além de permitir a transferência de stress da restauração para a estrutura dentária (PINI et al., 2012). Para que isto seja possível, a superfície interna da restauração cerâmica deve ser adequadamente preparada (ZAWTA, 2001). Cerâmicas à base de sílica são

passíveis de condicionamento com ácido fluorídrico, chamadas de ácido sensíveis, o que as predispõem à adesão química e micromecânica. Entretanto, cerâmicas com alto conteúdo de alumina ou zircônia não podem ser condicionadas, chamadas ácido resistentes, sendo indicados outros métodos para abrasão da superfície, como abrasão com partículas de óxido de alumínio, ou partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica, para silicatar a superfície e torna-la passível de adesão química com o cimento resinoso (PILATHADKA; VAHALOVÁ, 2007).

A superfície externa dos materiais restauradores deve ser estética e lisa. Uma superfície lisa é importante considerando-se três fatores: função, biocompatibilidade e estética (YILMAZ; ÖZKAN, 2010b). Superfície rugosas ou ásperas podem diminuir a resistência à flexão do material (FISCHER; SCHÄFER; MARX, 2003; YONDEM; INAN, 2011); além disso, apresentam maior desgaste do elemento dentário antagonista (AL-WAHADNI; MARTIN, 1999) e apresentam menor molhabilidade (AKSOY et al., 2006). Um outro aspecto é o aumento na taxa de acúmulo de biofilme, produzindo, desta forma, inflamação gengival e reação tecidual (KAWAI; URANO; EBISU, 2000). Como consequência do acúmulo de biofilme e pigmentos, a qualidade estética fica comprometida (YILMAZ; ÖZKAN, 2010b).

No laboratório, uma restauração cerâmica após sinterização recebe uma camada de glaze. Esta camada tem a função de selar os poros abertos na superfície cerâmica durante o processo de sinterização, produzindo superfícies com brilho, lisura e maior resistência à propagação de fraturas (BOAVENTURA et al., 2013). Há duas técnicas para o glazeamento, o autoglaze, ou glaze natural, no qual a superfície da cerâmica é deixada em alta temperatura (em torno de 940° C) para promover a camada de glaze através do derretimento da camada mais externa da cerâmica, e a massa de glaze, que se caracteriza pela aplicação de uma camada vítrea de baixa fusão, que é queimada a uma temperatura baixa, para se obter a camada de glaze (AKSOY, et al. 2006).

Durante a fase de prova e cimentação de uma restauração cerâmica, muitas vezes são necessários ajustes na peça protética, para correção de contatos oclusais, contornos inadequados ou melhoras da aparência estética, o que remove a camada de glaze e produz uma superfície rugosa e irregular (WRIGHT et al., 2004). Com o objetivo de eliminar as falhas criadas, proporcionar uma superfície lisa, com brilho e mais resistente, diversos procedimentos de polimento ou um novo glazeamento da superfície são sugeridos (SASAHARA et al., 2006; WRIGHT et al.,

2004; ALBAKRY; GUAZZATO; SWAIN, 2004; YONDEM; INAN, 2011; AKSOY et al., 2006; BOAVENTURA et al., 2013; YILMAZ; ÖZKAN, 2010a; TUNCDEMIR et al., 2012; BOTTINO et al., 2006; THOLT et al., 2006; AL-WAHADNI, 2006). Entretanto, um novo glazeamento, após ajustes, nem sempre é possível, especialmente quando as correções são realizadas após a cimentação da restauração e, portanto, o polimento é a melhor alternativa (WRIGHT et al., 2004).

Frente à divergência na literatura quanto ao tipo de material cerâmico e sistema de polimento utilizado, surgiu a necessidade de se investigar a influência de alguns métodos de polimento na rugosidade de superfície de uma cerâmica odontológica, o dissilicato de lítio e sua cerâmica de cobertura, bem como o efeito de métodos de condicionamento e abrasão na superfície interna da peça protética na criação de micro retenções que viabilizam a adesão com cimento resinoso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKSOY, G.; POLAT, H.; POLAT, M.; COSKUN, G. Effect of various treatment and glazing (coating) techniques on the roughness and wettability of ceramic dental restorative surfaces. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 53, n. 2, p. 254-259, dez. 2006.

ALBAKRY, M.; GUAZZATO, M.; SWAIN, M.V. Effect of sandblasting , grinding, polishing and glazing on the flexural strength of two pressable all-ceramic dental materials. **Journal of Dentistry**, v. 32, n. 2, p.91-99, fev. 2004.

AL-WAHADNI, A. An *in vitro* investigation into the surface roughness of 2 glazed, unglazed, and refinished ceramic materials. **Quintessence International**, v. 37, n. 4, p. 311-317, abr. 2006.

AL-WAHADNI, A.M.; MARTIN, D.M. An in vitro investigation into the wear effects of glazed, unglazed and refinished dental porcelain on an opposing material. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 26, n. 6, p. 538-546, jun. 1999.

BLATZ, M.B.; SADAN, A.; KERN, M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 89, n. 3, p. 268-274, mar. 2003.

BOAVENTURA, J.M.C.; NISHIDA, R.; ELOSSAIS, A.A.; LIMA, D.M.; REIS, J.M.S.N.; CAMPOS, E.A.; ANDRADE, M.F. Effect finishing and polishing procedures on the surface roughness of IPS Empress 2 ceramic. **Acta Odontologica Scandinavica**, v. 71, n.3-4, p. 438-443, maio-jul. 2013.

BOTTINO, M.C., VALANDRO, L.F.; KANTORSKI, K.Z.; BRESSIANI, J.C.; BOTTINO, M.A. Polishing methods of alumina-reinforced feldspar ceramic. **Brazilian Dental Journal**, v. 17, n. 4, p. 285-289, 2006.

FISCHER, H.; SCHÄFER, M.; MARX, R. Effect of surface roughness on flexural strength of veneer ceramics. **Journal of Dental Research**, v. 82, n. 12, p. 972-975, dez. 2003.

GIORDANO, R.; McLAREN, E.A.; Ceramics overview: classification by microstructure and processing methods. **Compendium of Continuing Education in Dentistry**, v. 31, n. 9, p. 682-697, nov-dez. 2010.

HUANG, S.; ZHANG, B.; HUANG, Z.; GAO, W.; CAO, P. Crystalline phase formation, microstructure and mechanical properties of a lithium disilicate glass-ceramic. **Journal of Materials Science**, v. 48, n. 1, p. 251-257, jan. 2013.

KAWAI, K.; URANO, M.; EBISU, S. Effect of surface roughness of porcelain on adhesion of bacteria and their synthesizing glucans. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 83, n. 6, p. 664-667, jun. 2000.

PILATHADKA, S.; VAHALOVÁ, D. Contemporary all-ceramic materials, part-1. **Acta Medica**, v. 50, n.2, p. 101-104, fev. 2007.

PINI, N.P.; AGUIAR, F.H.; LIMA, D.A.; LOVADINO, J.R.; TERADA, R.S.; PASCOTTO, R.C. Advances in dental veneers: materials, applications, and techniques. **Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry**, v. 10, n. 4, p. 9-16, fev. 2012.

SADOWSKY, S.J. An overview of treatment considerations for esthetic restorations: a review of the literature. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 96, n. 6, p. 433-442, dez. 2006.

SASAHARA, R.M.C.; RIBEIRO, F.C.; CESAR, P.F.; YOSHIMURA, H.N. Influence of the finishing technique on surface roughness of dental porcelains with different microstructures. **Operative Dentistry**, v. 31, n. 5, p. 577-583, set-out. 2006.

SHENOY, A.; SHENOY, N. Dental ceramics: an update. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 13, n. 4, p. 195-203, out-dez. 2010.

SILVA, N.R.; THOMPSON, V.P.; VALVERDE, G.B.; COELHO, P.G.; POWERS, J.M.; FARAH, J.W.; ESQUIVEL-UPSHAW, J. Comparative reliability analyses of zirconium

oxide and lithium disilicate restoration in vitro and in vivo. **The Journal of The American Dental Association**, v. 142, suppl 2, p. 4S-9S, abr. 2011.

TUNCDEMIR, A.R.; DILBER, E; KARA, H.B; OZTURK, A.N. The effects of porcelain polishing techniques on the color and surface texture of different porcelain systems. **Materials Sciences and Applications**, v. 3, n. 5, p. 294-300, maio 2012.

THOLT, B.; MIRANDA-JUNIOR, W.G.; PRIOLI, R.; THOMPSON, J.; ODA, M. Surface roughness in ceramics with different finishing techniques using atomic force microscope and profilometer. **Operative Dentistry**, v. 31, n. 4, p. 442-449, jul-ago. 2006.

WRIGHT, M.D.; MASRI, R.; DRISCOLL, C.F.; ROMBERG, E.; THOMPSON, G.A.; RUNYAN, D.A. Comparison of three systems for the polishing of an ultra-low fusing dental porcelain. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 92, n. 5, p. 486-490, nov. 2004.

YILMAZ, K; ÖZKAN, P. Profilometer evaluation of the effect of various polishing methods on the surface roughness in dental ceramics of different structures subjected to repeated firings. **Quintessence International**, v. 41, n. 7, p. e125-131, jul-ago. 2010a.

YILMAZ, K; ÖZKAN, P. The methods for the generation of smoothness in dental ceramics. **Compendium of Continuing Education in Dentistry**, v. 31, n. 1, p. 30-41, jan-fev. 2010b.

YONDEM, I; INAN, O. The effect of different surface finishing procedures on surface roughness and fracture toughness in all-ceramic restorations. **International Journal of Applied Ceramic Technology**, v. 8, n. 2, p. 437-445, mar. 2011.

ZAWTA, C. Fixed partial dentures with an all-ceramic system: a case report. **Quintessence International**, v. 32, n. 5, p. 351-358, maio 2001.

2 CAPÍTULOS

2.1 ARTIGO 1

(Formatação nas normas da Revista Operative Dentistry)

AValiação DO EFEITO DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE NA RUGOSIDADE DE UMA CERÂMICA DE COBERTURA.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes tratamentos de superfície na rugosidade da cerâmica de cobertura do dissilicato de lítio. Foram confeccionados 48 discos em dissilicato de lítio, com cerâmica de cobertura e camada de glaze, divididos em seis grupos (n=8), de acordo com o tratamento de superfície realizado: G1: camada de glaze (grupo controle); G2: ponta diamantada 4138F; G3: ponta diamantada 4138F + 4138FF; G4: ponta diamantada 4138F + novo glaze; G5: ponta diamantada 4138F + kit de polimento para cerâmica; G6: ponta diamantada 4138F + taça de borracha e pasta diamantada + feltro e pasta diamantada. Foi realizada leitura da rugosidade de superfície (Ra em μm) dos espécimes em rugosímetro, antes e após o tratamento, e um espécime de cada grupo foi levado ao MEV após o tratamento. Os dados foram submetidos à Análise de Variância e ao teste de Tukey (5%). Foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre o grupo controle ($1,11 \pm 0,21$) e os grupos G2 ($3,00 \pm 0,61$) e G3 ($1,93 \pm 0,45$), mas sem diferenças com os grupos G4 ($0,90 \pm 0,26$), G5 ($1,14 \pm 0,68$) e G6 ($1,56 \pm 0,22$). O grupo G2 apresentou diferença estatística com todos os grupos. Houve diferença entre o grupo G3 e G4, mas não entre G3 e G6. O grupo G4 não apresentou diferença estatística em relação aos grupos G1, G5 e G6, diferindo dos demais. Não houve diferença entre os valores das médias de rugosidade dos grupos G5 e G6. Pelas imagens de MEV, observa-se lisura de superfície nos grupos G1, G4, G5, com presença de irregularidades nos grupos G2, G3 e G6. Concluiu-se que o método de polimento teve influência na rugosidade de superfície. As técnicas indicadas para o polimento de restaurações cerâmicas foram: glaze, novo glaze e o polimento com o Kit de polimento. As pontas diamantadas não devem ser utilizadas isoladamente para finalizações de restaurações cerâmicas, por promoverem superfícies com maiores rugosidades.

Unitermos: **Cerâmica, Porcelana Dentária, Polimento Dentário.**

EVALUATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT SURFACE TREATMENTS ON THE ROUGHNESS OF A CERAMIC VENEER.

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the effect of different surface treatments on the roughness of a lithium disilicate ceramic veneer. Forty-eight lithium disilicate discs with ceramic veneer and glaze layer were manufactured and distributed into six groups (n=8) according to the surface treatment performed: G1, glaze layer (control group); G2, diamond bur 4138F; G3, diamond bur 4138F + 4138FF; G4, diamond bur 4138F + new glaze layer; G5, diamond bur 4138F + ceramic polishing kit; G6, diamond bur 4138F + rubber cup with diamond paste + felt with diamond paste. Surface roughness measurement (Ra in μm) was performed using a profilometer before and after surface treatments, and one specimen from each group was subjected to SEM imaging after treatment. ANOVA and Tukey's test (5%) were used for data analysis. Significant differences were found between the control group (1.11 ± 0.21) and groups G2 (3.00 ± 0.61) and G3 (1.93 ± 0.45), but not to groups G4 (0.90 ± 0.26), G5 (1.14 ± 0.68) or G6 (1.56 ± 0.22). The G2 group was significantly different from all other groups. There were differences between G3 and G4, but not between G3 and G6. The G4 group showed no significant difference as compared with G1, G5 or G6, but differed from the other groups. There were no differences between mean values in groups G5 and G6. SEM imaging revealed surface smoothness in G1, G4 and G5, and presence of irregularities in G2, G3 and G6. Conclusion: The polishing method influenced surface roughness. The recommended techniques for polishing ceramic restorations are glaze, new glaze layer and use of polishing kit. Diamond burs promote greater surface roughness, and should not be used to finish ceramic restorations.

Keywords: Ceramics, Dental Porcelain, Dental Polishing.

2.1.1 INTRODUÇÃO

O uso clínico dos materiais cerâmicos livres de metal tem se tornado um procedimento rotineiro na Odontologia.¹⁻² Isto é devido a propriedades favoráveis, tais como biocompatibilidade, resistência química, diminuído acúmulo de placa, além de estética superior,³ combinados com sua elevada resistência à fratura.⁴⁻⁵

As cerâmicas vítreas são materiais formados pelo derretimento da matriz que é convertida e cristalizada por um processo apropriado de queima. Estes materiais vem recebendo significativa atenção desde as primeiras aplicações clínicas, sendo de particular importância o dissilicato de lítio ($\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$), extensamente utilizado devido à maior resistência à flexão e tenacidade à fratura do que outros tipos de cerâmicas vítreas, como à base de leucita (KAlSi_2O_6), mica ($\text{KMg}_{2,5}\text{Si}_4\text{O}_{10}\text{F}_2$), fluorapatita ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$) e leucita-apatita.⁶ O aumento do conteúdo cristalino para 70% e refinamento dos cristais melhorou a resistência à flexão do material para aproximadamente 360 MPa. Outra característica é que os cristais apresentam baixo índice de refração, o que torna o material com translucidez suficiente para ser utilizado em restaurações estéticas monolíticas ou com cerâmica de cobertura. O material de recobrimento pode ser utilizado em restaurações injetadas ou pela tecnologia CAD/CAM, e consiste de cerâmica vítrea com cristais de fluorapatita, apresentando coeficiente de expansão térmica compatível com o material da infraestrutura.⁷

Embora as cerâmicas dentárias tenham propriedades adequadas para serem utilizadas como restaurações estéticas, procedimentos de acabamento e polimento são essenciais para uma adequada textura de superfície e para permitir uma adequada reflexão de luz.⁸ Tradicionalmente, o acabamento final e estético da superfície cerâmica é alcançado pelo glazeamento.⁹ Há duas técnicas para o glazeamento, o autoglaze, ou glaze natural, no qual a superfície da cerâmica é deixada em alta temperatura (em torno de 940°C) para promover a camada de glaze através do derretimento da camada mais externa da cerâmica, e a massa de glaze, que se caracteriza pela aplicação de uma camada vítrea de baixa fusão, que é queimada a uma temperatura baixa, para se obter a camada de glaze.¹⁰ Porcelanas glazeadas podem reproduzir a aparência e brilho naturais característicos dos

dentes,¹¹ além de melhorar a resistência à fratura do material.¹² Esta camada final pode ser removida após a cimentação devido a ajustes oclusais, correções de contornos da restauração, ou melhoras na aparência estética da peça.⁹ Idealmente, restaurações feitas em laboratórios não deveriam sofrer nenhum tipo de modificação quando colocadas em posição na boca do paciente.¹³⁻¹⁴ Mas, muitas vezes, ajustes oclusais são necessários, sendo realizados com pontas diamantadas, o que cria irregularidades na superfície da prótese, deixando-a rugosa e abrasiva.¹⁵

Uma superfície lisa tem sua importância baseada em três fatores: função, compatibilidade biológica e estética.¹⁶ Superfícies rugosas podem diminuir a resistência à flexão do material,¹⁷ além de possibilitarem abrasão de tecidos duros antagonistas, com conseqüente desgaste dos dentes restaurados, uma vez que a cerâmica é um material usualmente mais duro do que o dente natural.¹⁰ Uma superfície rugosa propicia, ainda, um ambiente para a adesão inicial de bactérias e a sua estagnação,¹⁸ levando ao acúmulo de biofilme, deixando o ambiente bucal susceptível a infecções e aumento na incidência de cáries.¹⁹ A qualidade estética da restauração também se apresenta comprometida.¹⁶

A fim de restabelecer a lisura superficial, o polimento e o glazeamento da cerâmica desgastada são recomendados para esta finalidade.²⁰ Grande número de métodos têm sido sugeridos para o refinamento da superfície cerâmica e uma variedade de conjuntos estão disponíveis para esta finalidade.¹¹ Muitos produtos abrasivos específicos para acabamento e polimento de restaurações cerâmicas estão disponíveis, como discos de papel abrasivos, pontas de borracha abrasivas e pastas com partículas de diamante ou óxido de alumínio, as quais podem ser utilizadas com escova, camurça ou feltro.¹⁶

É importante destacar o grande número de estudos divergentes a respeito do assunto. Muitos apontam para o fato de que os sistemas de polimento promovem superfícies mais lisas do que superfícies com glaze.²¹⁻²² Outros, entretanto, apontam que o polimento é incapaz de promover superfícies lisas como as superfícies que passaram por processo de glazeamento²³ e são enfáticos em apontar o processo de glazeamento como aquele que proporciona uma superfície com maior lisura.^{8-12, 24-26}

O propósito deste estudo foi avaliar e comparar o efeito de diferentes procedimentos de tratamento de superfície na rugosidade da cerâmica de cobertura

do dissilicato de lítio, além de ilustrar o efeito desses tratamentos através de imagens de microscopia eletrônica de varredura.

2.1.2 METODOLOGIA

Para a confecção dos corpos de provas, foi utilizado um disco usinado em acrílico de dimensões 6mm de diâmetro por 1,5mm de altura para produção de uma matriz de silicone por reação de condensação para uso laboratorial (Zetalabor, Zhermack, Badia Polesine, Rovigo, Itália). A partir da matriz foram confeccionados 48 discos em resina acrílica auto-polimerizável vermelha pattern bright (Kota Imports, São Paulo, São Paulo, Brasil), com 1,5mm de altura. A matriz foi previamente isolada com vaselina e a resina acrílica foi acrescentada para obtenção dos padrões em resina, os quais foram incluídos em anel de revestimento para posteriormente serem levados ao forno de injeção Programat EP 5000 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), para injeção da cerâmica e.max Press (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) de acordo com as especificações do fabricante (tabela 1). Após atingir a temperatura ambiente, o êmbolo de óxido de alumínio foi removido e o bloco de revestimento cortado ao meio com disco de carbetto de silício, sendo então jateado com óxido de alumínio com partículas de 80µm (Asfer Indústria Química, São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil) sob pressão de 6 bar para remoção total do revestimento. Em seguida, o conduto de alimentação foi removido com disco de diamante e a região acabada com pedra Master Ceram (Eurodental, São Paulo, São Paulo, Brasil). Desta forma os discos injetados foram obtidos.

Sobre os discos de 1,5mm foram realizadas aplicação da cerâmica de cobertura, e.max Ceram (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), até se obter a espessura final de 3,5mm. Para isto, foi confeccionada uma matriz em silicone laboratorial (Silicone Master, Talmax, Curitiba, Paraná, Brasil), com 7cm de diâmetro por 0,9cm de altura contendo 4 orifícios de 6mm de diâmetro e profundidade de 3,5mm. Os orifícios foram previamente isolados com óleo mineral (Nujol, Mantecorp, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil) e os discos inseridos nos mesmos. A cerâmica utilizada foi a cor transpa incisal 2, previamente homogeneizada em placa para cerâmica com Líquido IPS e.max Ceram Build-Up (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) e aplicada através de pincel. Após o preenchimento dos orifícios, os discos foram removidos da matriz e colocados sobre manta refratária e levados ao forno Programat P500 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), com temperatura inicial de queima de 403°C até atingir a temperatura final de 760°C, num tempo total

de 9 minutos e 40 segundos (tabela 2). Devido à contração da cerâmica, duas novas queimas foram realizadas, repetindo-se todo o procedimento anterior, mas com uma temperatura final de queima da cerâmica de 750°C, em decorrência do menor volume de material. Após estes procedimentos, foram removidas as irregularidades presentes nas bordas dos discos, com pontas diamantadas e os mesmos foram medidos novamente para averiguar suas medidas.

Por fim, foi realizado o procedimento de glaze, no qual pó e líquido do glaze do sistema e.max Ceram (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) foram previamente manipulados em recipiente para porcelana e a mistura foi aplicada com pincel sobre os discos, os quais foram levados ao forno para queima, sem vácuo, a 740°C (tabela 2).

Tabela 1 – Programa de queima da cerâmica IPS e.max® Press.

	B	t↑	T	H	E
	Temperatura de serviço (°C)	Acréscimo de temperatura (°C/min)	Temperatura de manutenção (°C)	Tempo de manutenção (mm:ss)	Injeção µm/min
Pastilha MO	700	60	920	25:00	250

Fonte: Ivoclar Vivadent (2013)

Tabela 2 – Programas de queima da cerâmica IPS e.max® Ceram.

	B	S	t↑	T	H	V1	V2	L
	Temperatura de serviço (°C)	Tempo de fechamento (mm:ss)	Acréscimo de temperatura (°C)	Temperatura de manutenção (°C)	Tempo de manutenção (mm:ss)	Conexão de vácuo (°C)	Desconexão de vácuo (°C)	Esfriamento Lento (°C)
Primeira queima	403	1:00	60	760	1:30	403	759	0
Queima do glaze	403	1:00	60	740	1:30	0	0	0

Fonte: Adaptado de Ivoclar Vivadent (2013)

Desta forma, foram obtidos 48 corpos de prova, divididos randomicamente em 6 grupos (n=8), através do site random.org.

- 1) Grupo 1 (G1): grupo controle, cerâmica de cobertura com camada de glaze.
- 2) Grupo 2 (G2): a cerâmica de cobertura com camada de glaze foi desgastada com ponta diamantada de granulação fina (4138F – KG Sorensen, Cotia, São Paulo, Brasil) para remoção da camada de glaze, sendo passada 3 vezes pela superfície de cada amostra, sob leve pressão.

- 3) Grupo 3 (G3): mesmo procedimento realizado para o grupo 2, seguido do acabamento com ponta diamantada extra fina (4138FF – KG Sorensen, Cotia, São Paulo, Brasil), passada 3 vezes pela superfície de cada amostra, sob leve pressão.
- 4) Grupo 4 (G4): foi realizado o mesmo procedimento descrito para o grupo 2, seguido de novo glazamento da superfície.
- 5) Grupo 5 (G5): foi realizado o mesmo procedimento descrito para o grupo 2, seguido de polimento com o Kit OptraFine (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), utilizando as pontas de acabamento em forma de disco em granulação decrescente (azul clara, seguida da azul escura), seguido do polimento com escova de nylon impregnada com a pasta diamantada de granulação entre 2 e 4 μ m. As superfícies foram polidas por 30 segundos com cada instrumento, em baixa rotação e uso de água para as pontas de acabamento, usando pressão moderada.
- 6) Grupo 6 (G6): foi realizado o mesmo procedimento descrito para o grupo 2, seguido de polimento com taça de borracha (Microdont, Socorro, São Paulo, Brasil) com pasta diamantada para polimento de granulação extrafina (2 a 4 μ m) (Diamond Excel, FGM, Brasil), e após, polimento com disco de feltro (Diamond, FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) com a mesma pasta de polimento. As superfícies foram polidas por 30 segundos com cada instrumento, usando pressão moderada.

Todos os procedimentos foram realizados por um único operador. As pontas diamantadas foram descartadas após quatro utilizações, as taças de borracha a cada duas amostras e os discos de feltro um por amostra cerâmica. Após cada tratamento as amostras foram lavadas em cuba ultrassônica com água destilada e secas com jatos de ar.

2.1.2.1 Teste de rugosidade de superfície

O parâmetro avaliado foi Ra (Rugosidade Média), que é a média aritmética obtida pelos desvios de rugosidade do perfil.

O aparelho utilizado para o cálculo do Ra foi o rugosímetro (Surftest SJ 400 – Mitutoyo America, Aurora, Illinois, EUA), calibrado com um filtro de medição em 0,8mm (cut-off) e comprimento total percorrido de 2,4mm. Foram demarcados, através de pontas diamantadas, 3 pontos de referências na borda de cada amostra a uma distância aproximada de 120° entre eles. Em cada ponto foi realizado uma medição, totalizando 3 medidas por amostra. Com os 3 valores,

obteve-se a média. Todas as amostras foram medidas antes e após o tratamento realizado, por um único operador.

2.1.2.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Uma amostra de cada grupo foi preparada para análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV) para obtenção de imagens em alta resolução, com a finalidade de compara-las com as médias de rugosidade obtidas pelo rugosímetro. Cada disco foi fixado com fita adesiva dupla face num *stub* e levados ao equipamento Bal-Tec SCD 050 (Bal-Tec, Balzers, Liechtenstein) para pulverização com camada de 25nm de carbono, necessária para a condução do feixe de elétrons. Posteriormente, os discos foram levados para análise em microscópio Quanta 200 (Fei, Hillsboro, Oregon, EUA) em aumento de 500 vezes, ajustado em baixo vácuo e 20kV.

2.1.2.3 Análise Estatística

Após a verificação da distribuição normal dos dados pelo teste de normalidade (Shapiro-Wilk), os resultados foram analisados utilizando-se a análise de variância (ANOVA) e comparações múltiplas de Tukey com intervalo de confiança de 95%.

2.1.3 RESULTADOS

Verificou-se que os tratamentos realizados foram estatisticamente significativos ao nível de 5%. No pré tratamento, a análise dos grupos mostrou um valor de Ra sem diferença estatística entre os grupos G1 a G6 (gráfico 1).

No pós tratamento, como pode ser observado pelo gráfico 2, foi encontrada diferença estatística entre o grupo controle ($1,11 \pm 0,21$) e os grupos G2 ($3,00 \pm 0,61$) e G3 ($1,93 \pm 0,45$), mas sem diferença com os grupos tratados com nova camada de glaze G4 ($0,90 \pm 0,26$), com o Kit de polimento G5 ($1,14 \pm 0,68$) e taça de borracha e feltro embebidos em pasta diamantada G6 ($1,56 \pm 0,22$). O grupo desgastado com a ponta 4138F (G2) apresentou diferença com todos os grupos. Houve diferença entre o grupo G3 e G4, G3 e G5, mas não entre G3 e o grupo G6. O grupo que recebeu nova camada de glaze, G4, não apresentou diferença estatística em relação aos grupos G1, G5 e G6, diferindo dos demais. Não houve diferença estatística entre os valores das médias de rugosidade dos grupos G5 e G6.

As figuras 1 a 6 mostram eletromicrografias de MEV de superfícies cerâmicas em cada grupo. O grupo G1 (figura 1) representa o padrão de topografia com maior lisura quando comparados aos demais grupos (figuras 1 a 6), havendo grande semelhança com as figuras 4 e 5, com homogeneidade de superfície. Nas figuras 2 e 3, observa-se extensa irregularidade na superfície, com a presença de descontinuidade. Já no grupo G6 (figura 6), tais irregularidades apresentam-se diminuídas, apesar de ainda presentes.

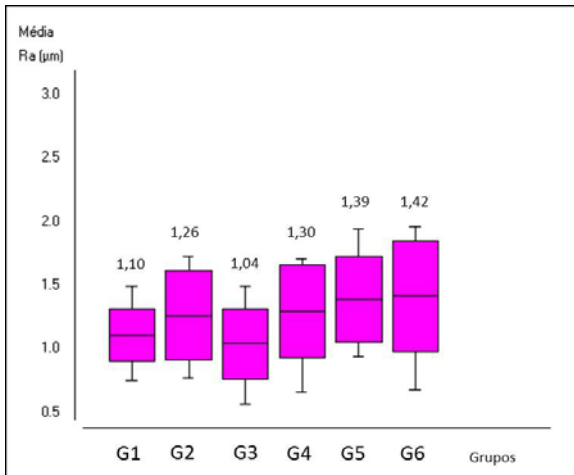


Gráfico 1. Diagrama Box plot de compreensão da rugosidade de superfície ($Ra \mu m$) em seis grupos no pré tratamento. Os dados são apresentados como média, primeiro e terceiro quartis. A média é representada por uma linha horizontal dentro da caixa. O mínimo e o máximo valor são ilustrados através de cursores abaixo e acima.

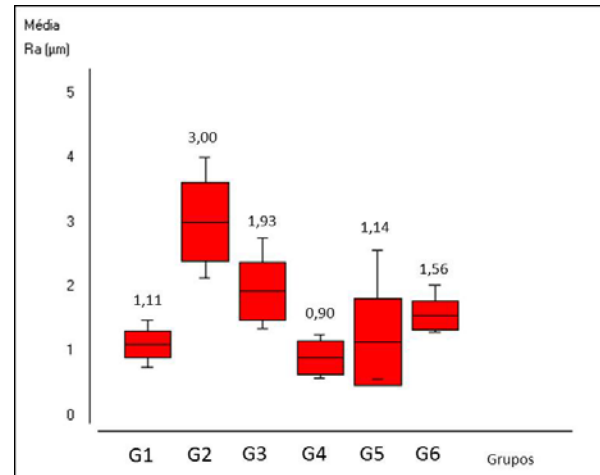


Gráfico 2. Diagrama Box plot de compreensão da rugosidade de superfície ($Ra \mu m$) em seis grupos no pós-tratamento. Os dados são apresentados como média, primeiro e terceiro quartis. A média é representada por uma linha horizontal dentro da caixa. O mínimo e o máximo valor são ilustrados através de cursores abaixo e acima.

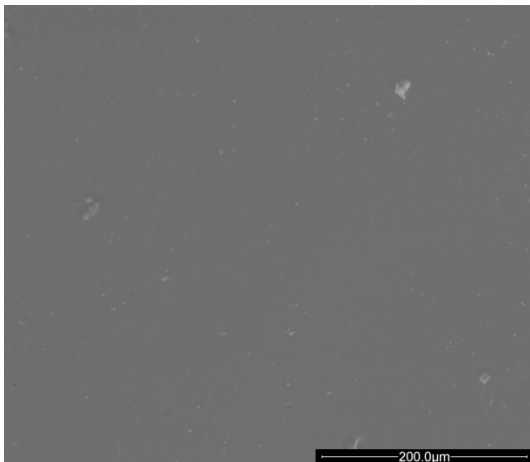


Figura 1. MEV do grupo G1 (cerâmica glazeada)

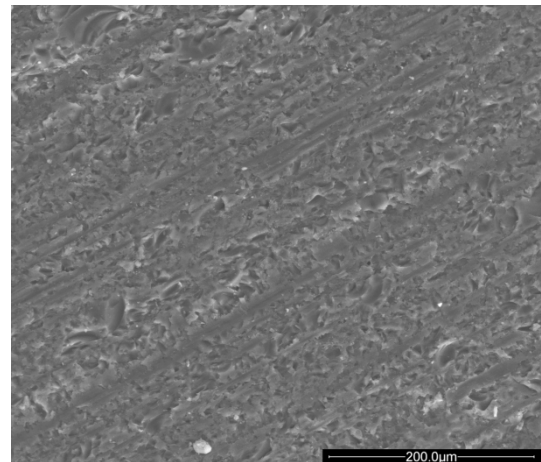


Figura 2. MEV do grupo G2 (desgaste com ponta diamantada 4138 F)

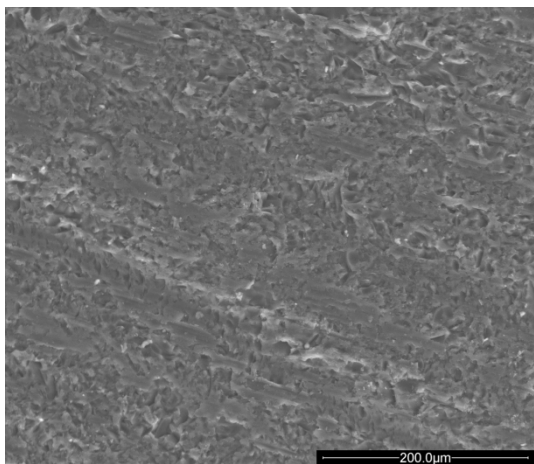


Figura 3. MEV do grupo G3 (desgaste com ponta diamantada 4138 F + 4138FF)

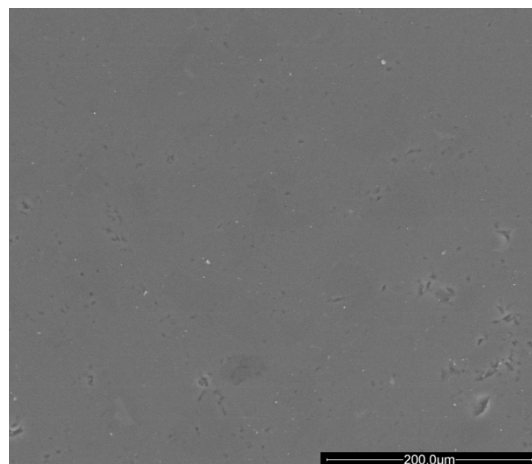


Figura 4. MEV do grupo G4 (desgaste com ponta diamantada 4138 F + novo glaze)

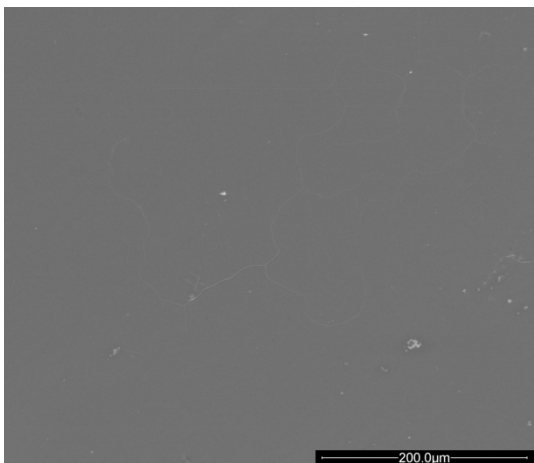


Figura 5. MEV do grupo G5 (desgaste com ponta diamantada 4138 F + polimento com Kit)

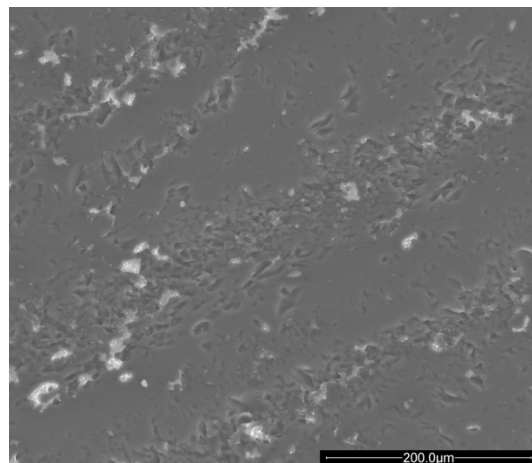


Figura 6. MEV do grupo G6 (desgaste com ponta diamantada 4138 F + polimento com taça e pasta diamantada + feltro com pasta diamantada)

2.1.4 DISCUSSÃO

Pela análise de variância ANOVA, foi possível verificar que os valores das médias de rugosidade foram influenciados pelo tipo de tratamento conduzido. Através das imagens de MEV, pode-se comprovar a homogeneidade na superfície do grupo com a camada de glaze, novo glaze e do grupo polido com o kit, diferentemente dos demais grupos onde grande quantidade de porosidades e irregularidades são presentes, incluindo o grupo polido com taça de borracha, feltro e pasta diamantada, cuja presença das mesmas falhas são constatadas em menor quantidade. O glaze é utilizado para selar os poros abertos na superfície cerâmica durante o processo de sinterização, produzindo superfícies com brilho, lisas e mais resistentes à propagação de fraturas. O uso de pontas abrasivas remove esta camada, expondo bolhas e rachaduras na massa cerâmica, que resultam numa superfície irregular e rugosa.⁸

As pontas diamantadas são um sistema comercialmente disponível e bem conhecido pelos clínicos, o que torna a sua utilização um procedimento de rotina em casos de ajuste e acabamento de restaurações cerâmicas.⁸ Entretanto, foi demonstrada sua baixa eficiência para tais procedimentos, apresentando alto valor de média de rugosidade, além de superfícies irregulares, com a presença de poros e estrias quando analisado ao MEV (figura 2). Tal fato denota a necessidade de tratamento adicional para promoção de uma lisura de superfície adequada. Além disso, ajustes clínicos são mais prováveis de iniciar falhas subcríticas ou defeitos que podem evoluir para fraturas, e rugosidades de superfícies, formadas por diferentes processos de finalização, podem causar concentração de stress e, conseqüentemente, redução na resistência e longevidade da restauração.²⁷ Corroborando os achados, foi demonstrado que cerâmicas que passaram pelo processo de polimento com pontas de granulação fina obtiveram média de rugosidade mais elevada em comparação com grupos glazeados ou polidos com pontas de granulação extra fina, seguidos ou não de polimento com kit para polimento, além de ilustrar através de imagens de microscopia eletrônica de varredura, que o uso das pontas para ajuste da porcelana produziu superfícies rugosas e o uso do kit de polimento proporcionou melhora visível na lisura superficial da superfície cerâmica.²⁸ Nesse mesmo sentido, a análise de dois sistemas

cerâmicos, o IPS Empress 2 (Ivoclar Vivadent) e o In-Ceram/Vitadur Alfa (Vita), demonstrou que após qualquer ajuste realizado nas restaurações cerâmicas deve ser feito um novo glazeamento ou a mesma deve passar por processo de polimento, o que reduz os valores de R_a ,¹¹ assim como visto nos grupos G4, G5 e G6. A utilização da ponta extra fina, no grupo G3, após a ponta diamantada 4138F, melhorou os valores de R_a , mas não foi perceptível na análise de MEV. Isto corrobora os achados de Fuzzi, Zaccheroni e Vallania (1996),²⁹ que também encontraram diminuição de valor de rugosidade R_a para um grupo cerâmico tratado com ponta diamantada extrafina após a ponta diamantada de granulação fina, mas com pouca evidência através de imagens de microscopia eletrônica de varredura.

O procedimento de novo glazeamento, após ajuste da cerâmica comprovou-se como meio efetivo na promoção de lisura de superfície, pois apresentou o menor valor R_a , além de imagem que demonstra lisura e ausência de porosidade em comparação com os grupos onde não houve a utilização do kit de polimento e daqueles em que a camada de glaze é ausente. É imprescindível salientar a importância do glaze como um sistema de polimento eficaz, considerado como um dos métodos de maior eficiência, apresentando baixos valores de rugosidade de superfície.^{9, 11, 25} Nesse sentido é defendido um segundo glazeamento ou polimento da cerâmica após o ajuste clínico.³⁰ Em relação à resistência à flexão de materiais cerâmicos, ao passarem por sucessivas queimas, foi demonstrado que a resistência à flexão do dissilicato de lítio é aumentada após a queima de injeção, e para queimas que simulam a confecção da restauração cerâmica, incluindo camada de glaze e reparos, em comparação com a cerâmica da pastilha recebida pelo fabricante, sem nenhum tratamento recebido, não há diferença no valor de resistência à flexão da cerâmica.³¹ Um outro estudo avaliou o efeito do desgaste com pontas diamantadas e posterior queima da cerâmica de dissilicato de lítio, concluindo que o desgaste induz a falhas e trincas no material com consequente redução na resistência à flexão, a qual é restabelecida após o tratamento térmico da cerâmica por nova queima ou processo de novo glazeamento, produzindo, desta forma, uma superfície mais lisa e livre de tais falhas ou trincas devido à formação de uma nova camada vítrea.³²

Quando foi realizado o polimento com o kit para polimento, foi alcançado efeitos de lisura superficial semelhantes àqueles produzidos pelo

glazeamento, o que foi constatado na imagem de MEV, na qual pode ser observada uma superfície homogênea, sem irregularidades (figura 5). Após o uso de pontas diamantadas, o uso de kits para polimento melhora visivelmente a lisura da superfície cerâmica,²⁸ assim como reduz os valores de Ra.⁸ Há uma grande variedade de materiais para acabamento e polimento, os quais devem ser escolhidos de acordo com o tipo de cerâmica utilizada.²⁶

O ajuste com ponta de granulação fina, seguido de taça de borracha embebida em pasta diamantada, seguido de disco de feltro com pasta diamantada demonstrou ser um sistema efetivo na redução de valores de rugosidade. Nesse sentido, a utilização de discos de feltro e pastas diamantadas tem sido sugeridos como métodos efetivos no polimento de superfícies cerâmicas.³³ Comparando-se as figuras 3 e 6, é possível ver que o uso da pasta reduziu a profundidade dos arranhões deixados pela ponta diamantada. Estes achados estão de acordo com outros autores que demonstraram o aumento da lisura pela utilização de pastas no final do procedimento.^{8,20} Entretanto, correlacionando as imagens de MEV entre o grupo G6 e os grupos G1, G4 e G5, fica evidente que o padrão na topografia de superfície apresenta, ainda, algumas diferenças, como a presença de vazios e porosidades.

Nesse sentido, o uso da análise quantitativa da rugosidade de superfície associada ao método qualitativo de MEV é aconselhável, pois mesmo com performances similares na análise de rugosidade, o padrão de superfície nas eletromicrografias pode se apresentar diferente.²⁵

É importante destacar a diferença entre integridade de superfície e lisura superficial, uma vez que não devem ser considerados como sinônimos. Uma superfície finalizada, desprovida de glaze, pode ser similar a uma superfície glazeada em termos de lisura, mas completamente diferente em características de superfície, como desgaste, resistência de abrasão e manchamentos.²⁸ O tratamento de superfície, além de influenciar na rugosidade, afeta a tenacidade à fratura. Muitos autores concluem que superfícies com glaze são mais resistentes do que aquelas que são desgastadas e polidas, com valores de resistência à flexão mais elevados.^{12,17,34} Além disso, existe forte correlação entre aumento da rugosidade e diminuição da resistência à fratura.³⁵ O coeficiente de fricção pode ser, também, uma ferramenta complementar para avaliar o método de finalização das cerâmicas, uma

vez que existe estudo sugerindo um coeficiente de fricção aumentado para amostras polidas em relação ao valor do coeficiente para amostras glazeadas e para o esmalte dentário, sugerindo que o glaze proporciona proteção na superfície da restauração.³⁶ Um outro aspecto a ser considerado, é em relação à molhabilidade, uma propriedade intrínseca do material, a qual é afetada mecanicamente pela rugosidade de superfície, promovendo, como consequência, o acúmulo de biofilme. O glaze, além de promover uma superfície mais lisa, aumenta a molhabilidade, por isso deve ser preferido a outros tipos de tratamento de superfície.¹¹ Nesse sentido, as cerâmicas glazeadas são materiais restauradores que proporcionam pouco acúmulo de biofilme, além de permitir sua remoção com facilidade.

Correlacionando as médias de rugosidade com as imagens de MEV, pode-se inferir que os meios que promovem uma lisura de superfície maior, com menos irregularidades e porosidades são o glaze original, o novo glaze (após ajuste), o polimento com o kit. Entretanto, a utilização de taça de borracha e feltro embebidos em pasta diamantada também proporcionou baixos valores de rugosidade, restabelecendo, de forma aceitável, a lisura superficial. Quando ajustes forem necessários, independente do tipo de cerâmica, deve ser feito novo glazeamento ou procedimentos de polimento.^{11,21} O polimento após o ajuste é recomendado para manter um ótimo desempenho durante a vida clínica da restauração.³⁵

2.1.5 CONCLUSÕES

Diante do exposto no presente estudo, pode-se concluir que:

1. Pontas diamantadas de granulação fina e extra fina não devem ser indicadas para polimento de restaurações cerâmicas, pois promovem superfícies com maior rugosidade;
2. O glaze só deve ser substituído por kits de polimento apropriados. O polimento com taça de borracha e feltro, impregnados com pasta diamantada não se mostrou efetivo em promover superfícies lisas;
3. O glaze, novo glaze e o polimento com o Kit de polimento Optra Fine são os procedimentos de eleição para o polimento e finalização das cerâmicas, pois promovem superfícies mais lisas e homogêneas que outros métodos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Edelhoff, D & Brix O (2011) All-ceramic restorations in different indications *The Journal of The American Dental Association* **142(supplement 2)** 14s-19s.
2. Fasbinder D, Denninson JB, Heys D & Neiva G (2010) A clinical evaluation of chairside lithium disilicate CAD/CAM crowns: a two-year report *The Journal of The American Dental Association* **141(supplement 2)** 10s-14s.
3. Etman, MK & Woolford MJ (2010) Three-year clinical evaluation of two ceramic crown systems: A preliminary study *The Journal of Prosthetic Dentistry* **103(2)** 80-90.
4. Stappert CFJ, Att W, Gerds T & Strub JR (2006) Fracture resistance of different partial-coverage ceramic molar restorations *The Journal of The American Dental Association* **137(4)** 514-522.
5. Suputtamongkol K, Anusavice KJ, Suchatlampong C, Sithiamnuai P & Tulapornchai C (2008) Clinical performance and wear characteristics of veneered lithia-dissilicate-based ceramic crowns *Dental Materials* **24(5)** 667-673.
6. Huang S, Zhang B, Huang Z, Gao W & Cao P (2013) Crystalline phase formation, microstructure and mechanical properties of a lithium disilicate glass-ceramic *Journal of Materials Science* **48(1)** 251-257.
7. Giordano R & McLaren EA (2010) Ceramics overview: classification by microstructure and processing methods *Compendium of Continuing Education in Dentistry* **31(9)** 682-697.

8. Boaventura JMC, Nishida R, Elossais AA, Lima DM, Reis JMSN, Campos EA & Andrade MF (2013) Effect finishing and polishing procedures on the surface roughness of IPS Empress 2 ceramic *Acta Odontologica Scandinavica* **71(3-4)** 438-443.
9. Tuncdemir AR, Dilber E, Kara HB & Ozturk NA (2012) The effects of porcelain polishing techniques on the color and surface texture of different porcelain systems *Materials Sciences and Applications* **3(5)** 294-300.
10. Aksoy G, Polat H, Polat M & Coskun G (2006) Effect of various treatment and glazing (coating) techniques on the roughness and wettability of ceramic dental restorative surfaces *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* **53(2)** 254-259.
11. Al-wahadni A (2006) An in vitro investigation into the surface roughness of 2 glazed, unglazed, and refinished ceramic materials *Quintessence International* **37(4)** 311-317.
12. Yondem I & Inan O (2011) The effect of different surface finishing procedures on surface roughness and fracture toughness in all-ceramic restorations *International Journal of Applied Ceramic Technology* **8(2)** 437-445.
13. Rashid H (2012) Evaluation of the surface roughness of a standard abraded dental porcelain following different polishing techniques *Journal of Dental Sciences* **7(2)** 184-189.
14. Martínez-gomis J, Bizar J, Anglada JM, Samsó J & Peraire M (2003) Comparative evaluation of four finishing systems on one ceramic surface *The International Journal of Prosthodontics* **16(1)** 74-77.
15. Al-Wahadni A & Martin DM (1998) Glazing and finishing dental porcelain: a literature review *Journal - Canadian Dental Association* **64(8)** 580-583.

16. Yilmaz K & Özkan P (2010) The methods for the generation of smoothness in dental ceramics *Compendium of Continuing Education in Dentistry* **31(1)** 30-41.
17. Fischer H, Schäfer M & Marx R (2003) Effect of surface roughness on flexural strength of veneer ceramics *Journal of Dental Research* **82(12)** 972-975.
18. Quirynen M & Bollen CM (1995) The influence of surface roughness and surface-free energy on supra and subgingival plaque formation in man. A review of the literature *Journal of Clinical Periodontology* **22(1)** 1-14.
19. Kawai K, Urano M & Ebisu S (2000) Effect of surface roughness of porcelain on adhesion of bacteria and their synthesizing glucans *The Journal of Prosthetic Dentistry* **83(6)** 664-667.
20. Sasahara RMC, Ribeiro FC, Cesar PF & Yoshimura HN (2006) Influence of the finishing technique on surface roughness of dental porcelains with different microstructures *Operative Dentistry* **31(5)** 577-583.
21. Wright MD, Masri R, Driscoll CF, Romberg E, Thompson GA & Runyan DA (2004) Comparison of three systems for the polishing of an ultra-low fusing dental porcelain *The Journal of Prosthetic Dentistry* **92(5)** 486-490.
22. Albakry M, Guazzato M & Swain MV (2004) Effect of sandblasting, grinding, polishing and glazing on the flexural strength of two pressable all-ceramic dental materials *Journal of Dentistry* **32(2)** 91-99.
23. Patterson CJW, McLundie AC, Stirrups DR & Taylor WG (1991) Refinishing of porcelain by using a refinishing kit *The Journal of Prosthetic Dentistry* **65(3)** 383-388.

24. Yilmaz K & Özkan P (2010) Profilometer evaluation of the effect of various polishing methods on the surface roughness in dental ceramics of different structures subjected to repeated firings *Quintessence International* **41(7)** e125-131.
25. Bottino MC, Valandro LF, Kantorski KZ, Bressiani JC & Bottino MA (2006) Polishing methods of alumina-reinforced feldspar ceramic *Brazilian Dental Journal* **17(4)** 285-289.
26. Tholt B, Miranda-junior WG, Prioli R, Thompson J & Oda M (2006) Surface roughness in ceramics with different finishing techniques using atomic force microscope and profilometer *Operative Dentistry* **31(4)** 442-449.
27. Jager N, Feilzer AJ, Davidson CL (2000) The influence of surface roughness on porcelain strength *Dental Materials* **16(6)** 381-388.
28. Patterson CJW, McLundie AC, Stirrups DR & Taylor WG (1992) Efficacy of a porcelain refinishing system in restoring surface finish after grinding with fine and extra-fine diamond burs *The Journal of Prosthetic Dentistry* **68(3)** 402-406.
29. Fuzzi M, Zaccheroni Z & Vallania G (1996) Scanning electron microscopy and profilometer evaluation of glazed and polished dental porcelain *The International Journal of Prosthodontics* **9(5)** 452-458.
30. Dalkiz M, Sipahi C & Beydemir B (2009) Effects of six surface treatment methods on the surface roughness of a low-fusing and an ultra low-fusing feldspathic ceramic material *Journal of Prosthodontics* **18(3)** 217-222.

31. Oh SC, Dong JK, Lüthy H & Schärer P (2000) Strength and microstructure of IPS Empress 2 glass ceramic after different treatments *The International Journal of Prosthodontics* **13(6)** 468-472.
32. Hung CY, Lai YL, Hsieh YL, Chi LY & Lee SY (2008) Effects of simulated clinical grinding and subsequent heat treatment on microcrack healing of a lithium disilicate ceramic *The International Journal of Prosthodontics* **21(6)** 496-498.
33. Camacho GB, Vinha D, Panzeri H, Nonaka T & Gonçalves M (2006) Surface roughness of a dental ceramic after polishing with different vehicles and diamond pastes *Brazilian Dental Journal* **17(3)** 191-194.
34. Chu FCS, Frankel N & Smales RJ (2000) Surface roughness and flexural strength of self-glazed, polished, and reglazed in-ceram/vitadur alpha porcelain laminates *The International Journal of Prosthodontics* **13(1)** 66-71.
35. Lohbauer U, Müller FA & Petschelt A (2008) Influence of surface roughness on mechanical strength of resin composite versus glass ceramic materials *Dental Materials* **24(2)** 250-256.
36. Schuh C, Kinast EJ, Mezzomo E & Kapczinski MP (2005) Effect of glazed and polished surface finishes on the friction coefficient of two low-fusing ceramics *The Journal of Prosthetic Dentistry* **93(3)** 245-252.

2.2 ARTIGO 2

EFEITO DE DIFERENTES MÉTODOS DE CONDICIONAMENTO SUPERFICIAL NA RUGOSIDADE DO DISSILICATO DE LÍCIO.

RESUMO

O propósito deste estudo foi avaliar a rugosidade e a topografia de superfície da cerâmica de dissilicato de lítio após vários tratamentos de superfície. Foram confeccionados 35 discos em cerâmica de dissilicato de lítio, divididos em 5 grupos com diferentes tratamentos de superfície (n=7): G1: controle; G2: ácido fluorídrico 10% durante 20 segundos; G3: jateamento com óxido de alumínio 50 μ m; G4: jateamento com óxido de alumínio 110 μ m; G5: jateamento com óxido de alumínio 110 μ m revestido por sílica. A leitura de rugosidade foi realizada antes e após os tratamentos de superfície, e uma amostra de cada grupo foi submetida ao MEV para obtenção de imagens após o tratamento. Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e ao teste de Tukey (5%). Foi encontrado maior valor de rugosidade para o grupo tratado com ácido fluorídrico, mas não houve diferença estatística em relação aos grupos G1, G3 e G5, exceto G4. A análise de MEV mostrou diferenças na superfície cerâmica após os diferentes tratamentos de superfície: o uso do ácido fluorídrico foi efetivo na produção de micro retenções na superfície cerâmica; a abrasão com partículas de óxido de alumínio em granulações de 50 μ m e 110 μ m proporcionaram asperização da superfície cerâmica, com a produção de pequenos relevos; o óxido de alumínio 110 μ m revestido por sílica produziu superfície asperizada e impregnada por sílica.

Unitermos: Cerâmica, abrasão dental por ar, ácido fluorídrico.

EFFECT OF DIFFERENT CONDITIONING METHODS ON SURFACE ROUGHNESS OF LITHIUM DISILICATE

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the roughness and the surface topography of the lithium disilicate ceramic after various surface treatments. Thirty-five lithium disilicate ceramic discs were made and distributed into 5 groups with different surface treatments (n=7): G1: control; G2: 10% hydrofluoric acid for 20 seconds; G3: sandblasting with 50 μ m aluminum oxide; G4: sandblasting with 110 μ m aluminum oxide; G5: sandblasting with 110 μ m silica-coated aluminum oxide. The roughness measurement was performed before and after surface treatments, and one sample of each group was subjected to the SEM imaging after treatment. Data were submitted to ANOVA and Tukey's test (5%). Higher roughness value was found for the group treated with hydrofluoric acid but there was no statistical difference compared to G1, G3 and G5, except G4. The SEM images showed differences in the ceramic surface after different surface treatments: the use of hydrofluoric acid was effective in producing micro retention on the ceramic surface; the abrasion with aluminum oxide of 50 μ m and 110 μ m grain sized provided roughening of the ceramic surface with the production of small reliefs; 110 μ m silica-coated aluminum oxide provided roughening surface with silica coating.

Keywords: Ceramics, Dental Air Abrasion, Hydrofluoric Acid.

2.2.1 INTRODUÇÃO

O uso de restaurações indiretas tem sido considerado como uma das modalidades de tratamento mais viáveis desde sua introdução (PINI et al., 2012). Isto se deve à excelente performance clínica do material cerâmico e propriedades favoráveis, tais como biocompatibilidade, resistência química, diminuído acúmulo de placa, além de estética superior (ETMAN; WOOLFORD, 2010).

A composição da cerâmica, assim como a microestrutura da superfície de restaurações livres de metal são importantes fatores para uma efetiva adesão ao substrato (KIYAN et al., 2007). Nesse sentido, o processo de cimentação é vital para o sucesso clínico destas restaurações (BORGES et al., 2003; KURSOGLU; MOTRO; YURDAGUVEN, 2013). As vantagens da adesão entre cerâmicas livre de metal e cimentos resinosos incluem melhora na retenção, melhor adaptação marginal e resistência à fratura. O tratamento da cerâmica aumenta a área de superfície e cria microporosidades, aumentando o potencial para a retenção mecânica do cimento (KARA et al., 2012). Desta forma, quando se utilizam cimentos resinosos, a superfície interna da cerâmica deve ser preparada (ZAWTA, 2001; SILVEIRA et al., 2005).

Cerâmicas a base de sílica são possíveis de cimentação adesiva. Uma forte adesão ocorre por retenção micromecânica e adesão química do cimento com a superfície cerâmica, o que requer rugosidade adequada desta superfície e aplicação de um agente de união silano. Os tratamentos usualmente disponíveis para esta finalidade são a utilização de pontas diamantadas, abrasão com partículas de óxido de alumínio, condicionamento ácido ou a combinação destes métodos (BLATZ et al., 2003). O condicionamento com o ácido hidrofúorídrico atua removendo seletivamente a matriz, deixando as estruturas cristalinas expostas, o que proporciona adequada textura e rugosidade ao material (BLATZ et al., 2003; BORGES et al., 2003; DILBER et al., 2012; DELLA BONA; ANUSAVICE; SHEN, 2000). Desta forma, o agente cimentante penetra nas micro retenções criadas e é polimerizado, gerando uma retenção mecânica (NAGAI et al., 2005).

O método de jateamento é extensamente utilizado para promover retenção micromecânica em vários tipos de cerâmicas (KIYAN et al., 2007). Alguns estudos apontam como o método que aumenta a rugosidade de superfície, criando

irregularidades e projeções responsáveis pelo aumento da área total de adesão e molhabilidade da cerâmica em relação ao cimento (KARA et al., 2012; BORGES, et al., 2003; DILBER et al., 2012). Para cerâmicas de dissilicato de lítio, independente do método de preparo da superfície, condicionamento ácido, abrasão ou jateamento, é indicado a utilização do agente de união, silano, previamente à utilização do cimento resinoso, pois o mesmo tem a função de aumentar a resistência de união entre o cimento e a superfície cerâmica (NAGAI et al., 2005). O silano é considerado como um agente de ligação bifuncional, no qual cada molécula reage com duas superfícies: com a fase inorgânica da cerâmica e com o componente orgânico do cimento resinoso (KIYAN et al., 2007).

Com o objetivo de criar micro retenções na superfície cerâmica, outros tratamentos tem sido sugeridos, como a irradiação por laser Er:YAG e Nd:YAG (PARANHOS; BURNETT; MAGNE, 2011; OYAGÜE et al., 2011) e sistemas abrasivos com partículas de óxido de alumínio modificadas por sílica (KERN; THOMPSON, 1994; KIYAN et al., 2007). Nesse sentido, a utilização de óxido de alumínio modificado por sílica é proposto com o objetivo de melhorar a força de união entre a restauração e o agente cimentante, um processo chamado de silicatização (KIYAN et al., 2007). De acordo com este sistema, uma fina camada de sílica é depositada na superfície da cerâmica, proporcionando uma base para que o silano atue e possa ocorrer a cimentação adesiva (KERN; THOMPSON, 1994; CHAI; CHU; CHOW, 2011). Desta forma, a adesão seria aumentada, de maneira evidente em cerâmicas onde há diminuição da fase vítrea e aumento da fase cristalina (ÖZCAN; ALKUMRU; GEMALMAZ, 2001; PARANHOS; BURNETT; MAGNE, 2011).

Diferenças na microestrutura de restaurações livre de metal podem ser um importante fator para se obter uma adesão efetiva entre a cerâmica e o agente de cimentação (BORGES et al., 2003). Nesse sentido, o propósito deste estudo foi avaliar e comparar o efeito de diferentes métodos de condicionamento realizados previamente à cimentação na superfície interna do dissilicato de lítio.

2.2.2 METODOLOGIA

Para a confecção dos corpos de provas, foi utilizado um disco usinado em acrílico de dimensões 6mm de diâmetro por 1,5mm de altura para produção de uma matriz de silicone por reação de condensação para uso laboratorial (Zetalabor, Zhermack, Badia Polesine, Rovigo, Itália). A partir da matriz foram confeccionados 48 discos em resina acrílica auto-polimerizável vermelha pattern bright (Kota Imports, São Paulo, São Paulo, Brasil), com 1,5mm de altura. A matriz foi previamente isolada com vaselina e a resina acrílica foi acrescentada para obtenção dos padrões em resina, os quais foram incluídos em anel de revestimento para posteriormente serem levados ao forno de injeção Programat EP 5000 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), para injeção da cerâmica e.max Press (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) de acordo com as especificações do fabricante (tabela 1). Após atingir a temperatura ambiente, o êmbolo de óxido de alumínio foi removido e o bloco de revestimento cortado ao meio com disco de carbetto de silício, sendo então jateado com óxido de alumínio com partículas de 80µm (Asfer Indústria Química, São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil) sob pressão de 6 bar para remoção total do revestimento. Em seguida, o conduto de alimentação foi removido com disco de diamante e a região acabada com pedra Master Ceram (Eurodental, São Paulo, São Paulo, Brasil).

Tabela 1 – Programa de queima da cerâmica IPS e.max® Press.

	B	t↑	T	H	E
	Temperatura de serviço (°C)	Acréscimo de temperatura (°C/min)	Temperatura de manutenção (°C)	Tempo de manutenção (mm:ss)	Injeção µm/min
Pastilha MO	700	60	920	25:00	250

Fonte: Ivoclar Vivadent (2013)

Desta forma, foram obtidos 35 corpos de prova, divididos randomicamente em 5 grupos (n=7), através do site random.org.

- 1) Grupo 1 (G1): grupo controle.
- 2) Grupo 2 (G2): aplicação de ácido fluorídrico 10% (Maquira, Maringá, Paraná, Brasil) durante 20 segundos, seguido de lavagem com água corrente durante 1 minuto.

3) Grupo 3 (G3): jateamento com óxido de alumínio de granulação 50 μ m (Bio Art, São Carlos, São Paulo, Brasil), sob pressão de 2,5 bar, à distância de 10mm perpendicular à superfície, durante 10 segundos.

4) Grupo 4 (G4): jateamento com óxido de alumínio de granulação 110 μ m (Defama, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil), sob pressão de 2,5 bar, à distância de 10mm perpendicular à superfície, durante 10 segundos.

5) Grupo 5 (G5): jateamento com sistema Rocatec Junior (3M Espe, Sumaré, São Paulo, Brasil), utilizando o óxido de alumínio 110 μ m revestido por sílica, sob pressão de 2,5 bar, à distância de 10mm perpendicular à superfície, durante 10 segundos.

Todos os procedimentos foram realizados por um único operador. Após tratamentos, os grupos G1, G2, G3, G4 foram lavados em cuba ultrassônica com água destilada por 380 segundos e secos com jatos de ar.

2.2.2.1 Teste de rugosidade de superfície

O parâmetro avaliado foi Ra (Rugosidade Média), que é a média aritmética obtida pelos desvios de rugosidade do perfil.

O aparelho utilizado para o cálculo do Ra foi o rugosímetro (Surftest SJ 400 – Mitutoyo America, Aurora, Illinois, EUA), calibrado com um filtro de medição em 0,8mm (cut-off) e comprimento total percorrido de 2,4mm. Foram demarcados, através de pontas diamantadas, 3 pontos de referências na borda de cada espécime a uma distância aproximada de 120° entre eles. Em cada ponto foi realizado uma medição, totalizando 3 medidas por espécime. Com os 3 valores, obteve-se a média. Todos os espécimes foram medidos antes e após o tratamento realizado, por um único operador.

2.2.2.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Após a segunda leitura da rugosidade, um espécime de cada grupo foi preparado para análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV) para obtenção de imagens em alta resolução, com a finalidade de compara-las com as médias de rugosidade obtidas pelo rugosímetro. Os discos foram fixados em um stub sob os quais foi aplicada uma camada de 20nm de ouro, através de metalizadora IC50 (Shimadzu, Quioto, Quioto, Japão), para posterior análise em

microscópio SS 550 (Shimadzu, Quioto, Quioto, Japão), em aumento de 2.000 e 5.000 vezes.

2.2.2.3 Análise Estatística

Após a verificação da distribuição normal dos dados pelo teste de normalidade (Shapiro-Wilk), os resultados foram analisados utilizando-se a análise de variância (ANOVA) e comparações múltiplas de Tukey com intervalo de confiança de 95%.

2.2.3 RESULTADOS

No pré tratamento, a análise dos grupos mostrou um valor de Ra sem diferença estatística entre os grupos G1 a G5.

O pós tratamento, demonstrou que os tratamentos realizados não foram estatisticamente significativos ao nível de 5%, como mostra a tabela 1. Foi encontrado maior valor de rugosidade de superfície para o grupo G2, tratado com ácido fluorídrico, em comparação aos grupos G1, G3 e G5, mas não foi estatisticamente significativo, exceto em relação ao grupo G4, que apresentou o menor valor de rugosidade.

Tabela 1 – Comparação entre as médias de rugosidade (Ra) no Pós-Tratamento.

Medida	Pós-Tratamento	
	Média (μm)	dp
GRUPO 1	2.8676	0.3630
GRUPO 2	3.2990 *	1.2170
GRUPO 3	2.7971	0.7366
GRUPO 4	2.0724 *	0.3979
GRUPO 5	2.7114	0.1113

* Indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

A análise de Microscopia Eletrônica de Varredura mostrou diferenças na superfície cerâmica após diferentes tratamentos de superfície (figuras 1 a 6). Pelas eletromicrografias pode ser visto que após o condicionamento com ácido fluorídrico houve dissolução da matriz vítrea com exposição dos cristais alongados, tornando a superfície irregular e porosa. A utilização do óxido de alumínio de $50\mu\text{m}$, $110\mu\text{m}$ e $110\mu\text{m}$ revestidos por sílica promoveu a redução de defeitos de superfície em relação ao grupo controle, promovendo irregularidades de pequena profundidade e distribuídas de maneira uniforme. O jateamento com óxido de alumínio de $110\mu\text{m}$ revestido por sílica proporcionou revestimento da superfície com sílica.

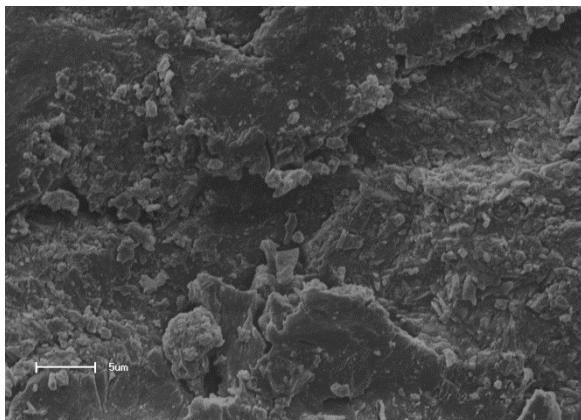


Figura 1. MEV do grupo G1 (controle) (Aumento de 2.000 vezes).

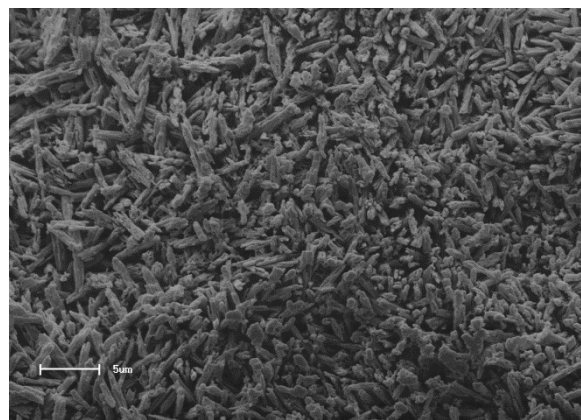


Figura 2. MEV do grupo G2 – tratamento da superfície com ácido fluorídrico 10%. (Aumento de 2.000 vezes).

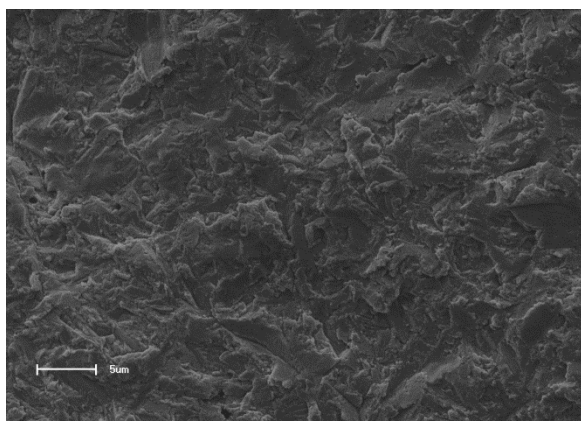


Figura 3 . MEV do grupo G3 – tratamento da superfície com jateamento (óxido de alumínio 50µm). (Aumento de 2.000 vezes).

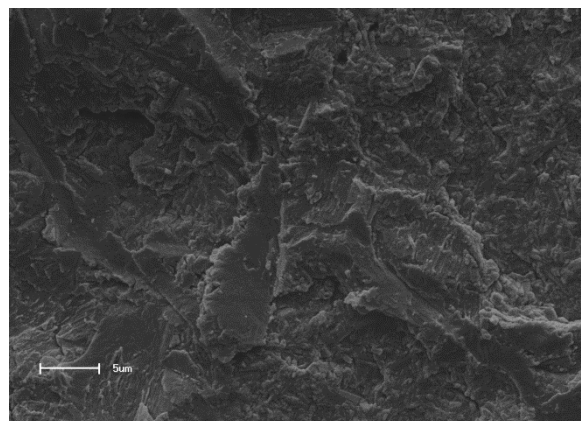


Figura 4 . MEV do grupo G4 – tratamento da superfície com jateamento (óxido de alumínio 110µm). (Aumento de 2.000 vezes).

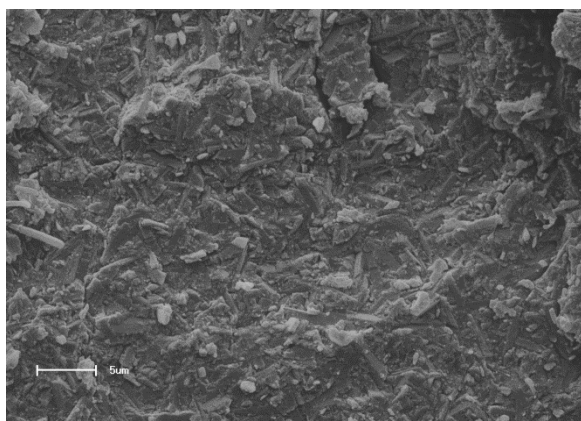


Figura 5 . MEV do grupo G5 – tratamento da superfície com jateamento (óxido de alumínio 110µm revestido por sílica) (Aumento de 2.000 vezes).

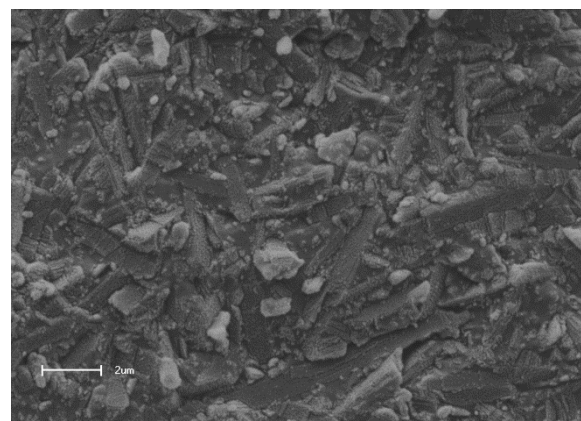


Figura 6 . MEV do grupo G5 – tratamento da superfície com jateamento (óxido de alumínio 110µm revestido por sílica) (Aumento de 5.000 vezes).

2.2.4 DISCUSSÃO

Uma adesão forte entre cerâmica e cimento resinoso se deve a uma retenção micromecânica e adesão química à superfície da cerâmica, que requer rugosidade adequada da superfície (BLATZ et al., 2003; KARA et al., 2012). Os cimentos resinosos dependem de uma retenção micromecânica para a adesão, sendo sua penetração e polimerização nestas retenções um dos fatores responsáveis pela cimentação (BORGES et al., 2003).

A utilização de partículas de óxido de alumínio promovem alterações na morfologia da superfície cerâmica, resultando em aumento de áreas retentivas. Estas áreas, entretanto, devem apresentar um padrão na topografia de superfície em forma de relevos, no qual o cimento possa penetrar facilmente (ADDISON; FLEMING, 2004). No presente estudo, o jateamento com óxido de alumínio de 50 μ m e 110 μ m promoveu diminuição nos valores de rugosidade em relação ao grupo controle, sem apresentar diferença estatística significativa. Isto pode ser explicado devido às imperfeições produzidas na superfície cerâmica durante o processo de fabricação, proporcionando um alto valor de rugosidade para o grupo controle (ADDISON; FLEMING, 2004). Com a utilização do óxido de alumínio houve a remoção dessas imperfeições, com diminuição das irregularidades, sendo possível observar pelas imagens um padrão irregular, em forma de pequenos relevos (figuras 3 e 4). Desta forma, foi obtido uma superfície asperizada que não se caracteriza por proporcionar retenção mecânica efetiva para o cimento resinoso sem que se utilize um agente de união. Em seu estudo, Nagai et al. (2005) constataram que grupos tratados com ácido fluorídrico e grupos jateados com óxido de alumínio, ambos seguidos da aplicação do silano, e utilização de um cimento resinoso, apresentaram os melhores valores de resistência à união em relação a grupos tratados com ácido fosfórico, seguido ou não da aplicação do silano e grupos tratados com ácido fluorídrico ou jateados, nos quais o silano não foi utilizado. Corroborando este pressuposto, há evidências apontando que amostras de cerâmica de dissilicato de lítio tratadas por abrasão com partículas de óxido de alumínio de 50 μ m apresentaram resistência de união ao cimento resinoso de forma eficiente, quando houve a utilização do silano, não apresentando diferença estatística com grupo tratado com ácido fluorídrico (KIYAN et al., 2007).

O jateamento, ainda, se caracteriza por produzir superfícies irregulares e aumentar a área de superfície, proporcionando melhor molhabilidade para a cerâmica e o cimento resinoso (DILBER et al., 2012). Contudo, o jateamento excessivo induz a perda e enfraquecimento do material, não recomendando a sua utilização para cerâmicas a base de sílica. Outros autores corroboram o pressuposto, não recomendando a abrasão com partículas de óxido de alumínio previamente à cimentação das cerâmicas à base de sílica, devido à perda de volume e enfraquecimento do material (KERN; THOMPSON, 1994). Além disso, a abrasão com óxido de alumínio de 50 μ m e 110 μ m proporcionou superfícies mais uniformes e com menor número de relevos e reentrâncias em relação ao grupo tratado com ácido fluorídrico, produzindo mudanças insuficientes na superfície cerâmica para uma adequada adesão micromecânica do cimento resinoso.

A utilização do ácido fluorídrico proporcionou mudanças claramente observadas na superfície da cerâmica, deixando expostos cristais alongados e irregularidades, revelando o efeito invasivo do ácido (figura 2). Assim como demonstrado por Borges et al. (2003), o ácido fluorídrico é capaz de atuar na cerâmica de dissilicato de lítio removendo a matriz vítrea e a fase de cristais de ortofosfato, criando irregularidades na superfície. O presente estudo demonstrou a efetividade do ácido fluorídrico em concentração de 10%, aplicado durante 20 segundos, em remover a segunda fase cristalina e a matriz vítrea, criando uma superfície de padrão irregular, propensa à adesão.

No estudo de Nagai et al. (2005) foi constatado que superfícies cerâmicas tratadas com ácido fluorídrico exibiram maior resistência de união em comparação àquelas tratadas com ácido fosfórico ou jateadas com óxido de alumínio. Também foi demonstrado que a força de adesão é maior quando se utiliza o ácido fluorídrico, seguido da aplicação do agente silano, e que a não utilização do silano leva a falhas de adesão na interface entre cimento e cerâmica. Isto é possível pela atuação do ácido fluorídrico na dissolução da matriz vítrea da cerâmica, expondo a estrutura cristalina, criando relevos e reentrâncias na superfície do material, o que possibilita a retenção micro mecânica, e com a aplicação do silano, uma adesão química (DILBER et al., 2012).

Um fator a ser considerado é efeito deletério do ácido fluorídrico sobre as cerâmicas odontológicas. Em seu estudo, Hooshmand et al. (2008), mostram que cerâmicas a base de dissilicato de lítio tratadas com ácido fluorídrico

durante dois minutos tiveram resistência à flexão diminuída. Desta forma, indicam que uma união durável entre cimento e material cerâmico pode ser obtida através da utilização do silano, sem a necessidade do condicionamento com o ácido. Entretanto, outro estudo não demonstrou efeitos danosos em relação à resistência à flexão da cerâmica, indicando que a resistência à flexão pode ser aumentada após preenchimento da superfície com resina fluida (POSRITONG et al., 2013). Seguindo o mesmo princípio, a avaliação de uma cerâmica feldspática e uma cerâmica vítrea após condicionamento com ácido fluorídrico em diferentes tempos de exposição, não evidenciou diferenças estatísticas significativas nos valores de resistência à flexão, tanto em relação ao material cerâmico, quanto em relação ao tempo de exposição ao ácido (YEN; BLACKMAN; BAEZ, 1993). Desta forma, o presente estudo demonstrou que a utilização do ácido fluorídrico de acordo com o protocolo do fabricante, o torna um meio indicado de preparo da superfície cerâmica para a cimentação (KIYAN et al., 2007).

A utilização do jateamento com óxido de alumínio revestido por sílica não obteve maiores valores de rugosidade em relação ao uso de jateamento com óxido de alumínio de 50 μ m e 110 μ m ou condicionamento com ácido fluorídrico. Através das imagens de MEV pode-se observar deposição de sílica (figura 5 e 6), mas também superfície asperizada, com pequenas irregularidades e formação insuficiente de microporosidades para uma adesão eficaz. Em materiais cerâmicos a base de alumina e zircônia, o baixo conteúdo de sílica limita a adesão a cimentos resinosos quando a cerâmica é tratada com os métodos tradicionais de jateamento com óxido de alumínio ou condicionamento com ácido fluorídrico (BOTTINO et al., 2005; VALANDRO et al., 2004). Para estas cerâmicas, é indicado o tratamento da superfície através de jateamento com óxido de alumínio revestido por sílica, o qual recobre a superfície com sílica, tornando-a mais reativa ao cimento resinoso através da utilização de um agente de união, silano (ÖZKCAN; VALLITTU, 2003). Entretanto, o conteúdo de sílica da cerâmica de dissilicato de lítio é aproximadamente 70%, o que é suficiente para se obter uma forte adesão entre o composto resinoso e a cerâmica, sem necessidade da técnica de recobrimento com sílica (KIM et al., 2005). Nesse sentido, Kiyon et al. (2007) apontam que entre as amostras tratadas com ácido fluorídrico, amostras jateadas com óxido de alumínio de 50 μ m e amostras tratadas com jateamento com óxido de alumínio revestido por sílica, em cerâmica de dissilicato de lítio, encontrou-se maior valor de resistência de união ao cimento

resinoso para o grupo tratado com ácido fluorídrico, não havendo diferença estatística entre os grupos tratados com óxido de alumínio de 50 μ m e óxido de alumínio revestido por sílica. De modo semelhante, Kim et al. (2005), encontraram maior valor de resistência à tração para cerâmica de dissilicato de lítio condicionada por ácido fluorídrico, em relação a grupos tratados com jateamento de óxido de alumínio de 50 μ m e 30 μ m revestido por sílica, não havendo diferença estatística entre estes dois últimos grupos. Özcan e Vallittu (2003) também encontraram melhores resultados de resistência ao cisalhamento para cerâmicas de dissilicato de lítio tratadas com ácido fluorídrico, em relação a grupos tratados com jateamento com óxido de alumínio de 110 μ m e sistema Rocatec. Portanto, no presente estudo, o jateamento com óxido de alumínio revestido por sílica não mostrou eficácia superior ao jateamento com óxido de alumínio de 50 μ m e 110 μ m, em relação à criação de microporosidades ou irregularidades, necessárias à adesão micromecânica.

Além da utilização do ácido fluorídrico no preparo da superfície para cimentação de restaurações cerâmicas, o mesmo é muito utilizado no reparo de fraturas destas restaurações, seguindo o mesmo princípio de produção de rugosidades e reentrâncias para se conseguir uma adesão química e micromecânica de sucesso.

Desta forma, o condicionamento com ácido fluorídrico mostrou uma superfície irregular como consequência da dissolução do componente vítreo, resultando numa superfície com micro retenções, enquanto a utilização do óxido de alumínio de 50 μ m, 110 μ m e 110 μ m revestido por sílica apresentou uma superfície asperizada, mais padronizada com pequenos relevos.

2.2.5 CONCLUSÕES

1. Não houve diferença estatística entre os grupos em relação ao valor de rugosidade após os diferentes métodos de tratamento de superfície.
2. O ácido fluorídrico em concentração de 10% durante 20 segundos proporcionou dissolução da matriz vítrea e da fase de cristais de ortofosfato, criando uma superfície com irregularidades e exposição dos cristais de dissilicato de lítio, o que se configura como uma superfície favorável à adesão.
3. Não houve superioridade em relação à eficácia em promover superfície com maior irregularidade e micro retenções entre os métodos de jateamento com óxido de alumínio de 50 μ m e 110 μ m, e óxido de alumínio 110 μ m revestido por sílica. Foi obtida uma superfície asperizada, com pequenos relevos, não propensa à adesão sem a utilização de um agente de união.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDISON, O.; FLEMING, G.J. The influence of cement lute, thermocycling and surface preparation on the strength of a porcelain laminate veneering material. **Dental Materials**, v. 20, n. 3, p. 286-292, mar. 2004.

BLATZ, M.B.; SADAN, A.; KERN, M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 89, n. 3, p. 268-274, mar. 2003.

BORGES, G.A.; SOPHR, A.M.; DE GOES, M.F.; SOBRINHO, L.C.; CHAN, D.C. Effect of etching and airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramics. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 89, n. 5, p. 479-488, maio 2003.

BOTTINO, M.A.; VALANDRO, L.F.; SCOTTI, R.; BUSO, L. Effect of surface treatments on the resin bond to zirconium-based ceramic. **The International Journal of Prosthodontics**, v. 18, n. 1, p. 60-65, jan-fev. 2005.

CHAI, J.; CHU, F.C.S.; CHOW, T.W. Effect of surface treatment on shear bond strength of zirconia to human dentin. **Journal of Prosthodontics**, v. 20, n. 3, p. 173-179, abr. 2011.

DELLA BONA, A.; ANUSAVICE, K.J.; SHEN, C. Microtensile Strength of Composite Bonded to Hot-pressed Ceramics. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v. 2, n. 4, p. 305-313, 2000.

DILBER, E.; YAVUZ, T.; KARA, H.B.; OZTURK, A.N. Comparison of the effects of surface treatments on roughness of two ceramic systems. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 30, n. 6, p. 308-314, jun. 2012.

ETMAN, M.K.; WOOLFORD, M.J. Three-year clinical evaluation of two ceramic crown systems: A preliminary study. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 2, n. 103, p. 80-90, fev. 2010.

HOOSHMAND, T.; PARVIZI, S.; KESHVAD, A. Effect of surface acid etching on the biaxial flexural strength of two hot-pressed glass ceramics. **Journal of Prosthodontics**, v. 17, n. 5, p. 415-419, jul. 2008.

KARA, H.B.; DILBER, E.; KOC, O.; OZTURK, A.N.; BULBUL, M. Effect of different surface treatments on roughness of IPS Empress 2 ceramic. **Lasers in Medical Science**, v. 27, n.2, p. 267-272, mar. 2012.

KERN, M.; THOMPSON, V.P. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: volume loss, morphology, and changes in the surface composition. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 71, n. 5, p 453-461, maio 1994.

KIM, B.K.; BAE, H.E.; 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. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 94, n. 4, p. 357-362, out. 2005.

KIYAN, V.H.; SARACENI, C.H.; SILVEIRA, B.L.; ARANHA, A.C.; EDUARDO, C,P. The influence of internal surface treatments on tensile bond strength for two ceramic systems. **Operative Dentistry**, v. 32, n. 5, p. 457-465, set. 2007.

KURSOGLU, P.; MOTRO, P.F.K.; YURDAGUVEN, H. Shear bond strength of resin cement to an acid etched and a laser irradiated ceramic surface. **The Journal of Advanced Prosthodontics**, v. 5, n. 2, p. 98-103, maio 2013.

NAGAI, T.; KAWAMOTO, Y.; KAKEHASHI, Y.; MATSUMURA, H. Adhesive bonding of a lithium disilicate ceramic material with resin-based luting agents. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 32, n. 8, p. 598-605, ago. 2005.

OYAGÜE, R.C.; OSORIO, R., SILVEIRA, B.L.; TOLEDANO, M. Comparison of bond stability between dual-cure resin cements and pretreated glass-infiltrated alumina ceramics. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 29, n. 7, p. 465-475, jul. 2011.

ÖZCAN, 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. **The International Journal of Prosthodontics**, v. 14, n. 4, p. 335-339, jul-ago. 2001.

ÖZCAN, M.; VALLITTU, P.K. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. **Dental Materials**, v. 19, n. 8, p. 725-731, dez. 2003.

PARANHOS, M.P.; BURNETT JR, L.H.; MAGNE, P. Effect Of Nd:YAG laser and CO2 laser treatment on the resin bond strength to zirconia ceramic. **Quintessence International**, v. 42, n. 1, p. 79-89, jan. 2011.

PINI, N.P.; AGUIAR, F.H.; LIMA, D.A.; LOVADINO, J.R.; TERADA, R.S.; PASCOTTO, R.C. Advances in dental veneers: materials, applications, and techniques. **Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry**, v. 10, n. 4, p. 9-16, fev. 2012.

POSRITONG, S.; BORGES, A.L.S.; CHU, T.G.; ECKERT, G.J.; BOTTINO, M.A.; BOTTINO, M.C. The impact of hydrofluoric acid etching followed by unfilled resin on the biaxial strength of a glass-ceramic. **Dental Materials**, v. 29, n. 11, p. e281-290, out. 2013.

SILVEIRA, B.L.; PAGLIA, A.; BURNETT JR, L.H.; SHINKAI, R.S.; EDUARDO, C.P.; SPOHR, A.M. Micro-tensile bond strength between a resin cement and an aluminous ceramic treated with Nd:YAG laser, Rocatec System, or aluminum oxide sandblasting. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 23, n. 6, p 543-548, dez. 2005.

VALANDRO, L.F.; LEITE, F.P.; SCOTTI, R.; BOTTINO, M.A.; NIESSER, M.P. Effect of ceramic surface treatment on the microtensile bond strength between a resin cement and an alumina-based ceramic. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v. 6, n. 4, p. 327-332, 2004.

WRIGHT, M.D.; MASRI, R.; DRISCOLL, C.F.; ROMBERG, E.; THOMPSON, G.A.; RUNYAN, D.A. Comparison of three systems for the polishing of an ultra-low fusing

dental porcelain. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 92, n. 5, p. 486-490, nov. 2004.

YEN, T.W.; BLACKMAN, R.B.; BAEZ, R.J. Effect of acid etching on the flexural strength of a feldspathic porcelain and a castable glass ceramic. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 70, n. 3, p. 224-233, set. 1993.

ZAWTA, C. Fixed partial dentures with an all-ceramic system: a case report. **Quintessence International**, v. 32, n. 5, p. 351-358, maio 2001.

ANEXOS

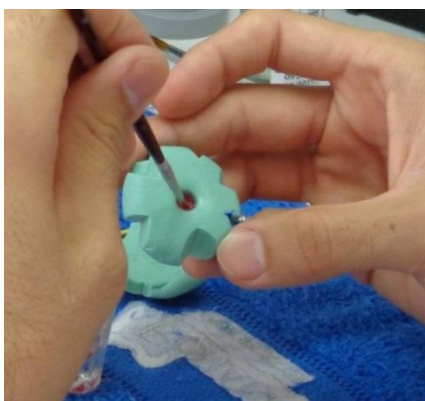
ANEXO A: CONFEÇÃO DOS CORPOS DE PROVA



Disco usinado em acrílico utilizado como molde para confecção da matriz em silicone por condensação laboratorial.



Matriz em silicone por reação de condensação laboratorial (Zetalabor, Zhermack, Itália).



Matriz em silicone sendo preenchida com resina acrílica auto polimerizável Pattern Bright (Kota Imports, São Paulo, Brasil), através de pincel.



Matriz em silicone após a presa do material (resina acrílica).



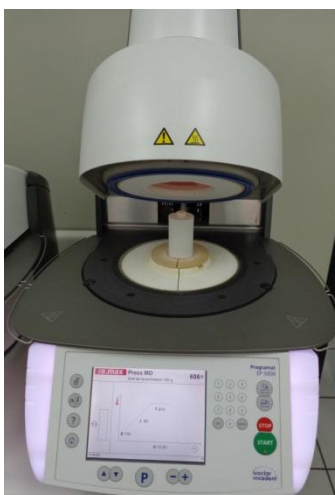
Regularização dos corpos de prova em resina acrílica.



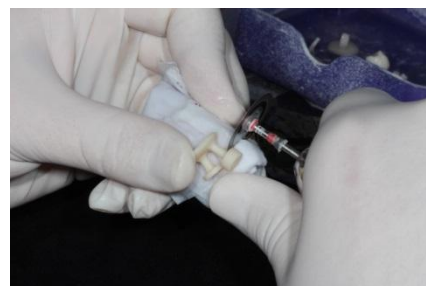
Montagem dos padrões em resina na base do anel de revestimento para inclusão no anel de revestimento.



Evaporação da resina acrílica no forno Edgcon 3P (EDG Equipamentos, Brasil).



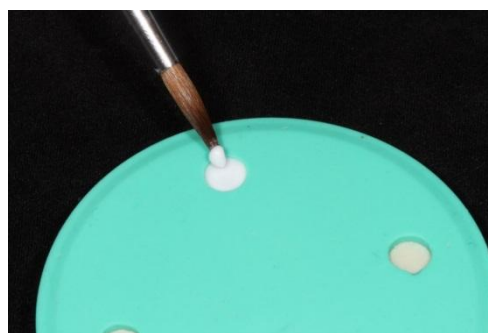
Injeção da cerâmica (forno Programat EP 5000, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein).



Remoção do conduto de alimentação com disco de diamante.



Matriz em silicone laboratorial (Silicone Master, Talmax, Brasil).



Aplicação da cerâmica de cobertura e.max Ceram (Ivoclar Vivadent).



Discos cerâmicos com cerâmica de cobertura sobre manta refratária levados para queima ao forno Programat P500 (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein).



Aplicação da camada de glaze através de pincel sobre a superfície dos discos cerâmicos.

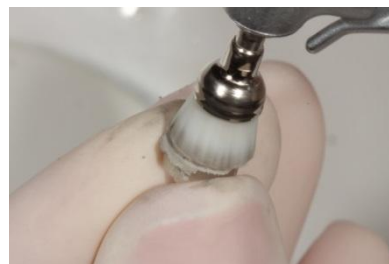
ANEXO B: METODOLOGIA CAPÍTULO 1



Desgaste com a ponta diamantada 4138 F (KG Sorensen, Brasil) em alta rotação.



Desgaste com a ponta diamantada 4138 FF (KG Sorensen, Brasil) em alta rotação.



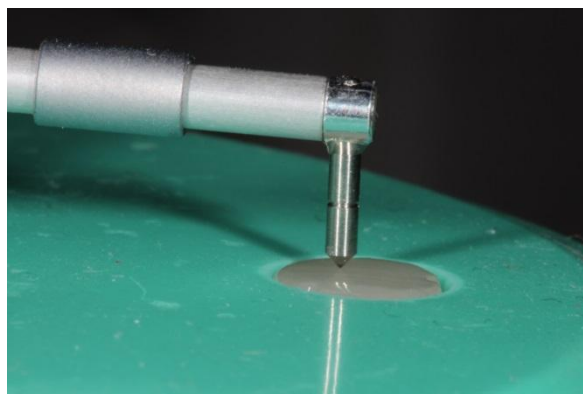
Polimento com o Kit OptraFine (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) na sequência: azul claro, azul escuro e escova de nylon com pasta de polimento.



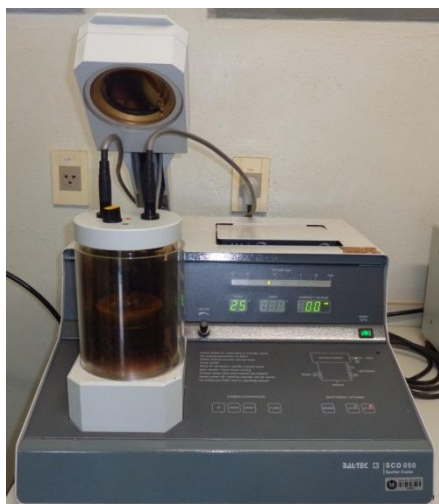
Polimento utilizando taça de borracha (Microdont, Brasil) embebida em pasta diamantada (Diamond Excel, FGM, Brasil), seguido de feltro (Diamond, FGM, Brasil) com pasta diamantada.



Aparelho utilizado para a leitura da rugosidade média das amostras (Surftest SJ 400, Mitutoyo America, EUA).



Ponta analisadora percorrendo a superfície da amostra durante a leitura da rugosidade.



Recobrimento com carbono das amostras em equipamento Bal-Tec SCD 050 (Bal-Tec, Balzers, Liechtenstein).

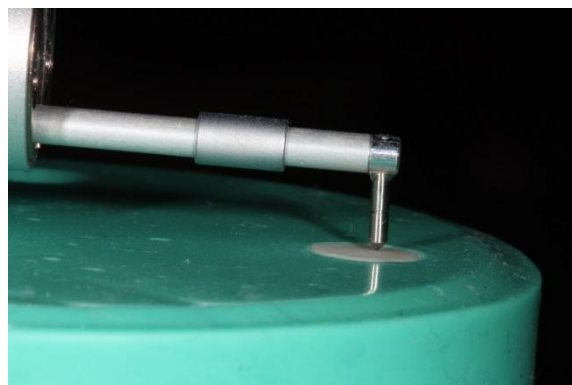


Obtenção das eletromicrografias através de Microscópio Quanta 200 (Fei, Oregon, EUA).

ANEXO C: METODOLOGIA CAPÍTULO 2



Aparelho utilizado para a leitura da rugosidade média das amostras (Surftest SJ 400, Mitutoyo America, EUA).



Ponta analisadora percorrendo a superfície da amostra durante a leitura da rugosidade.



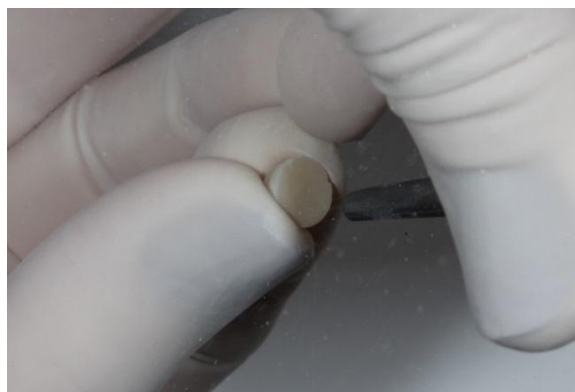
Condicionamento da superfície com ácido fluorídrico 10% durante 20 segundos (Maquira, Maringá, Brasil).



Jateamento da superfície com óxido de alumínio de 50µm (Bio Art, São Carlos, Brasil), sob pressão de 2,5bar, durante 10 segundos, à distância de 10mm.



Jateamento da superfície com óxido de alumínio de 110µm (Defama, Porto Alegre, Brasil), sob pressão de 2,5bar, durante 10 segundos, à distância de 10mm.



Jateamento da superfície com óxido de alumínio de 110µm revestido por sílica (3M Espe, Brasil), sob pressão de 2,5bar, durante 10 segundos, à distância de 10mm



Recobrimento com ouro das amostras em metalizadora IC50 (Shimadzu, Quioto, Japão).



Amostras fixadas em stub e recobertas com ouro.



Obtenção das eletromicrografias através de Microscópio SS 550 (Shimadzu, Quioto, Japão).

ANEXO D: ANÁLISE ESTATÍSTICA CAPÍTULO 1

→PODER DO TESTE

F tests – ANOVA: Repeated measures, between factors

Analysis: A priori: Compute required sample size

Input: Effect size f = 0.7086313
 α err prob = 0.05
Power ($1-\beta$ err prob) = 0.95
Number of groups = 6
Number of measurements = 4
Corr among rep measures = 0.5

Output: Noncentrality parameter λ = 28.9243192
Critical F = 2.5335545
Numerator df = 5.0000000
Denominator df = 30.0000000
Total sample size = 36
Actual power = 0.9809523

ANÁLISE DESCRITIVA: PRÉ TRATAMENTO

→ANÁLISE DESCRITIVA

Grupo	- 1 -	- 2 -	- 3 -	- 4 -	- 5 -	- 6 -
Tamanho da amostra =	8	8	8	8	8	8
Mínimo	0.7500	0.7700	0.5700	0.6600	0.9400	0.6800
Máximo	1.4900	1.7300	1.4900	1.7100	1.9400	1.9600
Amplitude Total	0.7400	0.9600	0.9200	1.0500	1.0000	1.2800
Mediana	1.1250	1.2100	1.0800	1.3450	1.4100	1.5150
Primeiro Quartil (25%)	1.0275	1.0325	0.9525	1.1725	1.1325	1.2425
Terceiro Quartil (75%)	1.1475	1.5525	1.1475	1.5400	1.6050	1.6825
Desvio Interquartilico	0.1200	0.5200	0.1950	0.3675	0.4725	0.4400
Média Aritmética	1.1088	1.2625	1.0400	1.3013	1.3888	1.4163
Variância	0.0425	0.1215	0.0785	0.1336	0.1127	0.1900
Desvio Padrão	0.2062	0.3486	0.2803	0.3655	0.3357	0.4359
Erro Padrão	0.0729	0.1232	0.0991	0.1292	0.1187	0.1541
Coeficiente de Variação	18.59%	27.61%	26.95%	28.08%	24.17%	30.78%
Assimetria (g1)	0.1921	0.0644	-0.2729	-0.7346	0.1933	-0.7453
Curtose (g2)	2.2873	-1.5172	0.5279	-0.1956	-0.6206	-0.3841
Média Harmônica	1.0736	1.1754	0.9623	1.1857	1.3168	1.2618
N (média harmônica)	8	8	8	8	8	8
Média Geométrica	1.0915	1.2190	1.0031	1.2478	1.3527	1.3449
N (média geométrica)	8	8	8	8	8	8
Variância (geom.)	1.0161	1.0364	1.0393	1.0473	1.0269	1.0593
Desvio Padrão (geom.)	1.2115	1.3322	1.3473	1.3858	1.2804	1.4392

TESTE DE NORMALIDADE: PRÉ TRATAMENTO

→ TESTE DE NORMALIDADE (Shapiro-Wilk)

Grupo	- 1 -	- 2 -	- 3 -	- 4 -	- 5 -	- 6 -
Tamanho da amostra =	8	8	8	8	8	8
Média =	1.1088	1.2625	1.0400	1.3013	1.3888	1.4163
Desvio padrão =	0.2062	0.3486	0.2803	0.3655	0.3357	0.4359
W =	0.9187	0.9441	0.9533	0.9266	0.9644	0.9276
p =	0.4345	0.6212	0.7125	0.4735	0.8238	0.4785

ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) / PRÉ TRATAMENTO

→ ANÁLISE DA VARIÂNCIA – ANOVA

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	5	0.909	0.182
Erro	42	4.752	0.113

F = 1.6076

(p) = 0.1784

ANÁLISE DESCRITIVA: PÓS TRATAMENTO

→ANÁLISE DESCRITIVA

Grupo	- 1 -	- 2 -	- 3 -	- 4 -	- 5 -	- 6 -
Tamanho da amostra =	8	8	8	8	8	8
Mínimo	0.7500	2.1300	1.3500	0.5800	0.5600	1.3000
Máximo	1.4900	4.0200	2.7600	1.2500	2.5600	2.0200
Amplitude Total	0.7400	1.8900	1.4100	0.6700	2.0000	0.7200
Mediana	1.1250	2.9700	1.9200	0.8250	0.9750	1.5200
Primeiro Quartil (25%)	1.0275	2.5675	1.7150	0.7100	0.6375	1.4475
Terceiro Quartil (75%)	1.1475	3.4200	2.1000	1.1000	1.2650	1.5875
Desvio Interquartilico	0.1200	0.8525	0.3850	0.3900	0.6275	0.1400
Média Aritmética	1.1088	3.0025	1.9338	0.8975	1.1375	1.5550
Variância	0.0425	0.3732	0.2064	0.0681	0.4556	0.0481
Desvio Padrão	0.2062	0.6109	0.4543	0.2609	0.6750	0.2193
Erro Padrão	0.0729	0.2160	0.1606	0.0922	0.2386	0.0775
Coefficiente de Variação	18.59%	20.35%	23.50%	29.07%	59.34%	14.10%
Assimetria (g1)	0.1921	0.2758	0.4964	0.4223	1.5691	1.4313
Curtose (g2)	2.2873	-0.4055	0.5211	-1.5366	2.3869	2.8349
Média Harmônica =	1.0736	2.8940	1.8424	0.8345	0.8969	1.5310
N (média harmônica) =	8	8	8	8	8	8
Média Geométrica =	1.0915	2.9481	1.8877	0.8651	0.9992	1.5425
N (média geométrica) =	8	8	8	8	8	8
Variância (geom.) =	1.0161	1.0185	1.0244	1.0371	1.1272	1.0077
Desvio Padrão (geom.) =	1.2115	1.2279	1.2655	1.3358	1.6905	1.1426

TESTE DE NORMALIDADE: PÓS TRATAMENTO

→ TESTE DE NORMALIDADE

Grupo	- 1 -	- 2 -	- 3 -	- 4 -	- 5	- 6 -
Tamanho da amostra =	8	8	8	8	8	8
Média =	1.1088	3.0025	1.9338	0.8975	1.1375	1.5550
Desvio padrão =	0.2062	0.6109	0.4543	0.2609	0.6750	0.2193
W =	0.9187	0.9781	0.9477	0.8949	0.8285	0.8875
p =	0.4345	0.9801	0.6569	0.3166	0.0659	0.2801

ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) / TUKEY: PÓS TRATAMENTO

→ ANÁLISE DA VARIÂNCIA – ANOVA

ANOVA – TUKEY

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	5	24.2316	4.846
Blocos	7	1.416	0.202
Erro	35	6.941	0.198

F (tratamentos) = 24.4376
 p (tratamentos) = < 0.0001
 F (blocos) = 1.0198
 p (blocos) = 0.4353

Médias (tratamentos):

Média (Coluna 1) = 1.1088
 Média (Coluna 2) = 3.0025
 Média (Coluna 3) = 1.9338
 Média (Coluna 4) = 0.8975
 Média (Coluna 5) = 1.1375
 Média (Coluna 6) = 1.5550

Tukey	Q	(p)
Médias (1 a 2) =	12.0279	< 0.01
Médias (1 a 3) =	5.2399	< 0.01
Médias (1 a 4) =	1.3417	ns
Médias (1 a 5) =	0.1826	ns
Médias (1 a 6) =	2.8343	ns
Médias (2 a 3) =	6.7880	< 0.01
Médias (2 a 4) =	13.3697	< 0.01
Médias (2 a 5) =	11.8453	< 0.01
Médias (2 a 6) =	9.1936	< 0.01
Médias (3 a 4) =	6.5816	< 0.01
Médias (3 a 5) =	5.0573	< 0.05
Médias (3 a 6) =	2.4056	ns
Médias (4 a 5) =	1.5243	ns
Médias (4 a 6) =	4.1760	ns
Médias (5 a 6) =	2.6517	ns

ANEXO E: ANÁLISE ESTATÍSTICA CAPÍTULO 2

→ PODER DO TESTE → PÓS-TRATAMENTO

F tests – ANOVA: Repeated measures, between factors

Analysis: A priori: Compute required sample size

Input:	Effect size f	= 0.3944818
	α err prob	= 0.05
	Power ($1-\beta$ err prob)	= 0.95
	Number of groups	= 5
	Number of measurements	= 7
	Corr among rep measures	= 0.5
Output:	Noncentrality parameter λ	= 20.4245856
	Critical F	= 2.5026565
	Numerator df	= 4.0000000
	Denominator df	= 70.0000000
	Total sample size	= 75
	Actual power	= 0.9554966

ANÁLISE DESCRITIVA: PRÉ TRATAMENTO

→ANÁLISE DESCRITIVA

Grupo	-1-	- 2 -	- 3 -	- 4	- 5 -
Tamanho da amostra =	7	7	7	7	7
Mínimo	2.2800	1.5933	2.3167	1.7500	1.8500
Máximo	3.1833	4.4167	3.6933	3.7233	4.0933
Amplitude Total	0.9033	2.8233	1.3767	1.9733	2.2433
Mediana	3.0200	2.8933	2.5633	2.6600	3.0367
Primeiro Quartil (25%)	2.6783	2.3217	2.4667	1.9367	2.2767
Terceiro Quartil (75%)	3.1167	3.7633	3.5600	3.1667	3.7000
Desvio Interquartilico	0.4383	1.4417	1.0933	1.2300	1.4233
Média Aritmética	2.8676	3.0105	2.9467	2.6200	2.9905
Variância	0.1318	1.0229	0.3882	0.6130	0.7655
Desvio Padrão	0.3630	1.0114	0.6230	0.7830	0.8750
Erro Padrão	0.1372	0.3823	0.2355	0.2959	0.3307
Coeficiente de Variação	12.66%	33.60%	21.14%	29.88%	29.26%
Assimetria (g1)	-1.0843	0.0135	0.3550	0.3061	-0.0423
Curtose (g2)	-0.6905	-1.2964	-2.5831	-1.6800	-1.9407
Média Harmônica =	2.8238	2.6960	2.8391	2.4252	2.7611
Média Geométrica =	2.8464	2.8553	2.8915	2.5203	2.8759
Variância (geom.) =	1.0078	1.0581	1.0191	1.0403	1.0417
Desvio Padrão (geom.) =	1.1436	1.4340	1.2323	1.3522	1.3588

TESTE DE NORMALIDADE: PRÉ TRATAMENTO

→ TESTE DE NORMALIDADE (Shapiro-Wilk) – somente o grupo 3 não apresentou normalidade ($p \leq 0,05$)

Grupo	- 1 -	- 2 -	- 3 -	- 4 -	- 5 -
Tamanho da amostra =	7	7	7	7	7
Média =	2.8676	3.0105	2.9467	2.6200	2.9905
Desvio padrão =	0.3630	1.0114	0.6230	0.7830	0.8750
W =	0.8093	0.9659	0.7955	0.9115	0.9278
p =	0.0590	0.8448	0.0448	0.4269	0.4992

ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) / PRÉ TRATAMENTO

→ ANÁLISE DA VARIÂNCIA – ANOVA (**Kruskal-Wallis**) → pela análise de variância não houve diferença estatística entre os grupos ($p > 0.05$).

Resultados

H = 1.2077

Graus de liberdade = 4

(p) Kruskal-Wallis = 0.8768

ANÁLISE DESCRITIVA: PÓS TRATAMENTO

→ANÁLISE DESCRITIVA

Grupo	- 1 -	- 2 -	- 3 -	- 4 -	- 5 -
Tamanho da amostra =	7	7	7	7	7
Mínimo	2.2800	2.0367	1.7633	1.5533	2.5467
Máximo	3.1833	4.8567	3.7800	2.6767	2.8167
Amplitude Total	0.9033	2.8200	2.0167	1.1233	0.2700
Mediana	3.0200	2.9600	2.6167	1.9300	2.7700
Primeiro Quartil (25%)	2.6783	2.2500	2.3283	1.8850	2.6217
Terceiro Quartil (75%)	3.1167	4.3700	3.3817	2.2883	2.8017
Desvio Interquartilico	0.4383	2.1200	1.0533	0.4033	0.1800
Média Aritmética	2.8676	3.2990	2.7971	2.0724	2.7114
Variância	0.1318	1.4812	0.5426	0.1583	0.0124
Desvio Padrão	0.3630	1.2170	0.7366	0.3979	0.1113
Erro Padrão	0.1372	0.4600	0.2784	0.1504	0.0421
Coefficiente de Variação	12.66%	36.89%	26.33%	19.20%	4.11%
Assimetria (g1)	-1.0843	0.3473	0.0113	0.6232	-0.5314
Curtose (g2)	-0.6905	-2.1463	-1.4180	-0.5910	-1.9090
Média Harmônica =	2.8238	2.9354	2.6236	2.0105	2.7074
Média Geométrica =	2.8464	3.1095	2.7109	2.0408	2.7094
Variância (geom.) =	1.0078	1.0620	1.0332	1.0155	1.0007
Desvio Padrão (geom.) =	1.1436	1.4508	1.3154	1.2072	1.0423

TESTE DE NORMALIDADE: PÓS TRATAMENTO

→ TESTE DE NORMALIDADE → todas as amostras apresentaram normalidade
($p > 0,05$)

Grupo	- 1 -	- 2 -	- 3 -	- 4 -	- 5 -
Tamanho da amostra =	7	7	7	7	7
Média =	2.8676	3.2990	2.7971	2.0724	2.7114
Desvio padrão =	0.3630	1.2170	0.7366	0.3979	0.1113
W =	0.8093	0.8583	0.9571	0.9009	0.8456
p =	0.0590	0.1904	0.7645	0.3795	0.1339

ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) / TUKEY: PÓS TRATAMENTO

→ ANÁLISE DA VARIÂNCIA – ANOVA (**TUKEY**) → pela análise de variância houve diferença estatística somente entre os grupos 2 e 4 ($p \leq 0.05$).

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	4	5.4471	1.362
Blocos	6	2.739	0.457
Erro	24	11.218	0.467

F (tratamentos) = 2.9133
 p (tratamentos) = 0.0421
 F (blocos) = 0.9767
 p (blocos) = 0.5369

Médias (tratamentos):

Média (Coluna 1) = 2.8676
 Média (Coluna 2) = 3.2990
 Média (Coluna 3) = 2.7971
 Média (Coluna 4) = 2.0724
 Média (Coluna 5) = 2.7114

Tukey	Q	(p)
Médias (1 a 2) =	1.6695	ns
Médias (1 a 3) =	0.2727	ns
Médias (1 a 4) =	3.0774	ns
Médias (1 a 5) =	0.6044	ns
Médias (2 a 3) =	1.9423	ns
Médias (2 a 4) =	4.7470	< 0.05
Médias (2 a 5) =	2.2740	ns
Médias (3 a 4) =	2.8047	ns
Médias (3 a 5) =	0.3317	ns
Médias (4 a 5) =	2.4730	ns

RESULTADOS: TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre as médias de rugosidade no Pré-Tratamento.

Medida	Pré-Tratamento	
	média	dp
GRUPO 1	2.8676 ^A	0.3630
GRUPO 2	3.0105 ^A	1.0114
GRUPO 3	2.9467 ^A	0.6230
GRUPO 4	2.6200 ^A	0.7830
GRUPO 5	2.9905 ^A	0.8750

- letras iguais indicam que não houve diferença estatisticamente significativa.

Tabela 2: Comparação entre as médias de rugosidade (Ra) no Pós-Tratamento.

Medida	Pós-Tratamento	
	média	dp
GRUPO 1	2.8676	0.3630
GRUPO 2	3.2990 *	1.2170
GRUPO 3	2.7971	0.7366
GRUPO 4	2.0724 *	0.3979
GRUPO 5	2.7114	0.1113

* Indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

RESULTADOS: GRÁFICOS

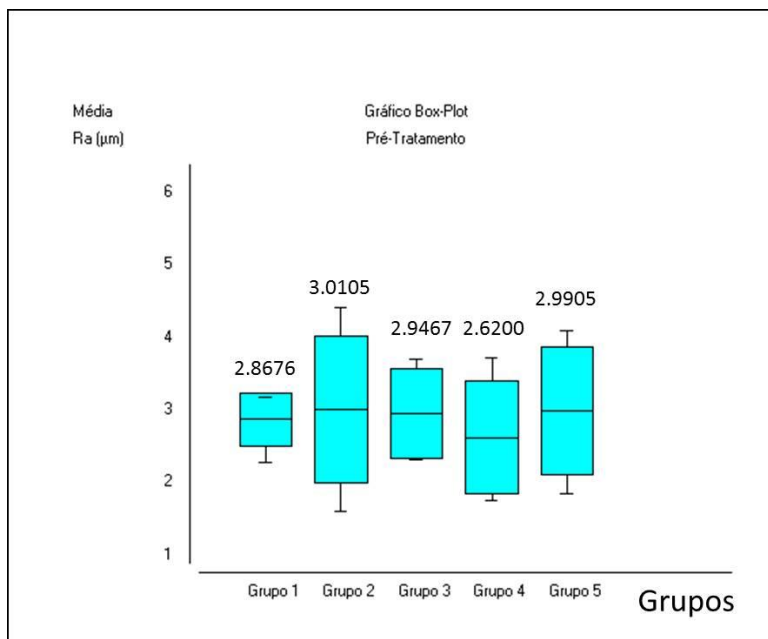


Gráfico 1. Diagrama Box plot de compreensão da rugosidade (Ra μm) em cinco grupos no pré tratamento. Os dados são apresentados como média, primeiro e terceiro quartis. A média é representada por uma linha horizontal dentro da caixa. O mínimo e o máximo valor são ilustrados através de cursores abaixo e acima.

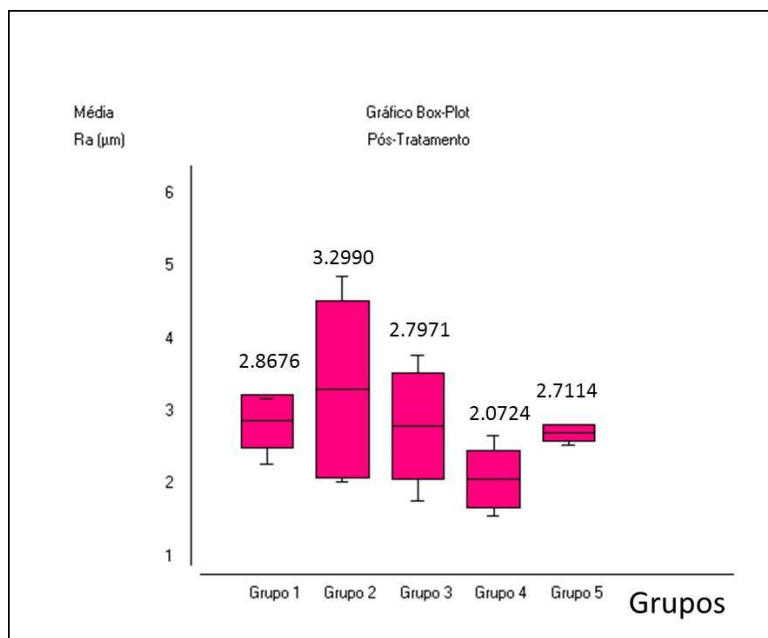


Gráfico 2. Diagrama Box plot de compreensão da rugosidade (Ra μm) em cinco grupos no pós- tratamento. Os dados são apresentados como média, primeiro e terceiro quartis. A média é representada por uma linha horizontal dentro da caixa. O mínimo e o máximo valor são ilustrados através de cursores abaixo e acima.