UNESP – Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho"
Faculdade de Odontologia de Araraquara

Maciel Eustáquio da Silva Júnior

Avaliação da rugosidade superficial de sistemas restauradores para CAD/CAM após escovação simulada

Araraquara

2018

UNESP – Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho"
Faculdade de Odontologia de Araraquara

Maciel Eustáquio da Silva Júnior

Avaliação da rugosidade superficial de sistemas restauradores para CAD/CAM após escovação simulada

Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Ciências Odontológicas - Área de Dentística Restauradora, da Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista para obtenção do título de Doutor em Ciências Odontológicas

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Ferrarezi de Andrade

Araraquara

2018

Maciel Eustáquio da Silva Júnior

Avaliação da rugosidade superficial de sistemas restauradores para CAD/CAM após escovação simulada

Comissão Julgadora

Tese para obtenção do grau de Doutor

Presidente e Orientador: Prof. Dr. Marcelo Ferrarezi de Andrade

2º Examinador: Edson Alves de Campos

3º Examinador: José Roberto Cury Saad

4º Examinador: Leandro Martins

5º Examinador: Matheus Bandeca

Araraquara, 28 de março de 2018

S586a

Silva Júnior, Maciel Eustáquio da
Avaliação da rugosidade superficial de sistemas restauradores para CAD/CAM após escovação simulada / Maciel Eustáquio da Silva Júnior. -- Araraquara, 2018
91 f.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Odontologia, Araraquara
Orientador: Marcelo Ferrarezi de Andrade

1. Resinas compostas. 2. Cerâmica. 3. Escovação dentária. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

DADOS CURRICULARES

Maciel Eustáquio da Silva Júnior

Nascimento	27/02/1978
Filiação	Maciel Eustáquio da Silva Júnior Célia Guimarães da Silva
1997/2001	Curso de Graduação em Odontologia pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR
2001/2002	Especialização Dentística Restauradora Faculdade de Odontologia de Bauru - FOB/USP
2004/2006	Mestrado em Dentística Restauradora Faculdade de Odontologia de Araraquara - FOAR/Unesp
2014/2018	Doutorando em Dentística Restauradora Faculdade de Odontologia de Araraquara - FOAR/Unesp

Dedico este trabalho a todos os pós graduandos e pesquisadores que, mesmo enfrentando infinitas adversidades, colabora para o desenvolvimento do bem comum e da nossa profissão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de alguma maneira proporcionaram a realização deste trabalho.

Em especial minha noiva Gabi, meus pais Maciel e Célia e meus sogros Bete Minoru.

A todos os funcionários da FAEPO / Unesp e FOAR Unesp

Ao meu orientador Marcelo Ferrarezi e ao vice-diretor da FOAR Unesp Edson Campos.

A toda equipe #teamfaepo.

Aos componentes da banca e amigos Leandro Martins e Matheus Bandeca.

Silva Júnior ME. Avaliação da rugosidade superficial de sistemas restauradores para CAD/CAM após escovação simulada [Tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2018.

RESUMO

Com a adaptação da tecnologia CAD/CAM ao ambiente odontológico na década de 1980, uma nova perspectiva restauradora foi aberta, levando o profissional, empresas ligadas ao ramo odontológico e o mercado a se adaptarem a este novo protocolo de trabalho. Os materiais resinosos para sistemas fresados possuem algumas vantagens frente aos cerâmicos como por exemplo melhor qualidade de borda, mais acessíveis, menor desgaste de brocas, menor tempo de trabalho, reparáveis em boca etc. Entretanto resta saber se serão tão resistentes ao desgaste quanto as cerâmicas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a alteração provocada pela escovação simulada em materiais resinosos utilizados nos sistemas CAD/CAM e compará-los com uma cerâmica feldspática e uma cerâmica feldspática reforçada por leucita utilizando como meio de avaliação a mensuração da rugosidade superficial através de rugosímetro e microscopia confocal. Foi também avaliado a dureza dos blocos testados para verificar se há correlação com o desgaste. Para auxiliar na avaliação dos resultados algumas amostras foram avaliadas com o microscópio eletrônico de varredura e EDS. A avaliação da rugosidade, Ra ou Rz, foi realizada por análise de variância de dois fatores. Um fator entre materiais e outro de medidas repetidas, composto pela medida inicial, executada pelo rugosímetro após o polimento, e pelas medidas após a escovação simulada, efetuadas tanto pelo rugosímetro como pelo microscópio confocal. Utilizaram-se coeficientes de correlação de Pearson e procedimentos de regressão linear para a avaliação do relacionamento entre duas variáveis. Adotou-se em todos os testes estatísticos o nível de significância de 5% para a tomada de decisão. Os resultados de rugosidade Ra encontrados estão dispostos em médias e os limites inferior e superior de um intervalo de confiança de 95% entre parênteses. Após polimento avaliados com rugosímetro: Z350 0,04 (0,04; 0,04), EmpressCAD 0,16 (0,13; 0,19), CEREC 0,06 (0,05; 0,08), LAVA 0,04 (0,04; 0,05), Crios 0,06 (0,05; 0,08), Brava 0,06 (0,06; 0,07), PMMA 0,07 (0,06; 0,08). Após escovação avaliados com o rugosímetro: Z350 1,02 (0,59; 1,75), EmpressCAD 0,18 (0,15; 0,21), CEREC 0,17 (0,12; 0,24), LAVA 0,31 (0,20; 0,46), Crios 1,93 (1,28; 2,91), Brava 2,12 (1,57; 2,88), PMMA 3,50 (2,64; 4,66). Após escovação avaliados com o confocal: Z350 1,47 (0,79; 2,73), Empress 0,23 (0,13; 0,42), CEREC 0,27 (0,17; 0,44), LAVA 0,32 (0,12; 0,89), Crios 2,19 (1,12; 4,26), Brava 1,80 (0,96; 3,38), PMMA 2,51 (1,49; 4,22). O material EmpressCAD, na fase pré-escovação, apresentou o pior polimento inicial de todos os materiais avaliados neste estudo. Com exceção do EmpressCAD, todas as amostras apresentaram aumento na rugosidade após a escovação. Os materiais Crios, Brava e PMMA apresentaram, com maior intensidade, uma mudança em sua rugosidade. Após a escovação, com medição realizada pelo rugosímetro, PMMA teve a maior média. Após a escovação, com medição realizada pelo rugosímetro EmpressCAD, CEREC e LAVA apresentaram as menores medidas de rugosidade, e eram equivalentes entre si. Os materiais Z350, Crios e Brava produziram médias equivalentes e intermediárias, com as médias das duas últimas não diferindo significativamente da maior delas. Entre materiais com a rugosidade medida pelo confocal, o resultado foi análogo ao da medição pelo rugosímetro. Não houve diferença significativa entre os resultados obtidos pelo rugosímetro e pelo microscópio

confocal. Os coeficientes de correlação entre as rugosidades Ra e Rz mostraram valores altos.

Palavras-chaves: Resinas compostas; Cerâmica; Escovação dentária.

Silva Júnior ME. Roughness evaluation of CAD/CAM restorative materials submitted to artificial toothbrushing. [Tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2018.

ABSTRACT

With the CAD/CAM technology being adapted to the to the dental environment at 80's, a new restorative perspective was open, leading the professional, manufacturers and the dental market adapt to this new working protocol. The resin based materials has some advantageous characteristics over the ceramic materials as better margin quality, more cheaper, lower burs consumption, short working time consumption, prone to be repared inside mouth. However information about its resistance to wear it is not complete. The main goal of this research was to evaluate the alterations made by the artificial toothbrushing over the surface of resin materials used by the CAD/CAM systems and compare with a feldspathic ceramic and a leucite reinforced feldspathic ceramic using as evaluation method the surface roughness assessed with a confocal microscopy and a rugosimeter. The microhardness was evaluated to check if is there any correlation with the wear. To contribute in the analysis of the results some samples were evaluated with the scanning electron microscopy and EDS. The Ra and Rz analysis were made with the two-factor variance analysis. One factor between materials and another between repetitive analysis, that were done with the initial measure made by the rugosimeter after initial polishing and by the rugosimeter and the confocal after simulated tooth brushing. Pearson correlation coeficient were used together with linear regression procedures to evaluate the relationship between two variables. In all the statistical analysis the significance level adopted were 5%. The results of Ra found are shown below using means and the upper and lower limits of a confidence interval of 95% (listed between parentheses). After initial polishing evaluated with rugosimeter: Z350 0,04 (0,04; 0,04), EmpressCAD 0,16 (0,13; 0,19), CEREC 0,06 (0,05; 0,08), LAVA 0,04 (0,04; 0,05), Crios 0,06 (0,05; 0,08), Brava 0,06 (0,06; 0,07), PMMA 0,07 (0,06; 0,08). After tooth brushing evaluated with rugosimeter: Z350 1,02 (0,59; 1,75), EmpressCAD 0,18 (0,15; 0,21), CEREC 0,17 (0,12; 0,24), LAVA 0,31 (0,20; 0,46), Crios 1,93 (1,28; 2,91), Brava 2,12 (1,57; 2,88), PMMA 3,50 (2,64; 4,66). After tooth brushing evaluated with confocal: Z350 1,47 (0,79; 2,73), Empress 0,23 (0,13; 0,42), CEREC 0,27 (0,17; 0,44), LAVA 0,32 (0,12; 0,89), Crios 2,19 (1,12; 4,26), Brava 1,80 (0,96; 3,38), PMMA 2,51 (1,49; 4,22). After polishing Empress CAD showed the worst initial numbers but after the simulated tooth brushing it was the only one that had no alteration. Crios, Brava and PMMA displayed the highest change in the roughnesss. Evaluated with the rugosimeter PMMA had the worst roughness mean. EmpressCAD, CEREC blocs and LAVA had the lowest roughness measurements when evaluated with the rugosimeter. Z350, Crios and Brava were equivalent. The results from the rugosimeter were equivalent to the results from the confocal, not displaying any statistical difference. The results from Ra and Rz had a high correlation coefficient between them.

Keywords: Composite resins; Ceramics; Toothbrushing.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12

2 PROPOSIÇÃO 16

3 REVISÃO DA LITERATURA 17

3.1 O Sistema CAD/CAM 17

3.2 Propriedades Dos Materiais Restauradores Para CAD/CAM 18

3.3 Desgaste Superficial De Materiais Restauradores 24

3.4 Microdureza de materiais restauradores para CAD/CAM 27

4 MATERIAL E MÉTODO 31

4.1 Materiais Avaliados 32

4.2 Avaliação Com Microscópio Confocal 44

4.3 Avaliação Com Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) 45

4.3.1 Análise superficial em Microscopia Eletrônica de Varredura 45

4.3.2 Caracterização das partículas de carga 46

4.4 Análise Estatística 46

5 RESULTADO 47

6 DISCUSSÃO 79

7 CONCLUSÃO 85

REFERÊNCIAS 86

1 INTRODUÇÃO

Com a adaptação da tecnologia CAD/CAM ao ambiente odontológico na década de 1980, uma nova perspectiva restauradora foi aberta, levando o profissional, empresas ligadas ao ramo odontológico e o mercado a se adaptarem a este novo protocolo de trabalho. No processo convencional de construção de restaurações indiretas, o protocolo já estabelecido consiste de moldagem de trabalho com um material de alta fidelidade de cópia, troquelização do modelo de gesso, montagem articulada desses modelos e reconstrução da peça pelo Técnico em Prótese Dental (TPD) usando o método de reconstrução baseado nos materiais escolhidos. Quando a opção é pelo sistema CAD/CAM, há uma completa modificação na técnica já que tanto a moldagem quanto o processo de reconstrução da peça são substituídos pelo processo de escaneamento e usinagem respectivamente.

Este escaneamento intra oral é feito por uma câmera acoplada a um computador que associa as imagens renderizando um modelo virtual com exatidão. Após a aquisição das imagens da região de interesse, da região antagonista e da relação entre arcos, a construção digital da peça é feita com auxílio de softwares específicos com possibilidade de escolher forma do dente, perfil de emergência, força do contato com o antagonista e espaçamento interno entre outros vários parâmetros.

Já o equipamento de fresagem consiste em um artificio mecanizado com brocas posicionadas em motores individuais com 2, 4 ou 5 eixos de inserção diferentes. Essas brocas trabalham desgastando blocos posicionados de tal maneira que o acesso seja satisfatório e permitindo buscar cada vez mais um detalhamento próximo ao conseguido pela mão humana.

Inicialmente criou-se o conceito “chairside" onde todo o sistema ficava realmente ao lado da cadeira odontológica e a idéia era que o paciente não necessitaria de uma nova consulta para finalização da restauração protética. Esta nova tecnologia não só alterou a forma de entrega da restauração indireta apoiando-se no processo de fresagem de blocos construídos em ambientes controlados e tornando não-dependente do TPD, mas também na forma de aquisição de dados para confecção destas restaurações. Entretanto com a evolução desta nova tecnologia foram desenvolvidos scanners de bancada para serem usados sobre modelos de gesso e também fresadoras maiores permitindo um fluxo de trabalho mais intenso e

obviamente com o público alvo sendo os laboratórios de próteses ou clínicas com grandes volumes de procedimentos indiretos. Neste protocolo de trabalho a etapa de consultório voltou a ser tradicional já que, se o profissional não possuir sistemas de escaneamento que exportem em arquivos STL ele necessitará fazer a moldagem, entretanto as vantagens do sistema CAD/CAM continuam aproveitadas pelo TPD e muitas vezes o cirurgião-dentista usufrui desta nova tecnologia sem ter conhecimento deste fato.

Desde a sua criação, a curva de evolução do material restaurador evolui no sentido de permitir que o projeto criado consiga ser fresado com máxima fidelidade. Com as possibilidades atuais de softwares, restaurações digitais podem ser recriadas com alta fidelidade comparadas aos dentes naturais utilizando cópias de dentes homólogos ou de banco de dados facilitando recriarmos restaurações biologicamente compatíveis. Esta evolução implica na utilização de scanners de precisão, evolução dos softwares de planejamento e na utilização de brocas delicadas e de corte mais fino.

Outra vertente que tem evoluído são os materiais restauradores específicos para CAD/CAM, tanto os cerâmicos quanto os resinosos e este último é o objeto de estudo deste trabalho. Nessa curva de evolução uma nova linha de pesquisa foi criada relacionada ao tipo de material específico para fresagem.

O primeiro material indicado foi o VITA MARK I (VITA Zahnfabrik H. Rauter, Bad Sakingen, Germany) que consistia em uma cerâmica feldspática. Com a evolução dos materiais restauradores indiretos tradicionais novas opções foram introduzidas e adaptadas para o sistema CAD/CAM. Assim é possível usufruir do avanço já empregado nesses materiais agregando ao mesmo tempo a praticidade do sistema CAD/CAM.

Atualmente, dentre os materiais disponíveis temos, as cerâmicas feldspáticas, cerâmicas feldspáticas reforçadas por leucita, por silicato de lítio com reforço de zircônia, por dissilicato de lítio, zircônia pura pré sinterizada, blocos resinosos, blocos híbridos cerâmico-resinosos, blocos de cera, blocos de resina calcinável e blocos de polimetilmetacrilato (PMMA). Com essa gama de opções o sistema CAD/CAM pode ser utilizado para, ou finalizar a restauração, ou entrar como coadjuvante no processo de restauração abrindo ainda mais o leque de opções.

O primeiro sistema baseado em materiais resinosos indicados para fresagem a ser utilizado foi o Paradigm MZ100 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) obtido a partir da

polimerização do já tradicional compósito Z100. Como já verificado em reconstruções tradicionais com materiais resinosos, o desgaste, perda de brilho, aumento de rugosidade também foi observado no sistema fresado. Alterações na porção resinosa assim como na porção inorgânica tem sido empregada pelos fabricantes com a finalidade de contornar as já consagradas deficiências relatadas, mesmo em materiais produzidos em um ambiente controlado como os blocos resinosos para CAD/CAM.

As vantagens dos materiais resinosos fresados sobre as restaurações em resina direta são várias e inclui um material melhor polimerizado, menos poroso, e não dependente de inúmeras variáveis relacionadas ao operador (Koizumi et al.,[34] 2015). E comparado com os blocos em cerâmica para CAD/CAM, os blocos em resina são mais facilmente fresáveis gerando uma maior rapidez de usinagem, melhor adaptação marginal pois são menos friáveis, mais econômicos pois desgastam menos as brocas, usam menos líquido de arrefecimento e geram um menor desgaste do sistema mecânico da fresadora. Por outro lado, comparando com os materiais cerâmicos, as resinas possuem propriedades mecânicas inferiores e desgaste superior quando em função(Giordano,[23] 2006). Com as modificações ocorridas nas formulações atuais dos blocos resinosos que tem a intenção de diminuir a distância entre as características mecânicas comparados com as cerâmicas feldspáticas, faz-se necessário a avaliação e comparação entre esses materiais.

Um interesse particular existe na indicação destes materiais baseados em resina para reabilitação de pacientes com desgaste severo. Entendendo que, mesmo que exista comprovadas características mecânicas superiores dos materiais cerâmicos, existe também comprovação de fragilidade em pequenas espessuras e desgaste excessivo do antagonista. Entendendo que não se justifica preparo dental com desgaste para reabilitação de pacientes com perda erosiva/abrasiva substancial, faz-se necessário o desenvolvimento e utilização de materiais que suportem cargas em pequenas espessuras e que não se desgastem e nem provoquem desgaste excessivo do elemento contactante, dando espaço para opções restauradoras chamadas facetas oclusais e palatinas. Essa mudança de paradigma reabilitador abre caminho para as resinas com melhor performance, especificamente as fresadas.

Mesmo estando em processo de aprimoramento, podemos considerar a tecnologia CAD/CAM uma realidade e uma técnica já ancorada no dia a dia dos consultórios ao redor do mundo. E toda pesquisa relacionada a esta tecnologia terá seu papel na sua evolução. Portanto nesta tese foram utilizados alguns materiais

recém-lançados no mercado nacional avaliando à sua resistência ao desgaste e comparando os com algumas cerâmicas feldspáticas tradicionais com um longo histórico de indicação e utilização e que não necessitam de tratamento em forno após fresagem.

2 PROPOSIÇÃO

Avaliar a alteração provocada pela escovação simulada em materiais resinosos utilizados nos sistemas CAD/CAM e compará-los com uma cerâmica feldspática e uma cerâmica feldspática reforçada por leucita utilizando como meio de avaliação, a rugosidade superficial. Avaliar também a microdureza Vickers destes materiais e a correlação com a rugosidade após a escovação.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O Sistema CAD/CAM

A sigla CAD/CAM vem do inglês Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing e na livre tradução significa Design Auxiliado por Computador/Manufatura Auxiliada por Computador. Sua introdução na indústria data da década de 1960 porém foi na década de 1970 que foi introduzido na odontologia. No ano de 1973 exatamente no dia 8 de outubro, o Professor François Duret apresentou sua tese intitulada "A impressão óptica" onde convencionou um equipamento com a idéia de produzir uma imagem holográfica do modelo intra oral do paciente (Duret[12] ,1973) para que este modelo fosse usinado em aço ou resina epóxi.

Após a construção do modelo, o desenho apropriado da peça protética com o formato da futura coroa seria feito e então fresado para ser instalado em boca com apenas algumas horas de trabalho. Naquela época o autor já preconizava que o trabalho deveria ser executado de uma maneia rápida e com precisão micrométrica.

Entre 1980 e 1992 o Professor Duret (Duret, Preston[13] , 1991) registrou mais 7 patentes relacionadas ao sistema CAD/CAM e considerou esse período fundamental para o estabelecimento da versão final do equipamento que segue até hoje nos equipamentos atuais e os primeiros protótipos foram criados entre 1982 e 1986. Em 1987 finalmente seu sistema foi comercializado pela Hennson Company e em 1992 surgiu o Sopha CAD/CAM pela Sopha Bio Concept Company. No período entre 1993 e 2003, dividiu sua experiência com companhias japonesas e o resultado disto foi o terceiro sistema o GN1 (Duret e Preston[13] ,1991).

Na cronologia de evolução, após o grande avanço conseguido pelo Dr. Duret, na década de 1980, Mormann e Brandestini melhoraram as capacidades do scanner bidimensional permitindo que pudesse ser utilizado “chairside”. Conectado a uma fresadora era capaz de produzir uma restauração (inlay/onlay) em visita única, mesmo que as mesmas apresentassem ainda naquele momento uma deficiência relacionada a anatomia oclusal. Este conjunto de aparelhos recém evoluídos foram chamados CEREC e é um acrônimo para Chairside Economical Restorations of Esthetic Ceramics (Mormann et al.[43],1989; Mormann[44], 2006).

Algumas empresas como a Procera, entenderam na época que o escanemaento intra-oral nem sempre era preciso e investiu na disseminação de sistemas de escaneamento de modelos, obviamente eram feitos extra-oralmente e

necessitavam do modelo de trabalho ja vazado. Atualmente essa modalidade de escaneamento, pode ser feito por aparelhos específicos que são os scanners de bancada bem como o mesmo scanner utilizado intra oralmente.

A forma de aquisição das imagens varia de acordo com cada fabricante. O CEREC Blue Cam utiliza uma câmera com iluminação de um LED azul e através de uma triangulação obtém uma imagem tridimensional. Para aumentar a resolução de imagem, esta câmera ainda necessita de um pó de cobertura reflexivo a base de dióxido de titânio (Galhano et al.[21], 2012). Esta aplicação do pó pode se tornar um inconveniente frente a dificuldade de homogeneização intra oral da superfície bem como a contaminação da saliva e a própria marca substituiu esta câmera pelo sistema OmniCam que utiliza filmagem ao invés de fotografia e não necessita de pó reflexivo além de obter os modelos virtuais coloridos facilitando o discernimento entre tecidos moles e duros. Já o sistema LAVA COS da 3M (Lava Chairside Oral Scanner) por exemplo utiliza 192 LEDs e um sistema de 22 lentes para capturar as informações necessárias em vídeo (Davidowicz, Kotick[14], 2011).

A precisão desses sistemas é na ordem de 17 a 50 micrômetros e são comparadas a precisão do sistema tradicional.

Os avanços do sistema de fresagem estão relacionados principalmente ao número de eixos de desgaste. As fresadoras chairside possuem três eixos (X, Y e Z), limitando então a precisão. Entretanto existem fresadoras com 5 eixos e são capazes de rotacionar a base de fixação do bloco aumentado ainda mais as possibilidades de fresagem, solucionando problemas de desenhos complexos e aumentado a precisão e ajuste (Khang[31], 2013).

O grande benefício do sistema CEREC sem dúvida está na agilidade do processo de fabricação, tornando a fase laboratorial menos trabalhosa e mais simples.

3.2 Propriedades Dos Materiais Restauradores Para CAD/CAM

As propriedades dos materiais restauradores são regidas pela sua composição, estrutura e pelo tipo de ligações químicas que mantém toda a organização do material unida. Não é de se surpreender que o módulo flexural (Ef) (que é uma medida indireta da resistência das ligações), resistência flexural (σf) e dureza das cerâmicas são significantemente maiores (Ef ≥ 60 GPa, σf ≥ 140 MPa, Vickers hardness > 4 GPa) (Seghi et al.[10], 1995; Conrad et al.[60], 2007) que dos compósitos (Ef = 9 to 20 GPa, σf ≅ 100 MPa, Vickers hardness = 0.4 GPa)(Quinn, Quinn[17], 2010; Ferracane[49], 2011;

Nguyen et al.[53], 2012). As cerâmicas odontológicas são materiais fortes e rígidos porém ao mesmo tempo quebradiço e com baixa resistência a fratura (KIC) e alta susceptibilidade a falha na presença de trincas. As propriedades óticas como translucência, fluorescência e opalescência são superiores aos materiais resinosos (Güth et al.[24], 2013). Enquanto as cerâmicas podem ser negativamente afetadas pelo pH do ambiente oral e/ou dieta, a sorpção de água pode levar a uma degradação da matriz polimérica e agentes de união com a carga (Nambu et al.[47], 1991).

É um fato que os materiais cerâmicos podem produzir restaurações estéticas, e sua alta resistência e pequeno desgaste já foram relatados (Kois et al.[33], 2013; Zahran et al.[74], 2008). Entretanto existem outros estudos que identificaram uma alta incidência de falha devido a sua natureza friável e um grande potencial abrasivo do antagonista (Sripetchdanond et al.[4], 2014; Quinn et al.[52], 2014; Attia, Kern[62], 2006).

As resinas compostas odontológicas são os materiais mais utilizados na odontologia restauradora. Desde o seu lançamento na década de 1950 até aos atuais materiais nanocompostos, os compósitos restauradores são sempre alvo de pesquisas. Desde a sua criação eles passaram por melhorias relacionadas à sua resistência ao desgaste, a contração de polimerização, ao coeficiente de expansão térmica, absorção de água, solubilidade polimento e retenção do polimento Kumari, et al.[35], 2016). Basicamente eles são compostos por uma matriz resinosa (fase orgânica), partículas de carga (fase inorgânica - cerâmicas, cerâmicas vítreas ou vidros) além de iniciadores de polimerização, estabilizantes e corantes (Ferracane[17], 2011).

Quando se comparou o primeiro sistema baseado em materiais resinosos indicados para fresagem (Paradigm MZ100, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) que era obtido a partir da polimerização do já tradicional compósito Z100 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) os testes mecânicos demonstraram que o Paradigm apresentou resultados melhores que a própria resina composta de uso direto (σf ~ 130 MPa and KIC ~0.8 MPa·m1⁄2)[49]. Alguns outros autores também observaram uma boa resistência a fadiga (Magne, Knezevic[30], 2009; Tsitrou et al.[41], 2010; Kassem et al.[68], 2012. Nguyen et al.,[49] (2012) avaliou em sua pesquisa reações de polimerização de compósitos comerciais e experimentais submetidos a uma alta pressão (300 MPa) e uma alta temperatura (180 - 200ºC). Os materiais resultantes apresentaram um dramático aumento na resistência flexural, Weibull modules, dureza e densidade comparados com os materiais fotoativados pela via tradicional. A resistência flexural dos materiais

foi superior a 200 MPa e é um número superior aos compósitos tradicionais e de algumas cerâmicas vítreas. Foi observado por análise mecânica dinâmica que estes materiais polimerizados com elevada temperatura e pressão possuíam uma alta densidade de ligações cruzadas, e que quanto mais alta a temperatura de polimerização em conjunto com a ausência de um iniciador eram essenciais para as propriedades viscoelásticas (Béhin et al.[7], 2014). A microscopia de força atômica revelou mudanças significativas na morfologia de superfície, com a presença de nódulos densos altos e largos ou nódulos pequenos, longos, menos definido e em menor quantidade. Outra vantagem também podem ser descrita: a diminuição da liberação de monômeros residuais (Phan et al.[50], 2014). O material Paradigm MZ100 foi substituído pelo LAVA Ultimate (3M ESPE) no ano de 2012 e era obtido com diferentes parâmetros de temperatura e pressão comparados ao seu antecessor e consequentemente apresentava ligeiras melhoras nas propriedades mecânicas ([σf ~ 155 MPa and KIC ~0.9 MPa·m1⁄2)(Thorton, Ruse[66], 2014). Este material já faz uso dos nanomateriais.

A nanotecnologia aplicada a compósitos tem como finalidade a produção de resinas com propriedades mecânicas melhoradas assim como as características estéticas devido ao tamanho reduzido das cargas bem como a distribuição das cargas. Estes fatores permitem que uma maior quantidade seja acrescentada ao compósito e como consequência propriedades mecânicas como a contração de polimerização, a resistência à tração, à compressão, à fratura e ao desgaste são melhoradas (Beun et al.[8], 2007; Terry[65], 2004; Yapet al.[71], 1998).

O compósito para restauração direta deste estudo, Z350 Filtek Supreme consiste de nanopartículas e nanoaglomerados de sílica e zircônia correspondendo a 82% em peso. Esses nanoglomerados permitem que a quantidade de carregamento seja aumentada assim como permite melhorias nas propriedade mecânicas e na retenção do brilho. Essa capacidade de polimento e retenção deste polimento se deve a distribuição uniforme de partículas de sílica pré-polimerizadas e presentes na matriz orgânica (Garcia et al.[22], 2004).

Entretanto as resinas compostas evoluíram de um simples material restaurador para um compósito industrializado para blocos indicados para fresagem em um CAD/CAM para a fabricação de restaurações indiretas (Miyazaki et al.[46], 2009). O primeiro bloco de resina composta para CAD/CAM disponibilizada no mercado foi no ano 2000 (Giordano[23], 2006). Atualmente os blocos são fabricado com uma alta

pressão, alta temperatura de polimerização resultando em um material com características mecânicas melhoradas (Nguyen et al.[49], 2012).

As resinas para CAD/CAM possuem uma característica muito importante que é a resistência a fratura de borda durante a fresagem, característica esta que é muito inferior nas cerâmicas que possuem a tendência a fraturarem nas bordas durante o processo de usinagem e esse dano provocado pelo processo de desgaste do bloco tende a se propagar podendo diminuir a vida útil destas restaurações (Nguyen et al.[49], 2012; Rekow, Thompson[55], 2005; Yin et al.[72], 2006). Ruse e Sadoun[57] (2014) também creditam uma vantagem aos compósitos para CAD/CAM que seria a possibilidade de reparo do material em caso de fratura ou lascamento.

Pensando na utilização de blocos resinosos para a tecnologia CAD/CAM uma outra vantagem pode ser atribuída ao seu menor custo de manufatura, não só pelo valor menor do bloco, mas também pelo menor desgaste das brocas, Tsitrou et al. [67], (2007) acredita que enquanto um jogo de brocas pode ser utilizado para fabricar 5 a 10 restaurações cerâmicas, este mesmo jogo permite a construção de 100 restaurações em resina.

Lebon et al.[38], (2015) investigou a influência do tipo de broca com o material a ser fresado e verificou que a dureza do material e abrasividade da broca são fatores preponderantes na rugosidade final do bloco e na durabilidade dessas brocas. As brocas avaliadas foram: Lyra conical tool Ø1 mm (GACD SASU); Lyra conical tool Ø1.05 mm (GACD SASU) and Cerec cylinder pointed tool 12S (Sirona Dental Systems GmbH). Os blocos avaliados foram: Lava Ultimate (3M ESPE), Mark II (VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH) e Enamic (VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH) e para avaliação foram usadas a microscopia eletrônica de varredura (MEV), microscopia ótica e pesagem. Outra consideração desse autor foi que a vida útil da broca deveria ser calculada pela quantidade de material removido e não pelo número de blocos usinados.

A expectativa de durabilidade das pontas de fresagem são dependentes da qualidade da broca, tamanho do diamante e sua densidade, materiais a serem fresados e parâmetros de fresagem como taxa de utilização, profundidade do corte e velocidade de corte.

Awada e Nathanson[3] (2015) avaliaram as propriedades mecânicas e a qualidade de borda de uma nova geração de materiais baseados em polímeros (Lava Ultimate - 3M ESPE, Enamic - Vita Zahnfabrik, Cerasmart - GC Dental Products e

Paradigm MZ100 Block - 3M ESPE) e concluiu que eles apresentaram uma maior resistência flexural e módulo de resiliência comparados com os materiais cerâmicos (IPS Empress CAD - Ivoclar Vivadent AG, Vitablocs Mark II - Vita Zahnfabrik) além de apresentarem uma melhor qualidade de borda.

Ruse e Sadoun[57] (2014) acreditam que materiais resinosos polimerizados com alta temperatura e pressão abriram uma nova área de pesquisa na odontologia e que a introdução no mercado de materiais resinosos pra CAD/CAM de alta performance é eminente. Porém enfatizam que suas propriedades não ultrapassarão os blocos cerâmicos e que a escolha do material restaurador deve ser feita caso a caso levando em conta todas as vantagens e desvantagens de cada um.

Kamonkhantikul et al.[29], (2016) afirmam que restaurações em resina composta feitas no sistema CAD/CAM oferecem um material de qualidade uniforme, reproduzível e de baixo custo de fabricação. Fácil de polir, fácil de fresar, não requer sinterização, cristalização ou queima além de ser reparável em boca. Os autores também acreditam que diversos fatores deterioram a superfície e o brilho do material resinoso e que o principal fator deletério é a escovação com pasta ou creme dental. A escovação representa o desgaste tricorporal sendo as cerdas o antagonista e a pasta dental como o meio. E vários fatores afetam o desgaste por escovação como o tempo, a força e abrasividade de partículas. Um aumento nos ciclos de escovação ja comprovou que aumenta o desgaste e diminui o brilho de resinas compostas de uso direto (Kamonkhantikul et al.[28], 2014), entretanto em blocos resinoso a informação é escassa. Além disso, os mesmos autores utilizaram 5 blocos de resina composta (1. Block HC - Shofu, Kyoto Japan; 2. Cerasmart - GC Tokyo Japan; 3. Gradia Block - GC Tokyo Japan; 4. KZR-CAD - Yamamoto Precious Metal Osaka Japan; 5. LAVA Ultimate - 3M ESPE St. Paul MN, USA), 1 bloco de cerâmica híbrida (Vita Enamic - Vita Zahnfabrik H. Rauter, Bad Säckingen, Germany), 1 bloco de cerâmica feldspática (VitaBlocs Mark II - Vita Zahnfabrik H. Rauter), 1 blocos de resina acrílica PMMA (Telio CAD - Ivoclar Vivadent AG, Schaan Liechtenstein) e uma resina composta convencional (Filtek Z350 XT - 3M ESPE). Investigou-se a rugosidade de superfície (Ra) e o brilho especular após variados períodos de escovação (10.000, 20.000, 30.000 e 40,000 ciclos foram executados). Após 40 mil ciclos o Ra do bloco de resina acrílica e o bloco de resina composta Block HC da Shofu apresentaram um resultado significantemente elevado enquanto os materiais Cerasmart, KZR-CAD e LAVA Ultimate mantiveram-se estáveis. Os materiais restantes diminuíram o Ra. Como

conclusão os autores afirmaram que a maioria dos blocos de resina composta avaliados se comportam iguais ou melhores que os blocos cerâmicos avaliados relacionados ao Ra e ao brilho. Outro detalhe observado foi que a resina composta Z350 se comportou de maneira parecida com o bloco do mesmo fabricante LAVA Ultimate.

O estudo destes autores foi usado como uma das principais referências para execução deste trabalho e entendendo que alguns materiais não apresentaram alteração no Ra, surge o questionamento, não houve desgaste? Ou o desgaste ocorreu concomitante com um polimento devido a abrasão?

Lawson et al.[37], (2016) avaliou o desgaste, a resistência, modulus e a dureza de diversos materiais para CAD/CAM incluindo o conhecido material a base de dissilicato de Lítio Emax CAD (IvoclarVivadent), o recém lançado Celtra Duo (DentsplySirona) que é um material a base de silicato de Lítio com reforço de partículas de zircônia, 3 materiais a base de resina composta Cerasmart (GC America) LAVA Ultimate (3M ESPE) e Paradigm MZ100 (3M ESPE) e incluiu na pesquisa um material considerado híbrido pois é uma cerâmica infiltrada por polímero. A resistência flexural foi avaliada através da flexão de 3 pontos, a microdureza Vickers foi medida com uma carga de 1 kg aplicada por 15 segundos. E para o teste de desgaste os materiais restauradores foram colocados contra cúspides de pré molares humanos e cicladas por 400.000 vezes e com uma força de 20N. Os autores concluíram que as propriedades foram diferentes para cada material sendo o Emax CAD e o Celtra Duo mais forte, mais rígido e mais duro que os outros materiais. Esses mesmos materiais mais o Enamic demonstraram sinais de um desgaste abrasivo enquanto os materiais resinosos de fadiga. E esses mesmos materiais resinosos e o Enamic demonstraram uma resistência adequada para serem indicadas em restaurações desde que possuam ao menos a mesma espessura que os materiais a base de dissilicato de lítio devido à sua resistência.

Shembish et al.[59], (2016) conduziram um interessante estudo para avaliar a resistência a fadiga de coroas em molares restaurados com resina composta fresadas a partir de blocos para CAD/CAM. Neste estudo compararam o material LAVA Ultimate com o Empress CAD cimentando coroas em réplicas de dentes com materiais resinosos (RelyX Ultimate para Lava Ultimate e Multilink Automix for IPS Empress) e testaram a sua resistência em mastigação simulada. O resultado observado mostrou que as coroas feitas com material resinoso apresentaram um comportamento superior

sendo necessário uma carga de 3-4 vezes superior ao material cerâmico para que ocorresse falha catastrófica.

Magne e Knezevic[41] (2009) e Schlichting et al.[58] (2011), também conduziram uma série de estudos para avaliar a resina composta de uso indireto Paradigm MZ100 (3M ESPE). Eles compararam a sua resistência a fadiga com algumas cerâmicas quando utilizadas como facetas oclusais e onlays com várias espessuras. Os resultados demonstraram uma superior e significante resistência a fratura comparado ao IPS Empress CAD e ao IPS e.max CAD (ambos da Ivoclar Vivadent) e também ao Vitablocks Mark II (VITA Zahnfabrik).

3.3 Desgaste Superficial De Materiais Restauradores

O desgaste é definido como a perda de substância resultante de uma interação mecânica entre duas superfícies contactantes as quais estão em um movimento relativo (Neale[48], 1973).

Leitão e Hegdahl[39] (1981) elaboraram um importante estudo sobre rugosidade, caracterizando-a como uma relevante propriedade do fenômeno de superfície, que tem efeitos notáveis sobre o aumento da área de superfície, sobre a fricção dos materiais e sobre o acúmulo mecânico de materiais externos à superfície, como a placa bacteriana, por exemplo. Ressaltaram que há modernos meios de leitura da rugosidade superficial de um corpo, como a absorção de gases, capacidade de polarização e reflexão de luz. Uma superfície é considerada rugosa quando é caracterizada pela presença de protrusões e recuos de alta amplitude e pequenos comprimentos de onda. Os resultados obtidos nas leituras de rugosidade são influenciados pelas características do material estudado (resiliência, presença de bolhas etc), pelo equipamento utilizado (filtros, sistema de medição e pontas analisadoras) e principalmente, pelo traçado de análise da superfície. Assim, é fundamental em estudos de rugosidade superficial, a adoção de critérios de análise adequados ao material e ao aparelho utilizado.

Forças funcionais, parafuncionais e atividade abrasiva agem diretamente sobre o material restaurador e a durabilidade desta restauração está diretamente relacionada com a resistência ao desgaste e a sua habilidade de suportar estas atividades deletérias (Ruddell et al.[56],; 2002; Turssi et al.[69], 2005).

Segundo Anusavice[2] (2005), o procedimento de polimento, o mais refinado dos processos de acabamento, produz o refinamento das partículas de carga que

compõem as resinas compostas restauradoras, agindo sobre uma região extremamente fina da superfície do substrato, devido a um processo físico denominado desgaste abrasivo. O desgaste abrasivo pode ocorrer sempre que uma superfície desliza sobre outra, deste modo, o autor classificou o processo de desgaste em bicorporal e tricorporal. O desgaste bicorporal ocorre quando as partículas abrasivas estão firmemente aderidas à superfície do instrumento abrasivo e nenhuma outra partícula abrasiva é usada. O desgaste tricorporal ocorre quando as partículas abrasivas estão livres para transladar e girar entre duas superfícies, sendo este tipo de desgaste mais agressivo à superfície que está sendo polida. Lubrificantes são freqüentemente utilizados para minimizar o risco de ocorrência deste tipo de desgaste. Outro importante fator determinante no processo de polimento é a característica de dureza das partículas que compõe o substrato assim como a das partículas que constituem o material abrasivo. Substratos que são constituídos por partículas de carga de sílica são menos resistentes ao desgaste quando comparadas àqueles constituídos por zircônia ou quartzo. Este fato é explicado devido à diferença entre a escala de dureza Knoop destes componentes. A dureza Knoop é a razão dada em Kg (quilogramas) da resistência de um material resistir a edentação (penetração superficial do desgaste) por outro material de dureza diferente, em uma área pré-determinada (mm^2). Ainda, em relação à dureza Knoop dos materiais, deve-se verificar que para que um material seja abrasivo, a dureza das partículas abrasivas deve ser superior à do substrato para que ocorra o desgaste. Embora uma variedade de outros fatores afete a ação de abrasividade de um material, quanto maior for a diferença de dureza entre o substrato e o agente abrasivo, maior será o potencial de desgaste (dureza Knoop x tamanho da partícula). Deste modo, partículas de diamante (D= 7000 a 10000 Kg/mm^2) e óxido de alumínio (D= 2100 Kg/mm^2) são abrasivos muito eficientes quando utilizados em substratos diferentes como os compósitos de micropartículas (D= 30 Kg/mm^2) ou híbridos (D= 30 Kg/mm^2).

A maioria das pesquisas tem sido direcionadas em avaliar e encontrar a melhor partícula para melhorar a resistência ao desgaste, e o que foi encontrado foi que quanto mais fina a partícula melhor essa propriedade. Partículas finas se dispersam melhor pela massa orgânica levando a um menor espaço entre partículas protegendo assim a matriz resinosa (Drummond et al.[15], 2008; Turssi et al.[69], 2005). Ferracane[18] em 2013, após avaliar o desgaste em 13 resinas compostas, concluiu que a melhor

correlação com testes laboratoriais foi entre desgaste e tenacidade à fratura e desgaste e resistência flexural.

Nguyen et al.[49] (2012) acreditam que a maior resistência ao desgaste dos blocos resinosos está relacionada ao fato deles serem produzidos em um ambiente de alta temperatura e pressão.

Flury et al.[19] (2016) avaliaram o efeito da escovação simulada e o armazenamento em água na rugosidade superficial e nas propriedades mecânicas (dureza Vickers e módulo de endentação) de cinco diferentes materiais para CAD/CAM após polimento com dois diferentes sistemas de polimento. Os seus resultados mostraram que o Lava Ultimate mostrou a menor rugosidade superficial e o Vitablocs Mark II a maior, e com relação as propriedades mecânicas a situação se inverteu e os materiais cerâmicos tiveram um melhor comportamento sendo o Vitablocs o que melhor resultou seguido do Vita Enamic, Paradigm MZ100, LAVA Ultimate e por último Ambarino High-Class. A escovação simulada e o armazenamento em água resultaram em uma diminuição das propriedades mecânicas dos materiais com predominância resinosa em sua composição, enquanto na cerâmica Vitablocs isso não ocorreu. Como conclusão os autores acreditam que materiais com propriedades inferiores possuem uma melhor facilidade para serem polidos entretanto são mais suscetíveis à degradação.

As restaurações com CAD/CAM são realizadas com instrumentos rotatórios cobertos com partículas abrasivas de diamante com um tamanho médio de 64 μm (CEREC MC XL) e com essa espessura a rugosidade inicial é elevada e longe dos ideais 20 μm sugeridos. Essa rugosidade inicial pode levar a uma pigmentação exagerada das restaurações, aumento no desgaste do antagonista, elevado acúmulo de placa, aumento ao risco de gengivite e cárie secundaria. Portanto é necessário, após o processo de fresagem, o polimento e/ou queima de glaze respeitando as características de cada material (Motro et al.[1], 2012; Heinz et al.[6] ,2008; Al-Wahadni et al.[9], 1999; Aykent et al.[26], 2010; Kawai et al.[31], 2000; Bollen et al.[45], 1997).

Zhi et al.[74] (2016) afirmam que a resina composta é uma opção promissora para a tecnologia CAD/CAM entretanto a resistência ao desgate ainda permanece uma preocupação primária. Em sua pesquisa de avaliação de desgaste do material restaurador contra antagonista de zircônia confirmou o resultado de estudos prévios que observaram a elevada resistência ao desgaste do Vitablocs Mark II que tem composição e estrutura similar ao Cerec Blocs avaliado neste estudo. Os outros

materiais avaliados tiveram uma resistência ao desgaste na seguinte ordem: Lava Ultimate > Vita Enamic > Paradigm MZ100 > resina experimental Kerr. Para o Lava, Enamic e Paradigm não houve diferença estatística. O parâmetro utilizado para esta avaliação foi a perda máxima vertical do material restaurador após 200.000 ciclos porque esta avaliação correlata fortemente com a perda de volume. Outra observação dos autores foi que os materiais resinosos apresentaram uma superfície lisa mesmo após a abrasão devido ao fato de possuirem entremeados em sua estrutura polimérica cargas nanométricas bem dispersas. Outra conclusão dos autores é que a resistência ao desgaste dos materiais resinosos depende da proporção do conteúdo de carga, qualidade da interface entre carga e matriz e a extensão da polimerização da matriz resinosa.

3.4 Microdureza de materiais restauradores para CAD/CAM

A dureza de superfície de um material é a medida relativa de resistência a uma força de endentação externa. E essa dureza tem sido considerada como um indicador da resistência ao desgaste de um material (Mandikos et al.[40], 2001).

Goujat et al.[25] (2014) avaliaram diversas propriedades mecânicas (resistência flexural, módulo flexural, residência à fratura e dureza Vickers) de materiais resinosos nanocerâmicos (Cerasmart, GC e Lava Ultimate, 3MESPE) indicados para restaurações com CAD/CAM e compararam com um material considerado híbrido (Vita Enamic, Vita Zahnfabrik) e um material cerâmico chamado IPS e.max CAD (IvoclarVivadent). De acordo com os resultados encontrados os autores consideraram que as propriedades dos materiais testados estavam dentro do padrão aceitável para restaurações unitárias de acordo com a norma ISO para cerâmicas (ISO 6872:2008). Com relação a dureza Vickers os resultados demonstraram que a menor dureza Vickers foi dos dois compósitos nanocerâmicos (Cerasmart - 0.66 ±0.04 GPa e Lava Ultimate - 0.95 ±0.08 GPa). Emax apresentou uma dureza de 5.98 ±0.94 GPa e significantemente maior ($P<.05$). Os valores de dureza Vickers obtidas neste estudo sugerem que os blocos de resina nanocerâmica irão ter menor resistência ao desgaste do que blocos híbridos ou cerâmicos.

Flury et al.[20], (2012) concluíram em sua pesquisa que os materiais cerâmicos fresados devem ser polidos antes de serem cimentados pois a diminuição na rugosidade superficial gerou uma melhora nas propriedades mecânicas tais como um aumento na dureza superficial (dureza Vickers), módulo elástico e resistência flexural.

A justificativa desta pesquisa é que restaurações CAD/CAM recém fresadas provavelmente apresentam uma alta rugosidade devido à granulação dos diamantes das brocas que é em torno de 50-60 micrômetros. Neste trabalho foram avaliadas uma cerâmica feldspática chamada Vitablocs Mark II (Vita) e uma cerâmica reforçadas por leucita chamada IPS Empress CAD. Estes materiais foram polidos com 6 protocolos diferentes e tiveram suas medidas de Ra/Rz mensuradas. A rugosidade obtida com cada protocolo foi correlacionada com as propriedades de resistência flexural, módulo elástico e dureza vickers. Para aferir a dureza Vickers neste estudo, seis edentações foram feitas por amostra em duas linhas paralelas com uma distância de 1 mm entre si com uma força de 10 gramas por 15 segundos (Fischerscope HM2000, Helmut Fischer GmbH, Sindelfingen, Germany). A diminuição da rugosidade elevou a dureza Vickers do material Vita Mark de 263,7 para 646,8 e do IPS Empress CAD de 256,5 para 601,5. De maneira geral a dureza Vickers e o módulo flexural tiveram uma correlação elevada com a rugosidade superficial, já a resistência flexural apresentou uma correlação moderada.

Lauvahutanon et al.[36], (2014) comparou quatro blocos de resina composta com um material híbrido e uma cerâmica feldspática. As propriedades de resistência flexural, módulo flexural e dureza Vickers foram aliadas e determinadas em 3 condições distintas: armazenamento seco, armazenamento em água a 37^{O}C por 7 dias e armazenamento em água a 37^{O}C por 7 dias e 10.000 termociclos. Os blocos resinosos utilizados foram HC (Shofu), Cerasmart (GC), Gradia Block (GC) e Lava Ultimate (3M ESPE). O bloco híbrido utilizado foi o Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) e a cerâmica feldspática foi o Vitablocs Mark II também do mesmo fabricante. Os autores verificaram que a resistência flexural variou no armazenamento seco de 126,6 a 242,0 MPa. E a resistência flexural foi menor depois de 7 dias de armazenamento em água e termociclagem. O módulo flexural em condições secas variou de 9,6 até 51,5 GPa. Após o armazenamento em água e termociclagem os valores variaram um pouco demonstrando uma tendência a serem menores principalmente após a ciclagem térmica. Em relação a dureza em condições secas, a variação foi de 64,1 até 454,8. Após 7 dias de armazenamento e termociclagem estes valores diminuíram. A análise two-way ANOVA sugeriu que os dois fatores principais foram significantes mas não a sua interação. A dureza do bloco Vitablocs foi significantemente maior que qualquer um dos materiais testados. Os resultados de dureza ficaram assim:

Vitablocs>Enamic>Lava>Gradia>HC>Cerasmart. Baseado nas condições de armazenamento, para a dureza o resultado foi este: seca>7dias>termociclagem.

As mudanças nos blocos de resina após 7 dias de armazenamento podem ser atribuídas a absorção de água pela matriz resinosa causando embebimento e diminuição da força friccional entre as cadeias de polímeros. Devido a menor absorção de água, as amostras cerâmicas foram pouco afetadas quando armazenadas.

A análise estatística das propriedades examinadas demonstraram diferenças significantes entre os blocos para CAD/CAM avaliados e a hipótese nula, que não haveria diferença entre os materiais, foi rejeitada.

Hussain et al.[27], (2017) compararam a performance de blocos de resina composta (Vita Enamic - Vita, Paradigm MZ100 e Lava Ultimate - 3M ESPE) com compósitos convencionais de uso direto (Filtek Z250 e Tetric EvoCeram) e verificaram que estes blocos tiveram um comportamento mecânico superior nas características avaliadas (elução de monômeros residuais, porcentagem de carga em peso, dureza Vickers e citotoxicidade). Com relação à dureza, os resultados mostraram diferença estatisticamente significante entre os materiais testados. O material VITA Enamic demonstrou a maior dureza. Pradigm MZ100 se mostrou mais duro e estatisticamente significante do que o Lava Ultimate. O compósito Z250 obteve um resultado muito próximo do Lava porém menor e estatisticamente significante. Tetric Evo Ceram mostrou o menor valor de todos os materiais. Os materiais resinosos para CAD/CAM apresentaram resultados muito significantes comparados com as resinas convencionais. Neste estudo os autores não acharam correlação entre dureza e quantidade de carga.

Sturz et al.[63] (2015) utilizaram o microscópio confocal para avaliar o ângulo de contato e a rugosidade superficial em materiais restauradores dentais após serem submetidos a vários tratamentos de superfície. Neste estudo os autores utilizaram além dos valores de Ra e de Rz também o Sa. Eles consideram que o Sa dá uma descrição tri-dimensional do desvio da média aritmética de um plano e é o parâmetro correspondente ao parâmetro bi-dimensional Ra. Utilizaram duas resinas compostas, uma resina acrílica, um óxido de zircônia e um PEEK (poliéterketona). Esses materiais restauradores foram tratados com papéis abrasivos de carbeto de silício, pedra Arkansas, profilaxia com pó de bicarbonato de sódio e polimento com pasta diamantada de 1 micrômetro. Os autores perceberam que todos os tratamentos produziram alterações na superfície dos materiais e os valores de Ra variaram de

0,008 μm até 2,917 μm. A única exceção foi o dióxido de zircônia, que manteve a superfície íntegra.

4 MATERIAL E MÉTODO

Para esse estudo foram criados 7 grupos utilizando seis diferentes blocos para restaurações com o sistema CAD/CAM (Figura 1) e uma resina composta (Tabela 1). Dentre essas 6 diferentes opções de blocos podemos dividi-las ainda de acordo com as características de cada material. Temos os materiais cerâmicos aqui representados pelos blocos das cerâmicas feldspáticas Empress CAD (Ivoclar/Vivadent, Liechestein) e o CEREC Blocs (Sirona Dental GmbH, Áustria). Outra parte dos grupos é composta pelos blocos de resina composta LAVA Ultimate (3MESPE), Crios Brilliant (Coltene) e Brava (FGM, Brasil) e o último material listado é a base de Polimetilmetacrilato (PMMA) e fabricado pela VIPI e comercializado com o nome de VIPI Block PMMA Monocolor (VIPI Pirassununga, Brasil). Uma característica comum a esses blocos escolhidos é que não há necessidade de uma etapa laboratorial em forno para queima, cristalização ou glaze, sendo necessário apenas acabamento e polimento no consultório (Chen et al.[11], 1999). A resina composta de uso direto escolhida para este experimento foi a Z350 XT (3M ESPE).



Figura 1 - Blocos selecionados para a pesquisa

Fonte: arquivo pessoal do autor

Tabela 1 - Características dos materiais selecionados

Material	Fabricante	Composição	Tam. Médio partícula	%. carga	Tamanho/cor - Bloco	Lote
CEREC Blocs	Sirona	Cerâmica Feldspática Fina			PC12 /S2	4894

Material	Fabricante	Composição	Tam. Médio partícula	%. carga	Tamanho/cor - Bloco	Lote
PMMA	VIPI	PMMA EDMA cerâmica organicamente modificada, pigmentos de cor biocompatíveis e fluorescentes				939403499
Empress CAD	Ivoclar/Vivadent	cerâmica vítrea reforçada por leucita			Multi A3,5 C14	39303403
CRIOS	Colténe	resina de reforço com cargas multimodais de vidro (Bário < 1µm) e sílica amorfa < 20nm	Bário < 1µm) e sílica amorfa < 20nm	70,7% peso 51,5% Vol.	LT A2/14	H08552
BRAVA	FGM		40nm a 5,0µm	72% a 82% peso 52-60% vol.	LT A2/12	De99399
Lava Ultimate	3M ESPE	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, TEGDMA SiO_2 (20 nm), ZrO_2 (4–11 nm), agregado ZrO_2/SiO_2 cluster (0.6–10 µm)	4–20 nm partículas 0.6–10 µm clusters	80% peso	A2 LT/14L	1627200193
Z350 XT	3M ESPE	Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA, TEGDMA, zirconia e silica	5-20 nm não aglomerado 0.6-4 µm aglomerado	78,5% vol.	A3E	424453

UDMA: uretano dimetacrilato; TEGDMA: trietileno glicol dimetacrilato; Bis-GMA: bisfenol-A glicidil metecrilatoo; Bis-EMA: bisfenol A polietileno glicol dimetacrilato; PMMA: polimetil metacrilato; EDMA: dimetacrilato de etilenoglicol; Bis-EMA: bisfenol-A etilmetacrilato.
Fonte: arquivo pessoal do autor.

4.1 Materiais Avaliados

Brava (FGM)

De acordo com o fabricante o Brava Block é um compósito nanohíbrido, polimerizado em condições ideais e apresentado na forma de blocos para usinagem em tornos automatizados. O compósito apresenta partículas na faixa de 40 nm a 5,0 µm, conteúdo total de carga inorgânica em peso de 72% a 82% (52% a 60% em volume) em uma matriz resinosa altamente polimerizada. O bloco apresenta grau de conversão de aproximadamente 86%, significativamente maior que a maioria das resinas compostas convencionais (55-60%). Esse fator aliado à adequada distribuição do tamanho das partículas resulta em um compósito de elevada dureza, resistência mecânica e resistência ao desgaste, características necessárias para aplicação em dentes anteriores e posteriores. Brava Block permite a obtenção de peças com excelente acabamento, superfícies lisas e de alto brilho. Está indicado para a confecção de inlays, onlays, coroas e facetas.

CEREC Blocs (Sirona)

O CEREC Blocs consiste de uma cerâmica feldspática de estrutura fina indicada para confecção de inlays, onlays, coroas e facetas. Uma vantagem deste sistema é a não necessidade da etapa de glaze após a usinagem. Somente com um polimento adequado o material pode ser cimentado. O tamanho do bloco utilizado (PC12) foi 10x12x15 mm na cor S2. Sua composição segue na Tabela abaixo:

Tabela 2 - Composição do CEREC Blocs

Óxidos	% em peso
SiO_2	56-64
Al_2O_3	20-23
Na_2O	6-9
K_2O	6-8
CaO	0,3-0,3
TiO_2	0,0-0,1

Fonte: elaboração dos autores.

Crios (Coltene)

Segundo o fabricante, o Brilliant Crios é o resultado de uma polimerização térmica controlada e isenta de tensão e é composto por uma matriz de resina de

reforço com cargas multimodais de vidro e sílica amorfa. Sua indicação é para restaurações tipo inlay, onlay, coroas e facetas. Possui duas opções de translucidez e 13 opções de cores. O Bloco escolhido foi o Low translucent A2 12.

Empress CAD (Ivoclar Vivadent)

O Empress CAD é feito com uma cerâmica vítrea reforçada por leucita consistindo de um vidro e uma fase cristalina. Os cristais de leucita de poucos microns crescem de maneira uniforme em um processo multi estágio diretamente da fase amorfa vítrea. Durante a fabricação dos blocos o produto semi terminado em forma de pó é pressionado para formar um bloco em um procedimento automatizado o que permite o máximo de homogeneidade. A resistência flexural de acordo com o fabricante é de 160 Mpa. A microestrutura dessa cerâmica vítrea consiste de uma matriz vítrea com uma distribuição homogênea de cristais de leucita. O diâmetro destes cristais varia de 1 a 5 μm e o conteúdo desses cristais consiste de 35 a 45% em volume. Sua indicação é para inlays, onlays, coroas e facetas. O bloco utilizado neste estudo foi o Multi A3,5 C14. Seu componente principal é o SiO2 e contém também Al2O3, K2O, Na2O, CaO além de outros óxidos e pigmentos.

Lava Ultimate (3M ESPE)

Foi introduzido no mercado em 2012 contendo uma mistura de nano partículas individuais e um aglomerado de nano partículas, todos envolvidos por um polímero com uma alta taxa de ligações cruzadas. De acordo com o fabricante é denominado uma resina nano cerâmica e que combina as características positivas das cerâmicas com as resinas compostas, e que sua rede dupla de uma gerais cerâmico e polimérico provê um material menos quebradiço, com uma excelente capacidade de fresagem e com estabilidade de margens ainda mantendo uma excelente estética (Spitznagel et al.[61], 2014).

Este bloco possui uma combinação de zircônia/sílica agregados em clusters de 0,6 a 1,0 nm sendo nano partículas de sílica não aglomeradas/não agregadas com 20 nm e partículas de zircônia com 4 a 11 nm todas tratadas com um agente silano. O conteúdo final em peso é da ordem de 80%.

VIPI Block PMMA Monocolor (VIPI)

Segundo o fabricante é um material utilizado para confecção de coroas cimentadas e parafusadas unitária e múltiplas de longa duração. É composto por

resinas acrílicas com insumos da nanotecnologia OMC (Cerâmicas organicamente modificadas) garantindo alto peso molecular, alta resistência mecânica e à abrasão. Mas mesmo assim é indicado como material provisório. É composto por Polimetilmetacrilato, Dimetacrilato de Etilenoglicol (EDMA) polimerizado, cerâmica organicamente modificada, pigmentos de cor biocompatíveis e fluorescentes. Outro benefício alegado por este material é que possui uma excelente usinabilidade.

Z350 XT (3M/ESPE)

É uma resina composta fotopolimerizável nanoparticulada composta por uma matriz orgânica de Bis-GMA, Bis-EMA e TEGDMA. A sua composição de partículas de carga é assim distribuído: Sílica primária (não-aglomerada) com tamanho médio de 20 nm e aglomerados de zircônia e sílica com partículas variando entre de 5 e 20 nm, formando aglomerados de 0,6 a 1,4 μm. O seu percentual de carga: 78,5 % do peso ou 84,5 % do volume (Figura 2).



Figura 2 - Resina composta Z350 selecionada para o estudo
Fonte: http://www.3m.com.br/3M/pt_BR/3m-do-brasil/todos-os-produtos-3m-do-brasil/~/filtek-supreme-ultra-Filtek-Z350-XT?N=5002385+3294736391&rt=rud.

Seis corpos de prova de cada bloco (Figura 3) foram criados após serem seccionados com uma máquina de corte com disco diamantado (IsoMet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) na espessura de 2,5 mm (Figuras 3 e 5) e na velocidade de 300 rpm (Figuras 4 a 6).

Figura 3 - Bloco fatiado na máquina de corte



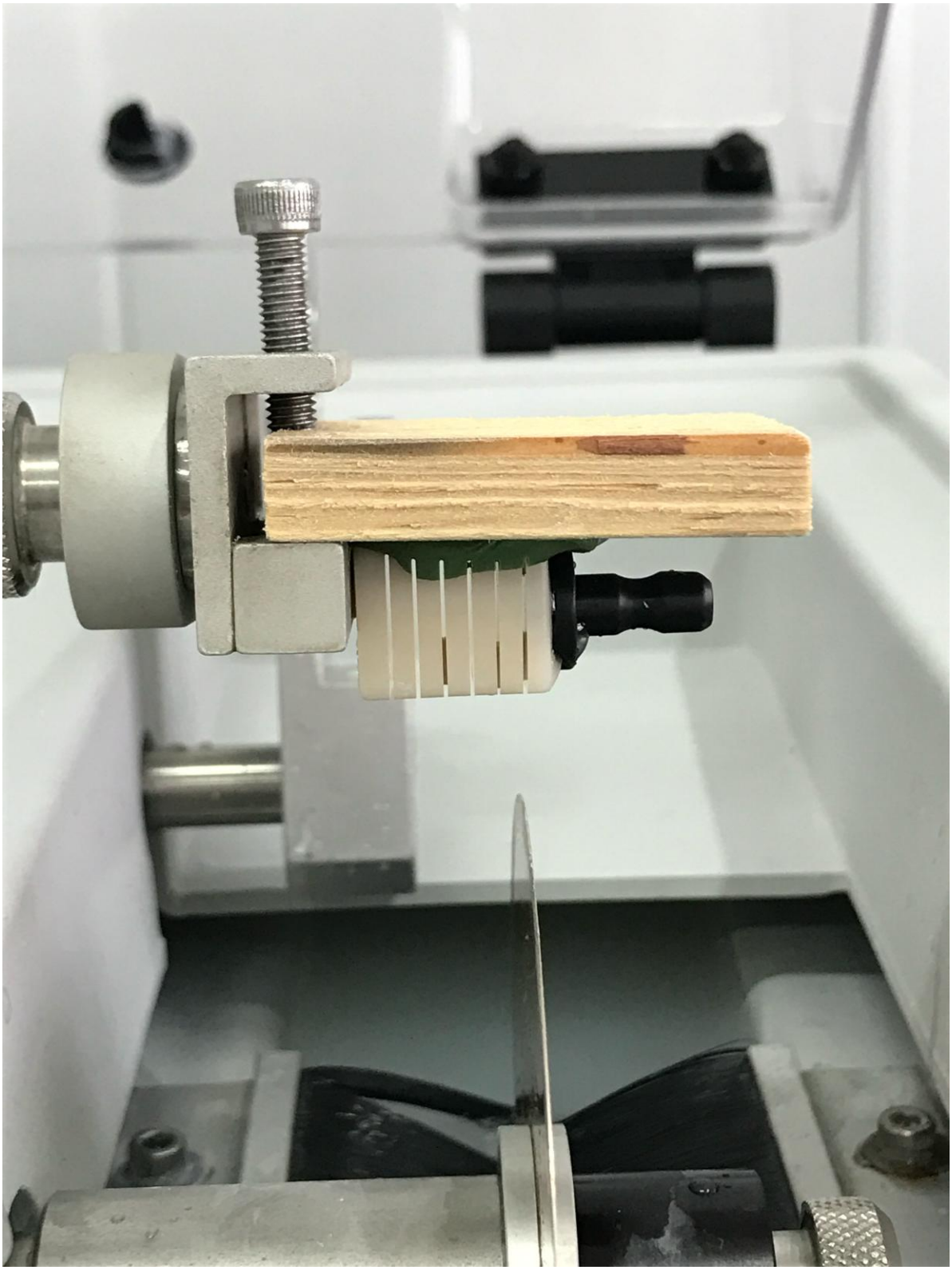
Fonte: arquivo pessoal do autor.

Figura 4 - Máquina de corte IsoMet 1000 (BUEHLER) utilizada para o corte das amostras



Fonte: arquivo pessoal do autor.

Figura 5 - Demonstração do corte dos corpos de prova



Fonte: arquivo pessoal do autor.

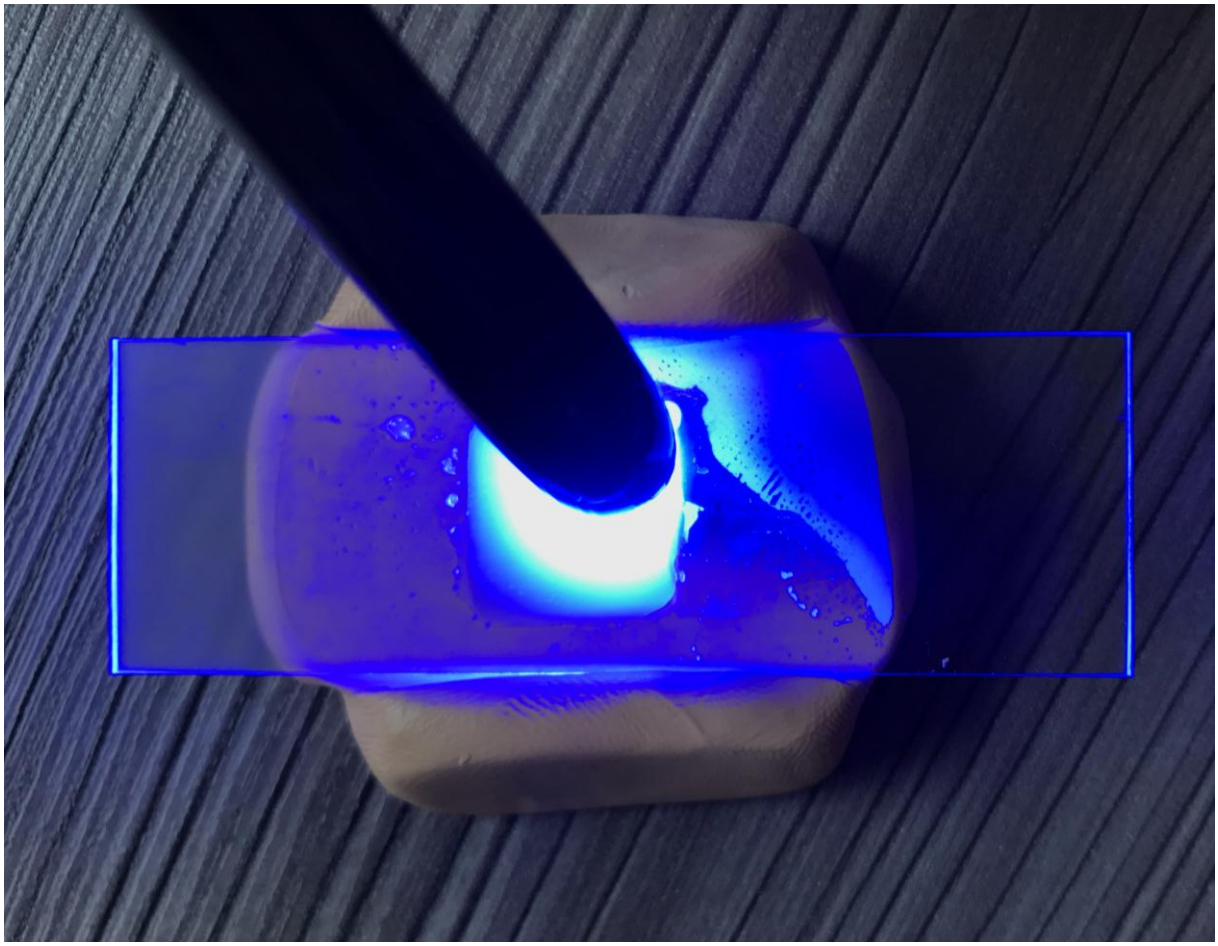
Figura 6 - Bloco cortado na máquina de corte IsoMet 1000



Fonte: arquivo pessoal do autor.

Para a confecção dos corpos de prova de resina composta foi confeccionada uma matriz de silicone com as dimensões compatíveis com as amostras cortadas de um bloco no tamanho C14 (14 mm X 2,5 mm x 14 mm). A resina foi inserida com uma espátula para resina composta (Follow - Azul, LM Dental Capetinga, Brasil) e antes de ser polimerizada, foi comprimida com uma lâmina de vidro para então um fotopolimerizador Bluephase (IvoclarVivadent) ser acionado com uma intensidade 1.200 mW/cm^2 por 40 segundos em 9 áreas da amostra e em ambos os lados (Figura 7).

Figura 7 - Corpo de prova de resina composta sendo confeccionado



Fonte: arquivo pessoal do autor.

O número total de amostras foram 42 sendo dividido em 7 grupos. Dessas 6 amostras por grupo, 1 não foi submetida ao teste de escovação e foi usada como comparação para avaliação com o microscópio confocal já que não foi realizado a mensuração inicial com este equipamento. Esta amostra também teve sua microdureza mensurada para que uma avaliação da correlação com o desgaste pudesse ser feita.

Após as amostras serem seccionadas, foram planificadas e polidas com uma politriz (Aropol - VV, Arotec S.A. Cotia, SP). Uma das grandes dificuldades das técnicas de tratamento superficial em resinas compostas, é que estas apresentam composição química heterogênea, de uma matriz polimérica relativamente macia com partículas de carga dura na sua estrutura, o que resulta em um desgaste seletivo de seus constituintes (Özgünaltay et al.[50], 2003; Reis et al.[54], 2002), um problema especialmente presente nas resinas compostas híbridas (Anusavice[2], 2005). Segundo Tayra et al.[64] (1985), a porção orgânica é pouco resistente à abrasão, sendo as

partículas de carga de elevada dureza, de tal forma que a natureza das substâncias abrasivas com diferentes capacidades de abrasão podem riscar o material com maior ou menor intensidade.

Sabendo dessa dificuldade foi tomado um cuidado especial no polimento para que este pudesse ser padronizado devido ao caráter heterogêneo acima citado dessas amostras. Para o preparo da superfície dos corpos de prova foi utilizado lixas d'água com as granulometrias de 1200, 1500, 2000, 2500, 4000 (Wetordry Tri-M-ite sheet, 3M, St. Paul, MN, USA) e polidores de feltro 3000 e 5000 (Trizact 3M, St. Paul, MN, USA) (Figura 8).

Figura 8 - Abrasivos usados para o polimento das amostras



Fonte: arquivo pessoal do autor.

Foram feitas avaliações antes e após a escovação. Previamente ao processo de escovação foi realizada a avaliação da rugosidade inicial (Ra e Rz) com um rugosímetro (SJ 400 - Mitutoyo Corporation, Kanagawa Japan)(Figura 9). Ra é a avaliação da rugosidade de superfície obtida através do desvio da média aritmética do perfil de rugosidade e o Rz é a altura máxima do perfil.

Figura 9 - Rugosímetro utilizado para avaliação da rugosidade das amostras



Fonte: arquivo pessoal do autor.

As avaliações foram realizadas apoiando-se o sensor de leitura na superfície a ser escovada de cada amostra, e este sensor percorreu 10 mm do corpo de prova em 3 posições 2 mm equidistantes entre si, sendo que a leitura central sempre passava exatamente no meio da amostra. Desta maneira foram obtidos 3 valores de Ra e Rz por amostra, e uma média aritmética foi feita para que apenas um valor fosse considerado por corpo de prova. A velocidade de leitura foi de 1mm/s.

Para a avaliar o desgaste foi utilizado o teste de abrasão por escovação simulada com dentifrício diluído em água destilada na proporção de 2:1. Neste teste cada amostra foi posicionada em um equipamento específico (máquina de escovação - Odeme MEV 3T-8XY) na qual os 5 corpos de prova são abrasionados ao mesmo tempo e totalizando 20.000 ciclos (correspondendo a 120 minutos de escovação) e com uma carga vertical de 3,4 N. A escova utilizada foi a Oral B Pró Saúde (Oral B) e foi seccionada logo abaixo da cabeça para que pudesse ser inserida no suporte de fixação logo acima do corpo de prova. O dentifrício escolhido foi o Oral B Pro Saúde sabor menta suave e contendo como principal abrasivo a sílica (Figuras 10 e 11). Após o termino da escovação todas as amostras foram limpas com banho ultra sônico em água destilada por 10 minutos e secas com jato de ar.

Figura 10 - Escova Dental Utilizada no estudo



Fonte: arquivo pessoal do autor.

Figura 11 - Dentifrício utilizado no estudo

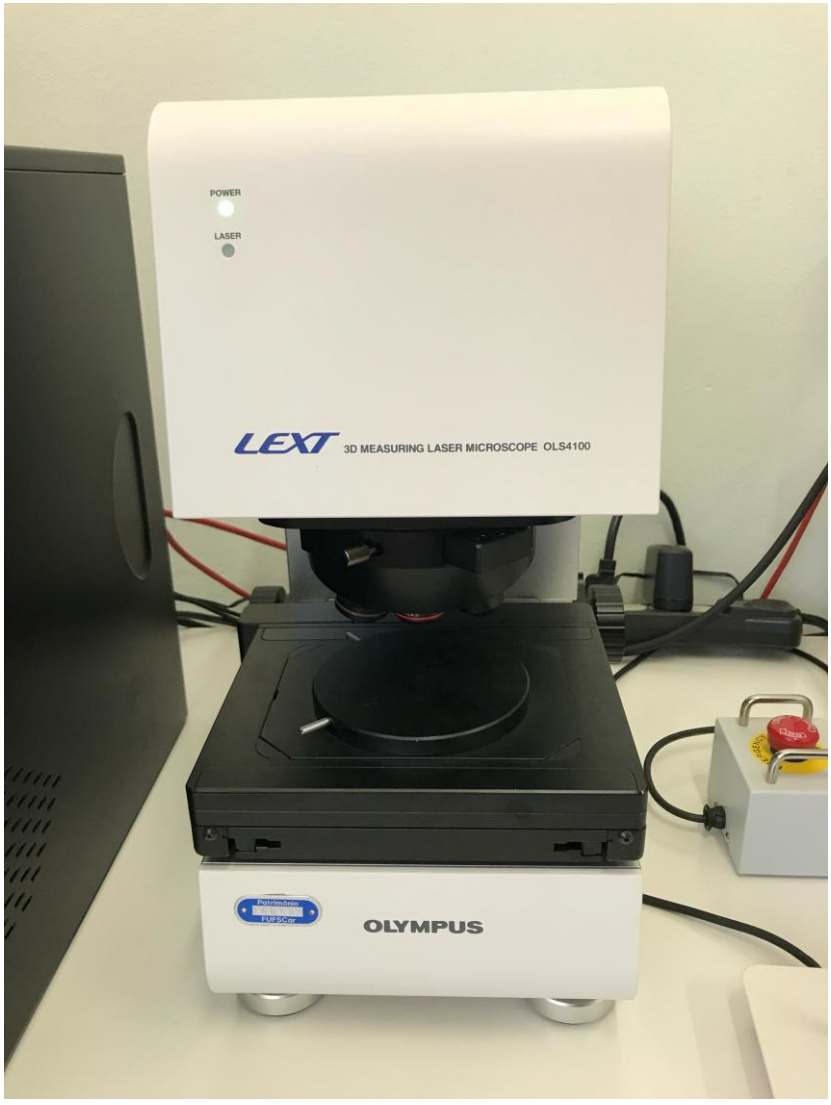


Fonte: arquivo pessoal do autor.

4.2 Avaliação Com Microscópio Confocal

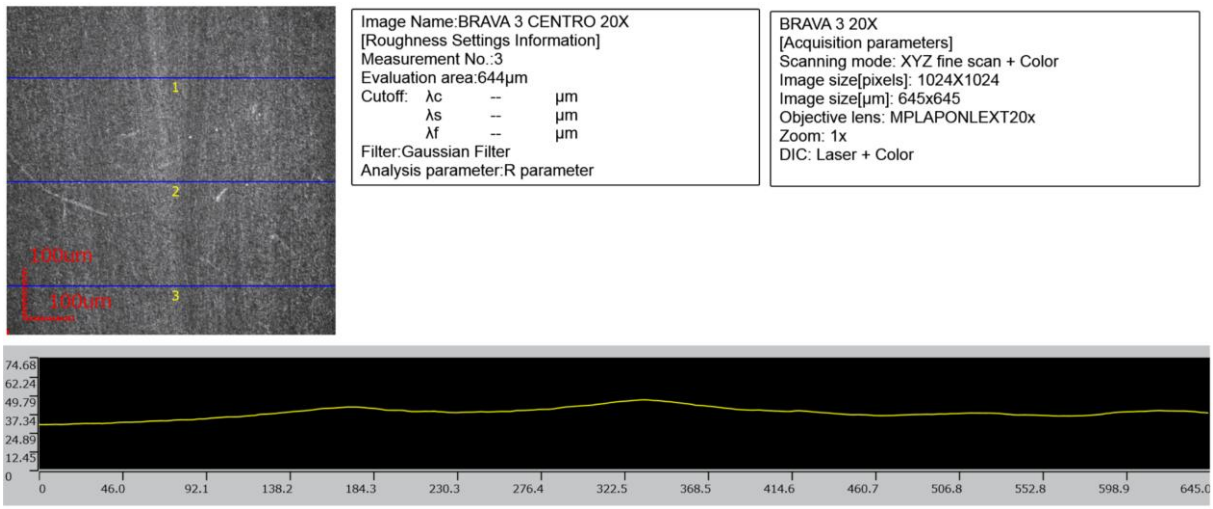
Após o processo de escovação, uma nova avaliação com o rugosímetro de contato foi realizada utilizando os mesmos parâmetros da medição inicial. Findado a mensuração de rugosidade com rugosímetro, as amostras foram submetidas a uma avaliação com microscópio confocal (LEXT 3D measuring laser microscope OLS4100 - Olympus) (Figura 12), para que novas medidas de Ra e Rz pudessem ser feitas e também para que uma imagem topográfica pudesse ser obtida permitindo uma avaliação mais subjetiva da superfície. Foi selecionada uma área na região central da amostra e dentro dos limites desta área, 3 linhas equidistantes foram usadas como referência para as medições (Figura 13).

Figura 12- Microscópio confocal utilizado no estudo



Fonte: arquivo pessoal do autor.

Figura 13 - Exemplo de ajuste de posicionamento do microscópio confocal para leitura de rugosidade com 20x de aumento



Fonte: arquivo pessoal do autor.

A amostra não escovada (número 6) de cada grupo foi submetida ao teste de microdureza Vickers em um microdurímetro. Foram feitas 4 edentações por amostra e uma média foi obtida por amostra. Nesta avaliação elas foram submetidas a cargas de 0,98 N para resina composta e 1,96 N para cerâmica por 10 segundos.

Devido à grande variação de resistência a endentação entre os materiais testados, não foi possível padronizar a força aplicada, logo, a força foi definida de maneira a minimizar o desvio da análise.

Salientando que independente da força aplicada, matematicamente o resultado deve ser similar, pois a mesma é levada em consideração no cálculo.

Foi utilizado o microdurímetro Pantec MV 2000 A digital.

4.3 Avaliação Com Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)

Neste estudo o MEV foi utilizado para análise da superfície polida das amostras e também para avaliação da composição das partículas de carga, neste caso utilizando o EDS (energy dispersive x-ray) com aumento de 100x.

4.3.1 Análise superficial em Microscopia Eletrônica de Varredura

Para a análise e composição da superfície, todas as amostras número 6 de cada grupo foram limpas em ultrassom por 10 minutos, irrigadas por mais um minuto

com água corrente e secas com papel absorvente e jatos de ar. Após a limpeza das amostras, elas foram preparadas em stubs metálicos, que em seguida foram metalizados com ouro para observação no microscópio (JSM 5600LV, Jeol) em aumentos de 1.000 e 5.000X.

4.3.2 Caracterização das partículas de carga

Para análise da composição inorgânica das resinas compostas e das cerâmicas foi utilizado um protocolo de imersões/banhos consecutivos em álcool (etanol anidro 99,5% por 5 minutos) e acetona (imersão pro 3 minutos) para remoção da matriz orgânica e exposição das partículas de carga. As cerâmicas também sofreram um tratamento com ácido fluorídrico a 10% por 60 e 90 segundos (EmpressCAD e Cerec Blocs respectivamente) facilitando assim a análise da composição. As partículas foram identificadas quanto à sua composição pelo sistema de detecção de energia dispersa de raio X EDS (energy dispersive x-ray) (Link ISIS – Oxford) conectado ao MEV.

4.4 Análise Estatística

A avaliação da rugosidade, Ra ou Rz, foi realizada por análise de variância de dois fatores. Um fator entre materiais e outro de medidas repetidas, composto pela medida inicial, executada pelo rugosímetro após o polimento, e pelas medidas após a escovação simulada, efetuadas tanto pelo rugosímetro como pelo microscópio confocal. Essa análise foi viabilizada com a transformação dos dados de rugosidade em logaritmo, tendo sido complementada por comparações múltiplas de médias pelo teste de Tukey. Utilizaram-se coeficientes de correlação de Pearson e procedimentos de regressão linear para a avaliação do relacionamento entre duas variáveis. Adotou-se em todos os testes estatísticos o nível de significância de 5% para a tomada de decisão.

5 RESULTADO

Na Tabela 3 pode ser visto os resultados de rugosidade (Ra e Rz) obtidas com o rugosímetro das amostras polidas e escovadas. Na Tabela 4 pode ser visto os resultados de Ra da amostra polida e das amostras escovadas avaliadas com 20x de aumento no Microscópio Confocal e na Tabela 5 Resultados de Rz da amostra polida e das amostras escovadas avaliadas com 20x de aumento no microscópio confocal.

Tabela 3 - Resultados das amostras polidas e escovadas avaliadas com rugosímetro (continua)

Z350	Polida (Rugosímetro)				Escovada (Rugosímetro)		
	Medida 1	Medida 2	Medida 3		Medida 1	Medida 2	Medida 3
Amostra 1 Ra	0,04	0,04	0,03		1,27	1,23	1,07
Amostra 1 Rz	0,2	0,3	0,3		10,5	9,6	8,4
Amostra 2 Ra	0,04	0,04	0,04		0,72	0,88	0,84
Amostra 2 Rz	0,3	0,4	0,3		6,7	9,1	7,9
Amostra 3 Ra	0,04	0,04	0,04		2,10	1,98	1,99
Amostra 3 Rz	0,4	0,4	0,4		18,1	16,7	15,5
Amostra 4 Ra	0,04	0,04	0,04		0,69	0,66	0,66
Amostra 4 Rz	0,4	0,5	0,5		8,8	9,5	6,8
Amostra 5 Ra	0,04	0,04	0,04		0,75	0,82	0,92
Amostra 5 Rz	0,4	0,4	0,4		9,0	7,6	11,5
Amostra 6 Ra	0,04	0,05	0,04				
Amostra 6 Rz	0,4	0,6	0,4				

Empress CAD	Polida (Rugosímetro)				Escovada (Rugosímetro)		
	Medida 1	Medida 2	Medida 3		Medida 1	Medida 2	Medida 3
Amostra 1 Ra	0,2	0,24	0,15		0,22	0,23	0,18
Amostra 1 Rz	2,9	3,7	2,1		2,7	2,3	1,7
Amostra 2 Ra	0,15	0,16	0,12		0,18	0,24	0,16
Amostra 2 Rz	1,8	2,7	1,5		1,8	2,2	2,0
Amostra 3 Ra	0,17	0,13	0,12		0,16	0,16	0,17
Amostra 3 Rz	2,9	2,0	1,5		1,5	2,1	1,7
Amostra 4 Ra	0,24	0,15	0,15		0,16	0,18	0,19
Amostra 4 Rz	3,8	2,8	2,2		1,5	1,9	1,8
Amostra 5 Ra	0,13	0,13	0,16		0,17	0,14	0,15
Amostra 5 Rz	1,5	1,7	2,9		3,0	1,3	1,8
Amostra 6 Ra	0,09	0,1	0,08				

Tabela 3 - Resultados das amostras polidas e escovadas avaliadas com rugosímetro (continua)

CEREC Blocs	Polida (Rugosímetro)				Escovada (Rugosímetro)		
	Medida 1	Medida 2	Medida 3		Medida 1	Medida 2	Medida 3
Amostra 1 Ra	0,12	0,12	0,12		0,22	0,21	0,20
Amostra 1 Rz	1,8	1,6	2,5		2,2	2,0	1,8
Amostra 2 Ra	0,05	0,07	0,08		0,18	0,23	0,14
Amostra 2 Rz	0,9	1,0	1,5		1,8	3,3	1,4
Amostra 3 Ra	0,04	0,06	0,07		0,17	0,20	0,20
Amostra 3 Rz	0,8	0,9	0,9		2,1	1,9	1,7

Amostra 4 Ra	0,04	0,09	0,1		0,2	0,2	0,18
Amostra 4 Rz	0,6	1,2	1,8		1,9	3,3	1,6
Amostra 5 Ra	0,06	0,04	0,05		0,11	0,12	0,09
Amostra 5 Rz	0,9	0,6	1,2		1,2	1,3	1,1
Amostra 6 Ra	0,09	0,06	0,05				
Amostra 6 Rz	1,3	1,8	0,9				
LAVA	Polida (Rugosímetro)				Escovada (Rugosímetro)		
	Medida 1	Medida 2	Medida 3		Medida 1	Medida 2	Medida 3
Amostra 1 Ra	0,05	0,04	0,05		0,39	0,46	0,37
Amostra 1 Rz	0,6	0,4	0,5		3,2	4,3	3,1
Amostra 2 Ra	0,08	0,05	0,04		0,32	0,31	0,42
Amostra 2 Rz	0,8	0,8	0,4		3,7	3,1	4,1
Amostra 3 Ra	0,04	0,04	0,04		0,3	0,21	0,18
Amostra 3 Rz	0,7	0,6	0,5		3,3	2,9	2,0
Amostra 4 Ra	0,04	0,04	0,04		0,43	0,35	0,43
Amostra 4 Rz	0,8	0,8	0,4		4,3	3,2	5,6
Amostra 5 Ra	0,04	0,04	0,04		0,23	0,19	0,18
Amostra 5 Rz	0,5	0,4	0,4		2,3	1,7	1,5
Amostra 6 Ra	0,04	0,04	0,04				
Amostra 6 Rz	0,4	0,6	0,5				
Crios	Polida (Rugosímetro)				Escovada (Rugosímetro)		
	Medida 1	Medida 2	Medida 3		Medida 1	Medida 2	Medida 3

Amostra 1 Ra	0,06	0,06	0,06		1,58	1,88	2,23
Amostra 1 Rz	0,8	0,6	0,8		9,2	17,2	16,8
Amostra 2 Ra	0,09	0,07	0,09		2,43	2,47	2,69
Amostra 2 Rz	1,1	0,5	0,6		18,7	17,5	19,3
Amostra 3 Ra	0,05	0,05	0,05		1,99	2,03	2,88
Amostra 3 Rz	0,6	0,4	0,6		15,3	14,1	25,3
Amostra 4 Ra	0,06	0,05	0,05		1,47	2,34	2,83
Amostra 4 Rz	1,0	0,4	0,6		12,1	14,5	18,3
Amostra 5 Ra	0,06	0,05	0,06		1,09	1,16	1,05
Amostra 5 Rz	0,9	0,6	1,4		8,5	9,4	8,6
Amostra 6 Ra	0,06	0,05	0,05				
Amostra 6 Rz	0,5	0,6	0,4				

Tabela 3 - Resultados das amostras polidas e escovadas avaliadas com rugosímetro (concluída)

Brava	Polida (Rugosímetro)				Escovada (Rugosímetro)		
	Medida 1	Medida 2	Medida 3		Medida 1	Medida 2	Medida 3
Amostra 1 Ra	0,06	0,09	0,06		1,99	2,26	2,28
Amostra 1 Rz	0,5	0,7	0,6		15,1	18,2	18,2

Amostra 2 Ra	0,06	0,06	0,06		1,64	1,59	1,44
Amostra 2 Rz	0,7	0,5	0,5		14,2	11,6	10,3
Amostra 3 Ra	0,06	0,08	0,06		2,18	1,89	2,34
Amostra 3 Rz	0,7	0,9	0,5		13,6	12,9	18,1
Amostra 4 Ra	0,06	0,06	0,07		3,83	3,65	3,54
Amostra 4 Rz	0,6	0,5	0,6		30,3	27,8	28,9
Amostra 5 Ra	0,06	0,06	0,06		1,74	2,40	1,72
Amostra 5 Rz	0,5	0,6	0,6		11,9	14,3	12,6
Amostra 6 Ra	0,07	0,07	0,07				
Amostra 6 Rz	0,7	0,5	0,6				
PMMA	Polida (Rugosímetro)				Escovada (Rugosímetro)		
	Medida 1	Medida 2	Medida 3		Medida 1	Medida 2	Medida 3
Amostra 1 Ra	0,06	0,06	0,06		5,33	6,45	3,65
Amostra 1 Rz	1,0	1,2	1,3		41,2	42,9	30,4
Amostra 2 Ra	0,07	0,06	0,07		3,6	3,24	2,68
Amostra 2 Rz	2,6	1,6	2,0		33,5	26,4	20,9

Amostra 3 Ra	0,06	0,06	0,07		7,42	5,65	5,58
Amostra 3 Rz	1,5	1,7	1,6		45,0	37,8	39,5
Amostra 4 Ra	0,07	0,07	0,07		3,22	2,70	2,8
Amostra 4 Rz	1,7	2,1	2,3		28,9	20,9	26,4
Amostra 5 Ra	0,07	0,07	0,09		2,37	3,98	3,06
Amostra 5 Rz	2,0	2,1	2,6		17,6	37,7	34,7
Amostra 6 Ra	0,06	0,06	0,07				
Amostra 6 Rz	1,0	1,5	2,0				

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 4 - Resultados de Ra da amostra polida e das amostras escovadas avaliadas com 20x de aumento no Microscópio Confocal (continua)

Material	Medida 1	Medida 2	Medida 3
Z350 1	1,699	0,529	0,885
Z350 2	0,216	0,173	0,169
Z350 3	2,225	6,850	3,789
Z350 4	0,930	0,797	1,042
Z350 5	2,162	1,940	1,834
Z350 6	0,047	0,095	0,059
EmpressCAD 1	0,238	0,243	0,160
EmpressCAD 2	0,404	0,362	0,321

Material	Medida 1	Medida 2	Medida 3
EmpressCAD 3	0,196	0,172	0,174
EmpressCAD 4	0,361	0,396	0,407
EmpressCAD 5	0,156	0,149	0,089
EmpressCAD 6	0,042	0,077	0,063
CEREC 1	0,154	0,304	0,145
CEREC 2	0,204	0,204	0,121
CEREC 3	0,459	0,467	0,417
CEREC 4	0,360	0,399	0,291
CEREC 5	0,312	0,281	0,244
CEREC 6	0,104	0,135	0,102

Tabela 4 - Resultados de Ra da amostra polida e das amostras escovadas avaliadas com 20x de aumento no Microscópio Confocal (continua)

Material	Medida 1	Medida 2	Medida 3
LAVA 1	1,749	2,163	2,411
LAVA 2	0,265	0,242	0,235
LAVA 3	0,129	0,128	0,110
LAVA 4	0,840	0,880	0,802
LAVA 5	0,180	0,177	0,262
LAVA 6	0,036	0,048	0,055
Crios 1	5,687	8,062	4,383
Crios 2	3,215	5,058	4,725

Crios 3	2,049	2,087	2,286
Crios 4	1,371	1,298	1,263
Crios 5	1,154	1,698	1,006
Crios 6	0,031	0,059	0,034
Brava 1	3,099	3,769	3,985
Brava 2	1,538	1,575	1,270
Brava 3	2,816	2,357	2,494
Brava 4	1,091	0,910	1,191
Brava 5	1,928	1,071	0,997
Brava 6	0,055	0,055	0,057

Tabela 4 - Resultados de Ra da amostra polida e das amostras escovadas avaliadas com 20x de aumento no Microscópio Confocal (concluída)

Material	Medida 1	Medida 2	Medida 3
PMMA 1	2,866	2,472	4,984
PMMA 2	1,089	1,336	1,757
PMMA 3	1,749	1,458	2,721
PMMA 4	2,716	2,597	2,692
PMMA 5	11.606	11.946	11.619
PMMA 6	0,072	0,102	0,078

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 5 - Resultados de Rz da amostra polida e das amostras escovadas avaliadas com 20x de aumento no Microscópio Confocal (continua)

Material	Medida 1	Medida 2	Medida 3
Z350 1	12,072	3,155	4,329
Z350 2	2,857	1,304	1,150
Z350 3	10,324	28,782	16,237
Z350 4	4,343	3,501	4,430
Z350 5	8,776	8,098	9,357
Z350 6	0,271	0,379	0,296
EmpressCAD 1	1,207	1,183	0,732
EmpressCAD 2	1,748	1,359	1,508
EmpressCAD 3	1,221	0,916	1,764
EmpressCAD 4	1,471	1,392	1,304
EmpressCAD 5	1,386	1,129	0,643
EmpressCAD 6	0,280	0,759	0,475

Tabela 5 - Resultados de Rz da amostra polida e das amostras escovadas avaliadas com 20x de aumento no Microscópio Confocal (continua)

Material	Medida 1	Medida 2	Medida 3
CEREC 1	2,191	4,576	1,219
CEREC 2	0,718	0,865	0,683
CEREC 3	2,169	2,343	2,109
CEREC 4	2,165	2,297	1,853
CEREC 5	1,466	1,987	1,257
CEREC 6	0,983	1,139	0,945

LAVA 1	7,016	8,830	8,438
LAVA 2	1,804	1,599	2,102
LAVA 3	0,869	0,980	0,786
LAVA 4	4,010	4,104	4,193
LAVA 5	1,199	1,269	1,399
LAVA 6	0,292	0,279	0,494
Crios 1	21,457	27,967	20,198
Crios 2	14,954	22,505	19,884
Crios 3	9,209	8,481	9,144
Crios 4	10,314	9,574	7,858
Crios 5	8,013	8,419	5,193
Crios 6	0,253	0,430	0,265

Tabela 5 - Resultados de Rz da amostra polida e das amostras escovadas avaliadas com 20x de aumento no Microscópio Confocal (concluída)

Material	**Medida 1**	**Medida 2**	**Medida 3**
Brava 1	9,943	14,065	17,688
Brava 2	6,551	7,043	5,579
Brava 3	14,629	13,447	12,478
Brava 4	3,645	2,954	4,335
Brava 5	6,787	5,663	5,497

Brava 6	0,384	0,380	0,470
PMMA 1	13,252	14,651	27,142
PMMA 2	5,661	6,656	10,283
PMMA 3	8,907	8,207	10,250
PMMA 4	11,869	11,578	11,119
PMMA 5	63.013	62.874	61.163
PMMA 6	0,823	0,715	0,572

Fonte: Elaboração dos autores.

Nas Figuras 14 a 20 podemos observar as imagens obtidas com microscopia confocal das amostras escovadas e numeradas de 1 a 5 e a amostra 6 somente polida e com aumento de 20x.

Figura 14 - Imagens de Z350 obtidas com o microscópio confocal após escovação simulada.



Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 15 - Imagens de Empress CAD obtidas com o microscópio confocal após escovação simulada.



Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 16 - Imagens de Cerec Blocs obtidas com o microscópio confocal após escovação simulada.



Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 17 - Imagens de LAVA obtidas com o microscópio confocal após escovação simulada.



Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 18 - Imagens de Crios obtidas com o microscópio confocal após escovação simulada



Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 19 - Imagens de Brava obtidas com o microscópio confocal após escovação simulada.



Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 20 - Imagens de PMMA obtidas com o microscópio confocal após escovação simulada



Fonte: Elaboração dos autores.

Na Tabela 6 está disposto os resultados de dureza Vickers realizados na amostra 6 de cada grupo (não escovada).

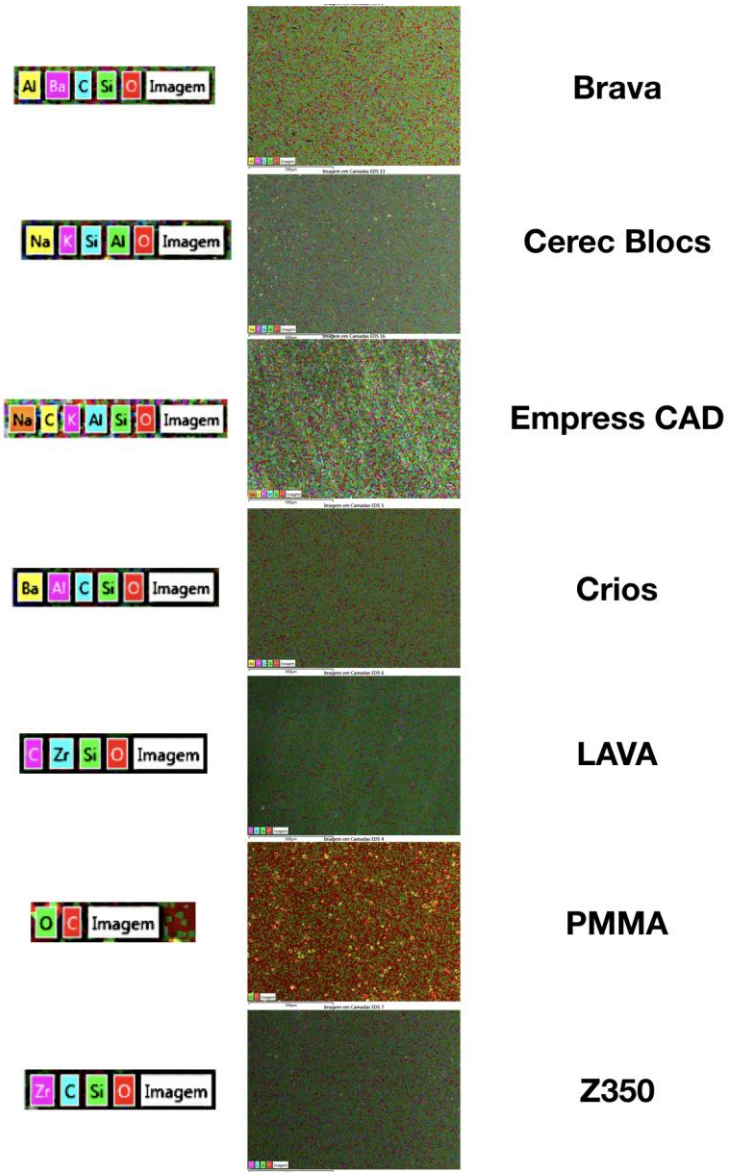
Tabela 6 - Resultados da avaliação da microdureza Vickers

Microdureza Vickers				
	CP1 (HV)	CP2 (HV)	CP3 (HV)	CP4 (HV)
PMMA - VIP	18,22	18,18	18,66	17,89
Z-350	78,83	79,04	79,24	85,30
Brava	73,26	77,63	78,03	70,95
LAVA	96,91	97,71	90,31	91,07
CRIOS	61,02	66,96	69,41	64,04
Empress	451,60	515,90	475,20	466,80
CEREC	441,00	470,90	442,90	450,60

Fonte: Elaboração dos autores.

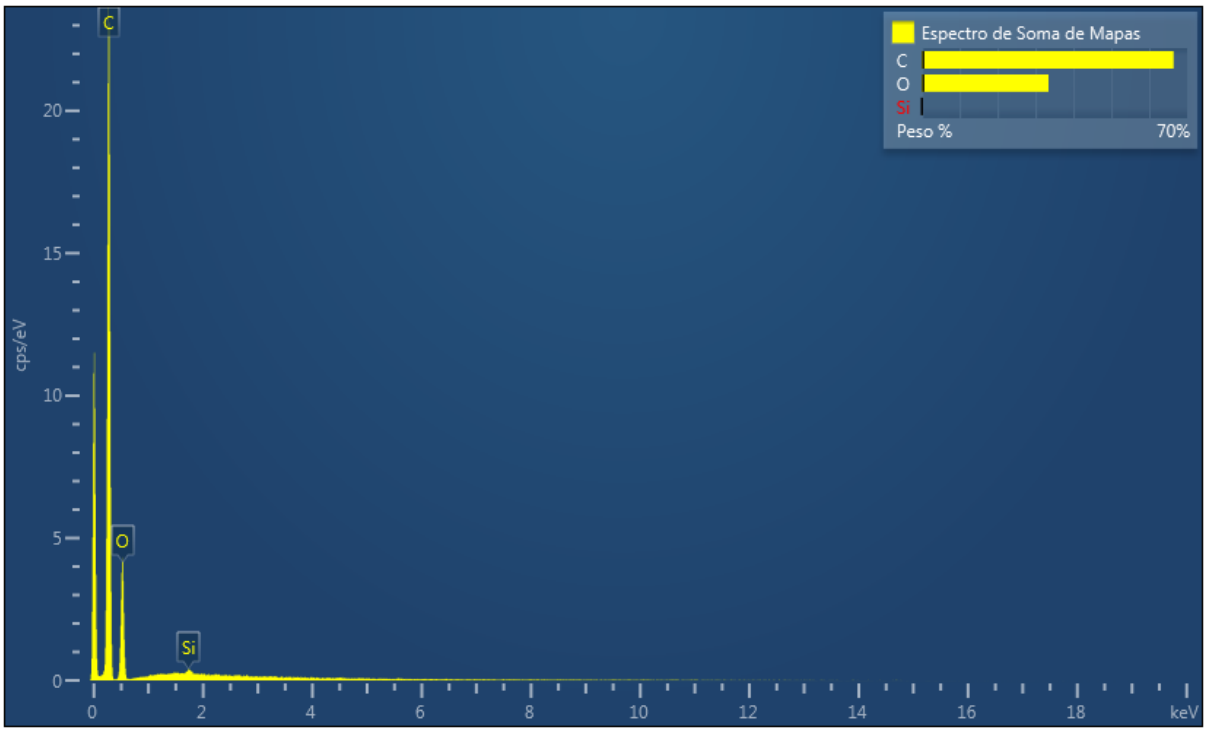
Na Figura 21 abaixo estão representados os componentes inorgânicos das amostras não escovadas avaliadas por EDS. Nos Gráficos de 1 a 7 estão demonstrados os componentes inorgânicos das amostras polidas e não escovadas dos grupos testados avaliados por EDS.

Figura 21 - Demonstração colorida dos componentes dos elementos inorgânicos identificados nas amostras não escovadas



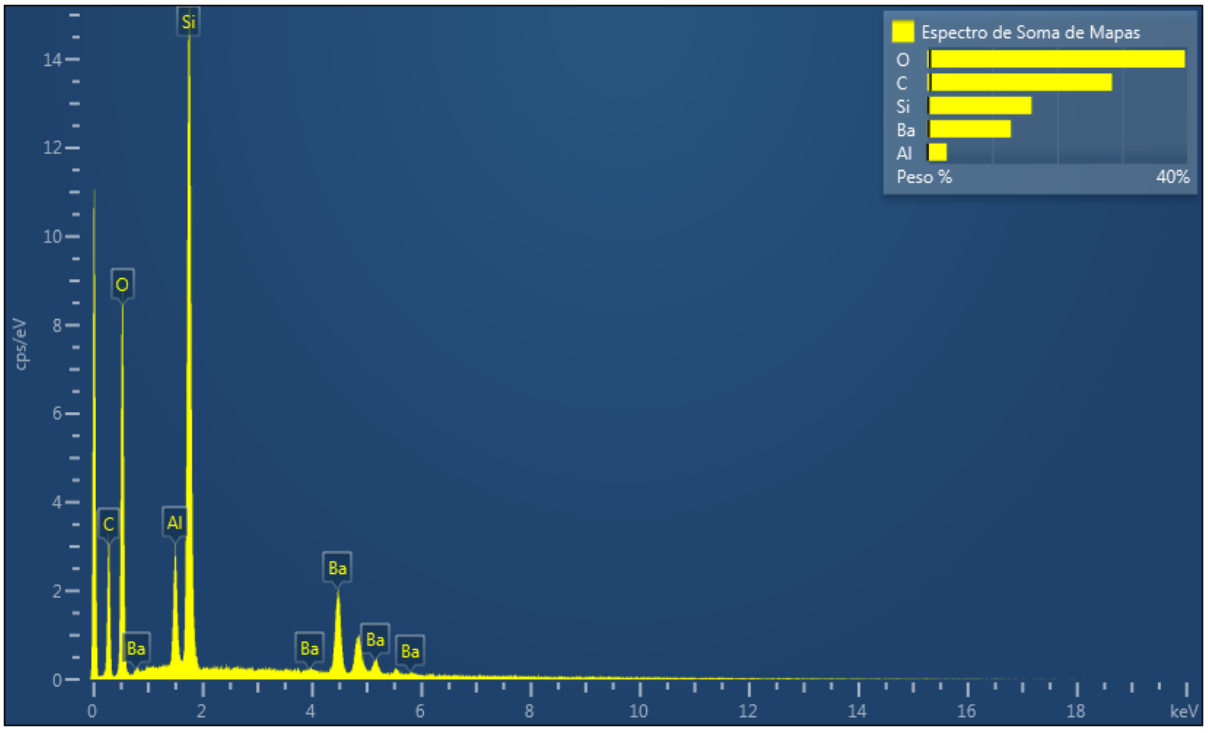
Fonte: Elaboração dos autores.

Gráfico 1 - Componentes inorgânicos presentes no PMMA



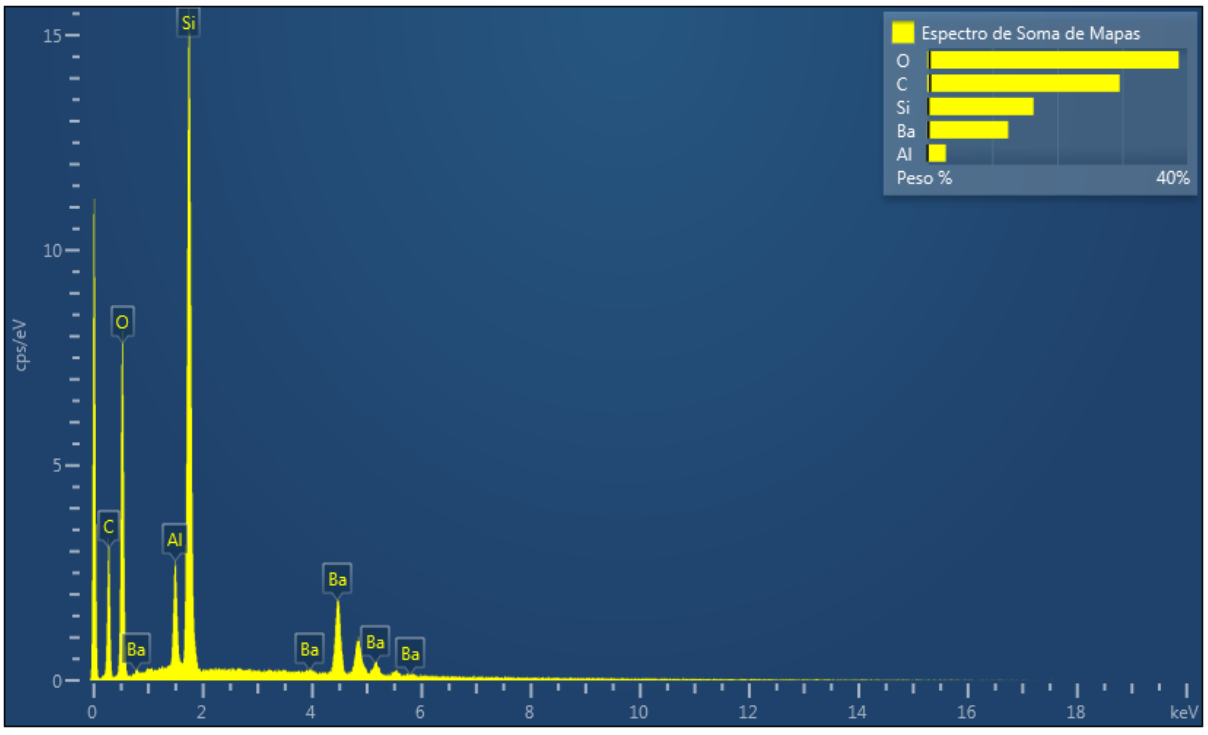
Fonte: Elaboração dos autores.

Gráfico 2 - Componentes inorgânicos presentes no Brava



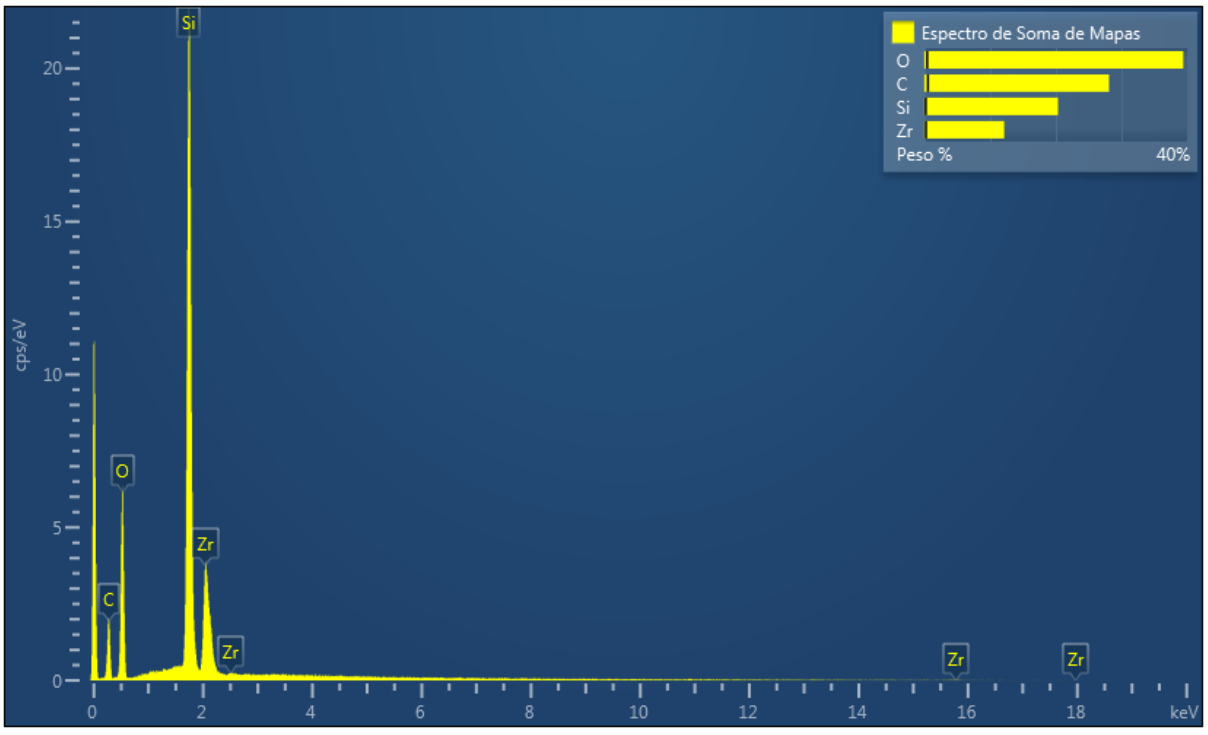
Fonte: Elaboração dos autores.

Gráfico 3 - Componentes inorgânicos presentes no Crios



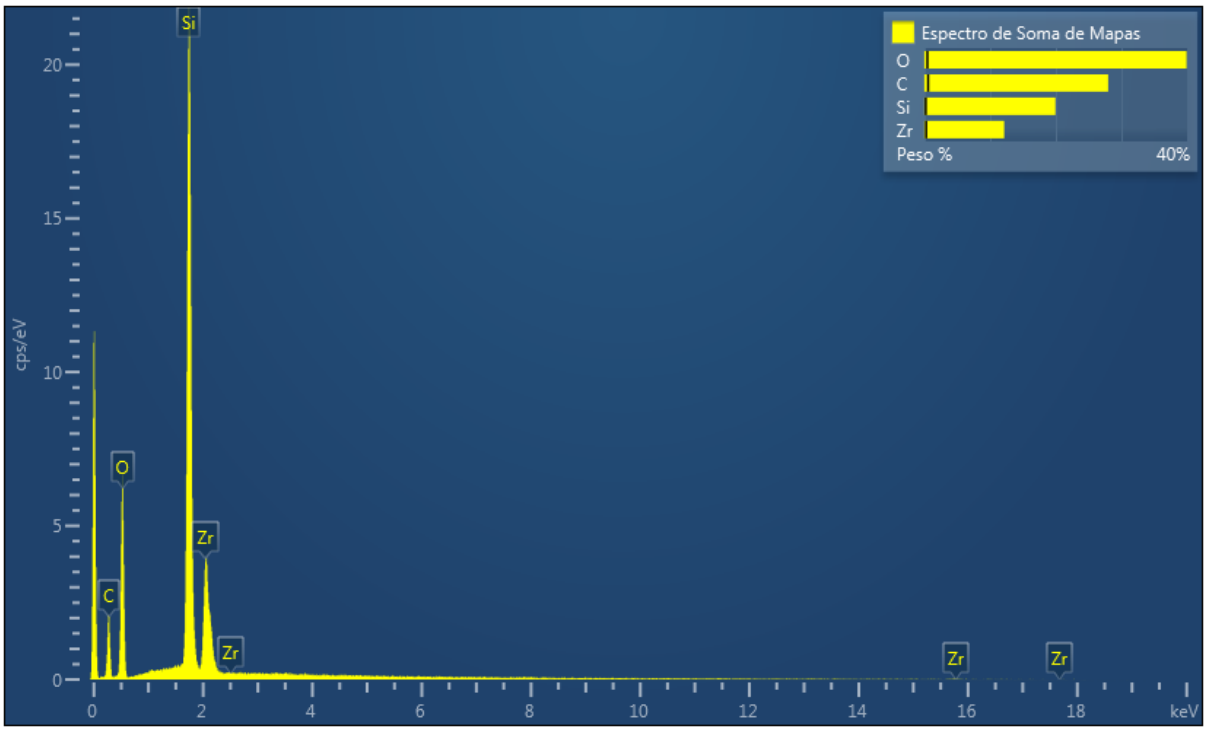
Fonte: Elaboração dos autores.

Gráfico 4 - Componentes inorgânicos presentes no LAVA



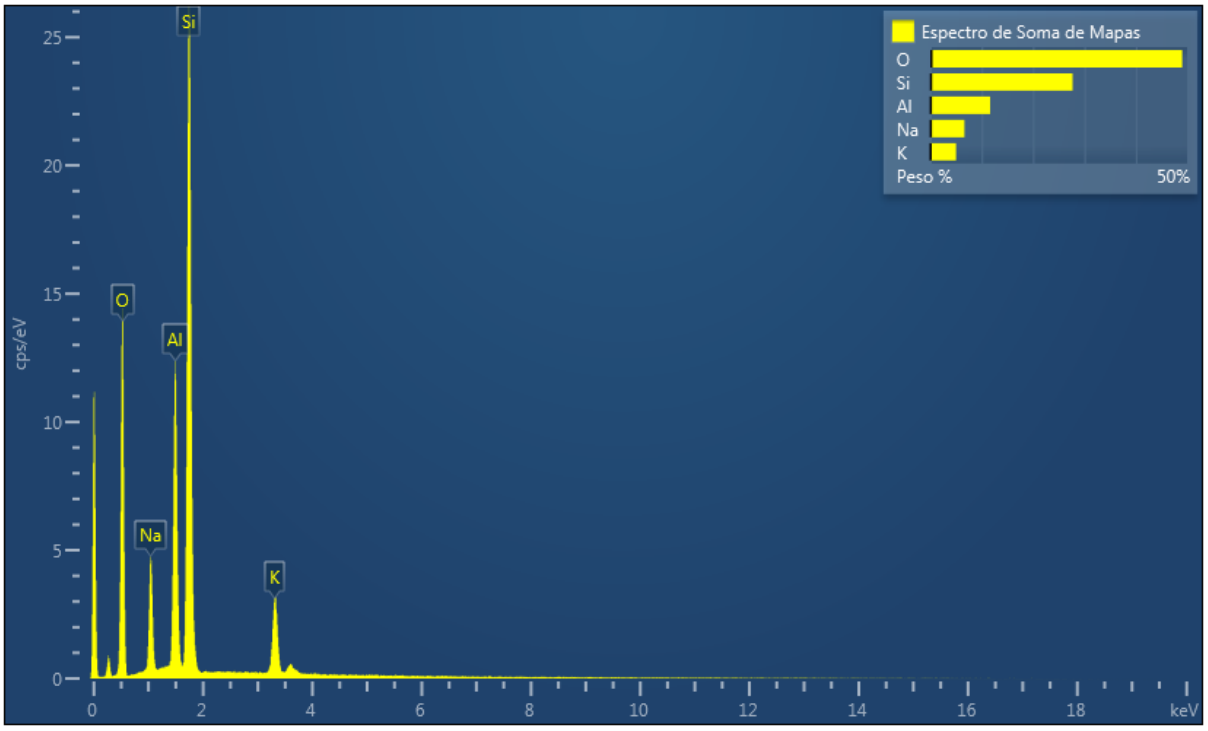
Fonte: Elaboração dos autores.

Gráfico 5 - Componentes inorgânicos presentes na Z350



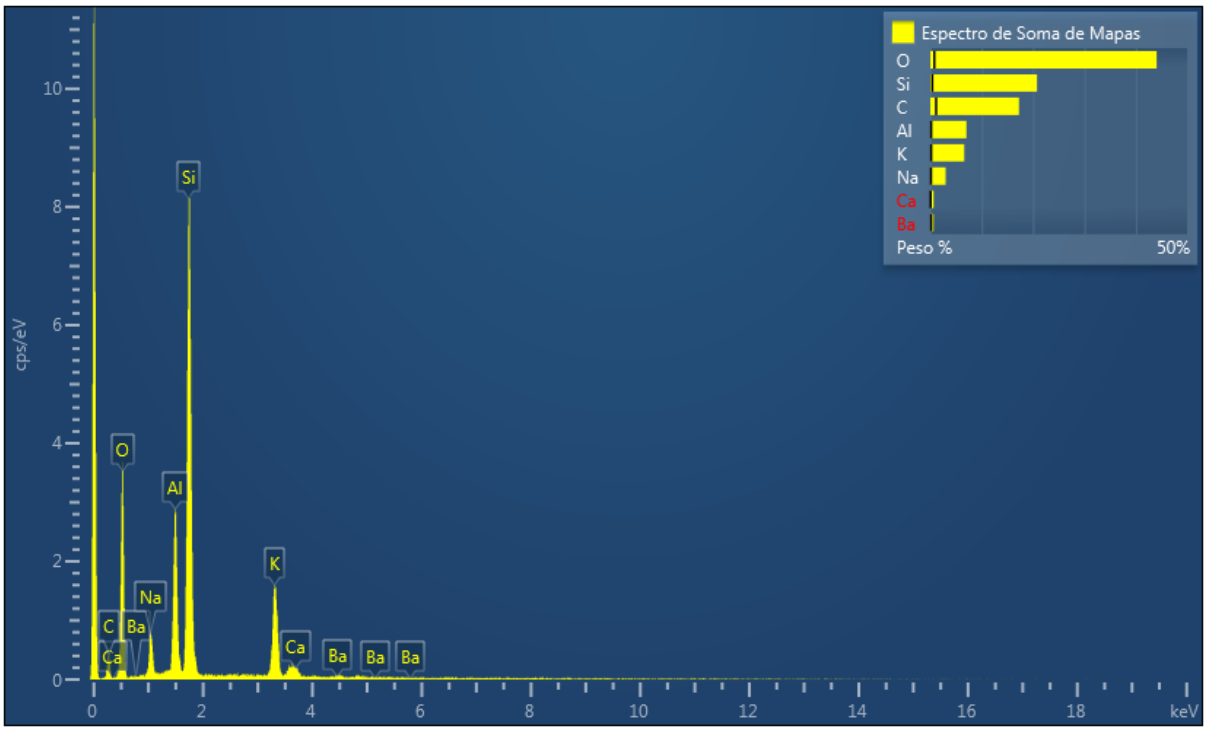
Fonte: Elaboração dos autores.

Gráfico 6 - Componentes inorgânicos presentes no CEREC Blocs



Fonte: Elaboração dos autores.

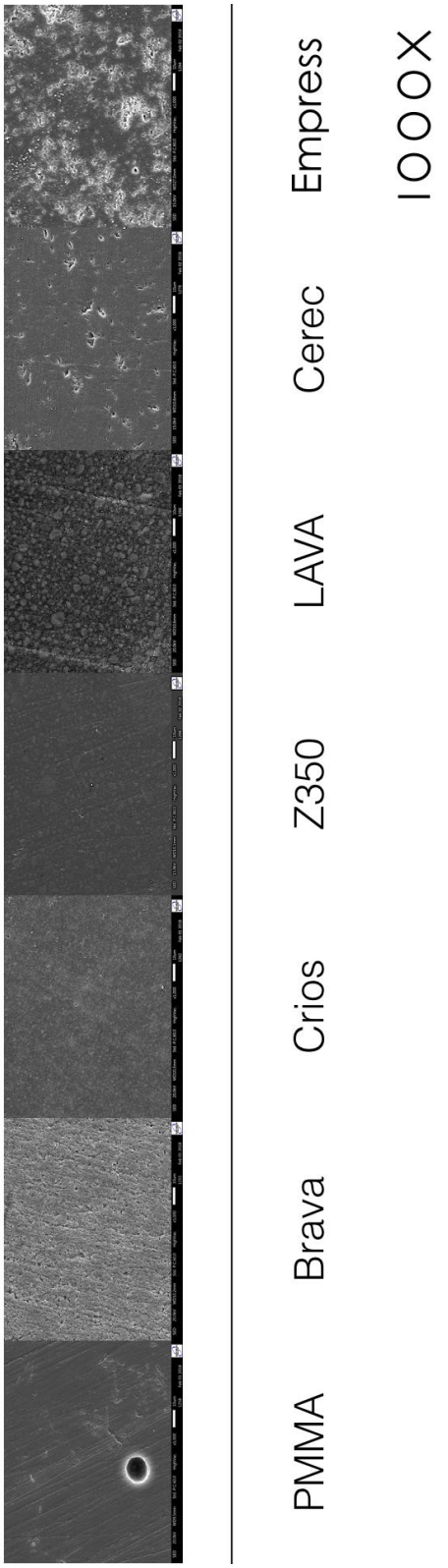
Gráfico 7 - Componentes inorgânicos presentes no Empress CAD



Fonte: Elaboração dos autores.

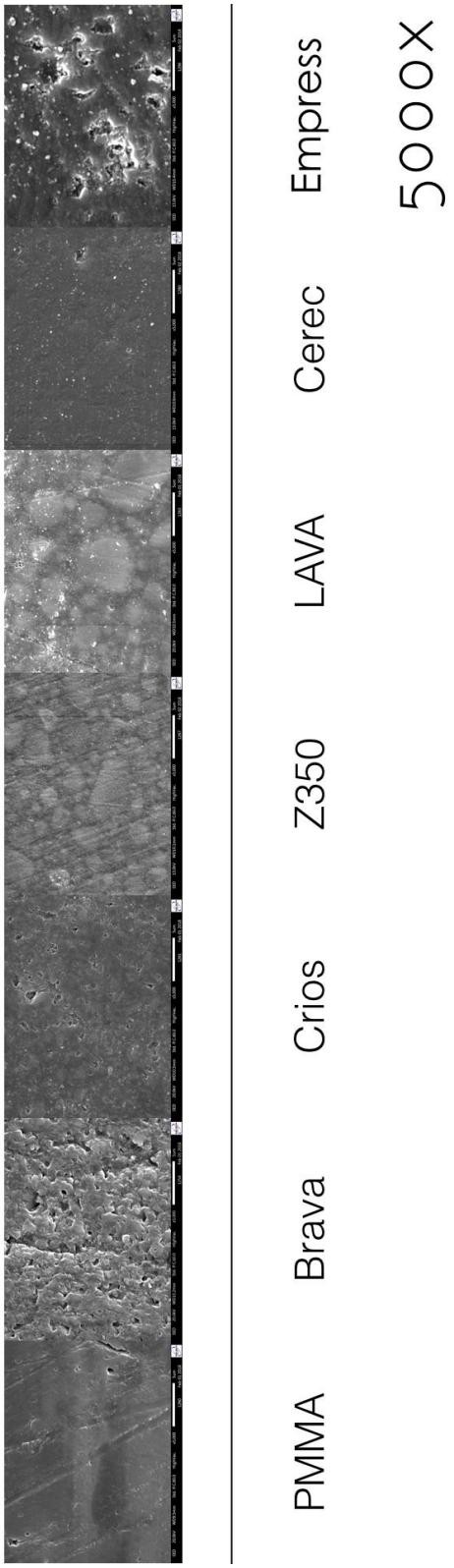
Nas Figuras 22 e 23 estão demonstradas as imagens obtidas por MEV das amostras polidas e não escovadas dos grupos testados com aumentos de 1000 e 5000x.

Figura 22 - Demonstração do conjunto de imagens das amostras polidas e não escovadas dos grupos avaliados através dos MEV e com um aumento de 1000x



Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 23 - Demonstração do conjunto de imagens das amostras polidas e não escovadas dos grupos avaliados através dos MEV e com um aumento de 5000x



Fonte: Elaboração dos autores.

A avaliação da rugosidade, Ra ou Rz, foi realizada por análise de variância de dois fatores. Um fator entre materiais e outro de medidas repetidas, composto pela medida inicial, executada pelo rugosímetro após o polimento, e pelas medidas após a

escovação simulada, efetuadas tanto pelo rugosímetro como pelo microscópio confocal. Essa análise foi viabilizada com a transformação dos dados de rugosidade em logaritmo, tendo sido complementada por comparações múltiplas de médias pelo teste de Tukey. Utilizaram-se coeficientes de correlação de Pearson e procedimentos de regressão linear para a avaliação do relacionamento entre duas variáveis. Adotou-se em todos os testes estatísticos o nível de significância de 5% para a tomada de decisão.

Os dados de rugosidade Ra ou Rz foram transformados em logaritmos decimais para a determinação de estatísticas descritivas e execução das análises de variância. Em seguida, foram retornados à unidade original pela transformação inversa, refletindo desse modo a assimetria da rugosidade em torno da média. Em consequência, nas Tabelas 7 e 8 são dados as médias e os limites inferior e superior de um intervalo de confiança de 95% de rugosidade Ra e Rz, respectivamente, de acordo com o material em estudo, constituído por uma resina composta, tomada como controle, Z350; por blocos de cerâmicas feldspáticas: Empress CAD e CEREC Blocs; blocos de resina composta: LAVA Ultimate, Crios Brilliant e Brava e por uma resina acrílica de polimetilmetacrilato: VIPI Block PMMA. As medições, por meio de um rugosímetro, foram executadas antes e após escovação simulada, quando também se mediu a rugosidade com o microscópio confocal.

As análises de variância, com um fator entre materiais e outro de medidas repetidas, indicaram efeitos altamente significativos desses dois fatores sobre Log(Ra) ou Log(Rz), incluindo o da interação entre eles, sempre com $p<0,001$. Então, para examinar a interação, aplicou-se o teste de Tukey de comparações múltiplas de médias, com os resultados mostrados nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Média e, entre parênteses, os limites inferior e superior de um intervalo de confiança de 95% de rugosidade Ra, de acordo com o material, momento e método de medição:

Material	Após polimento	Após escovação	
	com rugosímetro	com rugosímetro	com confocal
Z350	0,04 (0,04; 0,04) ^{aA}	1,02 (0,59; 1,75) ^{bB}	1,47 (0,79; 2,73) ^{bB}

Empress	0,16 (0,13; 0,19) ^{bA}	0,18 (0,15; 0,21) ^{aA}	0,23 (0,13; 0,42) ^{aA}
CEREC	0,06 (0,05; 0,08) ^{aA}	0,17 (0,12; 0,24) ^{aB}	0,27 (0,17; 0,44) ^{aB}
LAVA	0,04 (0,04; 0,05) ^{aA}	0,31 (0,20; 0,46) ^{aB}	0,32 (0,12; 0,89) ^{aB}
Crios	0,06 (0,05; 0,08) ^{aA}	1,93 (1,28; 2,91) ^{bcB}	2,19 (1,12; 4,26) ^{bB}
Brava	0,06 (0,06; 0,07) ^{aA}	2,12 (1,57; 2,88) ^{bcB}	1,80 (0,96; 3,38) ^{bB}
PMMA	0,07 (0,06; 0,08) ^{aA}	3,50 (2,64; 4,66) ^{cB}	2,51 (1,49; 4,22) ^{bB}

Médias acompanhadas de letras iguais, minúsculas na linha ou maiúsculas na coluna, não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey (p>0,05)

Fonte: Elaboração dos autores.

Na Tabela 8, observa-se entre materiais, após o polimento, a média de Empress, próxima de 0,20 Ra, significativamente maior e as restantes equivalentes entre si, todas menores do que 0,10 Ra. Entre materiais após a escovação, com medição realizada pelo rugosímetro, PMMA teve a maior média e Empress, CEREC e LAVA as menores, mas equivalentes entre si. Os materiais Z350, Crios e Brava produziram médias equivalentes e intermediárias, com as médias das duas últimas não diferindo significativamente da maior delas. Finalmente, entre materiais com a rugosidade medida pelo confocal, o resultado foi análogo ao da medição pelo rugosímetro, exceto pela média de PMMA, que não foi destacadamente a maior.

Na comparação entre as médias de rugosidade Ra antes e após a escovação, fora o Empress que não sofreu alteração significativa com a escovação, as outras sempre aumentaram a rugosidade, com maior intensidade os materiais Crios, Brava e PMMA. Não houve diferença significativa entre os resultados obtidos pelo rugosímetro e pelo microscópio confocal. Ressalte-se que o coeficiente de correlação de Pearson entre as rugosidades Ra após a escovação obtidas pelo rugosímetro e

pelo confocal foi igual a 0,718. Esse valor relativamente alto mostra o grau de equivalência entre os dois métodos de medição.

Tabela 8 - Média e, entre parênteses, os limites inferior e superior de um intervalo de confiança de 95% de rugosidade Rz, de acordo com o material, momento e método de medição:

Material	Após polimento	Após escovação	
	com rugosímetro	com rugosímetro	com confocal
Z350	0,37 (0,28; 0,48) aA	9,78 (7,09; 13,50) bB	5,51 (2,88; 10,52) bB
Empress	2,36 (1,86; 3,01) dA	1,94 (1,71; 2,22) aA	1,25 (1,01; 1,55) aA
CEREC	1,07 (0,85; 1,34) bcA	1,86 (1,36; 2,56) aA	1,71 (0,93; 3,16) aA
LAVA	0,57 (0,45; 0,72) abA	2,95 (1,96; 4,44) aB	1,97 (0,88; 4,45) aB
Crios	0,68 (0,57; 0,81) abA	14,51 (10,00; 21,04) bcB	10,95 (6,73; 17,83) bcB
Brava	0,60 (0,53; 0,67) abA	15,03 (11,79; 19,17) bcB	7,90 (3,93; 15,88) bcB
PMMA	1,85 (1,48; 2,33) cdA	29,50 (24,67; 35,28) bC	12,47 (7,24; 21,49) cB

Médias acompanhadas de letras iguais, minúsculas na linha ou maiúsculas na coluna, não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey (p>0,05)

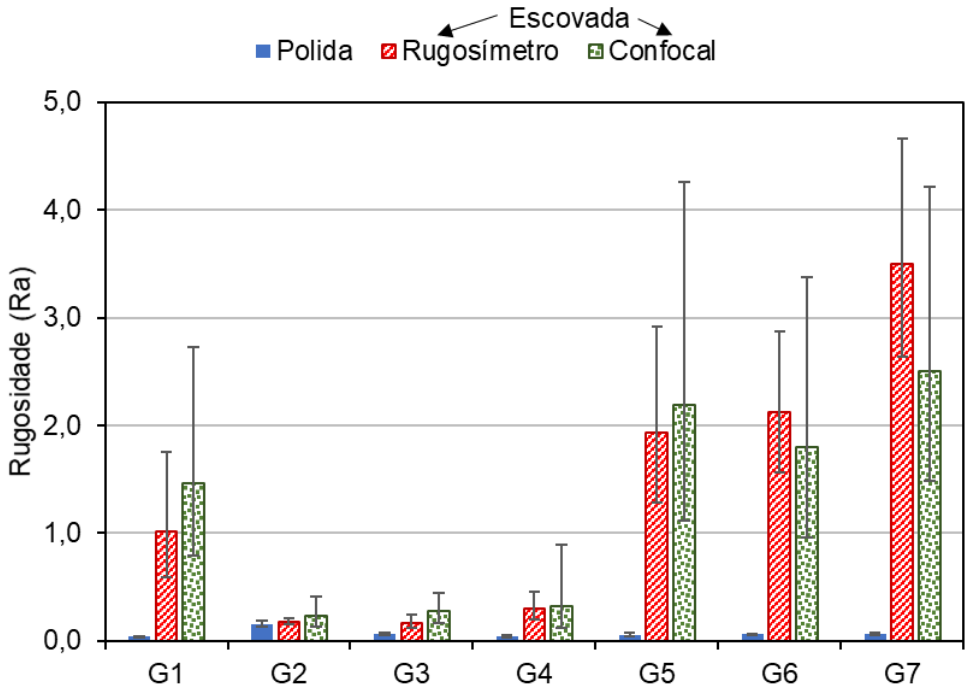
Fonte: Elaboração dos autores.

Para a avaliação dos resultados na Tabela 8, destacam-se os coeficientes de correlação entre as rugosidades Ra e Rz com valores altos. Após o polimento, 0,845 e, após a escovação, 0,983, na medição com o rugosímetro, 0,971, na medição com o microscópio confocal. Portanto, era de se esperar resultados semelhantes quanto às comparações de médias adotando-se Ra ou Rz como representativa da rugosidade

do material. De fato, não se nota discrepâncias acentuadas, principalmente do ponto de vista prático, com exceção de médias de PMMA. Aqui, o coeficiente de correlação entre as rugosidades Rz após a escovação obtidas pelo rugosímetro e pelo confocal foi igual a 0,773, valor bem próximo do obtido para a rugosidade Ra, consequência da alta correlação entre essas duas medidas de rugosidade.

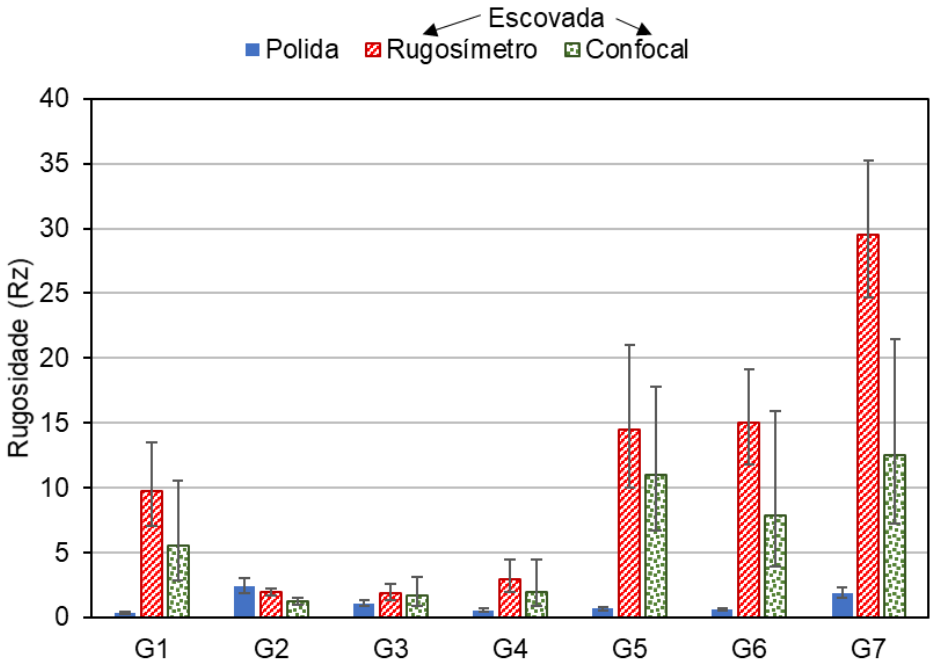
Nos gráficos 8 e 9 podem ser observados a média amostral e o intervalo de confiança de 95% de rugosidade Ra (Gráfico 8) e Rz (Gráfico 9) com medições após o polimento com o rugosímetro e após a escovação com rugosímetro e confocal.

Gráfico 8 - Média amostral (coluna) e intervalo de confiança de 95% (barra vertical) de rugosidade Ra, de acordo com o material (G1= Z350, G2= Empress, G3= CEREC, G4= LAVA, G5= Crios; G6= Brava e G7= PMMA), com medições após o polimento com o rugosímetro e após a escovação pelo rugosímetro e confocal



Fonte: Elaboração dos autores.

Gráfico 9: Média amostral (coluna) e intervalo de confiança de 95% (barra vertical) de rugosidade Rz, de acordo com o material (G1= Z350, G2= Empress, G3= CEREC, G4= LAVA, G5= Crios; G6= Brava e G7= PMMA), com medições após o polimento com o rugosímetro e após a escovação pelo rugosímetro e confocal



Fonte: Elaboração dos autores.

Nas Figuras 14 a 20 podem ser observadas as imagens obtidas com o microscópio confocal das amostras escovadas (1-5) em comparação com as amostra não escovada (6). É perceptível os sulcos de desgaste provocados pela cerdas das escovas, mesmo em amostras mais duras e provavelmente mais resistentes ao desgaste como o Empress CAD.

Na Tabela 9 pode ser observada a análise estatística da microdureza Vickers e no Gráfico 10 pode ser observado o resultado da microdureza Vickers.

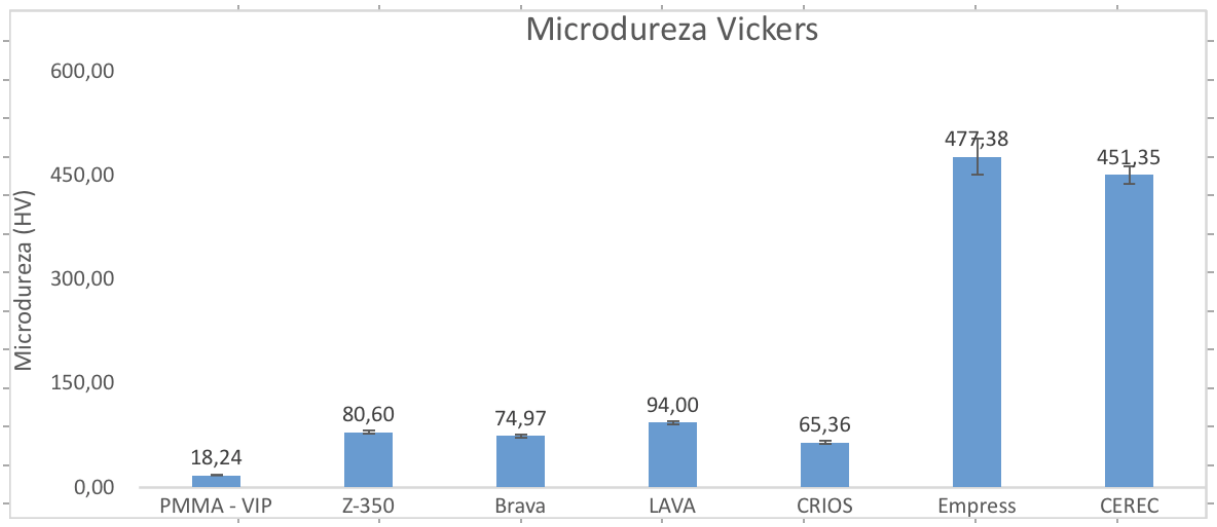
Tabela 19 - Resultados da avaliação da microdureza Vickers

Microdureza Vickers								
	CP1 (HV)	CP2 (HV)	CP3 (HV)	CP4 (HV)	Média (HV)	DP	CV (%)	Força Aplicada (N)
PMMA - VIP	18,22	18,18	18,66	17,89	18,24	0,32	1,74	0,98
Z-350	78,83	79,04	79,24	85,30	80,60	3,14	3,89	0,98
Brava	73,26	77,63	78,03	70,95	74,97	3,44	4,59	0,98
LAVA	96,91	97,71	90,31	91,07	94,00	3,85	4,09	0,98
CRIOS	61,02	66,96	69,41	64,04	65,36	3,63	5,55	0,98

Empress	451,60	515,90	475,20	466,80	477,38	27,48	5,76	1,96
CEREC	441,00	470,90	442,90	450,60	451,35	13,68	3,03	1,96

Fonte: Elaboração dos autores.

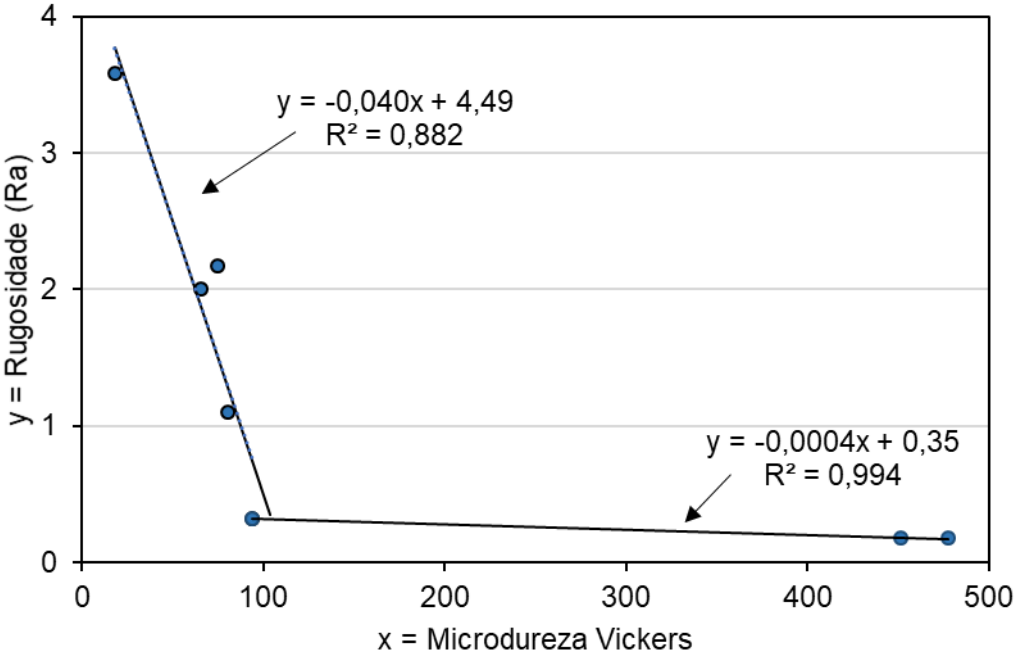
Gráfico 10 - Resultados da Avaliação de micordureza Vickers



Fonte: Elaboração dos autores.

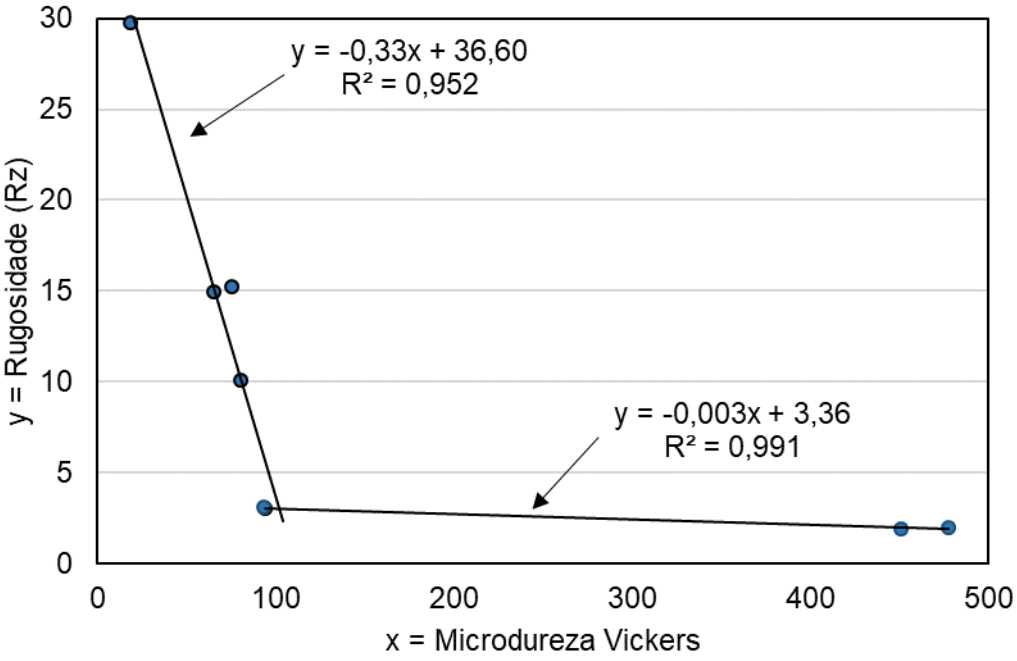
Os gráficos 11 e 12 permitem avaliar a relação linear entre as rugosidades Ra ou Rz e a microdureza Vickers. Nelas, o coeficiente de determinação R^2, o qual pode variar de 0 a 1, mostra boa qualidade do ajustamento, no mínimo 0,88. Nos dois casos, a rugosidade diminui intensamente conforme a microdureza aumenta no intervalo até 100 Vickers. Após esse valor, a rugosidade tende a se estabilizar em aproximadamente 0,35 Ra ou 3,4 Rz.

Gráfico 11: Relacionamento linear entre rugosidade Ra e microdureza Vickers (R^2= coeficiente de determinação)



Fonte: Elaboração dos autores.

Gráfico 12: Relacionamento linear entre rugosidade Rz e microdureza Vickers (R^2= coeficiente de determinação)



Fonte: Elaboração dos autores.

Foram testadas análises sob diversos pontos de vista, tais como, considerando a diferença de rugosidade após a escovação em relação ao início e tomando os

valores originais como medidas repetidas. Todas tiveram problema, não satisfazendo as condições de normalidade dos resíduos e homogeneidade de variâncias.

Obtiveram resultados melhores utilizando os logaritmos decimais de rugosidade Ra ou Rz, já que com essa transformação foram atendidas quase todas as condições de aplicabilidade da análise: Normalidade dos resíduos em cada nível do fator de medidas repetidas, pelo teste de Shapiro-Wilk; Homogeneidade de variâncias em cada nível do fator de medidas repetidas, pelo teste de levene; Igualdade da matriz de covariâncias, pelo teste de Box M.

Em resumo, foi aplicada a análise de variância, sobre os dados transformados em logaritmos, tendo um fator entre grupos (materiais) e o fator de medidas repetidas composto pela rugosidade após o polimento (medida pelo rugosímetro) e a rugosidade após a escovação (medida por dois aparelhos: rugosímetro e confocal).

Nas Tabelas 11 e 12 foram mostrados as médias e os intervalos de confiança. Esses intervalos estimam, com confiança de 95%, entre quais limites podem-se prever as médias corretas de rugosidade Ra ou Rz para os materiais em estudo. Há somente 5% de possibilidade de estarem foram dos intervalos.

Como a transformação em logaritmos resolveu o problema de normalidade, isso sugere que os dados de rugosidade não se distribuem simetricamente em torno da média. Então, não tem muito sentido colocar o desvio padrão, que é mais útil se existir simetria em torno da média. Neste caso, as Tabelas 10 e 11 ficariam como abaixo.

Tabela 10 - Média (desvio padrão) de rugosidade Ra, de acordo com o material, momento e método de medição

Material	Após polimento	Após escovação	
	com rugosímetro	com rugosímetro	com confocal
Z350	0,039 (0,001) ^{aA}	1,11 (0,55) ^{bB}	1,63 (0,88) ^{bB}
Empress	0,160 (0,027) ^{bA}	0,18 (0,02) ^{aA}	0,26 (0,11) ^{aA}

CEREC	0,066 (0,013)	a A	0,18 (0,04)	aB	0,29 (0,11)	a B
LAVA	0,045 (0,007)	a A	0,32 (0,10)	aB	0,42 (0,32)	a B
Crios	0,061 (0,013)	a A	2,01 (0,56)	bc B	2,45 (1,30)	b B
Brava	0,064 (0,004)	a A	2,18 (0,55)	bc B	2,01 (1,07)	b B
PMMA	0,067 (0,006)	a A	3,58 (0,92)	cB	2,68 (1,03)	b B

Médias acompanhadas de letras iguais, minúsculas na linha ou maiúsculas na coluna, não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey (p>0,05)

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 11 - Média (desvio padrão) de rugosidade Rz, de acordo com o material, momento e método de medição

Material	Após polimento		Após escovação			
	com rugosímetro		com rugosímetro		com confocal	
Z350	0,37 (0,08)	aA	10,08 (2,97)	bB	6,16 (3,32)	bB
Empress	2,40 (0,47)	dA	1,95 (0,21)	aA	1,26 (0,22)	aA
CEREC	1,08 (0,19)	bc A	1,91 (0,42)	aA	1,86 (0,73)	aA
LAVA	0,57 (0,10)	ab A	3,08 (0,96)	aB	2,32 (1,41)	aB
Crios	0,68 (0,09)	ab A	14,99 (3,91)	bc B	11,68 (4,90)	bc B

		ab		bc		bc
Brava	0,60 (0,06)	A	15,27 (3,01)	B	8,90 (4,57)	B
		cd				
‘PMMA	1,88 (0,33)	A	29,75 (4,49)	bC	13,46 (5,81)	cB

Médias acompanhadas de letras iguais, minúsculas na linha ou maiúsculas na coluna, não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey (p>0,05)

Fonte: Elaboração dos autores.

6 DISCUSSÃO

O fator motivador desta pesquisa surgiu da necessidade de encontrar um material restaurador que permitisse reabilitar pacientes com necessidade de levante e cobertura oclusal satisfazendo duas premissas: 1) fossem capazes de serem resistentes tanto quanto à fratura quanto ao desgaste abrasivo, mesmo quando utilizados em pequenas espessuras; 2) não fossem agressivos em relação ao desgaste do antagonista, já que a maioria destes pacientes geram elevadas forças mastigatórias.

Vaillati et al.[70] ,(2012) sugerem uma interessante técnica chamada “sanduíche” para reabilitar pacientes auto-mutilados, ou seja, com desgaste precoce. Nesta técnica, a filosofia de trabalho baseia-se no princípio de mínimo desgate dental durante o preparo, já que não faz sentido preparar coroas totais em pacientes que já estão com perda substancial de estrutura dental e incompatível com a idade. O sanduíche na verdade trata-se de inserir uma lâmina de resina composta na região palatina e oclusal dos elementos desgastados e uma lâmina cerâmica na face vestibular destes mesmos elementos. A porção dental residual permanece praticamente intacta entre esses dois materiais.

Inicialmente parece inconcebível a idéia de criar várias interfaces adesivas, e múltiplas restaurações obtidas a partir de várias moldagens, visto que se fizermos uma restauração totalmente cerâmica a reabilitação acontece de forma mais rápida. Mas pensando em prol do paciente, descarta-se a reabilitação com coroas pois demandaria desgaste excessivo já que o rompimento das proximais durante o preparo é certo. Entendendo que em finas espessuras a resina composta parece ter um comportamento mecânico superior as cerâmicas, ela se torna o material de escolha para este tipo de técnica porque mesmo em casos de cobertura oclusal, não há desgaste deixando as funções retentivas baseadas na adesão.

Ao mesmo tempo da emergência desta filosofia restauradora, observa-se a popularização e disseminação do sistema CAD/CAM, que é baseado em um fluxo digital de trabalho altamente previsível, confiável e preciso. Junto com a evolução dos sistemas digitais ocorreu a evolução dos materiais restauradores indicados para confecção neste tipo de sistema. Assim como os materiais cerâmicos foram adaptados e aprimorados para esta tecnologia, as resinas compostas também foram. Teoricamente, confeccionar um bloco resinoso em um ambiente altamente controlado produzirá uma restauração com melhores características mecânicas. Portanto esta

técnica do sanduíche pode ser aprimorada já que pode se mesclar a precisão do sistema CAD/CAM com a resiliência da resina composta oferecida por este sistema.

Entretanto a cada ano o mercado é inundado com novas opções de materiais deixando uma lacuna vaga de informações quanto as suas propriedades pois não é possível estender as características mecânicas exibidas por alguns materiais já existentes para outros recém lançados. Neste trabalho pudemos comprovar isto, já que foi possível observar a resina composta de uso direto Z350 (3MESPE) demonstrando uma melhor resistência ao desgaste frente a dois outros materiais resinosos específicos para CAD/CAM recém lançados no mercado: Brava e Crios.

É importante ressaltar que os parâmetros de análise Ra e Rz mostraram um alto grau de similaridade nos resultados. Os coeficientes de correlação entre as rugosidades Ra e Rz obtiveram valores altos. Portanto, era de se esperar resultados semelhantes quanto às comparações de médias adotando-se Ra ou Rz como representativa da rugosidade do material. Sugerindo que, para avaliações futuras e com o intuito de facilitar a análise, somente um desses parâmetros fosse usado. E de preferência Ra.

Como esperado também, logo após o polimento inicial e previamente a escovação, o material de maior dureza EmpressCAD, mostrou uma maior dificuldade de polimento (Gráfico 10). O seu Ra de 0,20 foi significativamente maior do que todas as outras. As avaliações dos outros materiais restantes foram equivalentes entre si, e todas menores do que 0,10 mostrando padronização na técnica de polimento criada para este trabalho.

Interessante notar que apesar de não ter tido um polimento inicial satisfatório comparado com os concorrentes, o EmpressCAD, não apresentou após a escovação, aumento na sua rugosidade enquanto todos os outros materiais apresentaram aumento estatisticamente significante.

O outro material cerâmico, CEREC Blocs também apresentou um resultado superior frente aos outros materiais avaliados demonstrando compatibilidade com os achados de Ferracane[17] (2011), Nguyen et al.[49] (2012) e Quinn e Quinn[53] (2010), que verificaram uma resistência superior ao desgaste das cerâmicas frente aos compósitos.

Os materiais Crios, Brava e PMMA apresentaram, com maior intensidade, uma mudança em sua rugosidade. Com a avaliação pelo rugosímetro, o PMMA apresentou a pior média de rugosidade e provavelmente maior desgaste. Vale ressaltar que o

PMMA é baseado em resina acrílica e não possui carga em sua composição sendo indicado para confecção de trabalhos provisórios. Como mostrado na análise por EDS, este material não apresenta em sua composição partículas de carga, o que diminui significantemente a resistência ao desgaste. Outro detalhe observado tanto na microscopia confocal quanto na microscopia eletrônica de varredura são as porosidades inerentes ao método de confecção do PMMA (Figuras 20 e 22). Atualmente os blocos são fabricados com uma alta pressão, alta temperatura de polimerização resultando em um material com características mecânicas melhoradas (Nguyen et al.[49] ,2012)Mas nem todos os materiais resinosos possuem resultados similares.

Os achados desta pesquisa são condizentes com Zhi et al.[74], (2016), onde afirmam que a resina composta é uma opção promissora para a tecnologia CAD/CAM entretanto a resistência ao desgate ainda permanece uma preocupação primária. Em sua pesquisa de avaliação de desgaste do material restaurador contra antagonista de zircônia confirmou o resultado de estudos prévios que observaram a elevada resistência ao desgaste do Vitablocs Mark II que tem composição e estrutura idêntica ao Cerec Blocs avaliado neste estudo.

O que parece, é que não é possível generalizar os resultados das resinas compostas, pois supreendentemente, o material LAVA mostrou após a escovação com medição realizada pelo rugosímetro uma rugosidade equivalente aos materiais cerâmicos Empress CAD e CEREC. A maioria das pesquisas tem sido direcionadas em avaliar e encontrar a melhor partícula para melhorar a resistência ao desgaste, e o que foi encontrado foi que quanto mais fina a partícula melhor essa propriedade. Partículas finas se dispersam melhor pela massa orgânica levando a um menor espaço entre partículas protegendo assim a matriz resinosa (Drummond[15], 2008; Turssi et al.[69], 2005). Talvez isto seja uma das causas do bom desempenho do LAVA comparado com as cerâmicas avaliadas já que é um material composto de nanopartículas. Como observado pelo EDS tanto o Lava quanto a resina Z350 possuem um alto conteúdo de Zircônia, que pode ser responsável pela excelente resistência ao desgaste deste dois materiais comparados ao outro blocos de resina (Gráficos 4 e 5). Na avaliação com o MEV é possível perceber os aglomerados de partículas nanométricas e este tamanho reduzido de partículas também pode ser considerado um fator positivo em relação aos resultados encontrados. É claro que é válido lembrar que a resistência ao desgaste dos materiais resinosos depende da

proporção do conteúdo de carga, qualidade da interface entre carga e matriz e a extensão da polimerização da matriz resinosa (Zhi et al.[74], 2016).

Resultados similares foram encontrado por Awada e Nathanson[3] (2015) que avaliaram as propriedades mecânicas e a qualidade de borda de uma nova geração de materiais baseados em polímeros (Lava Ultimate - 3M ESPE, Enamic - Vita Zahnfabrik, Cerasmart - GC Dental Products e Paradigm MZ100 Block - 3M ESPE) e concluiu que eles apresentaram uma maior resistência flexural e módulo de resiliência comparados com os materiais cerâmicos (IPS Empress CAD - Ivoclar Vivadent AG, Vitablocs Mark II - Vita Zahnfabrik) além de apresentarem uma melhor qualidade de borda. Os resultados demonstrados pelo PMMA e LAVA são compatíveis com os achados de Kamonkhantikul et al.[28], (2014).

Outra dado interessante foi demonstrado pela resina composta de uso direto Z350 que produziu médias equivalentes e intermediárias aos materiais resinosos para CAD/CAM Crios e Brava, com as médias das duas últimas não diferindo significativamente da maior delas. Tendo em comum o mesmo fabricante e uma composição similar ao LAVA, era de se esperar um bom comportamento da resina de uso direto e assim foi. Nesta pesquisa ela obteve resultados muito similares aos blocos resinosos.

A nanotecnologia aplicada a compósitos tem como finalidade a produção de resinas com propriedades mecânicas melhoradas assim como as características estéticas devido ao tamanho reduzido das cargas bem como a distribuição das cargas. O tamanho reduzido e a larga distribuição dessas nanocargas permitem que uma maior quantidade seja acrescentada ao compósito e como consequência propriedades mecânicas como a contração de polimerização, a resistência a tração, a compressão, a fratura e ao desgaste sejam melhoradas (Beun et al.[8], 2007; Terry [65], 2004; Yap et al. [71] , 1998).

O compósito para restauração direta deste estudo, Z350 Filtek Supreme consiste de nanopartículas e nanoaglomerados de sílica e zircônia correspondendo a 82% em peso. Esses nanoglomerados vistos na figura 23 permitem que a quantidade de carregamento seja aumentada assim como permite melhorias nas propriedade mecânicas e na retenção do brilho. Essa capacidade de polimento e retenção deste polimento se deve a distribuição uniforme de partículas de sílica pré-polimerizadas e presentes na matriz orgânica (Garcia et al.[22], 2004). A presença de sílica também foi comprovada com a avaliação pelo EDS.

Outro fator determinante no processo de polimento é a característica de dureza das partículas que compõe o substrato assim como a das partículas que constituem o material abrasivo. Substratos que são constituídos predominantemente por partículas de carga de sílica são menos resistentes ao desgaste quando comparadas àqueles constituídos também por zircônia ou quartzo. Zircônia é um dos principais componentes inorgânicos dos materiais Z350 e LAVA Ultimate como pode ser observado nos Gráficos 4 e 5.

Outra informação obtida com a análise estatística é que não houve diferença significativa entre os resultados obtidos pelo rugosímetro e pelo microscópio confocal. A grande vantagem da análise confocal são as informações visuais obtidas na análise, entretanto é um método mais caro e complexo, além do que, depende de mão de obra qualificada para operar o equipamento. Portanto a avaliação com rugosímetro demonstra ser uma opção viável.

Com relação a avaliação da dureza do material, as cerâmicas mantiveram as suas características, ou seja, apresentaram um resultado extremamente superior em relação a resina composta e também em relação aos blocos resinosos. Todas as duas cerâmicas, tanto a feldspática CEREC Blocs quanto a feldspática reforçada por leucita apresentaram resultados semelhantes entre si. O teste de indentação tem se mostrado um grande mecanismo de predição da resistência ao desgaste de materiais restauradores (Mandikos et al.[40], 2001).

Uma informação relevante obtida pelo teste de microdureza Vickers foi que a rugosidade diminui intensamente conforme a microdureza aumenta no intervalo até 100 Vickers. Após esse valor, a rugosidade tende a se estabilizar em aproximadamente 0,35 Ra ou 3,4 Rz. Outra performance superior aos blocos resinosos foi obtida pela resina Z350, com exceção do bloco de LAVA que é do mesmo fabricante.

Mesmo possuindo características mecânicas inferiores comparadas com as cerâmicas, as resinas para CAD/CAM possuem uma característica muito importante que é a resistência a fratura de borda durante a fresagem, característica esta que é muito inferior nas cerâmicas que possuem a tendência a fraturarem nas bordas durante o processo de usinagem e esse dano provocado pelo processo de desbaste do bloco tende a se propagar podendo diminuir a vida útil destas restaurações (Nguyen et al.[49], 2012; Rekow[55], 2005; Yin et al.[72], 2006). Ruse e Sadoun[57] (2014)

também creditam uma vantagem aos compósitos para CAD/CAM que seria a possibilidade de reparo do material em caso de fratura ou lascamento.

A maioria das pesquisas tem sido direcionadas em avaliar e encontrar a melhor partícula para melhorar a resistência ao desgaste, e o que foi encontrado foi que quanto mais fina a partícula melhor essa propriedade. Partículas finas se dispersam melhor pela massa orgânica levando a um menor espaço entre partículas protegendo assim a matriz resinosa (Drummond[15], 2008; Turssi et al.[69], 2005).

As cerâmicas possuem qualidades excepcionais para restaurações dentais. Entretanto, quando empregadas em casos de reabilitações que necessitam de pequenas espessuras, preservação do elemento antagonista, reparabilidade, menor custo, elas ainda não são tão efetivas. Restaurações em resina composta feitas no sistema CAD/CAM oferecem um material de qualidade uniforme, reproduzível e de baixo custo de fabricação. Fácil de polir, fácil de fresar, não requerem sinterização, cristalização ou queima, além de serem reparáveis em boca. Direcionar pesquisas para a produção de blocos de resinas compostas que permitam ter uma maior resistência ao desgaste sem comprometer o antagonista parece ser uma ótima solução para um problema clínico atual.

7 CONCLUSÃO

1 - O material EmpressCAD, na fase pré-escovação, apresentou o pior polimento inicial de todos os materiais avaliados neste estudo.

2 - Com exceção do EmpressCAD, todas as amostras apresentaram aumento na rugosidade após a escovação.

3 - Os materiais Crios, Brava e PMMA apresentaram, com maior intensidade, uma mudança em sua rugosidade.

4 - Após a escovação, com medição realizada pelo rugosímetro, PMMA teve a maior média.

5 - Após a escovação, com medição realizada pelo rugosímetro, EmpressCAD, CEREC e LAVA apresentaram as menores medidas de rugosidade e eram equivalentes entre si.

6 - Os materiais Z350, Crios e Brava produziram médias equivalentes e intermediárias, com as médias das duas últimas não diferindo significativamente da maior delas.

7 - Não houve diferença significativa entre os resultados obtidos pelo rugosímetro e pelo microscópio confocal.

8 - Os coeficientes de correlação entre as rugosidades Ra e Rz mostraram valores altos. Portanto, pode se esperar resultados semelhantes quanto às comparações de médias adotando-se Ra ou Rz como representativa da rugosidade do material.

REFERÊNCIAS[1]

1. Al-Wahadni AM, Martin DM. An in vitro investigation into the wear effects of glazed, unglazed and refinished dental porcelain on an opposing material. J Oral Rehabil 1999; 26(5): 538-46.

2. Anusavice KJ. Materiais de acabamento e polimento. In: Anusavice KJ. Philips materiais dentários. 11.ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2005. p. 329-52.

3. Awada A, Nathanson D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. J Prosthet Dent. 2015; 114(5): 587-93.

4. Attia A, Abdelaziz KM, Freitag S, Kern M. Fracture load of composite resin and feldspathic all-ceramic CAD/CAM crowns. J Prosthet Dent. 2006; 95(1): 117-23.

5. Attia A, Kern M. Influence of cyclic loading and luting agents on the fracture load of two all-ceramic crown systems. J Prosthet Dent. 2004; 92(5): 551-6.

6. Aykent F, Yondem I, Ozyesil AG, Gunal SK, Avunduk MC, Ozkan S. Effect of different finishing techniques for restorative materials on surface roughness and bacterial adhesion. J Prosthet Dent. 2010; 103(2): 221-7.

7. Béhin P, Stoclet G, Ruse ND, Sadoun Ml. Dynamic mechanical analysis of high pressure polymerized urethane dimethacrylate. Dent Mater. 2014; 30(1): 728-34.

8. Beun S, Glorieux T, Devaux J, Vreven J, Leloup G. Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. Dent Mater. 2007; 23(1): 51–9.

9. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. Dent Mater. 1997; 13(4): 258-69.

10. Conrad HJ, Seong WJ, Pesun IJ. Current ceramic materials and sys- tems with clinical recommendations: a systematic review. J Prosthet Dent. 2007; 98(2): 389-404.

11. Chen HY, Hickel R, Setcos JC, Kunzelmann KH. Effects of surface finish and fatigue testing on the fracture strength of CAD-CAM and pressed-ceramic crowns. J Prosthet Dent. 1999; 82(3): 468-75.

12. Duret F. Empreinte optique. Lyon: Faculté d'Odontologie, Université Claude Bernard; 1973 400p.

13. Duret F, Preston JD. CAD/CAM imaging in dentistry. Curr Opin Dent. 1991; 1(2): 150-54.

[1]De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizaçao-atualizado.pdf

14. Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAD/CAM in dentistry. Dent Clin North Am. 2011; 55(3): 559-70.

15. Drummond JL. Degradation, fatigue, and failure of resin dental composite materials. J Dent Res. 2008; 87(8): 710-19.

16. Elossais AA. Avaliação comparativa in vitro da rugosidade superficial de resinas compostas submetidas a diferentes técnicas de polimento [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da Unesp; 2005.

17. Ferracane JL. Resin composite—state of the art. Dent Mater. 2011; 27(2): 29-38.

18. Ferracane JL. Resin-based composite performance: are there some things we can't predict? Dent Mater. 2013; 29(1): 51-8.

19. Flury S, Diebold E, Peutzfeldt A, Lussi A. Effect of artificial toothbrushing and water storage on the surface roughness and micromechanical properties of tooth-colored CAD-CAM materials. J Prosthet Dent. 2016; 30(2): 67-75.

20. Flury S, Peutzfeldt A, Lussi A. Influence of Surface Roughness on Mechanical Properties of Two Computer-aided Design/ Computer-aided Manufacturing (CAD/CAM) Ceramic Materials. Oper Dent. 2012; 37(6): 617-624.

21. Galhano GA, Pellizzer EP, Mazaro JV. Optical impression systems for CAD-CAM restorations. J Craniofac Surg. 2012; 23(6): 575-9.

22. Garcia FC, Wang L, D'Alpino PH, Souza JB, Araújo PA, Mondelli RF. Evaluation of the roughness and mass loss of the flowable composites after simulated toothbrushing abrasion. Braz Oral Res. 2004; 18(2):156–61.

23. Giordano R. Materials for chairside CAD/CAM-produced restorations. J Am Dent Assoc. 2006; 137(3): 14-21.

24. Güth JF, Zuch T, Zwinge S, Engels J, Stimmelmayr M, Edelhoff D. Optical properties of manually and CAD/CAM-fabricated polymers. Dent Mater. 2013; 32(4): 865-71.

25. Goujat A, Abouelleil H, Colon P, Jeannin C, Pradelle N, Deux D, Grosgogeat B. Mechanical properties and internal fit of 4 CAD-CAM block materials. J Prosthet Dent. 2017 May 26. [Epub ahead of print].

26. Heintze SD, Cavalleri A, Forjanic M, Zellweger G, Rousson V. Wear of ceramic and antagonist - a systematic evaluation of influencing factors in vitro. Dent Mater. 2008; 24(3): 433-49.

27. Hussain B, Thieu MK, Johnsen GF, Reseland JE, Haugen, HJ. Can CAD/CAM resin blocks be considered as substitute for conventional resins? Dent Mater. 2017; 33(2): 1362-70.

28. Kamonkhantikul K, Arksornnukit M, Takahashi H, Kanehira M, Finger WJ. Polishing and toothbrushing alters the surface roughness and gloss of composite resins. Dent Mater J. 2014; 33(3): 599-606.

29. Kamonkhantikul K, Arksornnukit M, Lauvahutanon S, Takahashi H. Toothbrushing alters the surface roughness and gloss of composite resin CAD/CAM blocks. Dent Mater J. 2016; 35(2): 225–32.

30. Kassem AS, Atta O, El-Mowafy O. Fatigue resistance and microleakage of CAD/CAM ceramic and composite molar crowns. J Prosthodont. 2012; 21(2): 28-32.

31. Kawai K, Urano M, Ebisu S. Effect of surface roughness of porcelain on adhesion of bacteria and their synthesizing glucans. J Prosthet Dent. 2000; 83(2): 664-67.

32. Kelvin Khng KY, Ettinger RL, Armstrong SR, Lindquist T, Gratton DG, Qian F. In vitro evaluation of the marginal integrity of CAD/CAM interim crowns. J Prosthet Dent. 2016; 115(5): 617-23.

33. Kois DE, Isvilanonda V, Chaiyabutr Y, Kois JC. Evaluation of fracture resistance and failure risks of posterior partial coverage restorations. J Esthet Restor Dent 2013; 25(2): 110-22.

34. Koizumi H, Saiki O, Nogawa H, Hiraba H, Okazaki T, Matsumura H. Surface roughness and gloss of current CAD/CAM resin composites before and after toothbrush abrasion. Dent Mater J. 2015; 34(6): 881-87.

35. Kurumari MC, Bhat MK, Bansal RJ. Evaluation of surface roughness of different restorative composites after polishing using atomic force microscopy. J Conserv Dent. 2016; 19(1): 56-62.

36. LAUVAHUTANON S, H TAKAHASHI H, SHIOZAWA M,IWASAKI N, ASAKAWA Y, OKI M, et al. Mechanical properties of composite resin blocks for CAD/CAM. Dent Mater J. 2014; 33(5): 705-10.

37. LAWSON NC, Bansal R, Burgess JO. Wear, strength, modulus and hardness of CAD/CAM restartiwe materials. Dent Mater. 2016; 32(11): 275-83.

38. Lebon N, Tapie L, Vennat E, Mawussi B. Influence of CAD/CAM tool and material on tool wear and roughness of dental prostheses after milling. J Prosthet Dent. 2015; 114(3): 216-24.

39. Leitão J, Hegdahl T. On the measuring of roughness. Acta Odontol Scand 1981; 39(6):379-84.

40. Mandikos MN, McGivney GP, Davis E, Bush PJ, Carter JM. A comparison of the wear resistance and hardness of indirect composite resins. J Prosthet Dent 2001. 85(2): 386-95.

41. Magne P, Knezevic A. Simulated fatigue resistance of composite resin versus porcelain CAD/CAM overlay restorations on endodontically treated molars. Quintessence Int. 2009; 40(4): 125-33.

42. McLaren EA. CAD/CAM dental technology: a perspective on its evolution and status. Compend Contin Educ Dent. 2011; 32(4): 74-5.

43. Mormann WH, Brandestini M, Lutz F, Barbakow F. Chairside computer-aided direct ceramic inlays. Quintessence Int. 1989; 20(4): 329-39.

44. Mormann WH. The evolution of the CEREC system. J Am Dent Assoc. 2006; 137(3): 7-13.

45. Motro PF, Kursoglu P, Kazazoglu E. Effects of different surface treatments on stainability of ceramics. J Prosthet Dent. 2012; 108(4): 231-7.

46. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. Dent Mater J. 2009; 28(2): 44-56.

47. Nambu T, Watanabe C, Tani Y. Influence of water on the transverse strength of posterior composite resins. Dent Mater J. 1991; 10(4):138-148.

48. Neale MJ. The tribology handbook. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heineman; 1973.

49. Nguyen JF, Migonney V, Ruse ND, Sadoun M. Resin composite blocks via high-pressure high-temperature polymerization. Dent Mater. 2012; 28(5): 592-34.

50. Özgünaltay G, Yazici AR, Görücü J. Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of new tooth-coloured restoratives. J Oral Rehabil. 2003; 30(2): 218-24.

51. Phan AC, Tang ML, Nguyen JF, Ruse ND, Sadoun M. High- temperature high-pressure polymerized urethane dimethacrylate— mechanical properties and monomer release. Dent Mater. 2014; 30(3): 350-56.

52. Quinn GD, Giuseppetti AA, Hoffman KH. Chipping fracture resistance of dental CAD/CAM restorative materials: part I-procedures and results. Dent Mater. 2014; 30(2): 99-111.

53. Quinn JB, Quinn GD. Material properties and fractography of an indirect dental resin composite. Dent Mater. 2010; 26(3): 589-99.

54. Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, Ambrosano GM. Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. Dent Mater. 2002; 19(3): 12-8.

55. Rekow D, Thompson VP. Near-surface damage-a persistent problem in crowns obtained by computer-aided design and manufacturing. Proc Inst Mech Eng H. 2005; 219(2): 233-43.

56. Ruddell DE, Maloney MM, Thompson JY. Effect of novel filler particles on the mechanical and wear properties of dental composites. Dent Mater. 2002; 18(4): 72-80.

57. Ruse ND, Sadoun MJ. Resin-composite blocks for Dental CAD/CAM applications. J Dent Res. 2014; 93(12): 1232-4.

58. Schlichting LH, Maia HP, Baratieri LN, Magne P. Novel-design ultra-thin CAD/CAM composite resin and ceramic occlusal veneers for the treatment of severe dental erosion. J Prosthet Dent. 2011; 105(2): 217-26.

59. Shembish FA, Tong H, Kaizer M, Janal MN, Thompson VP, Opdam NJ, et al. Fatigue resistance of CAD/CAM resin composite molar crowns. Dent Mater. 2016; 32(4): 499-509.

60. Seghi RR, Denry IL, Rosenstiel SF. Relative fracture toughness and hardness of new dental ceramics. J Prosthet Dent. 1995; 74(4): 145-50.

61. Spitznagel FA, Horvath SD, Guess PC, Blatz MB. Resin bond to indirect composite and new ceramic/polymer materials: a review of the literature. J Esthet Restor Dent. 2014; 26(6): 382-93.

62. Sripetchdanond J, Leevailoj C. Wear of human enamel opposing monolithic zirconia, glass ceramic, and composite resin: an in vitro study. J Prosthet Dent. 2014; 112(3): 1141-50.

63. Sturz CRC, Faber FJ, Scheer M, Rothamel D, Neugebauer J. Effects of various chair-side surface treatment methods on dental restorative materials with respect to contact angles and surface roughness. Dent Mat J. 2015; 34(6): 796–813

64. Tayra M, Gabrielli F, Candido MSM, Dinelli W, Fontana UF. Efeito do acabamento, material e tempo sobre a superfície da resina composta. RGO. 1985; 33(2): 143-50.

65. Terry DA. Direct applications of a nanocomposite resin system: Part 1 — The evolution of contemporary composite materials. Pract Proced Aesthet Dent. 2004; 16(2): 417–22.

66. Thornton I, Ruse ND. Characterization of nanoceramic resin composite and lithium disilicate blocks. J Dent Res. 2014. 12(2): 456-9.

67. Tsitrou EA, Northeast SE, Van Noort R. Brittleness index of machinable dental materials and its relation to the marginal chipping factor. J Dent. 2007; 35(4): 897-902.

68. Tsitrou EA, Helvatjoglu-Antoniades M, Van Noort R. A preliminary evaluation of the structural integrity and fracture mode of minimally prepared resin bonded CAD/CAM crowns. J Dent. 2010; 38(2): 16-22.

69. Turssi CP, Ferracane JL, Vogel K. Filler features and their effects on wear and degree of conversion of particulate dental resin composites. Biomaterials. 2005; 26 (2): 4932-7.

70. Vailati F, Bruguera A, Belser UC. Minimally invasive treatment of initial dental erosion using pressed lithium disilicate glass-ceramic restorations: a case report. Quintessence Dent Technol. 2012; 35(3): 65-78.

71. Yap AU, Sau CW, Lye KW. Effects of finishing/polishing time on surface characteristics of tooth-coloured restoratives. J Oral Rehabil. 1998; 25(1): 456–61.

72. Yin L, Song XF, Song YL, Huang T, Li J. An overview of in vitro abrasive finishing & CAD/CAM of bioceramics in restorative dentistry. Int J Mach Tool Manu. 2006; 46(3): 1013-26.

73. Zahran M, El-Mowafy O, Tam L, Watson PA, Finer Y. Fracture strength and fatigue resistance of all-ceramic molar crowns manufactured with CAD/CAM technology. J Prosthodont. 2008; 17(2): 370-7.

74. Zhi L, Bortolotto T, Krejci I. Comparative in vitro wear resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic materials. Prosthet Dent. 2016; 115(2):199-202.

Autorizo a reprodução deste trabalho

(Direitos de publicação reservados ao autor)

Araraquara, 28 de Março de 2018.

Maciel Eustáquio da Silva Júnior