

ANA LUÍSA BOTTA MARTINS DE OLIVEIRA

*Influência de soluções fluoretadas na estabilidade de
cor, rugosidade e dureza superficial de resinas
compostas em função do tempo.*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas da Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”- Área de Odontopediatria, para o título de Doutor.

Orientadora: Profa. Dra. Elisa Maria Aparecida Giro

Co-orientadora: Patrícia Petromilli Nordi Sasso Garcia

Araraquara

2012

ANA LUÍSA BOTTA MARTINS DE OLIVEIRA

Influência de soluções fluoretadas na estabilidade de cor, rugosidade e dureza superficial de resinas compostas em função do tempo.

COMISSÃO JULGADORA

TESE PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR

Presidente e Orientadora: Profa. Dra. Elisa Maria Aparecida Giro

2º. Examinador: Profa. Dra. Patrícia Aleixo dos Santos Domingos

3º. Examinador: Profa. Dra. Jaqueline Braga Barbosa Cerqueira-Leite

4º. Examinador: Prof. Dr. Victor Humberto Orbegoso Flores

5º. Examinador: Prof. Dr. Edson Alves Campos

Dados Curriculares

Ana Luísa Botta Martins de Oliveira

Nascimento: 04 de julho de 1982

Filiação: Caio Sérgio Martins de Oliveira

Maria Amélia Meirelles Botta Martins

2001/2004: Curso de Graduação – Faculdade de Odontologia de Araraquara/ UNESP

2005: Estágio de Atualização em Odontopediatria pela Faculdade de Odontologia de Araraquara/ UNESP

2006/2008: Curso de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, área de concentração Odontopediatria, nível Mestrado– Faculdade de Odontologia de Araraquara/ UNESP

2009: Pesquisadora visitante– Department of Comprehensive Care, Case Western Reserve University– CASE, EUA

2009/2010: Especialização em Saúde Coletiva pela Faculdade de Odontologia São Leopoldo Mandic

2011/2012: Estágio de Doutorado Sanduíche– Division of Restorative Sciences, University of Southern Califórnia/ USC, EUA

2008/2012: Curso de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, área de concentração Odontopediatria, nível Doutorado– Faculdade de Odontologia de Araraquara/ UNESP

Dedicatória

À **Deus**, por me guiar e mostrar o caminho,

Aos meus **pais**, Caio e Maria Amélia, por permitirem que eu o trilhasse, por meio de seus incentivos e virtuosos exemplos,

Aos meus **irmãos**, Caio e Ana Carolina, pela companhia na transposição dos desafios,

Ao **Fernando**, por tornar a caminhada mais feliz e segura.

Agradecimentos Especiais

À minha orientadora **Profa. Dra. Elisa Maria Aparecida Giro**, por depositar em mim sua confiança desde o início, aceitando o desafio de me orientar em uma área de pesquisa nova e diferente da sua. Agradeço muito por me apoiar em todas as minhas decisões, me incentivando com muita compreensão. Seu papel de orientadora não se restringiu apenas às atividades científicas, mas também, e principalmente, ao exemplo de seu grande coração. Esteve sempre presente e se mostrou muito disposta em colaborar, além de me acolher com paciência e carinho.

À minha querida co-orientadora e amiga **Profa. Dra. Patrícia Petromilli Nordi Sasso Garcia**, a quem eu considero uma segunda mãe. As palavras são insuficientes para expressar a minha gratidão pelo seu grande amor por mim, o qual nunca esperou retribuição e reconhecimento. Você me ensinou a caminhar pelo meio acadêmico, me orientando desde a graduação em meus primeiros passos durante a iniciação científica. Foi quem despertou em mim o interesse pela pesquisa e a minha vontade de ser professora, por meio de seus exemplos, me transmitindo ensinamentos que transpõem os científicos, abrangendo verdadeiras lições de vida. Com essa educadora maravilhosa aprendi que um sorriso ameniza as adversidades, que temos

força maior do que supomos para enfrentar os desafios, que uma pergunta possui mais que uma única resposta e que a melhor delas é a que nos faz mais felizes. Agradeço a Deus por conceder a dádiva de conviver com pessoa tão especial e singular. Obrigada por fazer parte da minha vida, me proporcionando a oportunidade de crescer profissionalmente e principalmente como ser humano.

Ao meu orientador no exterior **Prof. Dr. Jin-Ho Phark**, pelo seu imenso apoio e dedicação. Com muita paciência frente à minha dificuldade com a língua estrangeira, proporcionou o meu desenvolvimento profissional, além de ter sido um grande exemplo de um excelente pesquisador e professor, me honrando com sua orientação e ensinamento.

Ao **Prof. Dr. Sillas Duarte Júnior**, que me recebeu nos Estados Unidos não somente como integrante de sua equipe profissional, mas também como membro de sua família. Agradeço a valiosa oportunidade profissional que me ensinou a ser criteriosa e coerente no meio científico e também pelo conforto e acolhimento amigo.

Agradecimentos

À **Faculdade de Odontologia de Araraquara- UNESP**, representada pela diretora Profa. Dra. Andréia Affonso Barretto Montandon e pela vice-diretora Profa. Dra Elaine Maria Sgavioli Massucato.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas** da Faculdade de Odontologia de Araraquara- UNESP pela oportunidade de realizar o curso de doutorado.

Aos **professores da banca examinadora**: Profa. Dra. Jaqueline Braga Barbosa Cerqueira-Leite, Prof. Dr. Edson Alves de Campos, Prof. Dr. Victor Humberto Orbegoso Flores, Profa. Dra. Patricia Aleixo dos Santos Domingos por aceitarem prontamente meu convite e me darem a honra de fazerem parte da minha defesa de tese de doutorado.

Aos **professores da Disciplina de Odontopediatria**: Profa. Dra. Ângela Cristina Cilense Zuanon, Prof. Dr. Cyneu Aguiar Pansani, Profa. Dra. Elisa Maria Aparecida Giro, Prof. Dr. Fábio César Braga de Abreu e Lima, Profa. Dra. Lourdes Aparecida Martins dos Santos Pinto, Profa. Dra. Rita de Cássia Loiola Cordeiro e em especial à Profa. Dra. Josimeri Hebling, pela

atenção e pelos ensinamentos que muito enriqueceram meu crescimento profissional.

Aos **funcionários do Departamento de Clínica Infantil**, os quais realizam um trabalho valioso e indispensável.

Aos **funcionários e professores do Departamento de Odontologia Social**, pela acolhida carinhosa.

À **Profa. Dra. Juliana Alvares Duarte Bonini Campos** pela ajuda com prontidão, e pela imensa colaboração na estatística contribuindo para o aprimoramento deste trabalho.

Aos **funcionários da Pós-Graduação**, em especial à Mara Cândida Munhoz do Amaral, pelas orientações na condução das atividades e resolução de problemas, sempre pacientes e solícitos.

Aos **funcionários da Biblioteca**, que com muita simpatia, auxiliaram na obtenção dos artigos científicos e fornecimento de informações para finalização da tese.

Aos **Profs. Drs. Gelson Luis Adabo e Ana Lúcia Machado**, do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, por permitirem a utilização dos equipamentos disponíveis no laboratório de pesquisa deste departamento, para realização das leituras planejadas para este estudo.

À **CAPES** pelo financiamento das bolsas de doutorado e de estágio de doutorando no exterior (PDEE).

À **Case Western Reserve University**, em especial ao Department of Comprehensive Care, pela oportunidade de parceria na realização de pesquisas científicas.

À **Ostrow School of Dentistry, University of Southern California-USC**, por me aceitar como pesquisadora durante o meu estágio de doutorando no exterior.

Ao meu querido e eterno amigo **Eric Lumba**, que me acolheu como membro de sua família durante minha estadia nos Estados Unidos. A sua companhia e amizade foram fundamentais para minha adaptação e crescimento pessoal.

À amiga **Adriana Oliveira Carvalho**, pelo companheirismo e valiosa amizade.

À **Profa. Dra. Fabiana Varjão**, pela confiança em mim depositada, pelo carinho da sua família e por ter sido minha irmãzinha enquanto eu estive nos Estados Unidos.

À minha querida cunhada **Mariana**, pelo carinho e atenção, além de toda a disponibilidade em me ajudar.

À **Nilva**, que está sempre presente em minha família, com a sua dedicação e cuidado.

À minha maravilhosa **família**, em especial aos meus pais, os quais sempre enfrentaram com coragem e união as adversidades da vida, proporcionando-me uma educação repleta de bons exemplos, sendo espelhos para a minha aquisição de valores. São eles meus alicerces e os responsáveis pelas minhas conquistas.

Ao meu irmão, **Caio**, pela paciência e entusiasmo em me auxiliar em numerosos momentos, disponibilizando muito de seu tempo, sempre com muita atenção.

À minha irmã, **Ana Carolina**, a quem admiro muito e me espelho, agradeço o carinho, o amparo e a solidariedade.

Ao meu marido e melhor amigo, **Fernando**, por impulsionar meu crescimento com um amor incondicional. Obrigada por preencher minha vida com alegrias, pelo silêncio que diz quase tudo, pelo olhar que reconforta e por conhecer de longe meus pensamentos, apoiando-me sem mensurar esforços.

SUMÁRIO

RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	17
INTRODUÇÃO.....	20
PROPOSIÇÃO.....	24
CAPÍTULO 1.....	26
CAPÍTULO 2.....	57
CAPÍTULO 3.....	84
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	111
CONCLUSÃO.....	115
REFERÊNCIAS.....	118



RESUMO

Oliveira ALBM. Influência de soluções fluoretadas na estabilidade de cor, rugosidade e dureza superficial de resinas compostas em função do tempo [Tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2012.

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de soluções fluoretadas sobre a estabilidade de cor, a rugosidade e a dureza superficiais de diferentes resinas compostas, em curto e em longo prazo. Para isso, foram realizadas pesquisas científicas, apresentadas em três capítulos. Setenta e cinco espécimes de 10 mm de diâmetro e 2 mm de espessura foram confeccionados e polidos com discos de óxido de alumínio (Super-Snap[®], Shofu Dental Corp. Kyoto, Japão) em ordem decrescente de granulação. Os grupos experimentais foram divididos de acordo com o tipo de resina composta (nanoparticulada - Filtek Z350 XT, microhíbrida - Filtek Z250 e microparticulada - Durafill VS) e diferentes meios de imersão (saliva artificial, solução de fluoreto de sódio a 0,05%- manipulado, Fluordent Reach, Oral B, Fluorgard). Os espécimes permaneceram imersos em saliva artificial por 24 horas e foram submetidos à análise da cor, rugosidade e dureza iniciais. A partir disso, foram imersos nas diferentes soluções por 1 minuto ao dia durante 60 dias. Nos intervalos entre as imersões foram mantidos em saliva artificial a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Após esse período, foram submetidos às novas

avaliações de cor, rugosidade e dureza superficiais. Em sequência, foram realizados os procedimentos de envelhecimento artificial utilizando-se 20.000 ciclos de termociclagem, 1.200.000 ciclos de simulação de forças mastigatórias e imersão contínua nas soluções por 1825 minutos. Após estes processos, foram realizadas leituras finais para todas as propriedades avaliadas. Os dados obtidos, nos diferentes tempos, foram avaliados estatisticamente pela Análise de Variância. Para a estabilidade de cor, utilizou-se o teste de Tukey e para a rugosidade e a dureza superficiais, os testes de Tukey e de Sidak, ao nível de significância de 5%. A resina microparticulada apresentou a maior alteração de cor e rugosidade e a menor dureza superficial, seguida pelas resinas nanoparticulada e microhíbrida. O envelhecimento artificial também promoveu um aumento na rugosidade e alteração de cor das resinas e redução em sua dureza. As soluções fluoretadas não alteraram a rugosidade e a dureza das resinas compostas, porém a solução Fluogard apresentou diferença significativa na alteração de cor entre as demais soluções de imersão para as resinas Filtek Z350 XT e Z250. Concluiu-se que a estabilidade de cor, a rugosidade e a dureza superficiais foram dependentes do material e do tempo, porém não foram influenciados pelas soluções fluoretadas, com exceção do Fluogard que alterou a cor das resinas nanoparticulada e microhíbrida.

Palavras-chave: Resinas compostas; flúor; envelhecimento; cor; dureza.



ABSTRACT

Oliveira ALBM. Influence of fluoride solutions on color stability, surface roughness and hardness of composite resins, in short and long term [Tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2012.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the influence of fluoride solutions on color stability, surface roughness and hardness of different composite resins, in short and long term. Seventy-five specimens of 10mm diameter and 2mm thickness were made with composite resins and polished with aluminum oxide discs (Super-Snap[®], Shofu Dental Corp. Kyoto, Japan) in a decreasing order of granulation. Experimental groups were divided according to (1) composite resin (nanofilled- Filtek Z350 XT, microhybrid Filtek Z250 and microfilled - Durafill VS) and (2) different immersion media (artificial saliva, a manipulated 0.05% sodium fluoride solution, Fluordent Reach, Oral B, Fluogard). Specimens were kept in artificial saliva for 24 hours and submitted to color, roughness and hardness tests. From this period, specimens were immersed in the different solutions for 1 minute *per* day, during 60 days. In periods between immersions, specimens were kept in artificial saliva at 37⁰C ± 1⁰C. After that, the specimens were submitted to color, roughness and hardness analysis again. Then the artificial aging was carried out using 20,000 thermal cycles, 1,200,000 mechanical loading cycles and continuous immersion in the solutions for 1825 minutes. After the artificial aging,

specimens were submitted to color stability, roughness and hardness tests. The obtained data for different periods were submitted to ANOVA. The color change data were evaluated by Tukey test. Surface roughness and hardness data were submitted to Tukey and Sidak tests, both at 5% significance. The highest color change and surface roughness were observed with the microfilled composite resin, followed by the nanofilled and microhybrid resin. Besides that, the lowest hardness also was obtained with the microfilled resin. The artificial aging promoted an increase of roughness and color change and a decrease of hardness for all composites. The fluoride solutions did not have influence to the hardness and the roughness of composite resins. The Fluogard solution changed the color of Filtek Z350 XT e Z250 resins. It was concluded that the color stability, surface roughness and hardness were modified according to material and time. However, these properties were not influenced by fluoride solutions, except by Fluogard that changed the color of nanofilled and microhybrid resins.

Keywords: Composite resins; fluorine; aging; color; hardness.



INTRODUÇÃO

Introdução

As resinas compostas são amplamente empregadas em restaurações onde a estética é fundamental. Porém, diversos fatores podem interferir nas suas propriedades e limitar sua longevidade^{1,20,22}.

No que diz respeito às propriedades ópticas, o processo de alteração de cor da resina composta está relacionado a uma etiologia multifatorial^{8,15,20}. Fatores intrínsecos, como a composição química do material restaurador^{15,20,22}, ou extrínsecos, como os hábitos do paciente¹ e os procedimentos de acabamento e polimento^{1,8}, podem promover alteração de cor das resinas compostas.

Com relação às características do material, o tamanho e o percentual de partículas de carga, o tipo de matriz orgânica e o grau de conversão polimérica, podem determinar diferenças no seu comportamento estético^{9,21}.

Entre os hábitos do paciente, destacam-se a dieta²⁵, a higiene bucal e o uso rotineiro de soluções para bochecho. Com relação às soluções para bochecho, as de fluoreto de sódio a 0,05%, apesar de serem importantes aliadas na remineralização das estruturas dentárias, apresentando, portanto, indicação para pacientes de alto risco à cárie, podem promover alteração de cor de materiais restauradores estéticos^{3,10}.

Com relação às propriedades físicas dos materiais restauradores, a rugosidade superficial deve ser observada, uma vez que as superfícies rugosas contribuem para o acúmulo de microrganismos, detritos e corantes^{22,28-29}, que além de causarem irritação gengival, aumento do risco à cárie secundária e diminuição do brilho, podem ocasionar também a descoloração e/ ou degradação superficial do material. Assim como a rugosidade, a dureza superficial é uma propriedade física relevante que também está relacionada com degradação superficial e com o comprometimento da restauração, quando da sua diminuição ao longo do tempo^{1,7,24}.

O estudo da alteração das propriedades ópticas e físicas das resinas compostas vem sendo foco de amplas investigações nos últimos anos, verificando-se na literatura que muitos trabalhos^{2,13-14,18-19,23,27,30} realizam avaliações em curto e/ou em longo prazo lançando mão de diferentes metodologias para esse fim, como o uso de luz ultra-violeta, a imersão em soluções e a termociclagem^{2,13,14,23,27,30}. Entretanto, são escassos os trabalhos que além de aliar diversas técnicas de envelhecimento artificial, associam também a tensão mecânica presente nas forças mastigatórias em suas avaliações.

Frente ao exposto e considerando a grande utilização de soluções fluoretadas na prática odontológica, estudos que associem uma avaliação em curto e em longo prazo, do efeito dessas soluções sobre os materiais

restauradores comumente utilizados em Odontologia, são pertinentes e importantes.



Proposição

O presente trabalho propôs-se avaliar o efeito, em curto e em longo prazo, de soluções fluoretadas a 0,05% para bochecho na estabilidade de cor, rugosidade e dureza superficiais de diferentes resinas compostas. Para isso, foram realizadas pesquisas científicas, apresentadas em três capítulos:

Capítulo 1- “Estabilidade de cor de resinas compostas expostas a diferentes soluções fluoretadas em função do tempo”.

Capítulo 2- “Análise da rugosidade superficial de resinas compostas: influência do tipo de material, das soluções fluoretadas e do tempo”.

Capítulo 3- “Avaliação em longo prazo da influência dos meios de imersão na dureza superficial de diferentes resinas compostas”.



CAPÍTULO 1

Estabilidade de cor de resinas compostas expostas a diferentes soluções fluoretadas
em função do tempo

Ana Luísa Botta Martins de Oliveira,¹ Patrícia Petromilli Nordi Sasso Garcia,² Juliana Álvares Duarte Bonini Campos,² Jin-Ho Phark,³ Sillas Duarte Jr,³ Elisa Maria Aparecida Giro⁴

¹ Pós-graduanda (nível doutorado) do Departamento de Clínica Infantil, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP.

² Professora Adjunta Doutora do Departamento de Odontologia Social, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP.

³ Professor Associado Doutor do Departamento de Odontologia Restauradora, Ostrow School of Dentistry, USC.

⁴ Professora Adjunta Doutora do Departamento de Clínica Infantil, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP.

Endereço:

A/C Ana Luísa Botta Martins de Oliveira
Rua: Orlando Damiano, 2281 – Centro
CEP: 13560-450 São Carlos, SP, Brasil
Telefone: (16) 34111764

Email: analuisabotta@hotmail.com

De acordo com as normas de publicação do periódico Operative Dentistry, disponíveis no site:

<http://www.jopdent.com/authors/authors.php>

Estabilidade de cor de resinas compostas expostas a diferentes soluções fluoretadas
em função do tempo

Estabilidade de cor de resinas compostas

Relevância Clínica

Resinas compostas podem ser susceptíveis à alteração de cor o que compromete sua longevidade.

Resumo

Este estudo avaliou o efeito, em curto e em longo prazo, de soluções fluoretadas na estabilidade de cor de resinas compostas. Foram confeccionados espécimes (n= 75) medindo 10 mm X 2 mm, sendo a amostra acabada e polida com discos Super-Snap[®]. Os grupos experimentais foram divididos de acordo com o tipo de resina composta (nanoparticulada - Filtek Z350 XT, microhíbrida - Filtek Z250 e microparticulada - Durafill VS) e diferentes meios de imersão (saliva artificial, solução de fluoreto de sódio a 0,05%- manipulado, Fluordent Reach, Oral B, Fluorgard). Os espécimes permaneceram em saliva artificial por 24 horas e foram submetidos à análise inicial da cor no espectrofotômetro pelo sistema CIELab. A partir disso, foram imersos nas soluções por 1 minuto diariamente, durante 60 dias e submetidos a uma nova leitura de cor (T60). Em sequência, o envelhecimento artificial (20.000 ciclos de termociclagem, 1.200.000 ciclos de simulação de forças mastigatórias e posterior imersão contínua nas soluções por 1825 minutos) foi realizado e após este processo, foram feitas leituras

finais de cor (T_{final}). Os dados foram submetidos à Análise de Variância para medidas repetidas mista e ao teste de Tukey com nível de significância de 5%. Observou-se que a estabilidade de cor foi material dependente, sendo a resina microparticulada a que apresentou maior alteração. Após o envelhecimento artificial, maiores valores de alteração de cor foram observados para todas as resinas sendo esta perceptível clinicamente apenas para a Durafill VS. A solução Fluorgard determinou diferença significativa na alteração de cor da Filtek Z350 XT e Z250.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as resinas compostas têm sido amplamente utilizadas na prática odontológica em função da grande valorização da estética por parte dos pacientes e à própria melhoria do material. Entretanto, esse material ainda apresenta algumas deficiências como sorção de água,¹ susceptibilidade ao manchamento superficial² entre outras, que afetam a sua estabilidade de cor e interferem na sua longevidade, comprometendo a qualidade e a integridade da restauração

O manchamento superficial possui uma etiologia multifatorial com associação de fatores intrínsecos, como composição química do material,³⁻⁶ e fatores extrínsecos, como má higiene bucal,⁷ uso rotineiro de soluções para bochecho,⁸⁻¹¹ dieta com ingestão de agentes pigmentantes^{7, 12-14} e a ausência ou técnica inapropriada de procedimentos de acabamento e polimento.¹⁵

A alteração de cor do material restaurador também está relacionada ao tempo, sendo o estresse físico-químico à que ele é submetido no processo de envelhecimento,^{2,5,6,12} o responsável pela origem de microtrincas na interface da matriz

orgânica e carga inorgânica, o que favorece a penetração de corantes e também a degradação superficial, tornando-o mais susceptível ao manchamento.^{16,17}

Quanto às características do material restaurador, o tipo de matriz orgânica,³ tamanho da partícula de carga e sua porcentagem na composição,⁴⁻⁶ além da lisura da superfície¹⁸ e sorção de água^{1,19} têm influência sobre suas propriedades ópticas.

Segundo Dietschi e colaboradores¹ os materiais que apresentam maior sorção de água tendem a absorver mais pigmentos porque a água pode conduzir o corante para o interior do material fazendo com que este se manche mais intensamente.

Com relação aos fatores extrínsecos, o uso rotineiro de soluções fluoretadas para bochecho diário, prescrito ou não, pode causar interferências na cor das restaurações devido à sua composição.²⁰

Com base nessa problemática, estudos que tornem segura a prescrição diária de soluções fluoretadas, utilizadas para prevenção de lesões de cárie em pacientes de alto risco, em função do tipo de material restaurador selecionado pelo cirurgião-dentista, com vistas à estabilidade de cor, são necessários e pertinentes.

A partir disso, o presente estudo propôs avaliar o efeito, em curto e em longo prazo, de soluções fluoretadas na estabilidade de cor de diferentes resinas compostas.

MATERIAL E MÉTODO

Materiais utilizados

As resinas utilizadas no presente estudo estão apresentadas no Quadro 1 e os meios de imersão no Quadro 2.

Quadro 1 – Identificação e características das resinas compostas empregadas no estudo.

Material	Fabricante	Tipo	Matriz orgânica	Partículas inorgânicas (Tamanho médio e porcentagem em peso)	Cor	Lote
Filtek Z350 XT	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA	Nanoparticulada	Bis-GMA Bis-EMA UDMA TEGDMA	Sílica de 20 nm não aglomerado, Zircônia de 4 a 11µm não aglomerado, e carga combinada de sílica/zircônia agregada (78,5%)	B1E	1028500124
Filtek Z250	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA	Microhíbrida	Bis-GMA Bis-EMA UDMA	Partículas de carga de 0,6 µm Zircônia e Sílica (60%)	B1	N163110BR
Durafill VS	Heraeus Kulzer Wehrheim, Alemanha	Microparticulada	Bis-GMA UDMA TEGDMA	Partículas de carga de 0,04 µm Dióxido de Silício (43%)	B1	010206

Abreviaturas: Bis-GMA: bisfenol-glicidil-dimetacrilato; Bis-EMA: bisfenol-etildimetacrilato; UDMA: uretana dimetacrilato; TEGDMA: tri-etileno-glicol dimetacrilato.

Quadro 2 – Identificação e características dos meios de imersão empregados no estudo.

Solução	Fabricante	Sabor	Cor	Composição	pH
Saliva Artificial	Farmácia Santa Paula, Araraquara, SP, Brasil	Sem sabor	Incolor	Cloreto de potássio (0,96 g), cloreto de sódio (0,67 g), cloreto de magnésio (0,04 g), fosfato de potássio (0,27 g), cloreto de cálcio (0,12 g), nipagin (0,01 g), nipasol (0,1 g), carboxil metil celulose (8,0g), sorbitol (24,0 g) e água (1000 ml).	7,00
Fluoreto de Sódio Manipulado	Farmácia Santa Paula, Araraquara, SP, Brasil	Sem sabor	Incolor	Fluoreto de Sódio a 0,05%	5,36
Fluordent Reach	Johnson & Johnson, São José dos Campos, SP, Brasil	Menta	Verde	Fluoreto de Sódio a 0,05%, Água, Glicerina, Álcool Etílico, Poloxamer 407, Metilparabeno, Aroma de Menta, Fosfato de Sódio Dibásico, Sucralose, Fosfato de Sódio Monobásico, Cloreto de Cetilpiridínio, Propilparabeno, Corante Amarelo Alimento 5, Corante Azul FD&C n.º 1	6,96
Oral B	Gillette, São Paulo, SP, Brasil	Hortelã	Azul	Fluoreto de Sódio a 0,05%, Água, Glicerina, PEG-40 Óleo de Rícino Hidrogenado, Metilparabeno, 0,053% de Cloreto de Cetilpiridínio Monohidratado, Sacarina Sódica, Benzoato de Sódio, Propilparabeno, Azul FD&C n.º 1	5,41
Fluorgard	Colgate, São Bernardo do Campo, SP, Brasil	Cereja	Vermelho	Fluoreto de Sódio a 0,05%, Água, Sorbitol, Polisorbato 20, Sorbato de Potássio, Bifosfato de Sódio, Ácido Fosfórico, Corante vermelho, Composição Aromática	4,13

Delineamento experimental

Esta pesquisa consiste de estudo experimental duplo-cego. Como variável dependente tem-se a estabilidade de cor e como variáveis independentes o tipo de resina composta (3 níveis: nanoparticulada, microhíbrida e microparticulada), os meios de imersão (5 níveis: saliva artificial, fluoreto de sódio a 0,05% manipulado, Fluordent Reach, Oral-B e Fluorgard) e o tempo de avaliação (3 níveis: inicial - *baseline*, 60 dias de imersão nas soluções (T60) e após o envelhecimento artificial (Tfinal), sendo a imersão em saliva artificial nas primeiras 24 horas considerada como *baseline*. Da associação entre as variáveis tipo de resina e meios de imersão, foram obtidos quinze grupos experimentais (n=5).

Os espécimes foram divididos em cada grupo experimental de forma casual, utilizando-se uma tábua de números aleatórios, na tentativa de que possíveis erros fossem distribuídos uniformemente.

O esquema da metodologia desde a confecção dos espécimes até a realização das leituras está representado na Figura 1.

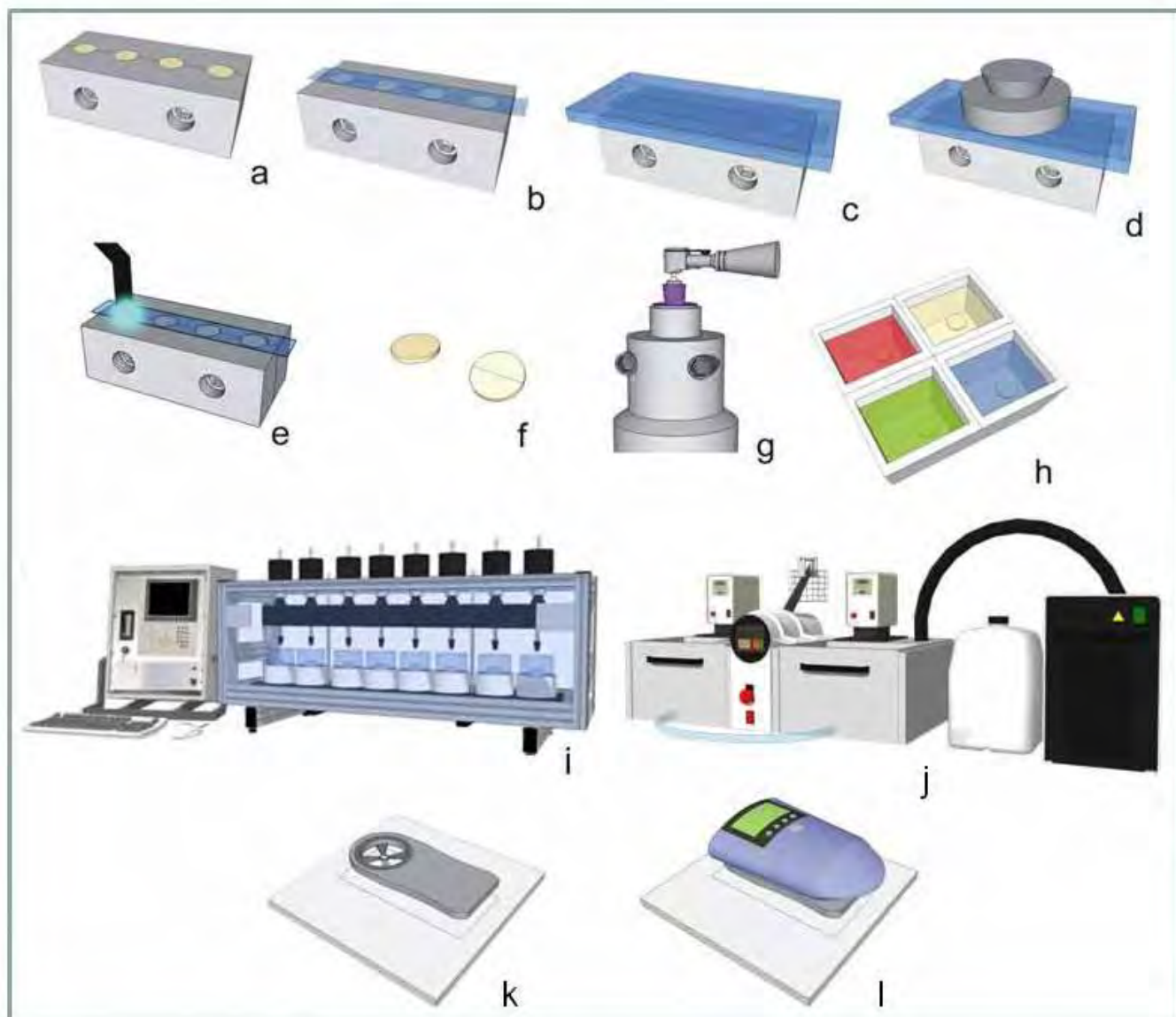


Figura 1- Esquema da metodologia: a) inserção da resina composta em único incremento na matriz bipartida, b) posicionamento da matriz de poliéster, c) colocação da placa de vidro, d) aplicação do peso de 1kg por 30 segundos, e) remoção do conjunto placa-peso e fotopolimerização através da matriz de poliéster, f) espécimes demarcados no verso devido à ranhura da matriz bipartida, g) procedimento de acabamento e polimento na matriz com regulagem central de altura, h) procedimentos de imersão, i/j) procedimentos de envelhecimento artificial, k) anteparo e placa branca posicionados sobre o azulejo, l) leitura da alteração de cor.

Preparo dos espécimes, procedimentos de imersão e envelhecimento artificial

Espécimes medindo 10 mm de diâmetro e 2 mm de espessura foram confeccionados utilizando-se uma matriz de aço inoxidável hemiseccionada.^{21,22} Em temperatura controlada ($23 \pm 1^\circ\text{C}$), a resina composta foi acomodada no interior da matriz em um único incremento sobre o qual foi colocada uma tira de poliéster (K-Dent – Quimidrol, Com. Ind. Importação Ltda, Joinville, SC, Brasil), uma placa de vidro e um peso de 1kg para permitir o escoamento do excesso do material e deixar a superfície lisa e padronizada.⁷ Após 30 segundos, o peso e a placa de vidro foram removidos e a resina foi fotoativada por 40 segundos usando o aparelho de luz halógena Curing Light XL 3000 (3M Dental Products Division, St. Paul, MN, EUA), com irradiância de $530\text{mW}/\text{cm}^2$, constantemente monitorada por um radiômetro (Curing Radiometer Model 100- Demetron Research Corp, Danbury, CT, EUA).

Em seguida, os espécimes foram posicionados em uma matriz bipartida com regulagem central de altura²² e foram submetidos aos procedimentos de acabamento e polimento com discos de óxido de alumínio Super-Snap[®] (Shofu Dental Corp. Kyoto, Japão), em sequência decrescente de granulação, acoplados a um contra-ângulo em baixa velocidade. Cada disco foi utilizado sobre a superfície umedecida por um período de 15 segundos,²³ com uma pressão padronizada em 2kg.

Entre um disco e outro, os espécimes foram lavados com jatos de ar-água por 5 segundos, e ao final do processo, foram levados ao ultra-som (Ultrasonic Cleaner 1440 Plus; Odontobrás – Comércio de Eq. Médicos-Odontológicos LTDA, Ribeirão Preto, SP, Brasil) contendo água, por 30 minutos, com o objetivo de remover as impurezas depositadas sobre a superfície.

Os espécimes foram armazenados em saliva artificial em estufa bacteriológica (EBC1-Odontobrás– Comércio de Eq. Médicos-Odontológicos LTDA, Ribeirão Preto, SP, Brasil), sendo mantidos à temperatura de $37 \pm 1^\circ\text{C}$, por 24 horas.

Em seguida, foi realizada a medida de cor inicial (*baseline*) e iniciada a fase de imersão nas soluções fluoretadas. Para isso, foram utilizados 5 ml da solução fluoretada para cada espécime, por um minuto com agitação manual. Após a imersão, os mesmos foram lavados em água destilada e recolocados em saliva artificial e estufa a de $37^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$. Os espécimes do grupo controle foram retirados da estufa e imersos em nova saliva artificial por um minuto diariamente a fim de simular condições de imersão semelhantes às dos grupos experimentais.

Estes procedimentos foram repetidos diariamente por um período de 60 dias para todos os grupos. Após este período, foi realizada a segunda medida de cor em todos os espécimes (T60).

Na sequência, eles foram submetidos à ciclagem térmica com o procedimento de envelhecimento artificial (Thermocycler THE1100, SD Mechatronik GmbH, Munique, Alemanha) em água nas temperaturas de 5°C e 55°C , com permanência de 30 segundos, para simular as alterações térmicas no meio bucal totalizando 20.000 ciclos. A seguir, os espécimes foram submetidos ao esforço de aplicação de carga em aparelho simulador de mastigação (Chewing simulator CS-3, SD Mechatronik GmbH, Feldkirchen-Westerham, Alemanha), totalizando 1.200.000 ciclos com carga de 50N e frequência de 1,6Hz. Este método representa 5 anos de atividade clínica mastigatória das restaurações.²⁴ A fim de simular o efeito das soluções fluoretadas pelo mesmo período, os espécimes foram imersos nas soluções por 1825 minutos de forma

contínua. Após, os espécimes foram submetidos a terceira e última medida de cor (T_{final}).

Avaliação da estabilidade de cor

As leituras de cor nos três tempos (inicial-baseline, T₆₀ e T_{final}) foram realizadas pelo Espectrofotômetro de Colorimetria (Color guide 45/0, PCB 6807 BYK-Gardner GmbH Geretsried, Alemanha), pelo Sistema CIELab definido pela CIE (Commission Internationale de l'Eclairage), com comprimento de onda variando de 400nm a 700nm, por meio de transmissão direta, com iluminação padrão D65 sobre fundo branco,^{2,25,26} por um pesquisador devidamente calibrado ($\rho_L = 0,90$; $\rho_a = 0,75$; $\rho_b = 0,95$).

O aparelho foi calibrado previamente às leituras, e cada espécime foi posicionado no anteparo do aparelho sobre um azulejo branco, em uma placa de acrílico branco leitoso de 15 cm de comprimento, 7 cm de largura e 2 mm de espessura, com orifício central de 10 mm de diâmetro, para padronização da leitura de cor.

Foram calculados o ΔL^* , Δa^* e Δb^* que são as diferenças nos valores L^* , a^* e b^* entre o *baseline* e 60 dias de imersão nas soluções ou após o envelhecimento. A variação total de cor (ΔE) foi calculada utilizando-se a fórmula:²⁷

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

Análise estatística dos dados

A comparação das médias de alteração de cor (ΔE) segundo tipo de resina utilizada e solução de imersão nos diferentes tempos (T₆₀ e T_{final}) foi realizada por meio de Análise de Variância para medidas repetidas mista. A comparação múltipla foi

realizada pelo teste de Tukey. Para tomada de decisão utilizou-se o nível de significância de 5%.

RESULTADOS

A média e o desvio-padrão da alteração de cor e da luminosidade (ΔE , ΔL) dos espécimes, segundo meio de imersão, tipo de resina composta e tempo, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Média e desvio-padrão da diferença de cor (ΔE) e de luminosidade (ΔL) dos espécimes segundo solução de imersão, tipo de resina composta e tempo.

Tempo	Solução	Filtek Z350 XT		Filtek Z250		Durafill VS	
		ΔE	ΔL	ΔE	ΔL	ΔE	ΔL
T60	Saliva	1,01±0,54	-0,18±1,18	0,85±0,15	-0,16±0,22	0,77±0,24	0,24±0,76
	Manipulado	1,49±1,15	-1,16±1,47	0,71±0,17	0,17±0,27	0,88±0,43	-0,27±0,57
	Fluorident Reach	1,35±0,46	-1,01±0,44	0,68±0,46	0,04±0,62	0,66±0,52	-0,01±0,57
	Oral B	1,20±0,35	-1,12±0,37	0,88±0,26	0,08±0,32	0,90±0,24	-0,48±0,60
	Fluorgard	1,60±0,65	-1,06±1,00	0,62±0,09	0,15±0,34	0,86±0,36	0,12±0,89
Tfinal	Saliva	1,25±0,40	-0,82±0,75	3,30±0,63	-2,45±0,74	5,19±0,56	-2,96±0,83
	Manipulado	2,01±0,74	-1,29±0,56	2,54±1,06	-1,89±0,84	4,10±0,29	-1,57±1,71
	Fluorident Reach	1,31±0,30	-0,95±0,45	2,49±0,64	-1,78±0,64	3,83±2,09	-2,29±1,73
	Oral B	2,48±1,35	-2,31±1,36	1,77±0,43	-0,42±0,45	4,02±1,05	-2,59±0,56
	Fluorgard	2,27±1,42	-1,52±1,84	1,38±0,58	-0,93±0,22	3,49±0,82	-1,72±1,56

Observa-se que no período de 60 dias de imersão dos espécimes nas diferentes soluções, a resina Filtek Z350 XT foi a que apresentou maiores valores de alteração de cor (ΔE) e tendência ao escurecimento com valores de luminosidade (ΔL) negativos, independentemente da solução de imersão avaliada. Após o processo de envelhecimento acelerado, observa-se que todas as resinas estudadas apresentaram um aumento dos valores de alteração de cor (ΔE) e uma tendência de diminuição de luminosidade (ΔL), independentemente das soluções avaliadas, sendo a resina Durafill VS aquela que obteve os maiores valores.

Na Tabela 2 está a Análise de Variância para alteração de cor (ΔE) entre as medidas repetidas.

Tabela 2. Resumo da Análise de Variância para alteração de cor (ΔE) entre as medidas repetidas (*Whitin-Subjects*).

Fonte	DF	SS	MS	F	P	η_p^2	π
Tempo	1	121,338	121,338	195,880	<0,001	0,766	1,000
Tempo*solução	4	4,122	1,030	1,663	0,170	0,100	0,481
Tempo*material	2	49,357	24,678	39,839	<0,001	0,570	1,000
Tempo*solução*material	8	7,782	0,973	1,570	0,153	0,173	0,643
Resíduo	60	37,167	0,619				

Verificou-se diferença significativa para o fator tempo e na interação tempo e material.

A média e desvio-padrão de alteração de cor (ΔE) segundo tempo e tipo de resina composta estão representados na Tabela 3.

Tabela 3. Média e desvio-padrão de alteração de cor (ΔE) segundo tempo e tipo de resina composta.

Tempo	Resina		
	Filtek Z350 XT	Filtek Z250	Durafill VS
T60	1,33±0,66 ^{a,A}	0,75±0,26 ^{b,A}	0,81±0,35 ^{b,A}
Tfinal	1,87±1,02 ^{a,B}	2,30±0,93 ^{a,B}	4,13±1,20 ^{b,B}

^{a,A} letra minúscula identifica comparação entre colunas e maiúscula entre linhas
^{a,b,c} letras iguais indicam similaridade estatística

Considerando-se os dois níveis de tempo, observou-se diferença estatisticamente significativa na média de alteração de cor das três resinas avaliadas, sendo que no T60 a resina composta Filtek Z350 XT apresentou comportamento de alteração de cor estatisticamente diferente e maior que a Filtek Z250 e a Durafill VS. No tempo final, após o envelhecimento em longo prazo, a Durafill VS foi a que apresentou a maior alteração de cor, estatisticamente diferente das demais. Considerando-se os três níveis de material, observou-se diferença estatisticamente significativa na média de alteração de cor dos dois tempos avaliados, sendo o tempo final, o que apresentou maiores valores de alteração de cor (ΔE).

Na Tabela 4 encontra-se a Análise de Variância para alteração de cor (ΔE) entre os fatores independentes.

Tabela 4. Resumo da Análise de Variância para alteração de cor (ΔE) entre os fatores independentes (*Between-Subjects*).

Fonte	DF	SS	MS	F	P	η_p^2	π
Solução	4	2,853	0,713	1,381	0,251	0,084	0,405
Material	2	27,798	13,899	26,920	<0,001	0,473	1,000
Solução*Material	8	12,338	1,542	2,987	0,007	0,285	0,931
Resíduo	60	30,978	0,516				

Observou-se diferença significativa para o fator material e na interação material e solução.

A média e desvio-padrão de alteração de cor (ΔE) segundo solução e material estão na Tabela 5.

Tabela 5. Média e desvio-padrão de alteração de cor (ΔE) segundo solução e material.

Solução	Resina		
	Filtek Z350 XT	Filtek Z250	Durafill VS
Saliva	1,13±0,47 ^{a,A}	2,07±1,36 ^{a,b,A}	2,98±2,36 ^{b,A}
Manipulado	1,75±0,95 ^{a,A}	1,63±1,20 ^{a,A}	2,49±1,73 ^{a,A}
Fluordent Reach	1,33±0,37 ^{a,A}	1,58±1,09 ^{a,A}	2,24±2,20 ^{a,A}
Oral B	1,84±1,15 ^{a,A}	1,33±0,57 ^{a,A}	2,46±1,79 ^{a,A}
Fluorgard	1,94±1,10 ^{a,B}	1,00±0,56 ^{a,B}	2,17±1,51 ^{a,A}

^{a,A} letra minúscula identifica comparação entre colunas e maiúscula entre linhas

^{a,b,c} letras iguais indicam similaridade estatística

Considerando-se os cinco níveis de solução, verificou-se diferença significativa na alteração de cor apenas para a resina Filtek Z350 XT em relação à resina Durafill VS, quando imersas em saliva artificial. Tomando-se como base os três tipos de material, observou-se diferença significativa entre

o Fluorgard e as demais soluções de imersão para as resinas Filtek Z350 XT e Z250.

DISCUSSÃO

A resina composta é o material restaurador direto mais utilizado em restaurações estéticas devido à sua capacidade de reprodução da cor e da translucidez semelhante à estrutura dental.²⁸. Assim, o seu sucesso, entre vários fatores, está relacionado à estabilidade de cor.^{15,29}

Entretanto, apesar da grande evolução e aperfeiçoamento que esses materiais sofreram nos últimos anos, eles ainda são susceptíveis ao manchamento,² sendo esta uma das principais causas de substituição de restaurações confeccionadas com esse material.^{30,31}

Fatores intrínsecos³⁻⁶ e extrínsecos^{8-12,25,32} podem ser apontados como responsáveis pela alteração de cor da resina composta, sendo o tempo colaborador neste processo. Frente a isso, este estudo objetivou avaliar a influência do fator intrínseco “tipos de material” e dos extrínsecos “meios de imersão” e “tempo”, por meio da associação de diversos métodos de envelhecimento, sobre a alteração de cor de resinas compostas em curto e em longo prazo.

Observou-se que o tempo foi fator significativo na alteração de cor das diferentes resinas compostas avaliadas, sendo maiores valores encontrados para todos os materiais no tempo final, ou seja, após os procedimentos de envelhecimento artificial.

Outros autores, utilizando-se de diferentes metodologias, também observaram que após o procedimento de envelhecimento artificial, houve alteração de cor do material estudado.^{2,5,6,12}

Sabendo-se que há uma degradação do material restaurador ao longo do tempo, a avaliação do seu desempenho em longo prazo torna-se de extrema importância. Na literatura, diversas são as técnicas utilizadas, *in vitro*, para a simulação do envelhecimento e entre elas pode-se citar a aplicação de luz ultra-violeta, estocagem em diferentes soluções por diferentes períodos e a termociclagem.^{2,5,6,12,33,34} Porém, são escassos os estudos que simulam o envelhecimento de um material restaurador em curto e longo prazo, com associação de diferentes métodos. Assim, o presente trabalho, avaliou, *in vitro*, de forma inovadora, o comportamento de diferentes tipos de resina ao longo do tempo associando diversos métodos de envelhecimento artificial. Desta maneira, além da ação química (imersão em diferentes soluções) e física (termociclagem usando diferentes temperaturas), a tensão mecânica, atribuída às forças mastigatórias, também foi simulada neste estudo, a qual correspondeu a um envelhecimento de cerca de 5 anos.²⁴

Pode-se observar que na avaliação em curto prazo, 60 dias, a resina composta Filtek Z350 XT apresentou comportamento de alteração de cor estatisticamente diferente e maior que a Filtek Z250 e a Durafill VS.

Porém, após a avaliação em longo prazo, a resina Durafill VS foi a que teve o pior desempenho, apresentando maiores valores de alteração de cor.

Cai e colaboradores³⁵ avaliando o efeito da termociclagem, especialmente na sorção de água, observaram que para as resinas microhíbrida e nanoparticulada a influência foi menor do que para a microparticulada conforme observado também no presente estudo.

Vale ressaltar que, embora tenha sido constatada alteração de cor para todos os grupos estudados, independentemente do meio de imersão, no tempo final somente a resina composta Durafill VS apresentou alteração clinicamente relevante, uma vez que seu valor ΔE neste período foi superior a 3,7, o que é considerado clinicamente perceptível ao olho humano.^{23,26} Estes achados confirmam que a estabilidade de cor foi material dependente, demonstrando que as características intrínsecas de cada resina composta, o tipo de matriz orgânica, o tamanho e o percentual da partícula de carga inorgânica e o grau de conversão polimérica,³⁶ são fatores que apresentam importante papel na alteração de cor da restauração.

O baixo desempenho da resina microparticulada Durafill VS quando comparada à microhíbrida Filtek Z250 e à nanoparticulada Filtek Z350XT pode estar relacionado a sua menor porcentagem de partículas de carga em peso (43%) em relação às outras (60% e 78,5%, respectivamente). Além do percentual de carga inorgânica na composição, o tamanho das partículas,

também influencia na susceptibilidade do material ao manchamento, uma vez que a associação de partículas de carga com maiores tamanhos e em menor porcentagem em peso resultam em maiores espaços não preenchidos na matriz resinosa, possibilitando sua degradação, absorção de líquidos e corantes e consequente alteração de cor.² De acordo com Vichi e colaboradores,² isso pode ser explicado considerando-se que a percepção da cor está diretamente relacionada à disseminação da luz e que como a interface entre a matriz resinosa e as partículas de carga é o ponto mais fraco para a degradação hidrolítica, quanto maior a sorção de água, maior alteração no modo como a luz é disseminada pelas partículas.

A resina microparticulada possui em sua composição partículas com tamanho médio de 0,04 μ m de diâmetro. Apesar de a microhíbrida apresentar em média partículas maiores (0,6 μ m) e a nanoparticulada partículas de 20nm nanoagregadas, essas possuem maior percentual de carga no compósito, podendo melhorar propriedades^{37,38} como a estabilidade de cor, fato notado neste estudo.

Além disso, a resina microparticulada possui partículas de sílica coloidal como carga inorgânica, e partículas pré-polimerizadas adicionadas ao material não polimerizado, o que dificulta a polimerização uniforme³⁶ favorecendo a alteração de cor, e de outras propriedades.

Outro fator que deve ser considerado é a composição da matriz resinosa que somado às características das partículas inorgânicas, também

apresenta papel importante na alteração de cor. Isso porque os componentes BisGMA e UDMA são mais susceptíveis a degradação após a exposição a agentes químicos e água do que materiais que contêm maior quantidade de BisEMA e redução do TEGDMA.³⁹ Esse fato também pode explicar porque a resina microparticulada teve comportamento inferior às demais, uma vez que ela é composta por BisGMA, UDMA e grande quantidade de TEGDMA. Por outro lado, as outras duas resinas possuem em sua composição o BisEMA, o qual é hidrófobo e, portanto, promove estabilidade hidrolítica e bioquímica.⁴⁰

No que diz respeito aos fatores extrínsecos que podem afetar a estabilidade de cor do material restaurador estético, além do tempo, a utilização de soluções de fluoreto de sódio para bochecho diário pode exacerbar a alteração de cor do material restaurador estético devido à sua composição química.^{20,41} O álcool é usualmente adicionado na composição de soluções para bochecho, além de outros ingredientes como detergentes, emulsificantes, ácidos orgânicos, corantes e solventes.²⁰ Desde que as soluções para bochecho são usadas rotineiramente pelos pacientes, os cirurgiões-dentistas devem estar conscientes de como os componentes químicos de cada solução podem afetar os materiais restauradores comumente utilizados na prática odontológica.

Neste estudo observou-se que ao se considerar o fator meio de imersão isoladamente, este não promoveu alteração de cor das resinas compostas estudadas. Esta constatação apresenta-se como positiva na medida em que o tipo de solução fluoretada não foi determinante na alteração de cor.

Catirse e colaboradores,⁴¹ avaliando o efeito das mesmas soluções utilizadas neste estudo sobre a translucidez do cimento de ionômero de vidro convencional, observaram que não houve diferença estatística entre elas. Por outro lado, Garcia e colaboradores²⁰ ao investigarem a influência dessas soluções sobre a translucidez de cimentos de ionômero de vidro modificados por resina, constataram que elas promoveram alteração da translucidez, sendo o Fluorgard o responsável pela maior alteração.

Analisando-se a interação entre os fatores material e meios de imersão, pôde-se observar diferença significativa. As resinas avaliadas apresentaram comportamento de alteração de cor semelhante entre si para todas as soluções exceto na saliva artificial, onde a Filtek Z350 XT apresentou valores de alteração de cor menores e diferentes em relação à Durafill VS. Tal fato pode ser explicado pela deposição de minerais como o cálcio sobre a superfície dos espécimes formando uma película esbranquiçada, e também pelo aumento da luminosidade dos espécimes imersos em saliva artificial.¹³

Além disso, a solução Fluorgard apresentou diferença em relação às demais soluções para as resinas Filtek Z350 XT e Z250. Esse resultado pode ser explicado, pois de acordo com Patel e colaboradores¹⁴ e Bagheri e colaboradores,¹⁵ a matriz resinosa da resina composta é vulnerável a soluções de diferentes pHs e concentração de álcool, e, o Fluorgard, embora não contenha álcool, possui ácido fosfórico em sua composição resultando numa solução com um pH menor (pH= 4,13). Assim como o álcool, quando o pH da solução de

imersão é ácido, é possível que ela tenha um efeito negativo na estrutura do material pelo amolecimento da matriz resinosa, promovendo sua degradação, aumentando portanto a sua susceptibilidade à alteração de cor,^{14,42} como pôde ser constatado neste estudo para a resina Filtek Z350 XT.

O uso regular de soluções de fluoreto de sódio para bochecho, embora traga benefícios para os pacientes como a redução do risco à cárie, deve ter uma indicação precisa, pois de acordo com sua composição, essas soluções podem apresentar ácidos, álcool e corantes em sua composição e podem atuar como fator coadjuvante para a alteração da estabilidade de cor da restauração. Além disso, considerando-se a longevidade da restauração, a escolha adequada do material é também de fundamental importância.

CONCLUSÃO

A partir da metodologia aplicada e dos resultados obtidos, conclui-se que:

- A estabilidade de cor das resinas compostas foi material dependente, sendo a resina composta microparticulada, a que apresentou maior alteração.
- Maiores valores de alteração de cor foram observados para todas as resinas estudadas, após o envelhecimento artificial,

sendo essa alteração perceptível clinicamente apenas para a resina Durafill VS.

- A solução para bochecho fluoretada Fluorgard determinou alteração de cor significativa das resinas Filtek Z350XT e Z250.

Referências

1. Dietschi D, Campanile G, Holz J & Meyer JM (1994) Comparison of the color stability of ten new-generation composites: an in vitro study *Dental Materials* **10(6)** 353-362.
2. Vichi A, Ferrari M & Davidson CL (2004) Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging *Dental Materials* **20(6)** 530-534.
3. Azzopardi N, Moharamzadeh K, Wood DJ, Martin N & van Noort R (2009) Effect of resin matrix composition on the translucency of experimental dental composite resins *Dental Materials* **25(12)** 1564-1568.
4. Lee YK, Lim BS & Kim CW (2002) Effect of surface conditions on the color of dental resin composites *Journal of Biomedical Materials Research* **63(5)** 657-663.
5. Hosoya Y, Shiraishi T, Oshiro M, Ando S, Miyazaki M & Powers JM (2009) Effects of specular component on color differences of different

filler type resin composites after aging *Journal of Dentistry* **37(8)** 585-590.

6. Yu B, Lim HN & Lee YK (2010) Influence of nano- and micro-filler proportions on the optical property stability of experimental dental resin composites *Materials and Design* **31(10)** 4719-4724.
7. Badra VV, Faraoni JJ, Ramos RP & Palma-Dibb RG (2005) Influence of different beverages on the microhardness and surface roughness of resin composites *Operative Dentistry* **30(2)** 213-219.
8. Gürdal P, Güniz Akdeniz B & Hakan Sen B (2002) The effects of mouthrinses on microhardness and colour stability of aesthetic restorative materials *Journal of Oral Rehabilitation* **29(9)** 895-901.
9. Celik C, Yuzugullu B, Erkut S & Yamanel K (2008) Effects of Mouth Rinses on Color Stability of Resin Composites *European Journal of Dentistry* **2(4)** 247–253.
10. Gurgan S & Yalcin Cakir F (2008) The effect of three different mouthrinses on the surface hardness, gloss and colour change of bleached nano composite resins *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry* **16(3)** 104-108.
11. Diab M, Zaazou MH, Mubarak EH & Olaa MIF (2007) Effect of Five Commercial Mouthrinses on the Microhardness and Color Stability of Two Resin Composite Restorative Materials *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* **1(4)** 667-674.

12. Ren YF, Feng L, Serban D & Malmstrom HS (2012) Effects of common beverage colourants on colour stability of dental composite resins: The utility of a thermocycling stain challenge model in vitro *Journal of Dentistry* **40(Supplement 1)** 48-56.
13. Santos PA, Garcia PPNS, Oliveira ALBM & Palma-Dibb RG (2010) Chemical and morphological features of dental composite resin: influence of light curing units and immersion media *Microscopy Research and Technique* **73(3)** 176-181.
14. Bagheri R, Burrow MF & Tyas M (2005) Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials *Journal of Dentistry* **33(5)** 389-398.
15. Patel SB, Gordan VV, Barrett AA & Shen C (2004) The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites *The Journal of American Dental Association* **135(5)** 587-594.
16. Braden M & Clarke RL (1984) Water absorption characteristic of dental microfine composite filling materials I. Proprietary materials *Biomaterials* **5(6)** 369-372.
17. Oysaed H & Ruyter IE (1986) Water sorption and filler characteristic of composites for use in posterior teeth *Journal of Dental Research* **65(11)** 1315-1318.

18. Ghinea R, Ugarte-Alvan L, Yebra A, Pecho OE, Paravina RD & Perez Mdel M (2011) Influence of surface roughness on the color of dental-resin composites *Journal of Zhejiang University Science B* **12(7)** 552-562.
19. de Moraes RR, Gonçalves L de S, Lancellotti AC, Consani S, Correr-Sobrinho L & Sinhoreti MA (2009) Nanohybrid resin composites: nanofiller loaded materials or traditional microhybrid resins? *Operative Dentistry* **34(5)** 551-557.
20. Garcia PPNS, Corona SAM, Palma Dibb RG, Chimello DT, Catirse ABE & Freitas EM (2002) Effect of fluoride-containing mouthrinses on the translucence of resin modified glass-ionomer cements *Materials Research* **5(4)** 485-489.
21. Oliveira ALBM, Garcia PPNS, Santos PA & Campos JADB (2010) Surface roughness and hardness of a composite resin: influence of finishing and polishing and immersion methods *Materials Research* **13(3)** 409-415.
22. Botta AC, Duarte Jr S, Paulin Filho PI & Gheno SM (2008) Effect of dental finishing instruments on the surface roughness of composite resins as elucidated by atomic force microscopy *Microscopy and Microanalysis* **14(5)** 380-386.

23. Guler AU, Kurt S & Kulunk T (2005) Effects of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials *Journal of Prosthetics Dentistry* **93(5)** 453-458.
24. Blatz MB, Oppes S, Chiche G, Holst S & Sadan A (2008) Influence of cementation technique on fracture strength and leakage of alumina all-ceramic crowns after cyclic loading *Quintessence International* **39(1)** 23-32.
25. Mundim FM, Garcia LFR & Pires-de-Souza FCP (2010) Effect of staining solutions and repolishing on color stability of direct composites *Journal of Applied of Oral Science* **18(3)** 249-54.
26. Sarac D, Sarac YS, Kulunk S, Ural C & Kulunk T (2006) The effect of polishing techniques on the surface roughness and color change of composite resins *Journal of Prosthetics Dentistry* **96(1)** 33-40.
27. Wyszecki G & Siles WS (1982) *Color science: concepts and methods, quantitative data and formula* John Wiley & Sons, New York.
28. Ryan EA, Tam LE & McComb D (2010) Comparative translucency of esthetic composite resin restorative materials *Journal of Canadian Dental Association* **76** a84.
29. Mutlu-Sagesen L, Ergün G, Özkan Y & Semiz M (2005) Color stability of a dental composite after immersion in various media *Dental Materials Journal*. **24(3)** 382-390.

- 30.Mjor IA, Moorhead JE & Dahl JE (2000) Reasons for replacement of restorations in permanent teeth in general dental practice *International Dental Journal* **50(6)** 361-366.
- 31.Braga SRM, Vasconcelos BT, Macedo MRDP, Martins VRG & Sobral MAP (2007) Reasons for placement and replacement of direct restorative materials in Brazil *Quintessence International* **38(4)** 189-194.
- 32.Hosoya Y, Shiraishi T, Puppini-Rontani RM & Powers JM (2011) Effects of acidulated phosphate fluoride gel application on surface roughness, gloss and colour of different type resin composites *Journal of Dentistry* **39(10)** 700-706.
- 33.Catelan A, Briso AL, Sundfeld RH & Dos Santos PH (2010) Effect of artificial aging on the roughness and microhardness of sealed composites *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* **22(5)** 324-330.
- 34.Hahnel S, Henrich A, Bürgers R, Handel G & Rosentritt M (2010) Investigation of mechanical properties of modern dental composites after artificial aging for one year *Operative Dentistry* **35(4)** 412-419.
- 35.Cai XL, Riedl B, Zhang SY & Wan H (2007) Effects of nanofillers on water resistance and dimensional stability of solid wood modified by melamine-urea-formaldehyde resin *Wood and Fiber Science* **39(2)** 307-318.

36. Beun S, Glorieux T, Devaux J, Vreven J & Leloup G (2007) Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites *Dental Materials* **23(1)** 51-59.
37. Mitra SB, Wu D & Holmes BN (2003) An application of nanotechnology in advanced dental material *The Journal of American Dental Association* **134(10)** 1382-1390.
38. Yap AUJ, Yap SH, Teo CK & Ng JJ (2004) Comparison of surface finish of new aesthetic restorative materials *Operative Dentistry* **29(1)** 100-104.
39. Floyd CJ & Dickens SH (2006) Network structure of Bis-GMA and UDMA- based resin systems *Dental Materials* **22(12)** 1143-1149.
40. Carvalho F, Sampaio C, Fucio S, Carlo H, Correr-Sobrinho L & Puppim-Rontani R (2012) Effect of chemical and Mechanical Degradation on Surface Roughness of Three Glass Ionomers and a Nanofilled Resin Composite *Operative Dentistry* **37(4)**.
41. Catirse ABE, Garcia PPNS, Corona SAM & Dinelli W (2000). Efeito de diferentes soluções de fluoreto de sódio a 0,05% na translucidez do cimento de ionômero de vidro *Ufes Revista de Odontologia* **2(2)** 30-34.
42. Colucci V, Santos CD, Amaral FLB, Corona SAM & Catirse ABCEB (2009) Influence of NaHCO₃ powder on translucency microfilled composite resin immersed in different mouthrinses *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* **21(4)** 242-248.



CAPÍTULO 2

Análise da rugosidade superficial de resinas compostas: influência do tipo de material, das soluções fluoretadas e do tempo

Palavras-chave: Envelhecimento, resinas compostas, flúor.

Ana Luísa Botta Martins de Oliveira,¹ Patrícia Petromilli Nordi Sasso Garcia,²
Juliana Álvares Duarte Bonini Campos,² Jin-Ho Phark,³ Sillas Duarte Jr,³ Elisa
Maria Aparecida Giro⁴

¹ Pós-graduanda (nível doutorado) do Departamento de Clínica Infantil, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP.

² Professora Adjunta Doutora do Departamento de Odontologia Social, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP.

³ Professor Associado Doutor do Departamento de Odontologia Restauradora, Ostrow School of Dentistry, USC.

⁴ Professora Adjunta Doutora do Departamento de Clínica Infantil, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP.

Endereço:

A/C Ana Luísa Botta Martins de Oliveira
Rua: Orlando Damiano, 2281 – Centro
CEP: 13560-450 São Carlos, SP, Brasil
Telefone: (16) 34111764

Email: analuisabotta@hotmail.com

De acordo com as normas de publicação do periódico Quintessence International, disponíveis no site: <http://www.quintpub.com/journals/qi/authorguide.pdf>

Análise da rugosidade superficial de resinas compostas: influência do tipo de material, das soluções fluoretadas e do tempo

Resumo

Objetivo: Avaliar o efeito de soluções fluoretadas na rugosidade superficial de resinas compostas, em curto e em longo prazo. Métodos: Foram confeccionados espécimes (n= 75) medindo 10 mm X 2 mm, sendo estes acabados e polidos com discos Super-Snap[®]. Os grupos experimentais foram divididos de acordo com o tipo de resina composta (nanoparticulada - Filtek Z350 XT, microhíbrida - Filtek Z250 e microparticulada - Durafill VS) e os diferentes meios de imersão (saliva artificial, solução de fluoreto de sódio a 0,05%- manipulado, Fluordent Reach, Oral B, Fluorgard). Os espécimes permaneceram em saliva artificial por 24 horas e foram submetidos à análise de rugosidade inicial (T0). A partir disso, foram imersos nas soluções por 1 minuto diariamente, durante 60 dias e resubmetidos à leitura de rugosidade superficial. Em sequência, o envelhecimento artificial (20.000 ciclos de termociclagem, 1.200.000 ciclos de simulação de forças mastigatórias e imersão contínua nas soluções por 1825 minutos) foi realizado e após este processo, foram feitas leituras finais de rugosidade superficial (Tfinal). Os dados foram submetidos à Análise de Variância para medidas repetidas mista e aos testes de Sidak e de Tukey com nível de significância de 5%. Resultados: Observou-se que a resina microparticulada apresentou os maiores valores de rugosidade superficial e as resinas nanoparticulada e microhíbrida foram semelhantes entre si. As soluções fluoretadas não apresentaram influência na rugosidade superficial das resinas compostas. Os maiores valores de

rugosidade foram observados após o envelhecimento artificial. Conclusão: A rugosidade superficial não foi influenciada pelas soluções fluoretadas, porém foi dependente do material e aumentou ao longo do tempo.

Palavras-chave: Envelhecimento, resinas compostas, flúor.

Introdução

O sucesso de uma restauração está relacionado, entre outros fatores, à obtenção da lisura superficial,^{1,2} uma vez que superfícies rugosas contribuem para a deposição de placa bacteriana, detritos e corantes, resultando em danos aos tecidos moles e periodontais, diminuição do brilho da restauração e aumento da sua susceptibilidade à descoloração e/ou degradação superficial, infiltração marginal e recidiva de cárie.^{1,3-5}

A rugosidade superficial pode estar relacionada a diversos fatores e entre eles, destaca-se a própria composição do material restaurador. No caso das resinas compostas essa propriedade pode ser influenciada pelas suas características intrínsecas como o tipo de matriz orgânica e o tamanho, forma, composição e distribuição das partículas de carga.^{2,6-8} O aumento da porcentagem de carga, a modificação e a redução do tamanho das partículas e sua melhor distribuição na matriz resinosa contribuem para melhorar a lisura superficial do material e, conseqüentemente o resultado estético das restaurações.⁷

Fatores extrínsecos como a exposição do material a alimentos, bebidas^{4,9} e soluções para bochecho^{10,11} também podem interferir na rugosidade superficial.

Com relação às soluções para bochecho, devido ao fato de muitas conterem diferentes porcentagens de álcool e outros ingredientes como detergentes, emulsificantes, ácidos orgânicos e solventes¹² essas substâncias podem causar degradação e aumento da rugosidade superficial. Entre as soluções para bochecho destacam-se as fluoretadas que apresentam importante papel na Odontologia Preventiva como aliadas na remineralização das estruturas dentárias. Entretanto, devido ao seu uso frequente, e em muitas situações, indiscriminado, a rugosidade superficial de diferentes tipos de resina composta quando submetida a diversas soluções fluoretadas deve ser investigada.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar se as soluções fluoretadas aumentam a rugosidade superficial de diferentes tipos de resina composta, em curto e em longo prazo.

Material e método

Materiais utilizados

As resinas utilizadas no presente estudo estão apresentadas no Quadro 1 e os meios de imersão no Quadro 2.

Quadro 1 – Identificação e características das resinas compostas empregadas no estudo.

Material	Fabricante	Tipo	Matriz orgânica	Partículas inorgânicas (Tamanho médio e porcentagem em peso)	Cor	Lote
Filtek Z350 XT	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA	Nanoparticulada	Bis-GMA Bis-EMA UDMA TEGDMA	Sílica de 20 nm não aglomerado, Zircônia de 4 a 11µm não aglomerado, e carga combinada de sílica/zircônia agregada (78,5%)	B1E	1028500124
Filtek Z250	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA	Microhíbrida	Bis-GMA Bis-EMA UDMA	Partículas de carga de 0,6 µm Zircônia e Sílica (60%)	B1	N163110BR
Durafill VS	Heraeus Kulzer Wehrheim, Alemanha	Microparticulada	Bis-GMA UDMA TEGDMA	Partículas de carga de 0,04 µm Dióxido de Silício (43%)	B1	010206

Abreviaturas: Bis-GMA: bisfenol-glicidil-dimetacrilato; Bis-EMA: bisfenol-etildimetacrilato; UDMA: uretana dimetacrilato; TEGDMA: tri-etileno-glicol dimetacrilato.

Quadro 2 – Identificação e características dos meios de imersão empregados no estudo.

Solução	Fabricante	Sabor	Cor	Composição	pH
Saliva Artificial	Farmácia Santa Paula, Araraquara, SP, Brasil	Sem sabor	Incolor	Cloreto de potássio (0,96 g), cloreto de sódio (0,67 g), cloreto de magnésio (0,04 g), fosfato de potássio (0,27 g), cloreto de cálcio (0,12 g), nipagin (0,01 g), nipasol (0,1 g), carboxil metil celulose (8,0g), sorbitol (24,0 g) e água (1000 ml).	7,00
Fluoreto de Sódio Manipulado	Farmácia Santa Paula, Araraquara, SP, Brasil	Sem sabor	Incolor	Fluoreto de Sódio a 0,05%	5,36
Fluordent Reach	Johnson & Johnson, São José dos Campos, SP, Brasil	Menta	Verde	Fluoreto de Sódio a 0,05%, Água, Glicerina, Álcool Etilico, Poloxamer 407, Metilparabeno, Aroma de Menta, Fosfato de Sódio Dibásico, Sucralose, Fosfato de Sódio Monobásico, Cloreto de Cetilpiridínio, Propilparabeno, Corante Amarelo Alimento 5, Corante Azul FD&C n°. 1	6,96
Oral B	Gillette, São Paulo, SP, Brasil	Hortelã	Azul	Fluoreto de Sódio a 0,05%, Água, Glicerina, PEG-40 Óleo de Rícino Hidrogenado, Metilparabeno, 0,053% de Cloreto de Cetilpiridínio Monohidratado, Sacarina Sódica, Benzoato de Sódio, Propilparabeno, Azul FD&C no. 1	5,41
Fluorgard	Colgate, São Bernardo do Campo, SP, Brasil	Cereja	Vermelho	Fluoreto de Sódio a 0,05%, Água, Sorbitol, Polisorbato 20, Sorbato de Potássio, Bifosfato de Sódio, Ácido Fosfórico, Corante vermelho, Composição Aromática	4,13

Delineamento experimental

Este estudo experimental duplo-cego apresenta como variável dependente a rugosidade superficial e como variáveis independentes o tipo de resina composta em 3 níveis (nanoparticulada, microhíbrida e microparticulada), os meios de imersão em 5 níveis (saliva artificial, fluoreto de sódio a 0,05% manipulado, Fluordent Reach, Oral-B e Fluorgard) e o tempo de avaliação em 3 níveis (T0 - 24 hs em saliva artificial, T60 - 60 dias de imersão nas soluções e - Tfinal - após o envelhecimento artificial), sendo a imersão em

saliva artificial por 24 horas considerada como *baseline*. A associação entre as variáveis tipo de resina composta e meios de imersão, resultou em quinze grupos experimentais (n=5).

Para que possíveis erros fossem distribuídos uniformemente, os espécimes confeccionados foram divididos em cada grupo experimental de forma casual, utilizando-se uma tábua de números aleatórios.

O esquema da metodologia desde a confecção dos espécimes até a realização das leituras está representado na Figura 1.

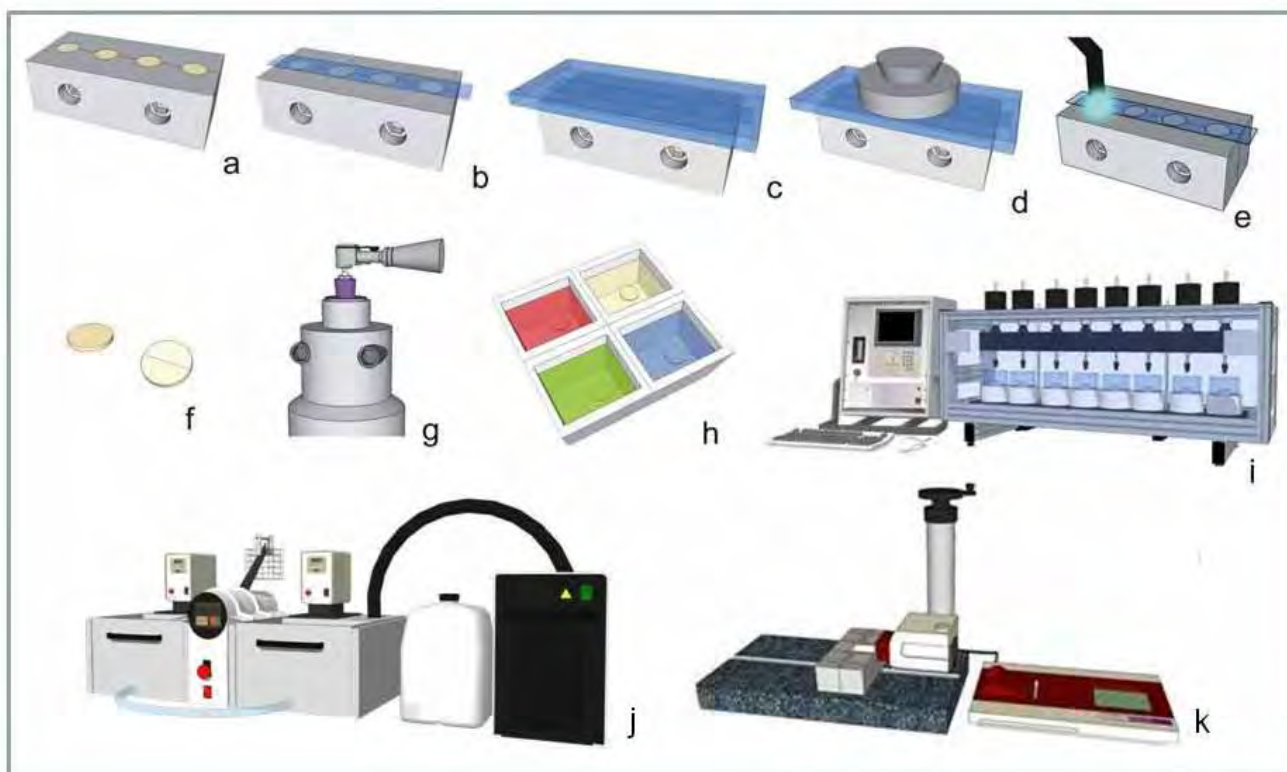


Figura 1- Esquema da metodologia: a) inserção da resina composta em único incremento na matriz bipartida, b) posicionamento da matriz de poliéster, c) colocação da placa de vidro, d) aplicação do peso de 1kg por 30 segundos, e) remoção do conjunto placa-peso e fotopolimerização através da matriz de poliéster, f) espécimes demarcados no verso devido à ranhura da matriz bipartida, g) procedimento de acabamento e polimento na matriz com regulagem central de altura, h) procedimentos de imersão, i/j) procedimentos de envelhecimento artificial, k) leitura da rugosidade superficial.

Confecção dos espécimes

Os espécimes foram confeccionados utilizando-se uma matriz de aço inoxidável hemiseccionada com quatro orifícios circulares de 10mm de diâmetro e 2mm de espessura.^{13,14} Em temperatura controlada ($23 \pm 1^\circ\text{C}$), a resina composta foi acomodada no interior da matriz em um único incremento, o qual foi coberto por uma tira de poliéster de 10mm de largura (K-Dent – Quimidrol, Com. Ind. Importação Ltda, Joinville, SC, Brasil) e por uma placa de vidro. Um peso de aço inoxidável de 1kg foi aplicado por 30 segundos para permitir o escoamento do excesso do material e deixar a superfície lisa e padronizada.⁹ Após esse período, o peso e a placa de vidro foram removidos e a fotoativação foi realizada, por 40 segundos, com o aparelho de luz halógena Curing Light XL 3000 (3M Dental Products Division, St. Paul, MN, EUA), com irradiância de $530\text{mW}/\text{cm}^2$, constantemente monitorada por um radiômetro (Curing Radiometer Model 100- Demetron Research Corp, Danbury, CT, EUA).

Procedimentos de acabamento e polimento

Os espécimes foram submetidos a procedimentos de acabamento e polimento com discos de óxido de alumínio Super-Snap[®] (Shofu Dental Corp. Kyoto, Japão) de 12mm de diâmetro, em sequência decrescente de granulação, acoplados a um contra-ângulo, em baixa velocidade, com 18.000 rotações por minuto. Cada disco foi utilizado sobre a superfície umedecida por um período de 15 segundos.¹⁵

Para a realização dos procedimentos de acabamento e polimento, os espécimes foram posicionados em uma matriz de aço inoxidável bipartida com regulagem central de altura,¹⁴ o que impediu o contato dos instrumentos de acabamento e polimento com a superfície da matriz, facilitando a sua aplicação.

Todos os espécimes, durante a sua confecção, foram demarcados em seu verso pela própria ranhura de encaixe da matriz bipartida, o que serviu como guia para os procedimentos de acabamento e polimento que foram realizados perpendicularmente a essa demarcação,⁵ com uma pressão padronizada em 2kg.

Entre um disco de polimento e outro, os espécimes foram lavados com jatos de ar-água por 5 segundos, e ao final do processo, foram levados à uma cuba ultrassônica (Ultrasonic Cleaner 1440 Plus; Odontobrás – Comércio de Eq. Médicos-Odontológicos LTDA, Ribeirão Preto, SP, Brasil) contendo água, por 30 minutos, com o objetivo de remover as impurezas depositadas sobre a superfície.

Os espécimes foram mergulhados em saliva artificial e armazenados em estufa bacteriológica (EBC1-Odontobrás– Comércio de Eq. Médicos-Odontológicos LTDA, Ribeirão Preto, SP, Brasil), sendo mantidos à temperatura de $37 \pm 1^\circ\text{C}$, por 24 horas.

Procedimento de imersão

Após 24 horas de armazenagem em saliva artificial, foi realizada a imersão de cada espécime individualmente em 5ml de solução fluoretada (grupos experimentais), por um minuto, sob agitação manual. Em seguida, os mesmos foram lavados em água destilada e recolocados em saliva artificial. Este procedimento foi repetido diariamente por um período de 60 dias.

Para o grupo controle, os espécimes foram retirados da estufa e imersos em nova saliva artificial por um minuto diariamente, sendo este procedimento repetido por 60 dias, a fim de simular condições de imersão semelhantes às dos grupos experimentais.

Envelhecimento artificial

Após a realização dos procedimentos de imersão (60 dias), os espécimes de todos os grupos foram submetidos aos procedimentos de envelhecimento artificial, com 20.000 ciclos (Thermocycler THE1100, SD Mechatronik GmbH, Munique, Alemanha) em água nas temperaturas de 5°C e 55°C, com permanência de 30 segundos em cada temperatura, para simular as alterações térmicas no meio bucal. Em seguida, os espécimes foram submetidos à aplicação de carga em aparelho simulador de mastigação (Chewing simulator CS-3, SD Mechatronik GmbH, Feldkirchen-Westerham, Alemanha), totalizando 1.200.000 ciclos com carga de 50N e frequência de 1,6Hz. Este método corresponde a aproximadamente 5 anos de atividade clínica mastigatória das restaurações.¹⁶ A fim de simular o efeito das soluções fluoretadas pelo mesmo período, os espécimes foram imersos nas soluções por 1825 minutos.

Avaliação da rugosidade superficial

A leitura da rugosidade superficial realizada por um pesquisador devidamente calibrado ($\rho=0,94$), foi obtida por meio da passagem da ponta de diamante com raio de 5 μ m, do rugosímetro portátil (Mitutoyo surfest SJ-401, Mitutoyo Corporation, Japão) com um comprimento de 1mm, a uma velocidade de 1mm/s, com precisão de 0,01 μ m. Esse procedimento foi realizado em três locais distintos em cada espécime, originando três valores que resultaram em uma média final de rugosidade (Ra). Para a padronização das leituras foi utilizada uma matriz semelhante à da confecção dos espécimes e foram traçadas duas linhas paralelas à linha de bipartição da matriz (uma 2mm abaixo e outra 2mm acima) e uma perpendicular. A intersecção das linhas

demarcadas na matriz originou três pontos que orientaram o posicionamento da ponta de diamante do rugosímetro, para a obtenção dos três pontos de leitura¹³ (Figura 2).

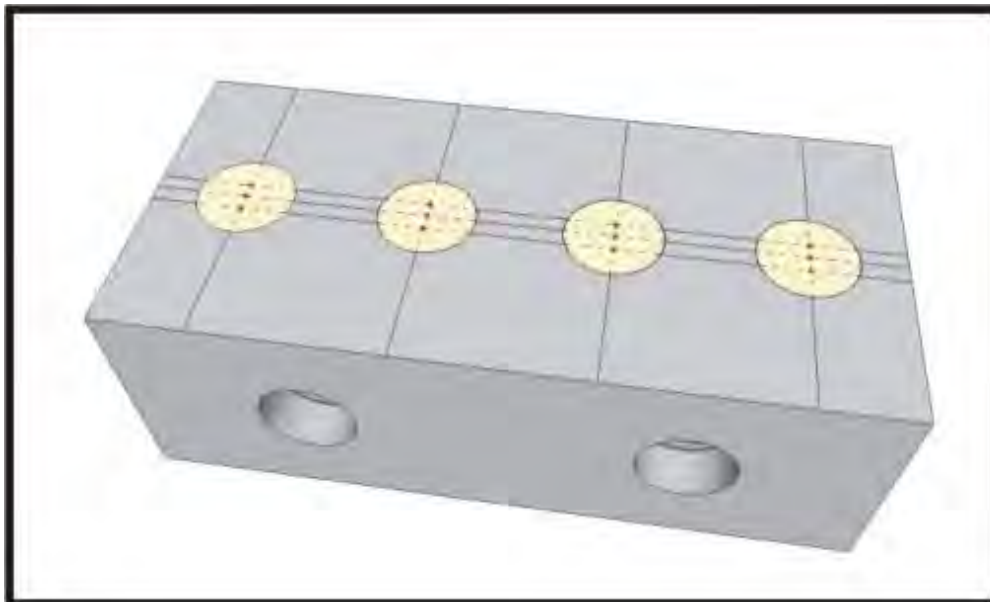


Figura 2- Matriz para padronização das leituras da rugosidade superficial

Após o período de 24 horas imersão em saliva artificial foi realizada a leitura da rugosidade inicial – *baseline*. As demais leituras foram realizadas após 60 dias do início da imersão e após os procedimentos de envelhecimento artificial.

Análise estatística dos dados

A comparação das médias de rugosidade superficial segundo tipo de resina utilizada e solução de imersão nos diferentes tempos foi realizada com uma Análise de Variância para medidas repetidas mista. Os pressupostos de distribuição normal, homocedasticidade e esfericidade da matriz de variâncias-covariâncias foram analisados, respectivamente com o teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$ para os três momentos de avaliação e grupos), teste de Levene ($p > 0,05$ nos três momentos de avaliação e grupos) e teste de Mauchly ($p < 0,05$). Como o pressuposto de esfericidade não foi atendido, utilizou-se o

fator de correção Epsilon de Greenhouse-Geisser. A comparação múltipla das medidas repetidas (tempo) foi elaborada utilizando o teste de Sidak e para as medidas independentes (tipo de resina e solução de imersão) o teste de Tukey. A média geral de rugosidade segundo o tipo de resina foi estimada por ponto e por intervalo de 95% de confiança ($IC_{95\%}$). Em todas as análises, para tomada de decisão utilizou-se o nível de significância de 5%.

Resultados

Na Tabela 1 encontram-se as médias e desvios-padrão da rugosidade superficial dos espécimes de acordo com a solução de imersão, tipo de resina composta e tempo.

Tabela 1. Média e desvio-padrão da rugosidade (Ra) dos espécimes segundo solução de imersão, tipo de resina composta e tempo.

Solução	Filtek Z350 XT			Filtek Z250			Durafill VS			
	T ₀	T ₆₀	T _{final}	T ₀	T ₆₀	T _{final}	T ₀	T ₆₀	T _{final}	Total
Saliva	0,47±0,09	0,54±0,11	0,94±0,36	0,31±0,19	0,39±0,24	0,74±0,56	1,29±0,71	1,69±1,05	2,90±1,44	1,03±1,00
Manipulado	0,61±0,20	0,74±0,28	0,94±0,24	0,41±0,24	0,62±0,46	0,81±0,40	0,80±0,33	1,18±0,71	2,02±1,06	0,90±0,64
Fluorident Reach	0,51±0,15	0,70±0,19	0,84±0,14	0,42±0,21	1,00±0,86	1,51±1,48	1,18±0,76	1,80±1,24	2,43±1,25	1,16±1,00
Oral B	0,57±0,19	0,71±0,20	0,81±0,21	0,29±0,10	0,44±0,27	1,01±0,67	0,70±0,12	1,30±0,75	1,75±0,46	0,84±0,56
Fluorgard	0,49±0,02	0,70±0,21	0,80±0,26	0,34±0,12	0,57±0,28	0,98±0,44	1,37±0,58	1,65±0,53	2,61±0,78	1,06±0,79
Total	0,53±0,15	0,68±0,20	0,87±0,24	0,36±0,17	0,60±0,49	1,01±0,79	1,07±0,58	1,52±0,85	2,34±1,05	

Pode-se observar maiores médias de rugosidade superficial para os espécimes confeccionados com a resina Durafill VS e aumento das médias ao longo do tempo para as três resinas em todas as soluções avaliadas.

O resumo da Análise de Variância entre os fatores independentes, solução e tipo de resina composta (material), encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo da Análise de Variância entre os fatores independentes (*Between-Subjects*).

Fonte	DF	SS	MS	F	p	η_p^2	π
Solução	4	2,810	0,703	0,974	0,429	0,061	0,290
Material	2	46,993	23,497	32,576	<0,001	0,521	1,000
Solução*Material	8	5,914	0,739	1,025	0,428	0,120	0,432
Resíduo	60	43,278	0,721				

Observou-se que apenas o fator material apresentou diferença estatisticamente significativa.

A Figura 3 apresenta o intervalo de 95% de confiança (IC_{95%}) da média de rugosidade superficial dos espécimes segundo o tipo de resina composta.

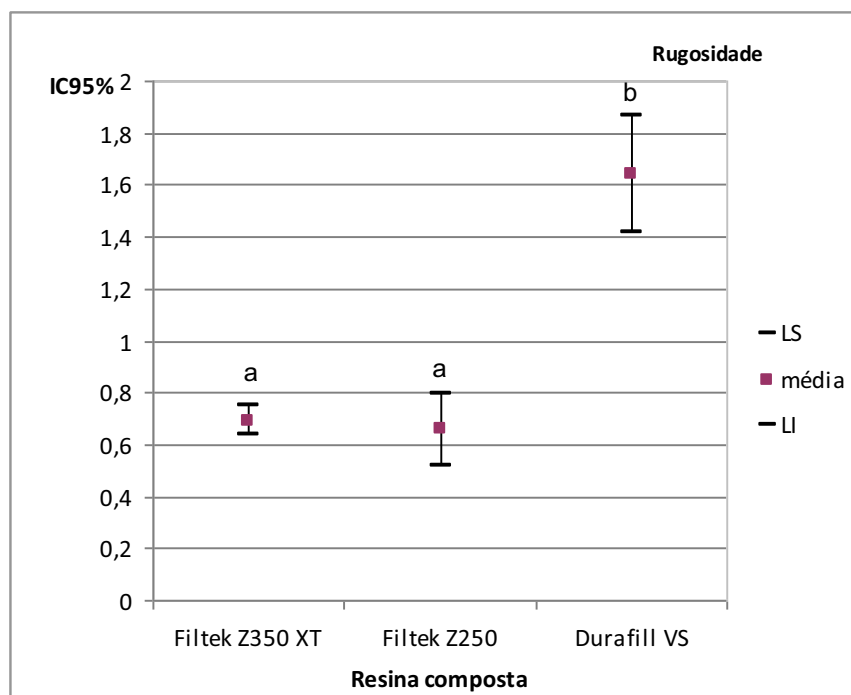


Figura 3. Intervalo de 95% de confiança ($IC_{95\%}$) da média de rugosidade superficial dos espécimes segundo o tipo de resina composta.

Os valores médios de rugosidade foram semelhantes para as resinas Filtek Z350 XT e Filtek Z250 e maiores para a Durafill VS.

Na Tabela 3 está a Análise de Variância entre as medidas repetidas.

Tabela 3. Resumo da Análise de Variância entre as medidas repetidas (*Whitin-Subjects*) para a variável dependente rugosidade.

Fonte	df	SS	MS	F	P	η_p^2	π
Tempo	1,426	21,912	15,370	58,784	<0,001	0,495	1,000
Tempo*solução	5,703	0,702	0,123	0,470	0,820	0,030	0,179
Tempo*material	2,851	5,159	2,055	7,860	<0,001	0,208	0,984
Tempo*solução*material	11,405	1,404	0,123	0,471	0,921	0,059	0,242
Resíduo	85,540	22,366	0,261				

Verificou-se diferença significativa entre os tempos e na interação tempo e material.

A Tabela 4 apresenta as médias e desvios-padrão segundo tempo e tipo de resina composta.

Tabela 4. Média e desvio-padrão de rugosidade (Ra) segundo tempo e tipo de resina composta.

Tempo	Resina		
	Filtek Z350 XT	Filtek Z250	Durafill VS
T0	0,53±0,15 ^{a,A}	0,36±0,17 ^{a,A}	1,07±0,58 ^{b,A}
T60	0,68±0,20 ^{a,B}	0,60±0,49 ^{a,A}	1,52±0,85 ^{b,A}
Tfinal	0,87±0,24 ^{a,C}	1,01±0,79 ^{a,B}	2,34±1,05 ^{b,B}

^{a,A} letra minúscula identifica comparação entre colunas e maiúscula entre linhas

Observou-se com relação às resinas compostas que nos três tempos avaliados, os valores de rugosidade da resina Filtek Z350 XT e Filtek Z250 não apresentaram diferença significativa entre si e que essas resinas apresentaram rugosidade significativamente menor do que a Durafill VS. Com relação ao tempo, a rugosidade das resinas Filtek Z250 e Durafill VS não apresentou diferença significativa entre o *baseline* (T0) e após 60 dias (T60), havendo diferença apenas após o envelhecimento artificial (Tfinal) quando apresentaram rugosidade aumentada. Para a resina Filtek Z350 XT houve diferença significativa da rugosidade entre os três períodos de tempo avaliados, sendo esta maior com o passar do tempo.

Discussão

A rugosidade superficial é uma importante propriedade que avalia a integridade da superfície de restaurações e devido a sua relação direta com a susceptibilidade ao manchamento superficial e ao acúmulo de placa bacteriana, busca-se uma redução dos seus valores, visando manter a saúde bucal, a função e a estética.¹⁷

A partir disso, e sabendo-se que as propriedades superficiais são críticas para o sucesso da restauração na medida em que mediam as interações dos materiais com o meio bucal,¹⁸ no presente estudo avaliou-se a rugosidade superficial de diferentes resinas compostas frente ao uso de soluções fluoretadas em curto e em longo prazo.

As resinas compostas avaliadas foram a nanoparticulada Filtek Z350 XT, a microhíbrida Filtek Z250 e a microparticulada Durafill VS. Constatou-se que a rugosidade superficial apresentou diferença estatisticamente significativa para o fator material ($p < 0,001$), assim como observado por Hahnel et al.¹⁹, Marghalani⁸ e de Moraes et al.,²⁰ sendo os maiores valores encontrados para a resina composta microparticulada.

A diferença de rugosidade superficial dos materiais avaliados ocorreu em função da diferença dos mesmos em relação à sua composição, variando quanto ao tipo e tamanho das partículas e à porcentagem de carga incorporada na matriz orgânica.

A resina microparticulada Durafill VS que é um material que tem em sua composição partículas irregulares e de diferentes tamanhos com média de $0,04\mu\text{m}$ de diâmetro, deveria apresentar alta capacidade de polimento.²¹ Entretanto, observou-se que ela, das três resinas estudadas, foi a que apresentou os piores resultados em termos de rugosidade superficial.

O baixo desempenho da resina microparticulada pode ser explicado pelo seu baixo percentual de carga (média de 43%) e pela utilização de partículas de sílica coloidal como carga inorgânica, partículas estas que quando aglomeradas aumentam a viscosidade do material limitando o seu uso clínico. Para resolver esse problema, partículas pré-polimerizadas são adicionadas ao material não polimerizado dificultando

a polimerização uniforme do mesmo,²² e fazendo com que as cadeias poliméricas sejam separadas por uma molécula que não possui ligação química primária com as mesmas.²³

As resinas microhíbridas, como a Filtek Z250, apresentam partículas de carga com tamanho médio de 0,6µm e um percentual de carga de cerca de 60%, o que propicia melhoria no polimento e maior resistência à fratura.²⁴ Essas resinas possuem partículas de carga com um formato esférico, que quando submetidas aos procedimentos de polimento ficam expostas podendo resultar em uma maior lisura e em uma baixa rugosidade de superfície em relação à resina composta microparticulada.

A resina composta nanoparticulada Filtek Z350 XT apresenta tamanho médio de carga na escala nanométrica, conferindo alta lisura de superfície, e percentual de carga acima de 70% em peso, o que promove alta resistência ao desgaste.^{25,26} Essas resinas são constituídas de partículas individuais nanométricas de sílica e de nanoaglomerados que atuam como uma única unidade a fim de aumentar o conteúdo de carga, que associado à matriz resinosa, propiciam alta capacidade de lisura e brilho superficiais e melhoram a sua performance.^{25,26}

De acordo com Yap et al.,²⁶ a combinação de partículas de tamanho nanométrico, para a formulação de nanoagregados reduz o espaço intersticial das partículas, aumentando a quantidade de carga do compósito, podendo melhorar as suas propriedades físicas como a rugosidade superficial. Apesar disso, observou-se neste estudo que a rugosidade superficial da resina nanoparticulada estudada (Filtek Z350 XT) foi semelhante à da microhíbrida (Filtek Z250).

Além das características intrínsecas do material restaurador, fatores extrínsecos como o meio ao qual ele fica exposto pode apresentar interferência na rugosidade superficial. Porém, no presente estudo constatou-se que não houve diferença na rugosidade superficial das resinas em função das soluções fluoretadas ($p=0,429$) assim como foi constatado por Oliveira et al.¹³

Além das soluções fluoretadas, outro fator extrínseco avaliado neste estudo foi o tempo, o qual interferiu sobre a rugosidade superficial isoladamente ($p<0,001$) e também apresentou interação significativa com o material ($p<0,001$), mostrando que a rugosidade superficial é o resultado de uma complexa reação entre diversos fatores.²⁷

Verificou-se que a rugosidade superficial da resina composta nanoparticulada aumentou do tempo inicial (T0) para 60 dias de imersão nas soluções (T60) e deste para o tempo final (Tfinal). Para as resinas microhíbrida e microparticulada, a rugosidade superficial aumentou entre o tempo inicial (T0) e o final (Tfinal). Este fato também foi observado por Miranda et al.,¹⁰ os quais verificaram que os valores de rugosidade superficial de resinas microhíbridas aumentaram de acordo com o período de imersão em soluções para bochecho. Além disso, Moraes et al.²⁸ e Hahnel et al.,¹⁹ notaram que prolongados períodos de envelhecimento^{28,19} ou ciclos térmicos¹⁹ aumentam a rugosidade superficial dos materiais.

Obteve-se também que nos três tempos avaliados as resinas microhíbrida e nanoparticulada apresentaram rugosidade semelhante entre si e menor do que a microparticulada, demonstrando que com o tempo, as resinas apresentam maior risco de degradação e de amolecimento segundo sua composição química.²⁹

A quantidade da matriz orgânica e sua composição na resina composta determinam ou não sua característica hidrófila, podendo aumentar ou diminuir a sua susceptibilidade à sorpção de água e outros líquidos. Resinas compostas com maior quantidade de material inorgânico são menos susceptíveis à sorpção de água do que aquelas com maior quantidade de matriz orgânica⁸ assim como matrizes resinosas que contém BisGMA e UDMA são mais susceptíveis a degradação após a exposição a agentes químicos do que materiais que contém maior quantidade de BISEMA e redução do TEGDMA.³⁰

Os valores de rugosidade da resina composta Filtek Z350 XT e da Fitek Z250, semelhantes entre si e menores que a Durafill VS, nos três tempos avaliados, pode ser explicado, pois as duas primeiras possuem em sua matriz orgânica o BisEMA o que confere maior resistência à sorpção de água e conseqüentemente menor degradação. Por outro lado, a Durafill VS não possui esse componente e ao mesmo tempo possui o BisGMA, o UDMA e o TEGDMA aumentando sua susceptibilidade à degradação. A Filtek Z350 XT, diferentemente da Filtek Z250, possui pequena quantidade de TEGDMA³¹ o que pode ter resultado em uma alteração de rugosidade do tempo inicial para 60 dias.

Vale ressaltar que a degradação do material que está associada ao aumento da rugosidade superficial é um complexo mecanismo dependente não somente da matriz polimérica, das partículas de carga e da sorpção de água, mas também de alterações térmicas e mecânicas.²⁷ Por isso, a avaliação do comportamento dos materiais restauradores ao longo do tempo, com processos adequados de envelhecimento, é imprescindível em estudos *in vitro*.

Na literatura são relatados diferentes protocolos para o processo de envelhecimento artificial, entre eles pode-se citar a aplicação de luz ultravioleta, simulação da abrasão com a escovação, estocagem em diferentes soluções e períodos e a termociclagem.^{19,32}

Carvalho et al.³¹ assim como de Moraes et al.,²⁰ avaliando a rugosidade superficial após a abrasão por escovação, notaram que a resina de nanopartículas estudada apresentou menor rugosidade.

Catelan et al.³² observando o envelhecimento com luz ultra violeta e imersão em diferentes soluções verificaram que esse processo não afetou a rugosidade superficial de resinas nanoparticuladas e microhíbridas.

A comparação dos resultados deste trabalho, considerando o processo de envelhecimento artificial em longo prazo, com outros na literatura é difícil, pois estudos que conciliem diferentes métodos de envelhecimento artificial são escassos. Tal fato confere uma característica inédita ao presente trabalho, uma vez que ele associa em um único estudo, os métodos físico (termociclagem), químico (imersão em diferentes soluções) e mecânico (simulação da mastigação) de envelhecimento.

Frente aos achados e considerando-se as limitações deste estudo *in vitro*, observa-se que a escolha do material restaurador é de fundamental importância para o sucesso e longevidade da restauração. Além disso, sugere-se que a indicação de soluções fluoretadas, as quais são importantes no processo de remineralização das estruturas dentárias e manutenção da saúde bucal, pode ser feita de forma segura, sem que haja o comprometimento da lisura superficial da restauração. Dessa forma, a

seleção adequada do material restaurador possibilita o uso de métodos preventivos, aliando estética, função e saúde.

Conclusão

Com base na metodologia aplicada e nos resultados obtidos, conclui-se que:

- A rugosidade superficial das resinas compostas foi material dependente, sendo a resina composta microparticulada a que apresentou maiores valores, seguida pela nanoparticulada e pela microhíbrida, as quais apresentaram resultados semelhantes entre si.
- As soluções fluoretadas estudadas não influenciaram a rugosidade superficial das resinas compostas.
- O tempo foi um fator que aumentou a rugosidade superficial, sendo os maiores valores observados após o envelhecimento artificial.

Referências

1. Lutz F, Setcos JC, Phillips RW. New finishing instruments for composite resins. J Am Dent Assoc 1983;107: 575-580.
2. Nagem Filho H, D'Azevedo MTFS, Nagem HD, Marsola FP. Surface roughness of composite resins after finishing and polishing. Braz Dent J 2003;14: 37-41.
3. Berastegui E, Canalda C, Brau E, Miguel C. Surface roughness of finished composite resins. J Prosthet Dent 1992; 68: 742-749.

4. Yap AUJ, Low JS, Ong LFKL. Effect of food-simulating liquids on surface characteristics of composite and polyacid-modified composite restoratives. *Oper Dent* 2000; 25: 170-176.
5. Wilder Jr AD, Swift Jr EJ, May Jr KN, Thompson JY, McDougal RA. Effect of finishing technique on the microleakage and surface texture of resin-modified glass ionomer restorative materials. *J Dent* 2000; 28: 367-373.
6. Paravina RD, Roeder L, Lu H, Vogel K, Powers JM. Effect of finishing and polishing procedures on surface roughness, gloss and color of resin composites. *Am J Dent* 2004; 17: 262-266.
7. Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, Dias CTS. The effect of six polishing systems on the surface roughness of two packable resin-based composites. *Am J Dent* 2002; 15: 193-197.
8. Marghalani HY. Effect of filler particles on surface roughness of experimental composite series. *J Appl Oral Sci* 2010; 18: 59-67.
9. Badra VV, Faraoni JJ, Ramos RP, Palma-Dibb RG. Influence of different beverages on the microhardness and surface roughness of resin composites. *Oper Dent* 2005; 30: 213-219.
10. Miranda DA, Bertoldo CE, Aguiar FH, Lima DA, Lovadino JR. Effects of mouthwashes on Knoop hardness and surface roughness of dental composites after different immersion times. *Braz Oral Res* 2011; 25: 168-173.
11. Rocha ACC, Lima CSA, Santos MCMS, Montes MAJR. Evaluation of surface roughness of a nanofill resin composite after simulated brushing and immersion in mouthrinses, alcohol and water. *Mat. Res* 2010; 13:77-80.

12. Garcia PPNS, Corona SAM, Palma Dibb RG, Chimello DT, Catirse ABE, Freitas EM. Effect of fluoride-containing mouthrinses on the translucence of resin modified glass-ionomer cements. *Mat Res* 2002; 5: 485-489.
13. Oliveira ALBM, Garcia PPNS, Santos PA, Campos JADB. Surface roughness and hardness of a composite resin: influence of finishing and polishing and immersion methods. *Mat Res* 2010; 13: 409-415.
14. Botta AC, Duarte Jr S, Paulin Filho PI, Gheno SM. Effect of dental finishing instruments on the surface roughness of composite resins as elucidated by atomic force microscopy. *Microsc Microanal* 2008; 14: 380-386.
15. Guler AU, Kurt S, Kulunk T. Effects of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials. *J Prosthet Dent* 2005; 93: 453-458.
16. Blatz MB, Oppes S, Chiche G, Holst S, Sadan A. Influence of cementation technique on fracture strength and leakage of alumina all-ceramic crowns after cyclic loading. *Quintessence Int* 2008;39: 23-32.
17. Strassler HE, Bauman G. Current concepts in polishing composite resins. *Practical Periodontics Aesthet Dent* 1993; 5: 12-17.
18. Ghinea R, Ugarte-Alvan L, Yebra A, Pecho OE, Paravina RD, Perez Mdel M. Influence of surface roughness on the color of dental-resin composites. *J Zhejiang Univ Sci B* 2011; 12: 552-562.
19. Hahnel S, Henrich A, Bürgers R, Handel G, Rosentritt M. Investigation of mechanical properties of modern dental composites after artificial aging for one year. *Oper Dent* 2010; 35: 412-419.

20. de Moraes RR, Gonçalves L de S, Lancellotti AC, Consani S, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA. Nanohybrid resin composites: nanofiller loaded materials or traditional microhybrid resins? *Oper Dent* 2009; 34: 551-557.
21. Yap AUJ, Lye KW, Sal CW. Surface characteristics of tooth – colored restoratives polished utilizing different polishing systems. *Oper Dent* 1997;22: 260–265.
22. Beun S, Glorieux T, Devaux J, Vreven J, Leloup G. Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. *Dent Mater* 2007; 23: 51-59.
23. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater* 2006; 22: 211-222.
24. Condon JR, Ferracane JL. Evaluation of composite wear with a new multi-mode oral wear simulator. *Dent Mater* 1996;12: 218-226.
25. Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental material. *J Am Dent Assoc* 2003; 134: 1382-1390.
26. Yap AUJ, Yap SH, Teo CK, Ng JJ. Comparison of surface finish of new aesthetic restorative materials. *Oper Dent* 2004; 29: 100-104.
27. Sarret DC, Söderholm JM, Batich CD. Water and abrasion effects on three-body wear of composites. *J Dent Res* 1991; 70: 1074-1081.
28. de Moraes RR, Marimon JL, Scheneider LF, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L, Bueno M. Effect of 6 months of aging in water on hardness and surface roughness of two microhybrid dental composites. *J Prosthodont* 2008; 17: 323-326.

29. Almeida GS, Poskus LT, Guimarães JG, Silva EM. The effect of mouthrinses on salivary sorption, solubility and surface degradation of a nanofilled and a hybrid resin composite. *Oper Dent* 2010; 35: 105-111.
30. Floyd CJ, Dickens SH. Network structure of Bis-GMA and UDMA- based resin systems. *Dent Mat* 2006; 12:1143-1149.
31. Carvalho F, Sampaio C, Fucio S, Carlo H, Correr-Sobrinho L, Puppim-Rontani R. Effect of chemical and Mechanical Degradation on Surface Roughness of Three Glass Ionomers and a Nanofilled Resin Composite. *Oper Dent* 2012; 37.
32. Catelan A, Briso AL, Sundfeld RH, Dos Santos PH. Effect of artificial aging on the roughness and microhardness of sealed composites. *J Esthet Restor Dent* 2010; 22: 324-330.



CAPÍTULO 3

Avaliação em longo prazo da influência dos meios de imersão na dureza superficial de
diferentes resinas compostas

Dureza superficial de resinas compostas

Palavras-chave: Resinas compostas, flúor, envelhecimento, dureza.

Ana Luísa Botta Martins de Oliveira,¹ Patrícia Petromilli Nordi Sasso Garcia,² Juliana Álvares Duarte Bonini Campos,² Jin-Ho Phark,³ Sillas Duarte Jr,³ Elisa Maria Aparecida Giro⁴

¹ Pós-graduanda (nível doutorado) do Departamento de Clínica Infantil, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP.

² Professora Adjunta Doutora do Departamento de Odontologia Social, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP.

³ Professor Associado Doutor do Departamento de Odontologia Restauradora, Ostrow School of Dentistry, USC.

⁴ Professora Adjunta Doutora do Departamento de Clínica Infantil, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP.

Endereço:

A/C Ana Luísa Botta Martins de Oliveira
Rua: Orlando Damiano, 2281 – Centro
CEP: 13560-450 São Carlos, SP, Brasil
Telefone: (16) 34111764

Email: analuisabotta@hotmail.com

De acordo com as normas de publicação do periódico Journal of Dentistry, disponíveis no site:

http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/30441/authorinstructions

Avaliação em longo prazo da influência dos meios de imersão na dureza superficial de diferentes resinas compostas

Resumo

Objetivo: Avaliar o efeito, em curto e em longo prazo, de soluções fluoretadas na dureza superficial de resinas compostas. Métodos: Foram confeccionados espécimes (n= 75) medindo 10 mm X 2 mm, sendo estes acabados e polidos com discos Super-Snap[®]. Os grupos experimentais foram divididos de acordo com o tipo de resina composta (nanoparticulada - Filtek Z350 XT, microhíbrida - Filtek Z250 e microparticulada - Durafill VS) e as diferentes soluções de imersão (saliva artificial, solução de fluoreto de sódio a 0,05%- manipulado, Fluordent Reach, Oral B, Fluorgard). Os espécimes permaneceram em saliva artificial por 24 horas e foram submetidos à análise de dureza Vickers (T0). Em seguida, foram imersos nas soluções por 1 minuto diariamente, durante 60 dias e resubmetidos à leitura de dureza superficial (T60). Na sequência, foi realizado o envelhecimento artificial (20.000 ciclos de termociclagem, 1.200.000 ciclos de simulação de forças mastigatórias e imersão contínua nas soluções por 1825 minutos). Após este processo, foram feitas leituras finais de dureza superficial (Tfinal). Os dados foram submetidos à Análise de Variância para medidas repetidas mista e ao teste de Sidak e de Tukey com nível de significância de 5%. Resultados: Observou-se que a resina microhíbrida apresentou os maiores valores de dureza superficial e a microparticulada, os menores. As soluções fluoretadas não influenciaram a dureza superficial das resinas compostas. Quanto maior o período de avaliação e envelhecimento artificial, menor a dureza superficial dos materiais

estudados. Conclusão: A dureza superficial não foi influenciada pelas soluções fluoretadas, porém foi dependente do material e diminuiu ao longo do tempo.

Significância clínica: A diminuição da dureza superficial das resinas compostas devido aos fatores intrínsecos e extrínsecos, pode comprometer a longevidade da restauração.

Palavras-chave: Resinas compostas, flúor, envelhecimento, dureza.

1. Introdução

A dureza superficial da resina composta é uma propriedade física essencial e determina a capacidade do material resistir ao desgaste e manter sua estabilidade no meio bucal¹. Essa propriedade pode ser influenciada por fatores intrínsecos do material como a composição da matriz orgânica e o grau de conversão polimérica e somadas a composição, dimensão, forma e porcentagem de partículas de carga.²⁻⁵

Além das características do material, fatores extrínsecos como hábitos dietéticos e de higiene bucal do paciente, bem como, as diferenças do meio bucal de um indivíduo para outro também influenciam a dureza, determinando o sucesso ou insucesso das restaurações.⁶⁻⁹

Entre os fatores extrínsecos capazes de alterar a superfície de resinas compostas, pode-se destacar a utilização de bochechos diários com soluções fluoretadas, que é um método indicado para prevenção da cárie dental, amplamente utilizado pela população em geral, por meio de consumo espontâneo ou pela prescrição do cirurgião-dentista. A composição dessas soluções, principalmente com relação à presença de álcool e baixo pH, podem causar amolecimento da matriz

resinosa de materiais restauradores estéticos, além de erosão superficial, favorecendo a sua degradação.^{7,10}

Entretanto a degradação dos compósitos não deve ser atribuída a um único fator ou substância, mas às complexas reações entre diferentes fatores.¹¹ Desta forma, atenção especial deve ser dada à escolha da solução para bochecho utilizada, considerando o tipo de material restaurador presente na cavidade bucal do paciente.

Estudos têm investigado as alterações nas características superficiais da resina composta após o uso de colutórios bucais^{12,13} e aplicação tópica de flúor,^{14,15} por meio do envelhecimento artificial. Esse método simula, *in vitro*, as condições bucais em longo prazo e abrange diferentes técnicas como o uso da luz ultra-violeta, a estocagem em diferentes soluções e períodos e a termociclagem.^{8,16-18} Entretanto, pesquisas que associam diferentes técnicas para o envelhecimento, com a finalidade de reproduzir, *in vitro*, da forma mais precisa possível as condições do meio bucal, são escassas.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes soluções fluoretadas na dureza superficial de resinas compostas com diferentes composições, em curto e em longo período de acompanhamento associando-se os métodos químico, físico e mecânico de envelhecimento artificial.

2. Material e método

Para o presente estudo foram utilizadas três resinas compostas (Filtek Z350 XT, Filtek Z250 e Durafill VS) e cinco meios de imersão (Saliva artificial, Fluoreto de sódio manipulado a 0,05%, Fluordent Reach, Oral B e Fluorgard). A identificação e características dos materiais testados estão apresentadas nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1 – Identificação e características das resinas compostas empregadas no estudo.

Material	Fabricante	Tipo	Matriz orgânica	Partículas inorgânicas (Tamanho médio e porcentagem em peso)	Cor	Lote
Filtek Z350 XT	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA	Nanoparticulada	Bis-GMA Bis-EMA UDMA TEGDMA	Sílica de 20 nm não aglomerado, Zircônia de 4 a 11µm não aglomerado, e carga combinada de sílica/zircônia agregada (78,5%)	B1E	1028500124
Filtek Z250	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA	Microhíbrida	Bis-GMA Bis-EMA UDMA	Partículas de carga de 0,6 µm Zircônia e Sílica (60%)	B1	N163110BR
Durafill VS	Heraeus Kulzer Wehrheim, Alemanha	Microparticulada	Bis-GMA UDMA TEGDMA	Partículas de carga de 0,04 µm Dióxido de Silício (43%)	B1	010206

Abreviaturas: Bis-GMA: bisfenol-glicidil-dimetacrilato; Bis-EMA: bisfenol-etildimetacrilato; UDMA: uretana dimetacrilato; TEGDMA: tri-etileno-glicol dimetacrilato.

Quadro 2 – Identificação e características dos meios de imersão empregados no estudo.

Solução	Fabricante	Sabor	Cor	Composição	pH
Saliva Artificial	Farmácia Santa Paula, Araraquara, SP, Brasil	Sem sabor	Incolor	Cloreto de potássio (0,96 g), cloreto de sódio (0,67 g), cloreto de magnésio (0,04 g), fosfato de potássio (0,27 g), cloreto de cálcio (0,12 g), nipagin (0,01 g), nipasol (0,1 g), carboxil metil celulose (8,0g), sorbitol (24,0 g) e água (1000 ml).	7,00
Fluoreto de Sódio Manipulado	Farmácia Santa Paula, Araraquara, SP, Brasil	Sem sabor	Incolor	Fluoreto de Sódio a 0,05%	5,36
Fluordent Reach	Johnson & Johnson, São José dos Campos, SP, Brasil	Menta	Verde	Fluoreto de Sódio a 0,05%, Água, Glicerina, Álcool Etílico, Poloxamer 407, Metilparabeno, Aroma de Menta, Fosfato de Sódio Dibásico, Sucralose, Fosfato de Sódio Monobásico, Cloreto de Cetilpiridínio, Propilparabeno, Corante Amarelo Alimento 5, Corante Azul FD&C n°. 1	6,96
Oral B	Gillette, São Paulo, SP, Brasil	Hortelã	Azul	Fluoreto de Sódio a 0,05%, Água, Glicerina, PEG-40 Óleo de Rícino Hidrogenado, Metilparabeno, 0,053% de Cloreto de Cetilpiridínio Monohidratado, Sacarina Sódica, Benzoato de Sódio, Propilparabeno, Azul FD&C no. 1	5,41
Fluorgard	Colgate, São Bernardo do Campo, SP, Brasil	Cereja	Vermelho	Fluoreto de Sódio a 0,05%, Água, Sorbitol, Polisorbato 20, Sorbato de Potássio, Bifosfato de Sódio, Ácido Fosfórico, Corante vermelho, Composição Aromática	4,13

Delineamento experimental

Este estudo experimental duplo-cego apresenta como variável dependente a dureza superficial e como variáveis independentes o tipo de resina composta em 3 níveis (nanoparticulada, microhíbrida e microparticulada), os meios de imersão em 5 níveis (saliva artificial, fluoreto de sódio a 0,05% manipulado, Fluordent Reach, Oral-B

e Fluorgard,) e o tempo de avaliação em 3 níveis (T0 - 24 horas de imersão em saliva artificial, T60 - 60 dias de imersão nas soluções e Tfinal- após o envelhecimento artificial), sendo a imersão em saliva artificial nas primeiras 24 horas considerada como *baseline*. Da associação entre as variáveis tipo de resina composta e meios de imersão foram obtidos quinze grupos experimentais.

A distribuição dos espécimes em cada grupo se deu de forma casual, utilizando-se uma tábua de números aleatórios.

Confecção dos espécimes, imersão nas soluções e envelhecimento artificial

Um total de 75 espécimes em resina composta (n=5 por grupo) foram confeccionados utilizando-se uma matriz de aço inoxidável hemiseccionada com 10mm de diâmetro e 2mm de espessura.^{19,20} Em temperatura controlada ($23 \pm 1^\circ\text{C}$), a resina composta foi acomodada no interior da matriz em um único incremento. Sobre ela foi colocada uma tira de poliéster (K-Dent – Quimidrol, Com. Ind. Importação Ltda, Joinville, SC, Brasil) e uma placa de vidro. Um peso de aço inoxidável de 1kg foi aplicado por 30 segundos para permitir o escoamento do excesso de material e deixar a superfície lisa e padronizada.²¹ Após esse período, o peso e a placa de vidro foram removidos e a fotoativação foi realizada, por 40 segundos, usando o aparelho de luz halógena Curing Light XL 3000 (3M Dental Products Division, St. Paul, MN, EUA), com irradiância de $530\text{mW}/\text{cm}^2$, constantemente monitorada por um radiômetro (Curing Radiometer Model 100- Demetron Research Corp, Danbury, CT, EUA).

Em seguida, os espécimes foram submetidos a procedimentos de acabamento e polimento com discos de óxido de alumínio Super-Snap[®] (Shofu Dental Corp. Kyoto, Japão), acoplados a um contra-ângulo em baixa velocidade. Cada disco foi usado

sobre a superfície umedecida do material por um período de 15 segundos,²² em sequência decrescente de granulação. Para a realização dos procedimentos de acabamento e polimento, os corpos-de-prova foram posicionados em uma matriz de aço inoxidável bipartida com regulagem central de altura,²⁰ o que impediu o contato dos instrumentos de acabamento e polimento com a superfície da matriz, facilitando a sua aplicação.

Todos os espécimes, durante a sua confecção, foram demarcados em seu verso pela própria ranhura de encaixe da matriz bipartida, o que serviu como guia para os procedimentos de acabamento e polimento que foram realizados perpendiculares a essa demarcação,²³ com uma pressão padronizada em 2kg.

Entre um disco e outro, os espécimes foram lavados com jatos de ar-água por 5 segundos, e ao final do processo de acabamento e polimento, foram levados ao ultrassom (Ultrasonic Cleaner 1440 Plus; Odontobrás – Comércio de Eq. Médicos-Odontológicos LTDA, Ribeirão Preto, SP, Brasil) contendo água, por 30 minutos, com o objetivo de remover as impurezas depositadas sobre a superfície.

Os espécimes foram mergulhados em saliva artificial e armazenados em estufa bacteriológica (EBC1-Odontobrás– Comércio de Eq. Médicos-Odontológicos LTDA, Ribeirão Preto, SP, Brasil), sendo mantidos à temperatura de $37 \pm 1^\circ\text{C}$, por 24 horas.

Em seguida, foi realizada diariamente por um período de 60 dias, a imersão de cada espécime individualmente em 5ml de solução fluoretada (grupos experimentais), por um minuto, sob agitação manual, lavagem em água destilada e recolocação em saliva artificial a $37 \pm 1^\circ\text{C}$. Para os espécimes do grupo controle, foram simuladas

condições de imersão semelhantes às dos grupos experimentais, usando a saliva artificial como meio de imersão.

Completada a etapa de imersão nas diferentes soluções, os espécimes de todos os grupos foram submetidos aos procedimentos de envelhecimento artificial, sendo realizados 20.000 ciclos em água nas temperaturas de 5°C e 55°C (Thermocycler THE1100, SD Mechatronik GmbH, Munique, Alemanha), com permanência de 30 segundos em cada temperatura. Em seguida, os espécimes foram submetidos ao estresse com aplicação de carga de 50N e frequência de 1,6Hz, em aparelho de mastigação (Chewing simulator CS-3, SD Mechatronik GmbH, Feldkirchen-Westerham, Alemanha), totalizando 1.200.000 ciclos, o que corresponde a atividade clínica mastigatória das restaurações durante 5 anos.²⁴ Além disso, com a finalidade de simular o efeito das soluções fluoretadas pelo mesmo período, os espécimes foram imersos nas soluções por 1825 minutos.

Avaliação da dureza superficial

A leitura da dureza superficial Vickers (VSH) foi feita por um pesquisador devidamente calibrado, ($\rho=0,75$) usando o microdurômetro digital (Buehler- Lake Bluff, Illinois, EUA), com uma carga de 50 gf aplicada durante 30 segundos sobre a superfície do espécime. Esse procedimento foi realizado em três regiões distintas do espécime, originando valores que resultaram em uma média final para o espécime. Para a padronização das leituras, os espécimes foram posicionados em uma matriz na qual foi traçada uma linha central e coordenadas específicas foram adotadas no eixo norte-sul, leste-oeste do microdurômetro para se obter a leitura em três pontos padronizados¹⁹ (Figura 1- a, b, c).

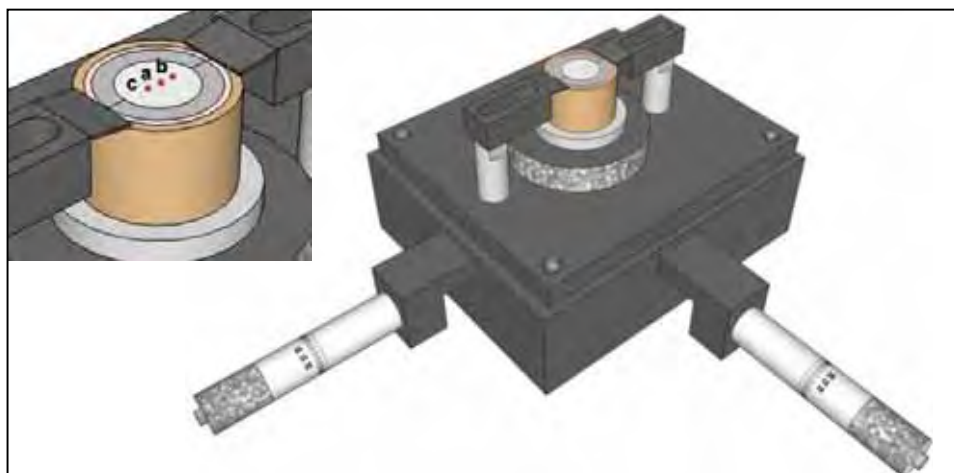


Figura 1 – Desenho esquemático com as coordenadas para a padronização das leituras no microdurômetro.

Após período de 24 horas imersos em saliva artificial foi realizada a leitura da dureza inicial – *baseline*. As demais leituras foram realizadas após 60 dias (T60) do início da imersão e após os procedimentos de envelhecimento artificial (Tfinal).

O esquema da metodologia desde a confecção dos espécimes até a realização das leituras está representado na Figura 2.

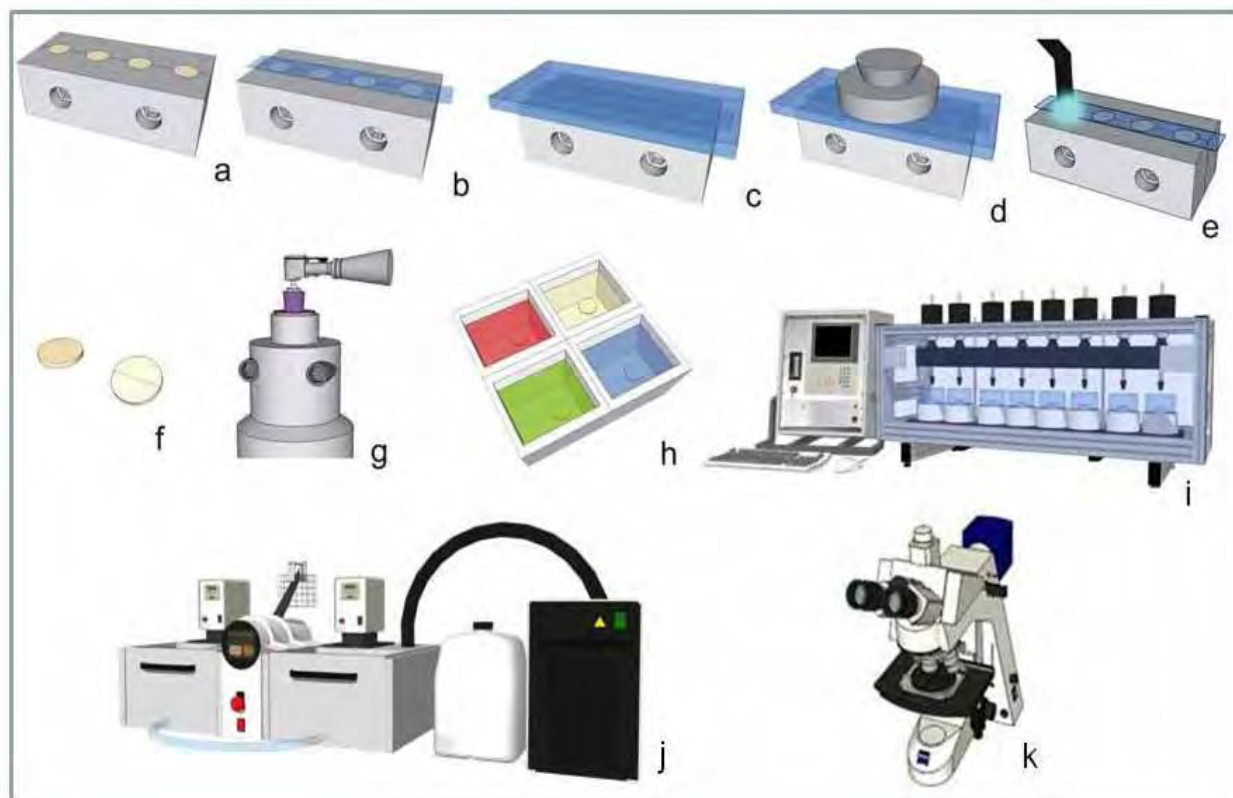


Figura 2- Esquema da metodologia: a) inserção da resina composta em único incremento na matriz bipartida, b) posicionamento da matriz de poliéster, c) colocação da placa de vidro, d) aplicação do peso de 1kg por 30 segundos, e) remoção do conjunto placa-peso e fotopolimerização através da matriz de poliéster, f) espécimes demarcados no verso devido à ranhura da matriz bipartida, g) procedimento de acabamento e polimento na matriz com regulagem central de altura, h) procedimentos de imersão, i/j) procedimentos de envelhecimento artificial, k) leitura da dureza superficial.

Análise estatística dos dados

A comparação das médias de dureza superficial segundo tipo de resina utilizada e solução de imersão nos diferentes tempos foi realizada com uma Análise de Variância para medidas repetidas mista. Os pressupostos de distribuição normal, homocedasticidade e esfericidade da matriz de variâncias-covariâncias foram analisados, respectivamente com o teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$ para os três

momentos de avaliação e grupos), teste de Levene ($p > 0,05$ nos três momentos de avaliação e grupos) e teste de Mauchly ($p = 0,289$). A comparação múltipla das medidas repetidas (tempo) foi elaborada utilizando o teste de Sidak e para as medidas independentes (tipo de resina e solução de imersão) o teste de Tukey. A média geral de dureza segundo o tipo de resina foi estimada por ponto e por intervalo de 95% de confiança ($IC_{95\%}$). Para tomada de decisão utilizou-se o nível de significância de 5%.

3. Resultados

Na Tabela 1 encontram-se as médias e desvios-padrão da dureza superficial dos espécimes de acordo com a solução de imersão, tipo de resina composta e tempo.

Tabela 1. Média e desvio-padrão da dureza dos espécimes segundo solução de imersão, tipo de resina composta e tempo.

Solução	Filtek Z350 XT			Filtek Z250			Durafill VS			
	T ₀	T ₆₀	T _{final}	T ₀	T ₆₀	T _{final}	T ₀	T ₆₀	T _{final}	Total
Saliva	71,25±7,09	58,40±6,30	50,92±8,71	85,38±4,83	65,18±8,08	52,83±4,77	33,28±2,10	24,14±7,35	17,34±6,60	50,97±22,16
Manipulado	73,01±10,43	61,27±6,59	46,58±3,36	83,23±8,17	71,81±11,36	57,17±5,76	32,59±5,74	21,20±5,48	17,25±3,05	51,57±22,49
Fluorident	73,74±8,35	57,36±8,14	46,46±3,78	81,43±8,17	60,65±7,54	49,93±5,46	22,13±4,60	17,56±0,71	16,02±1,13	47,26±23,62
Reach										
Oral B	69,78±2,42	53,29±5,78	43,30±6,08	76,91±4,70	66,88±4,23	54,63±5,03	22,20±3,71	19,49±3,44	16,81±3,56	47,03±22,23
Fluorgard	76,29±7,45	58,54±11,78	52,79±8,72	79,59±10,53	63,51±12,07	48,45±6,59	32,03±4,98	22,33±3,71	17,02±1,77	50,06±22,61
Total	72,82±7,32	57,77±7,78	48,01±6,92	81,31±7,56	65,61±9,14	52,60±6,00	28,45±6,61	20,94±4,87	16,89±3,45	

Pode-se observar menores médias de dureza superficial para os espécimes confeccionados com a resina Durafill VS e diminuição das médias de dureza ao longo do tempo para as três resinas e cinco soluções avaliadas.

Na Tabela 2 está a Análise de Variância entre as medidas repetidas.

Tabela 2. Resumo da Análise de Variância entre as medidas repetidas (*Whitin-Subjects*).

Fonte	DF	SS	MS	F	P	η_p^2	π
Tempo	2	17823,708	8911,854	330,604	<0,001	0,846	1,000
Tempo*solução	8	206,798	25,850	0,959	0,471	0,06	0,429
Tempo*material	4	2034,695	508,674	18,870	<0,001	0,386	1,000
Tempo*solução*material	16	590,233	36,890	1,368	0,169	0,154	0,812
Resíduo	120	3234,758	26,956				

Verificou-se diferença significativa entre os tempos e na interação tempo e material.

A Tabela 3 apresenta as médias e desvios-padrão segundo tempo e tipo de resina composta.

Tabela 3. Média e desvio-padrão de dureza superficial segundo tempo e tipo de resina composta.

Tempo	Resina		
	Filtek Z350XT	Filtek Z250	Durafill VS
T0	72,82±7,32 ^{a,A}	81,31±7,56 ^{b,A}	28,45±6,1 ^{c,A}
T60	57,77±7,78 ^{a,B}	65,61±9,14 ^{b,B}	20,94±4,87 ^{c,B}
Tfinal	48,01±6,91 ^{a,C}	52,60±6,00 ^{b,C}	16,89±3,45 ^{c,C}

^{a,A} letra minúscula identifica comparação entre colunas e maiúscula entre linhas

Considerando-se os três níveis de tempo, observou-se diferença estatisticamente significativa na média de dureza dos três tipos de resina avaliada. Verificou-se que as três resinas sofreram alteração significativa ao longo do tempo.

O resumo da Análise de Variância entre os fatores independentes, solução e tipo de resina composta (material) encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4. Resumo da Análise de Variância entre os fatores independentes (*Between-Subjects*).

Fonte	df	SS	MS	F	P	η_p^2	π
Solução	4	801,076	200,269	2,603	0,050	0,148	0,697
Material	2	85573,438	42786,719	556,151	<0,001	0,949	1,000
Solução*Material	8	583,614	72,952	0,948	0,948	0,112	0,399
Resíduo	60	4616,019	76,934				

Pode-se notar que apenas o fator material apresentou diferença estatisticamente significativa.

A Figura 3 apresenta o intervalo de 95% de confiança (IC_{95%}) da média de dureza dos espécimes segundo o tipo de resina composta.

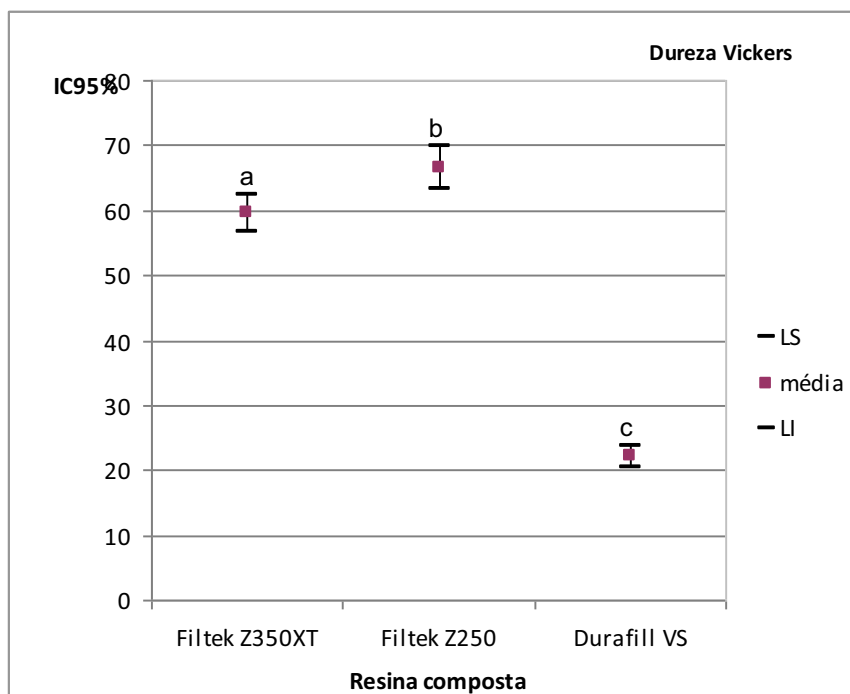


Figura 3. Intervalo de 95% de confiança ($IC_{95\%}$) da média de dureza dos espécimes segundo o tipo de resina composta.

Os valores médios de dureza Vickers foram diferentes para as três resinas avaliadas, sendo a resina Durafill VS a que apresentou menores valores.

4. Discussão

O conhecimento do valor da dureza superficial é importante para a indicação e avaliação da longevidade clínica do material restaurador.⁷ Desta forma, sabendo-se que o desempenho clínico e durabilidade das resinas compostas são fortemente influenciados pelas suas características intrínsecas e pelo ambiente a que estão expostas, o presente estudo avaliou

a dureza superficial de três resinas compostas frente ao uso de soluções fluoretadas em curto e em longo prazo.

Selecionou-se uma resina composta nanoparticulada (Filtek Z350 XT), uma microhíbrida (Filtek Z250) e uma microparticulada (Durafill VS) e verificou-se que os valores de dureza superficial das mesmas foram diferentes entre si ao longo do tempo. Desta forma, pode-se notar que a dureza superficial esteve dependente do material. Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores.^{3,5,12,18}

Observou-se também que os menores valores de dureza superficial foram obtidos pela resina composta Durafill VS. Tal fato pode ser explicado pela própria composição deste material. A resina composta microparticulada estudada possui um percentual de carga de 43% em peso, apresentando, portanto, maior quantidade de matriz orgânica o que a torna mais susceptível a degradação. Outra explicação para os resultados obtidos é que essas resinas possuem partículas pré-polimerizadas que comprometem a sua polimerização uniforme² refletindo diretamente na sua dureza.

Por outro lado, a Filtek Z350 XT que é uma resina composta nanoparticulada possui percentual de carga de 78,5% em peso, característica que confere a este material, propriedade tão satisfatória quanto à resina Filtek Z250 que é microhíbrida e possui carga de 60% em peso. Além da composição e distribuição das partículas de carga, o seu formato e tamanho também podem influenciar a qualidade do material. Rastelli et al.⁵

encontraram que resinas compostas de partículas irregulares como a Filtek Z250 e esféricas como a Filtek Z350 XT apresentaram maiores valores de dureza superficial estando de acordo com os achados deste estudo.

Apesar das resinas Filtek Z250 e Filtek Z350XT possuírem em sua composição porcentagens de cargas próximas, os valores de dureza obtidos neste estudo foram maiores para a Filtek Z250. Tal fato pode ser justificado pela maior porcentagem de carga da Filtek Z350XT, o que segundo Halvorson et al.²⁵ pode restringir a mobilidade dos monômeros diminuindo progressivamente o seu grau de conversão. Além disso, resinas nanoparticuladas possuem nanoaglomerados de sílica que podem alterar a sua polimerização, promovendo menores valores de dureza quando comparadas às microhíbridas.⁵

Os achados desta pesquisa corroboram com os encontrados por Montenegro et al.¹⁸ que avaliando o efeito da partícula de carga e do tempo de armazenamento sobre a dureza superficial de resinas compostas, encontraram maiores valores para a resina microhíbrida seguida pela nanoparticulada e menores valores para a microparticulada. Rastelli et al.⁵ também constataram que a resina microhíbrida exibiu maior dureza superficial quando comparada a nanoparticulada.

Apesar de terem apresentado diferentes valores de dureza entre si, verificou-se neste estudo que as três resinas avaliadas sofreram alteração significativa nos valores de dureza ao longo do tempo ($p < 0,001$), tanto em

curto (60 dias de imersão) quanto em longo prazo (após o envelhecimento artificial).

O envelhecimento artificial, procedimento comumente utilizado para experimentos *in vitro*, acelera a degradação do material^{16,18} o que causa significativa diminuição em suas propriedades. Poucos estudos simulam o envelhecimento de um material restaurador por mais de algumas semanas, utilizando diferentes técnicas para esse fim. As mais utilizadas são a luz ultra-violeta, estocagem em diferentes soluções e períodos e a termociclagem.^{8,16-18} O presente trabalho, diferentemente dos encontrados na literatura, procurou realizar uma avaliação inovadora uma vez que aliou diversos métodos de envelhecimento artificial para observação do comportamento das resinas estudadas tanto em curto quanto em longo prazo. Para isso, utilizou-se além da imersão dos materiais em diferentes soluções fluoretadas por 60 dias, o envelhecimento dos mesmos correspondendo a um período de 5 anos²⁴ por meio da termociclagem, da simulação das forças mastigatórias e da imersão contínua nas soluções fluoretadas. Esses procedimentos foram realizados com o intuito de submeter os materiais à ação química (soluções), física (diferentes temperaturas) e também ao estresse mecânico presente durante as forças mastigatórias. Desta forma, após todo este processo, notou-se uma diminuição dos valores de dureza para todas as resinas avaliadas, sendo os

menores valores encontrados após o envelhecimento artificial em longo prazo.

Trabalhos na literatura utilizando metodologias diversas de envelhecimento para análise de diferentes tipos de resina composta como imersão em água destilada,^{18,26} associação de imersão em água destilada e termociclagem¹⁷ e associação de imersão em soluções e luz ultra-violeta,¹⁶ também observaram comprometimento das propriedades das resinas avaliadas, com redução da dureza superficial.

Pode-se inferir que a diminuição da dureza após o envelhecimento artificial ocorre pela absorção de água e pelo efeito de degradação decorrente de características hidrófilas dos monômeros BisGMA e UDMA presentes na matriz de todas as resinas estudadas, fazendo com que a quantidade de água absorvida, embora em quantidade reduzida, atue como um plastificante externo aumentando o espaço intermolecular e diminuindo a dureza.²⁷ Convém salientar ainda que o processo de termociclagem, devido às repetidas mudanças de temperatura, pode induzir a degradação da ligação matriz-carga em decorrência dos diferentes coeficientes de expansão térmica das partículas de carga inorgânica e matriz resinosa.

Ainda com relação à interferência dos fatores extrínsecos sobre a dureza superficial das resinas compostas, constatou-se no presente estudo que as soluções de imersão avaliadas não influenciaram a dureza das

resinas compostas avaliadas ($p=0,050$), assim como Oliveira et al.¹⁹ e Gurdal et al.¹².

Apesar disso, a indicação das soluções fluoretadas deve ser adequada para a necessidade de cada paciente, tendo em vista que o seu uso prolongado e indiscriminado pode afetar outras propriedades das resinas compostas, na medida em que atuam em longo prazo, como coadjuvantes no processo de envelhecimento da restauração.

Assim, frente aos achados obtidos concluiu-se que a dureza superficial das resinas compostas foi dependente do material, sendo a resina composta microhíbrida a que apresentou maiores valores, seguida pela nanoparticulada. A microparticulada apresentou os menores valores. As soluções fluoretadas não apresentaram influência na dureza superficial das resinas compostas. Por outro lado, o tempo apresentou-se como fator de influência na dureza, ou seja, quanto maior o período de avaliação e envelhecimento artificial, menor a dureza superficial dos materiais estudados.

Referências

1. Yoldas O, Akowa T, Uysal H. Influence of different indentation load and dwell time on Knoop microhardness tests for composite materials. *Polymer Testing* 2004; **23**: 343-6.

2. Beun S, Glorieux T, Devaux J, Vreven J, Leloup G. Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. *Dental Materials* 2007; **23**: 51-9.
3. de Moraes RR, Gonçalves L de S, Lancellotti AC, Consani S, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA. Nanohybrid resin composites: nanofiller loaded materials or traditional microhybrid resins? *Operative Dentistry* 2009; **34**: 551-7.
4. Kim KH, Ong JL, Okuno O. The effect of filler loading and morphology on the mechanical properties of contemporary composites. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2002; **87**: 642-9.
5. Rastelli AN, Jacomassi DP, Faloni AP, Queiroz TP, Rojas SS, Bernardi MI, et al. The filler content of the dental composite resins and their influence on different properties. *Microscopy Research and Technique* 2012; **75**: 758-65.
6. Yeh ST, Wang HT, Liao HY, Su SL, Chang CC, Kao HC, et al. The roughness, microhardness, and surface analysis of nanocomposites after application of topical fluoride gels. *Dental Materials* 2011; **27**: 187-96.
7. Diab M, Zaazou MH, Mubarak EH, Olaa MIF. Effect of Five Commercial Mouthrinses on the Microhardness and Color Stability of Two Resin Composite Restorative Materials. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 2007; **1**: 667-74.

8. Miranda DA, Bertoldo CE, Aguiar FH, Lima DA, Lovadino JR. Effects of mouthwashes on Knoop hardness and surface roughness of dental composites after different immersion times. *Brazilian Oral Research* 2011; **25**: 168-73.
9. Gurgan S, Yalcin Cakir F. The effect of three different mouthrinses on the surface hardness, gloss and colour change of bleached nano composite resins. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry* 2008; **16**: 104-8.
10. Asmussen E. Softening of BISGMA- based polymers by ethanol and by organic acids of plaque. *Scandinavian Journal of Dental Research* 1984; **92**: 257-61.
11. Yap AU, Chew CL, Ong LF, Teoh SH. Environmental damage and occlusal contact area wear of composite restoratives. *Journal of Oral Rehabilitation* 2002; **29**: 87-97.
12. Gürdal P, Güniz Akdeniz B, Hakan Sen B. The effects of mouthrinses on microhardness and colour stability of aesthetic restorative materials. *Journal of Oral Rehabilitation* 2002; **29**: 895-901.
13. Gurgan S, Önen A, Köprülü H. In vitro effects of alcohol containing and alcohol-free mouthrinses on microhardness of some restorative materials. *Journal of Oral Rehabilitation* 1997; **24**: 244-6.
14. Papagiannoulis L, Tzoutzas J, Eliades G. Effect of topical fluoride agents on the morphologic characteristics and composition of resin

- composite restorative materials. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1997; **77**: 405-13.
15. Yap AUJ, Mok, BYY. Effects of professionally applied topical fluorides on surface hardness of composite-based restoratives. *Operative Dentistry* 2002; **27**: 576-81.
16. Catelan A, Briso AL, Sundfeld RH, Dos Santos PH. Effect of artificial aging on the roughness and microhardness of sealed composites. *Journal of Esthetic Restorative Dentistry* 2010; **22**: 324-30.
17. Hahnel S, Henrich A, Bürgers R, Handel G, Rosentritt M. Investigation of mechanical properties of modern dental composites after artificial aging for one year. *Operative Dentistry* 2010; **35**: 412-9.
18. Montenegro RV, Arrais GLR, França KP, Brasileiro CC, Cavalcanti AL, Carlo HL, et al. Efeito da Partícula de Carga e do Tempo de Armazenamento sobre a Microdureza de Superfície de Compósitos Restauradores Estéticos. *Pesquisa Brasileira de Odontopediatria e Clínica Integrada* 2010; **10**: 345-50.
19. Oliveira ALBM, Garcia PPNS, Santos PA, Campos JADB. Surface roughness and hardness of a composite resin: influence of finishing and polishing and immersion methods. *Materials Research* 2010; **13**: 409-15.

20. Botta AC, Duarte Jr S, Paulin Filho PI, Gheno SM. Effect of dental finishing instruments on the surface roughness of composite resins as elucidated by atomic force microscopy. *Microscopy and Microanalysis* 2008; **14**: 380-6.
21. Badra VV, Faraoni JJ, Ramos RP, Palma-Dibb RG. Influence of different beverages on the microhardness and surface roughness of resin composites. *Operative Dentistry* 2005; **30**: 213-9.
22. Guler AU, Kurt S, Kulunk T. Effects of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2005; **93**: 453-8.
23. Wilder Jr AD, Swift Jr EJ, May Jr KN, Thompson JY, McDougal RA. Effect of finishing technique on the microleakage and surface texture of resin-modified glass ionomer restorative materials. *Journal of Dentistry* 2000; **28**: 367-73.
24. Blatz MB, Oppes S, Chiche G, Holst S, Sadan A. Influence of cementation technique on fracture strength and leakage of alumina all-ceramic crowns after cyclic loading. *Quintessence International* 2008; **39**: 23-32

25. Halvorson E, Erickson RL, Davidson CL. The effect of filler and silane content on conversion of resin-based composite *Dental Materials* 2003; **19**: 327-33.
26. de Moraes RR, Marimon JL, Schneider LF, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L, Bueno M. Effects of 6 months of aging in water on hardness and surface roughness of two microhybrid dental composites. *Journal of Prosthodontics* 2008 ;**17**: 323-6.
27. Borges AFS, Puppim-Rontani RM, Sinhoreti MAC, Correr-Sobrinho L. Influência do tempo de estocagem em meio úmido sobre a microdureza inicial de materiais restauradores estéticos. *Ciência Odontológica Brasileira* 2004; **7**: 79-86.

A photograph of sand dunes with the text "CONSIDERAÇÕES FINAIS" overlaid. The dunes are in the foreground, showing distinct ripples and shadows. The background is a bright, hazy sky. The text is written in a simple, black, sans-serif font, centered horizontally and positioned in the lower half of the image.

CONSIDERAÇÕES
FINAIS

Considerações Finais

A longevidade de restaurações de resina composta não está relacionada apenas à avaliação do seu comportamento frente a uma única propriedade, mas sim à associação de várias.

Apesar desta tese de doutorado apresentar a avaliação da influência das soluções fluoretadas para bochecho diário sobre a estabilidade de cor, a rugosidade e a dureza superficiais de resinas compostas na forma de três capítulos que trataram destas propriedades isoladamente, alguns estudos na literatura abordaram a influência de diversos meios de imersão sobre essas propriedades de forma conjunta^{4-6,8,11-12,16-17,22,26}.

Embora não tenha sido realizado teste estatístico para verificar a associação das variáveis dependentes deste estudo, pôde-se observar que a maior estabilidade de cor esteve relacionada a uma superfície menos rugosa e aos maiores valores de dureza superficial.

Marghalani¹⁷ constatou que a rugosidade é dependente da dureza superficial. Chung⁵ observou associação positiva entre os valores de rugosidade e de alteração de cor. Dietschi et al.⁸, em estudo *in vitro*, verificaram que a susceptibilidade ao manchamento da resina composta esteve relacionada com sua composição e suas propriedades superficiais, assim como notaram Lee et al.¹⁶ e Ghinea et al.¹¹.

Por outro lado, segundo Choi et al.⁴ e Hachiya et al.¹², a alteração de cor não é dependente unicamente da rugosidade superficial. Outros fatores permitem aumentar a susceptibilidade ao manchamento da resina, entre eles, a pressão exercida sobre a superfície durante o processo de polimerização.

Diab et al.⁶, Schulze et al.²⁶ verificaram ausência de correlação entre a estabilidade de cor e a dureza superficial de resinas compostas após o envelhecimento artificial.

De modo geral, ao verificar o conjunto dos resultados das três propriedades analisadas, pode-se notar que a resina composta Durafill VS apresentou desempenho inferior às outras resinas avaliadas o que pode estar relacionado, como discutido nos capítulos apresentados anteriormente, à sua composição. Por ser a Durafill VS, uma resina microparticulada, imaginava-se que pelo menos o seu comportamento com relação à rugosidade superficial seria superior às demais. Porém, o advento de novas tecnologias possibilitou o desenvolvimento de novos materiais restauradores como as resinas compostas com partículas de carga de menor tamanho e maior percentagem em peso, o que conferiu a elas, melhor desempenho. Este fato foi observado neste estudo, quando se avaliou a rugosidade, a dureza superficial e a estabilidade de cor.

Por outro lado, convém destacar que apesar de a resina nanoparticulada ter sido desenvolvida com o objetivo de superar as propriedades das resinas já existentes no mercado odontológico, pelos resultados obtidos observou-se que

ela se mostrou superior à Durafill VS, porém semelhante e, em alguns casos, inferior à resina microhíbrida.

Portanto, sugere-se que novos estudos continuem sendo realizados visando o aperfeiçoamento das propriedades de materiais restauradores e seu acompanhamento em longo prazo, a fim de minimizar suas limitações e aumentar a sua longevidade.

Além disso, a partir dos achados do presente trabalho, indica-se que o cirurgião-dentista, ao selecionar um material restaurador, deve ter consciência do seu comportamento em termos de dureza, rugosidade superficial e estabilidade de cor, ao longo do tempo. Isso deve acontecer para que sua escolha seja criteriosa, uma vez que essas propriedades são importantes não somente para o sucesso da restauração, mas também para a manutenção da saúde bucal, pois interferem na retenção de placa bacteriana, no desenvolvimento da doença periodontal e na reincidência de cárie.



Conclusão

De acordo com os resultados obtidos nos estudos realizados, pode-se concluir que:

Capítulo 1:

- A estabilidade de cor das resinas compostas foi materialmente dependente, sendo a resina composta microparticulada, a que apresentou maior alteração.
- Maiores valores de alteração de cor foram observados para todas as resinas estudadas, após o envelhecimento artificial, sendo essa alteração podendo ser perceptível clinicamente apenas para a resina Durafill VS.
- A solução para bochecho fluoretada Fluorgard determinou diferença significativa na alteração de cor das resinas Filtek Z350XT e Z250.

Capítulo 2:

- A rugosidade superficial das resinas compostas foi materialmente dependente, sendo a resina composta microparticulada a que apresentou maiores valores, seguida pela nanoparticulada e

pela microhíbrida, as quais apresentaram resultados semelhantes entre si.

- As soluções fluoretadas não apresentaram influência na rugosidade superficial das resinas compostas.
- O tempo apresentou-se como fator de influência na rugosidade superficial, sendo os maiores valores observados após o envelhecimento artificial.

Capítulo 3:

- A dureza superficial das resinas compostas foi dependente do material, sendo a resina composta microhíbrida a que apresentou maiores valores, seguida pela nanoparticulada. A microparticulada apresentou os menores valores.
- As soluções fluoretadas não apresentaram influência na dureza superficial das resinas compostas.
- O tempo apresentou-se como fator de influência na dureza, ou seja, quanto maior o período de avaliação e envelhecimento artificial, menor a dureza superficial dos materiais estudados.



Referências*

1. Badra VV, Faraoni JJ, Ramos RP, Palma-Dibb RG. Influence of different beverages on the microhardness and surface roughness of resin composites. *Oper Dent*. 2005; 30: 213-9.
2. Catelan A, Briso AL, Sundfeld RH, Dos Santos PH. Effect of artificial aging on the roughness and microhardness of sealed composites. *J Esthet Restor Dent*. 2010; 22: 324-30.
3. Catirse ABE, Garcia PPNS, Corona SAM, Dinelli W. Efeito de diferentes soluções de fluoreto de sódio a 0,05% na translucidez do cimento de ionômero de vidro. *Ufes Rev Odontol*. 2000; 2: 30-4.
4. Choi MS, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC. Changes in surface characteristics of dental resin composites after polishing. *J Mater Sci Mater Med*. 2005; 16: 347-53.
5. Chung K. Effects of finishing and polishing procedures on the surface texture of resin composites. *Dent Mater*. 1994; 10: 325-30.
6. Diab M, Zaazou MH, Mubarak EH, Olaa MIF. Effect of Five Commercial Mouthrinses on the Microhardness and Color Stability of Two Resin Composite Restorative Materials. *Aust J Basic & Appl Sci*. 2007; 1: 667-74.

* De acordo com o estilo Vancouver.

Disponível no site: <http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform-requirements.html>.

7. Díaz-Arnold AMD, Wistrom W, Swift Jr EJ. Topical fluoride and glass ionomer microhardness. *Am J Dent* 1995; 8: 134-6.
8. Dietschi D, Campanile G, Holz J, Meyer JM. Comparison of the color stability of ten new-generation composites: an in vitro study. *Dent Mater*. 1994; 10: 353-62.
9. Ertas E, Güler AU, Yücel AÇ, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater J*. 2006; 25: 371-6.
10. Garcia PPNS, Corona SAM, Palma Dibb RG, Chimello DT, Catirse ABE, Freitas EM. Effect of fluoride-containing mouthrinses on the translucence of resin modified glass-ionomer cements. *Mater Res*. 2002; 5: 485-9.
11. Ghinea R, Ugarte-Alvan L, Yebra A, Pecho OE, Paravina RD, Perez Mdel M. Influence of surface roughness on the color of dental-resin composites. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2011; 12: 552-62.
12. Hachiya Y, Iwaku M, Hosoda H, Fusayama T. Relation of finish to discoloration of composite resins. *J Prosthet Dent*. 1984; 52: 811-4.
13. Hahnel S, Henrich A, Bürgers R, Handel G, Rosentritt M. Investigation of mechanical properties of modern dental composites after artificial aging for one year. *Oper Dent*. 2010;35: 412-9.

14. Hosoya Y, Shiraishi T, Oshiro M, Ando S, Miyazaki M, Powers JM. Effects of specular component on color differences of different filler type resin composites after aging. *J Dent.* 2009; 37: 585-90.
15. Iazzetti G, Burgess JO, Gardiner D, Ripps A. Color stability of fluoride-containing restorative materials. *Oper Dent.* 2000; 25: 520-5.
16. Lee YK, Lim BS, Kim CW. Effect of surface conditions on the color of dental resin composites. *J Biomed Mater Res.* 2002; 63: 657–63.
17. Marghalani HY. Effect of filler particles on surface roughness of experimental composite series. *J Appl Oral Sci.* 2010; 18: 59-67.
18. Miranda DA, Bertoldo CE, Aguiar FH, Lima DA, Lovadino JR. Effects of mouthwashes on Knoop hardness and surface roughness of dental composites after different immersion times. *Braz Oral Res.* 2011; 25: 168-73.
19. Montenegro RV, Arrais GLR, França KP, Brasileiro CC, Cavalcanti AL, Carlo HL, et al. Efeito da partícula de carga e do tempo de armazenamento sobre a microdureza de superfície de compósitos restauradores estéticos. *Pesq Bras Odontoped Clin Integr.* 2010; 10: 345-50.
20. Patel SB, Gordan VV, Barrett AA, Shen C. The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites. *J Am Dent Assoc.* 2004; 135: 587-94.

21. Pires-de-Souza FCP, Garcia LFR, Hamida HM, Casemiro LA. Color stability of composites subjected to accelerated aging after curing using either a halogen or a Light Emitting Diode source. *Braz Dent J.* 2007; 18: 119-23.
22. 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.* 2003; 19: 12-8.
23. Ren YF, Feng L, Serban D, Malmstrom HS. Effects of common beverage colourants on colour stability of dental composite resins: The utility of a thermocycling stain challenge model in vitro. *J Dent.* 2012; 40: 48-56.
24. Samuel SMW, Rubinstein C. Microhardness of enamel restored with fluoride and non-fluoride releasing dental materials. *Braz Dent J.* 2001; 12: 35-8.
25. Santos PA, Garcia PPNS, Oliveira ALBM, Palma-Dibb RG. Chemical and morphological features of dental composite resin: influence of light curing units and immersion media. *Microsc Res Tec.* 2010; 73: 176-81.
26. Schulze K, Marshall SJ, Gansky SA, Marshall GW. Color stability and hardness in dental composite after accelerated aging. *Dent Mater.* 2003; 19: 612-9.

27. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dent Mater.* 2004; 20: 530-4.
28. Wilder Jr AD, Swift Jr EJ, May Jr KN, Thompson JY, McDougal RA. Effect of finishing technique on the microleakage and surface texture of resin-modified glass ionomer restorative materials. *J Dent.* 2000; 28: 367-73.
29. Yap AUJ, Sau CW, Lye KW. Effects of finishing/polishing time on surface characteristics of tooth-coloured restoratives. *J Oral Rehabil.* 1998; 25: 456-61.
30. Yu B, Lim HN, Lee YK. Influence of nano- and micro-filler proportions on the optical property stability of experimental dental resin composites. *Mater Des.* 2010; 31: 4719-24.

Autorizo a reprodução deste trabalho
(Direitos de publicação reservados ao autor)

Araraquara, 27 de julho de 2012.

Ana Luísa Botta Martins de Oliveira

Análise da rugosidade superficial de resinas compostas: influência do tipo de material, das soluções fluoretadas e do tempo

Palavras-chave: Envelhecimento, resinas compostas, flúor.

Ana Luísa Botta Martins de Oliveira,¹ Patrícia Petromilli Nordi Sasso Garcia,²
Juliana Álvares Duarte Bonini Campos,² Jin-Ho Phark,³ Sillas Duarte Jr,³ Elisa
Maria Aparecida Giro⁴

¹ Pós-graduanda (nível doutorado) do Departamento de Clínica Infantil, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP.

² Professora Adjunta Doutora do Departamento de Odontologia Social, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP.

³ Professor Associado Doutor do Departamento de Odontologia Restauradora, Ostrow School of Dentistry, USC.

⁴ Professora Adjunta Doutora do Departamento de Clínica Infantil, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP.

Endereço:

A/C Ana Luísa Botta Martins de Oliveira
Rua: Orlando Damiano, 2281 – Centro
CEP: 13560-450 São Carlos, SP, Brasil
Telefone: (16) 34111764

Email: analuisabotta@hotmail.com

De acordo com as normas de publicação do periódico Quintessence International, disponíveis no site: <http://www.quintpub.com/journals/qi/authorguide.pdf>

Análise da rugosidade superficial de resinas compostas: influência do tipo de material, das soluções fluoretadas e do tempo

Resumo

Objetivo: Avaliar o efeito de soluções fluoretadas na rugosidade superficial de resinas compostas, em curto e em longo prazo. Métodos: Foram confeccionados espécimes (n= 75) medindo 10 mm X 2 mm, sendo estes acabados e polidos com discos Super-Snap[®]. Os grupos experimentais foram divididos de acordo com o tipo de resina composta (nanoparticulada - Filtek Z350 XT, microhíbrida - Filtek Z250 e microparticulada - Durafill VS) e os diferentes meios de imersão (saliva artificial, solução de fluoreto de sódio a 0,05%- manipulado, Fluordent Reach, Oral B, Fluorgard). Os espécimes permaneceram em saliva artificial por 24 horas e foram submetidos à análise de rugosidade inicial (T0). A partir disso, foram imersos nas soluções por 1 minuto diariamente, durante 60 dias e resubmetidos à leitura de rugosidade superficial. Em sequência, o envelhecimento artificial (20.000 ciclos de termociclagem, 1.200.000 ciclos de simulação de forças mastigatórias e imersão contínua nas soluções por 1825 minutos) foi realizado e após este processo, foram feitas leituras finais de rugosidade superficial (Tfinal). Os dados foram submetidos à Análise de Variância para medidas repetidas mista e aos testes de Sidak e de Tukey com nível de significância de 5%. Resultados: Observou-se que a resina microparticulada apresentou os maiores valores de rugosidade superficial e as resinas nanoparticulada e microhíbrida foram semelhantes entre si. As soluções fluoretadas não apresentaram influência na rugosidade superficial das resinas compostas. Os maiores valores de

rugosidade foram observados após o envelhecimento artificial. Conclusão: A rugosidade superficial não foi influenciada pelas soluções fluoretadas, porém foi dependente do material e aumentou ao longo do tempo.

Palavras-chave: Envelhecimento, resinas compostas, flúor.

Introdução

O sucesso de uma restauração está relacionado, entre outros fatores, à obtenção da lisura superficial,^{1,2} uma vez que superfícies rugosas contribuem para a deposição de placa bacteriana, detritos e corantes, resultando em danos aos tecidos moles e periodontais, diminuição do brilho da restauração e aumento da sua susceptibilidade à descoloração e/ou degradação superficial, infiltração marginal e recidiva de cárie.^{1,3-5}

A rugosidade superficial pode estar relacionada a diversos fatores e entre eles, destaca-se a própria composição do material restaurador. No caso das resinas compostas essa propriedade pode ser influenciada pelas suas características intrínsecas como o tipo de matriz orgânica e o tamanho, forma, composição e distribuição das partículas de carga.^{2,6-8} O aumento da porcentagem de carga, a modificação e a redução do tamanho das partículas e sua melhor distribuição na matriz resinosa contribuem para melhorar a lisura superficial do material e, conseqüentemente o resultado estético das restaurações.⁷

Fatores extrínsecos como a exposição do material a alimentos, bebidas^{4,9} e soluções para bochecho^{10,11} também podem interferir na rugosidade superficial.

Com relação às soluções para bochecho, devido ao fato de muitas conterem diferentes porcentagens de álcool e outros ingredientes como detergentes, emulsificantes, ácidos orgânicos e solventes¹² essas substâncias podem causar degradação e aumento da rugosidade superficial. Entre as soluções para bochecho destacam-se as fluoretadas que apresentam importante papel na Odontologia Preventiva como aliadas na remineralização das estruturas dentárias. Entretanto, devido ao seu uso frequente, e em muitas situações, indiscriminado, a rugosidade superficial de diferentes tipos de resina composta quando submetida a diversas soluções fluoretadas deve ser investigada.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar se as soluções fluoretadas aumentam a rugosidade superficial de diferentes tipos de resina composta, em curto e em longo prazo.

Material e método

Materiais utilizados

As resinas utilizadas no presente estudo estão apresentadas no Quadro 1 e os meios de imersão no Quadro 2.

Quadro 1 – Identificação e características das resinas compostas empregadas no estudo.

Material	Fabricante	Tipo	Matriz orgânica	Partículas inorgânicas (Tamanho médio e porcentagem em peso)	Cor	Lote
Filtek Z350 XT	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA	Nanoparticulada	Bis-GMA Bis-EMA UDMA TEGDMA	Sílica de 20 nm não aglomerado, Zircônia de 4 a 11µm não aglomerado, e carga combinada de sílica/zircônia agregada (78,5%)	B1E	1028500124
Filtek Z250	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA	Microhíbrida	Bis-GMA Bis-EMA UDMA	Partículas de carga de 0,6 µm Zircônia e Sílica (60%)	B1	N163110BR
Durafill VS	Heraeus Kulzer Wehrheim, Alemanha	Microparticulada	Bis-GMA UDMA TEGDMA	Partículas de carga de 0,04 µm Dióxido de Silício (43%)	B1	010206

Abreviaturas: Bis-GMA: bisfenol-glicidil-dimetacrilato; Bis-EMA: bisfenol-etildimetacrilato; UDMA: uretana dimetacrilato; TEGDMA: tri-etileno-glicol dimetacrilato.

Quadro 2 – Identificação e características dos meios de imersão empregados no estudo.

Solução	Fabricante	Sabor	Cor	Composição	pH
Saliva Artificial	Farmácia Santa Paula, Araraquara, SP, Brasil	Sem sabor	Incolor	Cloreto de potássio (0,96 g), cloreto de sódio (0,67 g), cloreto de magnésio (0,04 g), fosfato de potássio (0,27 g), cloreto de cálcio (0,12 g), nipagin (0,01 g), nipasol (0,1 g), carboxil metil celulose (8,0g), sorbitol (24,0 g) e água (1000 ml).	7,00
Fluoreto de Sódio Manipulado	Farmácia Santa Paula, Araraquara, SP, Brasil	Sem sabor	Incolor	Fluoreto de Sódio a 0,05%	5,36
Fluordent Reach	Johnson & Johnson, São José dos Campos, SP, Brasil	Menta	Verde	Fluoreto de Sódio a 0,05%, Água, Glicerina, Álcool Etilico, Poloxamer 407, Metilparabeno, Aroma de Menta, Fosfato de Sódio Dibásico, Sucralose, Fosfato de Sódio Monobásico, Cloreto de Cetilpiridínio, Propilparabeno, Corante Amarelo Alimento 5, Corante Azul FD&C n°. 1	6,96
Oral B	Gillette, São Paulo, SP, Brasil	Hortelã	Azul	Fluoreto de Sódio a 0,05%, Água, Glicerina, PEG-40 Óleo de Rícino Hidrogenado, Metilparabeno, 0,053% de Cloreto de Cetilpiridínio Monohidratado, Sacarina Sódica, Benzoato de Sódio, Propilparabeno, Azul FD&C no. 1	5,41
Fluorgard	Colgate, São Bernardo do Campo, SP, Brasil	Cereja	Vermelho	Fluoreto de Sódio a 0,05%, Água, Sorbitol, Polisorbato 20, Sorbato de Potássio, Bifosfato de Sódio, Ácido Fosfórico, Corante vermelho, Composição Aromática	4,13

Delineamento experimental

Este estudo experimental duplo-cego apresenta como variável dependente a rugosidade superficial e como variáveis independentes o tipo de resina composta em 3 níveis (nanoparticulada, microhíbrida e microparticulada), os meios de imersão em 5 níveis (saliva artificial, fluoreto de sódio a 0,05% manipulado, Fluordent Reach, Oral-B e Fluorgard) e o tempo de avaliação em 3 níveis (T0 - 24 hs em saliva artificial, T60 - 60 dias de imersão nas soluções e - Tfinal - após o envelhecimento artificial), sendo a imersão em

saliva artificial por 24 horas considerada como *baseline*. A associação entre as variáveis tipo de resina composta e meios de imersão, resultou em quinze grupos experimentais (n=5).

Para que possíveis erros fossem distribuídos uniformemente, os espécimes confeccionados foram divididos em cada grupo experimental de forma casual, utilizando-se uma tábua de números aleatórios.

O esquema da metodologia desde a confecção dos espécimes até a realização das leituras está representado na Figura 1.

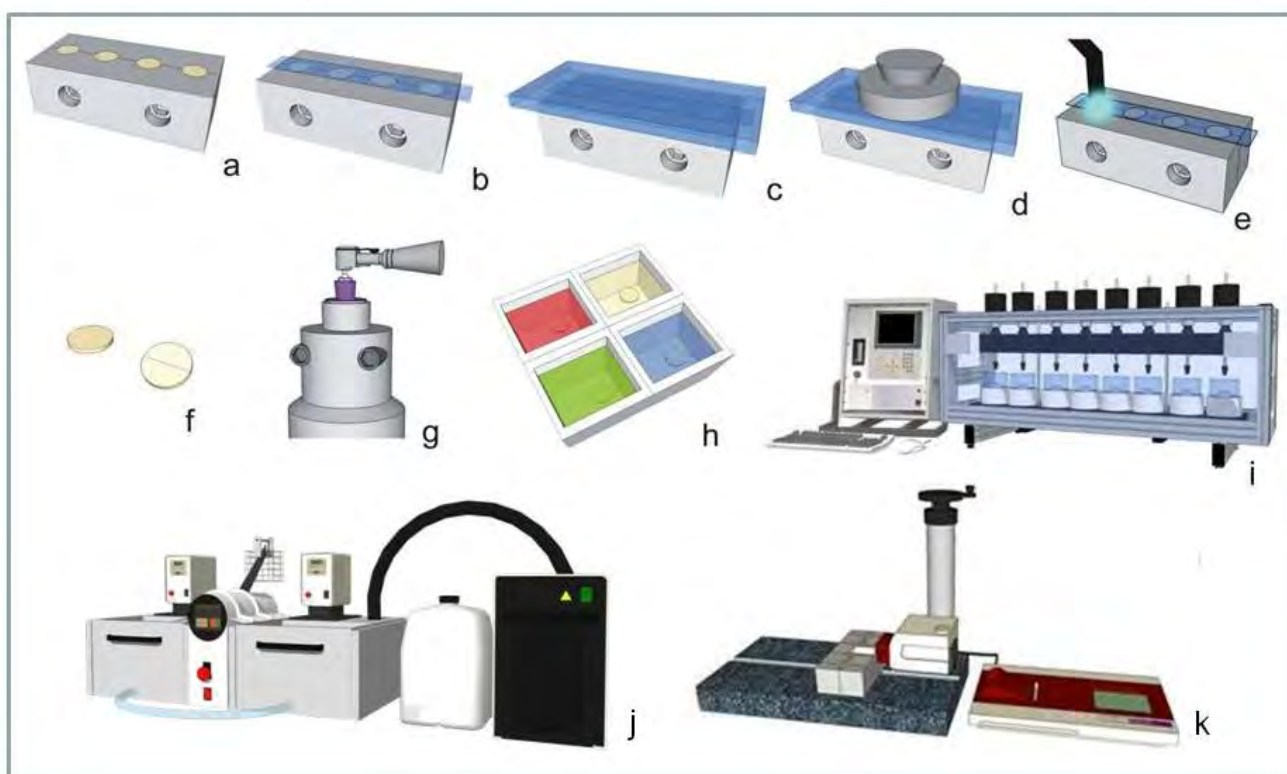


Figura 1- Esquema da metodologia: a) inserção da resina composta em único incremento na matriz bipartida, b) posicionamento da matriz de poliéster, c) colocação da placa de vidro, d) aplicação do peso de 1kg por 30 segundos, e) remoção do conjunto placa-peso e fotopolimerização através da matriz de poliéster, f) espécimes demarcados no verso devido à ranhura da matriz bipartida, g) procedimento de acabamento e polimento na matriz com regulagem central de altura, h) procedimentos de imersão, i/j) procedimentos de envelhecimento artificial, k) leitura da rugosidade superficial.

Confecção dos espécimes

Os espécimes foram confeccionados utilizando-se uma matriz de aço inoxidável hemiseccionada com quatro orifícios circulares de 10mm de diâmetro e 2mm de espessura.^{13,14} Em temperatura controlada ($23 \pm 1^\circ\text{C}$), a resina composta foi acomodada no interior da matriz em um único incremento, o qual foi coberto por uma tira de poliéster de 10mm de largura (K-Dent – Quimidrol, Com. Ind. Importação Ltda, Joinville, SC, Brasil) e por uma placa de vidro. Um peso de aço inoxidável de 1kg foi aplicado por 30 segundos para permitir o escoamento do excesso do material e deixar a superfície lisa e padronizada.⁹ Após esse período, o peso e a placa de vidro foram removidos e a fotoativação foi realizada, por 40 segundos, com o aparelho de luz halógena Curing Light XL 3000 (3M Dental Products Division, St. Paul, MN, EUA), com irradiância de $530\text{mW}/\text{cm}^2$, constantemente monitorada por um radiômetro (Curing Radiometer Model 100- Demetron Research Corp, Danbury, CT, EUA).

Procedimentos de acabamento e polimento

Os espécimes foram submetidos a procedimentos de acabamento e polimento com discos de óxido de alumínio Super-Snap[®] (Shofu Dental Corp. Kyoto, Japão) de 12mm de diâmetro, em sequência decrescente de granulação, acoplados a um contra-ângulo, em baixa velocidade, com 18.000 rotações por minuto. Cada disco foi utilizado sobre a superfície umedecida por um período de 15 segundos.¹⁵

Para a realização dos procedimentos de acabamento e polimento, os espécimes foram posicionados em uma matriz de aço inoxidável bipartida com regulagem central de altura,¹⁴ o que impediu o contato dos instrumentos de acabamento e polimento com a superfície da matriz, facilitando a sua aplicação.

Todos os espécimes, durante a sua confecção, foram demarcados em seu verso pela própria ranhura de encaixe da matriz bipartida, o que serviu como guia para os procedimentos de acabamento e polimento que foram realizados perpendicularmente a essa demarcação,⁵ com uma pressão padronizada em 2kg.

Entre um disco de polimento e outro, os espécimes foram lavados com jatos de ar-água por 5 segundos, e ao final do processo, foram levados à uma cuba ultrassônica (Ultrasonic Cleaner 1440 Plus; Odontobrás – Comércio de Eq. Médicos-Odontológicos LTDA, Ribeirão Preto, SP, Brasil) contendo água, por 30 minutos, com o objetivo de remover as impurezas depositadas sobre a superfície.

Os espécimes foram mergulhados em saliva artificial e armazenados em estufa bacteriológica (EBC1-Odontobrás– Comércio de Eq. Médicos-Odontológicos LTDA, Ribeirão Preto, SP, Brasil), sendo mantidos à temperatura de $37 \pm 1^\circ\text{C}$, por 24 horas.

Procedimento de imersão

Após 24 horas de armazenagem em saliva artificial, foi realizada a imersão de cada espécime individualmente em 5ml de solução fluoretada (grupos experimentais), por um minuto, sob agitação manual. Em seguida, os mesmos foram lavados em água destilada e recolocados em saliva artificial. Este procedimento foi repetido diariamente por um período de 60 dias.

Para o grupo controle, os espécimes foram retirados da estufa e imersos em nova saliva artificial por um minuto diariamente, sendo este procedimento repetido por 60 dias, a fim de simular condições de imersão semelhantes às dos grupos experimentais.

Envelhecimento artificial

Após a realização dos procedimentos de imersão (60 dias), os espécimes de todos os grupos foram submetidos aos procedimentos de envelhecimento artificial, com 20.000 ciclos (Thermocycler THE1100, SD Mechatronik GmbH, Munique, Alemanha) em água nas temperaturas de 5°C e 55°C, com permanência de 30 segundos em cada temperatura, para simular as alterações térmicas no meio bucal. Em seguida, os espécimes foram submetidos à aplicação de carga em aparelho simulador de mastigação (Chewing simulator CS-3, SD Mechatronik GmbH, Feldkirchen-Westerham, Alemanha), totalizando 1.200.000 ciclos com carga de 50N e frequência de 1,6Hz. Este método corresponde a aproximadamente 5 anos de atividade clínica mastigatória das restaurações.¹⁶ A fim de simular o efeito das soluções fluoretadas pelo mesmo período, os espécimes foram imersos nas soluções por 1825 minutos.

Avaliação da rugosidade superficial

A leitura da rugosidade superficial realizada por um pesquisador devidamente calibrado ($\rho=0,94$), foi obtida por meio da passagem da ponta de diamante com raio de 5 μ m, do rugosímetro portátil (Mitutoyo surfest SJ-401, Mitutoyo Corporation, Japão) com um comprimento de 1mm, a uma velocidade de 1mm/s, com precisão de 0,01 μ m. Esse procedimento foi realizado em três locais distintos em cada espécime, originando três valores que resultaram em uma média final de rugosidade (Ra). Para a padronização das leituras foi utilizada uma matriz semelhante à da confecção dos espécimes e foram traçadas duas linhas paralelas à linha de bipartição da matriz (uma 2mm abaixo e outra 2mm acima) e uma perpendicular. A intersecção das linhas

demarcadas na matriz originou três pontos que orientaram o posicionamento da ponta de diamante do rugosímetro, para a obtenção dos três pontos de leitura¹³ (Figura 2).

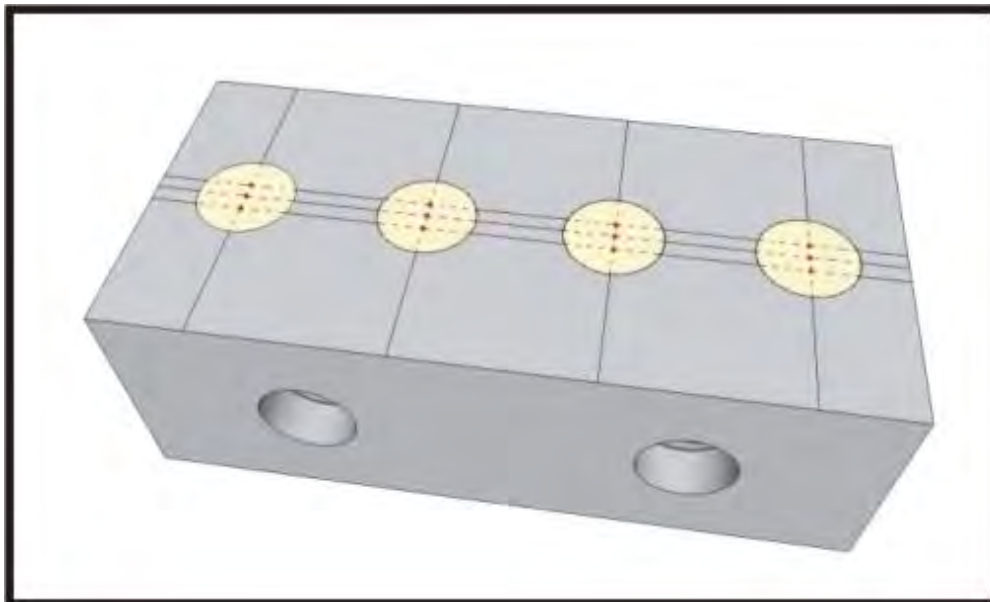


Figura 2- Matriz para padronização das leituras da rugosidade superficial

Após o período de 24 horas imersão em saliva artificial foi realizada a leitura da rugosidade inicial – *baseline*. As demais leituras foram realizadas após 60 dias do início da imersão e após os procedimentos de envelhecimento artificial.

Análise estatística dos dados

A comparação das médias de rugosidade superficial segundo tipo de resina utilizada e solução de imersão nos diferentes tempos foi realizada com uma Análise de Variância para medidas repetidas mista. Os pressupostos de distribuição normal, homocedasticidade e esfericidade da matriz de variâncias-covariâncias foram analisados, respectivamente com o teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$ para os três momentos de avaliação e grupos), teste de Levene ($p > 0,05$ nos três momentos de avaliação e grupos) e teste de Mauchly ($p < 0,05$). Como o pressuposto de esfericidade não foi atendido, utilizou-se o

fator de correção Epsilon de Greenhouse-Geisser. A comparação múltipla das medidas repetidas (tempo) foi elaborada utilizando o teste de Sidak e para as medidas independentes (tipo de resina e solução de imersão) o teste de Tukey. A média geral de rugosidade segundo o tipo de resina foi estimada por ponto e por intervalo de 95% de confiança ($IC_{95\%}$). Em todas as análises, para tomada de decisão utilizou-se o nível de significância de 5%.

Resultados

Na Tabela 1 encontram-se as médias e desvios-padrão da rugosidade superficial dos espécimes de acordo com a solução de imersão, tipo de resina composta e tempo.

Tabela 1. Média e desvio-padrão da rugosidade (Ra) dos espécimes segundo solução de imersão, tipo de resina composta e tempo.

Solução	Filtek Z350 XT			Filtek Z250			Durafill VS			Total
	T ₀	T ₆₀	T _{final}	T ₀	T ₆₀	T _{final}	T ₀	T ₆₀	T _{final}	
Saliva	0,47±0,09	0,54±0,11	0,94±0,36	0,31±0,19	0,39±0,24	0,74±0,56	1,29±0,71	1,69±1,05	2,90±1,44	1,03±1,00
Manipulado	0,61±0,20	0,74±0,28	0,94±0,24	0,41±0,24	0,62±0,46	0,81±0,40	0,80±0,33	1,18±0,71	2,02±1,06	0,90±0,64
Fluordent Reach	0,51±0,15	0,70±0,19	0,84±0,14	0,42±0,21	1,00±0,86	1,51±1,48	1,18±0,76	1,80±1,24	2,43±1,25	1,16±1,00
Oral B	0,57±0,19	0,71±0,20	0,81±0,21	0,29±0,10	0,44±0,27	1,01±0,67	0,70±0,12	1,30±0,75	1,75±0,46	0,84±0,56
Fluorgard	0,49±0,02	0,70±0,21	0,80±0,26	0,34±0,12	0,57±0,28	0,98±0,44	1,37±0,58	1,65±0,53	2,61±0,78	1,06±0,79
Total	0,53±0,15	0,68±0,20	0,87±0,24	0,36±0,17	0,60±0,49	1,01±0,79	1,07±0,58	1,52±0,85	2,34±1,05	

Pode-se observar maiores médias de rugosidade superficial para os espécimes confeccionados com a resina Durafill VS e aumento das médias ao longo do tempo para as três resinas em todas as soluções avaliadas.

O resumo da Análise de Variância entre os fatores independentes, solução e tipo de resina composta (material), encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo da Análise de Variância entre os fatores independentes (*Between-Subjects*).

Fonte	DF	SS	MS	F	p	η_p^2	π
Solução	4	2,810	0,703	0,974	0,429	0,061	0,290
Material	2	46,993	23,497	32,576	<0,001	0,521	1,000
Solução*Material	8	5,914	0,739	1,025	0,428	0,120	0,432
Resíduo	60	43,278	0,721				

Observou-se que apenas o fator material apresentou diferença estatisticamente significativa.

A Figura 3 apresenta o intervalo de 95% de confiança (IC_{95%}) da média de rugosidade superficial dos espécimes segundo o tipo de resina composta.

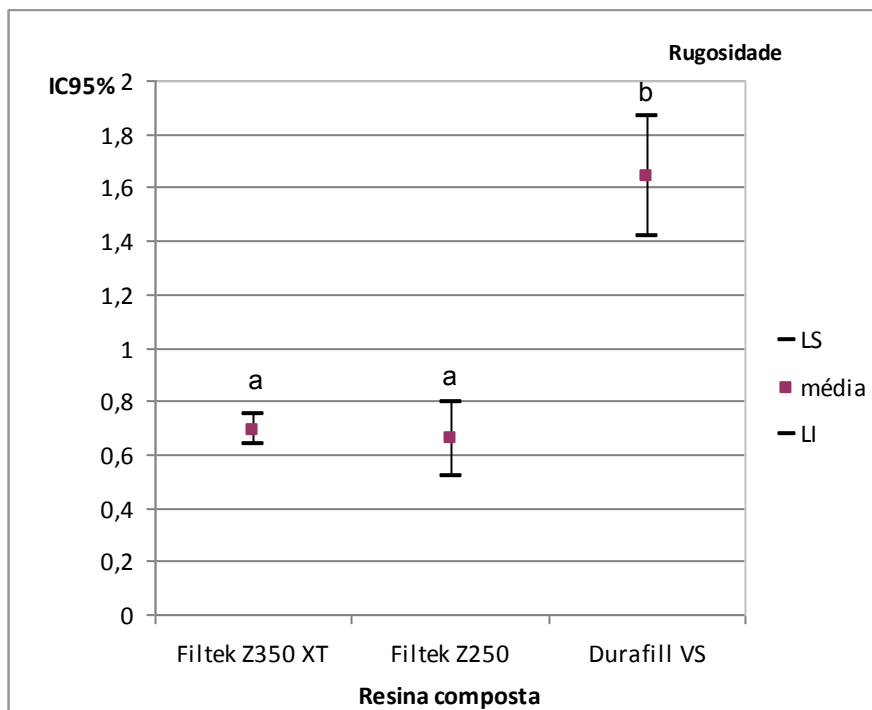


Figura 3. Intervalo de 95% de confiança ($IC_{95\%}$) da média de rugosidade superficial dos espécimes segundo o tipo de resina composta.

Os valores médios de rugosidade foram semelhantes para as resinas Filtek Z350 XT e Filtek Z250 e maiores para a Durafill VS.

Na Tabela 3 está a Análise de Variância entre as medidas repetidas.

Tabela 3. Resumo da Análise de Variância entre as medidas repetidas (*Whitin-Subjects*) para a variável dependente rugosidade.

Fonte	df	SS	MS	F	P	η_p^2	π
Tempo	1,426	21,912	15,370	58,784	<0,001	0,495	1,000
Tempo*solução	5,703	0,702	0,123	0,470	0,820	0,030	0,179
Tempo*material	2,851	5,159	2,055	7,860	<0,001	0,208	0,984
Tempo*solução*material	11,405	1,404	0,123	0,471	0,921	0,059	0,242
Resíduo	85,540	22,366	0,261				

Verificou-se diferença significativa entre os tempos e na interação tempo e material.

A Tabela 4 apresenta as médias e desvios-padrão segundo tempo e tipo de resina composta.

Tabela 4. Média e desvio-padrão de rugosidade (Ra) segundo tempo e tipo de resina composta.

Tempo	Resina		
	Filtek Z350 XT	Filtek Z250	Durafill VS
T0	0,53±0,15 ^{a,A}	0,36±0,17 ^{a,A}	1,07±0,58 ^{b,A}
T60	0,68±0,20 ^{a,B}	0,60±0,49 ^{a,A}	1,52±0,85 ^{b,A}
Tfinal	0,87±0,24 ^{a,C}	1,01±0,79 ^{a,B}	2,34±1,05 ^{b,B}

^{a,A} letra minúscula identifica comparação entre colunas e maiúscula entre linhas

Observou-se com relação às resinas compostas que nos três tempos avaliados, os valores de rugosidade da resina Filtek Z350 XT e Filtek Z250 não apresentaram diferença significativa entre si e que essas resinas apresentaram rugosidade significativamente menor do que a Durafill VS. Com relação ao tempo, a rugosidade das resinas Filtek Z250 e Durafill VS não apresentou diferença significativa entre o *baseline* (T0) e após 60 dias (T60), havendo diferença apenas após o envelhecimento artificial (Tfinal) quando apresentaram rugosidade aumentada. Para a resina Filtek Z350 XT houve diferença significativa da rugosidade entre os três períodos de tempo avaliados, sendo esta maior com o passar do tempo.

Discussão

A rugosidade superficial é uma importante propriedade que avalia a integridade da superfície de restaurações e devido a sua relação direta com a susceptibilidade ao manchamento superficial e ao acúmulo de placa bacteriana, busca-se uma redução dos seus valores, visando manter a saúde bucal, a função e a estética.¹⁷

A partir disso, e sabendo-se que as propriedades superficiais são críticas para o sucesso da restauração na medida em que mediam as interações dos materiais com o meio bucal,¹⁸ no presente estudo avaliou-se a rugosidade superficial de diferentes resinas compostas frente ao uso de soluções fluoretadas em curto e em longo prazo.

As resinas compostas avaliadas foram a nanoparticulada Filtek Z350 XT, a microhíbrida Filtek Z250 e a microparticulada Durafill VS. Constatou-se que a rugosidade superficial apresentou diferença estatisticamente significativa para o fator material ($p < 0,001$), assim como observado por Hahnel et al.¹⁹, Marghalani⁸ e de Moraes et al.,²⁰ sendo os maiores valores encontrados para a resina composta microparticulada.

A diferença de rugosidade superficial dos materiais avaliados ocorreu em função da diferença dos mesmos em relação à sua composição, variando quanto ao tipo e tamanho das partículas e à porcentagem de carga incorporada na matriz orgânica.

A resina microparticulada Durafill VS que é um material que tem em sua composição partículas irregulares e de diferentes tamanhos com média de $0,04\mu\text{m}$ de diâmetro, deveria apresentar alta capacidade de polimento.²¹ Entretanto, observou-se que ela, das três resinas estudadas, foi a que apresentou os piores resultados em termos de rugosidade superficial.

O baixo desempenho da resina microparticulada pode ser explicado pelo seu baixo percentual de carga (média de 43%) e pela utilização de partículas de sílica coloidal como carga inorgânica, partículas estas que quando aglomeradas aumentam a viscosidade do material limitando o seu uso clínico. Para resolver esse problema, partículas pré-polimerizadas são adicionadas ao material não polimerizado dificultando

a polimerização uniforme do mesmo,²² e fazendo com que as cadeias poliméricas sejam separadas por uma molécula que não possui ligação química primária com as mesmas.²³

As resinas microhíbridas, como a Filtek Z250, apresentam partículas de carga com tamanho médio de 0,6µm e um percentual de carga de cerca de 60%, o que propicia melhoria no polimento e maior resistência à fratura.²⁴ Essas resinas possuem partículas de carga com um formato esférico, que quando submetidas aos procedimentos de polimento ficam expostas podendo resultar em uma maior lisura e em uma baixa rugosidade de superfície em relação à resina composta microparticulada.

A resina composta nanoparticulada Filtek Z350 XT apresenta tamanho médio de carga na escala nanométrica, conferindo alta lisura de superfície, e percentual de carga acima de 70% em peso, o que promove alta resistência ao desgaste.^{25,26} Essas resinas são constituídas de partículas individuais nanométricas de sílica e de nanoaglomerados que atuam como uma única unidade a fim de aumentar o conteúdo de carga, que associado à matriz resinosa, propiciam alta capacidade de lisura e brilho superficiais e melhoram a sua performance.^{25,26}

De acordo com Yap et al.,²⁶ a combinação de partículas de tamanho nanométrico, para a formulação de nanoagregados reduz o espaço intersticial das partículas, aumentando a quantidade de carga do compósito, podendo melhorar as suas propriedades físicas como a rugosidade superficial. Apesar disso, observou-se neste estudo que a rugosidade superficial da resina nanoparticulada estudada (Filtek Z350 XT) foi semelhante à da microhíbrida (Filtek Z250).

Além das características intrínsecas do material restaurador, fatores extrínsecos como o meio ao qual ele fica exposto pode apresentar interferência na rugosidade superficial. Porém, no presente estudo constatou-se que não houve diferença na rugosidade superficial das resinas em função das soluções fluoretadas ($p=0,429$) assim como foi constatado por Oliveira et al.¹³

Além das soluções fluoretadas, outro fator extrínseco avaliado neste estudo foi o tempo, o qual interferiu sobre a rugosidade superficial isoladamente ($p<0,001$) e também apresentou interação significativa com o material ($p<0,001$), mostrando que a rugosidade superficial é o resultado de uma complexa reação entre diversos fatores.²⁷

Verificou-se que a rugosidade superficial da resina composta nanoparticulada aumentou do tempo inicial (T0) para 60 dias de imersão nas soluções (T60) e deste para o tempo final (Tfinal). Para as resinas microhíbrida e microparticulada, a rugosidade superficial aumentou entre o tempo inicial (T0) e o final (Tfinal). Este fato também foi observado por Miranda et al.,¹⁰ os quais verificaram que os valores de rugosidade superficial de resinas microhíbridas aumentaram de acordo com o período de imersão em soluções para bochecho. Além disso, Moraes et al.²⁸ e Hahnel et al.,¹⁹ notaram que prolongados períodos de envelhecimento^{28,19} ou ciclos térmicos¹⁹ aumentam a rugosidade superficial dos materiais.

Obteve-se também que nos três tempos avaliados as resinas microhíbrida e nanoparticulada apresentaram rugosidade semelhante entre si e menor do que a microparticulada, demonstrando que com o tempo, as resinas apresentam maior risco de degradação e de amolecimento segundo sua composição química.²⁹

A quantidade da matriz orgânica e sua composição na resina composta determinam ou não sua característica hidrófila, podendo aumentar ou diminuir a sua susceptibilidade à sorpção de água e outros líquidos. Resinas compostas com maior quantidade de material inorgânico são menos susceptíveis à sorpção de água do que aquelas com maior quantidade de matriz orgânica⁸ assim como matrizes resinosas que contém BisGMA e UDMA são mais susceptíveis a degradação após a exposição a agentes químicos do que materiais que contém maior quantidade de BISEMA e redução do TEGDMA.³⁰

Os valores de rugosidade da resina composta Filtek Z350 XT e da Fitek Z250, semelhantes entre si e menores que a Durafill VS, nos três tempos avaliados, pode ser explicado, pois as duas primeiras possuem em sua matriz orgânica o BisEMA o que confere maior resistência à sorpção de água e conseqüentemente menor degradação. Por outro lado, a Durafill VS não possui esse componente e ao mesmo tempo possui o BisGMA, o UDMA e o TEGDMA aumentando sua susceptibilidade à degradação. A Filtek Z350 XT, diferentemente da Filtek Z250, possui pequena quantidade de TEGDMA³¹ o que pode ter resultado em uma alteração de rugosidade do tempo inicial para 60 dias.

Vale ressaltar que a degradação do material que está associada ao aumento da rugosidade superficial é um complexo mecanismo dependente não somente da matriz polimérica, das partículas de carga e da sorpção de água, mas também de alterações térmicas e mecânicas.²⁷ Por isso, a avaliação do comportamento dos materiais restauradores ao longo do tempo, com processos adequados de envelhecimento, é imprescindível em estudos *in vitro*.

Na literatura são relatados diferentes protocolos para o processo de envelhecimento artificial, entre eles pode-se citar a aplicação de luz ultravioleta, simulação da abrasão com a escovação, estocagem em diferentes soluções e períodos e a termociclagem.^{19,32}

Carvalho et al.³¹ assim como de Moraes et al.,²⁰ avaliando a rugosidade superficial após a abrasão por escovação, notaram que a resina de nanopartículas estudada apresentou menor rugosidade.

Catelan et al.³² observando o envelhecimento com luz ultra violeta e imersão em diferentes soluções verificaram que esse processo não afetou a rugosidade superficial de resinas nanoparticuladas e microhíbridas.

A comparação dos resultados deste trabalho, considerando o processo de envelhecimento artificial em longo prazo, com outros na literatura é difícil, pois estudos que conciliem diferentes métodos de envelhecimento artificial são escassos. Tal fato confere uma característica inédita ao presente trabalho, uma vez que ele associa em um único estudo, os métodos físico (termociclagem), químico (imersão em diferentes soluções) e mecânico (simulação da mastigação) de envelhecimento.

Frente aos achados e considerando-se as limitações deste estudo *in vitro*, observa-se que a escolha do material restaurador é de fundamental importância para o sucesso e longevidade da restauração. Além disso, sugere-se que a indicação de soluções fluoretadas, as quais são importantes no processo de remineralização das estruturas dentárias e manutenção da saúde bucal, pode ser feita de forma segura, sem que haja o comprometimento da lisura superficial da restauração. Dessa forma, a

seleção adequada do material restaurador possibilita o uso de métodos preventivos, aliando estética, função e saúde.

Conclusão

Com base na metodologia aplicada e nos resultados obtidos, conclui-se que:

- A rugosidade superficial das resinas compostas foi material dependente, sendo a resina composta microparticulada a que apresentou maiores valores, seguida pela nanoparticulada e pela microhíbrida, as quais apresentaram resultados semelhantes entre si.
- As soluções fluoretadas estudadas não influenciaram a rugosidade superficial das resinas compostas.
- O tempo foi um fator que aumentou a rugosidade superficial, sendo os maiores valores observados após o envelhecimento artificial.

Referências

1. Lutz F, Setcos JC, Phillips RW. New finishing instruments for composite resins. J Am Dent Assoc 1983;107: 575-580.
2. Nagem Filho H, D'Azevedo MTFS, Nagem HD, Marsola FP. Surface roughness of composite resins after finishing and polishing. Braz Dent J 2003;14: 37-41.
3. Berastegui E, Canalda C, Brau E, Miguel C. Surface roughness of finished composite resins. J Prosthet Dent 1992; 68: 742-749.

4. Yap AUJ, Low JS, Ong LFKL. Effect of food-simulating liquids on surface characteristics of composite and polyacid-modified composite restoratives. *Oper Dent* 2000; 25: 170-176.
5. Wilder Jr AD, Swift Jr EJ, May Jr KN, Thompson JY, McDougal RA. Effect of finishing technique on the microleakage and surface texture of resin-modified glass ionomer restorative materials. *J Dent* 2000; 28: 367-373.
6. Paravina RD, Roeder L, Lu H, Vogel K, Powers JM. Effect of finishing and polishing procedures on surface roughness, gloss and color of resin composites. *Am J Dent* 2004; 17: 262-266.
7. Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, Dias CTS. The effect of six polishing systems on the surface roughness of two packable resin-based composites. *Am J Dent* 2002; 15: 193-197.
8. Marghalani HY. Effect of filler particles on surface roughness of experimental composite series. *J Appl Oral Sci* 2010; 18: 59-67.
9. Badra VV, Faraoni JJ, Ramos RP, Palma-Dibb RG. Influence of different beverages on the microhardness and surface roughness of resin composites. *Oper Dent* 2005; 30: 213-219.
10. Miranda DA, Bertoldo CE, Aguiar FH, Lima DA, Lovadino JR. Effects of mouthwashes on Knoop hardness and surface roughness of dental composites after different immersion times. *Braz Oral Res* 2011; 25: 168-173.
11. Rocha ACC, Lima CSA, Santos MCMS, Montes MAJR. Evaluation of surface roughness of a nanofill resin composite after simulated brushing and immersion in mouthrinses, alcohol and water. *Mat. Res* 2010; 13:77-80.

12. Garcia PPNS, Corona SAM, Palma Dibb RG, Chimello DT, Catirse ABE, Freitas EM. Effect of fluoride-containing mouthrinses on the translucence of resin modified glass-ionomer cements. *Mat Res* 2002; 5: 485-489.
13. Oliveira ALBM, Garcia PPNS, Santos PA, Campos JADB. Surface roughness and hardness of a composite resin: influence of finishing and polishing and immersion methods. *Mat Res* 2010; 13: 409-415.
14. Botta AC, Duarte Jr S, Paulin Filho PI, Gheno SM. Effect of dental finishing instruments on the surface roughness of composite resins as elucidated by atomic force microscopy. *Microsc Microanal* 2008; 14: 380-386.
15. Guler AU, Kurt S, Kulunk T. Effects of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials. *J Prosthet Dent* 2005; 93: 453-458.
16. Blatz MB, Oppes S, Chiche G, Holst S, Sadan A. Influence of cementation technique on fracture strength and leakage of alumina all-ceramic crowns after cyclic loading. *Quintessence Int* 2008;39: 23-32.
17. Strassler HE, Bauman G. Current concepts in polishing composite resins. *Practical Periodontics Aesthet Dent* 1993; 5: 12-17.
18. Ghinea R, Ugarte-Alvan L, Yebra A, Pecho OE, Paravina RD, Perez Mdel M. Influence of surface roughness on the color of dental-resin composites. *J Zhejiang Univ Sci B* 2011; 12: 552-562.
19. Hahnel S, Henrich A, Bürgers R, Handel G, Rosentritt M. Investigation of mechanical properties of modern dental composites after artificial aging for one year. *Oper Dent* 2010; 35: 412-419.

20. de Moraes RR, Gonçalves L de S, Lancellotti AC, Consani S, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA. Nanohybrid resin composites: nanofiller loaded materials or traditional microhybrid resins? *Oper Dent* 2009; 34: 551-557.
21. Yap AUJ, Lye KW, Sal CW. Surface characteristics of tooth – colored restoratives polished utilizing different polishing systems. *Oper Dent* 1997;22: 260–265.
22. Beun S, Glorieux T, Devaux J, Vreven J, Leloup G. Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. *Dent Mater* 2007; 23: 51-59.
23. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater* 2006; 22: 211-222.
24. Condon JR, Ferracane JL. Evaluation of composite wear with a new multi-mode oral wear simulator. *Dent Mater* 1996;12: 218-226.
25. Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental material. *J Am Dent Assoc* 2003; 134: 1382-1390.
26. Yap AUJ, Yap SH, Teo CK, Ng JJ. Comparison of surface finish of new aesthetic restorative materials. *Oper Dent* 2004; 29: 100-104.
27. Sarret DC, Söderholm JM, Batich CD. Water and abrasion effects on three-body wear of composites. *J Dent Res* 1991; 70: 1074-1081.
28. de Moraes RR, Marimon JL, Scheneider LF, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L, Bueno M. Effect of 6 months of aging in water on hardness and surface roughness of two microhybrid dental composites. *J Prosthodont* 2008; 17: 323-326.

29. Almeida GS, Poskus LT, Guimarães JG, Silva EM. The effect of mouthrinses on salivary sorption, solubility and surface degradation of a nanofilled and a hybrid resin composite. *Oper Dent* 2010; 35: 105-111.
30. Floyd CJ, Dickens SH. Network structure of Bis-GMA and UDMA- based resin systems. *Dent Mat* 2006; 12:1143-1149.
31. Carvalho F, Sampaio C, Fucio S, Carlo H, Correr-Sobrinho L, Puppim-Rontani R. Effect of chemical and Mechanical Degradation on Surface Roughness of Three Glass Ionomers and a Nanofilled Resin Composite. *Oper Dent* 2012; 37.
32. Catelan A, Briso AL, Sundfeld RH, Dos Santos PH. Effect of artificial aging on the roughness and microhardness of sealed composites. *J Esthet Restor Dent* 2010; 22: 324-330.



CAPÍTULO 3

Avaliação em longo prazo da influência dos meios de imersão na dureza superficial de
diferentes resinas compostas

Dureza superficial de resinas compostas

Palavras-chave: Resinas compostas, flúor, envelhecimento, dureza.

Ana Luísa Botta Martins de Oliveira,¹ Patrícia Petromilli Nordi Sasso Garcia,² Juliana Álvares Duarte Bonini Campos,² Jin-Ho Phark,³ Sillas Duarte Jr,³ Elisa Maria Aparecida Giro⁴

¹ Pós-graduanda (nível doutorado) do Departamento de Clínica Infantil, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP.

² Professora Adjunta Doutora do Departamento de Odontologia Social, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP.

³ Professor Associado Doutor do Departamento de Odontologia Restauradora, Ostrow School of Dentistry, USC.

⁴ Professora Adjunta Doutora do Departamento de Clínica Infantil, Faculdade de Odontologia de Araraquara, UNESP.

Endereço:

A/C Ana Luísa Botta Martins de Oliveira
Rua: Orlando Damiano, 2281 – Centro
CEP: 13560-450 São Carlos, SP, Brasil
Telefone: (16) 34111764

Email: analuisabotta@hotmail.com

De acordo com as normas de publicação do periódico Journal of Dentistry, disponíveis no site:

http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/30441/authorinstructions

Avaliação em longo prazo da influência dos meios de imersão na dureza superficial de diferentes resinas compostas

Resumo

Objetivo: Avaliar o efeito, em curto e em longo prazo, de soluções fluoretadas na dureza superficial de resinas compostas. Métodos: Foram confeccionados espécimes (n= 75) medindo 10 mm X 2 mm, sendo estes acabados e polidos com discos Super-Snap[®]. Os grupos experimentais foram divididos de acordo com o tipo de resina composta (nanoparticulada - Filtek Z350 XT, microhíbrida - Filtek Z250 e microparticulada - Durafill VS) e as diferentes soluções de imersão (saliva artificial, solução de fluoreto de sódio a 0,05%- manipulado, Fluordent Reach, Oral B, Fluorgard). Os espécimes permaneceram em saliva artificial por 24 horas e foram submetidos à análise de dureza Vickers (T0). Em seguida, foram imersos nas soluções por 1 minuto diariamente, durante 60 dias e resubmetidos à leitura de dureza superficial (T60). Na sequência, foi realizado o envelhecimento artificial (20.000 ciclos de termociclagem, 1.200.000 ciclos de simulação de forças mastigatórias e imersão contínua nas soluções por 1825 minutos). Após este processo, foram feitas leituras finais de dureza superficial (Tfinal). Os dados foram submetidos à Análise de Variância para medidas repetidas mista e ao teste de Sidak e de Tukey com nível de significância de 5%. Resultados: Observou-se que a resina microhíbrida apresentou os maiores valores de dureza superficial e a microparticulada, os menores. As soluções fluoretadas não influenciaram a dureza superficial das resinas compostas. Quanto maior o período de avaliação e envelhecimento artificial, menor a dureza superficial dos materiais

estudados. Conclusão: A dureza superficial não foi influenciada pelas soluções fluoretadas, porém foi dependente do material e diminuiu ao longo do tempo.

Significância clínica: A diminuição da dureza superficial das resinas compostas devido aos fatores intrínsecos e extrínsecos, pode comprometer a longevidade da restauração.

Palavras-chave: Resinas compostas, flúor, envelhecimento, dureza.

1. Introdução

A dureza superficial da resina composta é uma propriedade física essencial e determina a capacidade do material resistir ao desgaste e manter sua estabilidade no meio bucal¹. Essa propriedade pode ser influenciada por fatores intrínsecos do material como a composição da matriz orgânica e o grau de conversão polimérica e somadas a composição, dimensão, forma e porcentagem de partículas de carga.²⁻⁵

Além das características do material, fatores extrínsecos como hábitos dietéticos e de higiene bucal do paciente, bem como, as diferenças do meio bucal de um indivíduo para outro também influenciam a dureza, determinando o sucesso ou insucesso das restaurações.⁶⁻⁹

Entre os fatores extrínsecos capazes de alterar a superfície de resinas compostas, pode-se destacar a utilização de bochechos diários com soluções fluoretadas, que é um método indicado para prevenção da cárie dental, amplamente utilizado pela população em geral, por meio de consumo espontâneo ou pela prescrição do cirurgião-dentista. A composição dessas soluções, principalmente com relação à presença de álcool e baixo pH, podem causar amolecimento da matriz

resinosa de materiais restauradores estéticos, além de erosão superficial, favorecendo a sua degradação.^{7,10}

Entretanto a degradação dos compósitos não deve ser atribuída a um único fator ou substância, mas às complexas reações entre diferentes fatores.¹¹ Desta forma, atenção especial deve ser dada à escolha da solução para bochecho utilizada, considerando o tipo de material restaurador presente na cavidade bucal do paciente.

Estudos têm investigado as alterações nas características superficiais da resina composta após o uso de colutórios bucais^{12,13} e aplicação tópica de flúor,^{14,15} por meio do envelhecimento artificial. Esse método simula, *in vitro*, as condições bucais em longo prazo e abrange diferentes técnicas como o uso da luz ultra-violeta, a estocagem em diferentes soluções e períodos e a termociclagem.^{8,16-18} Entretanto, pesquisas que associam diferentes técnicas para o envelhecimento, com a finalidade de reproduzir, *in vitro*, da forma mais precisa possível as condições do meio bucal, são escassas.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes soluções fluoretadas na dureza superficial de resinas compostas com diferentes composições, em curto e em longo período de acompanhamento associando-se os métodos químico, físico e mecânico de envelhecimento artificial.

2. Material e método

Para o presente estudo foram utilizadas três resinas compostas (Filtek Z350 XT, Filtek Z250 e Durafill VS) e cinco meios de imersão (Saliva artificial, Fluoreto de sódio manipulado a 0,05%, Fluordent Reach, Oral B e Fluorgard). A identificação e características dos materiais testados estão apresentadas nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1 – Identificação e características das resinas compostas empregadas no estudo.

Material	Fabricante	Tipo	Matriz orgânica	Partículas inorgânicas (Tamanho médio e porcentagem em peso)	Cor	Lote
Filtek Z350 XT	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA	Nanoparticulada	Bis-GMA Bis-EMA UDMA TEGDMA	Sílica de 20 nm não aglomerado, Zircônia de 4 a 11µm não aglomerado, e carga combinada de sílica/zircônia agregada (78,5%)	B1E	1028500124
Filtek Z250	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA	Microhíbrida	Bis-GMA Bis-EMA UDMA	Partículas de carga de 0,6 µm Zircônia e Sílica (60%)	B1	N163110BR
Durafill VS	Heraeus Kulzer Wehrheim, Alemanha	Microparticulada	Bis-GMA UDMA TEGDMA	Partículas de carga de 0,04 µm Dióxido de Silício (43%)	B1	010206

Abreviaturas: Bis-GMA: bisfenol-glicidil-dimetacrilato; Bis-EMA: bisfenol-etildimetacrilato; UDMA: uretana dimetacrilato; TEGDMA: tri-etileno-glicol dimetacrilato.

Quadro 2 – Identificação e características dos meios de imersão empregados no estudo.

Solução	Fabricante	Sabor	Cor	Composição	pH
Saliva Artificial	Farmácia Santa Paula, Araraquara, SP, Brasil	Sem sabor	Incolor	Cloreto de potássio (0,96 g), cloreto de sódio (0,67 g), cloreto de magnésio (0,04 g), fosfato de potássio (0,27 g), cloreto de cálcio (0,12 g), nipagin (0,01 g), nipasol (0,1 g), carboxil metil celulose (8,0g), sorbitol (24,0 g) e água (1000 ml).	7,00
Fluoreto de Sódio Manipulado	Farmácia Santa Paula, Araraquara, SP, Brasil	Sem sabor	Incolor	Fluoreto de Sódio a 0,05%	5,36
Fluordent Reach	Johnson & Johnson, São José dos Campos, SP, Brasil	Menta	Verde	Fluoreto de Sódio a 0,05%, Água, Glicerina, Álcool Etilico, Poloxamer 407, Metilparabeno, Aroma de Menta, Fosfato de Sódio Dibásico, Sucralose, Fosfato de Sódio Monobásico, Cloreto de Cetilpiridínio, Propilparabeno, Corante Amarelo Alimento 5, Corante Azul FD&C n°. 1	6,96
Oral B	Gillette, São Paulo, SP, Brasil	Hortelã	Azul	Fluoreto de Sódio a 0,05%, Água, Glicerina, PEG-40 Óleo de Rícino Hidrogenado, Metilparabeno, 0,053% de Cloreto de Cetilpiridínio Monohidratado, Sacarina Sódica, Benzoato de Sódio, Propilparabeno, Azul FD&C no. 1	5,41
Fluorgard	Colgate, São Bernardo do Campo, SP, Brasil	Cereja	Vermelho	Fluoreto de Sódio a 0,05%, Água, Sorbitol, Polisorbato 20, Sorbato de Potássio, Bifosfato de Sódio, Ácido Fosfórico, Corante vermelho, Composição Aromática	4,13

Delineamento experimental

Este estudo experimental duplo-cego apresenta como variável dependente a dureza superficial e como variáveis independentes o tipo de resina composta em 3 níveis (nanoparticulada, microhíbrida e microparticulada), os meios de imersão em 5 níveis (saliva artificial, fluoreto de sódio a 0,05% manipulado, Fluordent Reach, Oral-B

e Fluorgard,) e o tempo de avaliação em 3 níveis (T0 - 24 horas de imersão em saliva artificial, T60 - 60 dias de imersão nas soluções e Tfinal- após o envelhecimento artificial), sendo a imersão em saliva artificial nas primeiras 24 horas considerada como *baseline*. Da associação entre as variáveis tipo de resina composta e meios de imersão foram obtidos quinze grupos experimentais.

A distribuição dos espécimes em cada grupo se deu de forma casual, utilizando-se uma tábua de números aleatórios.

Confecção dos espécimes, imersão nas soluções e envelhecimento artificial

Um total de 75 espécimes em resina composta (n=5 por grupo) foram confeccionados utilizando-se uma matriz de aço inoxidável hemiseccionada com 10mm de diâmetro e 2mm de espessura.^{19,20} Em temperatura controlada ($23 \pm 1^\circ\text{C}$), a resina composta foi acomodada no interior da matriz em um único incremento. Sobre ela foi colocada uma tira de poliéster (K-Dent – Quimidrol, Com. Ind. Importação Ltda, Joinville, SC, Brasil) e uma placa de vidro. Um peso de aço inoxidável de 1kg foi aplicado por 30 segundos para permitir o escoamento do excesso de material e deixar a superfície lisa e padronizada.²¹ Após esse período, o peso e a placa de vidro foram removidos e a fotoativação foi realizada, por 40 segundos, usando o aparelho de luz halógena Curing Light XL 3000 (3M Dental Products Division, St. Paul, MN, EUA), com irradiância de $530\text{mW}/\text{cm}^2$, constantemente monitorada por um radiômetro (Curing Radiometer Model 100- Demetron Research Corp, Danbury, CT, EUA).

Em seguida, os espécimes foram submetidos a procedimentos de acabamento e polimento com discos de óxido de alumínio Super-Snap[®] (Shofu Dental Corp. Kyoto, Japão), acoplados a um contra-ângulo em baixa velocidade. Cada disco foi usado

sobre a superfície umedecida do material por um período de 15 segundos,²² em sequência decrescente de granulação. Para a realização dos procedimentos de acabamento e polimento, os corpos-de-prova foram posicionados em uma matriz de aço inoxidável bipartida com regulagem central de altura,²⁰ o que impediu o contato dos instrumentos de acabamento e polimento com a superfície da matriz, facilitando a sua aplicação.

Todos os espécimes, durante a sua confecção, foram demarcados em seu verso pela própria ranhura de encaixe da matriz bipartida, o que serviu como guia para os procedimentos de acabamento e polimento que foram realizados perpendiculares a essa demarcação,²³ com uma pressão padronizada em 2kg.

Entre um disco e outro, os espécimes foram lavados com jatos de ar-água por 5 segundos, e ao final do processo de acabamento e polimento, foram levados ao ultrassom (Ultrasonic Cleaner 1440 Plus; Odontobrás – Comércio de Eq. Médicos-Odontológicos LTDA, Ribeirão Preto, SP, Brasil) contendo água, por 30 minutos, com o objetivo de remover as impurezas depositadas sobre a superfície.

Os espécimes foram mergulhados em saliva artificial e armazenados em estufa bacteriológica (EBC1-Odontobrás– Comércio de Eq. Médicos-Odontológicos LTDA, Ribeirão Preto, SP, Brasil), sendo mantidos à temperatura de $37 \pm 1^\circ\text{C}$, por 24 horas.

Em seguida, foi realizada diariamente por um período de 60 dias, a imersão de cada espécime individualmente em 5ml de solução fluoretada (grupos experimentais), por um minuto, sob agitação manual, lavagem em água destilada e recolocação em saliva artificial a $37 \pm 1^\circ\text{C}$. Para os espécimes do grupo controle, foram simuladas

condições de imersão semelhantes às dos grupos experimentais, usando a saliva artificial como meio de imersão.

Completada a etapa de imersão nas diferentes soluções, os espécimes de todos os grupos foram submetidos aos procedimentos de envelhecimento artificial, sendo realizados 20.000 ciclos em água nas temperaturas de 5°C e 55°C (Thermocycler THE1100, SD Mechatronik GmbH, Munique, Alemanha), com permanência de 30 segundos em cada temperatura. Em seguida, os espécimes foram submetidos ao estresse com aplicação de carga de 50N e frequência de 1,6Hz, em aparelho de mastigação (Chewing simulator CS-3, SD Mechatronik GmbH, Feldkirchen-Westerham, Alemanha), totalizando 1.200.000 ciclos, o que corresponde a atividade clínica mastigatória das restaurações durante 5 anos.²⁴ Além disso, com a finalidade de simular o efeito das soluções fluoretadas pelo mesmo período, os espécimes foram imersos nas soluções por 1825 minutos.

Avaliação da dureza superficial

A leitura da dureza superficial Vickers (VSH) foi feita por um pesquisador devidamente calibrado, ($\rho=0,75$) usando o microdurômetro digital (Buehler- Lake Bluff, Illinois, EUA), com uma carga de 50 gf aplicada durante 30 segundos sobre a superfície do espécime. Esse procedimento foi realizado em três regiões distintas do espécime, originando valores que resultaram em uma média final para o espécime. Para a padronização das leituras, os espécimes foram posicionados em uma matriz na qual foi traçada uma linha central e coordenadas específicas foram adotadas no eixo norte-sul, leste-oeste do microdurômetro para se obter a leitura em três pontos padronizados¹⁹ (Figura 1- a, b, c).

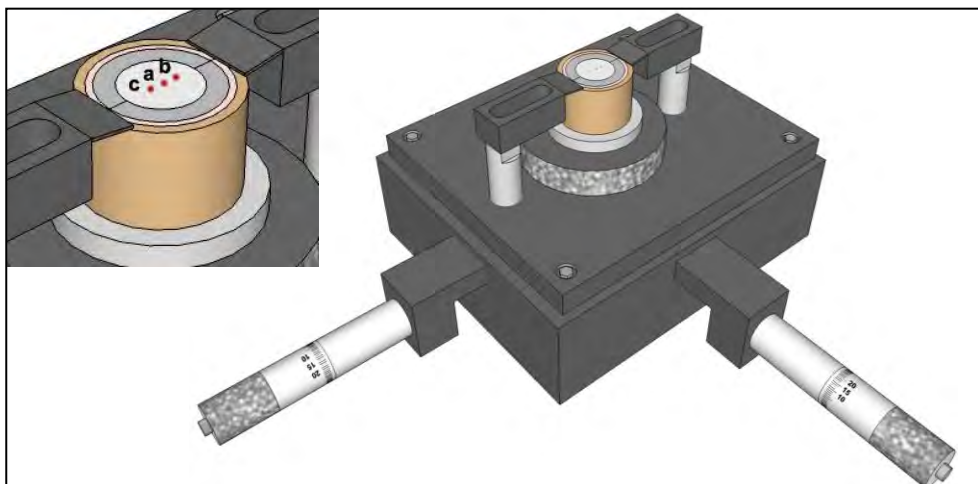


Figura 1 – Desenho esquemático com as coordenadas para a padronização das leituras no microdurômetro.

Após período de 24 horas imersos em saliva artificial foi realizada a leitura da dureza inicial – *baseline*. As demais leituras foram realizadas após 60 dias (T60) do início da imersão e após os procedimentos de envelhecimento artificial (T_{final}).

O esquema da metodologia desde a confecção dos espécimes até a realização das leituras está representado na Figura 2.

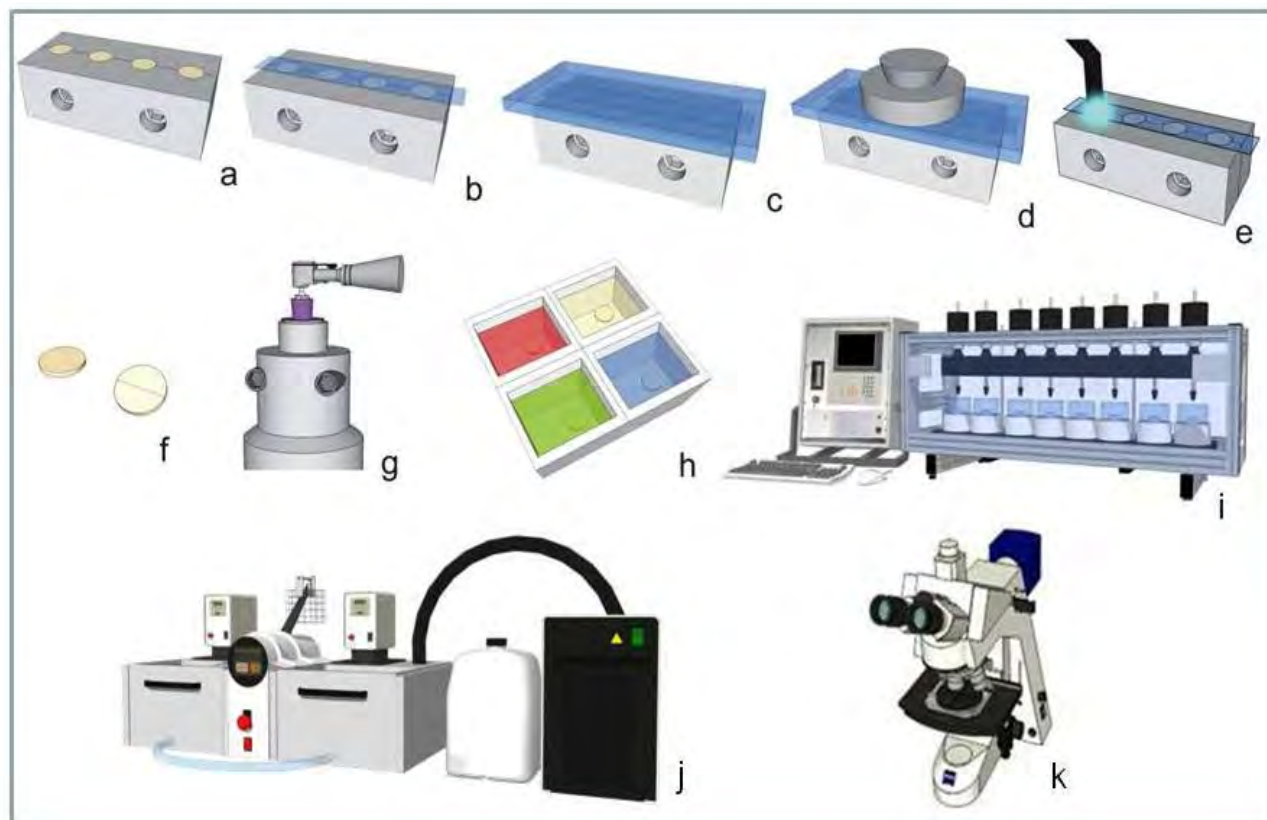


Figura 2- Esquema da metodologia: a) inserção da resina composta em único incremento na matriz bipartida, b) posicionamento da matriz de poliéster, c) colocação da placa de vidro, d) aplicação do peso de 1kg por 30 segundos, e) remoção do conjunto placa-peso e fotopolimerização através da matriz de poliéster, f) espécimes demarcados no verso devido à ranhura da matriz bipartida, g) procedimento de acabamento e polimento na matriz com regulagem central de altura, h) procedimentos de imersão, i/j) procedimentos de envelhecimento artificial, k) leitura da dureza superficial.

Análise estatística dos dados

A comparação das médias de dureza superficial segundo tipo de resina utilizada e solução de imersão nos diferentes tempos foi realizada com uma Análise de Variância para medidas repetidas mista. Os pressupostos de distribuição normal, homocedasticidade e esfericidade da matriz de variâncias-covariâncias foram analisados, respectivamente com o teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$ para os três

momentos de avaliação e grupos), teste de Levene ($p > 0,05$ nos três momentos de avaliação e grupos) e teste de Mauchly ($p = 0,289$). A comparação múltipla das medidas repetidas (tempo) foi elaborada utilizando o teste de Sidak e para as medidas independentes (tipo de resina e solução de imersão) o teste de Tukey. A média geral de dureza segundo o tipo de resina foi estimada por ponto e por intervalo de 95% de confiança ($IC_{95\%}$). Para tomada de decisão utilizou-se o nível de significância de 5%.

3. Resultados

Na Tabela 1 encontram-se as médias e desvios-padrão da dureza superficial dos espécimes de acordo com a solução de imersão, tipo de resina composta e tempo.

Tabela 1. Média e desvio-padrão da dureza dos espécimes segundo solução de imersão, tipo de resina composta e tempo.

Solução	Filtek Z350 XT			Filtek Z250			Durafill VS			Total
	T ₀	T ₆₀	T _{final}	T ₀	T ₆₀	T _{final}	T ₀	T ₆₀	T _{final}	
Saliva	71,25±7,09	58,40±6,30	50,92±8,71	85,38±4,83	65,18±8,08	52,83±4,77	33,28±2,10	24,14±7,35	17,34±6,60	50,97±22,16
Manipulado	73,01±10,43	61,27±6,59	46,58±3,36	83,23±8,17	71,81±11,36	57,17±5,76	32,59±5,74	21,20±5,48	17,25±3,05	51,57±22,49
Fluordent	73,74±8,35	57,36±8,14	46,46±3,78	81,43±8,17	60,65±7,54	49,93±5,46	22,13±4,60	17,56±0,71	16,02±1,13	47,26±23,62
Reach										
Oral B	69,78±2,42	53,29±5,78	43,30±6,08	76,91±4,70	66,88±4,23	54,63±5,03	22,20±3,71	19,49±3,44	16,81±3,56	47,03±22,23
Fluorgard	76,29±7,45	58,54±11,78	52,79±8,72	79,59±10,53	63,51±12,07	48,45±6,59	32,03±4,98	22,33±3,71	17,02±1,77	50,06±22,61
Total	72,82±7,32	57,77±7,78	48,01±6,92	81,31±7,56	65,61±9,14	52,60±6,00	28,45±6,61	20,94±4,87	16,89±3,45	

Pode-se observar menores médias de dureza superficial para os espécimes confeccionados com a resina Durafill VS e diminuição das médias de dureza ao longo do tempo para as três resinas e cinco soluções avaliadas.

Na Tabela 2 está a Análise de Variância entre as medidas repetidas.

Tabela 2. Resumo da Análise de Variância entre as medidas repetidas (*Whitin-Subjects*).

Fonte	DF	SS	MS	F	P	η_p^2	π
Tempo	2	17823,708	8911,854	330,604	<0,001	0,846	1,000
Tempo*solução	8	206,798	25,850	0,959	0,471	0,06	0,429
Tempo*material	4	2034,695	508,674	18,870	<0,001	0,386	1,000
Tempo*solução*material	16	590,233	36,890	1,368	0,169	0,154	0,812
Resíduo	120	3234,758	26,956				

Verificou-se diferença significativa entre os tempos e na interação tempo e material.

A Tabela 3 apresenta as médias e desvios-padrão segundo tempo e tipo de resina composta.

Tabela 3. Média e desvio-padrão de dureza superficial segundo tempo e tipo de resina composta.

Tempo	Resina		
	Filtek Z350XT	Filtek Z250	Durafill VS
T0	72,82±7,32 ^{a,A}	81,31±7,56 ^{b,A}	28,45±6,1 ^{c,A}
T60	57,77±7,78 ^{a,B}	65,61±9,14 ^{b,B}	20,94±4,87 ^{c,B}
Tfinal	48,01±6,91 ^{a,C}	52,60±6,00 ^{b,C}	16,89±3,45 ^{c,C}

^{a,A} letra minúscula identifica comparação entre colunas e maiúscula entre linhas

Considerando-se os três níveis de tempo, observou-se diferença estatisticamente significativa na média de dureza dos três tipos de resina avaliada. Verificou-se que as três resinas sofreram alteração significativa ao longo do tempo.

O resumo da Análise de Variância entre os fatores independentes, solução e tipo de resina composta (material) encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4. Resumo da Análise de Variância entre os fatores independentes (*Between-Subjects*).

Fonte	df	SS	MS	F	P	η_p^2	π
Solução	4	801,076	200,269	2,603	0,050	0,148	0,697
Material	2	85573,438	42786,719	556,151	<0,001	0,949	1,000
Solução*Material	8	583,614	72,952	0,948	0,948	0,112	0,399
Resíduo	60	4616,019	76,934				

Pode-se notar que apenas o fator material apresentou diferença estatisticamente significativa.

A Figura 3 apresenta o intervalo de 95% de confiança (IC_{95%}) da média de dureza dos espécimes segundo o tipo de resina composta.

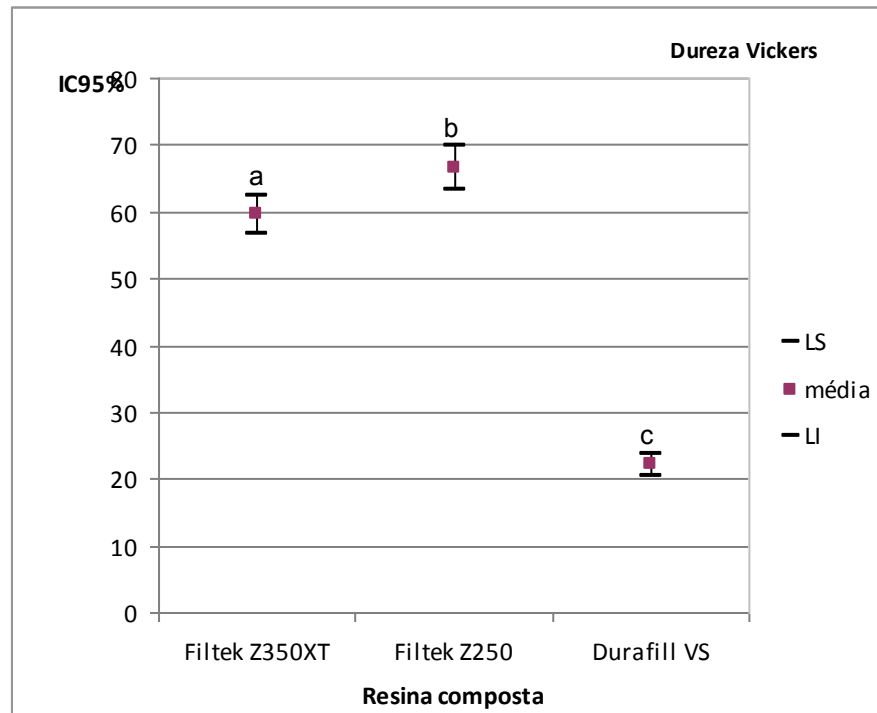


Figura 3. Intervalo de 95% de confiança ($IC_{95\%}$) da média de dureza dos espécimes segundo o tipo de resina composta.

Os valores médios de dureza Vickers foram diferentes para as três resinas avaliadas, sendo a resina Durafill VS a que apresentou menores valores.

4. Discussão

O conhecimento do valor da dureza superficial é importante para a indicação e avaliação da longevidade clínica do material restaurador.⁷ Desta forma, sabendo-se que o desempenho clínico e durabilidade das resinas compostas são fortemente influenciados pelas suas características intrínsecas e pelo ambiente a que estão expostas, o presente estudo avaliou

a dureza superficial de três resinas compostas frente ao uso de soluções fluoretadas em curto e em longo prazo.

Selecionou-se uma resina composta nanoparticulada (Filtek Z350 XT), uma microhíbrida (Filtek Z250) e uma microparticulada (Durafill VS) e verificou-se que os valores de dureza superficial das mesmas foram diferentes entre si ao longo do tempo. Desta forma, pode-se notar que a dureza superficial esteve dependente do material. Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores.^{3,5,12,18}

Observou-se também que os menores valores de dureza superficial foram obtidos pela resina composta Durafill VS. Tal fato pode ser explicado pela própria composição deste material. A resina composta microparticulada estudada possui um percentual de carga de 43% em peso, apresentando, portanto, maior quantidade de matriz orgânica o que a torna mais susceptível a degradação. Outra explicação para os resultados obtidos é que essas resinas possuem partículas pré-polimerizadas que comprometem a sua polimerização uniforme² refletindo diretamente na sua dureza.

Por outro lado, a Filtek Z350 XT que é uma resina composta nanoparticulada possui percentual de carga de 78,5% em peso, característica que confere a este material, propriedade tão satisfatória quanto à resina Filtek Z250 que é microhíbrida e possui carga de 60% em peso. Além da composição e distribuição das partículas de carga, o seu formato e tamanho também podem influenciar a qualidade do material. Rastelli et al.⁵

encontraram que resinas compostas de partículas irregulares como a Filtek Z250 e esféricas como a Filtek Z350 XT apresentaram maiores valores de dureza superficial estando de acordo com os achados deste estudo.

Apesar das resinas Filtek Z250 e Filtek Z350XT possuírem em sua composição porcentagens de cargas próximas, os valores de dureza obtidos neste estudo foram maiores para a Filtek Z250. Tal fato pode ser justificado pela maior porcentagem de carga da Filtek Z350XT, o que segundo Halvorson et al.²⁵ pode restringir a mobilidade dos monômeros diminuindo progressivamente o seu grau de conversão. Além disso, resinas nanoparticuladas possuem nanoaglomerados de sílica que podem alterar a sua polimerização, promovendo menores valores de dureza quando comparadas às microhíbridas.⁵

Os achados desta pesquisa corroboram com os encontrados por Montenegro et al.¹⁸ que avaliando o efeito da partícula de carga e do tempo de armazenamento sobre a dureza superficial de resinas compostas, encontraram maiores valores para a resina microhíbrida seguida pela nanoparticulada e menores valores para a microparticulada. Rastelli et al.⁵ também constataram que a resina microhíbrida exibiu maior dureza superficial quando comparada a nanoparticulada.

Apesar de terem apresentado diferentes valores de dureza entre si, verificou-se neste estudo que as três resinas avaliadas sofreram alteração significativa nos valores de dureza ao longo do tempo ($p < 0,001$), tanto em

curto (60 dias de imersão) quanto em longo prazo (após o envelhecimento artificial).

O envelhecimento artificial, procedimento comumente utilizado para experimentos *in vitro*, acelera a degradação do material^{16,18} o que causa significativa diminuição em suas propriedades. Poucos estudos simulam o envelhecimento de um material restaurador por mais de algumas semanas, utilizando diferentes técnicas para esse fim. As mais utilizadas são a luz ultra-violeta, estocagem em diferentes soluções e períodos e a termociclagem.^{8,16-18} O presente trabalho, diferentemente dos encontrados na literatura, procurou realizar uma avaliação inovadora uma vez que aliou diversos métodos de envelhecimento artificial para observação do comportamento das resinas estudadas tanto em curto quanto em longo prazo. Para isso, utilizou-se além da imersão dos materiais em diferentes soluções fluoretadas por 60 dias, o envelhecimento dos mesmos correspondendo a um período de 5 anos²⁴ por meio da termociclagem, da simulação das forças mastigatórias e da imersão contínua nas soluções fluoretadas. Esses procedimentos foram realizados com o intuito de submeter os materiais à ação química (soluções), física (diferentes temperaturas) e também ao estresse mecânico presente durante as forças mastigatórias. Desta forma, após todo este processo, notou-se uma diminuição dos valores de dureza para todas as resinas avaliadas, sendo os

menores valores encontrados após o envelhecimento artificial em longo prazo.

Trabalhos na literatura utilizando metodologias diversas de envelhecimento para análise de diferentes tipos de resina composta como imersão em água destilada,^{18,26} associação de imersão em água destilada e termociclagem¹⁷ e associação de imersão em soluções e luz ultra-violeta,¹⁶ também observaram comprometimento das propriedades das resinas avaliadas, com redução da dureza superficial.

Pode-se inferir que a diminuição da dureza após o envelhecimento artificial ocorre pela absorção de água e pelo efeito de degradação decorrente de características hidrófilas dos monômeros BisGMA e UDMA presentes na matriz de todas as resinas estudadas, fazendo com que a quantidade de água absorvida, embora em quantidade reduzida, atue como um plastificante externo aumentando o espaço intermolecular e diminuindo a dureza.²⁷ Convém salientar ainda que o processo de termociclagem, devido às repetidas mudanças de temperatura, pode induzir a degradação da ligação matriz-carga em decorrência dos diferentes coeficientes de expansão térmica das partículas de carga inorgânica e matriz resinosa.

Ainda com relação à interferência dos fatores extrínsecos sobre a dureza superficial das resinas compostas, constatou-se no presente estudo que as soluções de imersão avaliadas não influenciaram a dureza das

resinas compostas avaliadas ($p=0,050$), assim como Oliveira et al.¹⁹ e Gurdal et al.¹².

Apesar disso, a indicação das soluções fluoretadas deve ser adequada para a necessidade de cada paciente, tendo em vista que o seu uso prolongado e indiscriminado pode afetar outras propriedades das resinas compostas, na medida em que atuam em longo prazo, como coadjuvantes no processo de envelhecimento da restauração.

Assim, frente aos achados obtidos concluiu-se que a dureza superficial das resinas compostas foi dependente do material, sendo a resina composta microhíbrida a que apresentou maiores valores, seguida pela nanoparticulada. A microparticulada apresentou os menores valores. As soluções fluoretadas não apresentaram influência na dureza superficial das resinas compostas. Por outro lado, o tempo apresentou-se como fator de influência na dureza, ou seja, quanto maior o período de avaliação e envelhecimento artificial, menor a dureza superficial dos materiais estudados.

Referências

1. Yoldas O, Akowa T, Uysal H. Influence of different indentation load and dwell time on Knoop microhardness tests for composite materials. *Polymer Testing* 2004; **23**: 343-6.

2. Beun S, Glorieux T, Devaux J, Vreven J, Leloup G. Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. *Dental Materials* 2007; **23**: 51-9.
3. de Moraes RR, Gonçalves L de S, Lancellotti AC, Consani S, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA. Nanohybrid resin composites: nanofiller loaded materials or traditional microhybrid resins? *Operative Dentistry* 2009; **34**: 551-7.
4. Kim KH, Ong JL, Okuno O. The effect of filler loading and morphology on the mechanical properties of contemporary composites. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2002; **87**: 642-9.
5. Rastelli AN, Jacomassi DP, Faloni AP, Queiroz TP, Rojas SS, Bernardi MI, et al. The filler content of the dental composite resins and their influence on different properties. *Microscopy Research and Technique* 2012; **75**: 758-65.
6. Yeh ST, Wang HT, Liao HY, Su SL, Chang CC, Kao HC, et al. The roughness, microhardness, and surface analysis of nanocomposites after application of topical fluoride gels. *Dental Materials* 2011; **27**: 187-96.
7. Diab M, Zaazou MH, Mubarak EH, Olaa MIF. Effect of Five Commercial Mouthrinses on the Microhardness and Color Stability of Two Resin Composite Restorative Materials. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 2007; **1**: 667-74.


8. Miranda DA, Bertoldo CE, Aguiar FH, Lima DA, Lovadino JR. Effects of mouthwashes on Knoop hardness and surface roughness of dental composites after different immersion times. *Brazilian Oral Research* 2011; **25**: 168-73.
9. Gurgan S, Yalcin Cakir F. The effect of three different mouthrinses on the surface hardness, gloss and colour change of bleached nano composite resins. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry* 2008; **16**: 104-8.
10. Asmussen E. Softening of BISGMA- based polymers by ethanol and by organic acids of plaque. *Scandinavian Journal of Dental Research* 1984; **92**: 257-61.
11. Yap AU, Chew CL, Ong LF, Teoh SH. Environmental damage and occlusal contact area wear of composite restoratives. *Journal of Oral Rehabilitation* 2002; **29**: 87-97.
12. Gürdal P, Güniz Akdeniz B, Hakan Sen B. The effects of mouthrinses on microhardness and colour stability of aesthetic restorative materials. *Journal of Oral Rehabilitation* 2002; **29**: 895-901.
13. Gurgan S, Önen A, Köprülü H. In vitro effects of alcohol containing and alcohol-free mouthrinses on microhardness of some restorative materials. *Journal of Oral Rehabilitation* 1997; **24**: 244-6.
14. Papagiannoulis L, Tzoutzas J, Eliades G. Effect of topical fluoride agents on the morphologic characteristics and composition of resin

composite restorative materials. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1997; **77**: 405-13.

15. Yap AUJ, Mok, BYY. Effects of professionally applied topical fluorides on surface hardness of composite-based restoratives. *Operative Dentistry* 2002; **27**: 576-81.
16. Catelan A, Briso AL, Sundfeld RH, Dos Santos PH. Effect of artificial aging on the roughness and microhardness of sealed composites. *Journal of Esthetic Restorative Dentistry* 2010; **22**: 324-30.
17. Hahnel S, Henrich A, Bürgers R, Handel G, Rosentritt M. Investigation of mechanical properties of modern dental composites after artificial aging for one year. *Operative Dentistry* 2010; **35**: 412-9.
18. Montenegro RV, Arrais GLR, França KP, Brasileiro CC, Cavalcanti AL, Carlo HL, et al. Efeito da Partícula de Carga e do Tempo de Armazenamento sobre a Microdureza de Superfície de Compósitos Restauradores Estéticos. *Pesquisa Brasileira de Odontopediatria e Clínica Integrada* 2010; **10**: 345-50.
19. Oliveira ALBM, Garcia PPNS, Santos PA, Campos JADB. Surface roughness and hardness of a composite resin: influence of finishing and polishing and immersion methods. *Materials Research* 2010; **13**: 409-15.

20. Botta AC, Duarte Jr S, Paulin Filho PI, Gheno SM. Effect of dental finishing instruments on the surface roughness of composite resins as elucidated by atomic force microscopy. *Microscopy and Microanalysis* 2008; **14**: 380-6.
21. Badra VV, Faraoni JJ, Ramos RP, Palma-Dibb RG. Influence of different beverages on the microhardness and surface roughness of resin composites. *Operative Dentistry* 2005; **30**: 213-9.
22. Guler AU, Kurt S, Kulunk T. Effects of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2005; **93**: 453-8.
23. Wilder Jr AD, Swift Jr EJ, May Jr KN, Thompson JY, McDougal RA. Effect of finishing technique on the microleakage and surface texture of resin-modified glass ionomer restorative materials. *Journal of Dentistry* 2000; **28**: 367-73.
24. Blatz MB, Oppes S, Chiche G, Holst S, Sadan A. Influence of cementation technique on fracture strength and leakage of alumina all-ceramic crowns after cyclic loading. *Quintessence International* 2008; **39**: 23-32

25. Halvorson E, Erickson RL, Davidson CL. The effect of filler and silane content on conversion of resin-based composite *Dental Materials* 2003; **19**: 327-33.
26. de Moraes RR, Marimon JL, Schneider LF, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L, Bueno M. Effects of 6 months of aging in water on hardness and surface roughness of two microhybrid dental composites. *Journal of Prosthodontics* 2008 ;**17**: 323-6.
27. Borges AFS, Puppim-Rontani RM, Sinhoreti MAC, Correr-Sobrinho L. Influência do tempo de estocagem em meio úmido sobre a microdureza inicial de materiais restauradores estéticos. *Ciência Odontológica Brasileira* 2004; **7**: 79-86.



CONSIDERAÇÕES
FINAIS

Considerações Finais

A longevidade de restaurações de resina composta não está relacionada apenas à avaliação do seu comportamento frente a uma única propriedade, mas sim à associação de várias.

Apesar desta tese de doutorado apresentar a avaliação da influência das soluções fluoretadas para bochecho diário sobre a estabilidade de cor, a rugosidade e a dureza superficiais de resinas compostas na forma de três capítulos que trataram destas propriedades isoladamente, alguns estudos na literatura abordaram a influência de diversos meios de imersão sobre essas propriedades de forma conjunta^{4-6,8,11-12,16-17,22,26}.

Embora não tenha sido realizado teste estatístico para verificar a associação das variáveis dependentes deste estudo, pôde-se observar que a maior estabilidade de cor esteve relacionada a uma superfície menos rugosa e aos maiores valores de dureza superficial.

Marghalani¹⁷ constatou que a rugosidade é dependente da dureza superficial. Chung⁵ observou associação positiva entre os valores de rugosidade e de alteração de cor. Dietschi et al.⁸, em estudo *in vitro*, verificaram que a susceptibilidade ao manchamento da resina composta esteve relacionada com sua composição e suas propriedades superficiais, assim como notaram Lee et al.¹⁶ e Ghinea et al.¹¹.

Por outro lado, segundo Choi et al.⁴ e Hachiya et al.¹², a alteração de cor não é dependente unicamente da rugosidade superficial. Outros fatores permitem aumentar a susceptibilidade ao manchamento da resina, entre eles, a pressão exercida sobre a superfície durante o processo de polimerização.

Diab et al.⁶, Schulze et al.²⁶ verificaram ausência de correlação entre a estabilidade de cor e a dureza superficial de resinas compostas após o envelhecimento artificial.

De modo geral, ao verificar o conjunto dos resultados das três propriedades analisadas, pode-se notar que a resina composta Durafill VS apresentou desempenho inferior às outras resinas avaliadas o que pode estar relacionado, como discutido nos capítulos apresentados anteriormente, à sua composição. Por ser a Durafill VS, uma resina microparticulada, imaginava-se que pelo menos o seu comportamento com relação à rugosidade superficial seria superior às demais. Porém, o advento de novas tecnologias possibilitou o desenvolvimento de novos materiais restauradores como as resinas compostas com partículas de carga de menor tamanho e maior percentagem em peso, o que conferiu a elas, melhor desempenho. Este fato foi observado neste estudo, quando se avaliou a rugosidade, a dureza superficial e a estabilidade de cor.

Por outro lado, convém destacar que apesar de a resina nanoparticulada ter sido desenvolvida com o objetivo de superar as propriedades das resinas já existentes no mercado odontológico, pelos resultados obtidos observou-se que

ela se mostrou superior à Durafill VS, porém semelhante e, em alguns casos, inferior à resina microhíbrida.

Portanto, sugere-se que novos estudos continuem sendo realizados visando o aperfeiçoamento das propriedades de materiais restauradores e seu acompanhamento em longo prazo, a fim de minimizar suas limitações e aumentar a sua longevidade.

Além disso, a partir dos achados do presente trabalho, indica-se que o cirurgião-dentista, ao selecionar um material restaurador, deve ter consciência do seu comportamento em termos de dureza, rugosidade superficial e estabilidade de cor, ao longo do tempo. Isso deve acontecer para que sua escolha seja criteriosa, uma vez que essas propriedades são importantes não somente para o sucesso da restauração, mas também para a manutenção da saúde bucal, pois interferem na retenção de placa bacteriana, no desenvolvimento da doença periodontal e na reincidência de cárie.



CONCLUSÃO

Conclusão

De acordo com os resultados obtidos nos estudos realizados, pode-se concluir que:

Capítulo 1:

- A estabilidade de cor das resinas compostas foi material dependente, sendo a resina composta microparticulada, a que apresentou maior alteração.
- Maiores valores de alteração de cor foram observados para todas as resinas estudadas, após o envelhecimento artificial, sendo essa alteração podendo ser perceptível clinicamente apenas para a resina Durafill VS.
- A solução para bochecho fluoretada Fluorgard determinou diferença significativa na alteração de cor das resinas Filtek Z350XT e Z250.

Capítulo 2:

- A rugosidade superficial das resinas compostas foi material dependente, sendo a resina composta microparticulada a que apresentou maiores valores, seguida pela nanoparticulada e

pela microhíbrida, as quais apresentaram resultados semelhantes entre si.

- As soluções fluoretadas não apresentaram influência na rugosidade superficial das resinas compostas.
- O tempo apresentou-se como fator de influência na rugosidade superficial, sendo os maiores valores observados após o envelhecimento artificial.

Capítulo 3:

- A dureza superficial das resinas compostas foi dependente do material, sendo a resina composta microhíbrida a que apresentou maiores valores, seguida pela nanoparticulada. A microparticulada apresentou os menores valores.
- As soluções fluoretadas não apresentaram influência na dureza superficial das resinas compostas.
- O tempo apresentou-se como fator de influência na dureza, ou seja, quanto maior o período de avaliação e envelhecimento artificial, menor a dureza superficial dos materiais estudados.



REFERÊNCIAS

Referências*

1. Badra VV, Faraoni JJ, Ramos RP, Palma-Dibb RG. Influence of different beverages on the microhardness and surface roughness of resin composites. *Oper Dent*. 2005; 30: 213-9.
2. Catelan A, Briso AL, Sundfeld RH, Dos Santos PH. Effect of artificial aging on the roughness and microhardness of sealed composites. *J Esthet Restor Dent*. 2010; 22: 324-30.
3. Catirse ABE, Garcia PPNS, Corona SAM, Dinelli W. Efeito de diferentes soluções de fluoreto de sódio a 0,05% na translucidez do cimento de ionômero de vidro. *Ufes Rev Odontol*. 2000; 2: 30-4.
4. Choi MS, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC. Changes in surface characteristics of dental resin composites after polishing. *J Mater Sci Mater Med*. 2005; 16: 347-53.
5. Chung K. Effects of finishing and polishing procedures on the surface texture of resin composites. *Dent Mater*. 1994; 10: 325-30.
6. Diab M, Zaazou MH, Mubarak EH, OIaa MIF. Effect of Five Commercial Mouthrinses on the Microhardness and Color Stability of Two Resin Composite Restorative Materials. *Aust J Basic & Appl Sci*. 2007; 1: 667-74.

* De acordo com o estilo Vancouver.

Disponível no site: <http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform-requirements.html>.

7. Díaz-Arnold AMD, Wistrom W, Swift Jr EJ. Topical fluoride and glass ionomer microhardness. *Am J Dent* 1995; 8: 134-6.
8. Dietschi D, Campanile G, Holz J, Meyer JM. Comparison of the color stability of ten new-generation composites: an in vitro study. *Dent Mater*. 1994; 10: 353-62.
9. Ertas E, Güler AU, Yücel AÇ, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater J*. 2006; 25: 371-6.
10. Garcia PPNS, Corona SAM, Palma Dibb RG, Chimello DT, Catirse ABE, Freitas EM. Effect of fluoride-containing mouthrinses on the translucence of resin modified glass-ionomer cements. *Mater Res*. 2002; 5: 485-9.
11. Ghinea R, Ugarte-Alvan L, Yebra A, Pecho OE, Paravina RD, Perez Mdel M. Influence of surface roughness on the color of dental-resin composites. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2011; 12: 552-62.
12. Hachiya Y, Iwaku M, Hosoda H, Fusayama T. Relation of finish to discoloration of composite resins. *J Prosthet Dent*. 1984; 52: 811-4.
13. Hahnel S, Henrich A, Bürgers R, Handel G, Rosentritt M. Investigation of mechanical properties of modern dental composites after artificial aging for one year. *Oper Dent*. 2010;35: 412-9.

14. Hosoya Y, Shiraishi T, Oshiro M, Ando S, Miyazaki M, Powers JM. Effects of specular component on color differences of different filler type resin composites after aging. *J Dent.* 2009; 37: 585-90.
15. Iazzetti G, Burgess JO, Gardiner D, Ripps A. Color stability of fluoride-containing restorative materials. *Oper Dent.* 2000; 25: 520-5.
16. Lee YK, Lim BS, Kim CW. Effect of surface conditions on the color of dental resin composites. *J Biomed Mater Res.* 2002; 63: 657-63.
17. Marghalani HY. Effect of filler particles on surface roughness of experimental composite series. *J Appl Oral Sci.* 2010; 18: 59-67.
18. Miranda DA, Bertoldo CE, Aguiar FH, Lima DA, Lovadino JR. Effects of mouthwashes on Knoop hardness and surface roughness of dental composites after different immersion times. *Braz Oral Res.* 2011; 25: 168-73.
19. Montenegro RV, Arrais GLR, França KP, Brasileiro CC, Cavalcanti AL, Carlo HL, et al. Efeito da partícula de carga e do tempo de armazenamento sobre a microdureza de superfície de compósitos restauradores estéticos. *Pesq Bras Odontoped Clin Integr.* 2010; 10: 345-50.
20. Patel SB, Gordan VV, Barrett AA, Shen C. The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites. *J Am Dent Assoc.* 2004; 135: 587-94.

21. Pires-de-Souza FCP, Garcia LFR, Hamida HM, Casemiro LA. Color stability of composites subjected to accelerated aging after curing using either a halogen or a Light Emitting Diode source. *Braz Dent J.* 2007; 18: 119-23.
22. 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.* 2003; 19: 12-8.
23. Ren YF, Feng L, Serban D, Malmstrom HS. Effects of common beverage colourants on colour stability of dental composite resins: The utility of a thermocycling stain challenge model in vitro. *J Dent.* 2012; 40: 48-56.
24. Samuel SMW, Rubinstein C. Microhardness of enamel restored with fluoride and non-fluoride releasing dental materials. *Braz Dent J.* 2001; 12: 35-8.
25. Santos PA, Garcia PPNS, Oliveira ALBM, Palma-Dibb RG. Chemical and morphological features of dental composite resin: influence of light curing units and immersion media. *Microsc Res Tec.* 2010; 73: 176-81.
26. Schulze K, Marshall SJ, Gansky SA, Marshall GW. Color stability and hardness in dental composite after accelerated aging. *Dent Mater.* 2003; 19: 612-9.

27. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dent Mater.* 2004; 20: 530-4.
28. Wilder Jr AD, Swift Jr EJ, May Jr KN, Thompson JY, McDougal RA. Effect of finishing technique on the microleakage and surface texture of resin-modified glass ionomer restorative materials. *J Dent.* 2000; 28: 367-73.
29. Yap AUJ, Sau CW, Lye KW. Effects of finishing/polishing time on surface characteristics of tooth-coloured restoratives. *J Oral Rehabil.* 1998; 25: 456-61.
30. Yu B, Lim HN, Lee YK. Influence of nano- and micro-filler proportions on the optical property stability of experimental dental resin composites. *Mater Des.* 2010; 31: 4719-24.

Autorizo a reprodução deste trabalho
(Direitos de publicação reservados ao autor)

Araraquara, 27 de julho de 2012.

Ana Luísa Botta Martins de Oliveira