



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
CAMPUS AVANÇADO GOVERNADOR VALADARES  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA VIDA  
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA**



# **ESTABILIDADE DE COR E COMPORTAMENTO MECÂNICO DE RESTAURAÇÕES DE RESINA COMPOSTA DO TIPO BULK-FILL**

**LUCIANO ROSA DE LACERDA**

**2018**

**LUCIANO ROSA DE LACERDA**

**ESTABILIDADE DE COR E COMPORTAMENTO MECÂNICO DE  
RESTAURAÇÕES DE RESINA COMPOSTA DO TIPO BULK-FILL**

Monografia apresentada ao  
Departamento de Odontologia, da  
Universidade Federal de Juiz de Fora,  
Campus Governador Valadares, como  
parte dos requisitos para obtenção do  
título de Bacharel em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Eliseu Aldrighi Münchow

Co-Orientador: Profa. Dra. Werônica Jaernevay Silveira Mitterhoffer

Governador Valadares

2018

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Lacerda, Luciano Rosa de .

Estabilidade de cor e comportamento mecânico de restaurações de resina composta do tipo bulk-fill / Luciano Rosa de Lacerda. -- 2018.

34 f. : il.

Orientador: Eliseu Aldrighi Münchow

Coorientadora: Werônica Jaernevey Silveira Mitterhoffer

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Avançado de Governador Valadares, Instituto de Ciências da Vida - ICV, 2018.

1. Técnica restauradora com resina composta. 2. Resina de preenchimento único. 3. Resina bulk-fill, CIEL\*a\*b\*. 4. Resistência à compressão. 5. Trabalho de fratura.. I. Münchow , Eliseu Aldrighi, orient. II. Silveira Mitterhoffer, Werônica Jaernevey, coorient. III.

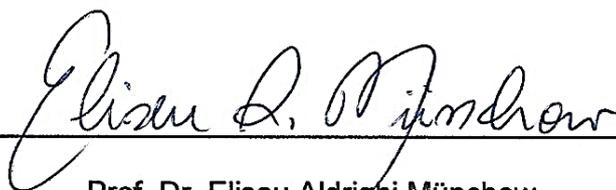
Título.

**LUCIANO ROSA DE LACERDA**

**ESTABILIDADE DE COR E COMPORTAMENTO MECÂNICO DE  
RESTAURAÇÕES DE RESINA COMPOSTA DO TIPO BULK-FILL**

Aprovada em 05 de DEZEMBRO de 2018, por:

Banca Examinadora



Prof. Dr. Eliseu Aldrighi Münchow

Orientador – UFJF/GV



Profa. Dra. Fabíola Galbiatti de Carvalho Carlo

Examinador – UFJF/GV



Profa. Dra. Valéria de Oliveira

Examinador – UFJF/GV

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho.....esta conquista, especialmente à  
minha família e meu orientador.*

*À minha mãe, Ernestina, uma mulher guerreira que é um exemplo  
para toda nossa família. Amo muito você!!!....*

*Ao meu pai, Geraldo, que é antes de tudo meu amigo e um exemplo  
de pai e pessoa. Amo você!!!!....*

*Às minhas irmãs, Renata, Nilza, Cida e Conceição que tanto torcem  
por mim. Amo Muito Vocês!!!!...*

*À minha namorada, Jessica, a qual eu amo e tenho muito orgulho  
de esta ao seu lado....*

*Ao meu irmão, Nil, que muito mais que um irmão. Amo muito  
você!!!.....*

*E aos meus mestres... Dedico ao meu orientador, Eliseu, que me  
orientou em mais essa etapa da minha vida e teve paciência para me  
apoiar durante as dificuldades que enfrentei.....*

*Dedico à minha Co-orientadora Weronica, um exemplo de  
competência e dedicação que admiro tanto...*

## AGRADECIMENTO

*Aos amigos que fiz ao longo da graduação: Bruna, Laissa, Vinicius, Raul, Felipe, Larissa, Amanda, Natalia e Hayane,, obrigada por fazerem parte da minha vida. Sem vocês seria muito difícil conseguir chegar aqui. Sei que brigamos muito, mas mesmo assim vocês continuaram me apoiando e incentivando. Amigos como vocês são muito importantes!*

*A amiga Hayane, obrigado por me ajudar durante o meu tcc e minha graduação, sem você não teria sido possível essa caminhada.  
Obrigada pela amizade!!!*

*Dedico, ainda, aos meus professores, pessoas a quem estimo muito e as quais tenho como exemplo...*

## EPÍGRAFE

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis. ”

José de Alencar

## RESUMO

As resinas compostas ocupam um espaço cada vez maior na odontologia restauradora, principalmente devido à sua capacidade de se assemelhar às características ópticas do dente, apresentando ainda satisfatório desempenho mecânico. Contudo, existem novas resinas no mercado que ainda necessitam de caracterização e acompanhamento clínico. Por isso, o objetivo do presente estudo foi investigar a estabilidade de cor e desempenho mecânico de resinas compostas *bulk-fill* de nova geração. Vinte e oito amostras foram obtidas a partir de incisivos bovinos, os quais foram preparados até que uma cavidade com 4 mm de largura e 5 mm de profundidade fosse obtida. Cada amostra foi aleatoriamente separada em quatro grupos (n=7), conforme a técnica restauradora utilizada: Controle negativo – nenhum material foi aplicado; Controle positivo – resina tradicional (Opallis; FGM) foi aplicada usando-se incrementos de até 2 mm de espessura; Bulk Fill – resina *bulk-fill* de viscosidade regular (Opus Bulk Fill; FGM) foi aplicada usando-se apenas um incremento de 5 mm; e Combinada – resina *bulk-fill* de baixa viscosidade (Opus Bulk Fill Flow; FGM) e Opallis foram aplicadas em combinação. A cor das restaurações foi mensurada usando-se espectrofotômetro digital (Vita Easyshade; Vita Zahnfabrik) e o sistema CIEL\*a\*b\*. As amostras foram imersas em água destilada, a 37°C, por 30 dias, e, novamente mensuradas quanto à cor. Todas as amostras foram submetidas a máquina de ensaios mecânicos (DL500; EMIC) para avaliação da resistência à compressão. O módulo de elasticidade e trabalho de fratura foram obtidos através das curvas de tensão-deformação do teste mecânico realizado. Todos os dados foram analisados por meio de Análise de Variância uma via e Tukey ( $\alpha=5\%$ ). O Controle positivo resultou em alteração de cor superior às demais técnicas ( $p<0,001$ ). Todos os grupos restaurados apresentaram desempenho mecânico maior do que o Controle negativo ( $p\leq 0,006$ ). As diferentes técnicas restauradoras resultaram em módulo de elasticidade e trabalho de fratura semelhantes entre si ( $p\geq 0,242$ ), exceto pela técnica Bulk Fill, a qual demonstrou resistência à compressão maior do que o Controle positivo ( $p=0,05$ ). Conclui-se que as resinas *bulk-fill* e respectivas técnicas restauradoras avaliadas neste estudo são adequadas, demonstrando desempenho mecânico semelhante à técnica controle (incremental), além de maior estabilidade de cor após imersão de curto-prazo em água.

**Palavras chave:** Técnica restauradora com resina composta, Resina de preenchimento único, Resina *bulk-fill*, CIEL  $a^*b^*$ , Resistência à compressão, Módulo de elasticidade, Trabalho de fratura.

## ABSTRACT

Resin composites possess greater and greater applicability in restorative dentistry especially due to their ability in mimicking the optical characteristics of dental substrates, and not less important, due to their satisfactory mechanical performance. However, novel resin composites have launched, needing characterization and clinical evaluation. Hence, the purpose of this study was to investigate the color stability and mechanical behavior of new generation, bulk-fill resin composites. Twenty-eight samples were obtained from bovine incisors, which were prepared to cavities with 4 mm-width and 5 mm-thickness. Each sample was randomly separated into four groups (n=7) according to the restorative technique: Controle negativo – none material was applied; Controle positivo – conventional resin composite (Opallis; FGM) was applied using increments of up to 2 mm-thick; Bulk Fill – bulk-fill resin composite with regular viscosity (Opus Bulk Fill; FGM) was applied using only one increment of 5 mm-thick; and Combinada – bulk-fill resin composite with low viscosity (Opus Bulk Fill Flow; FGM) and Opallis were applied in sequence. Color of the restorations was measured using a digital spectrophotometer (Vita Easyshade; Vita Zahnfabrik) and CIEL\*a\*b\* system. The samples were immersed in distilled water, at 37°C, for 30 days; next, they were once again color-measured. All samples were submitted to a mechanical testing machine (DL500; EMIC) for compressive strength evaluation. Young's modulus and work of fracture were obtained from the stress-strain curves obtained through the mechanical test. All data were analyzed using Analysis of Variance and Tukey ( $\alpha=5\%$ ). The Controle positivo resulted in greater color alteration than the other restorative techniques ( $p<0,001$ ). All restored groups were stronger than the Controle negativo ( $p\leq 0,006$ ). The different restorative techniques resulted in similar Young's modulus and work of fracture ( $p\geq 0,242$ ), except for the Bulk Fill technique, which demonstrated greater compressive strength as compared to the Controle positivo ( $p=0,05$ ). Overall, the failure mode of the restorations was similar regardless of the group tested. In conclusion, bulk-fill resin composites and their respective restorative technique evaluated in this study are adequate, showing similar mechanical performance to the control technique (incremental technique), as well as greater color stability after a short period of water storage.

**Key words:** Restorative technique with resin composite, Bulk-filling resin, Bulk-fill resin composite, CIE L\*a\*b\*, Compressive strength, Young's modulus, Work of fracture.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	01
2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	03
3 RESULTADOS.....	09
4 DISCUSSÃO.....	14
5 CONCLUSÃO.....	19
REFERÊNCIAS.....	20

## 1 INTRODUÇÃO

As resinas compostas são materiais restauradores estéticos que apresentam basicamente três componentes principais em sua composição: (i) matriz resinosa-orgânica, constituída principalmente por monômeros como o Bis-GMA (bisfenol diglicidil metacrilato), a qual oferece estrutura para o material; (ii) partículas de carga inorgânicas, as quais são incorporadas na matriz resinosa com a finalidade de reforço das propriedades físico-mecânicas e aumento da estabilidade dimensional do material; e (iii) agente de união, sendo geralmente o silano, responsável pela união das partículas de carga à matriz resinosa.<sup>1</sup> Além desses componentes, as resinas compostas também apresentam um sistema de iniciação responsável pela conversão dos monômeros em polímeros, gerando um material com maior resistência e durabilidade clínica.

As resinas compostas tradicionais a base de monômeros metacrilatos devem ser inseridas nas cavidades dentárias em incrementos de no máximo 2 mm de espessura, em parte devido à sua profundidade de polimerização limitada, mas também como forma de se reduzir os efeitos causados pela contração de polimerização.<sup>2, 3</sup> A contração de polimerização é o resultado da conversão dos monômeros em uma rede de polímeros, resultando em redução no volume ocupado pelo material dentro da cavidade dentária.<sup>3</sup> Essa contração em volume, acontecendo em situações de confinamento, pode induzir a tensões nas paredes da cavidade dentária, bem como no corpo da restauração, resultando em consequências como deflexão de cúspides e fratura dental, sensibilidade pós-operatória, ou até mesmo desadaptação da restauração.<sup>4</sup>

Na tentativa de solucionar esse problema, resinas de preenchimento único, também denominadas de resinas *bulk-fill*, surgiram no mercado odontológico. De forma geral, a principal propriedade que caracteriza este material é a sua profundidade de polimerização maior do que a das resinas tradicionais, o que possibilita a sua utilização em espessuras de até 4 a 5 mm por incremento.<sup>5, 6</sup> Existem atualmente dois tipos de resinas *bulk-fill*: as de reduzida viscosidade (*flow*) e as de viscosidade regular. A diferença entre elas

é que as resinas *flow* não são suficientemente resistentes para suportar tensão mastigatória, sendo, por isso, associadas com resinas tradicionais durante a confecção da restauração, isto é, primeiro se acrescenta a resina *bulk-fill* e depois a resina tradicional, como última camada da restauração.<sup>7</sup> Por outro lado, as resinas *bulk-fill* de viscosidade regular demonstram resistência semelhante às resinas compostas tradicionais, sendo aplicadas sem nenhuma combinação com outros materiais.<sup>8</sup>

O acompanhamento clínico de restaurações confeccionadas usando-se resinas *bulk-fill* ainda deixa dúvidas quanto à durabilidade do tratamento restaurador, principalmente devido ao lançamento recente deste novo tipo de material no mercado odontológico. Assim sendo, o objetivo deste estudo laboratorial foi o de avaliar a estabilidade de cor e comportamento mecânico de restaurações de resina composta do tipo *bulk-fill*. A hipótese nula testada foi a seguinte: as cavidades restauradas com as diferentes técnicas restauradoras irão apresentar estabilidade de cor e comportamento mecânico semelhantes entre si.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

## 2.1. Materiais utilizados e desenho experimental do estudo

O presente estudo *in vitro* preparou 28 cavidades Classe I usando-se a porção radicular de dentes incisivos bovinos, as quais foram restauradas ou não usando-se uma de três técnicas restauradoras (n=7): técnica controle positivo (incremental), usando-se resina composta tradicional (Opallis; FGM, Joinville, SC, Brasil); técnica Bulk Fill, usando-se resina *bulk-fill* de viscosidade regular (Opus Bulk Fill; FGM); e técnica combinada, usando-se resina *bulk-fill* de viscosidade *flow* (Opus Bulk Fill Flow; FGM) como primeira camada da restauração, e, posteriormente, resina tradicional (Opallis) como última camada. Amostras sem restauração foram utilizadas como controle negativo do estudo. Todas as amostras foram armazenadas em água destilada por 30 dias, seguida da sua avaliação quanto à estabilidade de cor (para as amostras restauradas) e comportamento mecânico (todas as amostras). As características estruturais de cada resina utilizada neste estudo estão demonstradas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Informações de lote, composição básica e conteúdo total de partículas de carga das resinas compostas utilizadas neste estudo.

Resina composta (cor)	Lote	Composição básica	Conteúdo total de carga (peso)
Opallis (DA3)	180817	<i>Ingredientes ativos:</i> monômeros metacrilatos Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA e UDMA, CQ, co-iniciador, silano	79,8%
Opallis (EA3)	180817	<i>Ingredientes inativos:</i> vidro de bário-alumino silicato silanizado, pigmentos, sílica	78,5%
Opus Bulk Fill (A3)	070817	<i>Ingredientes ativos:</i> monômeros uretanadimetacrílicos, co-iniciador, fotoiniciador, estabilizantes	79%
Opus Bulk Fill Flow (A3)	110417	<i>Ingredientes inativos:</i> pigmentos, sílica silanizada, estabilizantes	68%

Bis-GMA: bisfenol-A diglicidil dimetacrilato; Bis-EMA: bisfenol-A etoxilado dimetacrilato; TEGDMA: trietilenoglicol dimetacrilato; UDMA: uretano dimetacrilato; CQ: canforoquinona.

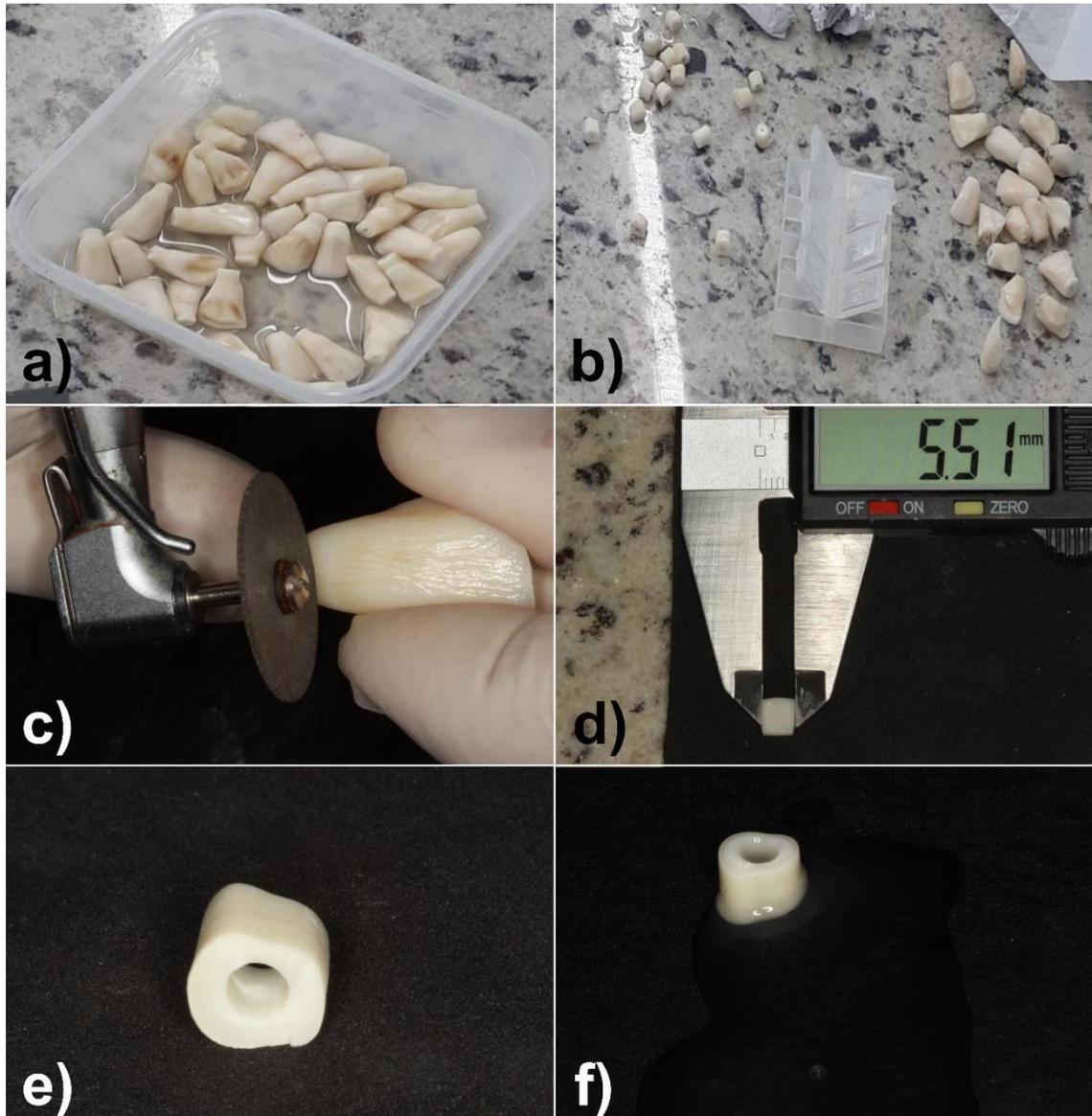
## 2.2. Preparo das amostras e restaurações

Vinte e oito dentes incisivos bovinos foram obtidos e devidamente desinfetados (Figura 1a-b). Após, os mesmos foram cortados na junção cimento-esmalte, e as porções coronárias descartadas (Figura 1c). Cada porção radicular foi então cortada utilizando-se peça reta e disco de diamante para obtenção de amostras com aproximadamente 5,5 mm ( $\pm 0,1$  mm) de espessura (Figura 1d). A câmara pulpar de cada amostra foi preparada utilizando-se pontas diamantadas tronco-cônicas (#4138; KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil), a fim de se obter cavidades tipo Classe I (Figura 1e) com 4 mm de largura e 5 mm de profundidade, esta última obtida através do desgaste com lixas de carvão de silício #600 (Figura 1f).

As amostras foram separadas aleatoriamente em quatro grupos (n=7), conforme o tipo de técnica restauradora utilizada: Controle negativo – nenhum material restaurador foi aplicado na cavidade, mantendo as amostras vazias; Controle positivo – resina composta tradicional (Opallis) foi aplicada nas cavidades seguindo-se a técnica incremental, isto é, com incrementos de no máximo 2 mm de espessura cada (resinas de dentina e esmalte foram utilizadas na cor A3); Bulk Fill – resina composta *bulk-fill* de viscosidade regular (Opus Bulk Fill) na cor A3 foi aplicada nas cavidades em incremento único de 5 mm de espessura; e Combinada – resina composta *bulk-fill* de viscosidade *flow* (Opus Bulk Fill Flow) foi aplicada como primeiro incremento (aproximadamente 3,5 mm de espessura) nas cavidades, seguido de um incremento de aproximadamente 1,5 mm de espessura de resina tradicional (Opallis) para esmalte, ambas na cor A3.

Cada material restaurador só foi aplicado após utilização de sistema adesivo convencional de dois passos: gel de ácido fosfórico 37% (Condac 37; FGM) aplicado por 30 s na margem de esmalte e por 15 s em dentina, seguido de lavagem e secagem com jato de ar (nesta etapa a dentina foi protegida para manter a umidade ideal); e adesivo Ambar APS (FGM), aplicado duas vezes com pincel microbrush e volatilização do solvente com jato de ar, seguido de fotoativação por 20 s usando um diodo emissor de luz (Emmitter C; Schuster, Santa Maria, RS, Brasil – densidade de potência de 1250 mW/cm<sup>2</sup>). As restaurações não receberam procedimentos de acabamento superficial visto que a camada

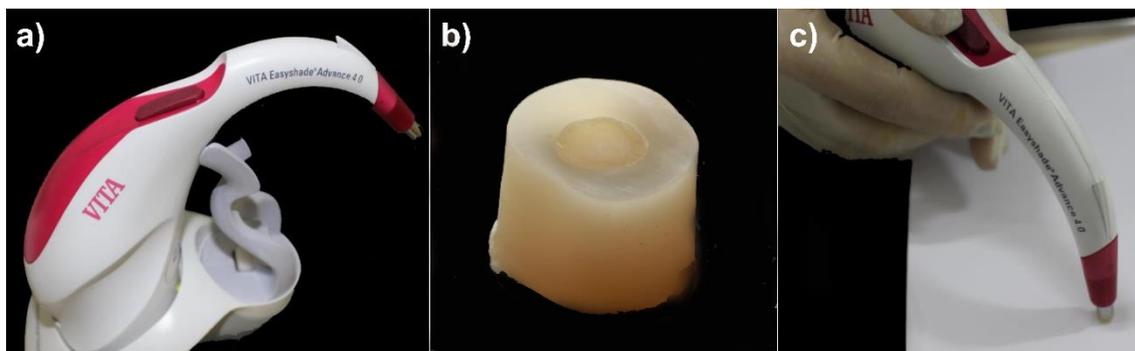
superficial da mesma foi polimerizada contra uma matriz de poliéster. Contudo, todas as amostras foram polidas com disco de feltro flexível (Diamond Flex; FGM) e pasta de polimento diamantada extra fina (Diamond Excel; FGM), por aproximadamente 15 s cada.



**Figura 1** – Imagens representativas do processo de preparo das amostras do estudo: (a-b) incisivos bovinos limpos e desinfetados; (c) separação entre as porções radicular e coronária pela utilização de disco de diamante; (d) padronização inicial da espessura das amostras utilizando-se paquímetro digital; (e) amostra com cavidade tipo Classe I preparada; (f) padronização final da espessura das amostras em 5 mm, utilizando-se lixas de carbeto de silício.

### 2.3. Análise inicial da cor das restaurações

A análise de cor de todas as restaurações foi realizada usando-se um espectrofotômetro digital (Vita Easyshade; Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemanha) (Figura 2a), apenas na superfície submetida ao polimento (Figura 2b). Para tanto, esta análise teve como referência os parâmetros CIE  $L^*a^*b^*$  (Commission Internationale d'Eclairage – Comissão Internacional de Iluminação),<sup>9</sup> onde  $L^*$  representa a luminosidade,  $a^*$  indica os tons esverdeados (valores negativos) ou avermelhados (valores positivos), e, por sua vez,  $b^*$  representa os tons azulados (valores negativos) ou amarelados (valores positivos). Um fundo branco foi utilizado como anteparo (Figura 2c). As amostras do Controle negativo não foram avaliadas quanto à cor por não terem sido restauradas com nenhum material restaurador.



**Figura 2** - Espectrofotômetro digital utilizado neste estudo (a), onde cada amostra foi avaliada em fundo branco (b).

#### 2.4. Análise da alteração de cor das restaurações

Após a análise inicial da cor, todas as restaurações foram imersas em água destilada por um período de 30 dias. Então, as mesmas foram novamente avaliadas com o Easyshade para obtenção dos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$ , e  $b^*$ . A alteração de cor das restaurações foi calculada aplicando-se a seguinte fórmula:<sup>9</sup>

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

onde  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$  representam a diferença entre os parâmetros de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  finais e iniciais, respectivamente.

#### 2.5. Análise do comportamento mecânico das restaurações

Após passarem pela avaliação final de cor, todas as restaurações e grupo Controle negativo (o qual também foi imerso em água destilada por 30 dias) foram submetidos ao teste de resistência à compressão usando-se uma máquina de ensaios universal (DL 500; Emic, São José dos Pinhais, PR, Brasil). Inicialmente, cada amostra foi mensurada com auxílio de paquímetro digital para obtenção das suas medidas de largura e altura (em mm). Então, cada amostra foi montada individualmente em uma base de metal, sendo submetida a uma carga axial com velocidade de 1 mm/min. A força máxima (em N) até a fratura das amostras foi registrada, e, a partir das medidas de largura e altura, a tensão suportada por cada amostra durante o teste de compressão foi obtida em MPa. Assim, curvas de tensão-deformação foram devidamente obtidas.

O módulo de elasticidade ( $E$ ) das amostras testadas (restauradas ou não) foi obtido através da seguinte fórmula:

$$E = \frac{Fl^3}{4bh^3d}$$

onde  $F$  é a carga máxima (em N) da porção mais retilínea da curva tensão-deformação,  $l$  é a distância (em mm) entre os suportes da base de metal utilizada no teste mecânico,  $b$  é a largura (em mm) da amostra,  $h$  é a altura (em mm) da amostra, e, por fim,  $d$  é a deformação (em mm) da amostra no momento de  $F$ .

As curvas de tensão-deformação foram ainda utilizadas para calcular o trabalho de fratura (em J/m<sup>2</sup>) das amostras avaliadas, dividindo-se a área sob a curva tensão-deformação pela área de secção transversal da amostra.

## 2.6. Análise de fratura das restaurações

As amostras fraturadas foram analisadas em um estereoscópio com magnificação de 40x. Cada fratura foi registrada fotograficamente com uma câmera (Canon Eos Rebel T5i, lente Ef 100mm e *flash* Circular Macro) e classificada como segue: falha coesiva em dente, falha coesiva no material restaurador e falha mista (quando envolveu tanto dente como restauração).

## 2.7. Análise estatística

Para a realização da análise estatística dos dados, utilizou-se o programa estatístico *Sigmaplot 12* (*Systat Software Inc, Chicago, IL, EUA*). Todos os dados foram analisados com Análise de Variância (ANOVA) uma via e o teste complementar de *Tukey*, tendo  $\alpha=5\%$  como nível de significância.

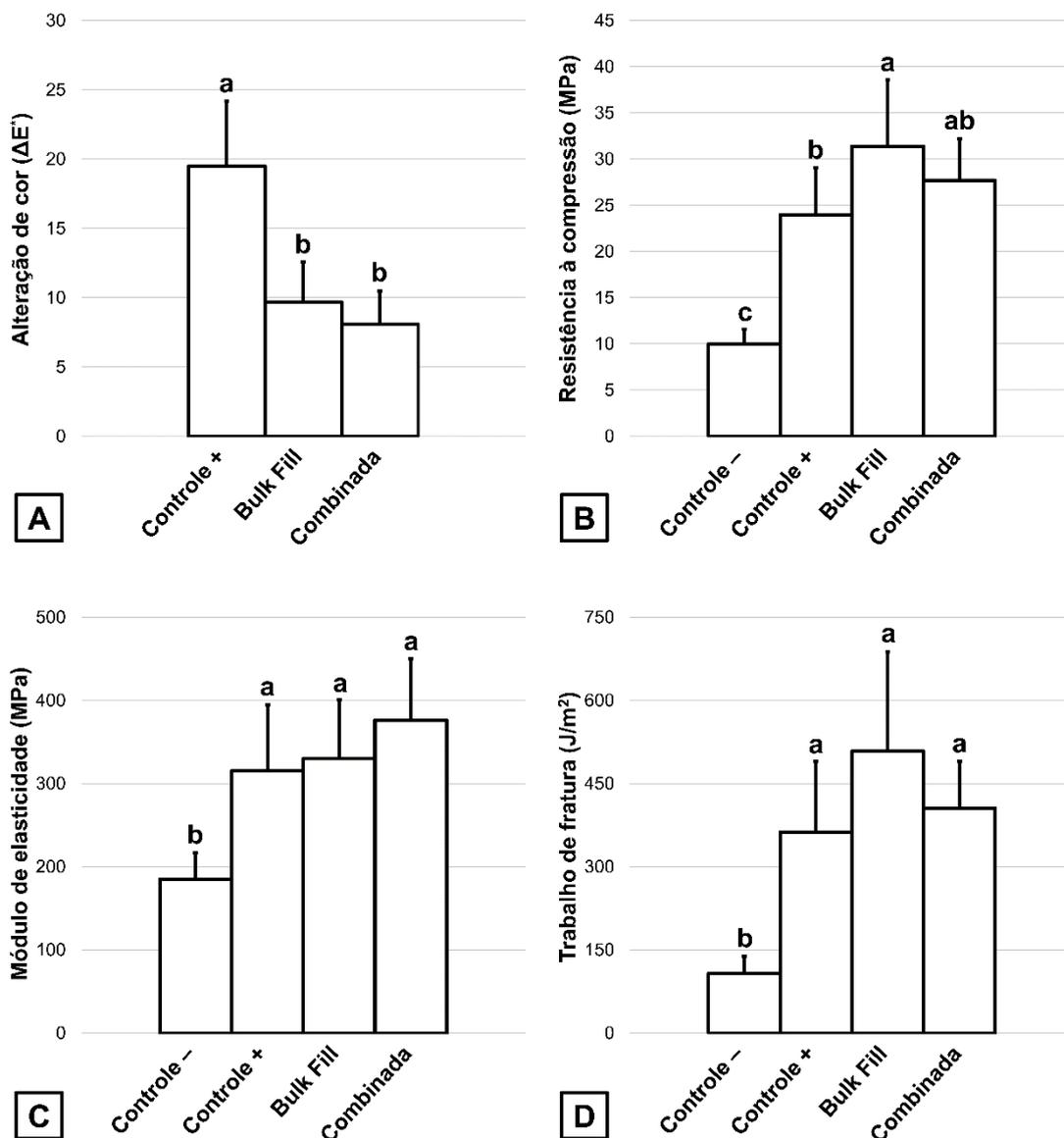
### **3 RESULTADOS**

Os dados de alteração de cor obtidos neste estudo podem ser visualizados na Tabela 2 e Figura 3a. O controle positivo resultou em valores de  $\Delta E^*$  maiores ( $19,5 \pm 4,7$ ) do que o dos grupos Bulk Fill ( $9,7 \pm 2,9$ ) e Combinada ( $8,1 \pm 2,4$ ) ( $p < 0,001$ ). Por sua vez, estes dois últimos grupos foram semelhantes estatisticamente entre si ( $p = 0,687$ ). Relativo aos parâmetros de cor, a Figura 4 demonstra a alteração dos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . A luminosidade inicial do grupo Controle positivo foi maior do que a dos outros grupos, sendo a que mais diminuiu após imersão em água. O grupo Combinada foi aquele que passou pela menor alteração da luminosidade. Quanto ao parâmetro  $a^*$ , as restaurações do grupo Controle positivo apresentou tendência a tons mais esverdeados (Figura 4a), permanecendo assim após imersão em água. Por outro lado, as restaurações dos grupos Bulk Fill e Combinada apresentaram tons iniciais tendendo ao vermelho (Figura 4b), os quais diminuíram mais intensamente que o controle após a imersão em água. Por fim, as restaurações do Controle positivo demonstraram tons mais amarelados do que as demais restaurações (Figura 4c), sendo também as restaurações que mais reduziram esta cromacidade após a imersão em água.

**Tabela 2.** Médias e Desvio-Padrão (DP) do comportamento mecânico e da alteração de cor demonstrados pelos grupos testados neste estudo.

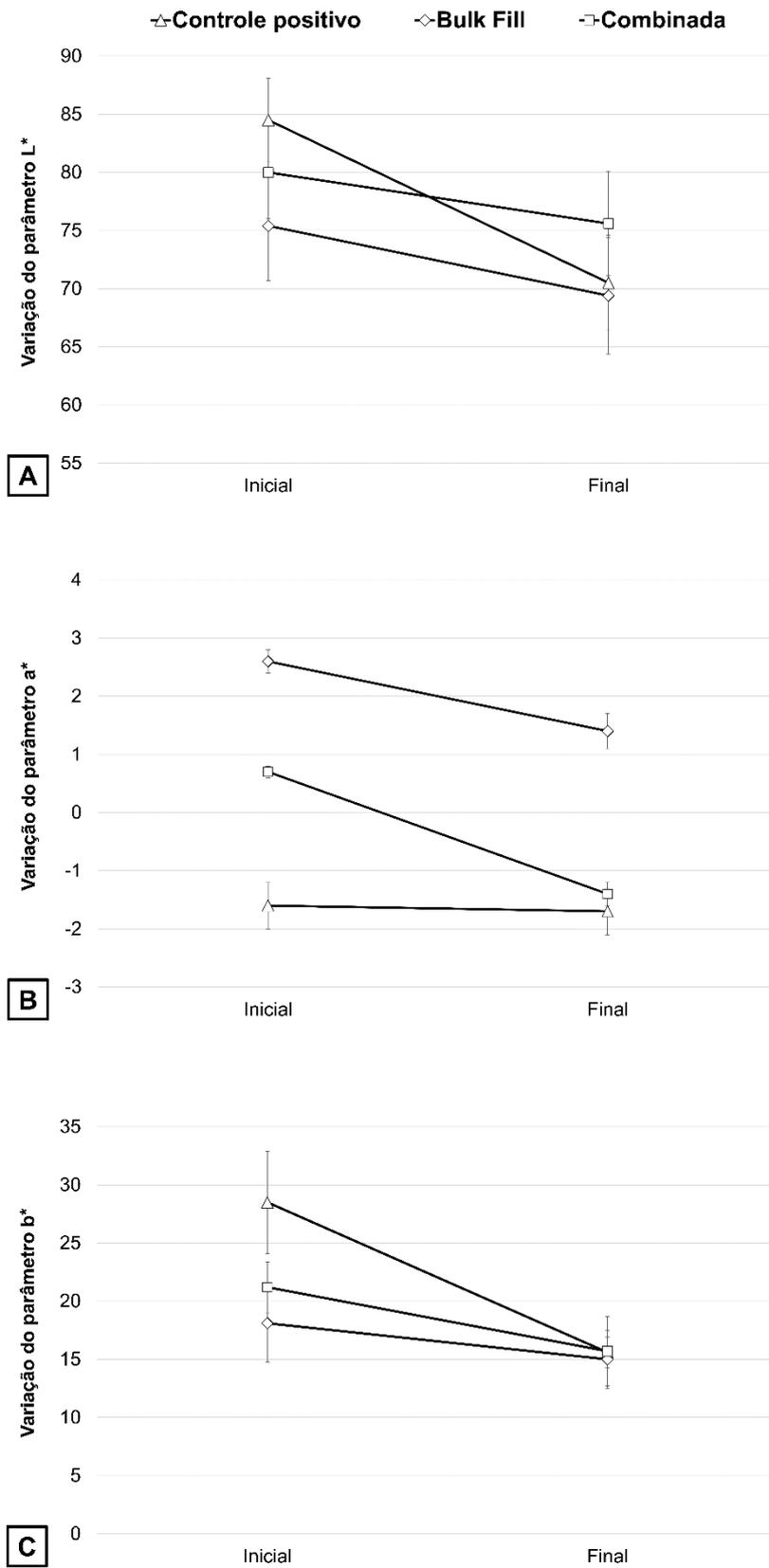
Grupos	Comportamento mecânico			Alteração de cor ( $\Delta E^*$ )
	Resistência à compressão (MPa)	Módulo de elasticidade (MPa)	Trabalho de fratura (J/m <sup>2</sup> )	
Controle negativo	10,0 (1,6) <sup>C</sup>	185,1 (31,9) <sup>B</sup>	107,6 (31,5) <sup>B</sup>	–
Controle positivo	24,0 (5,1) <sup>B</sup>	315,6 (79,4) <sup>A</sup>	362,8 (127,7) <sup>A</sup>	19,5 (4,7) <sup>A</sup>
Bulk Fill	31,4 (7,2) <sup>A</sup>	330,4 (70,7) <sup>A</sup>	508,4 (179,6) <sup>A</sup>	9,7 (2,9) <sup>B</sup>
Combinada	27,7 (4,5) <sup>AB</sup>	376,5 (73,6) <sup>A</sup>	405,4 (85,3) <sup>A</sup>	8,1 (2,4) <sup>B</sup>

Letras distintas indicam diferenças estatisticamente significantes entre grupos testados ( $p < 0,05$ ).



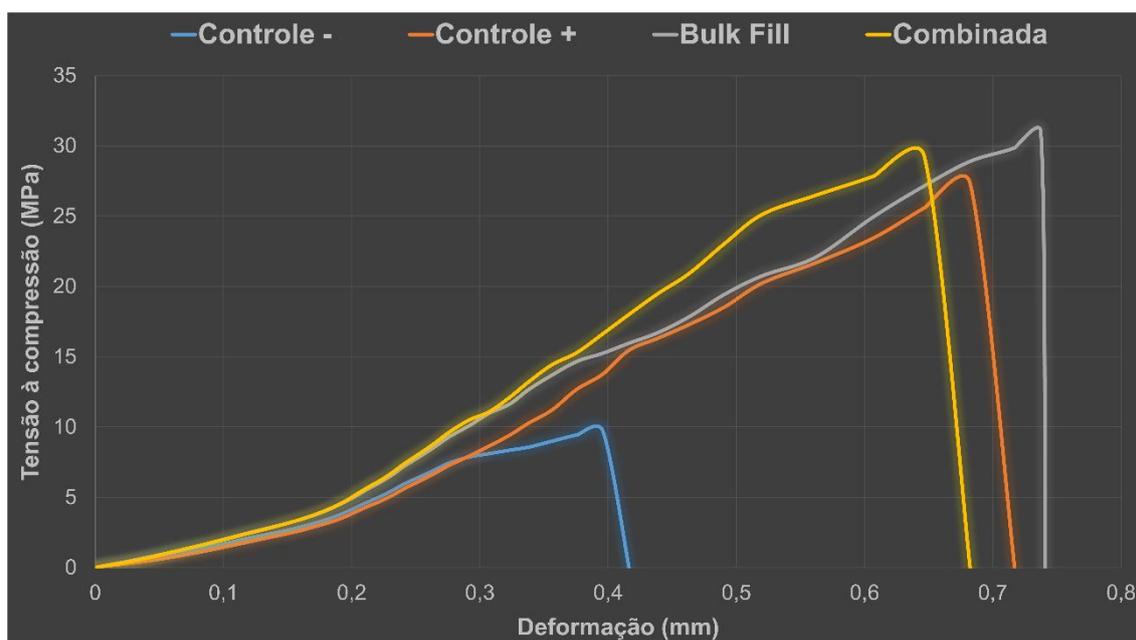
**Figura 3** – Gráficos demonstrando a alteração de cor (a), resistência à compressão (b), módulo de elasticidade (c) e trabalho de fratura (d) dos grupos investigados neste estudo.

As amostras que foram restauradas apresentaram comportamento mecânico superior ao Controle negativo ( $p \leq 0,006$ ), independente da técnica restauradora e materiais utilizados. Quanto à resistência à compressão, o grupo Bulk Fill demonstrou maior resistência do que o Controle positivo ( $p = 0,05$ ); já o grupo Combinada resultou em resistência semelhante aos outros dois grupos restaurados ( $p \geq 0,518$ ). Relativo ao módulo de elasticidade e ao trabalho de fratura das amostras, todos os grupos restaurados apresentaram semelhança estatística entre si ( $p \geq 0,242$ ).



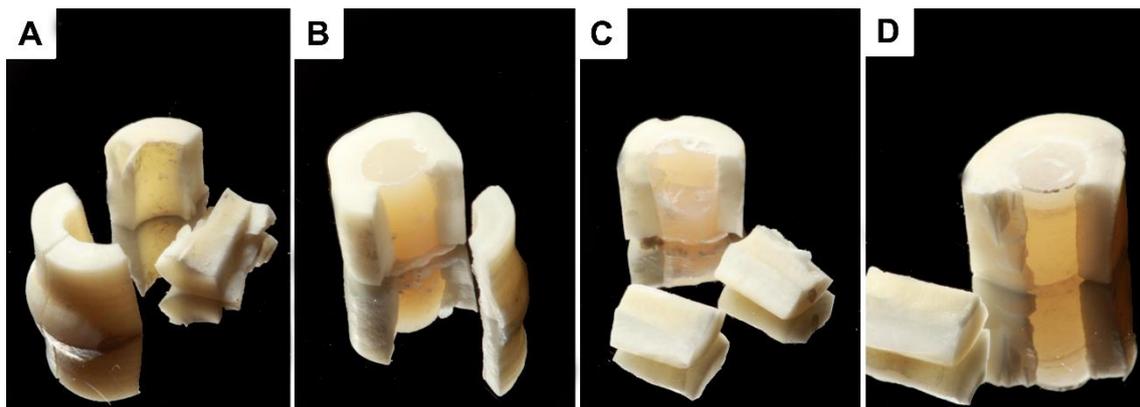
**Figura 4** – Gráficos demonstrando a variação inicial e final dos parâmetros  $L^*$  (a),  $a^*$  (b) e  $b^*$  (c) obtidos no estudo.

A Figura 5 demonstra o comportamento de suportar tensão e deformação dos grupos investigados neste estudo. A técnica Bulk Fill pareceu ser aquela que ofereceu o melhor padrão restaurador, onde as restaurações resistiram maior deformação e tensões. As técnicas Combinada e Controle positivo pareceram apresentar um comportamento semelhante. As amostras não restauradas (Controle negativo) resultaram em uma nítida menor resistência que os demais grupos.



**Figura 5** – Gráfico demonstrando as curvas tensão-deformação das restaurações testadas no estudo. Os grupos restaurados apresentaram uma maior habilidade de suportar tensão e deformação do que o grupo não restaurado (controle negativo/-).

O padrão de falha das amostras está demonstrado na Figura 6, onde imagens representativas do padrão de falha mais frequente para cada grupo testado está disponível. No grupo não restaurado (Controle negativo), o padrão de falha foi sempre coesiva em dente, ocasionado ou pela formação de trincas ou pela fratura propriamente dita. Da mesma forma, o tipo de falha predominante para o Controle positivo também foi a coesiva em dente. Por outro lado, para os grupos restaurados pelas técnicas Bulk Fill e Combinada, o padrão de falha foi de maneira geral coesiva em dente, porém alguns casos (aproximadamente 30%) de falhas mistas, envolvendo ambos, dente e material restaurador.



**Figura 6** – Imagens representativas do padrão de falha mais frequente para cada técnica restauradora testada. As falhas no Controle negativo (a) e Controle positivos (b) foram sempre coesivas em dente; por sua vez, nos grupos Bulk Fill (c) e Combinada (d), houve predomínio de falhas coesivas em dente, com algumas falhas mistas, onde a fratura se deu a partir de falha coesiva em dente e coesiva na restauração.

## 4 DISCUSSÃO

A hipótese nula testada neste estudo foi a seguinte: as cavidades restauradas com as diferentes técnicas restauradoras irão apresentar estabilidade de cor e comportamento mecânico semelhantes entre si. Porém, considerando-se que os dentes restaurados pela técnica incremental (Controle positivo) apresentaram pelo menos o dobro de alteração de cor quando comparada às demais técnicas e maior resistência à compressão do que a técnica Bulk Fill, a hipótese nula foi rejeitada.

Quando um dente perde estrutura, seja por cárie, desgaste, fratura ou tratamento endodôntico, o mesmo torna-se mais frágil e suscetível a fraturas generalizadas.<sup>10, 11</sup> Conforme a Figura 5, percebe-se que um dente não restaurado possui pouca capacidade de deformação, o que se caracteriza em um menor comportamento mecânico. De fato, as amostras do Controle negativo demonstraram aproximadamente 2,4 a 3,1 vezes menor resistência à compressão; 1,7 a 2,0 vezes menor módulo de elasticidade; e 3,4 a 4,7 vezes menor trabalho de fratura do que as amostras restauradas (Tabela 2). Assim, a presença de material restaurador preenchendo o interior das amostras conferiu ganho significativo às propriedades mecânicas, provavelmente devido à adesão obtida entre dente e restauração, possibilitando a transmissão de tensões não mais apenas na estrutura dental que antes estava descontínua e vazia, mas também através do corpo do sistema restaurador.<sup>12</sup>

Um fato interessante é que dentre as propriedades mecânicas avaliadas, o trabalho de fratura foi o mais beneficiado com a presença de um material restaurador preenchendo o interior das amostras. Isto se deve pelo fato de que trabalho de fratura está diretamente associado à energia gasta pelo sistema restaurador para fraturar,<sup>13, 14</sup> sendo que quanto maior esta energia, maior a capacidade desse sistema em se deformar, e, por conseguinte, maior a sua resistência e trabalho de fratura. Embora as três técnicas restauradoras tenham produzido trabalho de fratura semelhante entre si, a técnica Bulk Fill foi aquela que apresentou os maiores valores, seguido das técnicas Combinada e

Controle positivo. Aqui, o tipo de material restaurador utilizado parece ter tido uma importância mais direta no trabalho de fratura final da restauração.

Dois tipos de resina composta *bulk-fill* foram testados neste estudo: uma delas apresentando viscosidade regular, a qual foi utilizada na técnica Bulk Fill; e outra apresentando viscosidade *flow*, a qual foi utilizada em conjunto com uma resina tradicional, na técnica Combinada. Resinas *bulk-fill* foram desenvolvidas com a promessa de acelerarem o procedimento restaurador (pela possibilidade de serem aplicadas em incrementos maiores do que aqueles relacionados à técnica incremental) e por produzirem menor tensão de polimerização do que as resinas tradicionais.<sup>15</sup> Estas duas conquistas se daria devido à sua composição química diferenciada, a qual possui novos tipos de monômeros resinosos e sistema de foto-iniciação, bem como alteração nos tipos e quantidade de partículas inorgânicas incorporadas no material.<sup>16, 17</sup> Segundo alguns estudos, restaurações *bulk-fill* demonstram desempenho semelhante às restaurações com resinas tradicionais, seja quanto à adaptação marginal,<sup>18</sup> capacidade de causar deflexão cuspídea,<sup>19</sup> resistência adesiva<sup>20</sup> e resistência à fadiga.<sup>21</sup> No presente estudo, as técnicas que utilizaram resinas *bulk-fill* apresentaram módulo de elasticidade e trabalho de fratura semelhantes à técnica incremental utilizando-se resina tradicional, corroborando com a literatura. Contudo, a técnica Bulk Fill resultou em resistência à compressão superior ao Controle positivo. Sugere-se que a aplicação da resina em incremento único, conforme realizado na técnica Bulk Fill, reduza a formação de bolhas e defeitos no interior da restauração, tornando-a mais coesa e resistente a cargas axiais (compressivas); por outro lado, a aplicação da resina utilizando-se vários pequenos incrementos, conforme realizado na técnica Controle positivo, pode ter favorecido a inclusão de defeitos ou formação de micro espaços no interior da restauração, enfraquecendo-a mecanicamente.<sup>22</sup>

Relativo à outra técnica que utilizou resina composta *bulk-fill* (técnica Combinada), percebe-se que o seu desempenho foi sempre estatisticamente similar ao do Controle positivo. De fato, esta técnica é caracterizada pela aplicação de resina *bulk-fill flow* como um primeiro incremento, seguido de um segundo incremento utilizando-se resina tradicional;<sup>7</sup> isso torna a técnica

Combinada parcialmente parecida com a técnica incremental utilizada no Controle positivo. Até mesmo o trabalho de fratura destas duas técnicas foi semelhante, demonstrando um comportamento de resistir tensão e de suportar deformação bastante parecidos (Figura 5). Primeiramente, é importante salientar que resinas *bulk-fill flow* são menos resistentes do que resinas tradicionais, já que possuem menor quantidade de partículas de carga (Tabela 1), fato este fundamental para as tornar menos viscosas. Contudo, isto não foi suficiente para reduzir a resistência mecânica final das amostras restauradas pela técnica Combinada, a qual apresentou desempenho similar ao das outras técnicas, inclusive quanto ao padrão de fratura das restaurações (Figura 6). Parece que as resinas utilizadas neste estudo são adequadas e oferecem potencial restaurador em cavidades com geometria semelhante daquelas testadas aqui (cavidades tipo Classe I).

Outra característica avaliada no presente estudo foi a estabilidade de cor das restaurações após imersão em água destilada por 30 dias. Primeiramente, água foi utilizada como solução de imersão por induzir degradação hidrolítica de materiais poliméricos;<sup>23</sup> quanto ao período utilizado, 30 dias pode ser considerado um curto-prazo, mas é capaz de ocasionar mudanças de cor significativas em resina composta.<sup>24</sup> Conforme os resultados apresentados na Tabela 2 e Figuras 3 e 4, percebe-se que todas as amostras restauradas passaram por alteração de cor significativa. Em Odontologia, o valor 3,3 é considerado referência, pois representa o limite entre uma alteração de cor clinicamente insignificante ( $\Delta E^* < 3,3$ ) daquela alteração de cor fácil de ser identificada até mesmo pelo público leigo ( $\Delta E^* \geq 3,3$ ).<sup>25, 26</sup> Assim sendo, as restaurações preparadas pela técnica Controle positivo passaram por alteração de cor de 2,0 e 2,4 vezes maior do que as restaurações preparadas pelas técnicas Bulk Fill e Combinada, respectivamente. Dentre os fatores que podem explicar este resultado, a composição dos materiais utilizados em cada técnica parece ter uma influência mais direta. Conforme apresentado na Tabela 1, a resina utilizada na técnica Controle positivo (Opallis) é constituída por diversos monômeros (ex., Bis-GMA, TEGDMA, Bis-EMA, UDMA), diferentemente das resinas *bulk-fill*, as quais são compostas apenas por monômeros

uretanadimetacrílicos. Segundo Venz et al.,<sup>27</sup> monômeros dimetacrilatos possuem grupamentos polares susceptíveis à sorção e hidrólise, sendo aqueles derivados de uretanas os menos polares. Dessa forma, os monômeros uretanadimetacrílicos presentes na formulação das resinas *bulk-fill* apresentam menor susceptibilidade à sorção de água, resultando em menor degradação hidrolítica quando comparadas às restaurações com resinas compostas tradicionais, o que de fato foi observado neste estudo.

Segundo Vermeersch et al.,<sup>28</sup> existem três tipos básicos de descoloração de resinas compostas: (i) descoloração extrínseca, oriunda do acúmulo de biofilme e/ou pigmentos que se aderem ao mesmo; (ii) descoloração de superfície ou subsuperfície, a qual implica em degradação superficial ou uma breve penetração e reação de agentes corantes dentro da camada superficial do material (adsorção); e (iii) descoloração intrínseca ou corporal, sendo esta devido a reações físico-químicas nas porções mais profundas do material restaurador (absorção). Enquanto a descoloração intrínseca tende a ocorrer mais lentamente em restaurações de resina composta, as alterações de cor do tipo extrínseca e superficial são mais corriqueiras, estando diretamente relacionadas aos hábitos de higiene oral, dieta e fumo do indivíduo.<sup>29</sup> No presente estudo, as amostras foram imersas apenas em água destilada, e não em soluções pigmentantes; com isso, qualquer alteração de cor observada se deve principalmente a causas de degradação, e não pigmentação propriamente dita.

De acordo com a Figura 4, as restaurações da técnica Controle positivo foram aquelas que passaram pela maior redução de luminosidade (variação do parâmetro  $L^*$ ) e cromacidade (variação do parâmetro  $b^*$ ), repercutindo na maior alteração de cor deste grupo quando comparado às demais técnicas restauradoras. Por outro lado, a técnica incremental promoveu uma menor alteração no parâmetro  $a^*$ . Este detalhe pode ser ocasionado por características intrínsecas ao material restaurador. Enquanto resinas compostas tradicionais são mais cromatizadas, tendendo aos tons com valores de  $a^*$  negativos, as resinas *bulk-fill* são geralmente mais translúcidas, apresentando valores de  $a^*$  positivos. Ainda, por serem mais translúcidas, estas últimas tendem

a sofrer maior modificação no parâmetro  $a^*$ ;<sup>30</sup> entretanto, este é um parâmetro com menor significância à Odontologia, sendo os parâmetros  $L^*$  e  $b^*$  aqueles mais diretamente responsáveis por determinar a cor de dentes e materiais restauradores dentários; além disso, são estes parâmetros que mais passam por alteração durante eventos de pigmentação ou degradação hidrolítica. Neste estudo, a modificação dos parâmetros  $L^*$  e  $b^*$  foi a responsável pela alteração de cor identificada nas diferentes técnicas avaliadas.

## 5 CONCLUSÃO

Apesar das limitações do presente estudo, é possível concluir que:

(i) Restaurações utilizando-se as técnicas e resinas compostas *bulk-fill* aqui investigadas (Opus Bulk Fill e Opus Bulk Fill Flow) apresentam estabilidade de cor maior do que as restaurações confeccionadas utilizando-se a resina composta tradicional (Opallis);

(ii) Restaurações confeccionadas com a resina *bulk-fill* de viscosidade regular (Opus Bulk Fill) pela técnica de incremento único apresentou maior resistência à compressão do que as restaurações confeccionadas pela técnica incremental usando-se resina tradicional (Opallis);

(iii) As restaurações preparadas neste estudo apresentaram módulo de elasticidade e trabalho de fratura semelhante entre si, independente da técnica restauradora e materiais restauradores utilizados;

(iv) Parece que a resina composta *bulk-fill* de viscosidade regular investigada neste estudo (Opus Bulk Fill) possui maior habilidade de suportar tensão e deformação do que os demais materiais;

(v) De maneira geral, as resinas compostas *bulk-fill* de nova geração demonstraram-se adequadas, sendo possíveis materiais para a restauração de dentes com perda de estrutura dental.

## REFERÊNCIAS

1. Ferracane JL. Resin composite--state of the art. *Dent Mater.* 2011;27(1):29-38.
2. Lazarchik DA, Hammond BD, Sikes CL, Looney SW, Rueggeberg FA. Hardness comparison of bulk-filled/translucent and incremental-filled/occlusally irradiated composite resins. *J Prosthet Dent.* 2007;98(2):129-40.
3. Van Ende A, De Munck J, Van Landuyt KL, Poitevin A, Peumans M, Van Meerbeek B. Bulk-filling of high C-factor posterior cavities: effect on adhesion to cavity-bottom dentin. *Dent Mater.* 2013;29(3):269-77.
4. Park J, Chang J, Ferracane J, Lee IB. How should composite be layered to reduce shrinkage stress: incremental or bulk filling? *Dent Mater.* 2008;24(11):1501-5.
5. El-Damanhoury H, Platt J. Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites. *Oper Dent.* 2014;39(4):374-82.
6. Kim RJ, Kim YJ, Choi NS, Lee IB. Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. *J Dent.* 2015;43(4):430-9.
7. van Dijken JW, Pallesen U. Randomized 3-year clinical evaluation of Class I and II posterior resin restorations placed with a bulk-fill resin composite and a one-step self-etching adhesive. *J Adhes Dent.* 2015;17(1):81-8.
8. Colak H, Tokay U, Uzgur R, Hamidi MM, Ercan E. A prospective, randomized, double-blind clinical trial of one nano-hybrid and one high-viscosity bulk-fill composite restorative systems in class II cavities: 12 months results. *Niger J Clin Pract.* 2017;20(7):822-31.
9. Commission Internationale de L'Eclairage (1978). Recommendations on uniform colour spaces, colour difference equations and psychometric colour terms. Paris: Bureau Central de la CIE.
10. Cobankara FK, Unlu N, Cetin AR, Ozkan HB. The effect of different restoration techniques on the fracture resistance of endodontically-treated molars. *Oper Dent.* 2008;33(5):526-33.
11. Mondelli J, Sene F, Ramos RP, Benetti AR. Tooth structure and fracture strength of cavities. *Braz Dent J.* 2007;18(2):134-8.

12. Tribst JPM, Dal Piva AMO, Madruga CFL, Valera MC, Borges ALS, Bresciani E, et al. Endocrown restorations: Influence of dental remnant and restorative material on stress distribution. *Dent Mater.* 2018;34(10):1466-73.
13. Borges ALS, Munchow EA, de Oliveira Souza AC, Yoshida T, Vallittu PK, Bottino MC. Effect of random/aligned nylon-6/MWCNT fibers on dental resin composite reinforcement. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2015;48:134-44.
14. Cheetham JJ, Palamara JE, Tyas MJ, Burrow MF. Evaluation of the interfacial work of fracture of glass-ionomer cements bonded to dentin. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2014;29:427-37.
15. Meereis CTW, Munchow EA, de Oliveira da Rosa WL, da Silva AF, Piva E. Polymerization shrinkage stress of resin-based dental materials: A systematic review and meta-analyses of composition strategies. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2018;82:268-81.
16. Aleixo AR, Guiraldo RD, Fugolin AP, Berger SB, Consani RL, Correr AB, et al. Evaluation of contraction stress, conversion degree, and cross-link density in low-shrinkage composites. *Photomedic Laser Surg.* 2014;32(5):267-73.
17. Boaro LC, Goncalves F, Guimaraes TC, Ferracane JL, Pfeifer CS, Braga RR. Sorption, solubility, shrinkage and mechanical properties of "low-shrinkage" commercial resin composites. *Dent Mater.* 2013;29(4):398-404.
18. Fronza BM, Makishi P, Sadr A, Shimada Y, Sumi Y, Tagami J, et al. Evaluation of bulk-fill systems: microtensile bond strength and non-destructive imaging of marginal adaptation. *Braz Oral Res.* 2018;6;32:e80.
19. Tsujimoto A, Nagura Y, Barkmeier WW, Watanabe H, Johnson WW, Takamizawa T, et al. Simulated cuspal deflection and flexural properties of high viscosity bulk-fill and conventional resin composites. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2018;87:111-8.
20. Han SH, Park SH. Incremental and bulk-fill techniques with bulk-fill resin composite in different cavity configurations. *Oper Dent.* 2018;9. *Epub ahead of print*
21. Rauber GB, Bernardon JK, Vieira LC, Maia HP, Horn F, Roesler CR. In vitro fatigue resistance of teeth restored with bulk fill versus conventional composite resin. *Braz Dent J.* 2016;27(4):452-7.

22. Munchow EA, Sedrez-Porto JA, Piva E, Pereira-Cenci T, Cenci MS. Use of dental adhesives as modeler liquid of resin composites. *Dent Mater.* 2016;32(4):570-7.
23. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater.* 2006;22(3):211-22.
24. Barutcigil C, Barutcigil K, Ozarslan MM, Dundar A, Yilmaz B. Color of bulk-fill composite resin restorative materials. *J Esthet Restorat Dent.* 2018;30(2):E3-E8.
25. Abu-Bakr N, Han L, Okamoto A, Iwaku M. Color stability of compomer after immersion in various media. *J Esthet Dent.* 2000;12(5):258-63.
26. Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao CV. Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins--an in vitro study. *J Dent.* 2010;38 Suppl 2:e137-42.
27. Venz S, Dickens B. NIR-spectroscopic investigation of water sorption characteristics of dental resins and composites. *J Biomed Mater Res.* 1991;25(10):1231-48.
28. Vermeersch G, Leloup G, Vreven J. Fluoride release from glass-ionomer cements, compomers and resin composites. *J Oral Rehabil.* 2001;28(1):26-32.
29. Aykent F, Yondem I, Ozyesil AG, Gunal SK, Avunduk MC, Ozkan S. Effect of different finishing techniques for restorative materials on surface roughness and bacterial adhesion. *J Prosthet Dent.* 2010;103(4):221-7.
30. Kim EH, Jung KH, Son SA, Hur B, Kwon YH, Park JK. Effect of resin thickness on the microhardness and optical properties of bulk-fill resin composites. *Restor Dent Endod.* 2015;40(2):128-35.