



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE MATERIAIS DENTÁRIOS E PRÓTESE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM REABILITAÇÃO ORAL



MAYARA MANFRIN ARNEZ

Resinas Bulk-Fill. Alterações das propriedades química, físicas e mecânica em condições de refluxo gastroesofágico e Bulimia

RIBEIRÃO PRETO

2020

MAYARA MANFRIN ARNEZ

Resinas Bulk-Fill. Alterações das propriedades química, físicas e mecânica em condições de refluxo gastroesofágico e Bulimia

Versão Corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, junto ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia do Departamento de Materiais Dentários e Prótese, para obtenção do Título de Doutora em Ciências.

Área de concentração: Reabilitação Oral

Orientadora: Profa. Dra. Alma Blásida Concepción Elizaur Benitez Catirse

RIBEIRÃO PRETO

2020

Autorizo a reprodução e divulgação do teor total ou parcial deste trabalho por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca Central do Campus USP - Ribeirão Preto

Arnez, Mayara Manfrin

Resinas Bulk-Fill. Alterações das propriedades química, físicas e mecânica em condições de refluxo gastroesofágico e Bulimia, 2020.

154 p.: il.; 30 cm

Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Área de concentração: Reabilitação Oral.

A versão original se encontra disponível na Unidade que aloja o Programa

Orientadora: Catirse, Alma Blásida Concepción Elizaur Benitez.

1. Ácido Clorídrico. 2. Resinas Compostas. 3. Rugosidade de superfície 4. Dureza

Nome: ARNEZ, Mayara Manfrin

Título: **Resinas Bulk-Fill. Alterações das propriedades química, físicas e mecânica em condições de refluxo gastroesofágico e Bulimia.**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do Título de Doutora.

Área de Concentração: Reabilitação Oral.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICO ESTE TRABALHO

Aos meus pais **Gonzalo Fernando Arnez Taboada** e **Marlene Aparecida Manfrin Arnez**. Vocês são meus verdadeiros heróis, exemplos de postura, profissionalismo, humanidade e amor. Pessoas em quem me espelho todos os dias. Obrigada pelos incentivos, apoio incondicional em todos os momentos da minha vida, pela dedicação, carinho e pelos esforços para que minha educação fosse a melhor possível. Por compreenderem os motivos da minha constante ausência e por estarem sempre presentes. Serei eternamente grata.

Aos meus irmãos queridos **Maya Fernanda Manfrin Arnez** e **Marck Fernando Manfrin Arnez**, e a minha sobrinha e afilhada **Alice Arnez de Paula e Silva** por toda força, ajuda, amizade e compreensão. Por transformarem momentos simples em grandes lembranças inesquecíveis e por tornarem esta caminhada mais fácil, divertida e prazerosa. Sem vocês a vida seria muito mais sem graça. Muito obrigada por fazerem parte de tudo!

Aos meus cunhados **Francisco Garcia de Paula e Silva** e **Tatiane Rocco Dias Arnez**. Pelas palavras de incentivo, confiança e pelos momentos de descontração. Foi um privilégio compartilhar meu tempo com vocês.

À minha segunda mãe **Domingas Ilma de Araújo Barros** pelo apoio, incentivo e compreensão.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À Profª. Dra. Alma Blásida Concepción Elizaur Benitez Catirse pela experiência compartilhada e orientação segura no desenvolvimento deste trabalho. Obrigado por acreditar na minha capacidade e abrir novos caminhos para a minha formação intelectual e científica. Agradeço por ter me recebido como aluna, pelos ensinamentos, por guiar meus passos na Odontologia e por mostrar que é possível associar carinho, amizade, humanidade, competência e profissionalismo. Fico muito feliz por fazer parte da sua equipe, porque trabalhar com você me fez aprender o que é fazer parte de um time completo e unido!

À Profª. Dra. Maria Bernadete Sasso Stuaní, pelos incentivos constantes à pesquisa e pela dedicação ao ensino, fundamentais para formação.

Ào Prof. Dr. David Emanuel Ugarte, pelos ensinamentos, cooperação e colaboração durante a realização desta pesquisa.

À Profª. Dra. Ana Paula Ramos, pela colaboração durante a realização desta pesquisa.

MEUS AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, na pessoa do atual Diretor **Prof. Dr. Paulo Nelson Filho** e do Vice-Diretor **Prof. Dr. Ricardo Gariba Silva**.

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, na pessoa da **Profª. Dra. Raquel Assed Bezerra Segato**.

Aos demais Professores do Departamento de Materiais Dentários e Prótese da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, **Profª. Dra. Andréa Cândido dos Reis**, **Profª. Dra. Camila Tirapelli**, **Prof. Dr. Cássio do Nascimento**, **Profª. Dra. Cláudia Helena Lovato da Silva**, **Profª. Dra. Fernanda de Carvalho Panzeri Pires de Souza**, **Profª. Dra. Helena de Freitas Oliveira Paranhos**, **Profª. Dra. Iara Augusta Orsi**, **Profª. Dra. Maria de Fátima Jurca da Motta**, **Profª. Dra. Mariane Gonçalves**, **Prof. Dr. Osvaldo Luiz Bezzon**, **Profª. Dra. Regina Maura Fernandes**, **Profª. Dra. Renata Cristina Silveira Rodrigues Ferracioli**, **Prof. Dr. Ricardo Faria Ribeiro**, **Profª. Dra. Rossana Pereira de Almeida Antunes**, **Prof. Dr. Rubens Ferreira de Albuquerque Júnior**, **Profª. Dra. Takami Hirono Hotta**, **Prof. Dr. Valdir Antonio Muglia**, **Profª. Dra. Valéria Oliveira Pagnano de Souza**, **Prof. Dr. Vinícius Pedrazzi**, **Prof. Dr. Wilson Matsumoto**.

Aos meus queridos amigos **Raisa Castelo Bessa Nogueira**, **Tatiane Cristina Dotta**, **Leonardo de Pádua Andrade Almeida** e **Andrezza Cristina Moura dos Santos** pelo carinho, amizade, ajuda, apoio, dedicação, disponibilidade e colaboração. Obrigada por me ensinarem, me ajudar e serem meus fiéis amigos em todos os momentos. Sem vocês com certeza esta caminhada não teria o mesmo encanto! Espero que algum dia eu consiga retribuir toda a ajuda que recebi.

Aos demais pós-graduandos do Programa de Pós-Graduação em Reabilitação Oral pelas conversas e convivência agradável.

Aos técnicos **Adriana Cláudia Lapria Faria Queiroz**, **Ana Paula Macedo**, **Edson Volta** e **Cláudio Roberto Neri** dos **Laboratórios de Estudos Biomecânicos em prótese e implantes**, **Laboratório de Pesquisa de Metrologia**, **LIPEM** e **Laboratório de Bioinorganica** da **Professora Yassuko Iamamoto** da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo e da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo pelos grandes ensinamentos e toda ajuda e disponibilidade na realização do leituras do projeto.

Aos **funcionários** do Departamento de Materiais Dentários e Prótese da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, pela amizade e atenção que sempre manifestaram.

Às **funcionárias** da Seção de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo pela cordialidade e atenção.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

RESUMO

Arnez MM. **Resinas Bulk-Fill. Alterações das propriedades química, físicas e mecânica em condições de refluxo gastroesofágico e Bulimia** [Tese]. Ribeirão Preto: Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo; 2020.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da condição ácida proporcionada pelo refluxo gastroesofágico e bulimia (desafio ácido), associado ao desafio mecânico nas propriedades físicas e mecânicas de resinas compostas do tipo Bulk-Fill (M1 – Filtek™ Bulk Fill; M2 – Tetric N-Ceram Bulk Fill e M3 – Opus Bulk Fill) em função do tempo e das diferentes fontes de luz (F1 – Optilight Max; F2 – Bluephase e F3 – VALO), bem como o efeito no grau de conversão. As análises das propriedades foram realizadas pelos seguintes métodos: a) físicas - rugosidade superficial (Ra) pela Microscopia confocal e alteração de cor (ΔE) por meio de espectrofotômetro; b) mecânica - microdureza (VH) da região oclusal e de profundidade, por meio de microdurômetro; c) química - o grau de conversão, por meio de Espectroscopia Infravermelha com Transformada de Fourier. Para a rugosidade superficial, alteração de cor e microdureza foram confeccionados 60 corpos (cps) de prova (n=10) por meio de uma matriz de teflon com 2 x 6 mm e fotopolimerizados pela fonte de luz VALO. Para avaliação da microdureza de profundidade foram confeccionados 90 cps (n=10) por meio de uma matriz de 2 x 4 x 6 cm. Para avaliação do grau de conversão foram confeccionados 135 cps (n=5) por meio de uma matriz de teflon com 2 x 6 mm. Estas matrizes foram fotopolimerizados pelas 3 fontes de luz (F1, F2 e F3), respectivamente. Todos os corpos de prova foram mantidos em saliva artificial em estufa $37\pm 1^\circ\text{C}$. Para simular a condição bucal do refluxo gastroesofágico de grau severo e da bulimia foi utilizado o ácido clorídrico (pH 1,7) por 4 minutos de imersão dos corpos de prova por dia, durante 21 dias. Para a realização da escovação foi utilizado o tempo de 3 minutos, correspondente a 1025 ciclos da máquina para simulação de 7 dias de escovação, três vezes ao dia. As leituras das variáveis de rugosidade, alteração de cor e microdureza foram realizadas nos tempos de 48 horas (T0), 7 dias (T1), 14 dias (T2), 21 dias (T3) e 3 anos (T4). Para a microdureza de profundidade foram realizadas leituras nos tempos T0, T1, T2 e T3 e para o grau de conversão foram realizados os ensaios antes e após a fotopolimerização. Os dados obtidos foram agrupados em tabelas e submetidos ao teste estatísticos de Normalidade Shapiro-Wilk, Anova e Teste de Tukey (SPSS 20.0). Verificou-se que a rugosidade foi maior no T₀ e M₃ apresentou menor rugosidade em todos os tempos quando comparadas as outras resinas. A alteração de cor aumentou ao longo do tempo, sendo maior em T₄ e a M₃ foi o material que apresentou a maior alteração de cor. A microdureza foi maior em T₁ e a resina M₁ apresentou maior microdureza. Verificou-se que para microdureza de profundidade M₁F₃ apresentou maior microdureza no tempo T₂. A resina M₁ apresentou menor grau de conversão no terço profundo com a utilização da F₁. Concluiu-se que as resinas bulk fill podem ser indicadas para pacientes que apresentam Refluxo Gastroesfágico e Bulimia e a fonte VALO é fonte indicada para polimerização destas resinas.

Palavras-chave: Ácido Clorídrico, Resinas Compostas, Rugosidade de superfície, Dureza.

ABSTRACT

Arnez MM. **Bulk-Fill composite resins. Changes in chemical, physical and mechanical properties under gastroesophageal reflux and Bulimia conditions** [Tese]. Ribeirão Preto: School of Dentistry of Ribeirão Preto, University of Sao Paulo; 2020.

The aim of this study was to evaluate the effect of the acid condition provided by gastroesophageal reflux and bulimia (acid challenge), associated with the mechanical challenge in the physical and mechanical properties of Bulk-Fill composite resins (M1 - Filtek™ Bulk Fill; M2 - Tetric N -Ceram Bulk Fill and M3 - Opus Bulk Fill) depending on the time and submitted to several light sources (F1 - Optilight Max; L2 - Bluephase and L3 - VALO), as well as the effect on the degree of conversion. The property analysis were evaluated by following methods: a) physical: superficial roughness (Ra) using Confocal microscopy and the color change (ΔE) using spectrophotometer; b) mechanical - occlusal region and depth microhardness (VH) using microdurometer device c) chemical - conversion degree, using infrared spectroscopy with Fourier Transformed. The superficial roughness, color change and microhardness were done on 60 specimens (n=10) which 2 x 6 mm teflon matrix and they are light-cured by VALO light source. The depth microhardness were performed on 90 specimens (n=10) using a 2 x 4 x 6 cm matrix and to conversion degree were performed on 135 specimens (n=5) using 2 x 6 cm teflon matrix that were light-cured by 3 different light sources (L1, L2, L3), respectively. All specimens were kept in artificial saliva in a $37\pm 1^\circ\text{C}$ oven temperature. It was used hydrochloric acid (pH 1.7) for 4 minutes to specimens immersion per day during 21 days to simulate the oral condition of severe reflux gastroesophageal and bulimia. To perform brushing we used a time of 3 minutes (1025 machine cycles) to simulate 7 days of tooth brushing 3 times a day. The roughness, change color and microhardness were analysed at 48 hour (T0), 7 days (T1), 14 days (T2), 21 days (T3) and 3 years (T4). The T0, T1, T2 and T3 periods of evaluation was used to assess depth microhardness and to assess the degree of conversion, the evaluations was performed before and after light-cured. The data were set in tables and submitted to statistical tests of Normality Shapiro-Wilk, Anova and Tukey's Test (SPSS 20.0). It was found that the roughness was higher at T0 and M3 showed lower roughness at all times of period evaluation when compared to the other composite resins. The color change increases over time, with T4 as the highest values and M3 showed the substancial color change. The microhardness was higher on period T1 and M1 composite resin. We observed that M₁L₃ showed higher microhardness on time T2. M1 composite resin showed the lowest degree of conversion on depth third when used L1. We concluded that bulk fill composite resin are indicated to subjects with Gastroesophageal Reflux and Bulimia and the VALO source is indicated to light-cured Bulk Fill composite resins.

Key words: Hydrochloric Acid, Composite Resin, Superficial Roughness, Microhardness

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Matriz de teflon 2x6 mm e corpo de prova.....	46
Figura 2.	Matriz de teflon 02 x 04 x 06 cm e corpo de prova.....	46
Figura 3.	Fluxograma da metodologia.....	46
Figura 4.	Máquina de escovação do tipo Pepsodent.....	48
Figura 5.	Microscópio confocal a laser.....	49
Figura 6.	Espectrofotômetro modelo SP62S.....	50
Figura 7.	Microdurômetro HMV- 2000.....	50
Figura 8.	Espectroscopia infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR).....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Resumo da análise de variância para rugosidade superficial.....	55
Tabela 2.	Médias de rugosidade superficial (Ra) do fator Material.....	56
Tabela 3.	Médias de rugosidade superficial (Ra) do fator solução.....	56
Tabela 4.	Médias de rugosidade superficial (Ra) do fator Tempo.....	56
Tabela 5.	Médias rugosidade superficial (Ra) para a Interação Material x Tempo.....	57
Tabela 6.	Médias rugosidade superficial (Ra) da Interação Solução x Tempo.....	58
Tabela 7.	Médias rugosidade superficial (Ra) para a Interação Material x Solução.....	58
Tabela 8.	Médias rugosidade superficial (Ra) o para a Interação Material x Solução x Tempo.....	59
Tabela 9.	Resumo da análise de variância (ANOVA) para alteração de cor (ΔE).....	59
Tabela 10.	Médias de alteração (ΔE) para o fator Material.....	60
Tabela 11.	Médias de alteração de cor (ΔE) do fator solução.....	61
Tabela 12.	Médias de alteração de cor (ΔE) do fator Tempo.....	61
Tabela 13.	Médias de alteração de cor (ΔE) para a Interação Material x Tempo.....	62
Tabela 14.	Médias de alteração de cor (ΔE) da Interação Solução x Tempo.....	63
Tabela 15.	Médias de alteração de cor (ΔE) para a Interação Material x Solução.....	63
Tabela 16.	Médias de alteração de cor (ΔE) para a Interação Material x Solução x Tempo.....	65
Tabela 17.	Resumo da análise de variância para delta a (Δa^*)	65
Tabela 18.	Médias de delta a (Δa^*) do fator Material.....	66
Tabela 19.	Médias de delta a (Δa^*) do fator solução.....	67
Tabela 20.	Médias de delta a (Δa^*) do fator Tempo.....	67
Tabela 21.	Médias de delta a (Δa^*) para a Interação Material x Tempo.....	68
Tabela 22.	Médias de delta a (Δa^*) da Interação Solução x Tempo.....	69
Tabela 23.	Médias de delta a (Δa^*) para a Interação Material x Solução.....	70
Tabela 24.	Médias de delta a (Δa^*) para a Interação Material x Solução x Tempo.....	70
Tabela 25.	Resumo da análise de variância para delta b (Δb^*).....	71
Tabela 26.	Médias de delta b (Δb^*) do fator Material.....	71
Tabela 27.	Médias de delta b (Δb^*) do fator solução.....	72
Tabela 28.	Médias de delta b (Δb^*) do fator Tempo.....	72
Tabela 29.	Médias de delta b (Δb^*) para a Interação Material x Tempo.....	73
Tabela 30.	Médias de delta b (Δb^*) da Interação Solução x Tempo.....	74
Tabela 31.	Médias de delta b (Δb^*) para a Interação Material x Solução.....	75
Tabela 32.	Médias de delta b (Δb^*) para a Interação Material x Solução x Tempo.....	75

Tabela 33.	Resumo da análise de variância para delta L (ΔL^*)	76
Tabela 34.	Médias de delta L (ΔL^*) do fator Material.....	76
Tabela 35.	Médias de delta L (ΔL^*) do fator solução.....	77
Tabela 36.	Médias de delta L (ΔL^*) do fator Tempo.....	77
Tabela 37.	Médias de delta L (ΔL^*) para a Interação Material x Tempo.....	78
Tabela 38.	Médias de L (ΔL^*) da Interação Solução x Tempo.....	79
Tabela 39.	Médias de delta L (ΔL^*) para a Interação Material x Solução.....	79
Tabela 40.	Médias de delta L (ΔL^*) para a Interação Material x Solução x Tempo.....	80
Tabela 41.	Resumo da análise de variância para microdureza superficial.....	81
Tabela 42.	Médias de microdureza superficial do fator Material.....	81
Tabela 43.	Médias de microdureza superficial do fator solução.....	82
Tabela 44.	Médias de microdureza superficial do fator Tempo.....	83
Tabela 45.	Médias de microdureza superficial para a Interação Material x Tempo.....	84
Tabela 46.	Médias de microdureza superficial da Interação Solução x Tempo.....	85
Tabela 47.	Médias de microdureza superficial para a Interação Material x Solução.....	86
Tabela 48.	Médias de microdureza superficial para a Interação Material x Solução x Tempo.....	86
Tabela 49.	Resumo da análise de variância para microdureza de profundidade do terço médio.....	87
Tabela 50.	Médias de profundidade do terço médio do fator Material.....	87
Tabela 51.	Médias de microdureza de profundidade do terço médio do fator fonte.....	88
Tabela 52.	Médias de microdureza de profundidade do terço médio do fator Tempo...	88
Tabela 53.	Médias de microdureza de profundidade do terço médio para a Interação Material x Tempo.....	89
Tabela 54.	Médias de profundidade do terço médio da Interação Fonte x Tempo.....	90
Tabela 55.	Médias de profundidade do terço médio para a Interação Material x Fonte.....	91
Tabela 56.	Médias de microdureza profundidade terço médio para a Interação Material x Fonte x Tempo.....	92
Tabela 57.	Resumo da análise de variância para microdureza de profundidade do terço profundo.....	93
Tabela 58.	Médias de profundidade do terço profundo do fator Material.....	93
Tabela 59.	Médias de microdureza de profundidade do terço profundo do fator Fonte.....	94
Tabela 60.	Médias de microdureza de profundidade do terço profundo do fator Tempo.....	94

Tabela 61.	Médias de microdureza de profundidade do terço profundo para a Interação Material x Tempo.....	95
Tabela 62.	Médias de profundidade do terço profundo da Interação Fonte x Tempo.....	96
Tabela 63.	Médias de profundidade do terço profundo para a Interação Material x Fonte.....	97
Tabela 64.	Médias de microdureza profundidade terço profundo o para a Interação Material x Fonte x Tempo.....	97
Tabela 65.	Resumo da análise de variância para o grau de conversão.....	98
Tabela 66.	Médias de grau de conversão do fator Material.....	98
Tabela 67.	Médias de grau de conversão do fator Terço.....	98
Tabela 68.	Médias de grau de conversão do fator Fonte.....	99
Tabela 69.	Médias de grau de conversão para a Interação Material x Terços.....	100
Tabela 70.	Médias de grau de conversão da Interação Fonte x Terços.....	100
Tabela 71.	Médias de grau de conversão para a Interação Material x Fonte.....	101
Tabela 72.	Médias de grau de conversão para a Interação Material x Fonte x Terço....	102

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Médias de rugosidade superficial (Ra) do fator Material.....	56
Gráfico 2.	Médias de rugosidade superficial (Ra) do fator Tempo.....	57
Gráfico 3.	Médias rugosidade superficial (Ra) para a Interação Material x Tempo.....	58
Gráfico 4.	Médias de alteração (ΔE) para o fator Material.....	60
Gráfico 5.	Médias de alteração de cor (ΔE) do fator Tempo.....	61
Gráfico 6.	Médias de alteração de cor (ΔE) para a Interação Material x Tempo.....	63
Gráfico 7.	Médias de alteração de cor (ΔE) para a Interação Material x Solução x Tempo.....	65
Gráfico 8.	Médias de delta a (Δa^*) do fator Material.....	66
Gráfico 9.	Médias de delta a (Δa^*) do fator solução.....	67
Gráfico 10.	Médias de delta a (Δa^*) do fator Tempo.....	68
Gráfico 11.	Médias de delta a (Δa^*) para a Interação Material x Tempo.....	69
Gráfico 12.	Médias de delta a (Δa^*) para a Interação Solução x Material.....	70
Gráfico 13.	Médias de delta b (Δb^*) do fator Material.....	72
Gráfico 14.	Médias de delta b (Δb^*) do fator Tempo.....	73
Gráfico 15.	Médias de delta b (Δb^*) para a Interação Material x Tempo.....	74
Gráfico 16.	Médias de delta b (Δb^*) para a Interação Solução x Material.....	75
Gráfico 17.	Médias de delta L (ΔL^*) do fator Tempo.....	77
Gráfico 18.	Médias de delta L (ΔL^*) para a Interação Material x Tempo.....	78
Gráfico 19.	Médias de delta L (ΔL^*) para a Interação Material x Solução x Tempo.....	80
Gráfico 20.	Médias de Médias microdureza superficial do fator Material.....	82
Gráfico 21.	Médias de microdureza superficial do fator solução.....	82
Gráfico 22.	Médias de microdureza superficial do fator Tempo.....	83
Gráfico 23.	Médias de microdureza superficial para a Interação Material x Tempo.....	84
Gráfico 24.	Médias de microdureza superficial da Interação Tempo x Solução.....	86
Gráfico 25.	Médias de profundidade do terço médio do fator Material.....	88
Gráfico 26.	Médias de microdureza de profundidade do terço médio do fator Tempo.....	89
Gráfico 27.	Médias de microdureza de profundidade do terço médio para a Interação Material x Tempo.....	90
Gráfico 28.	Médias de profundidade do terço médio da Interação Fonte x Tempo.....	91

Gráfico 29.	Médias de profundidade do terço médio para a Interação Material x Fonte.....	92
Gráfico 30.	Médias de profundidade do terço profundo do fator Material.....	94
Gráfico 31.	Médias de microdureza de profundidade do terço profundo do fator Tempo.....	95
Gráfico 32.	Médias de profundidade do terço profundo da Interação Fonte x Tempo.....	96
Gráfico 33.	Médias de profundidade do terço profundo para a Interação Material x Fonte.....	97
Gráfico 34.	Médias de grau de conversão do fator Terço.....	99
Gráfico 35.	Médias de grau de conversão do fator Fonte.....	100
Gráfico 36.	Médias de grau de conversão para a Interação Material x Fonte x Terço.....	102

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1.	Características dos materiais restauradores utilizados.....	41
QUADRO 2.	Características dos fotopolimerizadores utilizados.....	41

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO	29
2. PROPOSIÇÃO	35
3. MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1 Materiais Utilizados	41
3.2 Delineamento Experimental	41
3.3 Delineamento Estatístico	44
3.4 Obtenção dos corpos de prova	44
3.5 Armazenamento dos corpos de prova	47
3.6 Condição refluxo gastroesofágico e Bulimia	47
4. RESULTADOS	53
4.1 Análise dos Resultados de Rugosidade Superficial com Microscópio Confocal	55
4.2 Análises dos resultados de alteração de cor	59
4.2.1 Análise dos resultados de alteração de cor (ΔE)	59
4.2.2 Análise dos resultados de Delta a (Δa)	65
4.2.3 Análise dos resultados de Delta b (Δb)	70
4.2.4 Análise dos resultados de Delta L (ΔL)	76
4.3 Análise dos resultados de Microdureza superficial	80
4.4 Análise dos resultados de Microdureza Profundidade do Terço Médio (P2)	87
4.4.1 Análise dos resultados de Microdureza Profundidade do Terço Profundo (P3)	92
4.5 Análise dos resultados de grau de conversão	97
5. DISCUSSÃO	103
6. CONCLUSÃO	125
REFERÊNCIAS	129
APÊNDICES	145

1. Introdução

1. INTRODUÇÃO

Indivíduos que apresentam distúrbios alimentares como refluxo gastroesofágico ou bulimia nervosa, apresentam um alto risco de erosão dentária devido à exposição ao suco gástrico, o qual é altamente erosivo para os dentes (Bartlett, Coward, 2001).

O Refluxo gastroesofágico ocorre devido a alguma anomalia no trato gastrointestinal com movimento involuntário do conteúdo gástrico para a boca. O ácido clorídrico liberado pode ser o responsável pela perda e desmineralização dos tecidos mineralizados quando permanece na cavidade oral durante um período de tempo (Lussi et al., 2011; Hengtrokool et al., 2011). O pH do ácido clorídrico puro varia entre 0,9 a 1,5 e após episódios de vômito na cavidade oral esse pH não fica menor que 1,5 devido a tamponização esofágica e diluição da saliva, levando a condição grave e de alto risco para a formação e progressão de lesões erosivas (Hove et al, 2008; Guedes et al., 2016).

Já bulimia nervosa é um distúrbio alimentar que afeta o bem-estar físico, o funcionamento psicossocial (Brunch, 1982), atinge qualquer classe social, e geralmente é mais presente em mulheres jovens (Kendell, 1973; Lacey, 1983; Abebe et al., 2012). Os pacientes que apresentam essa doença tendem a comer grande quantidade de alimentos e controlam seu peso corporal através de vômitos auto induzidos, diferente do refluxo gastroesofágico, no qual o vômito é involuntário (Abebe et al., 2012).

Pacientes com refluxo gastroesofágico e bulimia nervosa apresentam erosão dentária na lingual, oclusal e incisal, o qual ocorre devido a ação química dos ácidos gástricos e da ativação mecânica induzida pelos movimentos da língua (De Moor, 2004). Os ácidos de origens extrínsecas ou intrínsecas em contato com a superfície dental podem promover a perda irreversível desse substrato, o que leva à formação de erosão dentária (Domiciano et al., 2010), dano aos dentes que tem mostrado um relevante aumento na sua incidência e na sua prevalência (Amaechi, Higham, 2005; Domiciano et al., 2010).

A erosão dentária é um problema bem reconhecido, sendo um dos principais fatores para o desgaste dentário (Soares et al., 2012). O desgaste dentário tem diversas etiologias e pode ocorrer devido à abrasão, atrito ou erosão (dissolução ácido não bacteriana), resultando em perda funcional dos tecidos dentários incluindo

esmalte, dentina e cimento (Ten Cate, Imfeld, 1996). Essa dissolução ácida não bacteriana é derivada de hábitos alimentares e de distúrbios alimentares como refluxo gastroesofágico e bulimia nervosa (Soares et al., 2012; Lussi et al., 2011). Geralmente a erosão dentária mostra uma predominância em superfícies oclusais como em primeiros molares inferiores e também por dente superior anterior (Jaeggi, Lussi, 2006).

A erosão dentária inicialmente é limitada ao desgaste em esmalte sem a presença de hipersensibilidade, e este processo dissolve continuamente as camadas de cristais de esmalte, levando a uma perda permanente de tecido (Lussi et al., 2011). Em casos mais avançados, quando há a exposição de dentina, este tecido se torna mais sensível aos estímulos térmicos e táteis (Shellis et al., 2010), pois possui um substrato mais solúvel do que o esmalte, uma vez que o seu conteúdo mineral é menor que seu o conteúdo orgânico. E quando há a exposição de dentina, é necessário a utilização de materiais restauradores, tais como cimento de ionômero de vidro e resinas compostas que podem ser utilizados para restabelecer a função, a estética e diminuir a hipersensibilidade (Yu et al., 2009).

A escolha de um material restaurador adequado desempenha um papel extremamente relevante na durabilidade da restauração. Sob condições ácidas, os diversos materiais restauradores mostraram degradação ao longo do tempo (Honorio et al., 2018; Lussi et al., 2011, Hengtrokool et al., 2011). As resinas compostas, neste contexto, proporcionam excelentes propriedades de restauração, pois apresentam uma boa resistência ao desgaste (Soares et al., 2012). No entanto, a erosão dentária, infelizmente pode danificar as propriedades físicas e mecânicas das resinas compostas (Yu et al., 2009), levando à degradação da matriz orgânica e a exposição dos filamentos inorgânicos (Correr et al., 2012), alterando as propriedades das resinas e diminuindo a durabilidade das restaurações (Uppal et al., 2013).

Com os avanços de desenvolvimento dos materiais odontológicos e técnicas clínicas, as resinas compostas têm se tornado mais amplamente utilizadas como materiais restauradores diretos para satisfazer pacientes com exigências estéticas (Illie, Hickel, 2011; Kwon, Ferracane, Lee, 2012). Muitas modificações em sua composição têm sido realizadas desde o seu surgimento, assim como a utilização de monômeros de baixa contração e alto peso molecular para superar os efeitos da contração de polimerização, uma das principais deficiências quanto às propriedades

mecânicas e químicas destes materiais (Eick et al., 2005; Rodrigues Junior et al., 2008; Naoum et al., 2012).

As resinas compostas apresentam em sua composição, matriz orgânica, partículas de carga, agente de união que liga as partículas de carga à matriz orgânica da resina, o sistema ativador, que inicia a polimerização; os pigmentos, que permitem obter colorações semelhantes aos dentes e os inibidores da polimerização, que aumentam a vida útil do material, bem como o tempo de trabalho (Peutzfeldt, 1997; Anusavice, 2013). As partículas de preenchimento das resinas são de natureza inorgânica sendo formada por substâncias minerais como quartzo fundido, sílica amorfa moída, silicato de lítio-alumínio, vidros de bário, estrôncio, Zircônio, fibras de vidro, entre outros (Rodrigues Junior et al., 2008; Anusavice; Shen; Rawls, 2013).

As resinas compostas à base de metacrilato apresentam o monômero Bis-GMA em combinação com outros monômeros como trietilenoglicoldimetacrilato (TEGDMA) de baixa viscosidade e uretanodimetacrilato (UDMA), que contribuem para a resistência física e estabilidade do material. O Bis-GMA contém cadeias revestidas por silano orgânico funcional que é o agente de união, que contém sílica e quartzo cristalino, entre outros componentes e permite a interação química entre a matriz resinosa e partículas de carga, que são componentes da fase inorgânica responsáveis pelas propriedades mecânicas do material. (Nasjleti; Castelli; Caffesse, 1983; Gonçalves et al., 2010). Diversas alterações ocorreram nas resinas compostas e algumas delas estão associadas ao seu componente monomérico. Isso levou a melhores propriedades químicas e mecânicas, menores valores de contração e biocompatibilidade aprimorada (Anusavice; Shen; Rawls, 2013).

A composição química dos materiais restauradores odontológicos tem influência nas suas propriedades, na sua biocompatibilidade, na indicação de uso e está intimamente relacionado com a quantidade de substâncias liberadas (ST John, 2007; Vasudeva, 2009; Burke, 2013).

As resinas compostas exigem uma técnica de aplicação em incrementos para obter uma profundidade de cura adequada, e essas várias camadas de incrementos podem levar a uma possível incorporação de vazios entre as camadas que pode afetar a integridade da restauração final. Isso levou ao desenvolvimento de formulações de resinas do tipo Bulk Fill (Van Ende, et al 2017; Bahbishi et al., 2020).

As resinas Bulk-Fill foram desenvolvidas para simplificar a demorada técnica incremental, com incrementos de 4-5mm de profundidade, e apresentando em sua composição monômero bisGMA, UDMA, bisEMA e Procrilato, além de uma combinação de preenchimento de trifluoreto de itérbio e zircônia/sílica, conferindo ao material uma menor contração de polimerização (Bucuta, Illie, 2014; Illie, Bucuta, Draenert, 2013).

Também ocorreram mudanças nas fontes de luz como as de LED (diodo emissor de luz) que apresentam características como comprimento de onda, temperatura de polimerização e densidade de potência (Neumann et al., 2005; Neumann et al., 2006; Harlow et al., 2016; Shimokawa et al., 2017), o qual permitem uma polimerização mais efetiva das resinas. A polimerização das camadas mais profundas pode ser influenciada pela distância entre a fonte de luz e a resina, devido a intensidade de luz recebida pela mesma (Ferracane et al., 1986; Pires et al., 1993; AlQahtani et al., 2013; Harlow et al., 2016; Shimokawa et al., 2017).

O grau de conversão dos monômeros tem influência sobre a estabilidade química das resinas. Quando há a presença de ligações carbônicas duplas não convertidas, o material pode tornar-se mais susceptível a reações de degradação, o que resultará perda de estabilidade de cor e liberação de subprodutos como formaldeído e ácido metacrílico (Imazato et al., 1995; Yap et al., 2000; Hirata et al., 2015; Tsujimoto et al., 2016; Goncalves et al., 2018). E clinicamente a polimerização insuficiente pode levar à lixiviação de monômeros irritantes às mucosas e à polpa dental, microinfiltrações marginais, sensibilidade pós-operatória e redução das propriedades mecânicas da resina (Fronza et al., 2015; Yu et al., 2017).

A rugosidade superficial, a estabilidade da cor e a microdureza podem afetar a sobrevivência de restaurações, bem como a decisão do dentista em substituí-las (Bahbishi et al., 2020). Diante da evolução técnica das fontes de luz e do desenvolvimento de materiais com novas formulações químicas, vê-se a necessidade da avaliação da correlação entre fonte de luz e material para se averiguar qual o efeito destas em propriedades que possam afetar de maneira decisiva a durabilidade das restaurações. Além disso, também são necessários estudos experimentais que avaliem as propriedades físicas e mecânicas destas novas resinas compostas, nas condições de desafios bucais de pacientes com refluxo gastroesofágico e/ou bulimia, a fim de se propor uma observação mais específica na fabricação dos materiais, para que se possa garantir a longevidade dessas resinas durante situações bucais agressivas e extremas.

2. Proposição

2. PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da condição ácida proporcionada pelo refluxo gastroesofágico e bulimia (desafio ácido), associado ao desafio mecânico nas propriedades físicas e mecânicas de resinas compostas do tipo Bulk-Fill em função do tempo e das diferentes fontes de luz, bem como o efeito no grau de conversão.

Os objetivos específicos são:

- 1) Avaliar a rugosidade de superfície de diferentes resinas compostas do tipo Bulk Fill, por meio de microscopia confocal a laser após a realização dos desafios ácido e mecânico, nos tempos de 48 horas, 7, 14 e 21 dias.
- 2) Avaliar a alteração de cor de diferentes resinas compostas do tipo Bulk Fill, por meio do espectrofotômetro após a realização dos desafios ácido e mecânico, nos tempos de 48 horas, 7 dias, 14 dias, 21 dias e 3 anos.
- 3) Avaliar a microdureza da região superficial de diferentes resinas compostas do tipo Bulk Fill, por meio de microdurômetro após a realização dos desafios ácido, nos tempos de 48 horas, 7 dias, 14 dias 21 dias e 3 anos.
- 4) Avaliar a microdureza de profundidade de diferentes resinas compostas do tipo Bulk Fill fotopolimerizadas por diferentes fontes de luz, por meio de microdurômetro, nos tempos de 48 horas, 7 dias, 14 dias e 21 dias.
- 5) Avaliar o grau de conversão de diferentes resinas compostas do tipo Bulk Fill, por meio da Espectroscopia Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) de acordo com as diferentes fontes de luz e de três profundidades.

As hipóteses nulas deste estudo foram: a) O desafio associado ao desafio mecânico não irá alterar as propriedades físicas e mecânicas de diferentes tipos de resina bulk fill, quando submetidas a diferentes fontes de luz e tempos de estudo; b)

As fontes de luz não determinarão diferentes graus de conversão nas diferentes profundidades.

3. Material e Métodos

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Materiais Utilizados

Os materiais selecionados e sua composição estão descritos a seguir no **Quadro 1** e os fotopolimerizadores no **Quadro 2**.

Quadro 1. Características dos materiais restauradores utilizados.

RESINAS	COMPOSIÇÃO	FABRICANTE	COR
Filtek™ Bulk Fill	AUDMA, UDMA, DDDMA, Sílica (Si) / Zircônio (Zr), Trifluoreto de itérbio (YbF ₃) 76.5%/58.4%	3M	A2
Tetric N-Ceram Bulk Fill	BIS-GMA, UDMA, BIS-EMA(19-21% em peso), vidro de bário, silicato e alumínio, pré polímero, trifluoreto de itérbio e óxidos mistos, aditivos catalisadores, estabilizadores e pigmentos Fotoiniciador Ivocerin®	IvoclarVivadent	IVA
OPUS Bulk Fill	Monômero uretanadimetacrílicos, estabilizantes, fotoiniciadores, co-iniciadores, cargas inorgânicas de dióxido de silício silanizado, estabilizantes e pigmentos	FGM	A2

Quadro 2. Características dos fotopolimerizadores utilizados.

FONTES DE LUZ	TIPO	POTENCIA DE LUZ	COMPRIMENTO DE ONDA	MARCA
Optilight Max	LED	≥ 1200 mW/cm ²	420-480 nm	Gnatus
Bluephase	LED	1.200 mW/cm ²	385 - 515 nm	Ivoclar Vivadent
VALO	LED	1.400 mW/cm ²	395 - 480nm	Ultradent

3.2 Delineamento Experimental

Inicialmente foi realizado o experimento piloto para a avaliação do efeito do desafio ácido associado ao mecânico sobre as variáveis rugosidade superficial, alteração de cor, microdureza superficial, microdureza em profundidade e grau de conversão de diferentes resinas compostas do tipo bulk fill. Este experimento prévio permitiu: a) estabelecer os fatores de variação e seus respectivos níveis, b) adequar e aprimorar a técnica de confecção dos corpos de prova e controlar aqueles fatores que não interessavam ao presente estudo e c) delimitar as condições de estudo.

Os fatores de variação propostos: Material restaurador, Fonte de luz, Profundidade, Tempo e Desafio ácido estão descritos com suas respectivas siglas e diferentes níveis, a seguir de acordo com:

As variáveis de respostas:

- A. Rugosidade superficial (Ra)
- B. Alteração de cor (ΔE)
- C. Microdureza superficial superior (HVN)
- D. Microdureza em profundidade (HVN)
- E. Grau de conversão

Para as variáveis Rugosidade superficial superior, Alteração de cor e Microdureza superficial foram considerados os seguintes fatores:

A – Fator Material Restaurador (M) – com 3 níveis:

- M₁ – Resina composta do tipo Bulk Fill– Filtek™ Bulk Fill
- M₂ – Resina composta do tipo Bulk Fill- Tetric N-Ceram Bulk Fill
- M₃ – Resina composta do tipo Bulk Fill– Opus Bulk Fill

B – Fator solução (S) – com 2 níveis:

- S₁ – Ácido Clorídrico
- S₂ – Saliva artificial

C – Fator Tempo (T) – com 5 níveis:

- T₀ – 48 horas
- T₁ – 7 dias
- T₂ – 14 dias
- T₃ – 21 dias
- T₄ - 3 anos

Para a variável microdureza em profundidade foram considerados os fatores:

A – Fator Material Restaurador (M) – com 3 níveis:

- M₁ – Resina composta do tipo Bulk Fill– Filtek™ Bulk Fill
- M₂ – Resina composta do tipo Bulk Fill- Tetric N-Ceram Bulk Fill
- M₃ – Resina composta do tipo Bulk Fill– Opus Bulk Fill

B – Fator Fonte de Luz (L) – com 3 níveis:L₁ – Optilight Max - GnatusL₂ – Bluephase - IvoclarL₃ – VALO – Ultradent**C– Fator Profundidade (T) – com 3 níveis:**

TS - Terço Superficial

TM - Terço Média

TP - Terço Inferior

D – Fator Tempo (T) – com 4 níveis:T₀ – 48 horasT₁ – 7 diasT₂ – 14 diasT₃ – 21 dias

Para o grau de conversão foram considerados os seguintes fatores:

A – Fator Material Restaurador (M) – com 3 níveis:M₁ – Resina composta do tipo Bulk Fill– Filtek™ Bulk FillM₂ – Resina composta do tipo Bulk Fill- Tetric N-Ceram Bulk FillM₃ – Resina composta do tipo Bulk Fill– Opus Bulk Fill**B – Fator Fonte de Luz (L) – com 3 níveis:**L₁ – Optilight Max - GnatusL₂ – Bluephase - IvoclarL₃ – VALO – Ultradent**C – Fator Profundidade (T) – com 3 níveis:**

TS - Terço Superficial

TM - Terço Média

TP – Terço Inferior

3.3 Delineamento Estatístico

Para o estudo das variáveis rugosidade superficial, microdureza e alteração de cor a amostra do experimento teve um total de 60 corpos de prova, divididos em 3 grupos de 20 corpos de prova para cada material. Cada grupo foi subdividido aleatoriamente ($n=10$) de acordo com a solução de imersão: Ácido Clorídrico (S_1) e saliva artificial (S_2).

Para a rugosidade o modelo fatorial do estudo foi $3 \times 2 \times 4$. Foram realizadas três leituras para cada corpo de prova, resultando 720 leituras e 240 dados. Para a microdureza superficial, o modelo fatorial do estudo dessas variáveis foi $3 \times 2 \times 5$. Foram realizadas três leituras para cada corpo de prova, resultando 900 leituras e 300 dados. Para a alteração de cor o modelo fatorial do estudo foi $3 \times 2 \times 4$, foram realizadas uma leitura para cada corpo de prova, resultando em 240 leituras e 240 dados.

Para a variável microdureza em profundidade, o modelo fatorial foi $3 \times 3 \times 4$. Foram confeccionados 90 corpos de prova e para cada uma das 3 Fontes de Luz foram realizadas duas leituras para cada uma das três regiões do corpo de prova (S, M e P), resultando em 720 leituras para cada região. O número total de leituras de microdureza para as três Fontes de luz foram 2160 leituras. O número total de dados para cada Fonte de luz foram 360.

E para realização do ensaio do grau de conversão o modelo fatorial foi $3 \times 3 \times 3$ com número de repetição de $n=5$, totalizando 135 leituras. As análises foram realizadas das amostras antes da polimerização e após a polimerização. Os dados obtidos foram agrupados em tabelas e submetidos ao teste estatísticos de Normalidade Shapiro-Wilk, Anova e Teste de Tukey (SSPS 20.0).

3.4 Obtenção dos Corpos de Prova

Para a confecção dos corpos de prova, os materiais foram manipulados de acordo com as instruções do respectivo fabricante. Para as variáveis rugosidade superficial, microdureza superficial e alteração de cor os corpos de provas foram confeccionados com auxílio de uma matriz de teflon, de 6 mm de diâmetro e 2 mm de espessura (**Figura 1**). Os materiais foram inseridos nas matrizes em incremento único com auxílio de espátula de resina (Duflex, São Paulo, Brasil). Posicionou-se

outra matriz de poliéster e uma placa de vidro sobre a cavidade preenchida; sobre esse conjunto, foi colocada uma carga de 1Kg para garantir que toda a matriz fosse completamente preenchida e para que o excesso de material extravazasse. Após a remoção da carga, os materiais foram polimerizados utilizando o aparelho fotopolimerizador VALO de acordo com as instruções do fabricante. Os corpos de prova foram sacados das matrizes e mantidos em umidade relativa de saliva artificial durante 24 horas em estufa à temperatura de $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ para então serem polidos com discos Sof Lex (3M) de menor granulação para produzir um acabamento mais liso e uniforme. Uma das faces dos corpos de prova foi identificada, por meio de uma broca para servir de guia para o posicionamento dos corpos de prova no Microscópio Confocal a Laser, Espectrofotômetro e Microdurômetro.

Para a microdureza em profundidade foi utilizada uma matriz de teflon formada por dois dispositivos: o primeiro contendo uma cavidade de 02 x 04 x 06 mm com uma base arredondada e o segundo contém uma superfície lisa e plana a qual é contraposta ao outro dispositivo contendo a cavidade (**Figura 2**). Cada material de estudo era inserido na cavidade do dispositivo com uma tira de poliéster. Os materiais foram fotopolimerizados com as diferentes fontes de luz (L1- Optilight Max, L2 - Bluephase N e L3 – VALO), sacados e armazenados individualmente.

Para a confecção dos corpos de prova para o ensaio do grau de conversão foi utilizada uma matriz de teflon de 6 mm de diâmetro e 2 mm de espessura e foi utilizada três matrizes, as quais foram colocadas uma por cima da outra. Para a correta posição das matrizes foi confeccionado um dispositivo em silicona. Foi colocado uma tira de poliéster entre as matrizes e assim foi possível obter as diferentes profundidades (PS, PM e PP), e os materiais foram fotopolimerizados com as diferentes fontes de luz (L1- Optilight Max, L2 - Bluephase N e L3 – VALO).

A densidade de potência dos aparelhos foi aferida por meio de um radiômetro comercial específico para LEDs.

A sequência da metodologia utilizada está descrita no fluxograma (**Figura 3**).

Figura 1. Matriz de teflon 2x6 mm e corpo de prova

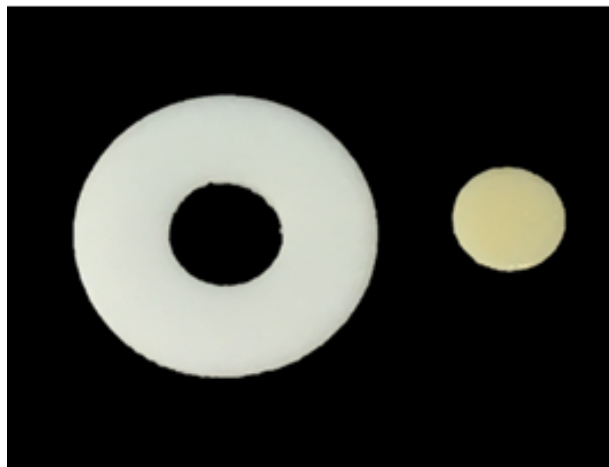


Figura 2. Matriz de teflon 02 x 04 x 06 cm e corpo de prova

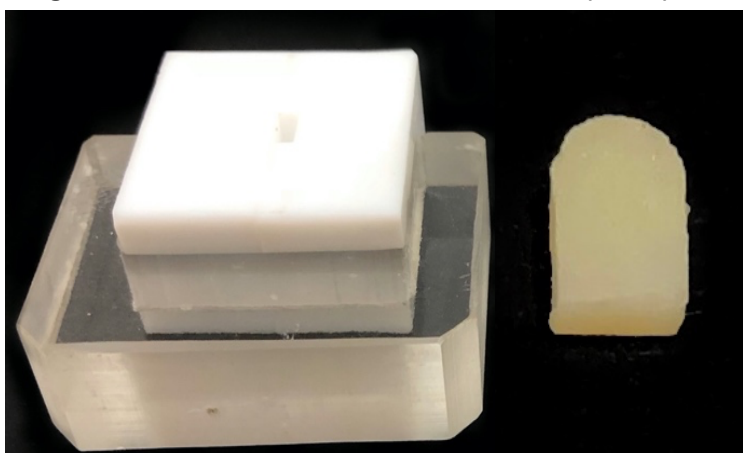
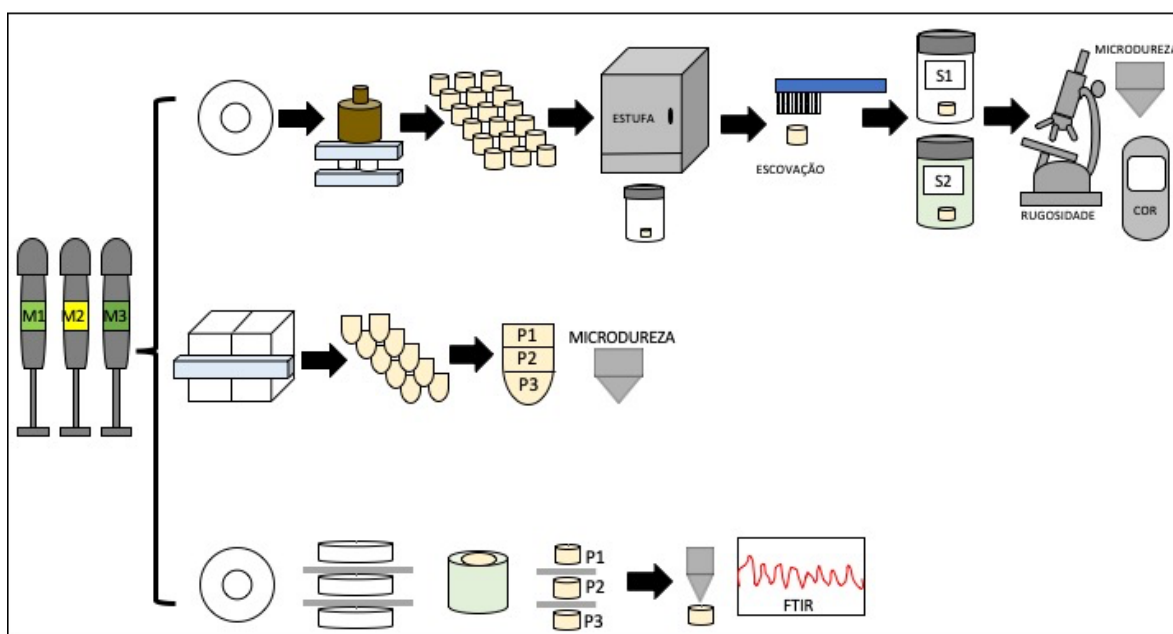


Figura 3. Fluxograma da metodologia



3.5 Armazenamento dos Corpos de Prova

Todos os corpos de prova foram mantidos em umidade relativa de saliva artificial em estufa $37 \pm 1^\circ\text{C}$ durante todo o período do experimento, somente foram retirados da estufa para serem submetidos a ação do ácido clorídrico e aos ensaios nos tempos propostos.

3.6 Condição Refluxo Gastroesofágico e Bulimia

Para as variáveis rugosidade superficial, alteração de cor e microdureza superficial oclusal, os corpos de prova de cada material, foram sujeitos ao desafio ácido, o qual foi realizado por meio da imersão individual de cada corpo de prova em 15 mL de ácido clorídrico (qualidade Ind produtos químicos e de limpeza Ltda-EPP; $\text{pH} = 1,7$) durante 4 min, 1 vez ao dia, durante 21 dias, sob vibração (Roque et al., 2015; Kulkarni et al., 2018). E para o tempo de 3 anos, os corpos de prova foram imersos por 3 dias.

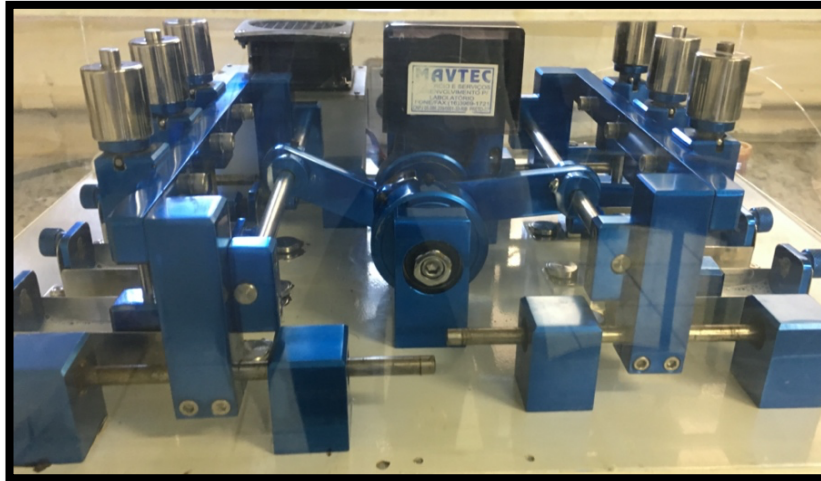
3.7 Desafio Mecânico

A escovação dos corpos de prova foi realizada para avaliação da rugosidade superficial, alteração de cor e microdureza superficial por meio da máquina de escovação do tipo Pepsodent (MAVTEC – Com. Peças, Acess. e Serv. Ltda. ME, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil – Departamento de Materiais Dentários e Prótese da FORP/USP), com velocidade de 356 rotações por minuto e curso percorrido pela escova correspondente a 3,8 centímetros (Sorgini et al., 2012) (**Figura 4**). Esse teste foi realizado antes das leituras dos tempos de 7 dias, 14 dia, 21 dias e 3 anos. Foram utilizadas escovas dentais macias, os quais os cabos das escovas foram cortados e fixados nos parafusos da máquina. Foram confeccionadas matrizes em resina acrílica autopolimerizável para acomodar os corpos de prova em posição, e foram fixados com cera n.7.

Foi utilizado o dentífrico Colgate Total 12. O volume vertido nas cubas do aparelho sobre os corpos de prova foi de 10g suspenso em 10mL de água destilada (proporção 1:1). Para a realização da escovação foi utilizado o tempo de 3 minutos, correspondente a 1025 ciclos da máquina para simulação de 7 dias de escovação, três vezes ao dia (Sorgini et al., 2012). E para a escovação de 3 anos foi utilizado o tempo de 2 horas e 5 minutos de escovação. Após a escovação os corpos de prova

foram lavados em água corrente durante 30 segundos e inseridos novamente na saliva artificial.

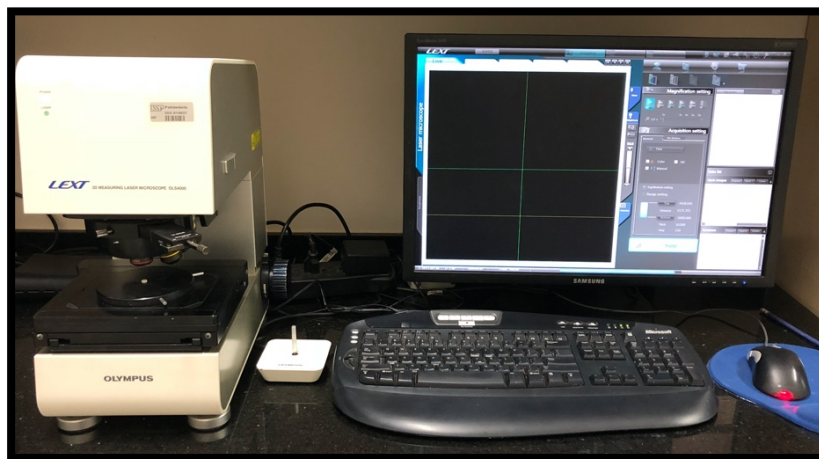
Figura 4. Máquina de escovação do tipo Pepsodent



a) Leitura da Rugosidade Superficial por meio de Microscopia Confocal a Laser

As leituras de rugosidade superficial foram realizadas após o polimento dos corpos de prova nos tempos de 48 horas, 7 dias, 14 dias e 21 dias por meio do microscópio confocal a laser (LEXT OLS4000, Olympus, Japão), do Departamento de Odontologia Restauradora da FORP-USP (**Figura 5**). Foram obtidas imagens em alta resolução (3D) das superfícies dos corpos de prova (n=10). Para a realização das leituras, os corpos de prova tiveram uma de suas faces marcadas, o qual, serviu de guia para o posicionamento dos corpos de prova no leitor, ou seja, a análise da superfície foi realizada sempre na mesma posição e distância focal.

O aparelho foi calibrado para focar uma imagem a 1500 μm por meio da lente objetiva de 5x. Durante a captura das imagens foi possível observar a textura da superfície e suas irregularidades. Foi mensurada a rugosidade média da área (S_a , μm) da superfície polida dos corpos de prova. Os dados foram obtidos por meio do software OLS4000 versão 2.0 (LEXT OLS4000, Olympus Corporation, Tóquio, Japão).

Figura 5. Microscópio confocal a laser**b) Leitura da Alteração de Cor**

A análise da cor foi realizada após o polimento dos corpos de prova nos tempos de 48 horas, 7 dias, 14 dias, 21 dias e 3 anos utilizando o espectrofotômetro modelo SP62S com Software Modelo QA Master I (X-Rite Incorporated - Neulsenburg Alemanha), com abertura focal de 4 mm e a geometria esférica de medição $d/8^\circ$ de iluminação e ângulo de observação de 10° (**Figura 6**). Foi realizada 1 leitura em cada corpo de prova e as medidas da cor foram obtidas pelo sistema de cor CIE $L^* a^* b^*$, o qual utiliza três parâmetros para definir cor: luminosidade, matiz e saturação (Comissão Internacional De Leclairage, 1978). A luminosidade representa o grau de claro e escuro do objeto representado pelo valor de L^* , sendo $L^* = 100$ para branco e $L^* = 0$ para preto. Os parâmetros de a^* e b^* , chamados de escala cromática (matiz), representam o vermelho se $+a^*$ e verde se $-a^*$, amarelo se $+b^*$ e azul se $-b^*$ (Schulze et al., 2003). A saturação é a intensidade do matiz que é dada pelo valor numérico de a^* e b^* . Os valores de ΔL^* , Δa^* , Δb^* , correspondem à diferença dos valores de L^* , a^* , b^* , respectivamente, em comparação a primeira leitura de cor (inicial).

Figura 6. Espectrofotômetro modelo SP62S

c) Leitura de Microdureza Superficial e de Profundidade

As leituras de microdureza superficial foram realizadas nos tempos experimentais de 48 horas, 7 dias, 14 dias, 21 dias e 3 anos, e para microdureza de profundidade foram realizados nos tempos de 48 horas, 7 dias, 14 dias e 21 dias. Para esta análise foi utilizado o microdurômetro (HMV-2000 Shimadzu Corporation, Japan) com um penetrador diamantado piramidal do tipo Vickers com carga de 100g, aplicada por 10 segundos (**Figura 7**) (Tanthanuch et al., 2017). Para cada corpo de prova de microdureza na região oclusal foram realizadas 3 impressões; e para microdureza em profundidade foi realizada 2 impressões em cada profundidade.

Após a obtenção das impressões, foi calculada a média com os valores e assim foi obtido o valor médio da dureza Vickers para cada corpo de prova.

Figura 7. Microdurômetro HMV- 2000

d) Leitura do Grau de Conversão

O grau de conversão foi realizado utilizando a Espectroscopia Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR). Foi utilizada a resolução de 4 cm⁻¹. O aparelho funciona por meio da estimulação das moléculas do material por um feixe de luz laser (Nd:YAG – comprimento de onda de 1064nm) (**Figura 8**).

A análise do grau de conversão foi feita a partir de duas leituras do espectro, da amostra não polimerizada e da amostra polimerizada nas diferentes profundidades propostas (PS, PM e PP).

Foi realizado o cálculo do grau de conversão a partir da seguinte fórmula:

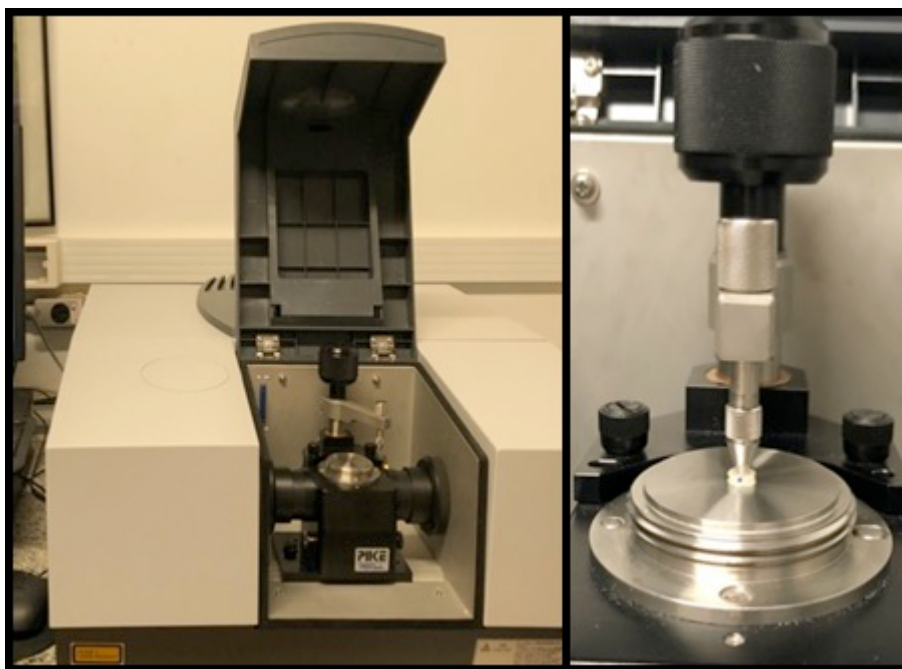
$$G C \% = 100 \times [1 - a/b]$$

onde:

a = intensidade da banda 1634 cm⁻¹ gerada pelas ligações =C–H do polímero;

b = intensidade da banda 1634 cm⁻¹ gerada pelas ligações =C–H do monômero (99)

Figura 8. Espectroscopia infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)



4. Resultados

4. RESULTADOS

4.1 Análise dos resultados de rugosidade superficial com microscópio confocal

Os dados de rugosidade (Ra) foram agrupados e submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e demonstrou que a distribuição da amostra foi normal ($p > 0.05$), assim foi aplicado o teste ANOVA - Análise de Variância e pós teste de Tukey com ajuste de Bonferroni (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para rugosidade superficial

Tests of Within-Subjects Effects					
Measure: MEASURE_1					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Material	17,558	2	8,779	15,307	<0,001*
Solução	1,323	1	1,323	2,307	0,135
Material x Solução	1,277	2	0,639	1,113	0,336
Error	30,970	54	0,574		
Tempo	4,368	3	1,456	11,514	<0,001*
Tempo x Material	5,237	6	0,873	6,902	<0,001*
Tempo x Solução	0,456	3	0,152	1,202	0,311
Tempo x Material x Solução	0,969	6	0,162	1,278	0,270
Error (tempo)					

* significante ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$)

ns - não significativo ($p > 0.05$)

O fator solução ($p=0,135$) e as interações Material x Solução ($p= 0,336$), Tempo x Solução ($p=0,311$) e Tempo x Material x Solução ($p=0,270$) foram estatisticamente significantes, ao passo que os fatores Tempo e Material quando analisados isoladamente e a interação Material x Tempo (Tabela 1) não foram estatisticamente significantes.

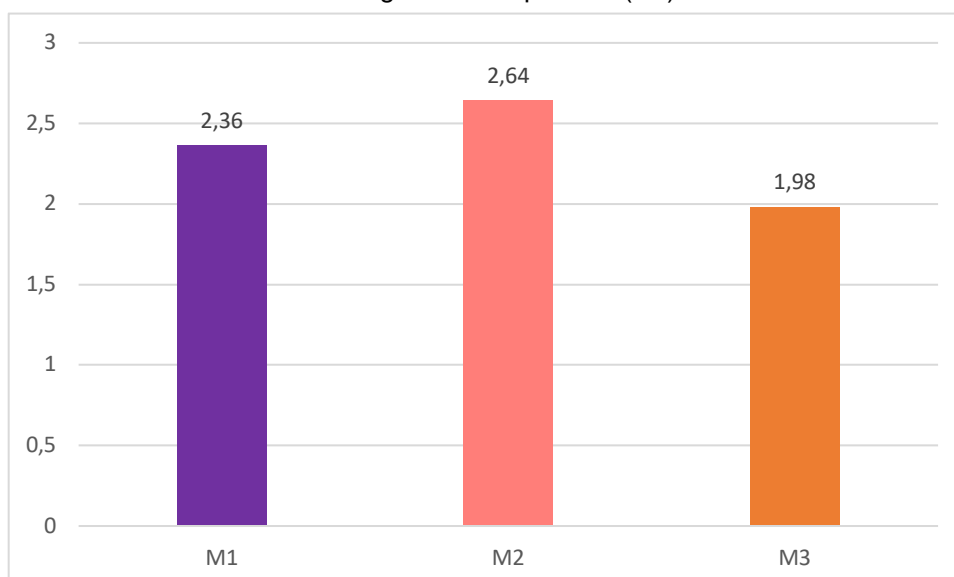
Para a análise dos resultados foram montadas as seguintes tabelas de médias:

a) Fator Material

Na tabela 2 de médias para o fator Material, cujo resultado foi estatisticamente significativo, verificou-se que o material M_3 apresentou média menor que M_1 ($p < 0,001$) e M_2 ($p = 0,006$). Gráfico 1.

Tabela 2. Médias de rugosidade superficial (Ra) do fator Material

M ₁	M ₂	M ₃
2,36 ±0,59 b	2,64±0,52 b	1,98±0,29 a

Gráfico 1. Médias de rugosidade superficial (Ra) do fator Material

b) Fator Solução

O fator solução não teve efeito estatisticamente significativo sobre a variável de estudo (Tabela 3).

Tabela 3. Médias de rugosidade superficial (Ra) do fator solução

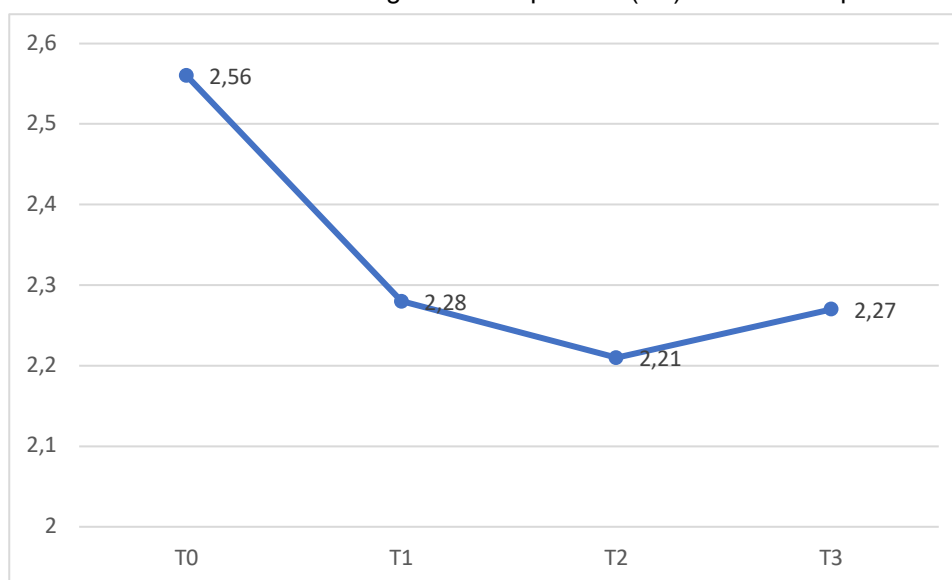
S ₁	S ₂
2,40±0,66	2,25±0,44

c) Fator Tempo

Na tabela 4 de médias de rugosidade superficial (Ra) verificou-se que em T₀ (48 horas) a média foi maior do que nos demais tempos T₁ (7 dias), T₂ (14 dias) e T₃ (21 dias), respectivamente. Assim, como também observou que a partir do T₁ até T₃ não houve diferença entre as médias.

Tabela 4. Médias de rugosidade superficial (Ra) do fator Tempo

T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
2,56±0,45 a	2,28±0,60 b	2,21±0,55 b	2,27±0,66 b

Gráfico 2. Médias de rugosidade superficial (Ra) do fator Tempo

d) Interação Material x Tempo

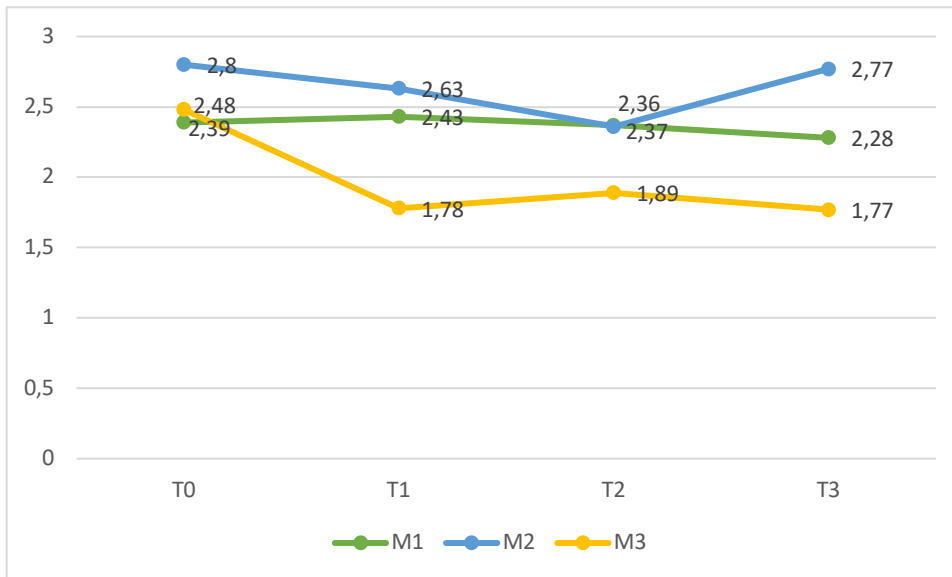
A interação dos fatores Material x Tempo foi estatisticamente significativa sobre a variável de estudo. No sentido das linhas no tempo T_0 , o material M_1 apresentou menores médias que o material M_2 ($p < 0,014$), e M_3 tem médias iguais que M_1 e M_2 . Para o tempo T_1 , o material M_1 apresentou médias iguais ao M_2 , e M_3 apresentou menores médias que M_1 e M_2 . No tempo T_2 , os materiais M_1 e M_2 apresentaram médias iguais, enquanto que M_3 apresentou a menor média. No tempo T_4 , o M_1 apresentou menores médias que M_2 e maiores que M_3 , o material M_2 também apresentou maiores médias que M_3 . No sentido das colunas para M_1 não há diferença nos tempos analisados. Para M_2 , T_0 é igual a T_1 e T_3 e também apresentou maior média que T_2 . Analisando o comportamento do M_3 em T_0 apresentou maior média que T_1 , T_2 , e T_3 , e o tempo T_1 é igual a T_2 e T_3 (Tabela 5).

Tabela 5. Médias rugosidade superficial (Ra) para a Interação Material x Tempo

	M₁	M₂	M₃
T₀	2,39±0,56 aA	2,80±0,37 bACD	2,48±0,30 abA
T₁	2,43±0,62 aA	2,63±0,50 AaCD	1,78±0,27 bB
T₂	2,37±0,59 aA	2,36±0,55 aBCD	1,89±0,38 bB
T₃	2,28±0,56 aA	2,77±0,68 bACE	1,77±0,23 cB

Letras minúsculas sentido das linhas

Letras maiúsculas sentido das colunas

Gráfico 3. Médias rugosidade superficial (Ra) para a Interação Material x Tempo

e) Interação Solução x Tempo

De acordo com a análise de Variância, esta interação dos fatores não foi estatisticamente significativa sobre a variável de estudo. As médias para esta interação estão agrupadas na Tabela 6.

Tabela 6. Médias rugosidade superficial (Ra) da Interação Solução x Tempo

	S ₁	S ₂
T ₀	2,62±0,49	2,50±0,41
T ₁	2,33±0,70	2,23±0,49
T ₂	2,24±0,65	2,17±0,44
T ₃	2,42±0,80	2,13±0,44

f) Interação Material x Solução

A interação dos fatores Tempo x Solução não foi estatisticamente significativa. Tabela 7.

Tabela 7. Médias rugosidade superficial (Ra) para a Interação Material x Solução

	M ₁	M ₂	M ₃
S ₁	2,45±0,59	2,79±0,60	1,96±0,23
S ₂	2,28±0,45	2,48±0,37	2,00±0,32

f) Interação Material x Solução X Tempo

As médias da interação dos fatores Material x Solução x Tempo, que não foi estatisticamente significativa constam na tabela 8.

Tabela 8. Médias rugosidade superficial (Ra) o para a Interação Material x Solução x Tempo

	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
M₁	2,41±0,64	2,37±0,50	2,44±0,67	2,42±0,61	2,48±0,76	2,26±0,37	2,48±0,68	2,09±0,32
M₂	2,88±0,44	2,72±0,28	2,86±0,49	2,41±0,42	2,42±0,68	2,30±0,39	3,03±0,82	2,51±0,41
M₃	2,57±0,18	2,40±0,38	1,69±0,33	1,87±0,17	1,823±0,21	1,95±0,50	1,75±0,22	1,78±0,24

4.2 Análises dos resultados de alteração de cor

Para a variável delta E foi realizada a análise estatística, que demonstrou que fatores e interações tiveram efeito significativo. Com a finalidade de verificar qual ou quais dos parâmetros que determinam a alteração de cor, foram realizadas as análises estatísticas dos dados obtidos de delta a*, delta b* e delta L*.

Os dados de alteração de cor (ΔE), dos parâmetros de delta a* (Δa^*), delta b* (Δb^*) e delta L* (ΔL^*) foram agrupados em tabelas e submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk, que para todos a distribuição da amostra foi normal. Assim foi aplicado o teste ANOVA - Análise de Variância, descritos a seguir:

4.2.1 Análise dos resultados de alteração de cor (ΔE)

O resumo da Análise de Variância (ANOVA) realizado para a variável alteração de cor (ΔE) em função dos fatores de variação Tempo, Solução e Material consta na Tabela 9.

Tabela 9. Resumo da análise de variância (ANOVA) para alteração de cor (ΔE)

Tests of Within-Subjects Effects					
Measure: MEASURE_1					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Material	47,458	2	23,729	4,051	0,023*
Solução	5,785	1	5,785	0,988	0,325 ^{ns}
Material x Solução	25,063	2	12,531	2,139	0,128 ^{ns}
Error	316,296	54	5,857		
Tempo	25,902	3	8,634	14,808	0,001*
Material x Tempo	15,263	6	2,544	4,363	0,001*
Solução x Tempo	0,826	3	0,275	0,472	0,702 ^{ns}
Material x Solução x Tempo	8,061	6	1,343	2,304	0,037*
Error(Tempo)	94,454	162	0,583		

* significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$)

ns - não significativo ($p > 0.05$)

Verificou-se que houve significância estatística dos fatores Material ($p=0,023$) e Tempo ($p<0,001$) quando analisados isoladamente, e das interações Material x Tempo ($p<0,001$) e Material x Solução x Tempo ($p=0,037$) de acordo com a Tabela 9. E para identificar as diferenças foi aplicado o teste complementar de Tukey e ajuste para comparações múltiplas de Bonferroni.

Para visualização das diferenças foram montadas as seguintes tabelas de médias:

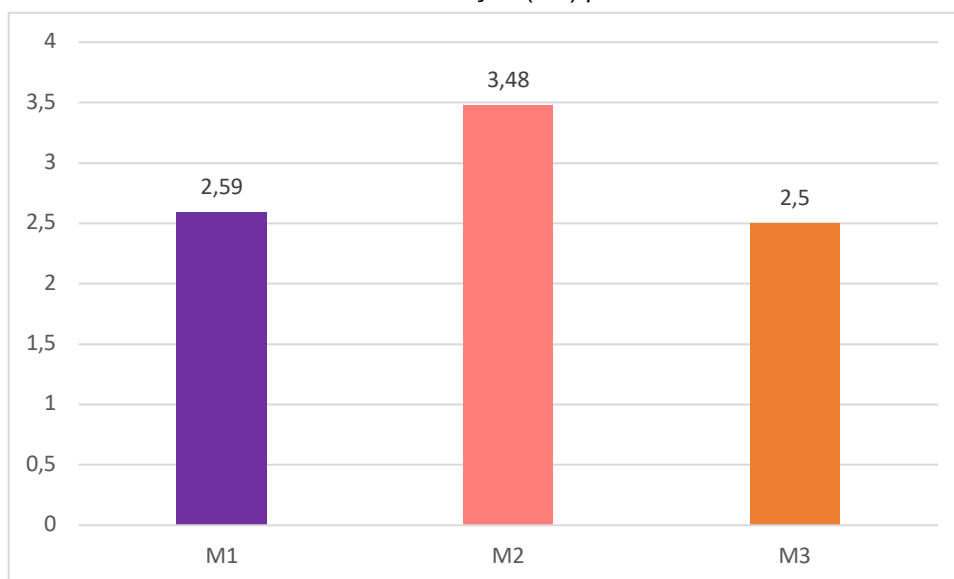
a) Fator Material

Os materiais em estudo apresentaram médias de alteração de cor diferentes, quando analisados isoladamente. De acordo com a Tabela 10 o material M_2 apresentou média estatisticamente maior que M_3 ($p=0,039$) e semelhante à M_1 ($p=0,069$), sendo M_1 estatisticamente igual a M_3 . Isto pode ser melhor observado no Gráfico 4, a seguir.

Tabela 10. Médias de alteração (ΔE) para o fator Material

M_1	M_2	M_3
$2,59 \pm 1,16ab$	$3,49 \pm 1,68 b$	$2,50 \pm 1,44 a$

Gráfico 4. Médias de alteração (ΔE) para o fator Material



b) Fator Solução

Este fator não teve efeito estatisticamente significativo sobre a alteração de cor, isto significa que a Solução, isoladamente, não teve efeito sobre delta E. As médias constam na Tabela 11.

Tabela 11. Médias de alteração de cor (ΔE) do fator Solução

S₁	S₂
3,01 ± 1,58	2,69 ± 1,32

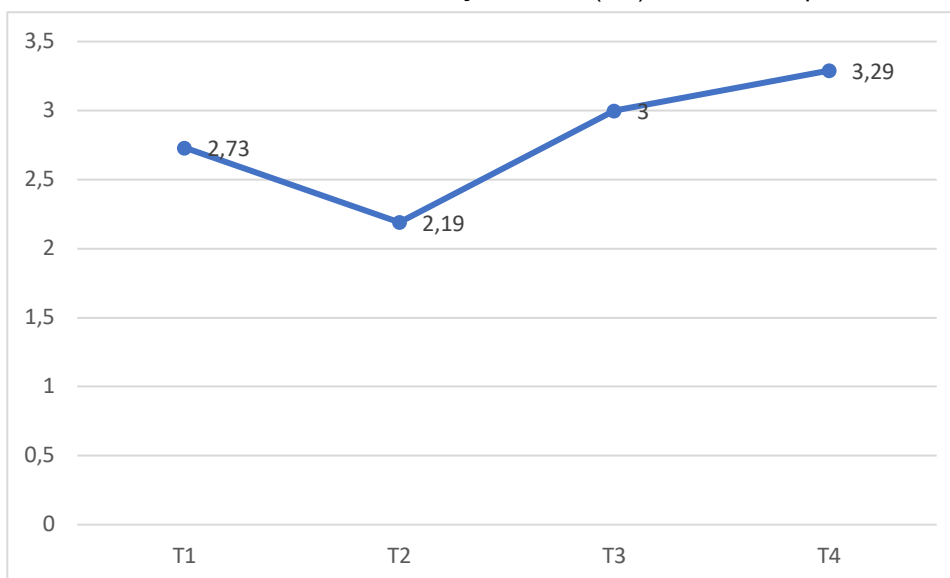
c) Fator Tempo

O fator Tempo teve efeito estatisticamente significativo sobre ΔE . Analisando a Tabela 12 de médias de alteração de cor para o fator Tempo, verifica-se que as médias no tempo T₄ (3 anos) apresentou média estatisticamente maior que em T₁ (7 dias) ($p=0,020$), T₂ (14 dias) ($p<0,001$) e T₃ (21 dias) ($p=0,038$). O T₂ (14 dias) apresentou média estatisticamente menor que T₃ (21 dias) ($p<0,001$). Estes resultados podem ser melhor observados no Gráfico 5, a seguir.

Tabela 12. Médias de alteração de cor (ΔE) do fator Tempo

T₁	T₂	T₃	T₄
2,73 ± 1,23 d	2,41 ± 1,53 c	3,00 ± 1,54 b	3,29 ± 1,56 a

Gráfico 5. Médias de alteração de cor (ΔE) do fator Tempo



d) Interação Material x Tempo

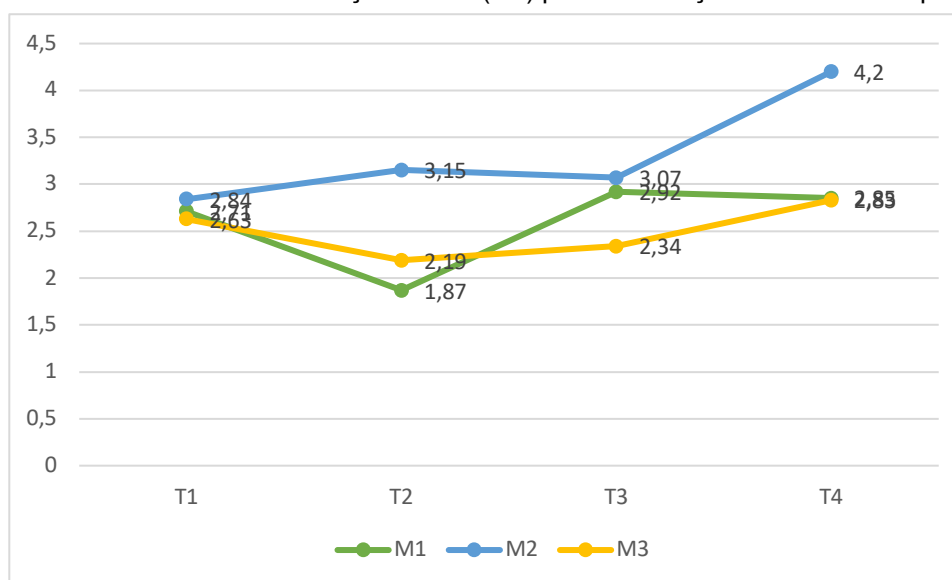
A interação dos fatores Tempo x Material foi estatisticamente significativa, o que mostra o seu efeito sobre a alteração de cor. Na análise da Tabela de médias de alteração de cor no sentido de linhas, comparando os materiais para o mesmo tempo, verificou-se que no T₁, não houve diferença entre os materiais. Em T₂, o material M₂ apresentou maior média que M₁ (p=0,017), e a média de M₃ não foi estatisticamente diferente à M₁ (p=1,000) e M₂ (p=0,106), respectivamente. No tempo T₃, o material M₂ apresentou maior média que M₃ (p=0,008). Os materiais M₂ (p=0,216) e M₃ (p=0,601) tiveram médias que foram estatisticamente iguais a M₁. No tempo T₄, o M₂ apresentou menor média que M₁ (p=0,015) e M₃ (p=0,013), e as médias de M₁ e M₃ foram semelhantes (p=1,000). Na análise no sentido das colunas para verificação do comportamento de cada material nos tempos de estudo observou-se que para o M₁, T₁ apresentou maior média que T₂ (p=0,002), e T₂ apresentou maior média que T₃ (p<0,001) e T₄ (p=0,003), respectivamente; o tempo T₁ determinou média estatisticamente igual que em T₃ (p=1,000) e em T₄ (p=1,000) que por sua vez foram semelhantes. Para o material M₂ observa-se que em T₁ e T₂ apresentou menores médias que em T₃ e T₄, respectivamente; por outro lado, nos tempos T₃ e T₄ (p=0,077), assim como T₁ e T₂, as médias foram estatisticamente iguais (p=0,957). O material M₃ (p=0,047) apresentou menor média de delta E no tempo T₃ quando comparado com T₄.

Tabela 13. Médias de alteração de cor (ΔE) para a Interação Material x Tempo

	M₁	M₂	M₃
T₁	2,72 ± 0,93	2,84 ± 1,42	2,63 ± 1,33
T₂	1,87 ± 0,87	3,16 ± 1,59	2,19 ± 1,76
T₃	2,92 ± 0,99	3,74 ± 1,81	2,34 ± 1,45
T₄	2,85 ± 1,48	4,20 ± 1,65	2,83 ± 1,19

Letras minúsculas sentido das linhas

Letras maiúsculas sentido das colunas

Gráfico 6. Médias de alteração de cor (ΔE) para a Interação Material x Tempo

e) Interação Solução x Tempo

De acordo com a análise de Variância, esta interação dos fatores Tempo x Solução não foi estatisticamente significativa. O que significa que a interação destes fatores não tem efeito sobre a alteração de cor (Tabela 14).

Tabela 14. Médias de alteração de cor (ΔE) da Interação Solução x Tempo

	S ₁	S ₂
T ₁	2,79 ± 1,37	2,66 ± 1,07
T ₂	2,63 ± 1,84	2,17 ± 1,13
T ₃	3,16 ± 1,65	2,84 ± 1,43
T ₄	3,46 ± 1,47	3,12 ± 1,66

f) Interação Material x Solução

De acordo com a análise de Variância, esta interação dos fatores Tempo x Solução não foi estatisticamente significativa, o que demonstra não ter efeito sobre a alteração de cor. Tabela 15 de médias.

Tabela 15. Médias de alteração de cor (ΔE) para a Interação Material x Solução

	M ₁	M ₂	M ₃
S ₁	2,39 ± 0,73	4,06 ± 1,57	2,56 ± 1,65
S ₂	2,78 ± 1,26	2,89 ± 1,47	2,42 ± 1,17

g) Interação Material x Solução x Tempo

A interação dos fatores Material x Solução x Tempo foi estatisticamente significativa, o que mostra o seu efeito sobre a alteração de cor. Assim foi realizada a análise da Tabela 16 de médias de alteração de cor. Para análise do comportamento dos materiais, em função do tempo, sob ação do ácido (S_1), verificou-se que no tempo T_1 - 7 dias não há diferença estatística entre os materiais. No tempo T_2 - 14 dias ($p=0,002$) e no T_3 - 21 dias ($p=0,013$), o material M_2 apresentou maior alteração de cor que o material M_1 . Em T_3 o material M_2 apresentou maior alteração de cor que M_3 ($p=0,014$). E no tempo T_4 - 3 anos, o material M_2 apresentou maior alteração de cor que M_3 ($p=0,009$). Para a saliva nos tempos T_1 , T_2 , T_3 e T_4 não há diferença de comportamento entre os materiais.

Foi analisado o efeito da ação do ácido comparado à solução controle nos diferentes tempos de estudo, para cada material. Constatou-se que para os materiais M_1 e M_3 , respectivamente, nos tempos T_1 , T_2 , T_3 e T_4 não houve diferença estatisticamente significativa entre as soluções. Para M_2 nos tempos T_1 e T_4 não houve diferença entre as soluções, já nos tempos T_2 ($p=0,024$) e T_3 ($p=0,038$) o ácido determinou maiores médias que a saliva (controle).

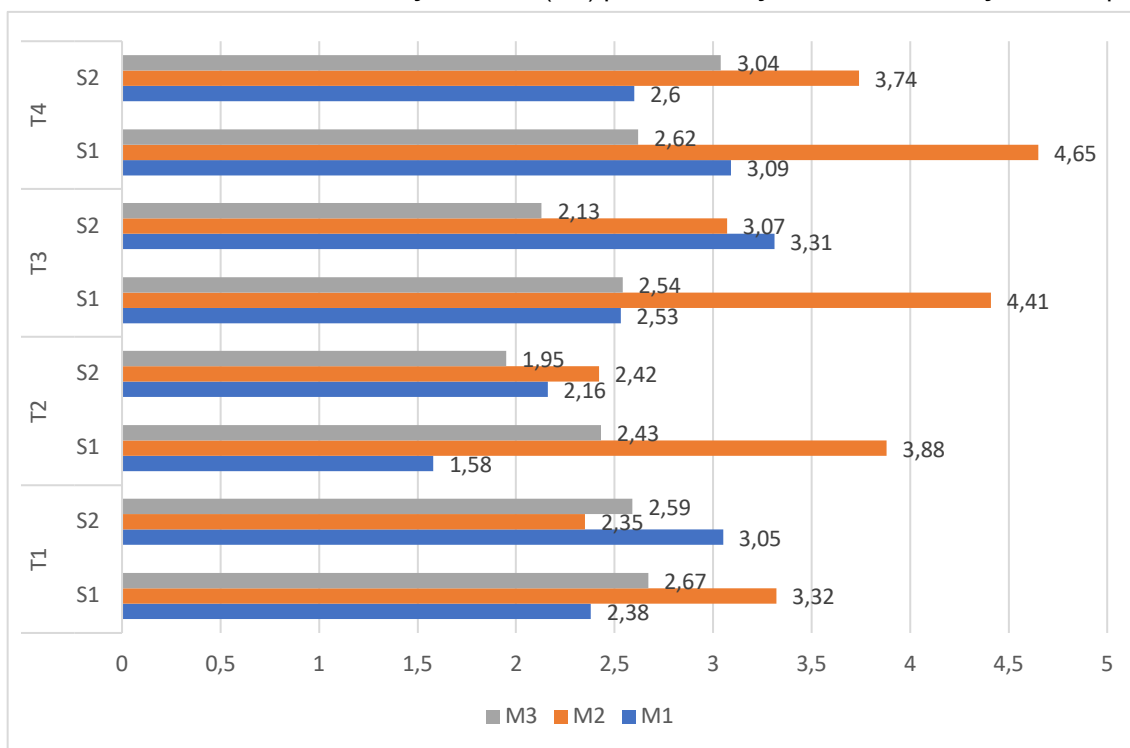
Com relação ao efeito do Tempo na ação do ácido comparado à solução controle para cada material de estudo, verificou-se na análise do material M_1 , que para a solução S_1 , o tempo T_2 apresentou menor média que T_3 ($p=0,002$) e T_4 ($p=0,001$), enquanto que para a S_2 , o tempo T_2 apresentou menor médias que T_1 ($p=0,036$) e T_3 ($p<0,001$); no tempo T_4 apresentou menor médias que T_3 ($p=0,038$).

Para o material M_2 na solução S_1 , o tempo T_1 apresentou menor médias que T_3 ($p=0,029$) e T_4 ($p=0,027$) e para a solução S_2 , o tempo T_1 e T_2 apresentaram menores médias que T_4 , respectivamente.

Para M_3 submetido à solução S_1 não há diferença entre os tempos de estudo, enquanto que para a solução S_2 , o tempo T_4 apresentou maiores médias que T_2 ($p=0,032$) e T_3 ($p=0,004$), respectivamente.

Tabela 16. Médias de alteração de cor (ΔE) para a Interação Material x Solução x Tempo

	T ₁		T ₂		T ₃		T ₄	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
M₁	2,38 ± 0,71	3,05 ± 1,02	1,58 ± 0,46	2,16 ± 1,08	2,53 ± 0,69	3,31 ± 1,13	3,09 ± 1,08	2,60 ± 1,82
M₂	3,32 ± 1,54	2,35 ± 1,66	3,88 ± 1,56	2,42 ± 1,30	4,41 ± 1,81	3,07 ± 1,61	4,65 ± 1,40	3,74 ± 1,81
M₃	2,67 ± 1,62	2,59 ± 1,03	2,43 ± 2,29	1,95 ± 1,06	2,54 ± 1,56	2,13 ± 1,37	2,62 ± 1,16	3,04 ± 1,25

Gráfico 7. Médias de alteração de cor (ΔE) para a Interação Material x Solução x Tempo

4.2.2 Análise dos resultados de Delta a* (Δa^*)

O resumo da Análise de Variância (ANOVA) realizado para a variável delta a (Δa) em função dos fatores de variação Tempo, Solução e Material consta na Tabela 17.

Tabela 17. Resumo da análise de variância para delta a* (Δa^*)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tempo	5,206	3	1,735	13,144	0,001*
Material x Tempo	1,866	6	0,311	2,356	0,033*
Solução x Tempo	0,434	3	0,145	1,096	0,352 ^{ns}
Material x Solução x Tempo	0,406	6	0,068	0,513	0,798 ^{ns}
Error(Tempo)	21,386	162	0,132		
Material	15,908	2	7,954	8,243	0,001*
Solução	6,997	1	6,997	7,251	0,009*
Material x Solução	7,143	2	3,571	3,701	0,031*
Error	52,108	54	0,965		

* significativa ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

ns - não significativa ($p > 0,05$)

De acordo com a Tabela 17 verificou-se que houve significância estatística, sobre a variável de delta a (Δa), dos fatores Tempo ($p < 0,001$), Material ($p = 0,001$) e Solução ($p = 0,009$) quando analisados isoladamente, e para as interações Material x Tempo ($p = 0,033$) e Material x Solução ($p = 0,031$). Para identificar as diferenças foi aplicado o teste complementar de Tukey.

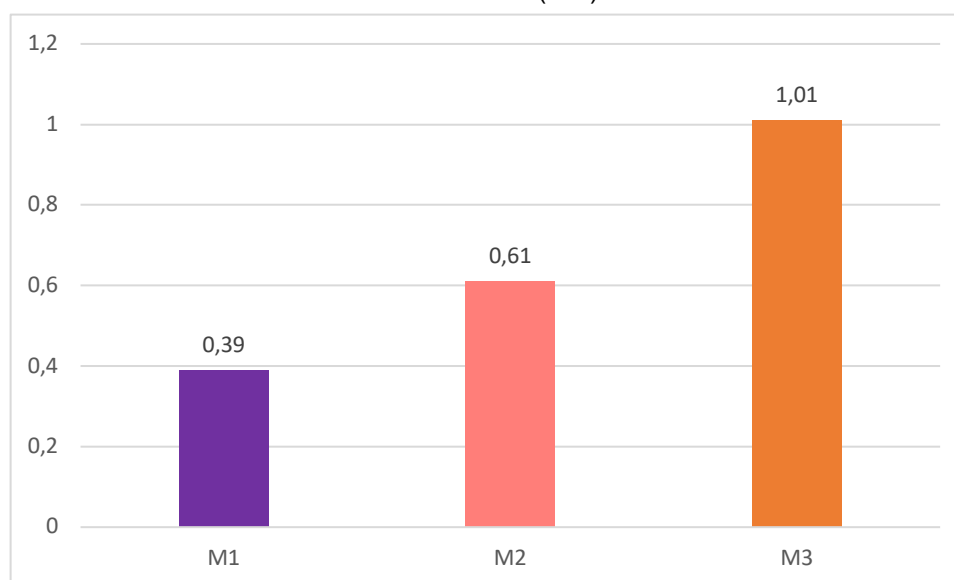
a) Fator Material

Os materiais em estudo apresentaram médias de delta a (Δa^*) diferentes, quando analisados isoladamente. De acordo com a Tabela o material M₃ apresentou média estatisticamente maior que M₁ ($p = 0,039$) e M₂ ($p = 0,038$). Isto pode ser melhor observado no Gráfico 8, a seguir.

Tabela 18. Médias de delta a (Δa^*) do fator Material

M ₁	M ₂	M ₃
0,39 ± 0,36a	0,61 ± 0,37b	1,01 ± 0,92c

Gráfico 8. Médias de delta a (Δa^*) do fator Material

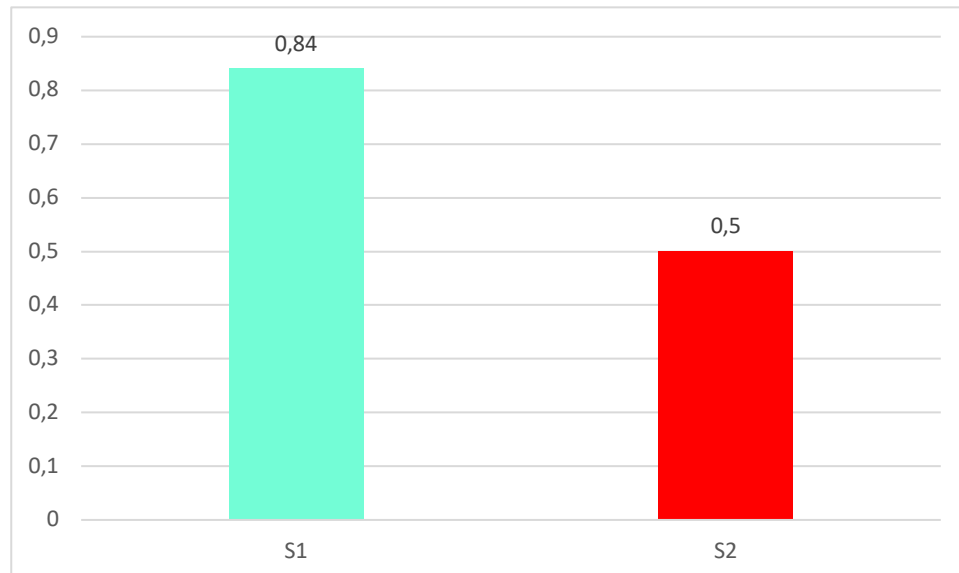


b) Fator Solução

Verifica-se que o fator Solução, quando analisado isoladamente, S₁ (ácido) apresentou média de delta a* (Δa^*), estatisticamente maior que S₂ (saliva) ($p = 0,009$) (Tabela 19 e Gráfico 9).

Tabela 19. Médias de delta a* (Δa^*) do fator Solução

S ₁	S ₂
0,84 ± 0,77 a	0,50 ± 0,46 b

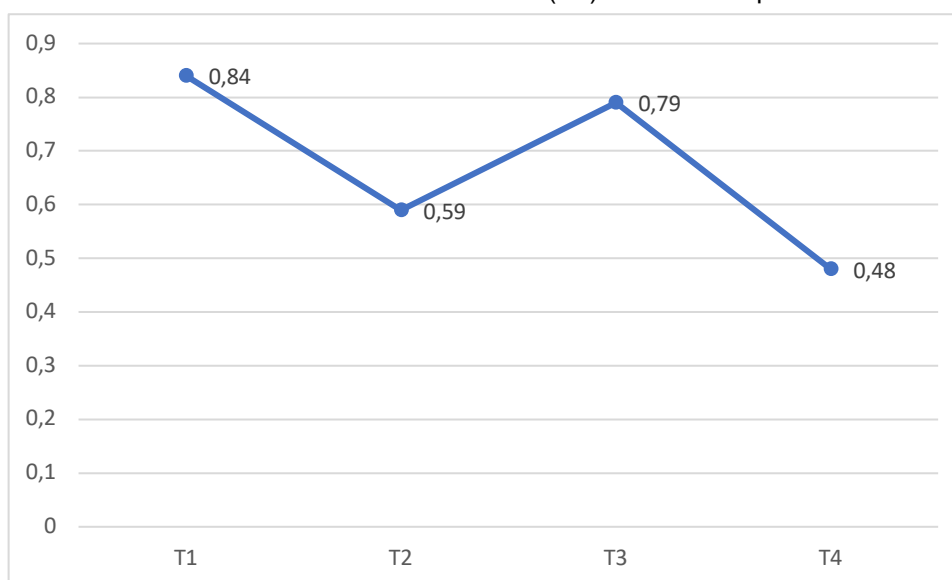
Gráfico 9. Médias de delta a* (Δa^*) do fator Solução

a) Fator Tempo

O fator Tempo foi estatisticamente significativo sobre a variável de estudo. Analisando a Tabela 20 de médias de delta a* (Δa^*) para o fator, verifica-se que o tempo T₁ (7 dias) apresentou média estatisticamente maior que T₂ (14 dias) ($p < 0,001$) e T₄ (3 anos) ($p < 0,001$). O tempo T₂ (14 dias) apresentou média estatisticamente menor que T₃ (21 dias) ($p = 0,003$). T₃ apresentou média estatisticamente maior que T₄ ($p < 0,001$).

Tabela 20. Médias de delta a* (Δa^*) do fator Tempo

T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
0,84 ± 0,68a	0,59 ± 0,78b	0,79 ± 0,50a	0,48 ± 0,68c

Gráfico 10. Médias de delta a (Δa) do fator Tempo

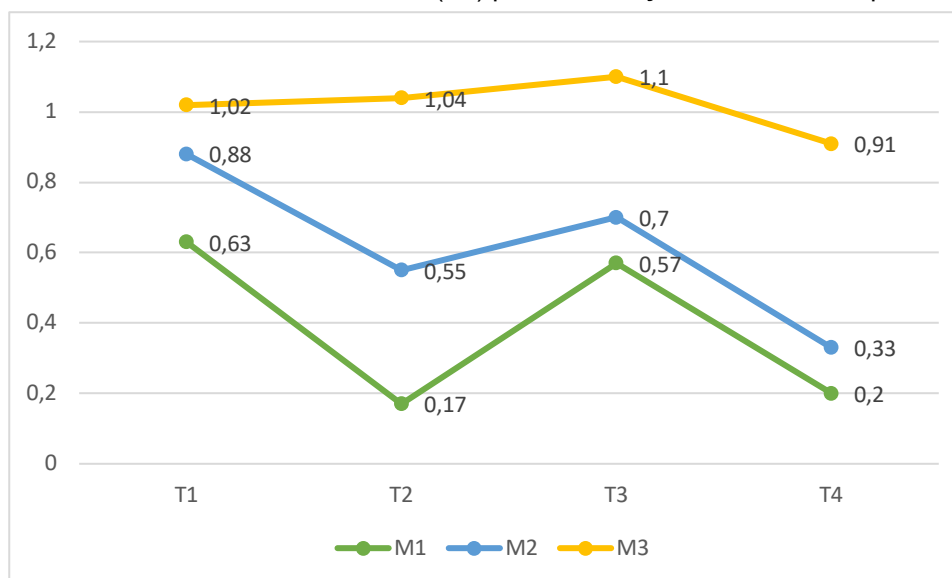
b) Interação Material x Tempo

A interação dos fatores Material x Tempo foi estatisticamente significativa. Assim foi realizada a análise da Tabela 21 de médias de delta a (Δa) que no sentido de linhas o tempo T₁ não teve diferença entre os materiais, no tempo T₂ o material M₃ apresentou maior alteração do Δa do que o material M₁ ($p < 0,001$). No tempo T₃ o material M₃ apresentou maior média que M₁ ($p = 0,001$) e a do material M₃ foi maior que o material M₂ ($p = 0,018$). No tempo T₄ a média do material M₃ foi maior que M₁ ($p = 0,001$) e M₂ ($p = 0,005$). No sentido das colunas o material M₁ no tempo T₁ apresentou média estatisticamente maior que T₂ ($p < 0,001$) e T₄ ($p = 0,013$), no tempo T₃ apresentou média estatisticamente maior que T₂ ($p < 0,001$) e T₄ ($p = 0,005$). O material M₂, no tempo T₁ apresentou média estatisticamente maior que T₂ ($p = 0,013$) e T₄ ($p = 0,001$); e no T₃ apresentou média estatisticamente maior que T₄ ($p = 0,006$). Já, para o material M₃, não houve diferença entre os tempos.

Tabela 21. Médias de delta a (Δa) para a Interação Material x Tempo

	M ₁	M ₂	M ₃
T ₁	0,63 ± 0,43a	0,88 ± 0,39a	1,02 ± 1,00a
T ₂	0,17 ± 0,41a	0,55 ± 0,31	1,04 ± 1,11b
T ₃	0,57 ± 0,30	0,70 ± 0,33	1,10 ± 0,66
T ₄	0,20 ± 0,31	0,33 ± 0,46	0,91 ± 0,91

Letras minúsculas sentido das linhas
Letras maiúsculas sentido das colunas

Gráfico 11. Médias de delta a (Δa) para a Interação Material x Tempo

c) Interação Solução x Tempo

De acordo com a análise de Variância, esta interação dos fatores Tempo x Solução não foi estatisticamente significativa. O que significa que a interação destes fatores não tem efeito sobre o Δa (Tabela 22).

Tabela 22. Médias de delta a (Δa) da Interação Solução x Tempo

	S_1	S_2
T ₁	2,79 ± 0,78	2,66 ± 0,51
T ₂	2,63 ± 0,97	2,17 ± 0,46
T ₃	3,16 ± 0,62	2,84 ± 0,33
T ₄	3,46 ± 0,73	3,12 ± 0,56

d) Interação Material x Solução

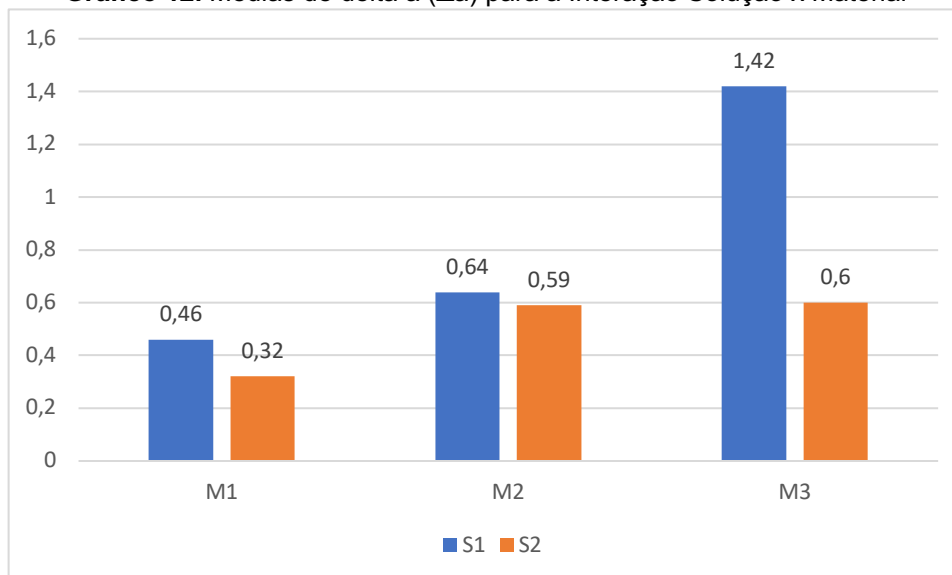
A interação dos fatores Material x Solução foi estatisticamente significativa, o que mostra o seu efeito sobre o delta a (Δa). No sentido das linhas a solução de ácido (S_1), o material M₃ apresentou média menor que M₁ ($p < 0,001$) e M₂ ($p = 0,002$), já para a solução de saliva (S_2) não há diferença entre os materiais. No sentido das colunas para os materiais M₁ e M₂ não há diferença entre as soluções. Para o M₃, o ácido apresentou média maior que a saliva ($p < 0,001$). Melhor observado na Tabela 23.

Tabela 23. Médias de delta a (Δa) para a Interação Solução x Material

	M ₁	M ₂	M ₃
S ₁	0,46 ± 0,32aA	0,64 ± 0,40aA	1,42 ± 1,00bA
S ₂	0,32 ± 0,39aA	0,59 ± 0,34aA	0,60 ± 0,54aB

Letras minúsculas sentido das linhas

Letras maiúsculas sentido das colunas

Gráfico 12. Médias de delta a (Δa) para a Interação Solução x Material

e) Interação Material x Solução X Tempo

A interação dos fatores Material x Solução X tempo não foi estatisticamente significativa.

Tabela 24. Médias de delta a (Δa) para a Interação Material x Solução x Tempo

	T ₁		T ₂		T ₃		T ₄	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
M ₁	0,69 ± 0,35	0,56 ± 0,52	0,29 ± 0,28	0,04 ± 0,49	0,64 ± 0,28	0,50 ± 0,32	0,23 ± 0,38	0,17 ± 0,25
M ₂	0,90 ± 0,38	0,86 ± 0,42	0,59 ± 0,34	0,52 ± 0,30	0,65 ± 0,38	0,75 ± 0,29	0,43 ± 0,53	0,23 ± 0,38
M ₃	1,45 ± 1,16	0,69 ± 0,58	1,47 ± 1,42	0,60 ± 0,39	1,38 ± 0,79	0,81 ± 0,33	1,41 ± 0,40	0,40 ± 0,87

4.2.3 Análise dos resultados de Delta b (Δb)

O resumo da Análise de Variância (ANOVA) realizado para a variável delta a (Δb) em função dos fatores de variação Tempo, Solução e Material consta na Tabela 25.

Tabela 25. Resumo da análise de variância para delta b (Δb)

Measure: MEASURE_1					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tempo	17,288	3	5,763	10,434	0,001*
Material x Tempo	23,559	6	3,927	7,109	0,001*
Solução x Tempo	0,862	3	0,287	0,520	0,669 ^{ns}
Material x Solução x Tempo	3,819	6	0,637	1,153	0,335 ^{ns}
Error(Tempo)	89,473	162	0,552		
Material	84,482	2	42,241	6,606	0,003*
Solução	5,530	1	5,530	0,0865	0,357 ^{ns}
Material x Solução	46,403	2	23,201	3,629	0,033*
Error	345,280	54	6,394		

* significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$)

ns - não significativo ($p > 0.05$)

De acordo com a análise da tabela acima, pode-se dizer que houve significância estatística dos fatores Tempo ($p < 0,001$) e Material ($p = 0,003$) quando analisados isoladamente, e para as interações Material x Tempo ($p < 0,001$) e Material x Solução ($p = 0,033$). E para identificar as diferenças foi aplicado o teste complementar de Tukey.

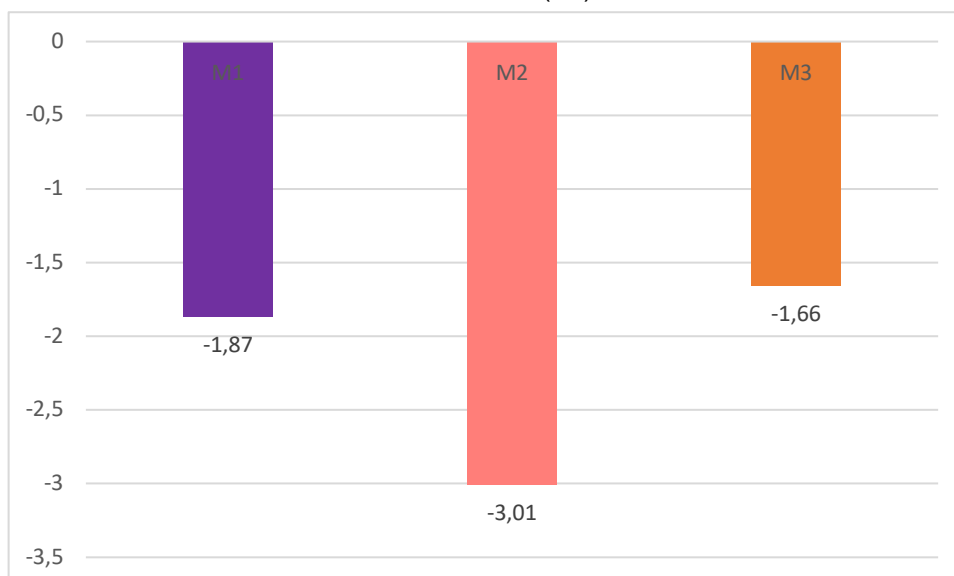
Para melhor visualização dos resultados foram montadas as seguintes tabelas de médias:

a) Fator Material

Para este fator isoladamente, Material, M_2 apresentou média estatisticamente menor que M_1 ($p = 0,018$) e M_3 ($p = 0,004$).

Tabela 26. Médias de delta b (Δb) do fator Material

M_1	M_2	M_3
$-1,87 \pm 1,21a$	$-3,01 \pm 1,84b$	$-1,66 \pm 1,21a$

Gráfico 13. Médias de delta b (Δb) do fator Material

b) Fator Solução

Este fator não teve efeito estatisticamente significativo sobre a variável de estudo. E assim não houve diferença significativa do efeito das soluções sobre o delta b (Δb), de acordo com a Tabela 27.

Tabela 27. Médias de delta b (Δb) do fator solução

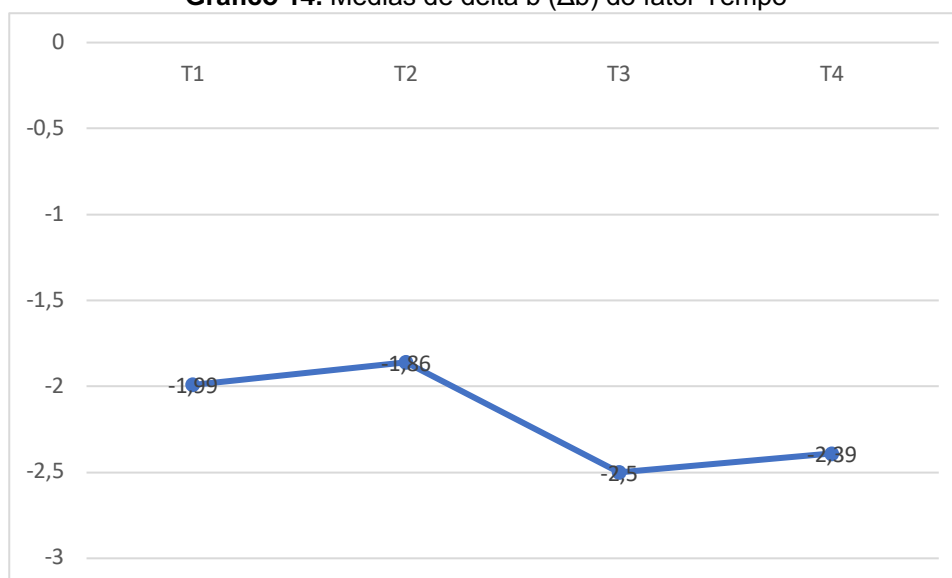
S_1	S_2
$-2,34 \pm 1,67$	$-2,03 \pm 1,49$

c) Fator Tempo

De acordo com a tabela 28 de variância o fator Tempo teve efeito significativo sobre o delta b (Δb). No tempo T_1 apresentou a média foi estatisticamente maior que T_3 ($p=0,010$) e no T_2 apresentou média estatisticamente maior que T_3 ($p<0,001$) e T_4 ($p=0,001$).

Tabela 28 Médias de delta b (Δb) do fator Tempo

T_1	T_2	T_3	T_4
$-1,99 \pm 1,37a$	$-1,86 \pm 1,58b$	$-2,50 \pm 1,62c$	$-2,39 \pm 1,76c$

Gráfico 14. Médias de delta b (Δb) do fator Tempo

d) Interação Material x Tempo

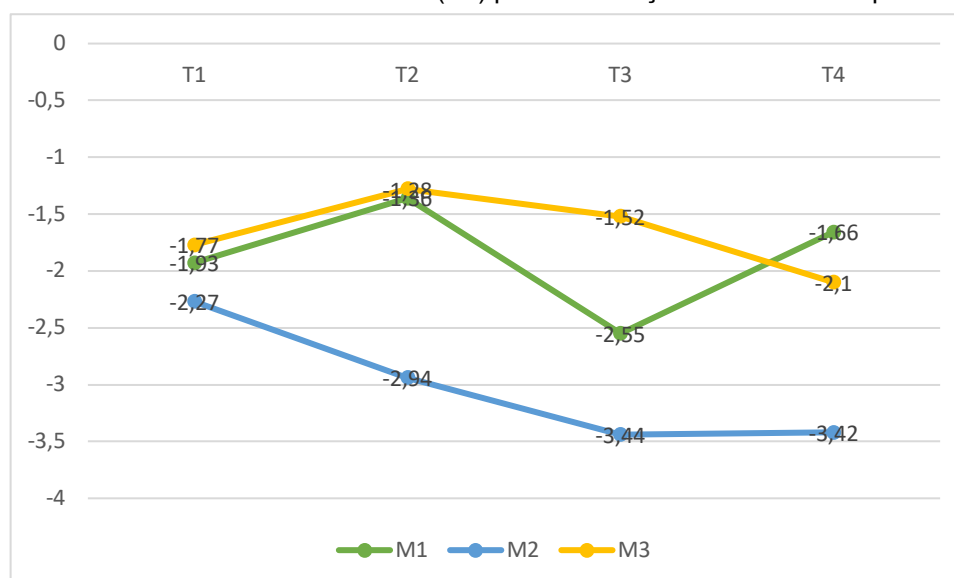
A interação dos fatores Tempo x Material foi estatisticamente significativa. Na análise no sentido das linhas verificou-se que no T₁ não há diferença estatística entre os materiais. No tempo T₂ e T₄, o M₂ apresentou menor média que M₁ e M₃. No tempo T₃, M₂ apresentou menor média que M₃. No sentido das colunas observa-se que o M₁, em T₃ apresentou menor média que em T₂ e T₄. O material M₂, no tempo T₁ apresentou maior média que T₃ e T₄ e o tempo T₂ teve maior média que T₃. Para o M₃, verificou-se que no T₄ apresentou menor média que T₂ e T₃.

Tabela 29. Médias de delta b (Δb) para a Interação Material x Tempo

	M ₁	M ₂	M ₃
T ₁	-1,93 ± 1,28aA	-2,27 ± 1,79aA	-1,77 ± 0,93aABC
T ₂	-1,36 ± 1,11aA	-2,94 ± 1,70bB	-1,28 ± 1,33aA
T ₃	-2,55 ± 0,95aB	-3,44 ± 1,87aC	-1,52 ± 1,36bB
T ₄	-1,66 ± 1,50aA	-3,42 ± 2,02bC	-2,10 ± 1,23aC

Letras minúsculas sentido das linhas

Letras maiúsculas sentido das colunas

Gráfico 15. Médias de delta b (Δb) para a Interação Material x Tempo

e) Interação Solução x Tempo

De acordo com a análise de Variância, esta interação dos fatores Solução x Tempo não foi estatisticamente significativa.

Tabela 30. Médias de delta b (Δb) da Interação Solução x Tempo

	S ₁	S ₂
T ₁	-2,10 ± 1,45	-1,88 ± 1,30
T ₂	-2,11 ± 1,78	-1,61 ± 1,33
T ₃	-2,67 ± 1,71	-2,34 ± 1,54
T ₄	-2,48 ± 1,75	-2,30 ± 1,79

f) Interação Material x Solução

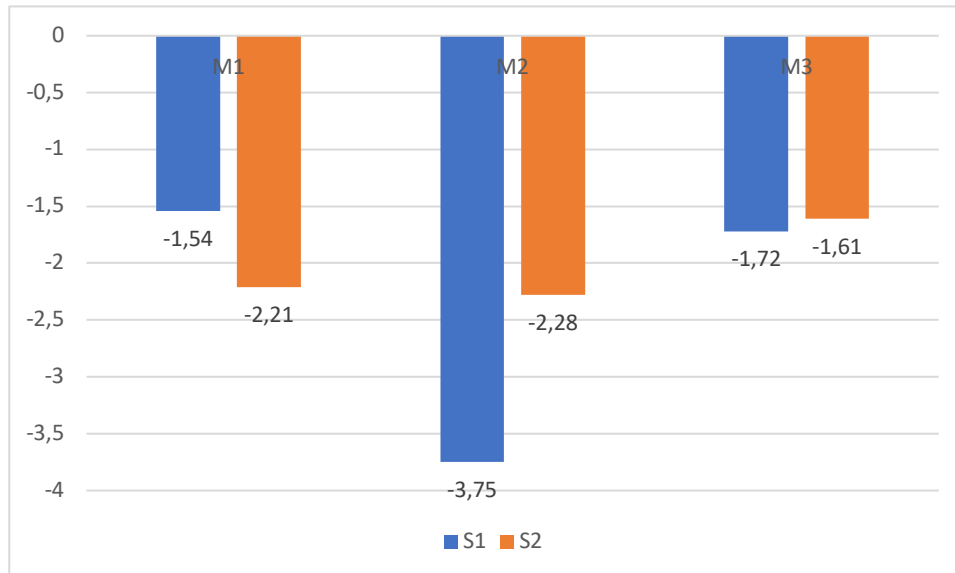
A interação dos fatores Material x Solução foi estatisticamente significativa. Verifica-se que no sentido das linhas a solução S₁ (ácido) teve efeito sobre o material M₂ que apresentou média estatisticamente menor que M₁ ($p=0,001$) e M₃ ($p=0,002$). A solução S₂ (saliva) não determinou diferença estatística entre os materiais. No sentido das colunas os materiais M₁ e M₃ não apresentaram diferença entre as soluções, e para o material M₂, a solução S₁ apresentou menor média que a solução S₂ (saliva) ($p=0,012$).

Tabela 31. Médias de delta b (Δb) para a Interação Solução x Material

	M₁	M₂	M₃
S₁	-1,54 ± 1,17aA	-3,75 ± 1,65bA	-1,72 ± 1,08aA
S₂	-2,21 ± 1,24aA	-2,28 ± 1,78aB	-1,61 ± 1,34aA

Letras minúsculas sentido das linhas

Letras maiúsculas sentido das colunas

Gráfico 16. Médias de delta b (Δb) para a Interação Solução x Material

f) Interação Material x Solução X Tempo

A interação dos fatores Material x Solução X tempo não foi estatisticamente significativa.

Tabela 32. Médias de delta b (Δb) para a Interação Material x Solução x Tempo

	T₁		T₂		T₃		T₄	
	S₁	S₂	S₁	S₂	S₁	S₂	S₁	S₂
M₁	-1,53 ± 1,35	-2,33 ± 1,14	-0,97 ± 1,07	-1,75 ± 1,07	-2,14 ± 0,70	-2,96 ± 1,03	-1,52 ± 1,58	-1,80 ± 1,48
M₂	-2,94 ± 1,80	-1,60 ± 1,60	-3,76 ± 1,56	-2,13 ± 1,48	-4,22 ± 1,75	-2,66 ± 1,72	-4,08 ± 1,50	-2,75 ± 2,33
M₃	-1,83 ± 0,72	-1,72 ± 1,14	-1,59 ± 1,39	-0,96 ± 1,27	-1,64 ± 1,31	-1,41 ± 1,48	-1,85 ± 0,91	-2,35 ± 1,49

4.2.4 Análise dos resultados de Delta L (ΔL)

Tabela 33. Resumo da análise de variância para delta L (ΔL)

Measure: MEASURE_1					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tempo	116,435	3	38,812	83,911	0,001*
Material x Tempo	20,279	6	3,380	7,307	0,001*
Solução x Tempo	1,167	3	0,389	0,841	0,473 ^{ns}
Material x Solução x Tempo	6,755	6	1,126	2,434	0,028*
Error(Tempo)	74,931	162	0,463		
Material	7,762	2	3,881	0,891	0,416 ^{ns}
Solucao	7,011	1	7,011	1,610	0,210 ^{ns}
Material x Solucao	21,664	2	10,832	2,488	0,093 ^{ns}
Error	235,097	54	4,354		

* significativa ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$)

ns - não significativo ($p > 0.05$)

Verificou-se que houve significância estatística do fator Tempo ($p < 0,001$) quando analisado isoladamente e para as interações Material x Tempo ($p < 0,001$) e Tempo x Material x Solução ($p = 0,028$). Ao passo que os fatores Material e Solução e a interação Material x Solução não obtiveram efeito estatisticamente significativo de acordo com a Tabela 33. O teste complementar de Tukey foi aplicado, a fim de identificar as diferenças.

Para melhor visualização dos resultados foram montadas as seguintes tabelas de médias:

a) Fator Material

O fator Material não apresentou diferença estatisticamente significativa sobre o ΔL . Na Tabela 34 constam as médias para os diferentes materiais de estudo.

Tabela 34. Médias de delta L (ΔL) do fator Material

M ₁	M ₂	M ₃
0,39 ± 1,19	0,60 ± 0,88	0,16 ± 1,48

b) Fator Solução

Este fator, quando analisado isoladamente, não teve efeito significativo sobre a variável de estudo. Médias para ΔL na Tabela 35.

Tabela 35. Médias de delta L (ΔL) do fator solução

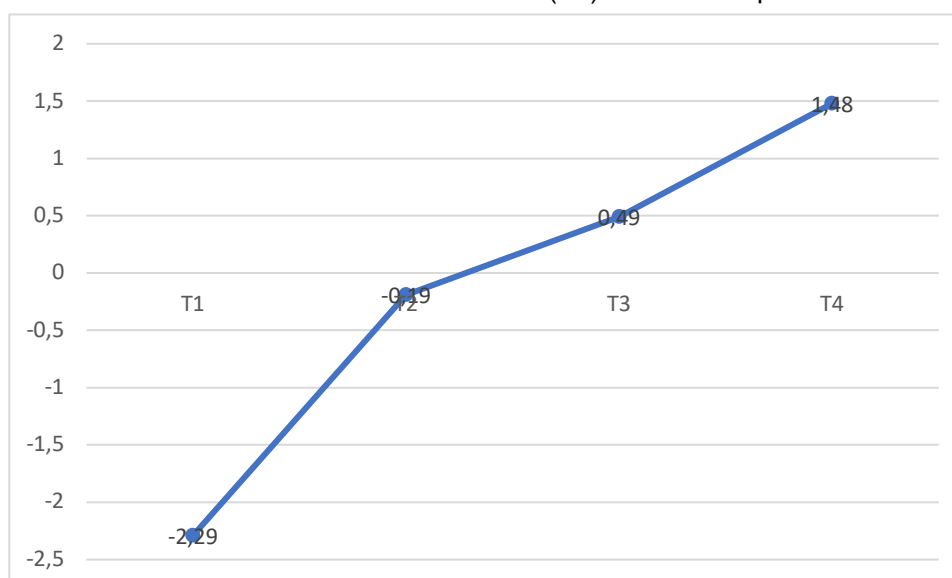
S ₁	S ₂
0,55 ± 1,21	0,21 ± 1,26

c) Fator Tempo

O fator Tempo teve efeito estatisticamente significativo quando analisado isoladamente. Na Tabela 36 de médias de ΔL , verifica-se que as médias no tempo T₁ e T₂, respectivamente, foram estatisticamente menores que em T₃ ($p < 0,001$) e em T₄ ($p < 0,001$). No tempo T₃ a média foi estatisticamente menor que T₄ ($p < 0,001$).

Tabela 36. Médias de delta L (ΔL) do fator Tempo

T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
-2,29 ± 1,49a	-0,19 ± 1,09a	0,49 ± 1,16b	1,48 ± 1,24c

Gráfico 17. Médias de delta L (ΔL) do fator Tempo**d) Interação Material x Tempo**

A interação dos fatores Material x Tempo foi estatisticamente significativa. Na análise da Tabela 37 de médias, no sentido das linhas, comparando os materiais para o mesmo tempo é possível verificar que nos tempos de 7 dias (T₁) 14 dias (T₂) e 21 dias (T₃), não houve diferença entre os materiais. No tempo de 3 anos (T₄) os materiais M₁ ($p = 0,001$) e M₂ ($p = 0,003$) apresentaram médias estatisticamente maiores que M₃.

No sentido das colunas o material M₁, no tempo T₁ apresentou média igual a T₂ (p=0,991); e menor média que T₃ (p=0,001) e T₄ (p<0,001). No tempo T₂ apresentou menor média que T₃ (p=0,010) e T₄ (p<0,001). Já no tempo T₃ teve menor média que T₄ (p<0,001).

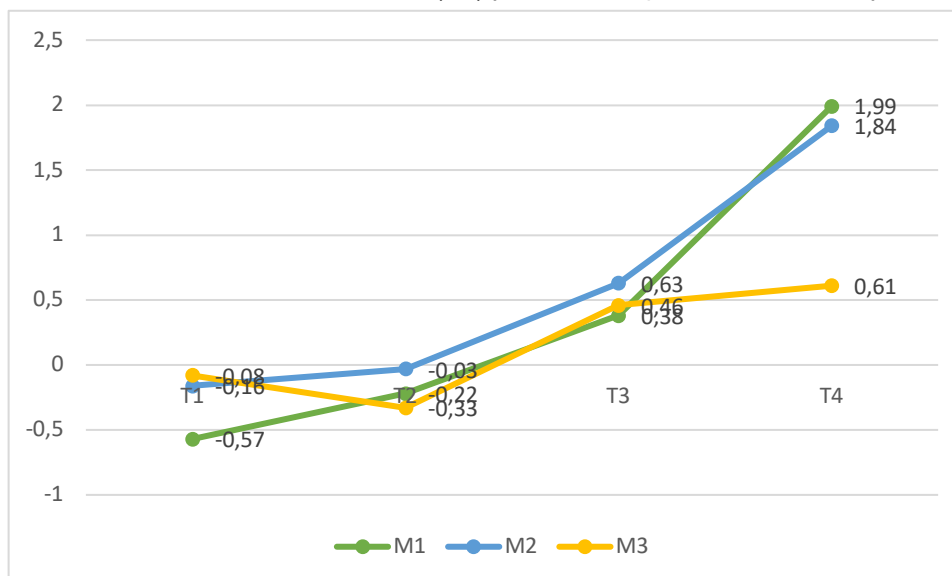
O material M₂, no tempo T₁ apresentou média igual ao T₂ (p=1,000), e menor média que nos tempos T₃ (p=0,046) e T₄ (p<0,001). No tempo T₂ a media foi menor que T₃ (p=0,003) e T₄ (p<0,001). No T₃ apresentou menor média que T₄ (p<0,001).

O M₃, no tempo T₁ apresentou média iguais a T₂ (p=1,000), T₃ (p=0,145) e T₄ (p=0,063), no tempo T₂ foi menor que T₃ (p<0,001) e T₄ (p<0,001). E em T₃ foi igual que no tempo T₄ (p=1,000).

Tabela 37. Médias de delta L (ΔL) para a Interação Material x Tempo

	M ₁	M ₂	M ₃
T ₁	-0,57 ± 1,44aA	-0,16 ± 0,93aA	-0,08 ± 1,95aA
T ₂	-0,22 ± 0,98aA	-0,03 ± 0,74aA	-0,33 ± 1,46aAB
T ₃	0,38 ± 1,27aB	0,63 ± 0,97aB	0,46 ± 1,27aAC
T ₄	1,99 ± 1,10aC	1,84 ± 0,88aC	0,61 ± 1,27bAC

Gráfico 18. Médias de delta L (ΔL) para a Interação Material x Tempo



e) Interação Solução x Tempo

A interação dos fatores Tempo x Solução não foi estatisticamente significativa. Tabela 38 de médias.

Tabela 38. Médias de L (ΔL) da Interação Solução x Tempo

	S ₁	S ₂
T ₁	-0,06 ± 1,51	-0,39 ± 1,49
T ₂	0,02 ± 1,09	-0,41 ± 1,06
T ₃	0,73 ± 1,00	0,25 ± 1,27
T ₄	-1,54 ± 1,25	1,42 ± 1,25

f) Interação Material x Solução

A interação dos fatores Material x Solução não foi estatisticamente significante. Tabela 39 de médias.

Tabela 39. Médias de delta L (ΔL) para a Interação Solução x Material

	M ₁	M ₂	M ₃
S ₁	0,93 ± 0,88	0,76 ± 0,80	-0,02 ± 1,57
S ₂	0,08 ± 1,20	0,44 ± 0,92	0,35 ± 1,42

g) Interação Tempo x Material x Solução

A interação dos fatores Material x Solução x Tempo foi estatisticamente significante. Na análise da tabela 40, o comportamento dos materiais, e com relação a Delta L em função do tempo, sob ação do ácido (S₁), verificou-se que nos tempos T₁, T₂ e T₃ não houve diferença entre os materiais. No T₄ o material M₃ apresentou menor média que M₁ e M₂, estes por sua vez não apresentaram diferença. Para a saliva no tempo T₁, M₁ apresentou menor média que M₃; já nos tempos T₂, T₃ e T₄ não houve diferença de comportamento entre os materiais.

Foi analisado o efeito da ação do ácido comparado à solução controle nos diferentes tempos de estudo, para cada material. Para M₁ nos tempos T₁ (p= 0,006) e T₂ (p= 0,050) o ácido determinou maior média que a saliva (controle); já nos tempos T₃ e T₄ não houve diferença entre as soluções. Constatou-se que para os materiais M₂ e M₃, respectivamente. Nos tempos T₁, T₂, T₃ e T₄ não houve diferença estatisticamente significante entre as soluções.

Foi analisado o efeito do Tempo na ação do ácido, assim como na solução controle para cada material. Para o material M₁, submetido à ação do ácido (S₁), o tempo T₄ determinou maior média que T₁, T₂ e T₃ (p<0,001), respectivamente, enquanto que para S₂, no tempo T₄ apresentou maior média que em T₁, T₂ e T₃ (p<0,0001). No entanto, no tempo T₃ a média foi maior que em T₁ (p=0,0001).

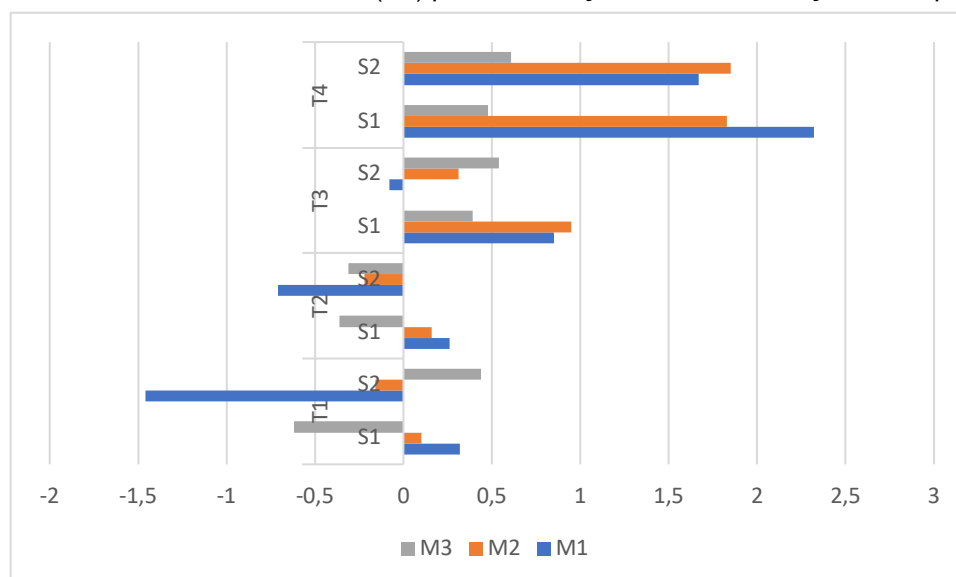
Para o material M_2 o ácido (S_1), no tempo T_4 apresentou maior média que em T_1 ($p < 0,001$), T_2 ($p < 0,001$) e T_3 ($p = 0,001$), já em T_3 , a média foi maior que T_2 ($p = 0,021$).

O M_3 submetido ao ácido (S_1) no T_1 , apresentou menor média que T_3 ($p = 0,025$) e T_4 ($p = 0,030$), no tempo T_2 , quando comparado com T_3 ($p = 0,030$) e T_4 ($p = 0,006$), respectivamente, as médias foram menores. Em S_2 , o tempo T_2 apresentou menor média que T_3 ($p = 0,009$) e T_4 ($p < 0,001$), respectivamente.

Tabela 40. Médias de delta L (ΔL) para a Interação Material x Solução x Tempo

	T ₁		T ₂		T ₃		T ₄	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
M₁	0,32 ± 1,26	-1,46 ± 1,01	0,26 ± 0,73	-0,71 ± 0,98	0,85 ± 0,81	-0,08 ± 1,50	2,32 ± 0,73	1,67 ± 1,34
M₂	0,10 ± 0,85	-0,16 ± 1,02	0,16 ± 0,74	-0,22 ± 0,72	0,95 ± 0,61	0,31 ± 1,17	1,83 ± 1,01	1,85 ± 0,77
M₃	-0,62 ± 2,11	0,44 ± 1,72	-0,36 ± 1,58	-0,31 ± 1,41	0,39 ± 1,41	0,54 ± 1,18	0,48 ± 1,20	0,61 ± 1,38

Gráfico 19. Médias de delta L (ΔL) para a Interação Material x Solução x Tempo



4.3 Análise dos resultados de Microdureza superficial

Os dados de Microdureza superficial (VHN) foram agrupados e submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e demonstrou que a distribuição da amostra foi normal ($p > 0,05$). Foi aplicado o teste Análise de Variância, cujos resultados constam na Tabela 41.

Tabela 41. Resumo da análise de variância para microdureza superficial

Tests of Within-Subjects Effects					
Measure: MEASURE_1					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Material	4347,313	2	2173,656	23,138	<0,001*
Solução	684,030	1	684,030	7,281	0,009*
Material x Solução	7,117	2	3,559	0,038	0,963 ^{ns}
Error	5072,858	54	93,942		
Tempo	949,635	4	237,409	13,713	<0,001*
Material x Tempo	1016,257	8	127,032	7,338	<0,001*
Solução x Tempo	669,186	4	167,296	9,663	<0,001*
Material x Solução x Tempo	126,192	8	15,774	0,911	0,508 ^{ns}
Error(Tempo)	3739,542	216	17,313		

* significante ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

ns - não significante ($p > 0,05$)

Verificou-se que houve significância estatística dos fatores Material ($p < 0,001$), Solução ($p = 0,009$) e Tempo ($p < 0,001$), quando analisados isoladamente, e para as interações Material x Tempo ($p < 0,001$) e Solução x Tempo ($p < 0,001$). As interações Material x Solução ($p = 0,963$) e Material x Solução x Tempo ($p = 0,508$) não foram significantes.

Para identificar as diferenças foi aplicado o teste complementar de Tukey.

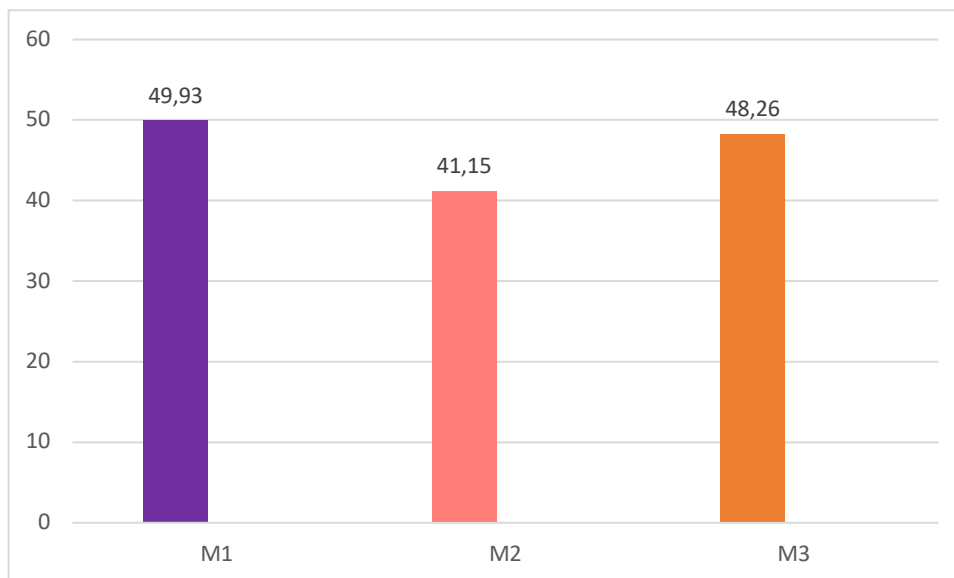
Para melhor visualização dos resultados foram montadas as seguintes tabelas de médias:

a) Fator Material

É possível verificar que o material M_2 apresentou média estatisticamente menor que M_1 ($p < 0,001$) e M_3 ($p < 0,001$) como apresentado na Tabela 42.

Tabela 42. Médias de microdureza superficial (VHN) do fator Material

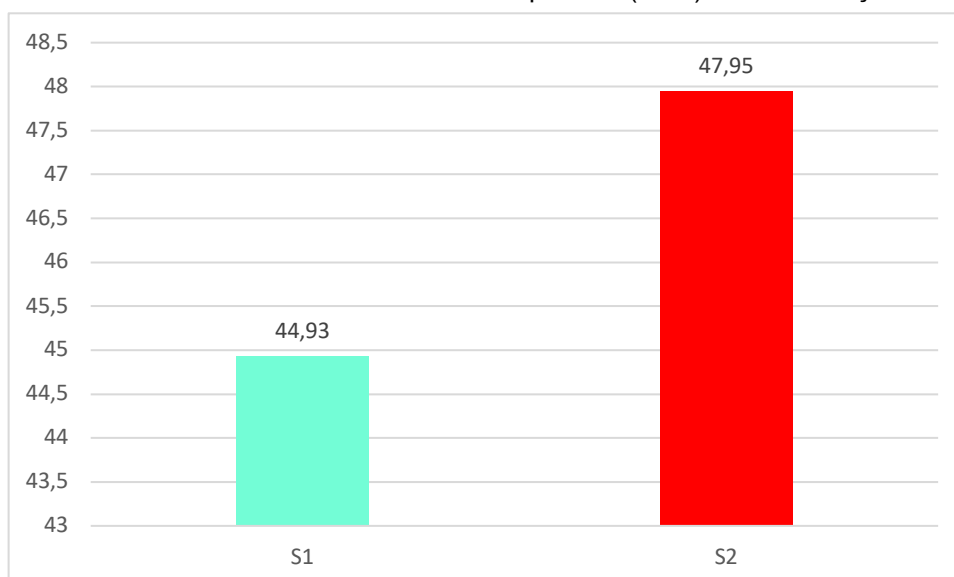
M_1	M_2	M_3
49,93 ± 5,00	41,15 ± 6,25	48,26 ± 6,40

Gráfico 20. Médias de microdureza superficial (VHN) do fator Material**b) Fator Solução**

De acordo com a Tabela 43, a Solução de ácido (S_1) apresentou média estatisticamente menor que a Saliva artificial (S_2) ($p=0,009$).

Tabela 43. Médias de microdureza superficial (VHN) do fator solução

S_1	S_2
$44,93 \pm 7,09$	$47,95 \pm 6,82$

Gráfico 21. Médias de microdureza superficial (VHN) do fator solução

c) Fator Tempo

O fator Tempo teve efeito estatisticamente significativo sobre a microdureza. Analisando a Tabela 44, para este fator verificou-se que T_0 apresentou média estatisticamente menor que T_1 ($p < 0,001$) e T_4 ($p = 0,012$), e o T_1 apresentou média maior que T_2 ($p = 0,001$) e T_3 ($p < 0,001$).

Tabela 44. Médias de microdureza superficial (VHN) do fator Tempo

T_0 48h	T_1 7d	T_2 14d	T_3 21d	T_4 3a
$44,3 \pm 7,09$	$49,37 \pm 7,16$	$46,11 \pm 8,15$	$45,08 \pm 5,87$	$47,35 \pm 7,91$

Gráfico 22. Médias de microdureza superficial (VHN) do fator Tempo



d) Interação Material x Tempo

A interação do fator Material x Tempo foi estatisticamente significativa. Na análise da Tabela 45 de médias, no sentido das linhas, comparando os materiais para o mesmo tempo é possível verificar que no tempo de 48 horas (T_0), o M_1 apresentou média estatisticamente maior que M_2 ($p < 0,001$) e M_3 ($p = 0,200$); M_2 e M_3 ($p = 0,022$) foram semelhantes entre si.

No tempo de 7 dias (T_1), o material M_2 apresentou médias estatisticamente menores que M_1 ($p < 0,001$) e M_3 ($p = 0,003$); M_1 e M_3 ($p = 1,000$) foram iguais entre si. No tempo de 14 dias (T_2), o M_1 foi estatisticamente maior que M_3 e M_2 , e M_3 maior que M_2 ($p < 0,001$).

No tempo de 21 dias, os materiais M₁ e M₃ apresentaram maiores médias que M₂ ($p < 0,001$), já para o material M₁ a média foi estatisticamente igual a M₃ ($p = 1,000$). E no tempo de 3 anos (T₄), o material M₁ apresentou maior média que M₂ ($p = 0,011$), M₃ foi maior que M₁ ($p = 0,049$) e M₂ ($p < 0,001$).

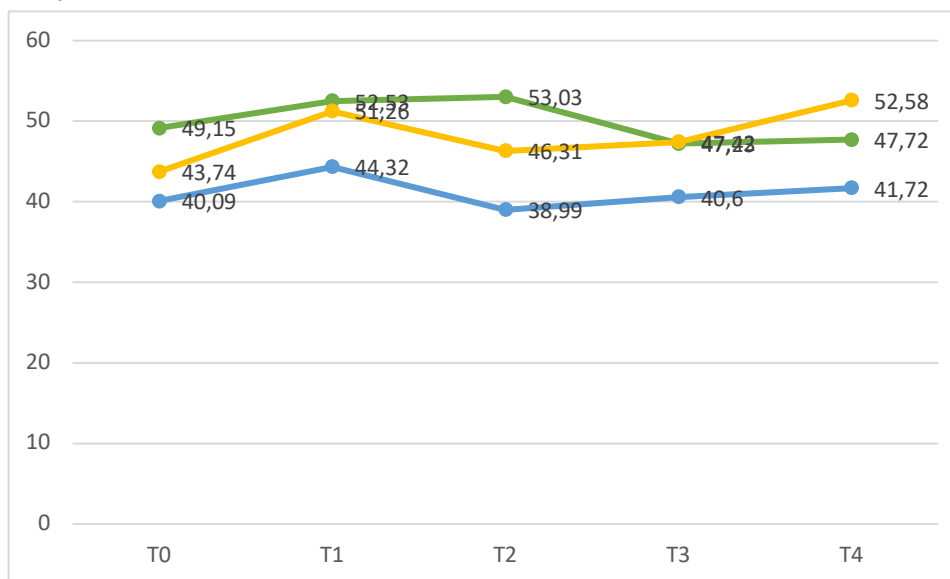
No sentido das colunas o material M₁, no tempo T₀ apresentou menor média que T₂ ($p = 0,047$), no T₁ apresentou maior média que T₃ ($p = 0,001$) e T₄ ($p = 0,024$). No T₂ teve maior média que T₃ ($p < 0,001$) e T₄ ($p = 0,006$).

O material M₂, no tempo T₁ apresentou maior média que nos tempos T₀ ($p = 0,007$), T₂ ($p = 0,002$) e T₃ ($p = 0,007$). O M₃ no tempo de 3 anos (T₄) apresentou média estatisticamente maior que T₀ ($p < 0,001$), T₂ ($p = 0,001$) e T₃ ($p = 0,003$) e igual a T₁. O tempo T₁ foi maior que T₀ ($p < 0,001$), T₂ ($p = 0,005$) e T₃ ($p = 0,034$), no T₃ a média foi maior que T₀ ($p = 0,020$).

Tabela 45. Médias de microdureza superficial (VHN) para a Interação Material x Tempo

	M ₁	M ₂	M ₃
T ₀	49,15 ± 6,47	40,09 ± 6,35	43,74 ± 5,51
T ₁	52,53 ± 3,94	44,32 ± 7,23	51,26 ± 7,11
T ₂	53,03 ± 5,60	38,99 ± 5,31	46,31 ± 6,56
T ₃	47,23 ± 2,76	40,60 ± 5,34	47,42 ± 6,26
T ₄	47,72 ± 6,27	41,72 ± 7,04	52,58 ± 6,60

Gráfico 23. Médias de microdureza superficial (VHN) para a Interação Material x Tempo



e) Interação Tempo x Solução

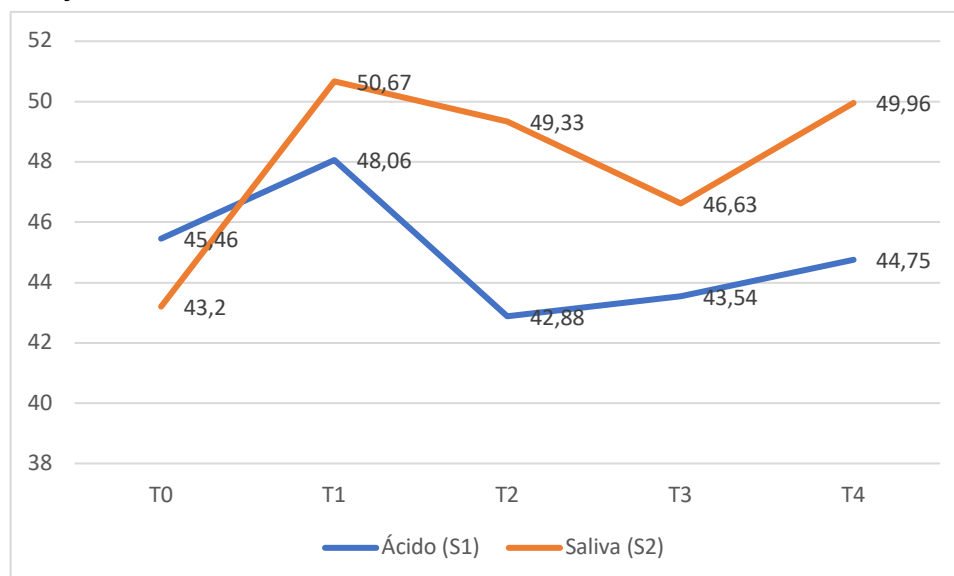
De acordo com a análise de Variância, esta interação dos fatores Tempo x Solução foi estatisticamente significativa ($p < 0,001$). Comparando as médias das Soluções no mesmo Tempo, verificou-se que em T_0 ($p = 0,161$) e T_1 ($p = 0,111$), respectivamente, não houve diferença entre as soluções. Nos tempos de 14 dias (T_2) ($p < 0,001$), 21 dias (T_3) ($p = 0,017$) e 3 anos (T_4) ($p = 0,002$) a saliva apresentou maiores médias que o ácido.

No sentido das colunas, comparando o efeito das soluções nas médias de microdureza obtidas nos diferentes tempos, verificou-se que a saliva (S_2) no tempo de 48 horas (T_0) determinou menor média que nos tempos de 7 dias (T_1) ($p < 0,001$), 14 dias (T_2) ($p < 0,001$), 21 dias (T_3) ($p = 0,005$), e 3 anos (T_4) ($p < 0,001$). No tempo de 21 dias (T_3) as médias foram menores que aos 7 dias (T_1) ($p = 0,002$), 14 dias (T_2) ($p = 0,020$) e 3 anos (T_4) ($p = 0,038$).

Para a solução de ácido (S_1) verificou-se que no tempo de 7 dias (T_1) a média foi estatisticamente maior que nos tempos de 14 (T_2) ($p < 0,001$) e 21 dias (T_3) ($p < 0,001$). Tais resultados podem ser melhor observados no gráfico 24.

Tabela 46. Médias de microdureza superficial (VHN) da Interação Tempo x Solução

	Ácido (S_1)	Saliva (S_2)
T_0	45,46 ± 7,78	43,20 ± 6,26
T_1	48,06 ± 7,78	50,67 ± 6,35
T_2	42,88 ± 6,51	49,33 ± 8,44
T_3	43,54 ± 5,59	46,63 ± 5,83
T_4	44,75 ± 7,80	49,96 ± 7,24

Gráfico 24. Médias de microdureza superficial (VHN) da Interação Tempo x Solução

f) Interação Material x Solução

Esta interação dos fatores Material x Solução não foi estatisticamente significativa, o que significa que não se observou efeito sobre a microdureza superficial. Estes resultados podem ser melhor observados na Tabela 47 de médias.

Tabela 47. Médias de microdureza superficial (VHN) para a Interação Material x Solução

	M ₁	M ₂	M ₃
S ₁	48,24 ± 4,79	39,62 ± 5,73	46,47 ± 6,35
S ₂	51,62 ± 4,06	34,28 ± 5,99	49,57 ± 5,97

f) Interação Material x Solução x Tempo

A interação dos fatores Material x Solução x tempo não foi estatisticamente significativa.

Tabela 48. Médias de microdureza superficial (VHN) para a Interação Material x Solução x Tempo

	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃		T ₄	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
M ₁	49,61 ± 8,12	48,70 ± 4,68	52,16 ± 3,15	52,90 ± 4,75	48,96 ± 3,99	57,10 ± 3,67	45,94 ± 2,84	48,52 ± 2,09	44,55 ± 5,89	50,89 ± 5,11
M ₂	41,83 ± 7,36	38,36 ± 4,92	41,83 ± 7,36	46,82 ± 6,50	36,43 ± 4,18	41,55 ± 5,24	39,40 ± 5,35	41,80 ± 5,34	38,64 ± 4,42	44,88 ± 7,98
M ₃	44,94 ± 6,39	42,54 ± 4,49	50,21 ± 7,99	52,31 ± 6,35	43,27 ± 3,95	49,36 ± 7,39	45,28 ± 5,94	49,57 ± 6,10	51,06 ± 7,50	54,11 ± 5,53

4.4 Análise dos resultados de Microdureza Profundidade do Terço Médio (P2)

Os dados de Microdureza de profundidade do terço médio foram agrupados e submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e observou-se que a distribuição da amostra foi normal ($p > 0,05$). O teste Análise de Variância foi aplicado para a variável em função dos fatores de variação Tempo, Fonte e Material (Tabela 49).

Tabela 49. Resumo da análise de variância para microdureza de profundidade (VHN) do terço médio

Tests of Within-Subjects Effects					
Measure: MEASURE_1					
Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Tempo	421,427	3	140,476	6,951	<0,001*
Material x Tempo	276,929	6	46,155	2,284	0,037*
Fonte x Tempo	330,933	6	55,155	2,729	0,014*
Material x Fonte x Tempo	359,293	12	29,941	1,482	0,131 ^{ns}
Error(Tempo)	4910,778	243	20,209		
Material	1068,783	2	534,391	10,799	<0,001*
Fonte	44,848	2	22,424	0,453	0,637 ^{ns}
Material x Fonte	531,126	4	132,781	2,683	0,037*
Error	4008,181	81	49,484		

* significante ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

ns - não significativo ($p > 0,05$)

Verificou-se que houve significância estatística dos fatores Tempo ($p < 0,001$) e Material ($p < 0,001$), quando analisados isoladamente, e para as interações Material x Tempo ($p = 0,037$), Fonte x Tempo ($p = 0,014$) e Material x Fonte ($p = 0,037$) de acordo com a Tabela 49. O teste complementar de Tukey foi aplicado para identificar as diferenças.

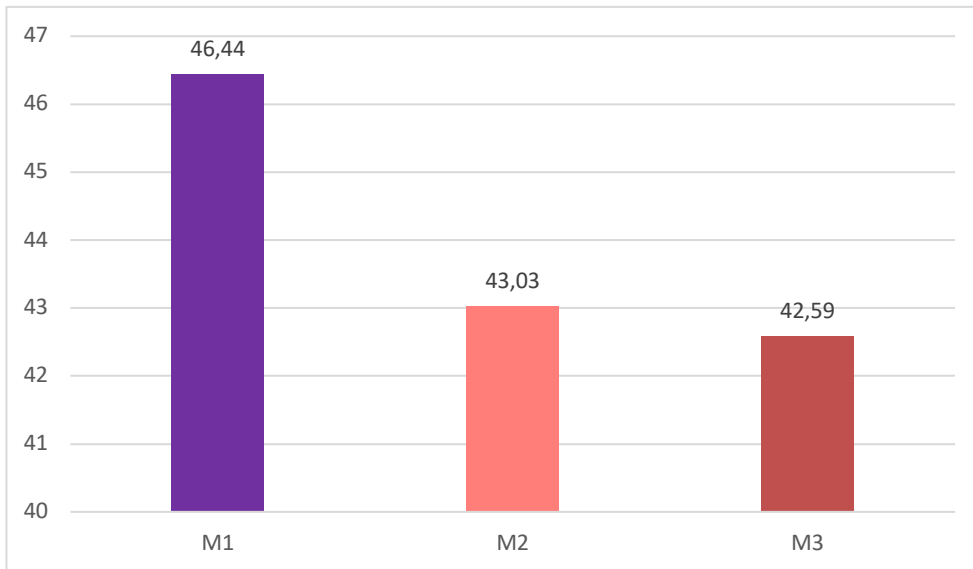
Para melhor visualização dos resultados foram montadas as seguintes tabelas de médias:

a) Fator Material

O fator Material teve efeito significativo sobre a microdureza de profundidade. O material M_1 apresentou médias estatisticamente maiores que M_2 ($p = 0,001$) e M_3 ($p < 0,001$) (Tabela 50).

Tabela 50. Médias de profundidade do terço médio (VHN) do fator Material

M_1	M_2	M_3
46,44 ± 5,84	43,03 ± 4,90	42,59 ± 5,78

Gráfico 25. Médias de Médias de profundidade do terço médio (VHN) do fator Material**b) Fator Fonte**

De acordo com a Tabela 51, este fator não teve efeito estatisticamente significativo sobre a microdureza de profundidade do terço médio.

Tabela 51. Médias de microdureza de profundidade do terço médio (VHN) do fator fonte

F ₁	F ₂	F ₃
44,45 ± 5,63	43,58 ± 5,35	44,04 ± 5,86

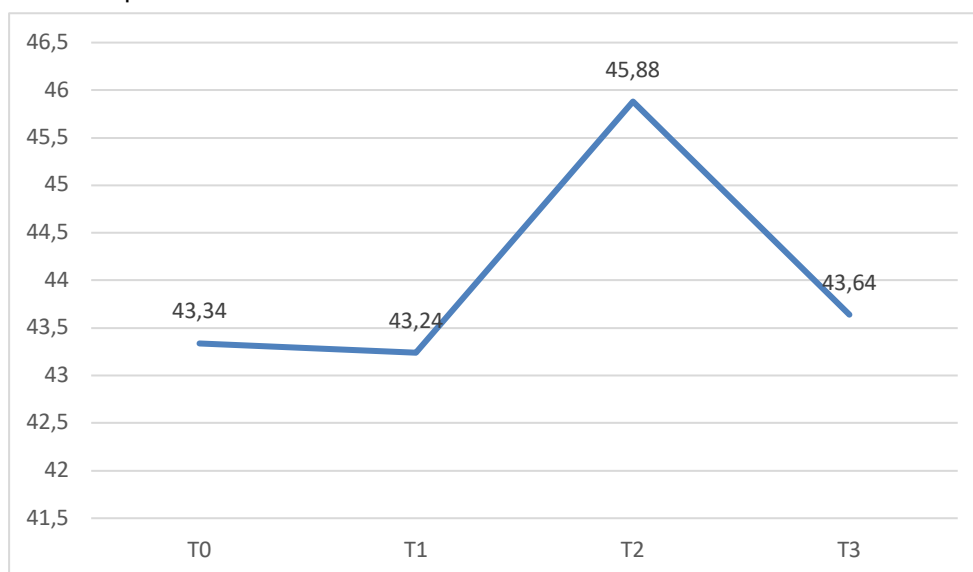
c) Fator Tempo

O fator tempo teve efeito estatisticamente significativo sobre a variável de estudo. Analisando a Tabela 52 de médias de microdureza para o fator Tempo, verifica-se que as médias o tempo de 14 dias apresentou valores estatisticamente maiores que 48 horas ($p=0,002$), 7 dias ($p=0,002$) e 21 dias ($p=0,009$).

Tabela 52. Médias de microdureza de profundidade do terço médio (VHN) do fator Tempo

T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
43,34 ± 5,46	43,24 ± 5,55	45,88 ± 6,00	43,64 ± 5,73

Gráfico 26. Médias de microdureza de profundidade do terço médio (VHN) do fator Tempo



d) Interação Material x Tempo

A interação Material x Tempo foi estatisticamente significativa. Na análise da Tabela 53 de médias, no sentido das linhas, comparando os materiais para o mesmo tempo é possível verificar que no tempo de 48 horas (T_0), o M_1 apresentou média estatisticamente maior que M_2 ($p < 0,001$).

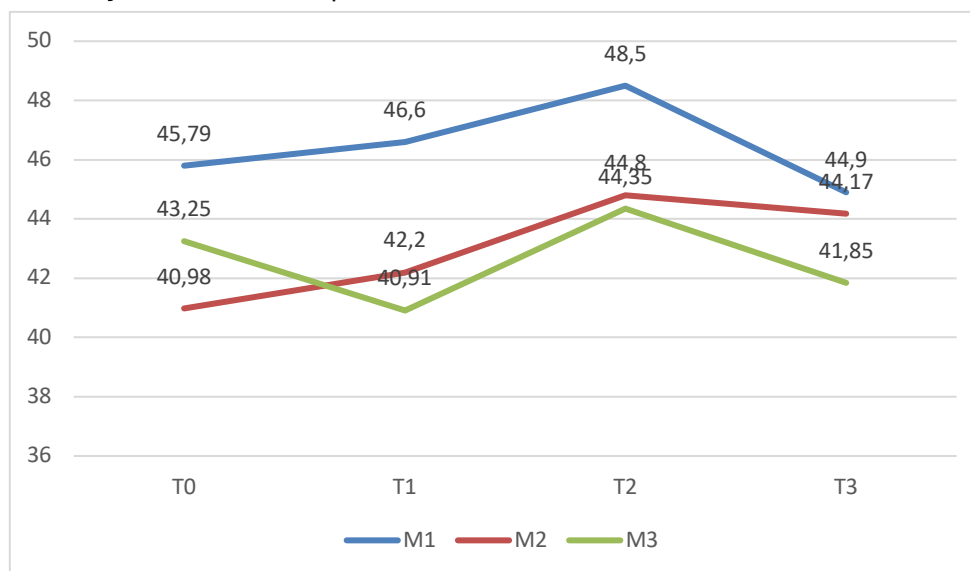
No tempo de 7 dias (T_1), o material M_1 apresentou média estatisticamente maior que M_2 ($p = 0,003$) e M_3 ($p < 0,001$). No tempo de 14 dias (T_2), o M_1 foi estatisticamente maior que M_2 ($p = 0,050$) e M_3 ($p = 0,022$). No tempo de 21 dias, não houve diferença entre os materiais.

No sentido das colunas o material M_1 , no tempo T_2 apresentou maior média que T_3 ($p = 0,018$). O material M_2 , no tempo T_0 apresentou menor média que no tempo T_2 ($p = 0,010$) e T_3 ($p = 0,026$). O M_3 no tempo de 14 dias (T_2) apresentou média estatisticamente maior que T_1 ($p = 0,042$).

Tabela 53. Médias de microdureza de profundidade do terço médio (VHN) para a Interação Material x Tempo

	M_1	M_2	M_3
T_0	45,79 ± 6,21	40,98 ± 4,57	43,25 ± 4,48
T_1	46,60 ± 5,00	42,20 ± 4,70	40,91 ± 5,39
T_2	48,50 ± 6,00	44,80 ± 5,73	44,35 ± 5,55
T_3	44,90 ± 6,17	44,17 ± 4,61	41,85 ± 6,01

Gráfico 27. Médias de microdureza de profundidade do terço médio (VHN) para a Interação Material x Tempo

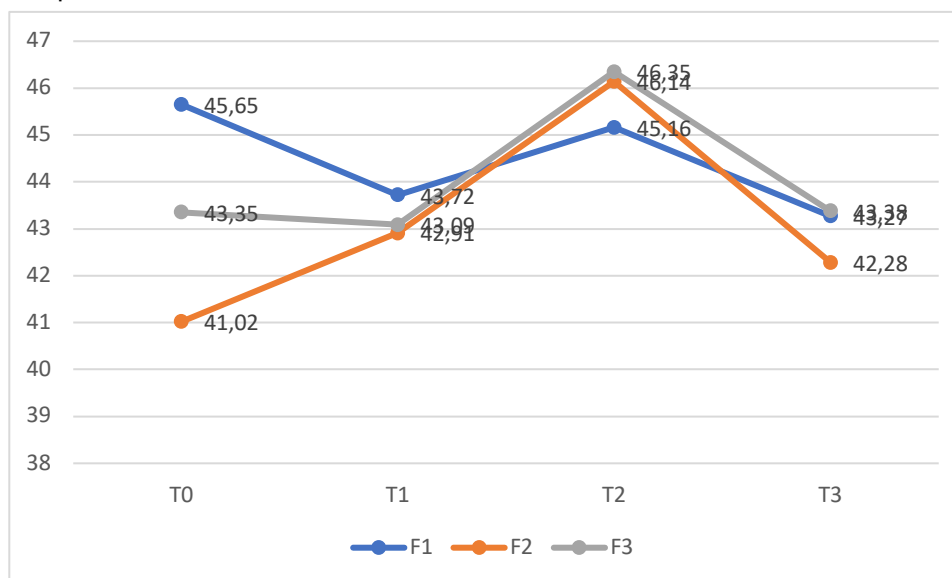


e) Interação Fonte x Tempo

De acordo com a análise de Variância, esta interação dos fatores Fonte x Tempo foram estatisticamente significantes sobre a variável de estudo. No sentido das linhas verificou-se que no período de 48 horas (T_0) a lâmpada F_2 proporcionou menor média de microdureza que F_1 ($p=0,001$). Os resultados de F_1 e F_2 ($p=0,164$) não foram diferentes de F_3 ($p=0,177$). Nos tempos de 7 dias (T_1), 14 dias (T_2) e 21 dias (T_3) não houve diferença entre as fontes. No sentido das colunas a fonte F_1 não apresentou diferença entre os tempos. Na F_2 , o tempo de 48 horas (T_0) apresentou média estatisticamente menor que T_2 ($p<0,001$) e T_3 ($p<0,021$). Na fonte F_3 não houve diferença entre os tempos.

Tabela 54. Médias de profundidade do terço médio (VHN) da Interação Fonte x Tempo

	F_1	F_2	F_3
T_0	$45,65 \pm 5,16$	$41,02 \pm 5,61$	$43,35 \pm 4,71$
T_1	$43,72 \pm 6,15$	$42,91 \pm 5,40$	$43,09 \pm 5,22$
T_2	$45,16 \pm 6,07$	$46,14 \pm 4,77$	$46,35 \pm 7,06$
T_3	$43,27 \pm 5,14$	$42,28 \pm 5,65$	$43,38 \pm 6,45$

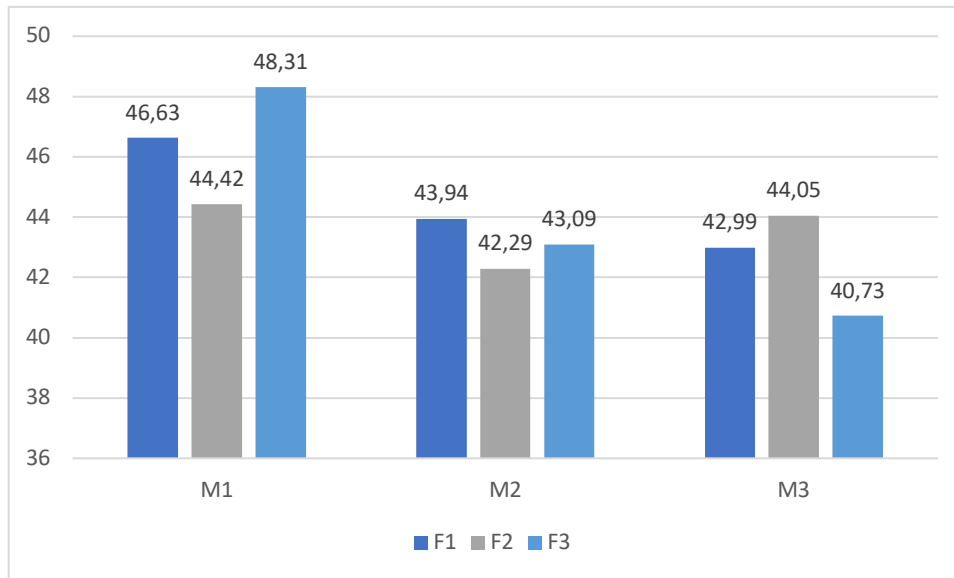
Gráfico 28. Médias de profundidade do terço médio (VHN) da Interação Fonte x Tempo

f) Interação Material x Fonte

A interação Material x Fonte foi estatisticamente significativa. Na análise da Tabela 55 de médias de microdureza de profundidade, no sentido das linhas, verificou-se que tanto para a fonte F₁ e F₂ não houve diferenças entre os materiais. Por outro lado, para a fonte F₃, M₁ apresentou maior microdureza que M₂ (p=0,004) e M₃ (p=0,001); enquanto M₂ apresentou média de microdureza igual a M₃ (p=0,409). No sentido das colunas verificou-se que para o M₁, a fonte F₂ apresentou menor média que F₃ (p=0,047), enquanto que para os materiais M₂ e M₃, respectivamente, não há diferença entre as fontes. Estes resultados estão descritos tabela 55 e ilustrados no gráfico 30.

Tabela 55. Médias de profundidade do terço médio (VHN) para a Interação Material x Fonte

	M ₁	M ₂	M ₃
F ₁	46,63 ± 5,59	43,94 ± 4,76	42,99 ± 4,89
F ₂	44,42 ± 6,06	42,29 ± 5,14	44,05 ± 3,45
F ₃	48,31 ± 4,28	43,09 ± 3,93	40,73 ± 6,33

Gráfico 29. Médias de profundidade do terço médio (VHN) para a Interação Material x Fonte

f) Interação Material x Fonte X Tempo

A interação dos fatores Material x Fonte x Tempo não foi estatisticamente significativa (Tabela 56).

Tabela 56. Médias de microdureza profundidade terço médio (VHN) para a Interação Material x tempo x Tempo

	T ₀			T ₁			T ₂			T ₃		
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃
M ₁	49,36±4,44	40,85±7,24	47,18±2,98	45,14±5,23	47,00±6,10	47,68±3,52	47,79±6,99	47,22±5,19	50,51±5,78	44,26±7,10	42,61±5,71	47,84±4,85
M ₂	42,38±5,88	38,66±3,02	41,90±3,80	45,09±4,81	39,52±3,95	42,00±3,87	43,35±5,48	46,03±6,31	45,03±5,64	44,11±2,89	44,96±7,28	43,46±2,41
M ₃	45,22±2,08	43,55±5,18	40,99±4,83	40,95±7,65	42,21±3,03	39,59±4,71	44,36±5,29	45,18±2,09	43,51±8,07	41,44±4,57	45,29±3,53	38,84±7,72

4.4.1 Análise dos resultados de Microdureza Profundidade do Terço Profundo (P3)

Os dados de Microdureza de profundidade do terço profundo foram agrupados e submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e demonstrou que a distribuição da amostra foi normal ($p > 0.05$). Foi aplicado o teste Análise de Variância em função dos fatores de variação Tempo, Fonte e Material (Tabela 57).

Tabela 57. Resumo da análise de variância para microdureza de profundidade do terço profundo (VHN)

Tests of Within-Subjects Effects					
Measure: MEASURE_1					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tempo	415,381	3	138,460	6,004	0,001*
Material x Tempo	216,798	6	36,133	1,567	0,157 ^{ns}
Fonte x Tempo	324,090	6	54,015	2,342	0,032*
Material x Fonte x Tempo	476,799	12	39,733	1,723	0,063 ^{ns}
Error(tempo)	5603,455	243	23,059		
Material	1037,114	2	518,557	9,633	<0,001*
Fonte	63,962	2	31,981	0,594	0,554 ^{ns}
Material x Fonte	575,130	4	143,782	2,671	0,038*
Error	4360,487	81	53,833		

* significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$)

ns - não significativo ($p > 0.05$)

Os fatores Tempo ($p=0,001$) e Material ($p<0,001$), quando analisados isoladamente e as interações Fonte x Tempo ($p=0,032$) e Material x Fonte ($p=0,038$) tiveram efeito estatisticamente significantes sobre a microdureza na profundidade do terço profundo, de acordo com a Tabela 57.

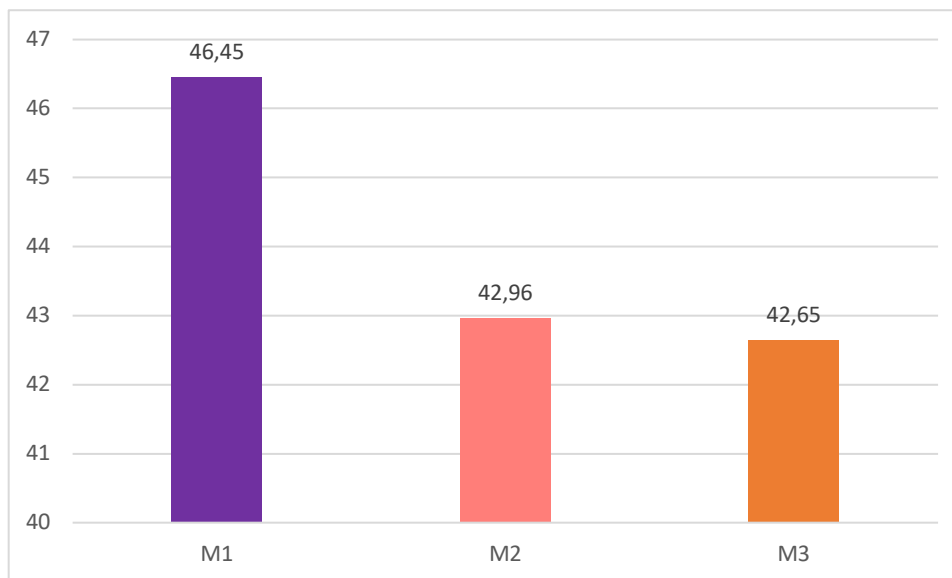
Para melhor visualização dos resultados foram montadas as seguintes tabelas de médias e gráficos:

a) Fator Material

O fator Material foi estatisticamente significativo e verificou-se que o material M_1 apresentou média estatisticamente maior que M_2 ($p=0,001$) Entretanto M_2 não mostrou diferença quando comparado com o M_3 Tabela 58.

Tabela 58. Médias de profundidade do terço profundo (VHN) do fator Material

M_1	M_2	M_3
46,45±5,12	42,96±5,41	42,65±5,08

Gráfico 30. Médias de profundidade do terço profundo (VHN) do fator Material

b) Fator Fonte

O fator fonte não teve efeito estatisticamente significativo sobre a variável de estudo (Tabela 59).

Tabela 59. Médias de microdureza de profundidade do terço profundo (VHN) do fator Fonte

F ₁	F ₂	F ₃
44,74±5,45	43,54±5,08	43,78±5,09

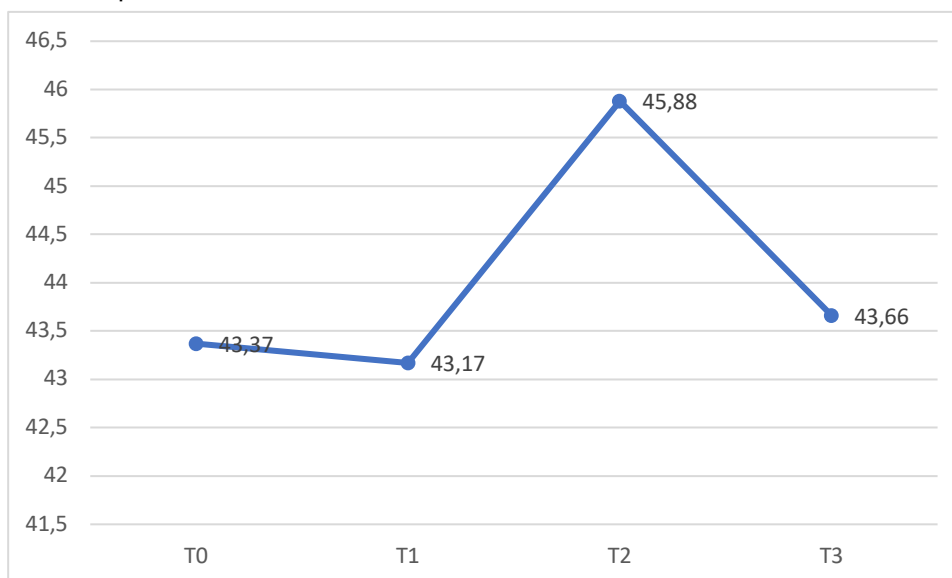
c) Fator Tempo

O fator tempo foi estatisticamente significativo. Analisando-se a Tabela 60, foi possível verificar que no tempo de 14 (T₂) dias a média foi estatisticamente maior que no tempo de 48 horas (T₀) (p=0,004), 7 dias (T₁) (p=0,005) e 21 dias (T₃) (p=0,013) (Tabela 60).

Tabela 60. Médias de microdureza de profundidade do terço profundo (VHN) do fator Tempo

T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
43,37±4,54	43,17±5,39	45,88±5,23	43,66±5,64

Gráfico 31. Médias de microdureza de profundidade do terço profundo (VHN) do fator Tempo



d) Interação Material x Tempo

A interação dos fatores Material x Tempo não foi estatisticamente significativa (Tabela 61).

Tabela 61. Médias de microdureza de profundidade do terço profundo (VHN) para a Interação Material x Tempo

	M ₁	M ₂	M ₃
T ₀	45,78±4,88	41,29±4,72	43,03±4,27
T ₁	46,6±4,95	41,99±6,09	40,91±5,13
T ₂	48,50±5,02	44,80±6,14	44,35±5,21
T ₃	44,90±5,79	43,97±5,02	43,33±6,02

e) Interação Fonte x Tempo

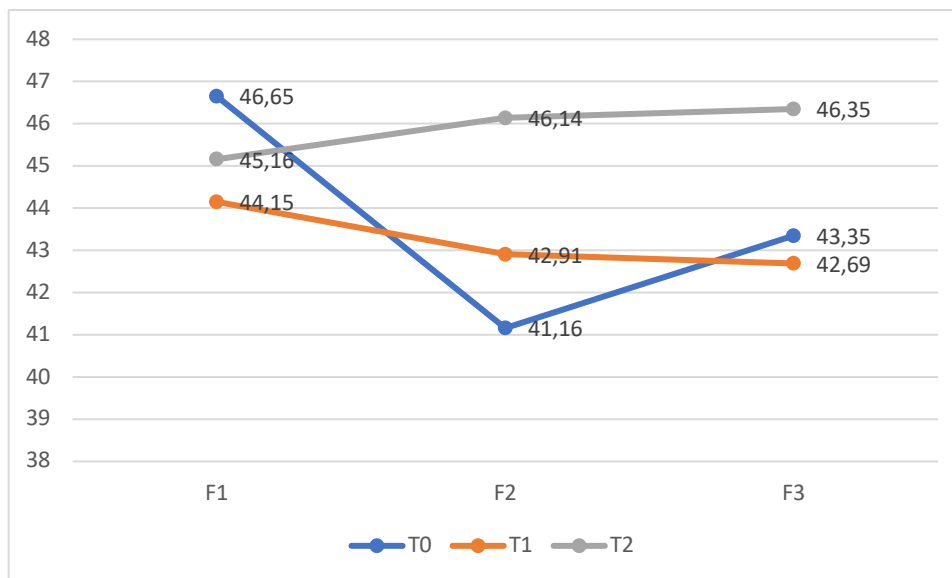
De acordo com a análise de Variância, esta interação dos fatores Fonte x Tempo, foi estatisticamente significativa sobre a variável de estudo. No sentido das linhas, verificou-se que no período de 48 horas (T₀) a lâmpada F₂ apresentou menor média de microdureza que F₁ ($p < 0,002$). Por outro lado, F₁ ($p = 0,198$) e F₂ ($p = 0,315$) não foram diferentes de F₃. Nos tempos de 7 dias (T₁), 14 dias (T₂) e 21 dias (T₃) não houve diferença entre as fontes. No sentido das colunas, a fonte F₁ não apresentou diferença entre os tempos. A fonte (F₂), no tempo T₀, apresentou média estatisticamente menor que T₂ ($p = 0,001$) e T₃ ($p = 0,048$). Entretanto, não houve diferença para os resultados de T₀ comparado a T₁ ($p = 1,000$); T₁ comparado a T₂

($p=0,110$) e T_3 ($P=1,000$) e T_2 comparado a T_3 ($P=1,000$). Na fonte F_3 , no tempo T_2 , observou-se média estatisticamente maior que T_2 ($p=0,029$) e T_3 ($p<0,033$). No entanto, não foi observado diferenças estatísticas quando se comparou T_0 e T_1 ($p=1,000$), T_2 ($p=0,081$) e T_3 ($p=1,000$) e T_1 e T_3 ($p=1,000$).

Tabela 62. Médias de profundidade do terço profundo (VHN) da Interação Fonte x Tempo

	F ₁	F ₂	F ₃
T ₀	46,65±12,4	41,16±5,63	43,35±3,87
T ₁	44,15±6,48	42,91±4,36	42,69±5,33
T ₂	45,16±6,02	46,14±4,53	46,35±5,53
T ₃	44,01±5,30	44,02±5,81	42,97±5,82

Gráfico 32. Médias de profundidade do terço profundo (VHN) da Interação Fonte x Tempo

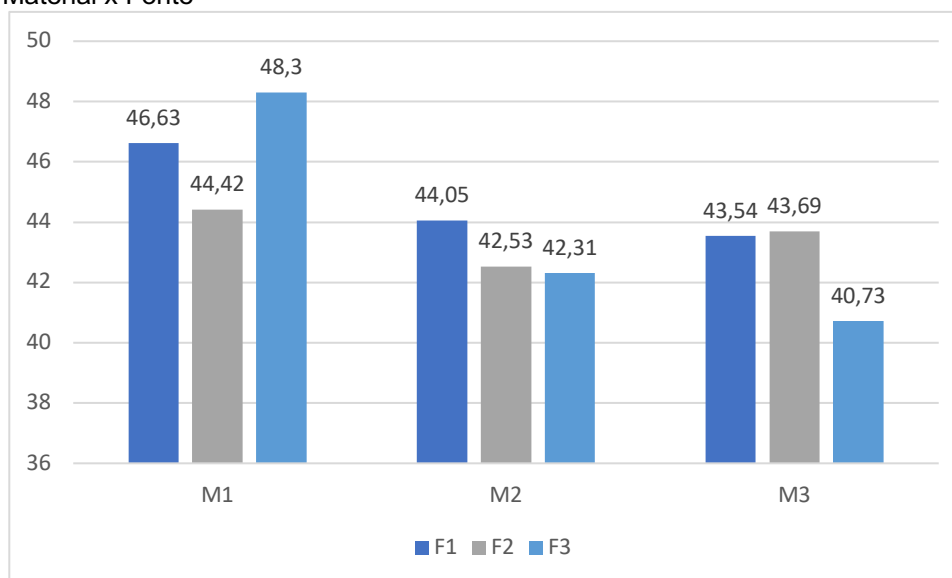


f) Interação Material x Fonte

A interação dos fatores Material x Fonte foi estatisticamente significante. Analisando as médias no sentido das linhas, verificou-se que tanto para a fonte F1 e F2 não houve diferenças entre os materiais. Por outro lado, para a fonte F3, M1 apresentou maior microdureza que M2 ($p=0,001$) e M3 ($p<0,001$); enquanto M2 apresentou média de microdureza igual a M3 ($p=1,000$). No sentido das colunas, as médias de microdureza não foram diferentes entre as fontes para os materiais M1, M2 e M3, respectivamente (Tabela 63).

Tabela 63. Médias de profundidade do terço profundo (VHN) para a Interação Material x Fonte

	M ₁	M ₂	M ₃
F ₁	46,63±5,94	44,05±5,20	43,54±5,41
F ₂	44,42±6,06	42,53±5,50	43,69±3,68
F ₃	48,30±3,36	42,31±5,53	40,73±6,33

Gráfico 33. Médias de profundidade do terço profundo (VHN) para a Interação Material x Fonte

f) Interação Material x Fonte X Tempo

A interação dos fatores Material x Fonte X tempo não foi estatisticamente significativa.

Tabela 64. Médias de microdureza profundidade terço profundo (VHN) o para a Interação Material x tempo x Tempo

	T ₀			T ₁			T ₂			T ₃		
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃
M ₁	49,36±4,44	40,85±7,24	47,18±2,98	45,14±5,23	47,00±6,10	47,68±3,52	47,79±6,99	47,22±5,19	50,51±2,09	44,26±7,10	42,61±7,28	47,84±4,85
M ₂	42,38±5,88	39,61±4,48	41,90±3,80	46,38±6,57	39,52±3,95	40,08±7,77	43,35±5,48	46,03±6,31	45,03±5,64	44,11±2,89	44,96±7,28	42,24±4,91
M ₃	45,22±2,08	42,89±5,18	40,99±4,83	40,95±7,65	42,21±3,03	39,59±4,71	44,36±5,29	45,18±2,09	43,51±8,07	43,66±5,91	44,50±4,44	38,84±7,72

4.5 Análise dos resultados de grau de conversão

Os dados de grau de conversão foram agrupados e submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e a análise demonstrou que a distribuição da amostra foi normal ($p > 0.05$). O teste Análise de Variância foi aplicado em função dos fatores de variação Material, Fonte e Terço (relacionado à profundidade) (Tabela 65).

Tabela 65. Resumo da análise de variância para o grau de conversão

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Material	856,167	2	428,084	0,692	0,507
Fonte	7302,962	2	3651,481	5,899	0,006*
Material x Fonte	2653,146	4	663,287	1,072	0,385
Error	22284,243	36	619,007		
Terço	1407,852	2	703,926	4,857	0,011*
Terço x Material	423,524	4	105,881	0,731	0,574
Terço x Fonte	1279,620	4	319,905	2,207	0,077
Terço x Material x Fonte	2701,529	8	337,691	2,330	0,028*
Error(Terços)	10434,788	72	144,928		

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$)

ns não significativo ($p \geq 0.05$)

Os fatores Fonte ($p=0,006$) e Terço ($p=0,011$) analisados isoladamente e a interação Terço x Material x Fonte foram estatisticamente significantes. Por outro lado, o fator Material ($p=0,507$) e as interações: Material x Fonte ($p=0,385$), Terço x Material ($p=0,574$) e Terço x Fonte ($p=0,077$) não foram estatisticamente significantes.

a) Fator Material

O fator Material ($p=0,507$) não teve efeito significativo sobre a variável em estudo (Tabela 66).

Tabela 66. Médias de grau de conversão do fator Material

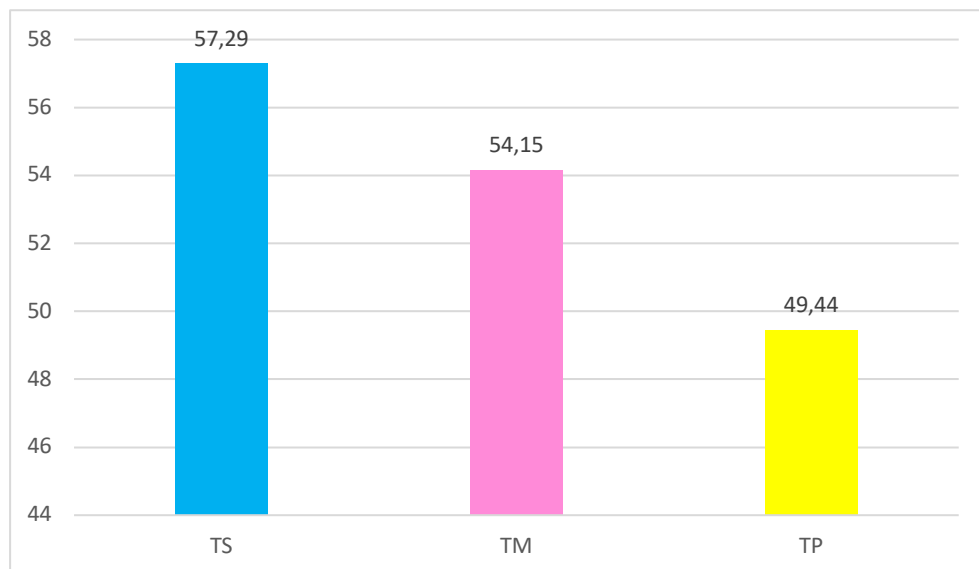
M ₁	M ₂	M ₃
51,18 ± 18,41	57,09 ± 19,42	52,6 ± 19,45

b) Fator Terço

O fator Terço foi significativo ($p=0,011$), isto é, a profundidade representada pelos Terços tem efeito significativo sobre o grau de conversão. Verificou-se que o T_S apresentou maior média que o T_P ($p=0,012$), enquanto que T_M apresentou média intermediária, sem diferença estatística em comparação com T_S ($p=0,787$) e T_P ($p=0,140$). Estes resultados podem ser verificados na Tabela 67 e Gráfico 34.

Tabela 67. Médias de grau de conversão do fator Tempo

T _S	T _M	T _P
57,29 ± 19,61	54,15 ± 18,11	49,44 ± 19,40

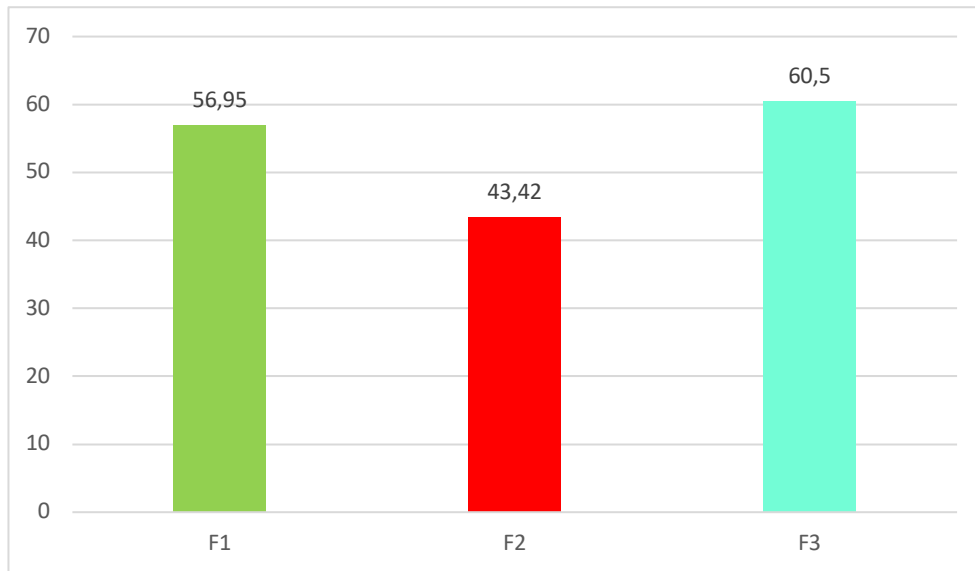
Gráfico 34. Médias de grau de conversão do fator Terço

c) Fator Fonte

O tipo de Fonte ($p=0,006$) teve efeito significativo sobre o grau de conversão. Analisando as diferenças F_2 apresentou menor média que F_1 ($p=0,043$) e F_3 ($p=0,007$). Estes resultados estão descritos na Tabela 68 e ilustrados no gráfico 35.

Tabela 68. Médias de grau de conversão do fator solução

F_1	F_2	F_3
$56,95 \pm 17,70$	$43,42 \pm 19,57$	$60,5 \pm 15,22$

Gráfico 35. Médias de grau de conversão do fator solução

d) Interação Material x Terço

A interação dos fatores Material x Tempo não teve efeito significativo sobre a variável de estudo (Tabela 69).

Tabela 69. Médias de grau de conversão para a Interação Material x Terço

	M ₁	M ₂	M ₃
T _S	57,47 ± 19,06	58,05 ± 19,03	56,36 ± 21,46
T _M	51,88 ± 16,21	57,94 ± 22,44	52,63 ± 15,54
T _P	44,20 ± 19,42	55,29 ± 16,80	48,81 ± 21,37

e) Interação Fonte x Terço

A interação Terço x Fonte ($p=0,077$) não foi estatisticamente significativa (Tabela 70).

Tabela 70. Médias de grau de conversão da Interação Fonte x Terço

	F ₁	F ₂	F ₃
T _S	64,38 ± 16,80	43,60 ± 17,64	63,90 ± 17,71
T _M	59,47 ± 18,27	44,11 ± 19,45	58,86 ± 12,54
T _P	47,00 ± 18,05	42,57 ± 21,67	58,74 ± 15,42

f) Interação Material x Fonte

A interação Material x Fonte ($p=0,385$) não teve efeito significativo sobre a variável de estudo (Tabela 71).

Tabela 71. Médias de grau de conversão para a Interação Material x Fonte

	M ₁	M ₂	M ₃
F ₁	47,90 ± 10,76	63,07 ± 18,15	59,87 ± 15,56
F ₂	40,27 ± 14,14	44,88 ± 21,70	45,12 ± 24,2
F ₃	65,38 ± 14,21	63,32 ± 12,18	52,8 ± 17,76

f) Interação Material x Fonte X Tempo

Esta interação foi estatisticamente significativa ($p=0,028$) para a variável grau de conversão. Comparação dos materiais para a mesma fonte e o mesmo terço: F₁ no T_s e no T_M, o M₁, M₂ e M₃ são estatisticamente iguais; F₁ no T_P, M₁ apresentou menor média que M₂ ($p=0,017$) e M₃ ($p=0,037$), enquanto que M₂ e M₃ não foram estatisticamente diferentes ($p=1,000$). Ao analisar as fontes F₂ e F₃ nos terços T_s, T_M e T_P, dos materiais M₁, M₂ e M₃, respectivamente, não se observou diferença estatística.

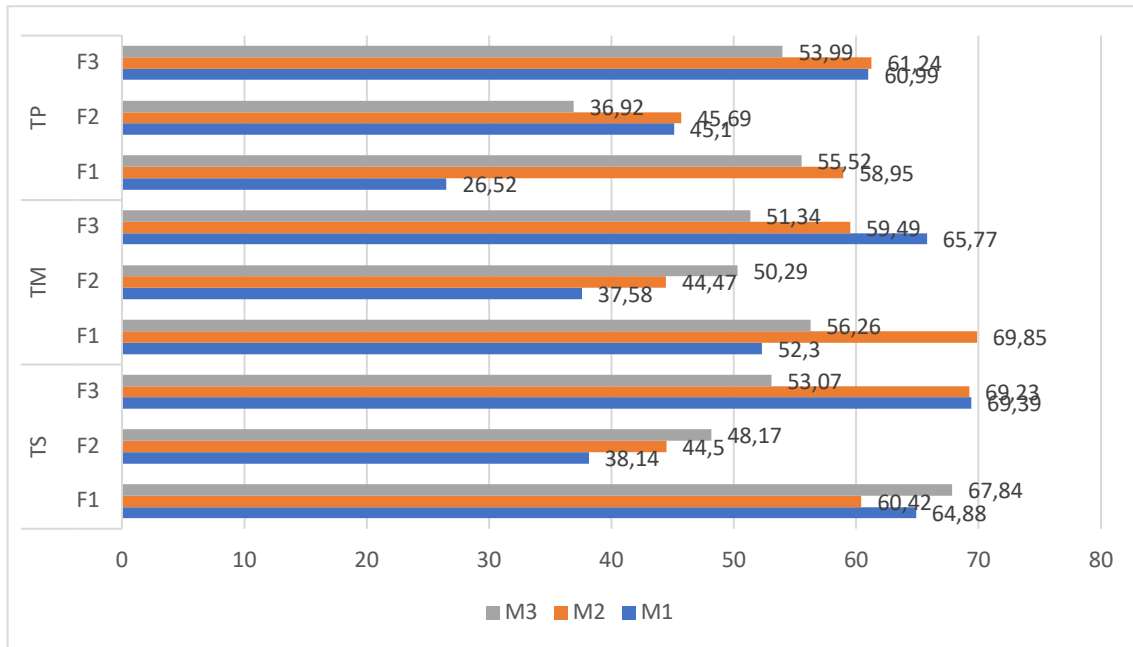
Comparando o efeito das fontes para o mesmo material e no mesmo terço, observou-se que para o M₁, nos terços T_s e T_M, respectivamente, a fonte F₂ apresentou menores médias que F₃; e F₁ apresentou valores intermediários, sem diferença estatística em comparação com F₂ e F₃. Para o T_P, a fonte F₁ apresentou menor média que F₃ ($p=0,010$), e F₂ apresentou valores intermediários, sem diferença estatística em comparação com F₁ ($p=0,300$) e F₃ ($p=0,471$). Para o M₂ e M₃ em todos os terços não há diferença significativa entre as fontes.

Comparando os terços para o mesmo Material e a mesma Fonte, para M₁ na fonte F₁ no terço T_P, a média foi menor que em T_s ($p<0,001$) e T_M ($p=0,002$), nos terços T_s e T_M as médias foram semelhantes ($p=0,413$). Para M₁ submetido as fontes F₂ e F₃ respectivamente, não houve diferença significativa entre os terços. Para os materiais M₂ e M₃ submetidas às fontes de estudo, não houve diferença significativa entre os terços, de acordo as suas respectivas análises (Tabela 72).

Tabela 72. Médias de grau de conversão para a Interação Material x Fonte x Tempo

	T _s			T _M			T _P		
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃
M ₁	64,88±4,49	38,14± 1,33	69,39± 7,12	52,3±8,85	37,58± 6,37	65,77± 8,78	26,52± 8,95	45,10± 4,73	60,99± 16,73
M ₂	60,42±0,99	44,50± 7,97	69,23± 0,52	69,85± 5,58	44,47±22,86	59,49± 13,37	58,95± 7,89	45,69± 4,27	61,24± 12,67
M ₃	67,84±17,40	48,17± 3,94	53,07± 1,77	56,26± 4,96	50,29± 0,78	51,34± 12,81	55,52± 14,32	36,92± 7,88	53,99± 18,70

Gráfico 36. Médias de grau de conversão para a Interação Material x Fonte x Tempo



5. Discussão

5. DISCUSSÃO

Na cavidade bucal existem diversos efeitos deletérios que podem afetar a durabilidade das resinas, como os distúrbios gástrico-alimentares que são o refluxo gastroesofágico e a bulimia nervosa. Esses distúrbios alimentares podem levar a um desgaste erosivo com perda de estrutura dental (Lussi et al., 2011; Hengtrokool et al., 2011; Schluete et al., 2012) e desta maneira há a necessidade de indicação de tratamento reabilitador restaurador.

As resinas Bulk-Fill foram lançadas no mercado com a finalidade de reduzir o tempo dispensado na realização de uma restauração de 4 a 5 mm de profundidade, além de promover uma aumento no tempo de longevidade (Marigo et al., 2015; Ilie et al., 2014; Kim et al., 2015). Como a busca desses objetivos requer a inclusão e/ou alteração de componentes químicos do material é importante à análise de todas as propriedades, químicas, físicas e fisico-mecânicas, que determinam o uso do material na cavidade bucal.

A rugosidade superficial, irregularidades, saliências e reentrâncias na superfície do dente ou do material restaurador, é uma propriedade que favorece a retenção de biofilme e de pigmentos provenientes de alimentos, os quais modificam a condição bucal e ainda contribuem para a alteração de cor (Anusavice, 2012; Ferracane, 2011; Alencar et al., 2019). No presente estudo foi realizada a análise do efeito de ácido clorídrico (pH= 1,7) (agente simulador do refluxo gastroesofágico) na rugosidade superficial, alteração de cor e microdureza.

Estudos têm assinalado que a condição ácida na boca pode influenciar na dissolução do material restaurador, amolecer as matrizes poliméricas e desalojar as partículas de preenchimento, resultando em aumento da rugosidade superficial, redução da microdureza superficial e uma maior erosão do material restaurador (Gopferich, 1996; Reddy et al., 2013; Munchow et al., 2014). Diante do cenário exposto, a presente pesquisa foi direcionada para avaliar diferentes resinas Bulk-Fill frente a simulação de desafios ácidos provenientes da cavidade bucal em diferentes tempos de avaliação. Os resultados obtidos no presente trabalho foram discutidos a seguir.

Neste estudo, os fatores Material (tipo de resina), Tempo e a interação Material x Tempo tiveram efeito significativo sobre a rugosidade superficial.

Pesquisadores têm demonstrado que a rugosidade superficial é determinada pelo tipo de resina, pela dureza, tamanho e quantidade de partículas de carga imersas na matriz (Attar, 2007; Dos Santos et al., 2007; Roque et al., 2015; Tanthanuch et al, 2017), bem como à dureza dos abrasivos utilizados para o polimento, à flexibilidade dos materiais de suporte embebidos em abrasivo, à geometria dos instrumentos de polimento e ao tipo de instrumentos empregados (Alkhudhairy, 2018). Neste trabalho a resina OPUS Bulk Fill apresentou menor rugosidade do que a Filtek Bulk Fill e a Tetric N Ceram. Este resultado pode estar relacionado, principalmente à quantidade de componentes inorgânicos das resinas Bulk Fill. A resina Opus Bulk fill (79% em peso) apresenta mais componente inorgânico do que Filtek Bulk Fill (76% em peso) e Tetric N Ceram (75% em peso), esta composição provavelmente favoreceu sua menor rugosidade e uma maior dureza.

Watanabe et al. (2006) e Endo et al. (2010) afirmam que o valor clinicamente aceitável de rugosidade de resinas compostas é entre 0,25 e 0,5 μm e valores acima destes já podem ser percebidos clinicamente pelos pacientes. No presente estudo, todas as resinas apresentaram valores acima de 0,5 μm demonstrando que as resinas Bulk Fill apresentam uma maior rugosidade. A alta potência do fotopolimerizador poderia ter influenciado negativamente na rugosidade das resinas Bulk fill (Alkhudhairy, 2018), uma vez que os materiais foram fotopolimerizados com a fonte VALO, cuja potência é alta, o que poderia ter favorecido a maior rugosidade em todos os materiais estudados.

Quando considerado o tempo, a rugosidade foi maior nas 48 horas quando comparada com os tempos de 7 dias, 14 dias, 21 dias e 3 anos. Estes resultados não estão em acordo com diversas pesquisas (Attar, 2007; Dos Santos et al., 2007; Roque et al., 2015; Tanthanuch et al, 2017) as quais afirmaram que com o passar do tempo há uma degradação da matriz orgânica das resinas, o que propicia o aumento da rugosidade superficial em função do tempo dos materiais restauradores. Na verdade, esta maior rugosidade inicial foi devido à dificuldade em se obter uma superfície idealmente lisa, previamente. Os discos de soft lex foram utilizados para simular o polimento clínico, mas aparentemente pode ter evidenciado a rugosidade nas leituras das primeiras 48 horas. De acordo com Ishii et al. 2019, a técnica de polimento pode provocar o desprendimento das partículas de carga, o que pode gerar vazios na superfície da resina e assim colaborar para do aumento da

rugosidade. Por outro lado, o efeito das escovações diárias, podem favorecer o alisamento das superfícies dos corpos de prova com o transcorrer do tempo, devido ao processo de abrasão o que está de acordo com Somacal et al. (2020).

O fator solução quando analisada isoladamente não teve efeito estatisticamente significativo. Este resultado demonstra que não houve diferença entre a alteração de rugosidade produzida pelo ácido e a solução controle. De acordo com alguns pesquisadores (Alencar et al., 2019), as resinas são materiais resistentes à degradação de ácidos, devido ao tamanho das partículas de carga, que tem sido associado a características da superfície (Ferracane, 2011; Wegehaupt et al., 2012).

Para Goefferich (1996) a degradação dos materiais restauradores ocorre inicialmente com alterações na morfologia da superfície, seguido pela presença de rachaduras e consequente aumento da rugosidade superficial. Somacal e colaboradores (2020) avaliaram o efeito da ciclagem do pH e da escovação simulada na rugosidade da superfície de resinas Bulk Fill. Estes autores verificaram que embora o ciclo do pH tenha causado mudanças na superfície da resina composta, essas alterações não resultaram em um aumento significativo nas medições de rugosidade da superfície, isto é, as resinas compostas avaliadas foram eficazes em manter a rugosidade da superfície contra as variações de pH. Tal resultado corrobora com o presente estudo, uma vez que a solução ácida de baixo pH não influenciou negativamente na rugosidade das resinas Bulk Fill.

No entanto, Tanthanuch et al. (2018) verificaram que soluções ácidas aumentam a rugosidade da superfície, discordando com os resultados do presente estudo. Provavelmente, o aumento da rugosidade em solução ácida no estudo de Tanthanuch et al. (2018) é resultado de uma metodologia diferente. Esta pesquisa realizou um processo erosivo mais severo (Creanor, Creanor, & Alharthy, 2011), utilizando a imersão em soluções ácidas não diluídas, e consequentemente aumentou a aderência à superfície, o que gerou resultados mais prejudiciais.

Em um estudo realizado por Tanthanuch e colaboradores (2016) observou que imersões de resinas Bulk Fill em bebidas ácidas aumentam significativamente a rugosidade, entretanto nesse estudo não avaliou o efeito do ácido clorídrico como no presente estudo. Roque e colaboradores (2015) avaliaram o efeito do ácido clorídrico em resinas compostas convencionais. Neste estudo foi observado que o ácido clorídrico aumentou a rugosidade das resinas, devido ao desgaste da matriz

polimérica que leva à exposição de filamentos e perda de partículas. A diferença dos resultados pode estar relacionado com os diferentes materiais restauradores avaliados nas pesquisas, pois no presente estudo foi utilizada as resinas Bulk Fill, cuja a composição é diferente quando comparada a resina composta convencional, pois há a presença de fotoiniciadores e monômeros, que são compostos que podem proporcionar uma melhora em suas propriedades (Marigo et al., 2015; Ilie et al., 2014; Kim et al, 2015). Além disso, o tempo de exposição ao ácido podem ter contribuído para os resultados serem diferentes, e assim a rugosidade superficial das resinas compostas não foi afetada negativamente com a ação do ácido.

Outro fator muito importante a ser considerado em relação à erosão com ácidos é o papel da saliva, que faz a proteção da superfície do material restaurador, uma vez que dilui e neutraliza a solução ácida (Domiciano et al., 2010; Lussi et al., 2011; Soares et al., 2012; Roque et al., 2015). Desta maneira, a saliva pode ter influenciado no estudo, pois os corpos de prova foram armazenados em saliva artificial a 37 ° C, o que resultou em uma proteção do material restaurador.

A interação Material x Tempo teve efeito sobre a rugosidade, confirmando que a OPUS Bulk Fill (M₃) apresentou menor rugosidade quando comparada com as demais resinas em todos os tempos experimentais. Assim, as diferentes composições podem influenciar no comportamento das resinas compostas frente ao desafio ácido, levando-as a efeitos deletérios, pois as diferenças nas matrizes de resina e nas partículas de carga causam variações nas propriedades da superfície, como rugosidade e dureza (Ferracane, 2011).

Uma das alterações de superfície está relacionada aos monômeros. De acordo com Ferracane (2006), o monômero TEGDMA reduz a viscosidade do material e ao mesmo tempo aumenta sua absorção de água. A degradação das resinas compostas por hidrólise está relacionada à polimerização do material e à composição monomérica. Resinas que apresentam em sua composição o TEGDMA mostram-se mais suscetível à hidrólise do que o Bis-GMA e o Bis-EMA, levando ao aumento do desgaste do material e da rugosidade da superfície. No entanto, Somacal e colaboradores (2020) relataram que resinas com TEGDMA podem não demonstrar alteração significativa da rugosidade da superfície e sugeriu que as alterações de superfícies não estão relacionadas somente ao tipo de monômero, mas também com as porcentagens deste produto nas composições da resina composta.

Na comparação de cada material nos diferentes tempos pode-se observar que às 48 horas (T_0) a OPUS Bulk Fill apresentou maior rugosidade, quando comparada aos demais tempos. Este resultado provavelmente está relacionado com a dificuldade de manipulação desse material no presente estudo, que favoreceu o surgimento de bolhas superficiais influenciando na sua maior rugosidade inicial. Outro fator que pode ter contribuído foi a a técnica de polimento realizada, que pode ter favorecido os desprendimento das partículas de carga, que gerou vazios na superfície da resina e a tornou mais áspera (Ishii et al. 2019).

A Solução isoladamente não determinou diferença significativa sobre a rugosidade superficial, nas condições deste estudo, assim como, a Solução em função do tempo. Este resultado pode significar que o tempo de exposição e a frequência do estudo não foi suficiente para provocar diferenças significantes.

A interação Material x Solução não foi estatisticamente significativa, evidenciando que o ácido clorídrico não interferiu na rugosidade desses materiais. Este resultado pode estar relacionado com a matriz polimérica, ao tamanho das partículas de carga e também ao efeito da saliva.

A cor dos materiais restauradores é um indicativo de sucesso e é um dos aspectos que determina a longevidade clínica das restaurações. A cavidade bucal é um ambiente altamente agressivo e um dos fatores que pode contribuir para esta situação é o refluxo gastro-esofágico. Desta maneira, se torna importante avaliar a alteração de cor frente aos diferentes desafios ácidos estudados.

Fez-se o estudo da alteração de cor (ΔE) por meio do sistema CIE $L^*a^*b^*$ que é composto por três parâmetros para definir a cor. Os parâmetros de estudo são a luminosidade, matiz e saturação. Este sistema é um método padrão para medir diferenças de cores com base na percepção humana, e permite uma abordagem padronizada para determinar as alterações de cor longitudinalmente. Alterações de luminosidade do material (L^*), bem como alterações de tonalidades nos eixos vermelho-verde (a^*) e amarelo-azul (b^*), podem ser julgadas de forma confiável usando um espectrofotômetro (Bahbishi et al., 2020).

O valor ΔE apresenta diferenças relativas de cores de materiais dentários ou superfícies dentárias antes e após uma intervenção. De acordo com a literatura, os valores de $\Delta E < 1$ não são perceptíveis pelo olho humano. É importante observar que os valores $1 < \Delta E < 3,3$ são perceptíveis ao olho humano, mas são clinicamente aceitáveis, enquanto que valores de $\Delta E > 3,3$ são perceptíveis ao olho humano e

cl clinicamente inaceitáveis (Shamszadeh et al., 2016). No presente estudo, foi possível observar valores de ΔE de 1,85 até 4,06, resultados que demonstraram que as alterações de cor são visíveis ao olho e prejudiciais para a estética de uma restauração.

O aspecto relevante da análise dos resultados está na significância da interação dos três fatores, Material x Solução x Tempo, pois demonstrou que quando estão associados, interferiram de maneira importante na cor dos materiais do tipo bulk fill. Frente ao exposto, tornou-se importante realizar uma análise minuciosa dos resultados.

Como a alteração de cor (ΔE) é o resultado das alterações dos parâmetros Δa , Δb e ΔL , foram feitas as análises para esclarecer qual ou quais desses parâmetros interferiram na alteração de cor, dentro das condições do estudo. É importante essa análise das alterações de cada parâmetro para justificar os valores de ΔE , pois o ΔE não fornece as alterações dos parâmetros relevantes (Bahbishi et al, 2020) .

No presente estudo a análise dos Δa , Δb e ΔL permitiu observar uma mudança em direção a uma cor específica, na qual a resina Tetric N-Ceram Bulk fill ficou mais clara (+L), mais avermelhada (+ a), sendo mais evidenciada com o uso do ácido. Além disso, a Tetric N-Ceram Bulk fill apresentou uma coloração azulada (- b) com a presença do ácido quando comparada com as demais resinas. Estes resultados não seriam facilmente descritos apenas utilizando-se a avaliação por ΔE , ou seja, torna-se notável a importância de se analisar as alterações dos diferentes parâmetros.

Constatou-se que a resina Tetric N-Ceram Bulk (M_2) sob a ação do ácido (S_1) apresentou-se mais sensível, pois apresentou maior alteração de cor que as resinas M_1 e M_2 a partir dos 14 dias, resultado que mostrou que houve tempo dependência. Pela análise dos parâmetros pode-se dizer que as alterações foram influenciadas pelo ΔL , pois houve um aumento da luminosidade, assim como o valor do Δb (-3,75), que demonstrou a tendência para a cor azulada, quando comparada com as demais resinas.

Quando se verifica a alteração de cor, esta mudança pode estar relacionada com a composição do material, como por exemplo com o tipo de sistema fotoiniciador, tipo de monômero, porcentagem em peso e volume; e tamanho das

partículas de carga, as quais pode influenciar para uma maior suscetibilidade de manchas (Azzopardi et al., 2009; Orłowski et al., 2015; Shamszadeh et al., 2016).

O principal impacto na estabilidade da cor é causado pela absorção de água, que pode ser extremamente afetada por dois fatores principais: matriz da resina e hidrofiliicidade da matriz da resina. A maioria das formulações de matrizes de resina, como o metacrilato de bisfenolglicidil (Bis-GMA) e o dimetacrilato de uretano (UDMA) em compósitos dentários apresentam na sua formulação a presença de moléculas hidrofílicas, isto é, com capacidade de atrair água com o Bis-GMA, componente um pouco mais hidrofílico quando comparado ao UDMA. Tal situação terá um impacto direto na detecção de manchas encontradas quando resinas com essa composição monomérica são imersas em soluções. No presente estudo, a resina Tetric N-ceram foi o composto que apresentou a maior alteração de cor, e tal fato se deve provavelmente a presença do Bis-GMA em sua composição monomérica.

Co-monômeros adicionais, como Tri-etileno-glicol-dimetacrilato (TEGDMA) e Bis-GMA modificado (dimetacrilato de bisfenol-A etoxilado; Bis-EMA) e UDMA aromático (AUDMA) apresentam graus variados de afinidade pela água. O TEGDMA pode ser considerado o menos hidrofílico. O grupo aromático do AUDMA diminui a afinidade da água e possui um ângulo de contato com a água mais acentuado em comparação com o UDMA (Kerby et al., 2009; Bahbishi et al., 2020). No geral, os estudos mostraram que os compósitos UDMA tendem a ter menor sorção de água e conseqüentemente melhor estabilidade de cor em comparação com as resinas à base de Bis-GMA (Mansouri, Zidan, 2018). Tais resultados poderiam também explicar o motivo o qual as outras resinas de estudo tiveram menor alteração de cor, pois apresentam em sua composição UDMA, que favoreceu a estabilidade de cor.

Segundo Rüttermann et al. (2010), a estabilidade da cor está relacionada com a conversão do sistema fotoiniciador. Este sistema pode formar subprodutos que se descolorem termicamente ou sob luz ultravioleta e deslocam a cor da resina para uma cor mais vermelha ou amarela. No presente estudo, foi verificado que a alteração ocorreu para uma cor mais vermelha (Δa). A resina Tetric N-Ceram Bulk Fill apresenta um fotoiniciador próprio, o Ivocerin. Esse tipo de fotoiniciador pode influenciar a suscetibilidade de manchas do material (Barutçigil et al., 2017). Além disso, uma matriz hidrofílica colabora para a descoloração do material. Entretanto, mesmo que a estrutura da matriz não seja hidrofílica, a água e os fluidos corantes podem se difundir na resina composta e causar suscetibilidade à descoloração. A

difusão e a descoloração ocorrem quando o conteúdo inorgânico e orgânico não são silanizados corretamente ou quando a integração na matriz da resina não é suficiente (Pilo et al., 1999).

Materiais restauradores com menor porcentagem em peso e volume de carga podem apresentar maior degradação da superfície do material e na absorção de mais água. A consequência desta maior degradação da superfície do material é uma menor estabilidade de cor, devido ao aumento do volume livre do polímero formado, que propicia um maior espaço para as moléculas de água se difundirem na rede polimérica, o que contribui sobremaneira para a degradação do material (Ferracane et al, 2016; Tuncdemir et al., 2018). A resina Tetric N-Ceram Bulk Fill comparada com as demais resinas de estudo é o material que apresenta uma menor porcentagem de carga, quantidade esta que poderia contribuir para uma maior alteração de cor neste material.

Partículas menores afetam a adsorção de pigmento na superfície do material, afetando a saturação geral da cor após a coloração (Miletic et al., 2019). Segundo Gönülol e Yilmaz (2012), o conteúdo de monômeros e a rugosidade da superfície afetam a alteração de cor das resinas compostas, mais do que o tamanho das partículas de carga. Na ausência de pigmentos, o grau de conversão (proporção de ligações carbono-carbono remanescentes não reagidas) e uma maior translucidez das resinas compostas podem ser um dos outros fatores de alteração de cor, isto é, a alteração de cor é um problema multifatorial. As resinas compostas do tipo bulk fill se caracterizam por uma maior translucidez para que a polimerização consiga atingir até 5mm de espessura e essas alterações na composição podem causar alguns efeitos adversos na estabilidade da cor da resina composta.

Analisou-se o efeito da ação do ácido comparado à solução controle nos diferentes tempos de estudo para os diferentes materiais avaliados. O ácido determinou maiores médias que a saliva para M_2 nos tempos T_2 e T_3 .

Soluções ácidas podem promover a degradação das resinas deixando a superfície mais rugosa, o que poderia permitir uma maior retenção de pigmentos e assim influenciar na alteração de cor (Attar, 2007; Dos Santos et al., 2007; Roque et al., 2015; Tanthanuch et al, 2017; Barutcigil et al., 2017).

Na análise do fator material do ΔL verificou-se que M_1 (-1,87), M_2 (-3,01) e M_3 (-1,66) apresentaram valores negativos. A aparência mais escura ($-L$) das resinas compostas pode estar associada à descoloração extrínseca, no entanto, o ácido não

influenciou para obtenção dessa coloração mais escura (Lepri CP, Palma-Dibb, 2012; Miletic et al., 2019). A descoloração intrínseca ocorre devido às alterações hidrolíticas na rede de polímeros e tem um efeito menor na alteração de cor geral, pois as diferenças de cores após o armazenamento em água é menor do que o armazenamento em soluções pigmentadas (Marjanovic et al., 2016; Alberton Da Silva et al., 2018; Marjanovic et al., 2018)

Com relação ao efeito do Tempo na ação do ácido comparado à solução controle para cada material de estudo, verificou-se para os materiais M₁ e M₂ tanto para a solução S₁ quanto para S₂, os tempos iniciais apresentaram menor média de alteração de cor. Quando o fator tempo foi analisado isoladamente, foi possível observar que o tempo de 3 anos (T₄) ($\Delta E = 3,29$) apresentou uma maior variação de cor. Esses resultados corroboram com estudos anteriores que demonstraram que com o passar do tempo pode haver manchamento ou descoloração das resinas, e dessa maneira, influenciar na alteração de cor (Shamszadeh et al., 2016; Barutçigil et al., 2017). Tais fatos estão relacionados com a composição (matriz da resina) dos materiais restauradores (Barutçigil et al., 2017).

As possíveis alterações de cor nas resinas compostas não dependem apenas da solução em si, mas também do tipo de compósito do material (matriz da resina, tamanho e tipo das partículas de carga) associado ao tipo de solução e tempo de imersão (Ozdas et al. 2016; Bahbishi et al., 2020).

A microdureza superficial é uma propriedade mecânica muito importante para resinas compostas e pode ser definida como a resistência contra indentação permanente ou penetração na superfície da restauração. Essa propriedade pode afetar a resistência a arranhões do material e a capacidade de receber polimento (Bucuta, Ilie, 2014). A taxa de polimerização de compósitos também afeta as propriedades mecânicas, a estabilidade, solubilidade, a estabilidade das cores e sua biocompatibilidade (Agrawal et al., 2015).

Muitos fatores como por exemplo, o tamanho de partícula e a composição do material restaurador, a translucidez e intensidade do material do LED, o tempo de polimerização, a composição do monômero e a concentração do fotoiniciador podem ter efeitos consideráveis sobre as propriedades das resinas Bulk Fill (Farahat et al., 2016)

Para a microdureza superficial o fator tempo foi estatisticamente significativo. Aos 7 dias a média de microdureza foi maior quando comparada aos demais

tempos. Esse aumento da microdureza está relacionado com as composições dos materiais utilizados no estudo (resinas do tipo Bulk Fill), Estes materiais foram fabricados com modificação química da matriz, maior massa molecular de monômeros, modificações no tamanho de partículas de carga e iniciadores próprios, e estas melhora das propriedades de superfície (dureza e rugosidade) podem influenciar na microdureza (Bhamra et al., 2010; Tarle et al. 2015; Zorzini et al., 2015; Faraha et al., 2016).

O fator solução foi significativa e verificou-se que a solução de ácido determinou uma menor microdureza que a saliva artificial (S₂). Na literatura, soluções ácidas podem resultar em danos à superfície e reduzir a microdureza de materiais restauradores, pois causam a dissolução do material, amolecimento das matrizes poliméricas e desprendimento das partículas de preenchimento (Gopferich, 1996; Reddy et al., 2013; Munchow et al., 2014). Estas pesquisas corroboram com os resultados do presente estudo. Tanthanuch e colaboradores (2017) também relatou que a imersão de resinas Bulk Fill em líquidos e bebidas simuladores de alimentos com ação ácida, podem influenciar negativamente nas propriedades da superfície (rugosidade e dureza) de materiais restauradores.

O fator tempo tem um efeito significativo sobre a microdureza, tanto isoladamente como nas interações com o material e solução. Isto pode evidenciar que a microdureza dos materiais e a ação das soluções ácidas é tempo dependente.

Para a interação Material x Tempo, observou-se que a resina Filtek Bulk Fill (M₁) apresentou maior microdureza que Tetric N – Ceram Bulk Fill (M₂), em todos os tempos experimentais. Porém o resultado foi similar ao da resina Opus Bulk Fill (M₃) nos tempos de 7 dias (T₁) e 21 dias (T₃). Aos 14 dias (T₂) M₁ apresentou maior média que M₃, ao longo do tempo. Em T₄ o M₃ apresentou uma inversão de comportamento, isto é, a resina Opus Bulk Fill (M₃) apresentou maior microdureza superficial que M₁.

A menor microdureza da resina Tetric N-Ceram Bulk Fill (M₂) provavelmente está relacionada com o tipo de fotoiniciador que esse material apresenta em sua composição, o Ivocerin. Este sistema iniciador à base de germânio possui uma atividade de fotopolimerização alta e um espectro de absorção que se estende abaixo de 380 nm até 460 nm, com um pico de absorção próximo a 408 nm (Moszner et al., 2008). Quando materiais com esse fotoiniciador são fotopolimerizados com fontes de luz polywave podem apresentar comprometimento

de polimerização, pois a fonte de luz com essa característica pode apresentar problema de emissão de luz homogênea e dessa maneira interferir na microdureza do material (Michaud et al., 2014; Maghaireh et al., 2019).

Além disso, a menor microdureza da resina Tetric N-Ceram Bulk Fill (M₂) pode estar relacionada com a redução da porcentagem dos componentes inorgânicos quando comparada com as demais resinas. Esta menor quantidade inorgânica na composição poderia ter influenciado na menor microdureza do material restaurador. (Attar, 2007; Dos Santos et al., 2007; Roque et al., 2015; Tanthanuch et al., 2017). Esse resultado se deve as matrizes poliméricas das resinas do tipo Bulk Fill que são menos afetadas devido a presença de alta porcentagem de partículas inorgânicas (Alencar et al., 2020).

De acordo com os resultados, ainda para esta interação, verificou-se que os materiais apresentaram a mesma tendência, ou seja, uma maior microdureza aos 7 dias (T1) com as suas respectivas diferenças de comportamento. A resina M1 apresentou maior microdureza aos 7 e 14 dias, o M2 e M3, mostrou o mesmo comportamento, com maiores médias aos 7 dias e semelhantes às médias aos 3 anos de avaliação (T4). Percebe-se que depois de determinada redução, no T4 inicia-se novamente, um aumento discreto. Provavelmente, este aumento está relacionado com a composição do material, que influenciou na microdureza. Além disso, a imersão em solução ácida também afetou o material, pois pode ter degradado a matriz monomérica de materiais restauradores, e assim sendo observado um prejuízo na dureza, cujo resultado mostrou uma certa diminuição aos 21 dias (Tanthanuch et al., 2016).

A interação Tempo x Solução foi estatisticamente significativa. Nos dois primeiros tempos não houve diferença estatística entre as médias determinadas pelas duas soluções de estudo. A partir dos 14 dias, o meio contendo saliva mostrou uma média maior quando comparado ao meio ácido. Ao longo do tempo o ácido associado ao tempo alterou a microdureza, pois também foi possível observar que para a solução de ácido (S1) houve uma redução da média de microdureza.

Diversos pesquisadores (Alencar et al., 2020), relataram que após 7 dias de imersão, os materiais restauradores utilizados no estudo (Filtek Z350XT, GrandioSO, Filtek Bulk Fill, X-tra fil) apresentaram menor microdureza em diferentes soluções (água deionizada, ácido cítrico 5% e ácido clorídrico 0,1%). Estes resultados

prévios corroboram com os dados do presente estudo, visto que a microdureza foi reduzindo ao longo dos diferentes tempos analisados.

Soluções ácidas podem degradar a matriz monomérica de materiais restauradores, prejudicando a dureza, a rugosidade e aumentando a sorção de água (Soares, Soares, De Oliveira e Nahórny, 2016; Tantanuch et al., 2016). Assim, fica evidenciado a importância da escolha correta do material restaurador em pacientes com erosão dentária severa.

No estudo das propriedades dos materiais restauradores poliméricos, é importante avaliar o grau de conversão dessas resinas Bulk Fill em função da profundidade do incremento restaurador, além do efeito de diferentes comprimentos de onda da luz nessas distintas profundidades.

Para a avaliação do grau de conversão existem diversas técnicas de medição que incluem ressonância paramagnética eletrônica, ressonância magnética nuclear, calorimetria diferencial de varredura e análise térmica diferencial. (Jancar et al., 1998; Lolyd et al., 1994; Tanimoto et al., 2005; Imazato et al., 2001). No entanto, a Espectroscopia Infravermelho Transformada de Fourier (FTIR) ainda continua sendo a técnica mais frequentemente usada (Moraes et al., 2008). Desta maneira foi a técnica eleita para ser utilizada no presente estudo.

O grau de conversão foi determinado pela verificação das ligações =C–H do polímero e de monômero da intensidade da banda 1634 cm^{-1} e foi realizada nas diferentes profundidades propostas (TS, TM e TP). A avaliação do grau de conversão não deve ser realizada imediatamente após a polimerização e sim após 24 horas, a fim de garantir a polimerização completa dos materiais restauradores (Yu et al., 2017).

Quando foram analisados os dados de grau de conversão, observou-se significância estatística para os fatores terço, fonte isoladamente e para interação Material X Fonte X Terço. A relevância clínica desta análise está descrita na interação dos três fatores, que demonstrou que quando associados interferem de maneira importante no grau de conversão das resinas do tipo Bulk Fill.

Comparando os materiais para a mesma fonte e o mesmo terço, para F_1 no T_S e T_M e para F_2 e F_3 nos terços T_S , T_M e T_P , os materiais, M_1 , M_2 e M_3 não apresentaram diferença estatística. Ao passo que F_1 no T_P o M_1 (26,52) com a menor média quando comparado ao M_2 (58,95) e M_3 (55,52).

O processo de polimerização tem influência nas propriedades mecânicas e biológicas das resinas Bulk Fill (Cramer et al., 2011). O processo de polimerização de compósitos depende da estrutura química do monômero, das características das partículas de carga, da concentração de fotoiniciadores e das condições de polimerização, como irradiância espectral, duração da exposição, distância entre o guia de cura e o material e espessura da camada (Leprince et al., 2013; Price et al., 2015; Yu et al., 2017).

O material Filtek Bulk Fill apresentou menor grau de conversão. Nesse contexto a literatura é muito controversa (Sideridou et al. 2002; Dickens et al., 2003; Gonçalves et al. 2018; Lampel et al., 2019). Um estudo que utilizou a resina Filtek Bulk Fill (Gonçalves et al. 2018) mostrou que o seu grau de conversão estava acima de 60% nas diversas profundidades avaliadas (1mm, 2mm, 3mm e 4mm). Dickens e colaboradores (2003) afirmaram que a viscosidade inicial do monômero e a flexibilidade de sua estrutura química influenciam no grau de conversão. O monômero UDMA é viscoso devido à interação intramolecular da ligação entre o hidrogênio e seus grupos amino (NH) e carbonil (CO). Além disso, o UDMA apresenta viscosidade menor comparada ao Bis-GMA, pois há uma fraca ligação de hidrogênio do seu grupo amino (NH) em comparação com os grupos hidroxila (OH) (Khatri et al., 2003; Ruwaida et al., 2013). A presença de grupos imino (NH) na estrutura de uretano do monômero UDMA também é responsável pelas reações de transferência de cadeia. Essas reações fornecem um caminho alternativo para a continuação da polimerização, o que resulta no aumento da mobilidade de radicais locais na rede e, conseqüentemente, no aumento o tempo de conversão de monômeros (Ruwaida et al., 2013; Lempel et al., 2019).

No entanto, outro fator que poderia influenciar no baixo grau de conversão das resinas compostas é a alta taxa de matriz de carga. Esta alta taxa pode reduzir o grau de conversão dos materiais restauradores por dificultar a propagação da cadeia polimérica (Halvorson et al., 2013; Lempel et al., 2019). Esta seria a justificativa para a realização do presente estudo, pois os materiais estudados apresentam alta taxa de matriz de carga, em torno de 60 a 80%. De acordo outros pesquisadores (Mieletik et al, 2017), a resina Filtek Bulk Fill apresentou menor quantidade de partículas de carga e o maior parâmetro de translucidez. Apesar desses parâmetros vantajosos, que poderiam contribuir para uma melhor polimerização da resina Filtek Bulk Fill (M₁), este material apresentou o menor grau

de conversão quando comparado as outras resinas Bulk Fill. Estes resultados corroboram com a pesquisa de Lampel e colaboradores em 2019, que estudaram a mesma resina e observaram um menor grau de conversão. Estudos prévios relataram que os valores de grau de conversão para Filtek Bulk Fill eram mais baixos em comparação com as outras resinas Bulk Fill (Alshali et al., 2013; Ilie, 2017).

Considerando a composição química da resina Tetric N Ceram, o componente BisGMA deste material foi combinado ao UDMA e o BisEMA. Embora a viscosidade do UDMA seja muito inferior quando comparado ao BisGMA, ao misturá-lo com o alto peso molecular do BisEMA, poderia restringir significativamente a mobilidade dos monômeros UDMA, além de reduzir a sua reatividade e o seu valor de conversão (Lampel et al., 2019). No entanto, a resina Filtek Bulk Fill foi o material que apresentou a menor conversão no terço profundo, esses resultados evidenciam que o fotoiniciador teve mais influencia no grau de conversão.

O aumento da profundidade da cavidade pode reduzir a exposição da fonte de luz e conseqüentemente interferir no grau de conversão das resinas. O fator profundidade também justificou a realização do presente estudo, uma vez que foi no terço profundo (equivale a 6mm), onde houve o menor grau de conversão (Lampel et al., 2019). De acordo com o fabricante (3M), essa resina (Filtek Bulk Fill) é indicada para restaurar cavidades de no máximo 5mm de profundidade, ou seja, cavidades mais profundas apresentam um o menor grau de conversão, como por exemplo o observado no terço de 6mm.

Além disso, as fontes Bluephase e VALO permitiram uma melhor conversão dos monômeros nas maiores profundidades, resultados que sugerem que as resinas Bulk Fill devam ser fotopolimerizadas com fontes de luz de maior potência.

Na comparação do efeito das fontes para o mesmo material e no mesmo terço, observou-se que para o M₁, nos terços T_S (38,14%) e T_M (37,58%), respectivamente, a fonte F₂ apresentou menores médias que F₃. Para o T_P, a fonte F₁ (26,52%) apresentou menor média que F₃ (60,99%). Enquanto, que para os M₂ e M₃ em todos os terços não houve diferença significante entre as fontes.

As fontes de luz de LED estão sendo amplamente utilizadas nos consultórios odontológicos. Essas fontes podem ser divididas em LEDs de banda de emissão de pico único (azul) LED polywave (azul / violeta). As fontes de luz LED de banda de emissão de pico único (azul) produzem uma faixa muito estreita de comprimentos de onda centralizados entre 450 e 470 nm, como por exemplo o Optilight Max usado

no estudo. As fontes de LED polywave (azul / violeta) usam uma combinação de chips de LED com diferentes comprimentos de onda de emissão para produzir uma saída espectral que abrange a faixa de 440 e 470 nm e os comprimentos de onda mais curtos abaixo de 420 nm (Price et al, 2003 ; Bennett, Watts, 2004; Uhl et al, 2004; Price et al., 2005; Price et al, 2006; Ye et al., 2007; Owens, Rodriguez, 2007; Uhl et al., 2003; Vandewalle et al., 2005; Schattenberg et al, 2008; Ilie, Hickel, 2008; Kim et al., 2006; Price et al., 2010; Alshali et al., 2013; AlQahtani et al.,2013) . Bluephase e VALO são exemplos de LED polywave (azul / violeta) que possuem diversas bandas de emissão. A fonte Bluephase, usa um guia de luz, que posiciona os chips emissores na extremidade distal da unidade e emite luz através de uma lente, diferentemente da fonte VALO (Price et al., 2010)

No entanto, a saída espectral da unidade de fotopolimerização (ULC) deve corresponder aos espectros de absorção do fotoiniciador específico usado para cada resina (Nomoto, 1997). Este fato poderia justificar o porquê da fonte de Luz Bluephase apresentar o menor Grau de conversão no T_s . A distribuição de irradiação medida nos comprimentos de onda de emissão de 405 e 460 nm não foi uniforme na extremidade emissora de todas as unidades LED / azul / violeta poligonal (G-Light, Bluephase e VALO) poderia também ter influenciado no menor grau de conversão da fonte de luz Bluephase (F_2). A falta de homogeneidade espacial e espectral na emissão de luz é uma preocupação, porque algumas resinas usam fotoiniciadores que exigem comprimentos de onda mais curtos de luz, o que influencia de maneira determinante no grau de conversão do material (Kim et al., 2006; Ye et al., 2007; Price et al., 2010).

Nesse contexto, surge questões sobre a necessidade de incluir os menores comprimentos de onda nas luzes de cura por LED usadas para fotopolimerizar resinas Bulk Fill. O presente estudo concorda com Sampaio e colaboradores (2017) que a quantidade de luz violeta era insuficiente para curar resinas Bulk Fill em profundidades maiores. Os pesquisadores descobriram que no geral, a fotopolimerização foi pior nas regiões mais profundas expostas principalmente à luz violeta, ou seja, as camadas mais profundas fotopolimerizadas incorretamente mostraram os menores valores de grau de conversão do material. Outros estudos descobriram que o aumento da espessura também mostrou um efeito negativo na transmissão de luz violeta (350-425 nm) quando comparada à luz azul (425-550 nm) (Harlow et al., 2016; Shimokawa et al, 2017), pois poderia afetar a microdureza das

resinas do tipo Bulk Fill. Estes estudos corroboram com o nosso estudo em que a fonte de luz F₁ no terço profundo apresentou baixo grau de conversão.

Price et al, (2010) realizou um estudo indicando quais comprimentos de onda foram mais eficazes para a cura de fotoiniciadores (Lucirin TPO e canforoquinona). Estes autores observaram que o comprimento de onda de 460 nm e 405nm ativaram com mais eficiência, a canforquinona e os fotoiniciadores alternativos como o Lucirin TPO, respectivamente. Esse resultado pode justificar o motivo pelo qual a fonte de luz Bluephase apresentou o menor grau de conversão nos terços T_S e T_M quando comparada com as demais fontes de luz no presente estudo.

Os resultados evidenciaram que além da fonte de luz influenciar na conversão das resinas, o tipo de monômero presente na composição química da resina também pode influenciar negativamente a conversão dos monômeros. É possível, diante dos resultados encontrados, observar que a VALO é a fonte de luz mais indicada para polimerização de resinas Bulk Fill.

Comparando os terços para o mesmo Material e a mesma Fonte, observou-se significância estatística apenas para M₁, na fonte F₁ e o terço T_P (26,52%) apresentou menor grau de conversão que o terço T_S (64,88%) e T_M (52,3%).

Gonçalves e colaboradores em 2018 verificaram que três (Venus Bulk Fill Flow, Filtek Bulk Fill e Filtek Bulk Fill Flow) das seis resinas Bulk Fill avaliadas foram capazes de manter o grau de conversão estatisticamente semelhantes em 4 mm e apenas quatro dessas resinas (Venus Bulk Fill Flow, Filtek Bulk Fill, Filtek Bulk Fill Flow e everX Posterior) foram capazes de manter até 80% de sua conversão na parte inferior quando comparadas à superfície superior.

Yu e colaboradores em 2017 avaliaram o grau de conversão de diferentes resinas Bulk Fill (Beautifil Bulk, Beautifil Bulk Flowable, Tetric N-Ceram Bulk Fill, Smart Dentin Replacement) nas profundidades de 2mm, 4mm e 6mm. Estes pesquisadores observaram que o grau de conversão das resinas Bulk Fill avaliadas apresentavam valores abaixo de 60%. De acordo com estes autores a baixa conversão é devido a potência da fonte de luz utilizada e da composição do material estudado. Este resultado concorda com os dados do presente estudo, em que a composição da resina (Filtek Bulk Fill) teve influência na conversão, e o tipo de fonte também influenciou na conversão dos monômeros, pois a a Fonte de Luz VALO teve uma melhor conversão quando comparada às fontes de menor potência.

Assim estes resultados foram capazes de mostrar que a fonte de luz e o tipo de monômero presente na composição química da resina podem influenciar na conversão dos monômeros.

As avaliações de microdureza em resinas compostas geralmente são utilizadas para sondar indiretamente e confirmar o efeito do grau de conversão de rede de polímeros (Fronza et al., 2015). A diminuição gradual da microdureza em diferentes profundidades sugere que há uma diminuição no grau de conversão dos compostos com o aumento da distância da superfície irradiada. Este conceito é de suma importância para a compreensão da longevidade das restaurações com fotopolimerização inadequada. Embora, utilizar somente as medidas de microdureza como método indireto para avaliar grau de conversão, pode ser um equívoco (Bouschliche et al, 2004; Watts, 2005; Yan et al., 2010; Flury et al., 2014), pois há a possibilidade de se superestimar a profundidade da cura (Flury et al., 2014; Fronza et al., 2015).

No presente estudo, observou-se que a composição química associada as variações de fontes de luz demonstraram a grande influência destas no grau de conversão e microdureza das resinas estudadas. A análise de microdureza das resinas do tipo Bulk fill foram realizadas em diferentes espessuras (2mm, 4mm e 6mm), a fim de se avaliar a influência da espessura do incremento na microdureza. Foram analisados os resultados de 4mm e 6 mm, os quais correspondem respectivamente aos terços T_M e T_P .

No tempo de 14 dias, verificou-se que tanto para o terço T_M quanto para o T_P , a microdureza apresentou maiores médias que nos demais tempos. Este resultado provavelmente pode nos mostrar que as resinas do tipo Bulk Fill, quando polimerizadas em maiores espessuras, pode apresentar polimerização total após 14 dias, uma vez que há uma menor incidência de luz nessas profundidades afetando esse parâmetro.

O fator fonte não teve efeito estatisticamente significativo sobre a variável de estudo. Este resultado mostrou que não houve diferença significativa do efeito das fontes sobre a microdureza de profundidade T_M e T_P . Entretanto, tais resultados diferem da literatura, pois o tipo de fonte de luz influencia a microdureza em diferentes espessuras. O espectro de emissão das luzes de LED geralmente atinge um pico na faixa de comprimento de onda de 450 nm a 470 nm e quase não fornece luz abaixo de 420 nm. Este tipo de fonte curam eficientemente resinas que usam

canforquinona (CQ), o fotoiniciador que é mais largamente utilizado nas pesquisas (Maghaireh et al., 2019). No entanto, a cor amarela brilhante da canforquinona limita seu uso, particularmente em tons muito claros ou translúcidos de resinas Bulk Fill (Alvim et al., 2007). Portanto, algumas resinas Bulk Fill incluem fotoiniciadores alternativos que não são tão cromogênicos quanto a canforquinona, as quais podem ser ativados principalmente por comprimentos de onda mais curtos (abaixo de 420 nm) da luz violeta (Price, Felix, 2009). Desta maneira, os comprimentos de onda mais curtos são um grande problema para fonte de LED de banda de emissão única, pois estas fontes emitem luz principalmente entre os valores de 450 e 470 nm.

Por esta razão foram introduzidas no mercado fontes de luz de LED (violeta / azul) de amplo espectro (Price, Felix, 2005; Price, Felix, 2006; Kim et al., 2006; Owens, Rodriguez, 2007), as quais usam uma combinação de dois ou mais chips de LED coloridos diferentes para fornecer luz na faixa de 440 nm a 470 nm e comprimentos de onda menores abaixo de 420 nm (Price, Felix, 2006; Owens, Rodriguez, 2007).

O estilo polywave das unidades de LED deveria polimerizar todos os tipos de resinas Bulk Fill. No entanto, devido à localização dos emissores de LEDs dentro da unidade, a irradiância espectral pode não ser uniformemente distribuída pela ponta da luz (Price et al., 2010; Sampaio et al, 2017) afetando, assim, as propriedades de cura e de microdureza (Price et al., 2014). Os comprimentos de onda mais baixos desses dispositivos poderiam não conseguir penetrar nas amostras mais grossas de resinas bulk fill e conseqüentemente ser insuficientes para ativar os fotoiniciadores na parte inferior dessas resinas (Maghaireh et al, 2019).

A resina Filtek Bulk fill (M_1) apresentou maior microdureza que as demais resinas quando comparada nas profundidade de T_M e T_P . Esses resultados são opostos aos resultados de outros pesquisadores (Fronza et al., 2015) em que as médias de microdureza apresentaram valores semelhantes em profundidades. A resina Filtek Bulk fill (M_1) apresenta maior translucidez devido a adição de pequenos preenchimentos de zircônia de partículas (Guo et al., 2012). Adição destas partículas podem ter influenciado na melhor transmissão de luz e pode ter colaborado para uma maior microdureza para este material (Lee et al, 2005).

A interação dos fatores Material x Tempo foi estatisticamente significativa apenas para o terço médio. Comparando os materiais para o mesmo tempo é possível verificar que no tempo de 48 horas (T_0), 7 dias (T_1) e 14 dias (T_2) o M_1

apresentou média estatisticamente maior que M_2 . O M_1 e M_3 no tempo de 14 dias (T_2) apresentou maior microdureza. Estes resultados provavelmente estão relacionados com a composição do material, uma vez que a Filtek Bulk Fill apresentou uma maior translucidez, o que poderia ter favorecido na sua maior microdureza.

Para a microdureza de profundidade de T_M e T_P a interação Fonte X Tempo foi estatisticamente significativa. Verificou-se que no tempo de 48 horas (T_0) a fonte F_1 (Optilight Max) apresentou maior microdureza que F_2 (Bluephase). Estes dados talvez estejam relacionados com o estilo polywave da fonte Bluephase (F_2). A irradiância espectral da fonte polywave pode não ter sido uniformemente distribuída pela ponta da luz (Price et al., 2010; Sampaio et al, 2017) o que poderia ter afetado sua microdureza quando comparada com o estilo de fonte monowave.

A interação Material x Fonte foi estatisticamente significativa. A média de microdureza da fonte VALO (F_3) apresentou maior microdureza para o material Filtek Bulk Fill (M_1) quando comparado com as demais resinas. A resina Filtek Bulk Fill (M_1) apresentou a maior microdureza do que as demais resinas, tanto na profundidade de 4mm (T_M) quanto na profundidade de 6mm (T_P). Essa maior microdureza provavelmente pode estar relacionada com a maior translucidez dessa resina, pois a adição de pequenos preenchimentos de partículas de zircônia (Guo et al., 2012), poderiam influenciar na melhor transmissão de luz para este material e aumentar sua microdureza (Lee et al, 2005). Além disso, a VALO é uma fonte de luz LED (violeta/azul) de amplo espectro, que usa uma combinação de dois ou mais chips de LED coloridos diferentes para fornecer luz na faixa de 440 nm a 470 nm e comprimentos de onda menores abaixo de 420 nm (Owens, Rodriguez, 2007; Price et al., 2006, Kim et al, 2006). Alguns autores relataram que essas unidades de LED de amplo espectro polimerizam amostras de algumas resinas em maior extensão do que as unidades de cura azul por LED de banda de emissão única (Price et al., 2006) e assim, também justificaria a melhor microdureza desse material quando utilizado esse tipo de luz de LED.

Quando há uma diminuição da penetração da luz e o aumento da distância da superfície irradiada, é esperado uma redução no grau de conversão. Portanto, uma diminuição nos valores de dureza (Flury et al., 2014), também poderia influenciar no menor resultado de microdureza observado utilizando as demais fontes de luz.

A otimização dos componentes da resina também pode explicar o porquê da resina Filtek Bulk apresentar uma maior microdureza. Este material contém dimetacrilato de uretano (UDMA) e a copolimerização do metacrilato de bisfenol A-glicidil (bis-GMA) com UDMA ou dimetacrilato de trietileno glicol (TEGDMA) conseguem aumentar a conversão e criam uma rede polimérica altamente reticulada, densa e rígida e assim aumentando a sua microdureza (Gonçalves et al., 2010).

É necessário experimentações clínicas para a validação dos métodos utilizados neste estudo, uma vez que a avaliação feita na presente pesquisa, foi uma análise *in vitro*. Os resultados desse estudo, mostram que a escolha do material deve ser considerada durante o planejamento de restaurações em pacientes com refluxo gastroesofágico. É imprescindível, um estudo do comportamento dos materiais restauradores frente a diferentes métodos de polimerização, uma vez que a composição e reações químicas são influenciadas pela fonte luz, podendo levar a um resultado final insatisfatório para uma restauração.

6. Conclusão

6. CONCLUSÃO

De acordo com a metodologia utilizada é possível concluir que:

1. A rugosidade foi maior no tempo de 48 horas e a resina Opus Bulk Fill apresentou menor rugosidade em todos os tempos quando comparadas as outras resinas. Além disso, foi possível observar que o ácido não influenciou negativamente nessa propriedade.
2. A alteração de cor aumentou ao longo do tempo. No tempo de 3 anos, a resina Tetric N Ceram Bulk Fill apresentou maior alteração de cor quando associada ao ácido clorídrico.
3. A resina Filtek Bulk Fill apresentou a maior microdureza no tempo de 7 dias. Entretanto, foi observado que o ácido influenciou negativamente a microdureza da resina Tetric N Ceram.
4. A resina Filtek Bulk Fill apresentou menor grau de conversão no terço profundo com a utilização da fonte de luz Optilight Max.
5. A resina Filtek Bulk Fill apresentou maior microdureza de profundidade aos 14 dias com o uso da fonte VALO.

Desta maneira, o presente estudo permitiu verificar o efeito do ácido clorídrico nas propriedades das resinas Bulk Fill, a fim de orientar corretamente a indicação deste material restaurador frente a desafios ácidos, que são comumente encontrados na clínica odontológica durante os diferentes tratamentos reabilitadores.

Esta pesquisa também possibilitou mostrar o efeito das fontes de luz no grau de conversão e microdureza de diferentes resinas e o quanto esta variável pode comprometer o resultado clínico final de uma restauração. Além disso, pode-se observar que a composição do material restaurador (monômero, fotoiniciador, tamanho de partícula e carga inorgânica), o tipo de LED (potência) e a presença do ácido podem apresentar efeitos consideráveis sobre as propriedades das diferentes resinas testadas.

Portanto, esta pesquisa permitiu concluir que as resinas Bulk Fill podem ser o material restaurador de escolha para os pacientes que apresentam Refluxo Gastroesfágico e Bulimia e a fonte VALO é a melhor indicação para polimerização deste material.

Referências

REFERÊNCIAS¹

1. Abebe DS, Lien L, Von Soest T. The development of bulimic symptoms from adolescence through adulthood in females and males: a population-based longitudinal cohort study. *Int J Eat Disord*. 2012;45:737–45.
2. Aditi Kulkarni, BDS; James Rothrock, BS; Jeffery Thompson, BS. Impact of Gastric Acid Induced Surface Changes on Mechanical Behavior and Optical Characteristics of Dental Ceramics. *Journal of Prosthodontics*, 2018: 1–12.
3. Agrawal A, Manwar NU, Hegde S, et al. Comparative evaluation of surface hardness and depth of cure of silorane and methacrylate-based posterior composite resins: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2015;18:136–139.
4. Alberton Da Silva V, Alberton Da Silva S, Pecho OE, Bacchi A. Influence of composite type and light irradiance on color stability after immersion in different beverages. *J Esthet Restor Dent*. 2018;30: 390-396.
5. Alencar MF, Pereira MT, De-Moraes MDR, Santiago SL, Passos VF. The effects of intrinsic and extrinsic acids on nanofilled and bulk fill resin composites: Roughness, surface hardness, and scanning electron microscopy analysis. *Microsc Res Tech*. 2020 Feb;83(2):202-207.
6. AlQahtani MQ, AlShaafi MM, Price RB. Effects of single-peak vs polywave light-emitting diode curing lights on the polymerization of resin cement. *J Adhes Dent*. 2013;15(6):547-51.
7. Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals. *Dent Mater* 2013;29:e213–7.
8. Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals. *Dent Mater* 2013;29:e213–7.
9. Alvim HH, Alecio AC, Vasconcellos WA, Furlan M, de Oliveira JE, & Saad JR (2007) Analysis of camphorquinone in composite resins as a function of shade. *Dental Materials* 23(10) 1245-1249.
10. Amaechi BT, Higham SM. Dental erosion: Possible approaches to prevention and control. *J Dent* 2005;33:243-252.
11. Anusavice, KJ.; Shen, C; Rawls, HR. Compósitos a base resinosa. In: *Materiais Dentários*. 12. ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2013; 13:275- 306.
12. Atmadja, G., Bryant, R W. Some factors influencing the depth of cure of a visible light-activated composite resin. *Aust. Dent. J.*, 1990; 35:213-8.

¹ De acordo com o International Committee of Medical Journal Editors, adaptado pela U.S. National Library of Medicine (Estilo Vancouver).

13. Attar, N. The effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of composite resin materials. *J Contemp Dent Pract* 2007;8:27-35.
14. Bahbishi N, Mzain W, Badeeb B, Nassar HM. Color Stability and Micro-Hardness of Bulk-Fill Composite Materials after Exposure to Common Beverages. *Materials (Basel)*. 2020;13(3)
15. Barbieri GM, Mota EG, Rodrigues-Junior SA, & Burnett LH Jr. Effect of whitening dentifrices on the surface roughness of commercial composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2011; 23(5) 338-345.
16. Bartlett DW, Coward PY. Comparison of the erosive potential of gastric juice and a carbonated drink in vitro. *Journal of Oral Rehabilitation* 2001;28:1045-7.
17. Barutçigil C., Barutçigil K., Ozarslan M.M., Dundar A., Yilmaz B. Color of bulk-fill composite resin restorative materials. *J. Esthet. Restor. Dent*. 2018;30.
18. Bennett AW, Watts DC. Performance of two blue light-emitting-diode dental light curing units with distance and irradiation-time. *Dent Mater*. 2004;20(1):72-9.
19. Bhamra GS, Fleming GJP, Darvell BW. Influence of LED irradiance on flexural properties and Vickers hardness of resin-based composite materials. *Dent Mater*. 2010;26:148-1
20. Bouschlicher MR, Rueggeberg FA, Wilson BM. Correlation of bottom-to-top surface microhardness and conversion ratios for a variety of resin composite compositions. *Oper Dent* 2004;29:698-704.
21. Bruch H. Anorexia Nervosa: therapy and theory. *Am J Psychiatry*. 1982;139:1531-8.
22. Bruna Marin Fronzaa, Frederick Allen Rueggeberg, Roberto Ruggiero Braga, Borys Mogilevych, Luis Eduardo Silva Soares, Airtton Abrahão Martin, Gláucia Ambrosano, Marcelo Giannini. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *dental materials*. 2015;3 (1);1542-1551
23. Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. *Clin Oral Investig*, 2014, 18:8:1991-2000.
24. Burke FJ, Mackenzie L, Sands P. Dental materials. Class I and II cavities. *Dent Update* 2013;40:260-2 [64-66, 69-70 passim].
25. Correr, GM, Bruschi Alonso RC, Baratto-Filho F, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti RA, Puppini-Rontani RM. In vitro long-term degradation of aesthetic restorative materials in food-simulating media. *Acta Odontol Scand*, 2012;70:101- 108.
26. Cramer NB, Stansbury JW, Bowman CN. Recent advances and developments in composite dental restorative materials. *J Dent Res* 2011;90:402-16.

27. Creanor, S., Creanor, S., & Alharthy, N. A comparison of in vitro erosion-like mineral loss between continuous and intermittent acidic exposure with and without human saliva. *Archives Oral Biology*, 2011, 56(7), 703–708. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2010.12.014>.
28. De Moor RJ. Eatingdisorder-induced dental complications: a case report. *J Oral Rehabil*. 2004;31:725–32.
29. Dickens S, Stansbury J, Choi K, Floyd C. Photopolymerization kinetics of methacrylate dental resins. *Macromolecules* 2003;36(16):6043–53.
30. Domiciano SJ, Colucci V, Serra MC. Effect of two restorative materials on root dentine erosion. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2010;93:304-308.
31. Domiciano SJ, Colucci V, Serra MC. Effect of two restorative materials on root dentine erosion. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2010;93:304- 308.
32. Dos Santos PH, Pavan S, Consani S, Sobrinho LC, Sinhoreti AS, Filho JN. In vitro evaluation of surface roughness of 4 resin composites after the toothbrushing process and methods to recover superficial smoothness. *Quintessence Int* 2007;38:247-253.
33. Eick JD, Smith RE, Pinzino CS, Kotha SP, Kostoryz EL, Chappelow CC. Photopolymerization of developmental monomers for dental cationically initiated matrix resins. *Dent Mater*. 2005; 21(4):384-90.
34. El-Damanhoury H, Platt J. Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites. *Oper Dent* 2014;39(4):374–82.
35. Emami N, Söderholm KJ. How light irradiance and curing time affect monomer conversion in light-cured resin composites. *Eur J Oral Sci* 2003;111:536–42.
36. Endo T, Finger WJ, Kanehira M, Utterodt A, Komatsu M. Surface texture and roughness of polished nanofill and nano- hybrid resin composites. *Dent Mater J*. 2010 Mar;29(2):213- 23. doi: 10.4012/dmj.2009-019.
37. Farahat F, Daneshkazemi AR,Hajjahmadi Z. The Effect of Bulk Depth and Irradiation Time on the Surface Hardness and Degree of Cure of Bulk-Fill Composites. *J Dent Biomater*. 2016 Sep; 3(3): 284–291.
38. Ferracane J, Greener E. The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical properties of dental restorative resins. *Journal of Biomedical Materials Research* 1986;20(1):121–31.
39. Ferracane JK. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks *Dental Materials*. 2006;22(3) 211-222.
40. Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dental Materials* 1985;1(1):11–4.

41. Ferracane, J. L. Resin composite—State of the art. *Dental Materials*, 2011, 27(1), 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.020>
42. Ferracane, J.L.; Greener, E.H. The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical properties of dental restorative resins. *J. Biomed.* 1986;20(1):p.121-31.
43. Flávia Gonçalves, Luiza Mello De Paiva Campos, Ezequias Costa Rodrigues-Júnior, Fabrícia Viana Costa, Pamela Adeline Marques Carlos Eduardo Francci, Roberto Ruggiero Braga, Letícia Cristina Cidreira Boaro. A comparative study of bulk-fill composites: degree of conversion, post-gel shrinkage and cytotoxicity. *Braz Oral Res.* 2018;32:e17.
44. Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, Hüsler J, Lussi A. Depth of cure of resin composites: is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials? *Dent Mater* 2012;28(5):521–8.
45. Flury S, Peutzfeldt A, Lussi A. Influence of increment thickness on microhardness and dentin bond strength of bulk fill resin composites. *Dent Mater* 2014;30(10):1104–12.
46. Fronza B. M., Rueggeberg F. A., Braga R. R., et al. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dental Materials*. 2015;31(12):1542–1551.
47. Fronza BM, Rueggeberg FA, Braga RR, Mogilevych B, Soares LES, Martin AA, Ambrosano G, Giannini M. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dent Mater*. 2015 Dec;31(12):1542-51
48. GA Maghaireh, RB Price, N Abdo, NA Taha, H Alzraikat. Effect of Thickness on Light Transmission and Vickers Hardness of Five Bulk-fill Resin-based Composites Using Polywave and Single-peak Light-emitting Diode Curing Lights. *Operative Dentistry*, 2019, 44-1, 96-107
49. Garcia D, Yaman P, Dennison J, Neiva G. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk fill flowable composite resins. *Oper Dent* 2014;39(4):441–8.
50. Gonçalves F, Campos LMP, Rodrigues-Júnior EC, Costa FV, Marques PA, Francci CE, Braga RR, Boaro LCC. A comparative study of bulk-fill composites: degree of conversion, post-gel shrinkage and cytotoxicity. *Braz Oral Res.* 2018; 32 (17): 1-9.
51. Goncalves F, Kawano Y, Braga RR. Contraction stress related to composite inorganic content *Dental Materials*. 2010;26(7):704-709.
52. Gopferich A. Mechanisms of polymer degradation and erosion *Biomaterials*. 1996: 17(2) 103-114.
53. Gopferich A. Mechanisms of polymer degradation and erosion. *Bio- materials* 1996;17(2):103–104.

54. Guedes APA, Moda MD, Suzuki TYU, Godas AGL, Sundfeld RH, Briso ALF, Santos PH. Effect of Fluoride-Releasing Adhesive Systems on the Mechanical Properties of Eroded Dentin. *Brazilian Dental Journal*. 2016;27(2): 153-159.
55. Guo G, Fan Y, Zhang JF, Hagan JL, Xu X. Novel dental composites reinforced with zirconia-silica ceramic nanofibers *Dental Materials*. 2012;28(4): 360-368.
56. Halvorson RH, Erickson RL, Davidson CL. Energy dependent polymerization of resin-based composite. *Dent Mater* 2002;18:463–9.
57. Halvorson RH, Erickson RL, Davidson CL. The effect of filler and silane content on conversion of resin-based composite. *Dent Mater* 2003;19:327–33.
58. Harlow JE, Rueggeberg FA, Labrie D, Sullivan B, Price RB. Transmission of violet and blue light through conventional (layered) and bulk cured resin-based composites *Journal of Dentistry*. 2016;53:44-50.
59. Hengtrakool C, Kukiattrakoon B, Kedjarune-Leggat U. Effect of naturally acidic agents on microhardness and surface micromorphology of restorative materials. *Eur J Dent* 2011;5:89-100.
60. Hirata R, Clozza E, Giannini M, Farrokhmanesh E, Janal M, Tovar N et al. Shrinkage assessment of low shrinkage composites using micro-computed tomography. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2015;103(4):798-806.
61. Hofmann N, Renner J, Hugo B, Klaiber B. Elution of leachable components from resin composites after plasma arc vs. standard or soft-start halogen light irradiation. *Journal of Dentistry* 2002;30(5):223–32.
62. Honório HM, Rios D, Francisconi LF, Magalhães AC, Machado MA, Buzalaf MA. Effect of prolonged erosive pH cycling on different restorative materials. *J Oral Rehabil* 2008;35:947- 953.
63. Hove LV, Holme B, Young A, Tveit AB. The protective effect of TiF₄, SnF₂ and NaF against erosion-like lesions in situ. *Caries Res* 2008;42:68-72.
64. I. Nasim, P. Neelakantan, R. Sujeer, and C. V. Subbarao, “Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins—an in vitro study,” *Journal of Dentistry*. 2010;38(2):137–142.
65. Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. *OperDent* 2013;38:618–25.
66. Ilie N, Hickel R. Can CQ be completely replaced by alternative initiators in dental adhesives? *Dent Mater J* 2008;27:221–8.
67. Ilie N, Hickel R. Resin composite restorative materials. *Aust Dent J*. 2011; 56 (1):59-66 .

68. Ilie N, Schöner C, Bücher K, Hickel R. An in-vitro assessment of the shear bond strength of bulk-fill resin composites to permanent and deciduous teeth. *J Dent*. 2014;42(7):850-5.
69. Ilie N. Impact of light transmittance mode on polymerisation kinetics in bulk-fill resin-based composites. *J Dent* 2017;63:51–9.
70. Imazato S, McCabe JF, Tarumi H, Ehara A, Ebisu S. Degree of conversion of composites measured by DTA and FTIR. *Dent Mater*. 2001;17(2):178-83.
71. Imazato S, Tarumi H, Kobayashi K, Hiraguri H, Oda K, Tsuchitani Y. Relationship between the degree of conversion and internal discoloration of light-activated composite. *Dental Mater J* 1995;14(1):23-30.
72. J. L. Ferracane, "Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks," *Dental Materials*. 2006;22(3):211–222.
73. Jaeggi T, Lussi A. Prevalence, incidence and distribution of erosion. *Monogr Oral Sci* 2006;20:44-65.
74. Kendell RE, Hall DJ, Hailey A, Babigian HM. The epidemiology of anorexia nervosa. *Psychol Med*. 1973;3:200–3.
75. Kerby, R.E.; Knobloch, L.A.; Schricker, S.; Gregg, B. Synthesis and evaluation of modified urethane dimethacrylate resins with reduced water sorption and solubility. *Dent. Mater*. 2009, 25, 302–313.
76. Khatri CA, Stansbury JW, Schultheisz CR, Antonucci JM. Synthesis, characterization and evaluation of urethane derivatives of Bis-GMA. *Dental Materials* 2003;19(7):584–8.
77. Kim SY, Lee IB, Cho BH, et al. Curing effectiveness of a light emitting diode on dentin bonding agents. *J Biomed Mater Res* 2006;77:164–70.
78. Kwon Y, Ferracane J, Lee IB. Effect of layering methods, composite type, and flowable liner on the polymerization shrinkage stress of light cured composites. *Dent Mater* 2012;28:801–9.
79. Lloyd CH, Scrimgeour SN, Chudek JA, Mackay RL, Hunter G, Pananakis D, Abel EW. Determination of the depth of cure for VLC composites by nuclear magnetic resonance microimaging. *Dent Mater*. 1994 Mar;10(2):128-33.
80. Lacey JH. Bulimia nervosa, binge eating, and psychogenic vomiting: a controlled treatment study and long term outcome. *Br Med J (Clin Res Ed)* 1983;286:1609–13.
81. Lapčík L Jr, Jancár J, Stasko A, Sába P. Electron paramagnetic resonance study of free-radical kinetics in ultraviolet-light cured dimethacrylate copolymers. *Mater Sci Mater Med*. 1998 May;9(5):257-62.
82. Lee YK, Lu H, Powers JM. Measurement of opalescence of resin composites *Dental Materials*. 2005; 21(11):1068-1074.

83. Lee YK. Influence of filler on the difference between the transmitted and reflected colors of experimental resin composites. *Dent Mater.* 2008 Sep;24(9):1243-7. doi: 10.1016/j.dental.2008.01.014. Epub 2008 Mar 17.
84. Lempel E, Óri Z, Szalma J, Lovász BV, Kiss A, Tóth Á, Kunsági-Máté S. Effect of exposure time and pre-heating on the conversion degree of conventional, bulk-fill, fiber reinforced and polyacid-modified resin composites. *Dent Mater.* 2019 Feb;35(2):217-228.
85. Lepri CP, Palma-Dibb RG. Surface roughness and color change of a composite: influence of beverages and brushing. *Dent Mater J.* 2012; 31:689-696.
86. Leprince JG, Palin WM, Hadis MA, Devaux J, Leloup G. Progress in dimethacrylate-based dental composite technology and curing efficiency. *Dent Mater* 2013;29:139–56.
87. Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Sabbagh J, Devaux J, Leloup G. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent* 2014;42(8):993–1000.
88. Lussi A, Schlueter N, Rakhmatullina E, Ganss C. Dental erosion - an overview with emphasis on chemical and histopathological aspects. *Caries Res* 2011;45:2-12.
89. M. Orłowski, B. Tarczydło, and R. Chałas, "Evaluation of marginal integrity of four bulk-fill dental composite materials: in vitro study," *The Scientific World Journal*, 2015;20:8.
90. Manojlovic D, Dramicanin MD, Lezaja M, et al. Effect of resin and photoinitiator on color, translucency and color stability of conventional and low-shrinkage model composites. *Dent Mater.* 2016;32:183-191.
91. Mansouri, S.A.; Zidan, A.Z. Effect of Water Sorption and Solubility on Color Stability of Bulk-Fill Resin Composite. *J. Contemp. Dent. Pract.* 2018, 19, 1129–1134.
92. Marigo L, Spagnuolo G, Malara F, Martorana GE, Cordaro M, Lupi A et al. Relation between conversion degree and cytotoxicity of a flowable bulk-fill and three conventional flowable resin-composites. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2015 Dec;19(23):4469-80.
93. Marjanovic J, Veljovic DN, Stasic JN, Savic-Stankovic T, Trifkovic B, Miletic V. Optical properties of composite restorations influenced by dissimilar dentin restoratives. *Dent Mater.* 2018;34:737-745.
94. Michaud PL, Price RB, Labrie D, Rueggeberg FA, Sullivan B. Localised irradiance distribution found in dental light curing units *Journal of Dentistry.* 2014;42(2) 129-139.
95. Miletic V, Marjanovic J, Veljovic DN, Stasic JN, Petrovic V. Color stability of bulk-fill and universal composite restorations with dissimilar dentin replacement materials. *J Esthet Restor Dent.* 2019 Sep;31(5):520-528.

96. Miletic V, Pongprueksa P, De Munck J, Brooks NR, Van Meerbeek B. Curing characteristics of flowable and sculptable bulk-fill composites. *Clin Oral Investig* 2017;21:1201–12.
97. Mills, R. W.; Uhl, A.; Blackwell, G. B.; Jandt, K. D. High power light emitting diode (LED) arrays versus halogen light polymerization of oral biomaterials: barcol hardness, compressive strength and radiometric properties. *Biomaterials*, Guildford, 2002;23: 2955-63.
98. Monteiro B & Spohr AM. Surface roughness of composite resins after simulated toothbrushing with different dentifrices. *Journal of International Oral Health*. 2015; 7(7) 1-5.
99. Moraes LG, Rocha RS, Menegazzo LM, de Araújo EB, Yukimito K, Moraes JC. Infrared spectroscopy: a tool for determination of the degree of conversion in dental composites. *J Appl Oral Sci*. 2008 Mar-Apr;16(2):145-9.
100. Moszner N, Fischer UK, Ganster B, Liska R, Rheinberger V. Benzoyl germanium derivatives as novel visible light photoinitiators for dental materials *Dental Materials*. 2008;24(7):901-907.
101. Munchow EA, Ferreira AC, Machado RM, et al. Effect of acidic solutions on the surface degradation of a micro-hybrid composite resin. *Braz Dent J*. 2014;25(4):321–326.
102. N. Azzopardi, K. Moharamzadeh, D. J. Wood, N. Martin, and R. van Noort, “Effect of resin matrix composition on the translucency of experimental dental composite resins,” *Dental Materials*. 2009;25(12):564–1568.
103. N. Gönülol and F. Yilmaz, “The effects of finishing and polishing techniques on surface roughness and color stability of nanocomposites,” *Journal of Dentistry*. 2012;40(2):64–70.
104. Nadine Schlueter, Jan Glatzki, Joachim Klimek, Carolina Ganss. Erosive-abrasive tissue loss in dentine under simulated bulimic conditions. *archives of oral biology*.2012; 57:1176–1182
105. Naoum SJ, Ellakwa A, Morgan L, White K, Martin FE, Lee IB. Polymerization profile analysis of resin composite dental restorative materials in real time. *J Dent*. 2012; 40(1):64-70.
106. Nasjletl, CE, Castelli, WA, Caffesse, RG. Effects of composite restorations on the periodontal membrane in monkeys. *Journal of Dental Research*. 1983; 62(1):75-78.
107. Neumann, M.G.; Miranda Jr., W.G.; Schmitt, C.C.; Rueggberg, F.A.; Correa, I.C. Molar extinction coefficients and the photon absorption efficiency of dental photoinitiators and light curing units. *J. Dent*. 2005;33:525-32.
108. Neumann, M.G.; Schmitt, C.C.; Ferreira, G.C.; Correa, I.C. The initiating radical yields and the efficiency of polymerization for various dental photoinitiators excited by different light curing units. *Dent. Mat*. 2006; 22:576-84.

109. Nomoto R. Effect of light wavelength on polymerization of light-cured resins. *Dent Mater J* 1997;16:60-73.
110. Owens BM, Rodriguez KH. Radiometric and spectrophotometric analysis of third generation light-emitting diode (LED) light-curing units *Journal of Contemporary Dental Practice* . 2007; 8(2) 43-51.
111. Özdas DÖ, Kazak M, Çilingir A, Subasi MG, Tiryaki M, Günel Ş. Color Stability of Composites After Short-term Oral Simulation: An in vitro Study Abstract: *Open Dent J*. 2016;10:431–7.
112. P Yu, AUJ Yap, XY Wang. Degree of Conversion and Polymerization Shrinkage of Bulk-Fill Resin-Based Composites. *Operative Dentistry*, 2017, 42-1, 82-89
113. P Yu, AUJ Yap, XY Wang. Degree of Conversion and Polymerization Shrinkage of Bulk-Fill Resin-Based Composites. *Operative Dentistry*, 2017, 42-1, 82-89.
114. Peutzfeldt A, Asmussen E. Resin composite properties and energy density of light cure. *J Dent Res* 2005;84:659–62.
115. Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. *Eur J Oral Sci*. 1997; 105(2):97-116.
116. Pilo R, Oelgiesser D, Cardash HS. A survey of output intensity and potential for depth of cure among light-curing units in clinical use. *J Dent* 1999;27:235–241.
117. Pires, J.A.F.; Cvitko, E.; Denehy, G.E.; Swift, J.R.E.J. Effects of curing tip distance on light intensity and composite resin microhardness. *Quintessence Int.*, v.24, n.7, p.517-21, 1993.
118. Price RB, Ehrnford L, Andreou P, Felix CA. Comparison of quartz-tungsten halogen, light-emitting diode, and plasma arc curing lights. *J Adhes Dent* 2003;5:193–207.
119. Price RB, Felix CA, Andreou P. Evaluation of a dual peak third generation LED curing light. *Compend Contin Educ Dent* 2005;26:331–2.
120. Price RB, Felix CA, Andreou P. Third generation versus a second-generation LED curing light: effect on Knoop microhardness. *Compend Contin Educ Dent* 2006;27:490–6. quiz 7, 518.
121. Price RB, Felix CA. Effect of delivering light in specific narrow bandwidths from 394 to 515nm on the micro-hardness of resin composites *Dental Materials*. 2009; 25(7) 899-908.
122. Price RB, Ferracane JL, Shortall AC. Light-curing units: a review of what we need to know. *J Dent Res* 2015;94:1179–86.

123. Price RB, Labrie D, Rueggeberg FA, Felix CM. Irradiance differences in the violet (405 nm) and blue (460 nm) spectral ranges among dental light-curing units. *J Esthet Restor Dent* 2010;22:363-377.
124. Price RB, Labrie D, Rueggeberg FA, Sullivan B, Kostylev I, Fahey J. Correlation between the beam profile from a curing light and the microhardness of four resins Dental Materials. 2014; 30(12) 1345-1357.
125. R Ishii, T Takamizawa, A Tsujimoto, S Suzuki A Imai, WW Barkmeier, MA Latta, M Miyazaki. Effects of Finishing and Polishing Methods on the Surface Roughness and Surface Free Energy of Bulk-fill Resin Composites. *Oper Dent*. 2019.
126. Reddy PS, Tejaswi KL, Shetty S, et al. Effects of commonly consumed beverages on surface roughness and color stability of the nano, microhybrid and hybrid composite resins: an in vitro study. *J Contemp Dent Pract*. 2013;14:718–723.
127. Richard B.T. Price, Daniel Labrie, Frederick A. Rueggeberg, Christopher M. Felix, Irradiance Differences in the Violet (405 nm) and Blue (460 nm) Spectral Ranges among Dental Light-Curing Units. *J Esthet Restor Dent* 22:363–378, 2010.
128. Rodrigues Junior SA, Scherrer SS, Ferracane JL, Bona A´LD. Microstructural characterization and fracture behavior of a microhybrid and a nanofill composite. *Dent Mater J*. 2008; 24:1281-8.
129. Roque ACC, Bohner LOL, Godoi APT, Colucci V, Corona SAM, Catirse ABCEB. Surface Roughness of Composite Resins Subjected to Hydrochloric Acid. *Brazilian Dental Journal*, 2015;26(3): 268-271.
130. Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis Jr JW. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent* 1994;19:26–32.
131. Rüttermann S, Suyoun K, Raab WHM, Janda R. Effect of exposure time on the color stability of resin-based restorative materials when polymerized with quartz-tungsten halogen and LED light. *Clin Oral Investig*. 2010;14(5):599–605
132. Ruwaida Z. Alshali, Nick Silikasa, Julian D. Satterthwaite. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals. *Dent Mater*. 2013 Sep;29(9):e213-7.
133. Saijai Tanthanuch, Boonlert Kukiattrakoo, Kasidit Eiam-O-Pas, Kan Pokawattana, Nicha Pamanee, Wichachon Thongkamkaew, Asok Kochatung. Surface changes of various bulk-fill resin-based composites after exposure to different food-simulating liquid and beverages. *J Esthet Restor Dent*. 2018;30:126–135.
134. Sampaio CS, Atria PJ, Rueggeberg FA, Yamaguchi S, Giannini M, Coelho PG, Hirata R, & Puppini-Rontani RM (2017) Effect of blue and violet light on polymerization shrinkage vectors of a CQ/TPO-containing composite *Dental Materials* 33(7) 796-804.

135. Sayna Shamszadeh, Seyede Mahsa Sheikh-Al-Eslamian, Elham Hasani, Ahmad Najafi Abrandabadi, and Narges Panahandeh. Color Stability of the Bulk-Fill Composite Resins with Different Thickness in Response to Coffee/Water Immersion. *Int J Dent.* 2016;2016:7186140.
136. Schattenberg A, Lichtenberg D, Stender E, et al. Minimal exposure time of different LED-curing devices. *Dent Mater* 2008;24:1043–9.
137. Shellis RP, Barbour ME, Jones SB, Addy M. Effects of pH and acid concentration on erosive dissolution of enamel, dentine, and compressed hydroxyapatite. *Eur J Oral Sci* 2010;118:475-482.
138. Shimokawa C, Sullivan B, Turbino ML, Soares CJ, Price RB. Influence of emission spectrum and irradiance on light curing of resin-based composites *Operative Dentistry.* 2017; 42(5) 537-547.
139. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials* 2002;23(8):1819–29.
140. Simon Flury, Anne Peutzfeldt, Adrian Lussi. Influence of increment thickness on microhardness and dentin bond strength of bulk fill resin composites. *dental materials.* 2014; 30: 1104–1112.
141. Soares LE, de Oliveira R, Nahorny S, Santo AM, Martin AA. Micro energy-dispersive X-ray fluorescence mapping of enamel and dental materials after chemical erosion. *MicroscMicroanal* 2012;18:1112-1117.
142. Soares LE, Lima LR, Vieira LS, do Espírito Santo AM, Martin AA. Erosion effects on chemical composition and morphology of dental materials and root dentin. *Microsc Res Tech* 2012;75:703-710.
143. Soares, L. E., Soares, A. L., De Oliveira, R., & Nahorny, S. The effects of acid erosion and remineralization on enamel and three different dental materials: FT-Raman spectroscopy and scanning electron microscopy analysis. *Microscopy Research and Technique.* 2016; 79(7), 646–656.
144. Sorgini DB, da Silva-Lovato CH, de Souza RF, Davi LR, Paranhos H de FO. Abrasiveness of conventional and specific denture-cleansing dentifrices. *Braz. Dent. J.* 2012;23(2):154–9.
145. St John KR. Biocompatibility of dental materials. *DentClin North Am* 2007;51:747–60.
146. Tanimoto Y, Hayakawa T, Nemoto K. Analysis of photopolymerization behavior of UDMA/TEGDMA resin mixture and its composite by differential scanning calorimetry. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2005 Feb 15;72(2):310-5.
147. Tantanuch, S., Kukiattrakoon, B., Peerasukprasert, T., Chanmanee, N., Chaisomboonphun, P., & Rodklai, A. Surface roughness and erosion of nanohybrid and nanofilled resin composites after immersion in red and white wine. *Journal of Conservative Dentistry.* 2016; 19(1), 51–55.

148. Tanthanuch, S., Kukiattrakoon, B., Eiam-O-Pas, K., Pokawattana, K., Pamanee, N., Thongkamkaew, W., & Kochatung, A. Surface changes of various bulk-fill resin-based composites after exposure to different food-simulating liquid and beverages. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2018, 30(2), 126–135.
149. Tarle Z, Attin T, Marovic D, Andermatt L, Ristic M, Tauböck TT. Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill resin composites. *Clin Oral Investig* 2015;19(4):831–40.
150. Ten Cate JM, Imfeld T. Dental erosion, summary. *Eur J Oral Sci*. 1996;104:241-244.
151. Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M. Mechanical properties, volumetric shrinkage and depth of cure of short fiber-reinforced resin composite. *Dent Mater J*. 2016;35(3):418-24.
152. Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M. Mechanical properties, volumetric shrinkage and depth of cure of short fiber-reinforced resin composite. *Dent Mater J*. 2016;35(3):418-24.
153. Tuncdemir AR, Güven ME. Effects of Fibers on Color and Translucency Changes of Bulk-Fill and Anterior Composites after Accelerated Aging. *Biomed Res Int*. 2018.
154. Uhl A, Mills RW, Jandt KD. Photoinitiator dependent composite depth of cure and Knoop hardness with halogen and LED light curing units. *Biomaterials* 2003;24:1787–95.
155. Uhl A, Sigusch BW, Jandt KD. Second generation LEDs for the polymerization of oral biomaterials. *Dent Mater* 2004;20:80–7.
156. Uppal M, Ganesh A, Balagopal S, Kaur G. Profilometric analysis of two composite resins' surface repolished after tooth brush abrasion with three polishing systems. *J ConservDent* 2013;16:309-313.
157. Van Ende, A.; De Munck, J.; Lise, D.P. Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature. *J Adhes Dent*. 2017;19(2):95-109
158. Vandewalle KS, Roberts HW, Andrus JL, Dunn WJ. Effect of light dispersion of LED curing lights on resin composite polymerization. *J Esthet Restor Dent* 2005;17:244–54.
159. Vasudeva, G. Monomersystemsfordentalcompositesand their future: a review. *J CalifDentAssoc* 2009;37:389–98.
160. Watanabe T, Miyazaki M, Moore BK. Influence of polishing instruments on the surface texture of resin composites. *Quintessence Int*. 2006 Jan;37(1):61-7.
161. Watts DC. Reaction kinetics and mechanics in photo-polymerised networks. *Dent Mater* 2005;21:27–35.

162. Wegehaupt, F. J., Tauböck, T. T., Sener, B., & Attin, T. Long-term protective effect of surface sealants against erosive wear by intrinsic and extrinsic acids. *Journal of Dentistry*, 2012, 40(5), 416–422.
163. Yan YL, Kim YK, Kim KH, Kwon TY. Changes in degree of conversion and microhardness of dental resin cements. *Oper Dent* 2010;35:203–10.
164. Yap AUJ, Lee HK, Sabapathy R. Release of methacrylic acid from dental composites. *Dent Mater* 2000;16(3):172-9.
165. Ye Q, Wang Y, Williams K, Spencer P. Characterization of photopolymerization of dentin adhesives as a function of light source and irradiance. *J Biomed Mater Res* 2007;80:440–6.
166. Yu H, Wegehaupt FJ, Wiegand A, Roos M, Attin T, Buchalla W. Erosion and abrasion of tooth-colored restorative materials and human enamel. *J Dent*, 2009;37:913-922.

Apêndices

APÊNDICE A – Dados de rugosidade superficial (Ra)

r	48 horas		7 dias		14 dias		21 dias		
	S	A	S	A	S	A	S	A	
M₁	1	3,09	3,19	3,07	2,11	1,67	2,46	2,30	2,55
	2	2,16	2,06	3,63	2,13	2,71	1,59	2,02	2,03
	3	2,33	3,01	2,05	3,85	2,13	4,16	1,71	4,01
	4	3,07	2,61	2,29	3,17	2,61	3,34	2,20	3,28
	5	1,66	2,61	3,02	2,29	2,58	2,33	2,43	2,16
	6	1,99	1,20	1,90	1,72	2,32	1,92	1,88	2,03
	7	2,30	2,33	2,41	2,11	2,71	2,27	2,74	2,38
	8	2,19	1,85	1,75	1,73	1,9	2,18	1,79	1,83
	9	2,00	3,25	2,10	2,92	2	2,74	1,81	2,64
	10	3,00	2,06	2,04	2,46	2,01	1,9	2,02	1,93
M₂	1	2,51	2,21	2,53	1,90	2,01	1,78	2,76	1,84
	2	2,74	2,27	2,20	2,16	2,49	2,15	2,45	2,35
	3	2,57	3,26	1,59	3,10	1,9	2,55	2,03	2,75
	4	3,15	3,19	2,34	2,85	2,5	2,39	3,35	3,49
	5	2,64	3,13	2,83	3,26	3,28	3,77	2,63	3,17
	6	3,14	2,49	2,65	3,06	2,22	1,96	2,67	1,99
	7	2,47	3,39	2,01	3,50	2,02	2,83	2,37	3,05
	8	2,68	2,66	3,04	3,15	2,29	3,17	2,60	4,43
	9	2,99	2,99	2,70	2,81	2,06	2,2	1,83	3,48
	10	2,31	3,27	2,23	2,85	2,24	1,44	2,46	3,82
M₃	1	2,51	2,78	1,90	2,09	3,33	2,11	1,92	1,83
	2	1,73	2,81	1,89	1,79	1,78	1,9	1,72	2,01
	3	2,20	2,61	1,74	2,01	1,69	1,86	1,56	1,76
	4	3,13	2,30	2,10	1,88	2,07	1,72	1,86	1,68
	5	2,07	2,60	1,68	1,82	1,64	1,98	1,55	1,61
	6	2,24	2,74	1,83	1,52	1,79	2,2	1,76	2,28
	7	2,37	2,32	2,22	1,82	2,04	1,66	1,81	1,63
	8	2,51	2,42	1,68	1,79	1,66	1,65	1,57	1,62
	9	2,46	2,47	1,90	1,10	1,78	1,56	2,38	1,57
	10	2,81	2,70	1,84	1,17	1,78	1,067	1,73	1,60

APÊNDICE B – Dados de alteração (ΔE)

	r	7 dias		14 anos		21 dias		3 anos	
		S	A	S	A	S	A	S	A
M₁	1	4,56	1,31	2,08	0,88	2,76	2,57	0,54	3,33
	2	1,91	2,39	2,22	1,24	3,58	1,43	1,64	1,55
	3	4,12	2,86	4,15	1,57	3,65	2,11	1,89	3,65
	4	3,11	2,28	0,50	1,00	1,93	2,49	1,78	2,24
	5	1,80	2,85	1,20	1,83	2,38	2,82	1,38	4,03
	6	2,38	1,95	2,10	1,61	2,99	1,77	3,12	2,49
	7	2,26	1,99	2,35	1,68	2,96	2,14	2,15	3,27
	8	2,41	3,95	3,34	1,71	5,40	3,05	5,31	2,32
	9	4,15	1,91	1,03	1,77	2,45	3,23	1,88	2,75
	10	3,80	2,34	2,64	2,53	5,03	3,73	6,32	5,36
M₂	1	2,69	3,97	2,42	2,50	2,32	2,89	2,73	4,43
	2	1,42	2,87	3,39	3,93	4,51	3,86	5,40	5,01
	3	1,23	2,25	1,30	2,01	2,33	2,44	2,93	3,56
	4	5,04	5,83	5,18	6,00	6,39	7,84	7,50	6,44
	5	3,43	3,23	2,32	3,70	3,07	4,08	4,23	3,70
	6	1,91	3,64	1,64	5,05	2,48	5,37	2,63	5,73
	7	1,23	0,65	1,57	2,16	1,68	2,32	3,31	1,91
	8	2,24	1,62	2,24	2,67	2,49	4,35	3,00	4,28
	9	2,19	4,64	0,71	6,30	0,94	6,82	0,93	6,43
	10	2,20	4,57	3,47	4,57	4,50	4,19	4,77	5,09
M₃	1	4,05	1,41	3,95	1,09	2,64	1,23	2,79	1,82
	2	2,13	1,51	2,05	1,43	1,80	2,53	2,59	2,60
	3	2,75	7,04	1,14	8,72	0,99	6,29	1,83	5,06
	4	4,01	2,50	3,38	3,32	5,40	4,03	5,37	4,12
	5	1,86	2,99	1,95	1,75	0,80	2,44	1,19	2,76
	6	3,52	2,40	1,68	1,91	2,04	2,42	2,98	2,15
	7	2,08	1,79	2,40	1,18	3,26	1,16	4,81	1,65
	8	0,90	2,51	0,48	1,66	0,96	1,43	3,30	1,66
	9	1,81	2,82	1,30	1,90	1,61	2,27	2,50	2,87
	10	2,80	1,77	1,19	1,38	1,89	1,69	3,06	1,57

APÊNDICE C – Dados de delta a (Δa)

	r	7 dias		14 anos		21 dias		3 anos	
		S	A	S	A	S	A	S	A
M₁	1	0,47	1,05	-0,12	0,72	0,79	0,82	0,45	0,58
	2	0,90	0,84	0,34	0,26	0,43	0,57	0,2	0,22
	3	0,17	0,96	-1,21	0,20	0,12	0,72	-0,15	0,32
	4	0,19	0,42	0,28	0,22	0,56	0,77	0,31	0,48
	5	0,17	0,32	0,12	0,25	0,6	0,58	0,21	0,22
	6	1,11	1,21	0,28	0,54	0,94	0,69	0,39	0,5
	7	1,47	0,76	0,49	0,03	0,88	0,33	0,49	0,3
	8	0,91	0,15	-0,23	0,19	-0,09	0,34	-0,26	0,34
	9	-0,25	0,40	0,23	-0,15	0,5	0,38	0,17	0,19
	10	0,55	0,85	0,29	0,72	0,35	1,27	-0,02	-0,8
M₂	1	1,21	0,66	0,75	0,37	0,92	0,51	0,58	0,11
	2	0,45	1,06	0,38	0,08	0,63	0,71	0,22	0,4
	3	0,61	0,83	0,26	0,41	0,49	0,6	0,32	0,6
	4	0,65	1,34	0,50	0,88	0,63	0,91	0,48	1,17
	5	1,69	1,40	0,09	1,27	0,35	1,35	0,22	1,45
	6	1,15	1,21	1,20	0,91	1,42	1,09	0,5	0,6
	7	0,88	0,06	0,49	0,43	0,59	0,5	0,3	-0,13
	8	0,54	0,83	0,54	0,49	0,82	0,05	0,34	-0,1
	9	1,12	0,88	0,66	0,66	0,92	0,53	0,19	0,28
	10	0,30	0,76	0,35	0,45	0,76	0,29	-0,8	-0,02
M₃	1	1,82	0,91	1,35	0,55	1,57	1,03	1,85	1
	2	0,64	0,88	0,31	0,88	0,63	0,75	0,6	1,06
	3	-0,10	4,61	-0,03	5,20	0,42	2,73	0,81	2,52
	4	0,72	2,00	0,39	2,49	0,56	2,94	0,62	2,68
	5	1,16	0,99	0,80	1,43	0,78	1,41	1,03	1,46
	6	-0,21	1,37	1,08	1,04	1,22	0,81	0,44	1,31
	7	0,54	0,99	0,63	0,57	0,8	0,91	-0,48	0,9
	8	0,40	1,18	0,39	0,85	0,67	1,31	-1,23	1,18
	9	0,69	0,85	0,51	0,69	0,72	0,85	-0,38	0,92
	10	0,28	0,76	0,63	1,06	0,81	1,12	0,81	1,13

APÊNDICE D – Dados de delta b (Δb)

	r	7 dias		14 anos		21 dias		3 anos	
		S	A	S	A	S	A	S	A
M₁	1	-2,63	-0,10	-1,98	-0,18	-2,11	-1,89	-0,09	-0,37
	2	-0,88	-1,65	-0,62	-0,67	-3,53	-1,29	-1,18	-0,74
	3	-3,60	-2,52	-3,39	-1,54	-3,28	-1,93	-1,85	-2,68
	4	-2,46	-1,99	-0,41	-0,87	-1,59	-2,17	-0,83	-0,9
	5	-1,77	-2,79	-1,11	-0,82	-2,07	-2,17	-1,1	-1,94
	6	-1,45	1,40	-2,08	1,50	-2,73	-1,42	-2,1	0,86
	7	-0,86	-0,81	-1,46	-1,64	-2,83	-1,56	-1,41	-1,67
	8	-1,98	-2,96	-3,21	-1,64	-4,67	-2,4	-3,59	-1,39
	9	-3,93	-1,86	-0,72	-1,52	-2,31	-3,1	-0,81	-1,32
	10	-3,76	-2,10	-2,60	-2,36	-4,5	-3,5	-5,07	-5,13
M₂	1	-1,90	-3,80	-1,75	-2,43	-1,73	-2,74	1,29	-3,05
	2	-1,33	-2,44	-3,33	-3,91	-4,35	-3,71	-5	-3,92
	3	-0,83	-2,08	-1,27	-1,97	-2,03	-2,26	-1,85	-2,63
	4	-4,79	-5,67	-5,08	-5,89	-5,92	-7,51	-6,78	-5,97
	5	-2,70	-2,50	-2,26	-3,10	-2,75	-3,85	-3,19	-3,4
	6	-1,52	-3,35	-1,11	-4,84	-2,02	-4,94	-2,37	-5,15
	7	-0,62	0,64	-1,46	-2,11	-1,57	-2,19	-2,78	-1,49
	8	-1,86	-1,38	-1,86	-2,59	-1,73	-4,31	-2,76	-4,12
	9	1,51	-4,53	0,21	-6,23	-0,13	-6,64	0,09	-6,25
	10	-2,05	-4,32	-3,41	-4,55	-4,44	-4,1	-4,24	-4,86
M₃	1	-0,46	-0,83	0,60	-0,90	0,19	-0,68	0,08	-1,3
	2	-1,83	-1,22	-2,01	-1,13	-1,57	-1,88	-2,16	-2,14
	3	-2,59	-3,30	-1,08	-5,30	-0,55	-4,71	-1,56	-3,68
	4	-3,47	-1,40	-3,32	-2,20	-4,9	-2,73	-4,27	-3,11
	5	0,18	-2,19	0,33	-0,78	0,04	-0,86	-0,58	-1,15
	6	-2,90	-1,93	-1,23	-1,60	-1,58	-2,13	-2,82	-1,7
	7	-1,68	-1,28	-2,28	-0,95	-2,55	-0,48	-4,7	-1,18
	8	-0,79	-2,21	0,15	-1,32	-0,65	-0,5	-3,06	-1,13
	9	-1,39	-2,42	-0,06	-1,34	-0,97	-1,49	-1,8	-2,09
	10	-2,29	-1,59	-0,77	-0,42	-1,59	-0,96	-2,72	-1,08

APÊNDICE E – Dados de delta L (ΔL)

r	7 dias		14 anos		21 dias		3 anos		
	S	A	S	A	S	A	S	A	
M ₁	1	-3,70	0,78	-0,64	0,47	-1,59	1,54	-0,28	3,26
	2	-1,44	-1,51	-2,10	-1,01	-0,42	-0,26	1,12	1,34
	3	-1,99	-0,96	-2,07	-0,24	-1,6	-0,47	0,38	2,46
	4	-1,89	1,02	-0,03	0,45	-0,95	0,96	1,54	1,99
	5	-0,27	-0,51	-0,45	1,62	-1,01	1,7	0,81	3,52
	6	-1,53	-0,60	0,11	0,24	-0,76	0,81	2,27	2,28
	7	-1,49	1,65	-1,78	0,36	-0,07	1,42	1,55	2,8
	8	-1,03	2,61	0,88	0,46	2,7	1,85	3,91	1,82
	9	-1,30	0,17	-0,70	0,90	0,63	0,83	1,69	2,41
	10	0,00	0,57	-0,32	-0,56	2,22	0,13	3,77	1,35
M ₂	1	-1,47	0,93	-1,50	0,48	-1,25	0,75	1,26	3,21
	2	-0,18	-1,07	-0,52	0,36	1,03	0,78	1,99	3,1
	3	0,68	-0,20	-0,05	0,08	1,03	0,68	2,26	2,32
	4	1,43	0,05	0,86	0,76	2,31	2,06	3,19	2,11
	5	-1,26	-1,49	-0,51	-1,57	1,33	0,09	2,78	-0,18
	6	0,08	0,76	-0,17	1,12	0,26	1,79	1,02	2,45
	7	0,60	0,12	0,33	0,09	0,13	0,58	1,77	1,18
	8	-1,13	0,19	-1,13	-0,43	-1,59	0,56	1,16	1,15
	9	-1,13	0,50	-0,16	0,64	-0,16	1,47	0,88	1,5
	10	0,75	1,27	0,56	0,16	0,05	0,79	2,19	1,5
M ₃	1	-3,59	-4,60	-3,66	0,28	-2,12	-0,01	-2,09	0,8
	2	0,89	-0,11	-0,22	-0,08	0,62	1,51	1,3	1,03
	3	0,93	-4,17	0,35	-4,58	0,71	-3,16	0,5	-2,39
	4	1,88	-0,56	0,48	-0,10	2,2	0,37	3,19	0,4
	5	-1,44	1,78	-1,75	0,65	-0,17	1,79	-0,1	2,04
	6	1,99	-0,40	-0,38	-0,04	0,42	0,81	0,87	0,04
	7	1,10	0,77	0,41	0,42	1,87	0,54	0,92	0,72
	8	0,15	0,06	-0,23	-0,55	0,21	-0,26	-0,14	0,29
	9	0,94	1,17	1,19	1,15	1,06	1,49	1,7	1,74
	10	1,59	-0,15	0,66	-0,77	0,62	0,82	1,4	0,14

APÊNDICE F – Dados de microdureza superficial

	48 horas		7 dias		14 anos		21 dias		3 anos		
	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	
M₁	1	55,4	42,4	50,3	51,8	58	47,9	50	45,3	43,4	40,2
	2	54,1	71,5	50,1	51,4	58,6	54	48,1	49,8	45,1	48,1
	3	41,7	49	46,1	54,2	56,1	53,6	49	45,9	45,5	55,1
	4	44,7	48,8	55,8	50,4	54,8	44,2	48	42,3	55,2	44,4
	5	48,4	48,7	58,8	47,1	56,1	44,8	47,2	48,5	54,2	49
	6	51,1	47,9	53,7	53,2	55,8	45,3	48	50,8	47,1	45,4
	7	53,1	45,1	59,8	53,1	52,6	54,8	50,5	44,5	57,8	42,9
	8	46,2	47,6	47,3	53,3	63,7	50,1	51	43,1	52,6	39,2
	9	43,5	51,1	50,5	58,5	62,4	48,5	49,7	44,9	55,1	47,2
	10	48,8	44	56,6	48,6	52,9	46,4	43,7	44,3	52,9	34
M₂	1	42	51,4	45,5	51,4	36,9	40,3	41,2	42,5	40,7	42,2
	2	35,6	48,4	50,9	48,4	35	43,1	36,2	42,6	40,4	40,6
	3	41	41,5	47,8	41,5	39	34,3	37,6	37,9	42,7	41
	4	33,8	32,9	42,8	32,9	38,5	32,9	38,3	32,7	42,2	36,9
	5	35,1	29,1	40,3	29,1	45,7	29,1	41,3	30,7	39,6	29,7
	6	28,8	42,6	34,2	42,6	36,1	32,9	35	46,4	32,3	34,6
	7	45,4	39,8	57,1	39,8	49,2	35,9	45	36,4	58,7	36,4
	8	40,7	49,9	50,2	49,9	48	38,3	45,4	43,8	56,1	41,2
	9	39,5	45,9	47,5	45,9	46	39,1	45,7	44,7	48,7	38,6
	10	41,7	36,8	51,9	36,8	41,1	38,4	52,3	36,3	47,4	45,2
M₃	1	46,1	50,2	56,3	52,4	52,6	48,9	56,4	48,2	51,3	47,6
	2	47,4	41,9	55,7	52,8	50,6	43,3	57,1	43,4	63,9	45,2
	3	47,5	40,6	53,2	46,4	49,8	40,8	53,3	49,5	48,5	45,8
	4	39	41,6	41,2	43,2	32,4	36,7	39,1	37,5	54,8	45,9
	5	45,9	40,3	53	47,2	61,2	39,8	51,4	38,5	55,1	43,4
	6	42,1	43,7	43,1	43,5	49,7	44,2	49,1	47,8	57,4	63,6
	7	36	56,4	50,8	66,2	52,4	47	54,1	55,4	53,3	63
	8	41,5	42,5	54,3	44,6	47,2	41	48,4	45,9	58,1	48,3
	9	44,4	37,8	63,3	44,4	53,2	42,5	45,2	37,6	43,6	50,4
	10	35,5	54,4	52,2	61,4	44,5	48,5	41,6	49	55,1	57,4

APÊNDICE G – Dados de microdureza de profundidade terço profundo

R	48H			7D			14D			21D			
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃	
M₁	1	55,5	37,2	45,8	37,2	42,5	44,9	43,3	38,1	47,1	36,6	38,2	48
	2	46,8	35,3	41,8	48	47,5	43	45,6	39,7	44,8	46	31,5	41,5
	3	58,1	46,5	50,4	50,3	41	49	55	51,7	61,5	60,4	47,7	48,8
	4	48,6	48,3	47,5	42	47,8	52,3	61,7	49,4	56,5	47,3	47,7	55,3
	5	51,6	40,8	49	51,4	48	49,1	51,2	50,1	48,7	45,9	42,5	50,2
	6	45,8	26,5	46,8	46,4	38,1	47,4	50,1	44,5	45,5	48,1	45,1	44
	7	44,1	36,4	43,7	43,1	49,3	43,7	48,4	47,5	47,8	42	39,4	40,4
	8	46,4	41,1	51,9	42,6	44,6	44,6	39,9	52,1	57,4	37	38,4	46,5
	9	48,2	46,4	46,8	38,6	51,2	52,8	39,5	45,8	46,6	38	50,2	53,6
	10	48,5	50	48,1	51,8	60	50	43,2	53,3	49,2	41,3	45,4	50,1
M₂	1	41,4	49,1	45,3	49,5	42,4	48,3	45	49,6	50,6	47,3	35,7	40,8
	2	39,3	36,5	45,8	42,4	35,2	37,9	50,3	53,1	40,3	45,5	36,5	42,5
	3	36,5	36,8	48	56,6	38,7	43,7	45,6	40,3	48	41,3	58	45,7
	4	40,7	37,6	36,6	59,2	39,5	20,8	46,3	49,6	48,3	44,5	47,1	43,9
	5	55,2	35,5	41,1	43	40,5	48,5	49	40,2	37,8	47	42,1	30
	6	46	40	44,4	45	42,1	40,1	32,3	42,3	40,8	39,1	43	41,8
	7	36,4	46,2	41,2	43	33,8	41,2	45,4	37,8	45,1	45,7	49,9	44,3
	8	37,5	38,8	38,2	43,2	45	42,7	38,6	40,8	42,6	41,3	40,8	44,7
	9	47,5	36,8	38,1	40,1	34,4	40,3	38,4	52,3	40,8	47	42,3	40,4
	10	43,3	38,8	40,3	41,8	43,6	37,3	42,6	54,3	56	42,4	54,2	48,3
M₃	1	45,8	37,9	32,5	52,9	45,1	34,3	41	46,3	34,6	42,9	42,8	27,3
	2	46,7	44,3	46,6	35,7	41,4	40,1	46,6	45,3	55,2	32,4	40,8	41
	3	45,4	39,2	47,4	44,8	42,5	40,1	46,6	46,3	57,4	46,2	45	47
	4	46,6	34,4	34,2	31	37,1	33	43,9	41,8	34	36,7	43,5	33
	5	41,3	44,8	42,7	27,1	44,9	41,44	37,2	45,3	46,7	37,8	47,4	31,7
	6	48,3	49,5	38,8	41	41,5	42,9	38,8	45,8	47,3	42,8	46,2	47,7
	7	44,5	49	41,8	44,9	41,3	47,4	49,8	42,3	42	42,6	53,8	30,4
	8	45,3	48	42,8	42,2	47,6	34,7	38,4	43,3	39,5	42,8	49,2	48,1
	9	46	41,1	39,6	46,1	41,6	44,5	52,2	47,2	41,2	53,2	51,5	40,2
	10	42,3	47,3	43,5	43,8	39,1	37,5	49,1	48,2	37,2	47,8	40,5	42

APÊNDICE H – Dados de grau de conversão

	F ₁			F ₂			F ₃		
	T _S	T _M	T _P	T _S	T _M	T _P	T _S	T _M	T _P
R1	83,79	60,47	29,94	50,58	59,65	59,68	62,8	72,17	75,29
R2	47,32	53,95	18,93	45,62	36,82	40,91	85,6	52,37	41,54
R3	75,04	60,31	40,71	37,59	25,59	58,21	89,02	66,47	56,48
R4	60,81	46,73	21,53	20,87	18,82	23,6	49,56	63,1	50,51
R5	57,46	40,08	21,53	36,04	47,04	43,1	60,01	74,74	81,17
R1	79,38	85,09	58,42	75,49	79,48	79,23	85,74	83,01	69,76
R2	75,93	93,27	70,13	43,3	51,29	34,66	70,36	50,46	64,77
R3	45,23	45,39	56,41	33,47	18,49	21,72	69,88	56,26	67,09
R4	70,13	38,91	61,42	39,27	39,69	30,09	61,07	52,04	38,82
R5	31,46	86,62	48,38	31,01	33,43	62,79	59,1	55,68	65,76
R1	67,51	82,92	64	79,91	84,39	86,55	89,35	69,12	86,06
R2	92,24	50,69	53,82	25	44,15	28,68	57	51,85	38,29
R3	70,66	49,08	75,34	66,37	31,67	21,15	36,22	36,63	45,35
R4	43,29	51,1	42,51	29,32	53,92	25,47	43,42	57,26	46,93
R5	65,52	47,54	41,96	40,29	37,34	22,76	39,38	41,88	53,35