

**FACULDADE PERNAMBUCANA DE SAÚDE – FPS
ODONTOLOGIA**

GENYZAELLY VALERIA SOUZA DE ALBUQUERQUE

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE CONVERSÃO POLIMÉRICA E ESTABILIDADE
DE COR DE UMA RESINA FLOW EM DIFERENTES ESPESSURAS E
IRRADIÂNCIA DE FOTOATIVACÃO**

RECIFE – PE

2025

GENYZAELLY VALERIA SOUZA DE ALBUQUERQUE

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE CONVERSÃO POLIMÉRICA E ESTABILIDADE
DE COR DE UMA RESINA FLOW EM DIFERENTES ESPESSURAS E
IRRADIÂNCIA DE FOTOATIVACÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade Pernambucana
de Saúde – FPS, como um dos requisitos
para obtenção do título de graduação:
Bacharel em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Diego Moura
Soares

Coorientadora: MSc. Ana Luisa Cassiano
Alves Bezerra

RECIFE – PE

2025

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1	Resina composta fluida GrandioSo Flow	12
Imagens 2	Confecção dos corpos de prova	14
Imagens 3	Mensuração da espessura	14
Imagem 4	Fotoativação	14
Imagens 5	Mensuração da estabilidade de cor	16

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Composição, fabricante e lote de fabricação da resina GrandioSO utilizada.	13
Quadro 2	Divisão dos grupos experimentais e tempo de fotoativação.	15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Média e desvio padrão do grau de conversão (%DC), de acordo com o modo de ativação (irradiância) e profundidade (n=4).	18
Tabela 2	Média e desvio padrão da variação de cor (em ΔE), de acordo com o modo de ativação (irradiância) e profundidade (n=5).	19

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ATR - Reflectância Total Atenuada

Bis-EMA – Bisfenol-A Dimetacrilato Etoxilado

Bis-GMA – Bisfenol-A Glicidil Metacrilato

DC - Degree of Conversion/Grau de conversão

FTIR - Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier

HEDMA - Dimetacrilato de hexanodiol

mm - Milímetro

mW/cm² - Miliwatts por centímetro quadrado

TEGDMA - Dimetacrilato trietileno glicol

ΔE – Diferença de cor

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	METODOLOGIA.....	12
2.1	TIPO E LOCALIZAÇÃO DO ESTUDO	12
2.2	MATERIAL UTILIZADO.....	12
2.3	MÉTODOS	13
2.3.1	Cálculo Amostral.....	13
2.3.2	Confecção dos Corpos de Prova	13
2.3.3	Mensuração do Grau de Conversão	15
2.3.4	Análise de Estabilidade de Cor (ΔE).....	16
2.3.5	Análise Estatística.....	17
3	RESULTADOS.....	17
3.1	Grau de Conversão	17
3.2	Estabilidade de Cor.....	18
4	DISCUSSÃO	19
5	CONCLUSÃO.....	22
6	REFERÊNCIAS	23

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE CONVERSÃO POLIMÉRICA E ESTABILIDADE
DE COR DE UMA RESINA FLOW EM DIFERENTES ESPESSURAS E
IRRADIÂNCIA DE FOTOATIVACÃO**

**EVALUATION OF THE DEGREE OF POLYMER CONVERSION AND COLOR
STABILITY OF A FLOW RESIN AT DIFFERENT THICKNESSES AND
PHOTOACTIVATION IRRADIANCE**

Genyzaelly Valeria Souza de Albuquerque

Ana Luisa Cassiano Alves Bezerra

Diego Moura Soares

RESUMO

Introdução: O uso de resinas compostas fluidas (flow) na odontologia restauradora é uma prática comum, mas seu desempenho é diretamente afetado pela polimerização, sendo crucial para as propriedades físico-mecânicas e a estabilidade de cor do material. Diversos fatores, como a espessura da camada e a irradiância da fotoativação, influenciam o grau de conversão polimérica. **Objetivo:** Analisar o grau de conversão e a estabilidade de cor da resina GrandioSO flow (VOCO®) em diferentes espessuras (1 e 2 mm) e irradiâncias (1000, 1400 e 3200 mW/cm²). **Metodologia:** Trata-se de um estudo laboratorial *in vitro*, no qual 54 corpos de prova cilíndricos foram confeccionados. O grau de conversão foi medido por Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), e a estabilidade de cor foi avaliada com um espectrofotômetro digital, 24h após confecção e após 7 dias de imersão em água destilada. Tanto as amostras de 1 e 2 mm de espessura foram fotopolimerizadas com as três irradiâncias avaliadas (1000, 1400 e 3200 mW/cm²). Os dados foram analisados utilizando o software IBM SPSS, a partir de testes não paramétricos com um nível de significância de 5%. **Resultados:** demonstraram que a irradiância de 3200 mW/cm² em camadas de 2 mm resultou em um grau de conversão significativamente menor, quando comparado com os demais grupos. Além disso, a estabilidade de cor foi estatisticamente menor para a mesma irradiância em

ambas as profundidades, 1 e 2 mm, quando comparada com as potências de 1000 e 1400 mW/cm². **Conclusão:** Protocolos de fotoativação com alta irradiância em camadas de 2 mm geram menor grau de conversão e afetam negativamente a estabilidade de cor da resina flow avaliada, o que pode comprometer o resultado estético e o desempenho clínico do material.

Palavras-chaves: Resina composta; Polimerização; Cor

ABSTRACT

Introduction: The use of flowable composite resins in restorative dentistry is a common practice, but their performance is directly affected by polymerization, which is crucial for the physical-mechanical properties and color stability of the material. Several factors, such as layer thickness and photoactivation irradiance, influence the degree of polymeric conversion. **Objective:** To analyze the degree of conversion and color stability of GrandioSO flow resin (VOCO®) at different thicknesses (1 and 2 mm) and irradiances (1000, 1400 and 3200 mW/cm²). **Methodology:** This is an in vitro laboratory study in which 54 cylindrical specimens were fabricated. The degree of conversion was measured by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), and color stability was evaluated with a digital spectrophotometer, 24 hours after fabrication and after 7 days of immersion in distilled water. Both 1 and 2 mm thick samples were photopolymerized with the three irradiances evaluated (1000, 1400 and 3200 mW/cm²). Data were analyzed using IBM SPSS software, using non-parametric tests with a significance level of 5%. **Results:** showed that the irradiance of 3200 mW/cm² in 2 mm layers resulted in a significantly lower degree of conversion compared to the other groups. In addition, color stability was statistically lower for the same irradiance at both depths, 1 and 2 mm, when compared to the 1000 and 1400 mW/cm² power levels. **Conclusion:** Photoactivation protocols with high irradiance in 2 mm layers generate a lower degree of conversion and negatively affect the color stability of the evaluated flowable resin, which may compromise the aesthetic result and clinical performance of the material.

Keywords: Composite resin; Polymerization; Color

1 INTRODUÇÃO

As resinas compostas tornaram-se materiais amplamente utilizados na prática clínica odontológica restauradora devido às suas características estéticas e adesivas.⁽¹⁾ Esses materiais apresentam na sua composição três componentes básicos, sendo estes a matriz orgânica, responsável pela polimerização e, conseqüentemente, a contração do material; as partículas de carga inorgânicas, conferindo resistência mecânica e estabilidade dimensional; e o agente de acoplamento, que promove a união química entre a matriz e as cargas.⁽²⁾ A variação quanto a composição e características das resinas compostas, faz com que diversos tipos desse material estejam disponíveis para aplicação clínica.⁽³⁾

Entre os principais tipos de resinas compostas estão as convencionais e as classificadas como fluidas (*flow*). As resinas fluidas destacam-se por apresentarem baixa viscosidade e menor módulo de elasticidade, características que facilitam o escoamento e melhoram a adaptação em cavidades complexas, reduzindo o risco de formação de bolhas ou falhas internas, além de facilitar a sua manipulação clínica.⁽⁴⁾

No entanto, essas mesmas propriedades estruturais das resinas fluidas podem torná-las mais suscetíveis à degradação quando o grau de polimerização é insuficiente. O desempenho desses materiais está diretamente relacionado à porcentagem de monômeros que são convertidos em polímeros durante a fotoativação. A subpolimerização dos compósitos de resinas impacta diretamente em propriedades como resistência mecânica, estabilidade química e biocompatibilidade.^(5,6)

A estabilidade de cor das resinas, também pode sofrer influência da sua subpolimerização. Remanescentes na matriz da resina tornam-se suscetíveis à absorção de água e corantes do meio bucal ao longo do tempo, levando à degradação e subsequente alteração de cor da resina.^(7,8) Diversos estudos evidenciam que tanto o grau de conversão quanto a estabilidade de cor são influenciados por fatores como espessura da resina e modo de fotoativação. Idealmente, os compósitos resinosos devem apresentar uma menor contração de polimerização e maior grau de conversão, o que poderia resultar em uma restauração mais homogênea, com menos risco de infiltração, beneficiando assim, a estabilidade de cor.⁽⁹⁾

A espessura das camadas de resina aplicada, é um outro fator que pode impactar diretamente no grau de conversão polimérica e conseqüentemente na estabilidade de cor

da resina. Como a luz de fotoativação geralmente penetra até cerca de 2–3 mm, camadas mais espessas podem dificultar a penetração da luz, comprometendo o grau de conversão nas regiões mais profundas. Em resinas *flow*, essa limitação é ainda mais relevante, uma vez que sua menor carga de partículas favorece maior absorção de água.^(10, 11, 12)

A estabilidade de cor depende de fatores como grau de conversão e sorção de água. Estudos demonstram que quando o grau de conversão é insuficiente deixa mais monômeros residuais. Estes monômeros sofrem degradação química ao longo do tempo, aumentando o risco de alterações de cor como amarelamento e manchas. Além disso, a polimerização desigual pode gerar zonas mais escuras ou alteração no efeito óptico da restauração. Aliás, a espessura influencia a transmissão e dispersão da luz dentro da restauração, camadas muito espessas podem deixar a cor menos uniforme ou dificultar a reprodução estética planejada.^(13, 14, 15)

A eficiência do processo de polimerização das resinas compostas está diretamente relacionada ao modo de fotoativação utilizado. Diferentes modos de fotoativação, influenciam de maneira distinta a cura do material.^(16, 17) Estudos recentes consolidam que resinas *flow* foram formuladas para permitir camadas mais espessas, mas que o grau de conversão final e a eficiência de cura depende diretamente do tipo, modo e energia utilizada na fotoativação e do protocolo clínico utilizado.^(18, 19)

Considerando que diferentes estratégias de cura podem gerar variações na taxa de polimerização e distribuição de calor, e consequentemente afetar na estabilidade da cor das resinas, e que esses aspectos ainda são pouco investigados em resinas *flow* de alta carga, como a GrandioSO (VOCO®), é fundamental avaliar seus efeitos sobre grau de conversão polimérica e estabilidade de cor. Dessa forma, este estudo tem como objetivo avaliar se o grau de conversão polimérica e a estabilidade de cor da resina *flow* GrandioSO (VOCO®) pode ser influenciado pela espessura de camadas de resina (1 e 2mm) e a irradiância de fotoativação (1000, 1400 e 3200 mW/cm²), contribuindo com evidências relevantes para a prática clínica.

2 METODOLOGIA

2.1 TIPO E LOCALIZAÇÃO DO ESTUDO

Foi realizado um estudo laboratorial de caráter experimental *in vitro*. Para a realização de todas as análises testadas neste estudo, foi utilizado as dependências e equipamentos do Laboratório Multiusuário de Pesquisa em Materiais (LMPM) da Faculdade de Odontologia da Universidade de Pernambuco (FOP - UPE).

2.2 MATERIAL UTILIZADO

Para a realização dos testes foi utilizado resina composta fluida GrandioSO Flow (VOCO®, Cuxhaven, Alemanha).



Imagem 1: Resina composta fluida GrandioSo Flow

As características do material testado podem ser verificadas em detalhes no quadro 1.

Quadro 1 – Composição, fabricante e lote de fabricação da resina GrandioSO utilizada.

Material	Composição	Fabricante / Lote
GrandioSO Flow	Vidro de bário alumínio borosilicato, óxido de silício, HEDMA, BisGMA, TEGDMA, BisEMA, óxido de silício pirogenado, iniciadores, estabilizadores, pigmentos corantes Cor: A2	VOCO THE DENTALISTS Lote: 2435116

Fonte: bula do fabricante

2.3 MÉTODOS

2.3.1 Cálculo Amostral

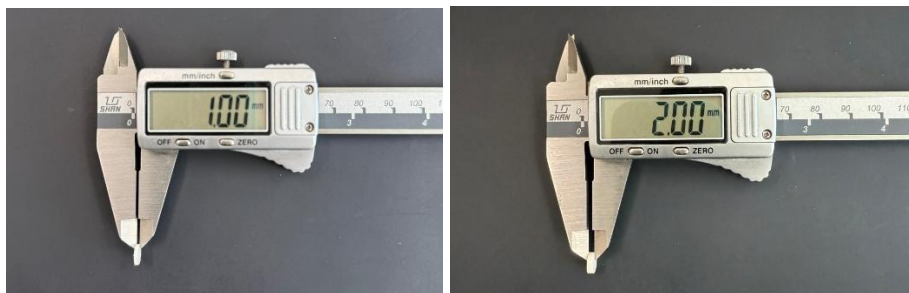
O cálculo amostral foi realizado utilizando o software OpenEpi versão 3.01 atualizado em 2013. Para o cálculo do teste de grau de conversão polimérica utilizou-se as médias e desvio padrão da resina GrandioSO Flow imediatamente após a cura (77.1 ± 3.5) e 24h depois (93.1 ± 0.2), verificados no estudo de Alshali et al. (2013). Utilizou-se para a construção do cálculo uma margem de erro de 5.0% ($\alpha=0.05$), 95% de confiabilidade e um poder de 0.80. Considerando possíveis perdas durante o preparo, a partir do cálculo amostral, o tamanho da amostra por grupo foi de 04 corpos de provas por grupo para o teste de grau de conversão e de 05 para a avaliação da estabilidade de cor, totalizando 54 corpos de provas, sendo 27 para cada espessura avaliada (1 e 2mm).

2.3.2 Confeção dos Corpos de Prova

Foram confeccionados corpos de prova cilíndricos utilizando-se uma matriz de politetrafluoretileno (PTFE) com 7 mm de diâmetro e profundidades de 1 e 2 mm, conforme o grupo experimental correspondente. Após o preenchimento da matriz com o material restaurador, uma tira de poliéster e uma lâmina de vidro foram posicionadas sobre sua superfície. Em seguida, foi aplicada uma leve pressão digital por 10 segundos, com o objetivo de promover melhor acomodação do material e assegurar uma superfície plana e uniforme. A lâmina de vidro foi removida e a fotopolimerização ocorreu sobre a fita de poliéster, a qual serviu como bloqueadora de oxigênio da última camada de resina. A espessura dos corpos de prova foram mensuradas através de um especímetro digital.



Imagens 2: Confeção dos corpos de prova



Imagens 3: Mensuração da espessura

Os corpos de prova foram fotoativados utilizando o aparelho Valo Grand (Ultradent, South Jordan, UT, EUA) que estava com a bateria totalmente carregada antes de iniciar a fotoativação. Com o intuito de mensurar a irradiância emitida pelo aparelho fotopolimerizador, um potenciômetro (GNATUS/São Paulo) foi utilizado antes da sua ativação.

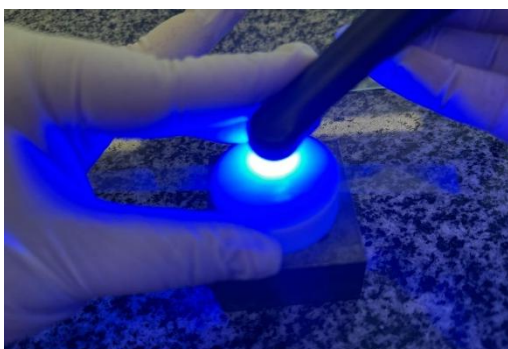


Imagem 4: Fotoativação

As amostras foram fotopolimerizadas utilizando três modos distintos de ativação, a depender do grupo: modo Standart com intensidade contínua de 1000 mW/cm^2 ; modo High Power em que a intensidade de luz contínua de 1400 mW/cm^2 e; Xtra Power alta

intensidade de forma contínua de 3200 mW/cm². A descrição dos grupos estudados encontra-se no quadro 2.

Quadro 2 - Divisão dos grupos experimentais e tempo de fotoativação.

Espessuras	Intensidades / Tempo de ativação		
1mm	1000 mW/cm ²	1400 mW/cm ²	3200 m W/cm ²
	20 segundos	20 segundos	06 segundos
2mm	1000 mW/cm ²	1400 mW/cm ²	3200 m W/cm ²
	20 segundos	20 segundos	06 segundos

Fonte: Autor

2.3.3 Mensuração do Grau de Conversão

As análises do grau de conversão dos corpos de prova de resina flow foram realizadas por meio da Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), associada à técnica de reflectância total atenuada (ATR), utilizando um espectrômetro PerkinElmer® FT-IR/FT-NIR, modelo Spectrum 400, com unidade acessória ATR (Miracle, Spectrum 100, diamante/ZnSe, $\pm$ 1 mm).

Inicialmente, foi realizada uma leitura preliminar de todos os corpos de prova de resina flow em sua forma não polimerizada, com o objetivo de obter o espectro de absorbância inicial das ligações químicas presentes. Cada amostra foi escaneada 32 vezes, abrangendo a faixa espectral de 4000 a 400 cm⁻¹, com resolução de 4 cm⁻¹. As leituras foram realizadas no centro da face superior dos corpos de prova (em contato com a tira de poliéster), posicionados diretamente sobre o cristal de diamante da unidade ATR.

O grau de conversão foi determinado a partir da razão entre a intensidade das bandas de absorbância das ligações duplas alifáticas carbono-carbono (C=C) e dos grupos aromáticos, obtidas antes e após a polimerização, conforme a equação descrita por Lima (2021):

Equação de cálculo da taxa (grau) de conversão.

$$TC (\%) = 1 - \frac{\left[\frac{abs(C=C_{alifática})}{abs(C=C_{aromática})} \right]_{polímero}}{\left[\frac{abs(C=C_{alifática})}{abs(C=C_{aromática})} \right]_{monômero}} \times 100$$

Fonte: LIMA, 2021

Nesta equação, o grau de conversão (GC) corresponde à redução da absorbância da banda referente às ligações alifáticas C=C, localizada em 1637 cm^{-1} , em relação à absorbância da banda aromática estável em 1609 cm^{-1} . O cálculo baseia-se na razão entre os valores de absorbância obtidos nas amostras polimerizadas (polímero) e não polimerizadas (monômero).

2.3.4 Análise de Estabilidade de Cor (ΔE)

A metodologia de estabilidade de cor utilizada foi descrita em um estudo prévio de Schneider *et al.* (2020). A análise de cor foi realizada em dois momentos: 24 horas após a confecção do corpo de prova (T_1) e após 7 dias de imersão em água destilada (T_7). Um espectrofotômetro digital (Vita Easyshade V, Wilcos, Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil) foi usado para medir as coordenadas de cores individuais (L^* , a^* e b^*) de cada amostra.



Imagens 5: Mensuração da estabilidade de cor

Um fundo branco padronizado foi empregado para a realização das leituras de cor. As análises de cor foram realizadas sobre a superfície da resina GrandioSO Flow. Todas as amostras foram armazenadas em água destilada por 7 dias no escuro em temperatura ambiente, com água trocada diariamente. Após o período de armazenamento,

novas medições de cor foram realizadas e a diferença de cor foi calculada no espaço de cor CIELAB (ΔE_{ab}):

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

Onde,

1 = análise de cor inicial

2 = análise de cor após 7 dias

$L^*2 - L^*1$ = (Diferença de L^* entre os intervalos de tempo pesquisados);

$a^*2 - a^*1$ = (Diferença de a^* entre os intervalos de tempo pesquisados);

$b^*2 - b^*1$ = (Diferença de b^* entre os intervalos de tempo pesquisados).

A diferença de cor também foi calculada por meio da fórmula CIEDE2000 (ΔE_{00}):

$$\Delta E_{00} = [(\Delta L/KL_{SL})^2 + (\Delta C/KC_{SC})^2 + (\Delta H/KH_{SH})^2 + RT(\Delta C/KC_{SC})(\Delta H/KH_{SH})]^{1/2}$$

Em que ΔL , ΔC e ΔH são as diferenças de luminosidade, croma e matiz, respectivamente; ΔR é um termo de interação entre as diferenças de croma e matiz. Os valores de KL , KC e KH são os fatores paramétricos ajustados de acordo com diferentes parâmetros de visualização, como texturas, fundos e separações, para os componentes de luminosidade, croma e matiz, respectivamente.

2.3.5 Análise Estatística

Os dados obtidos foram tabulados em planilha Excel na versão 2019. Para análise estatística, foi empregado o software IBM SPSS versão 21. As variáveis numéricas foram representadas pelas medidas de tendência central e medidas de dispersão. As comparações entre os diferentes modos de ativação foram realizadas por meio do teste Kruskal-Wallis. Diferenças observadas foram identificadas pelo teste Mann-Whitney. Comparações entre profundidades foram realizadas pelo teste Mann-Whitney. Para todos os testes estatísticos, foi considerado um nível de significância de 5%.

3 RESULTADOS

3.1 GRAU DE CONVERSÃO

A partir da avaliação do grau de conversão das amostras, observou-se que todos os corpos de prova testados, com exceção daqueles com 2mm de profundidade e irradiados com 3200 mW/cm², apresentaram um percentual de conversão maior que 80%. Quando comparado as três irradiâncias, nas amostras com 1mm de profundidade não se

verificou diferença estatística no grau de conversão polimérica. Porém, nas amostras com 2mm de profundidade os espécimes ativados com 3200 mW/cm² apresentaram um percentual de conversão significativamente menor quando comparados com aqueles irradiados com 1000 e 1400 mW/cm².

Quando avaliado a mesma irradiância de fotoativação em diferentes profundidades (1 e 2mm), observou-se que as amostras com 1mm apresentaram um percentual de conversão significativamente maior do que as de 2mm, quando ativadas com 1000 mW/cm² e com 3200 mW/cm². Os dados de média e o desvio padrão do grau de conversão (%DC) para cada modo de ativação e profundidade são apresentados de forma detalhada na tabela 1.

Tabela 1 - Média e desvio padrão () do grau de conversão (%DC), de acordo com o modo de ativação (irradiância) e profundidade (n=4).

PROFUNDIDADE	MODO DE ATIVAÇÃO (IRRADIÂNCIA)			<i>p-Valor</i> ¹
	1.000 mW/cm ²	1.400 mW/cm ²	3.200 mW/cm ²	
1 mm	92.88 (0.16)	89.91 (4.86)	89.91 (1.98)	<i>p</i> =0.055
2 mm	83.79 (9.96) ^A	80.51 (15.51) ^B	39.63 (19.67) ^{A B}	<i>p</i> =0.035*
<i>p-Valor</i> ²	<i>p</i> =0.029*	<i>p</i> =0.343	<i>p</i> =0.029*	

¹Teste de Kruskal-Wallis; ²Teste de Mann Whitney; *Diferenças estatísticas ao *p*=0.05. Letras iguais, indicam diferenças estatísticas: Letras MAIÚSCULAS indicam diferenças estatísticas para o teste de Mann-Whitney

3.2 ESTABILIDADE DE COR

Em relação a estabilidade de cor, a média geral do ΔE foi de 0,791 (desvio padrão de 0,375), sendo a mínima 0,045 e a máxima de 1,789. Quando comparado diferentes irradiâncias em relação a variação de cor, diferenças estatísticas foram observadas tanto na profundidade de 1mm quanto na de 2mm. As amostras irradiadas com 3200 mW/cm² apresentaram um ΔE significativamente maior em relação as ativadas com 1000 mW/cm² e com 1400 mW/cm² na profundidade de 1mm. Na profundidade de 2mm os corpos de prova ativados com 3200 mW/cm² e 1400 mW/cm² demonstraram uma estabilidade de cor estatisticamente menor que aqueles receberam 1000 mW/cm² de irradiância.

Em relação ao modo de ativação com 1400 mW/cm², a profundidade de 1mm apresentou uma estabilidade de cor, significativamente maior, quando comparada com a profundidade de 2mm. A média e desvio padrão observados nos diferentes grupos relativos à variação de cor (ΔE) de acordo com o modo de ativação e profundidade pode ser visto, de forma detalhada, na tabela 2.

Tabela 2 - Média e desvio padrão () da variação de cor (em ΔE), de acordo com o modo de ativação (irradiância) e profundidade (n=5).

PROFUNDIDADE	MODO DE ATIVAÇÃO (IRRADIÂNCIA)			<i>p-Valor</i> ¹
	1.000 mW/cm ²	1.400 mW/cm ²	3.200 mW/cm ²	
1 mm	0.578 (0.354) ^A	0.609 (0.356) ^B	0.903 (0.335) ^{A B}	<i>p=0.023*</i>
2 mm	0.646 (0.256) ^{A B}	0.988 (0.363) ^A	1.025 (0.334) ^B	<i>p=0.005*</i>
<i>p-Valor</i>²	<i>p=0.373</i>	<i>p=0.003*</i>	<i>p=0.494</i>	

¹Teste de Kruskal-Wallis; ²Teste de Mann Whitney; *Diferenças estatísticas ao p=0.05. Letras MAIÚSCULAS iguais, indicam diferenças estatísticas para o pós teste de Mann-Whitney

4 DISCUSSÃO

O sucesso clínico das restaurações em resina composta é diretamente afetado pela polimerização e, conseqüentemente, pelo seu grau de conversão, fatores que também podem comprometer a estabilidade de cor ao longo do tempo. Considerando que os fotoiniciadores presentes na resina GrandioSo Flow (VOCO®) são cruciais para a conversão de monômeros em polímeros e que também podem alterar a cor da resina, este estudo avaliou três níveis de irradiância 1000 mW/cm², 1400 mW/cm² e 3200 mW/cm² em duas profundidades (1 mm e 2 mm), com o objetivo de investigar a influência dessas variáveis no grau de conversão e na estabilidade de cor.

O estudo observou que potências menores (1.000 mW/cm² e 1.400 mW/cm²), em ambas as profundidades (1 e 2mm), apresentaram um grau de conversão superior a 80%. Esses resultados reforçam o bom desempenho clínico da resina GrandioSO Flow, quando utilizadas em camadas de 1 ou 2mm e fotoativadas com as potências mencionadas. Visto que, a literatura afirma que grau de conversão polimérica acima de 55% são

recomendados para um bom desempenho clínico e para a manutenção das propriedades físico-mecânicas desejadas.^(5, 20)

Estudos afirmam, que uma irradiância menor, no início da fotopolimerização favorece a fase pré-gel da resina permitindo assim, uma melhor organização das moléculas de monômero o que traria melhores resultados quanto as características mecânicas da resina.²¹⁾ Esse fato, pôde ser demonstrado pelo melhor grau de conversão verificado nesse estudo quando utilizado irradiâncias de 1000 mW/cm² e 1400 mW/cm² na profundidade de 2mm.

Por outro lado, a irradiância maior de 3200 mW/cm² resultou em um grau de conversão semelhante ao verificado nas outras densidades de potência testadas, na profundidade de 1mm, porém significativamente menor na profundidade de 2mm. Tal achado pode ser explicado porque camadas finas recebem energia suficiente mesmo com irradiâncias menores, resultando em energia por unidade de área (densidade de energia) adequada para a reação de polimerização em toda a profundidade do espécime.⁽²²⁾

Na profundidade de 2 mm, a combinação de alta irradiância e tempo de exposição utilizado (6 segundos) pode ter promovido uma fotoiniciação muito rápida, determinando um aumento abrupto na taxa de formação de radicais livres, gelificação precoce e vitrificação superficial, o que limita o movimento das cadeias e impede reações de conversão posteriores nas camadas mais profundas, resultando em grau de conversão reduzido globalmente ou em camadas internas menos convertidas.⁽²²⁾

A redução do grau de conversão para algumas resinas com protocolos de alta irradiância associados a pouco tempo de exposição já foi observado em trabalhos que reportaram menor grau de conversão polimérica ou propriedades mecânicas comprometidas, como por exemplo resistência a compressão e a flexão, rigidez e microdureza para alguns compósitos quando curados com irradiâncias muito altas/tempos muito curtos.⁽²³⁾

Além disso, a eficiência da fotopolimerização em profundidade mesmo com elevadas irradiâncias na superfície, como a utilizada nesse estudo (3200 mW/cm²), pode ser reduzida por outros fatores como a atenuação do feixe (absorção/espalhamento por cargas e matriz) e a saturação do sistema fotoativador (limitada quantidade de fotorreagentes).^(7, 6, 24) Ou seja, muita intensidade na superfície não se traduz necessariamente em maior conversão, como verificado na profundidade de 2 mm, se o

sistema reacional já entrou em gel e a luz ou remanescentes de iniciador não conseguem promover conversão adicional nas porções mais internas. Nooh, et al. (2020) ⁽²⁵⁾ ao analisar diferentes compósitos e modos de cura demonstram que o efeito da irradiância é material-dependente, dependendo da composição da resina, teor e tamanho de carga e do sistema foto-iniciador.

A literatura relata que a formação de monômeros residuais impacta não apenas nas propriedades físico-mecânicas do material, como dureza e resistência, como já mencionado, mas também estabilidade de cor da resina.^(26, 27) Esses monômeros não convertidos favorecem uma maior absorção de água e de fluidos corantes, resultando em menor estabilidade de cor.⁽²⁸⁾ Percebeu-se que, para a irradiância de 3200 mW/cm², a uma profundidade de 2mm, a estabilidade de cor foi estatisticamente menor corroborando com o estudo de Uctasli et al., 2023⁽⁷⁾, onde os autores indicam que um valor de ΔE na faixa de 1 a 3 representa uma alteração de cor que já pode ser detectada a olho nu.

Na profundidade de 2 mm tanto a irradiância de 3200 mW/cm² quanto a de 1400 mW/cm² resultaram em pior estabilidade de cor (comparado com 1000 mW/cm²). É plausível que a energia total entregue e a cinética de polimerização (rapidez vs tempo) tenham papel decisivo nesses resultados. Protocolos de irradiância intermediária com tempo reduzido podem gerar rede menos homogênea que protocolos com irradiância menor e tempo mais longo, predispondo a maior alteração cromática com o tempo.⁽²⁵⁾

Trabalhos que investigaram estabilidade de cor mostram que o tempo de irradiância, espectro da unidade de fotoativação, temperatura ao curar e a energia total influenciam a estabilidade de cor. Isso reforça que a irradiância não deve ser avaliada de forma isolada. Os dados encontrados neste estudo, sobre pior estabilidade com 3200 mW/cm², concordam com achados da literatura que relacionam protocolos “ultra de irradiância” a alterações cromáticas maiores.^(25, 29)

Um estudo relata que além dos monômeros residuais, a maior geração de calor local durante a fotoativação com alta irradiância, pode acelerar reações secundárias de oxidação de monômeros residuais e formação de cromóforos, alterando a matriz polimérica, além de mudanças na microestrutura (tensão interna, microcanais) que favorecem penetração de corantes.⁽²⁸⁾ Estes pontos mencionados podem ter contribuído para os resultados de maior variação de cor quando utilizado protocolos com altos níveis de irradiância.

Clinicamente, esses resultados alertam para que o uso de irradiâncias muito elevadas com tempos reduzidos, especialmente em incrementos ou camadas ≥ 2 mm, seja bem avaliado, considerando não só o objetivo de acelerar o procedimento, mas também os possíveis compromissos em conversão e estabilidade estética. Considerando que a camada superficial da restauração deve mimetizar as características ópticas do esmalte dentário, uma resina flow utilizada como camada de base que sofra alteração de cor devido à absorção de fluidos e corantes e à degradação por uma polimerização insuficiente, terá um impacto direto na aparência geral da restauração. A pigmentação da camada de base poderá se tornar visível através da resina superficial, comprometendo a estética, o que pode levar, eventualmente, à necessidade de substituição.^(6, 24, 30, 31)

Como limitações, este estudo é *in vitro*, não considerando variações intrínsecas da cavidade clínica como, temperatura, umidade, estrutura dental. Também não foi avaliado a temperatura durante a cura ou perfis de conversão em múltiplas profundidades além do ponto de medida. Um estudo sobre irradiância e grau de conversão e dureza indica que alguns compósitos toleram alta irradiância sem perda de conversão, outros apresentam piora de propriedades quando curados com protocolos de altíssima potência/tempo muito curto.⁽²⁵⁾ Assim, resultados obtidos com a GrandioSO flow devem ser interpretados no contexto de sua composição (filler, foto-iniciadores) e não generalizados para todos os compósitos.

5 CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos, conclui-se que o a utilização de altas potências de fotoativação (3.200 mW/cm^2), em camadas com espessura de 2mm de resina Flow GrandioSo, apresenta um menor grau de conversão polimérica. O que pode impactar diretamente no desempenho clínico dessa resina. Para camadas de 1mm de espessura as irradiâncias de fotoativação avaliadas demonstraram graus de conversão polimérica semelhantes. No que diz respeito a estabilidade de cor (ΔE), nas duas profundidades avaliadas (1 e 2 mm), a irradiância de fotoativação de 3.200 mW/cm^2 apresentou maiores variações de cor quando comparado às demais irradiâncias (1000 e 1400 mW/cm^2).

6 REFERÊNCIAS

1. Severo BG de M, Reis TA dos. Classificação das resinas compostas e métodos de acabamento e polimento. *Research, Society and Development*. 2022 Jun 4;11(7):e54711730257.
2. Rosin M, Froehlich L, Mazur N, Bervian RK, Santana SC, Piana EA, et al. Resinas compostas: uma revisão da literatura. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*. 6 de outubro de 2022;11(13):e257111335128.
3. Pedrosa LM, Ribeiro A de OP, Câmara JVF, Pierote JJA. Indicações e propriedades mecânicas de resinas compostas convencionais e resinas compostas do tipo bulk-fill: revisão de literatura. *Journal of Dentistry & Public Health*. 2021;12(1):39–47.
4. Asefi S, Eskandarion S, Hamidiaval S. Fissure sealant materials: Wear resistance of flowable composite resins. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*. 2016;10(3):194–9.
5. De Lima ALX, De Souza PH, Amorim DMG, Caldas SGFR, Galvão MR. Avaliação do grau de conversão de resinas compostas fotoativadas em diferentes tempos e potências. *Revista da Faculdade de Odontologia - UPF*. 2016;21(2):220-22.
6. Bedir F, Karadas M. Evaluation of Color Stability and Translucency of Different Composite Resins Exposed to Alcohol. *Nigerian journal of clinical practice*. 2024; 27(3):394–400.
7. Üçtaşlı MB, Garoushi S, Üçtaşlı M, Vallittu PK, Lassila L. A comparative assessment of color stability among various commercial resin composites. *BMC Oral Health*. 2023 Oct 24;23(1):2-9.
8. Shin HJ, Kim H, Moon W, Song JS, Hyun HK. Color stability and translucency of newly developed composites for splinting teeth. *Dental Materials Journal*. 2024 Apr 30;43(3):437–45.
9. Xu T, Li X, Wang H, Zheng G, Yu G, Wang H, et al. Polymerization shrinkage kinetics and degree of conversion of resin composites. *Journal of Oral Science*. 2020;62(3):275–80.

10. De Souza G, Braga RR, Cesar PF, Lopes GC. Correlation between clinical performance and degree of conversion of resin cements: a literature review. *Journal of Applied Oral Science*. 2015;23:358–68.
11. Garcia IM, Leitune VCB, Samuel SMW, Collares FM. Influência de diferentes espessuras no grau de conversão de uma resina adesiva. *Revista da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre*. 2013 Mar 8;54(1-3):11–3.
12. Sagsoz O, Ilday N, Karatas O, Cayabatmaz M, Parlak H, Olmez M, et al. The bond strength of highly filled flowable composites placed in two different configuration factors. *Journal of Conservative Dentistry*. 2016;19(1):21.
13. Shamszadeh S, Sheikh-Al-Eslamian SM, Hasani E, Abrandabadi AN, Panahandeh N. Color Stability of the Bulk-Fill Composite Resins with Different Thickness in Response to Coffee/Water Immersion. *International Journal of Dentistry*. 2016;2016:1–5.
14. Shin DH, Rawls HR. Degree of conversion and color stability of the light curing resin with new photoinitiator systems. *Dental Materials*. 2009 Aug;25(8):1030–8.
15. Costa MP, Jacomine JC, Mosquim V, Santin DC, Zabeu GS, Agulhari MAS, et al. Analysis of color stability and degree of conversion of different types of resin composites. *Brazilian Oral Research*. 2024 Jan 1;38:1-8
16. Matumoto MS, Mendonça MJ, Busato PMR, Laurindo BM, Camilotti V. The influence of three photoactivation techniques on the sorption and solubility of different composite resins. *Revista de Odontologia da UNESP*. 2018 Dec 1;47(6):395–9.
17. Silva EM da, Almeida GS, Poskus LT, Guimarães JGA. Relationship between the degree of conversion, solubility and salivary sorption of a hybrid and a nanofilled resin composite. *Journal of Applied Oral Science*. 2008 Apr;16(2):161–6.
18. Parra Gatica E, Duran Ojeda G, Wendler M. Contemporary flowable bulk-fill resin-based composites: a systematic review. *Biomaterial Investigations in Dentistry*. 2023 Feb 22;10(1):8–19.
19. Tsuzuki F, de Castro-Hoshino L, Lopes L, Sato F, Baesso M, Terada R. Evaluation of the influence of light-curing units on the degree of conversion in depth of a bulk-fill resin. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*. 2020;e1117–23.

20. Mattar M, Wang L, Adilson Yoshio Furuse, Ferreira L, Scotti CK, Zabeu GS, et al. Influence of Modulated Photo-Activation on Shrinkage Stress and Degree of Conversion of Bulk-Fill Composites. *Brazilian Dental Journal*. 2019 Nov 1;30(6):592–8.
21. Guimarães GF, Marcelino E, Cesarino I, Vicente FB, Grandini CR, Simões RP. Minimization of polymerization shrinkage effects on composite resins by the control of irradiance during the photoactivation process. *Journal of Applied Oral Science*. 2018 Jun 18;26(0):6-8
22. Gul P, Alp HH, Özcan M. Monomer release from bulk-fill composite resins in different curing protocols. *Journal of Oral Science*. 2020;62(3):288–92.
23. Ilie N, Watts DC. Outcomes of ultra-fast (3 s) photo-cure in a RAFT-modified resin-composite. *Dental Materials*. 2020 Apr 1;36(4):570–9.
24. Karadas M. The effect of different beverages on the color and translucency of flowable composites. *Scanning*. 2016 May 25;38(6):701–9.
25. Bin Nooh AN, Nahedh HA, AlRefeai M, Alkhudhairy F. The Effect of Irradiance on the Degree of Conversion and Volumetric Polymerization Shrinkage of Different Bulk-Fill Resin-Based Composites: An In Vitro Study. *European Journal of Dentistry*. 2020 Dec 15;15(02):312–9.
26. Abo A, Fayez X, Basheer RR, Yousef MK, Alshawwa LA. Effect of different light-curing units and modes on the degree of conversion of different resin composites. *Egyptian Dental Journal* [Internet]. 2015 Apr 15 [cited 2025 Sep 20];61(61 2):1695:1706. Available from: <https://share.google/WrWddJXkbB8i2B8j4>
27. Catelan A, Mainardi M do CAJ, Soares GP, Lima AF de, Ambrosano GMB, Lima DANL, et al. Effect of light curing protocol on degree of conversion of composites. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2014 May 26;72(8):898–902.
28. Da Silva VA, Da Silva SA, Pecho OE, Bacchi A. Influence of composite type and light irradiance on color stability after immersion in different beverages. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2018 Jun 19;30(5):390–6.
29. Shimokawa CAK, Carneiro PMA, Lobo TRS, Arana-Chavez VE, Youssef MN, Turbino ML. Five second photoactivation? A microhardness and marginal

- adaptation in vitro study in composite resin restorations. *International dental journal*. 2016 Oct 1;66(5):257–63.
30. Yu B, Lee YK. Comparison of the color stability of flowable and universal resin composites. *American journal of dentistry*. 2009 Jun;22(3):162-64
31. Ward JD, Wolf BJ, Leite LP, Zhou J. Clinical effect of reducing curing times with high-intensity LED lights. *The Angle Orthodontist*. 2015 Mar 11;85(6):1064–9.

NORMAS DA REVISTA – Arquivos em Odontologia

APRESENTAÇÃO DO MANUSCRITO

O manuscrito deve ser submetido em arquivos separados: folha de rosto; arquivo de texto principal; figuras.

Como os artigos são revisados por pares, exceto a folha de rosto, nenhum arquivo deverá incluir informações que possam identificar os autores.

O manuscrito deverá ser enviado em formato digital compatível com *Microsoft Word* em formato DOC ou DOCX. O texto deverá ser formatado em tamanho A4, com fonte *Times New Roman*, tamanho 12, e margem de 3cm em cada um dos lados. Todo o texto deverá

conter espaço de 1,5, inclusive a página de identificação, resumos, agradecimentos e referências.

O arquivo do texto principal (incluindo agradecimentos, referências bibliográficas, tabelas e legendas de figuras) deverá ter um limite máximo de 30.000 caracteres. Todas as páginas deverão ser numeradas a partir da página do título.

Folha de rosto

A primeira página do trabalho deverá conter:

- Título do artigo: deverá ser apresentada primeiramente a versão do título no idioma inglês e no idioma do manuscrito (espanhol ou português), redigido de forma concisa e completa. Para artigos redigidos em inglês, não é necessária a inclusão do título em outro idioma.
- Nome completo de todos os autores na ordem direta seguido de sua afiliação institucional, ORCID e e-mail.
- Endereço completo, telefone e e-mail do autor correspondente, a quem deverá ser encaminhada toda a correspondência referente ao processo de submissão e publicação do artigo.
- Descrição das contribuições dos autores, usando papéis definidos pelo CRediT.
- Declaração de conflito de interesses (vide abaixo)

Arquivo de texto principal

O arquivo de texto principal deverá ser organizado do modo abaixo:

Título, resumo e palavras-chave

Texto principal

Referências

Tabelas completas

Legendas de figuras

Figuras e material suplementar (se relevante) devem ser submetidos como arquivos separados.

Título do artigo: de acordo com as instruções para a folha de rosto.

Resumo: deverá ser estruturado em Introdução, Objetivo, Materiais e Métodos (explicitando a análise estatística utilizada, se adequado ao tipo de estudo), Resultados e Conclusões, e conter no máximo 300 palavras.

Descritores: entre três e seis palavras-chaves que identifiquem o conteúdo do artigo. Para consulta, verificar a lista nos endereços eletrônicos

<http://decs.bvs.br> ou <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/>

Introdução: resuma a justificativa com embasamento científico e inclua o objetivo do estudo, citando apenas referências pertinentes.

Materiais e Métodos: apresente os materiais e métodos em detalhes suficientes para permitir a confirmação das observações e reprodutibilidade da metodologia.

O periódico Arquivos em Odontologia apoia as políticas para registro de ensaios clínicos da Organização Mundial de Saúde (OMS) e do *International Committee of Medical Journal Editors* (ICMJE), reconhecendo a importância dessas iniciativas para o registro e divulgação internacional de informação sobre estudos clínicos, em acesso aberto. Sendo assim, somente serão aceitos para publicação os artigos de pesquisas clínicas que tenham recebido um número de identificação em um dos Registros de Ensaio Clínicos validados pelos critérios estabelecidos pela OMS e ICMJE. O número de identificação deverá ser registrado ao final do resumo. Para ensaios clínicos realizados no Brasil, os autores devem, preferencialmente, apresentar o número de registro no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (<http://www.ensaiosclinicos.gov.br>).

De acordo com a *Equator Network* (<http://www.equator-network.org>), a Arquivos em Odontologia recomenda a utilização de *checklists* para a apresentação de artigos:

- Revisões sistemáticas/Meta-análise: PRISMA (<http://www.prisma-statement.org/>)
- Ensaios clínicos: CONSORT (<http://www.consort-statement.org/>)
- Estudos observacionais: STROBE (<https://www.strobe-statement.org/index.php?id=strobe-home>)
- Estudos de acurácia diagnóstica: STARD (<http://www.equator-network.org/reporting-guidelines/stard/>)
- Estudos de protocolos: SPIRIT (<https://www.equator-network.org/reporting-guidelines/spirit-2013-statement-defining-standard-protocol-items-for-clinical-trials/>)
- Relatos de caso clínico: CARE (<https://www.equator-network.org/reporting-guidelines/care/>)
- Estudos qualitativos: COREQ (<https://www.equator-network.org/reporting-guidelines/coreq/>)

Resultados: apresente os resultados em uma sequência lógica no texto, tabelas e figuras. Não repita no texto todos os dados das tabelas ou figuras; enfatizar apenas observações importantes.

Discussão: apresente a discussão com um parágrafo resumindo a pesquisa principal. Enfatizar aspectos novos e importantes do estudo e as conclusões que decorrem deles. Não repita em detalhes dados ou outro material fornecido na Introdução ou seção Resultados.

Conclusões: aponte de modo conciso as conclusões da pesquisa, não simplesmente afirmando os resultados.

Abstract: artigos submetidos em português, espanhol ou inglês devem incluir o *Abstract* antes da lista de Referências, seguido dos *Uniterms*.

Agradecimentos (quando houver): informe os nomes de colegas que fizeram contribuições substanciais para o estudo. As fontes de financiamento da pesquisa devem ser incluídas nesta seção.

Referências: os nomes dos autores citados no texto devem ser omitidos e substituídos pelo número sobrescrito correspondente ao da citação bibliográfica.

As referências devem ser listadas pela ordem de aparecimento no texto.

A exatidão das referências é de responsabilidade dos autores.

Exemplos de referências

Artigo de periódico

Até seis autores, citar todos; se forem sete ou mais, citar os seis primeiros e acrescentar “et al.”.

Loverplace BM, Thompson JJ, Yukas RA. Evidence for local immunoglobulin for synthesis in periodontitis. *J Periodont Res*. 1982; 53:629-30.

Autor corporativo

European Collaborative Study. Risk factors for mother-to-child transmission of HIV-1. *Lancet*. 1992; 339:1007-12.

Volume com suplemento

Geraud G, Spierings EL, Keywood C. Tolerability and safety of frovatriptan with short- and long-term use for treatment of migraine and in comparison with sumatriptan. *Headache*. 2002;42 Suppl 2:S93-9.

Número com suplemento

Glauser TA. Integrating clinical trial data into clinical practice. *Neurology*. 2002;58(12 Suppl7):S6-12.

Livros

Murray PR, Rosenthal KS, Kobayashi GS, Pfaller MA. *Medical microbiology*. 4th ed. St. Louis: Mosby; 2002.

Capítulos de livros

Meltzer PS, Kallioniemi A, Trent JM. Chromosome alterations in human solid tumors. In: Vogelstein B, Kinzler KW, editors. *The genetic basis of human cancer*. New York: McGraw-Hill; 2002. p. 93-113.

Trabalhos apresentados em congressos, seminários, reuniões, etc.

Christensen S, Oppacher F. An analysis of Koza's computational effort statistic for genetic programming. In: Foster JA, Lutton E, Miller J, Ryan C, Tettamanzi AG, editors. *Genetic programming. EuroGP 2002: Proceedings of the 5th European Conference on Genetic Programming*; 2002 Apr 3-5; Kinsdale, Ireland. Berlin: Springer; 2002. p. 182-91.

Teses/Dissertações

Oliveira, AMSD. Avaliação da prevalência e severidade da periodontite em indivíduos com diagnóstico de infarto agudo do miocárdio [dissertação]. Belo Horizonte (MG): Faculdade de Odontologia da UFMG; 1997.

Homepage/Web

Cancer-Pain.org [Internet]. New York: Association of Cancer Online Resources, Inc.; c2000-01 [updated 2002 May 16; cited 2002 Jul 9]. Available from: <http://www.cancer-pain.org/>.

Tabelas: as tabelas devem ser confeccionadas em programa compatível com “Microsoft Word for Windows”, numeradas em algarismos arábicos e os respectivos títulos colocados em sua parte superior. A sua referência no texto é feita em algarismos arábicos. As tabelas devem ser inseridas depois das referências, no final do arquivo de texto. Deverá ser indicado, no texto, o local onde serão inseridas.

Figuras: gráficos, desenhos e fotografias são classificadas como figuras. As figuras utilizadas devem ser aquelas estritamente necessárias à compreensão do texto. Devem ser numeradas em algarismos arábicos e os respectivos títulos colocados em sua parte superior. Devem ser apresentadas em páginas separadas (final do artigo) e deverá ser

indicado, no texto, o local onde serão inseridas. Gráficos, desenhos e fotografias deverão ser enviados em formato TIFF ou JPEG em alta resolução (mínimo de 300 dpi).

Material suplementar: as informações do material suplementar não são essenciais para a compreensão do artigo. Entretanto, permitem um maior conhecimento sobre os dados disponibilizados. Serão considerados tabelas, figuras, vídeos, dados, etc. Para submissões, eles devem ser fornecidos como arquivos separados, mas referidos no texto.