



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE ODONTOLOGIA

CLAYSON WILLIAM DA SILVA NEVES

**CARACTERIZAÇÃO DE RESINAS COMPOSTAS DE USO DIRETO POR MEIO DE
ANÁLISES TÉRMICAS**

São Luís
2022

CLAYSON WILLIAM DA SILVA NEVES

**CARACTERIZAÇÃO DE RESINAS COMPOSTAS DE USO DIRETO POR MEIO DE
ANÁLISES TÉRMICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), apresentado ao Curso de Odontologia da Universidade Federal do Maranhão em forma de artigo, como pré-requisito para obtenção do grau de Cirurgião-Dentista.

Orientadora: Prof^a Dr^a Ivone Lima Santana

São Luís
2022

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Neves, Clayson William da Silva.

Caracterização de resinas compostas de uso direto por meio de análises térmicas / Clayson William da Silva
Neves. - 2022.

34 f.

Orientador(a): Ivone Lima Santana.

Curso de Odontologia, Universidade Federal do Maranhão,
São Luís, 2022.

1. Polimerização. 2. Resinas compostas. 3.
Tratamento térmico. I. Santana, Ivone Lima. II. Título.

NEVES, C.W.S. **Caracterização de resinas compostas de uso direto por meio de análises térmicas.** Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Odontologia da Universidade Federal do Maranhão como pré-requisito para obtenção do grau de Cirurgião-Dentista.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Ivone Lima Santana
(Orientadora)

Prof. Dr. Joaquim Rodrigues Mochel Filho
(Titular)

Profa. Dra. Leticia Machado
(Titular)

Profa. Dra. Leily Macedo Firoozmand
(Suplente)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me conceder sabedoria, saúde e a oportunidade de realizar um curso de graduação, sem Ele nada disso seria possível.

Aos meus pais, Maria Edileuza e Clayson Freitas, por todo o amor, apoio e carinho depositados em mim, por estarem sempre ao meu lado e apoiando as minhas decisões, por acreditarem e investirem na educação de seus filhos e no meu sonho – ser Cirurgião-Dentista, pavimentando os caminhos para tornar o que era sonho, em uma realidade.

As minhas irmãs, Cleiciane e Bruna Sarang, por todo companheirismo e cumplicidade em todos os momentos da minha vida.

A família Silva Amorim - Luciane, Luciano, Marivagno e Mariluci, por serem uma verdadeira família para mim, por todo o amor, cuidado e carinho, por serem meu porto seguro durante todos esses anos de graduação.

À minha querida orientadora, professora Ivone Santana, por todo o seu companheirismo e amizade, por todos os conselhos, bem como palavras motivacionais e puxões de orelha, por sempre tentar enxergar o melhor de cada pessoa, além dos ensinamentos compartilhados, não só acadêmicos, mas também de vida.

Aos meus amigos, em especial a minha dupla de faculdade, Maryana Praseres, que sempre esteve ao meu lado, a qual conto com sua parceria desde o primeiro período do curso, pela sua amizade incondicional, pelas memórias criadas, por compartilhar comigo grandes momentos da minha vida acadêmica e pessoal. E também, a Mateus Jardim e Mirla Brasil, pelo companheirismo, pela troca de experiências, por compartilharem comigo tantos momentos felizes ao longo deste percurso.

Aos professores do curso de Odontologia da Universidade Federal do Maranhão, por todo o ensinamento, incentivo e dedicação, com o qual guiaram o meu aprendizado.

À Universidade Federal do Maranhão, por sempre buscar oferecer uma formação de qualidade, essencial no meu processo de formação profissional, e por tudo que aprendi ao longo dos anos no curso.

*“Sem pressa e sem pausa, não precisa acelerar, basta
não parar!”*
(Joel Jota)

SUMÁRIO

REFERENCIAL TEÓRICO	8
ARTIGO CIENTÍFICO	11
1. Introdução	13
2. Materiais e Métodos	13
2.1. Preparo das amostras	15
2.2. Análises DSC e TGA	15
3. Resultados e Discussão	16
4. Conclusão	20
5. Referências	21
CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
REFERÊNCIAS	24
APÊNDICE	26
Apêndice 1: Figuras de materiais e equipamentos utilizados na realização da pesquisa	26
ANEXOS	29
Anexo A – Normas da revista Polímeros Ciência e Tecnologia	29

REFERENCIAL TEÓRICO

Pode-se ter situações na odontologia restauradora, no uso da técnica de restaurações diretas, como a contração de polimerização, a não conversão completa dos monômeros, baixa resistência ao desgaste e fraturas, que podem comprometer o selamento marginal, e, como consequência, gerar microinfiltrações e falência das restaurações (Poskus *et al.*, 2009; Santana *et al.*, 2009).

Nesse contexto, as restaurações indiretas surgem como uma alternativa para esses inconvenientes, e, para isso, pesquisas têm sido realizadas, com o intuito de verificar a eficiência de compósitos diretos, para situações com indicação de restaurações indiretas, a partir de tratamentos térmicos adicionais, como uma opção técnica, eficaz e de baixo custo (Almeida-Chetti, Macchi e Iglesias, 2014; Grazioli *et al.*, 2019; Miyazaki *et al.*, 2009; Santana *et al.*, 2009; Santana *et al.*, 2011; Santana *et al.*, 2012; Santana *et al.*, 2019), que levam ao aumento no grau de conversão dos monômeros em polímeros (Bagis & Rueggeberg, 2000; Dimer *et al.*, 2015; Miyazaki *et al.*, 2009; Poskus *et al.*, 2009; Santana *et al.*, 2012; Santana *et al.*, 2019), melhoria nas propriedades mecânicas (Almeida-Chetti, Macchi e Iglesias, 2014; Grazioli *et al.*, 2019; Miyazaki *et al.*, 2009; Poskus *et al.*, 2009; Santana *et al.*, 2009; Santana *et al.*, 2012; Santana *et al.*, 2019) e estabilidade de cor (Grazioli *et al.*, 2019).

A necessidade de tratamento térmico adicional, para utilizar resinas compostas diretas, em tratamentos indiretos, deve seguir padrões de temperatura específicos para cada resina direta (Miyazaki *et al.*, 2009; Santana *et al.*, 2009; Santana *et al.*, 2011). No entanto, essas informações não são fornecidas pelos fabricantes do material restaurador, o que torna necessário a investigação das mesmas, por meio de análises térmicas.

A investigação térmica dos compósitos, viabiliza o balizamento térmico das resinas, utilizando a técnica de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC). O DSC permite identificar temperaturas críticas em um material analisado, por meio da energia absorvida ou liberada, em uma amostra, durante o aumento ou redução de temperatura, ou mesmo em condições isotérmicas, e, a partir dessa análise, é possível identificar a temperatura de transição vítrea (T_g) do material analisado.

A identificação da temperatura de transição vítrea é essencial para se ter efeitos positivos no aumento do grau de conversão de monômeros, pois somente após aquecer o material polimérico acima dessa temperatura, é possível observar a conversão de monômeros residuais (Santana, 2005).

Em contrapartida, a Análise Termogravimétrica (TGA), é um método quantitativo preciso, para determinar a combustão, volatilização e/ou decomposição, por meio da análise das mudanças de peso do material analisado. Portanto, é possível identificar através dessa análise a temperatura inicial de degradação de resinas compostas de uso direto (Miyazaki *et al.*, 2009; Santana, 2005; Santana *et al.*, 2009; Santana *et al.*, 2011).

Partindo do princípio de que o tratamento térmico adicional tem a capacidade de melhorar as propriedades mecânicas dos compósitos de uso direto, é de suma importância que se estabeleça critérios para que seja realizado esse tipo de tratamento. Nesse sentido, Santana *et al.* (2011), desenvolveram um estudo no qual investigaram cinco marcas comerciais de resinas compostas de uso direto. A análise DSC inferiu a temperatura de Transição Vítrea (Tg), e, a análise TGA, informou a temperatura de degradação inicial. Dessa forma, o tratamento térmico foi realizado no intervalo de temperatura, acima da Tg e abaixo da temperatura de degradação inicial.

Após realizar o protocolo de tratamento térmico adicional pós-cura, os compósitos estudados podem apresentar diferentes resultados de melhorias, como por exemplo, a melhoria do grau de dureza. Tal resultado, pode ser explicado tanto por sua composição, que pode influenciar o grau de conversão das cadeias poliméricas induzidas pelo calor (Bagis & Rueggeberg 2000; Dimer *et al.*, 2015; Poskus *et al.*, 2009; Santana *et al.*, 2012) quanto, pela temperatura, específica, de Transição vítrea (Tg) de cada compósito, a qual deve ser ultrapassada, para converter os monômeros remanescente e, conseqüentemente, proporcionar aumento das propriedades mecânicas (Miyazaki *et al.*, 2009; Santana *et al.*, 2009; Santana *et al.*, 2011)

Em sua pesquisa Grazioli, *et al.* (2019), verificaram, que, após o tratamento térmico, todas as suas amostras, de resinas diretas, apresentaram aumentos significativos no módulo de elasticidade e dureza superficial, em comparação ao grupo controle, que recebeu apenas a ativação por luz. E ainda, verificou que o tratamento térmico alterou a cor e/ou translucidez dos compósitos investigados.

Almeida-Chetti, Macchi e Iglesias, 2014, avaliaram a resistência à flexão e módulo de elasticidade, de materiais compósitos indiretos e diretos, após tratamentos adicionais de cura, e, observaram, que houve melhoria nas propriedades mecânicas.

As restaurações indiretas, confeccionadas com resinas diretas, submetidas a tratamento térmico adicional, representam uma opção de baixo custo, em comparação com as técnicas que necessitam de terceirização do processo de confecção e equipamentos especiais, para processamento de materiais indiretos (Grazioli G *et al.*, 2019; Miyazaki *et al.*, 2009; Poskus *et al.*, 2009; Santana *et al.*, 2009; Santana *et al.*, 2011; Santana *et al.*, 2012; Santana *et al.*, 2019), visto que, para essa técnica há necessidade apenas de equipamentos de uso comum em consultórios odontológicos, como, por exemplo, uma estufa de esterilização.

Investigando os efeitos do tratamento térmico na microdureza de compósitos diretos em diferentes profundidades de restaurações, Santana *et al.*, 2012, observaram que, apesar do tratamento térmico pós-cura, os valores de microdureza Knoop variaram de acordo com a distância da fonte de irradiação, ou seja, a área mais próxima da fotoativação, apresentou maior microdureza, e, a mais distante, menor microdureza Knoop. Constataram também que a melhoria na microdureza Knoop, após o tratamento térmico, é dependente da resina.

Sendo assim, este trabalho visa realizar o balizamento térmico de seis resinas compostas de uso direto, de diferentes marcas comerciais, identificando a temperatura de transição vítrea (T_g) e a temperatura de degradação inicial, e dessa forma, poder contribuir para confecção de restaurações indiretas, em protocolo de atendimento de pacientes em clínicas escolas e/ou grupos específicos, com carência socio econômica, utilizando técnica simples e sem necessidade da terceirização do processo de confecção da mesma. No entanto, ressalta-se a necessidade de investigação dos parâmetros mecânicos das mesmas para assegurar tempo e temperatura ideal para cada um dos materiais aqui balizados termicamente.

ARTIGO CIENTÍFICO

Artigo a ser submetido à Revista Polímeros Ciência e Tecnologia – Normas no ANEXO A.

Caracterização de resinas compostas de uso direto por meio de análises térmicas

Clayson William da Silva Neves^{1*}(0000-0003-2965-4641), Ivone Lima Santana²
(0000-0003-1877-9780)

1 Afiliação (Universidade Federal do Maranhão – UFMA, 65080-805, São Luís, Maranhão, Brasil)

2 Afiliação (Professora Titular, Universidade Federal do Maranhão – UFMA, 65080-805, São Luís, Maranhão, Brasil)

*claysonwilliams051@gmail.com

Resumo

Tratamento térmico pós-cura, em resinas compostas diretas, melhoram suas propriedades mecânicas e viabilizam seu uso para restaurações indiretas. Para identificar o comportamento térmico – Temperatura de transição vítrea (T_g) e Degradação Inicial-, das resinas, seis corpos-de-prova foram confeccionados e, fotoativados. As análises térmicas - Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) e Análise Termogravimétrica (TGA) - foram realizadas sob atmosfera de argônio, aquecidas a $10^\circ\text{C}/\text{min}$, com intervalo de $25-900^\circ\text{C}$. Os valores da T_g e degradação inicial obtidos, foram respectivamente: $136,30^\circ\text{C}$ e $264,31^\circ\text{C}$ (IPS Empress[®] Direct); $112,15^\circ\text{C}$ e $210,93^\circ\text{C}$ (Palfique LX5); $144,14^\circ\text{C}$ e $244,46^\circ\text{C}$ (Vittra APS); $131,60^\circ\text{C}$ e $251,27^\circ\text{C}$ (FormaTM); $139,12^\circ\text{C}$ e $256,43^\circ\text{C}$ (Llis) e 128°C e 223°C (Applic). O balizamento térmico, por meio da análise térmica, viabiliza a utilização de resinas diretas, em técnicas restauradoras indiretas, pois identifica as temperaturas de T_g e degradação inicial, indispensáveis para nortear o tratamento térmico adicional.

Palavras-chave: Polimerização, Resinas compostas, Tratamento térmico

1. Introdução

Pesquisas apontam que o tratamento térmico pós-cura, em resinas compostas utilizadas para restaurações diretas, melhoram suas propriedades mecânicas e viabilizam o seu uso para restaurações indiretas^[1-6].

Em sua pesquisa Grazioli *et al.*, 2019, investigaram as alterações de cor e translucidez, em resinas diretas, que receberam tratamento térmico adicional. Após comparação com o grupo controle, constataram que não houve diferença significativa, o que sugere que as resinas diretas tratadas termicamente, podem ser utilizadas em tratamentos de regiões estéticas sem causar prejuízo.

Nesse sentido, o tratamento restaurador indireto, realizado com resinas de uso direto, tratadas termicamente, é uma alternativa viável e de baixo custo^[1-3, 5-7], além de ser uma técnica que facilita ao cirurgião-dentista, a participação de um técnico de prótese e, portanto, os custos de terceirização do laboratório, para confecção das restaurações indiretas. Além de agilizar o processo de confecção das mesmas e, viabilizar a redução do tempo necessário para a reabilitação oral^[8].

Portanto, o balizamento térmico de novas resinas, de diferentes marcas comerciais, se justifica pelo fato de permitir a utilização das mesmas, assegurando, a comunidade odontológica, ampla variedade de escolha e, dessa forma contribuir para a socialização do tratamento reabilitador, por meio de restaurações indiretas, a partir de materiais poliméricos de uso direto. Com isso, o balizamento térmico de seis diferentes tipos de resina composta foi realizado, com o objetivo de determinar a temperatura de Transição Vítreia (T_g), e a temperatura de degradação inicial de cada compósito pesquisado.

2. Materiais e Métodos

Foram selecionadas 6 resinas compostas de uso direto, e identificadas como R1 - IPS Empress® Direct^[9], R2 - Palfique LX5^[10], R3 - Vittra APS^[11], R4 - Forma™^[12], R5 - Llis^[13] e R6 - Applic^[14], conforme tabela 1. As imagens encontram-se no Apêndice 1: Figuras de materiais e equipamentos utilizados na realização da pesquisa.

Tabela 1. Identificação e perfil técnico das resinas

Identificação	Resina	Fabricante	Característica	Matriz de Monômeros*	Enchimento	Volume de material de enchimento	Número Do Lote
R1	IPS Empress® Direct	Ivoclar vivadent AG, Schaan, Liechtenstein	Nanohíbrida	Bis-GMA, TEGDMA e UDMA	Vidro de bário, trifluoreto de itérbio, óxidos mistos, dióxido de silício e copolímero, aditivos, iniciadores, estabilizadores e pigmentos.	(75-79% em peso; 52-59% em volume)	Z01XTN
R2	Palfique LX5	Tokuyama Dental Corporation, Tokyo, Japão	Suprananométrica	Bis-GMA e TEGDMA	Sílica-zircônio, compósito	(82% em peso; 71% em volume)	E818M1
R3	Vittra APS	FGM, Dentscare Ltda, Joinville-SC, Brasil	Submicrométrica	UDMA e TEGDMA, composição fotoiniciadora (APS), co-iniciadores, estabilizante e silano	Zircônia, sílica e pigmentos	(72% a 82% em peso; 52% a 60% em volume)	190819
R4	Forma™	Ultradent do Brasil Produtos Odontológicos Ltda, Indaiatuba-SP, Brasil	Nanohíbrida	BisGMA, TEGDMA, Bis-EMA, UDMA	Zircônia e trifluoreto de yttérbio	63,5% em volume	D0FQK
R5	Llis	FGM, Dentscare Ltda, Joinville-SC, Brasil	Microhíbrida	Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA, canforoquinona, co-iniciador e silano	Vidro de Bário-alumino silicato micronizado. Pigmentos e sílica nanométrica.	(77,5% a 78,5% em peso; 56% a 59% em volume)	041021
R6	Applic	Maquira Industria de Produtos Odontológicos S.A., Maringá-PR, Brasil	Nanohíbrido	Grupos dimetacrilatos,	Catalisadores, dióxido de silício, fluoreto de sódio, etanol, Carbopol, BHT e óxido de ferro	Não informado	826721

*UDMA (Uretano Dimetacrilato), TEGDMA (Trietilen Glicol Dimetacrilato), Bis-EMA (Diéter-dimetacrilato de bisfenol-A-polietilenoglicol), Bis-GMA (glicidilmetaclorato de bisfenol-A)

2.1. Preparo das amostras

Foram preparados 6 corpos-de-prova, sendo um de cada resina composta estudada, a partir de uma matriz de alumínio seccionada em duas partes, que quando fixadas lado a lado, formam um círculo de 3mm de diâmetro e 3mm de altura. A matriz foi posicionada sobre uma tira de poliéster transparente (AAF do BRASIL Produtos Odontológicos, Londrina, PR, Brasil) ao longo de uma placa de vidro, onde um único volume de resina composta foi inserido na matriz, e então, coberto com outra tira de poliéster transparente. Para uniformizar os corpos-de-prova, uma lâmina de vidro foi pressionada sobre a tira de poliéster transparente, para promover a extrusão do excesso de resina na matriz. Em seguida, a superfície superior foi irradiada conforme o recomendado pelo fabricante de cada resina, usando um fotopolimerizador (radii-cal, SDI Limited, Victoria, Austrália) com 650 mW/cm², que estava em contato com a tira de poliéster. A irradiância do dispositivo fotoativador foi aferida previamente por um radiômetro (Woodpecker, modelo: LM-1, China). Após a fotoativação da parte superior, a parte inferior do corpo-de-prova também foi fotoativada. Após ser retirado da matriz, cada corpo-de-prova foi submetido a acabamento com bisturi número 15 (SteriLance Medical, Xiangcheng, Suzhou, China), e em seguida, acondicionado em recipiente próprio (microtubo, tipo Eppendorf), identificado e armazenado sob ausência de luz.

2.2. Análises DSC e TGA

Realizou-se uma corrida térmica para cada corpo-de-prova. Para isso, a amostra foi acondicionada em um cadinho de alumina, e as análises térmicas de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) e Análise termogravimétrica (TGA), foram realizadas de forma simultânea, através do dispositivo Jupiter STA 449 C, Netzch, Brasil, em condições de temperatura variando de 25°C a 900°C, em atmosfera de argônio de alta pureza (20mL/min) e a uma taxa de aquecimento de 10°C/min. Os dados das análises foram coletados no Software NETZSCH® Proteus - Thermal Analysis v6.1, o qual gera um arquivo na extensão .txt para DSC e outro para TGA, estes arquivos foram processados no software OriginPro 8 SR4 v8.0951 (B951), onde são gerados gráficos em linhas

que permitem a análise da DSC e TGA, inferindo os pontos de TG e degradação inicial dos compósitos.

3. Resultados e Discussão

A tabela 2, traz os resultados das análises térmicas com a caracterização térmica de cada resina. Nos gráficos de 1 a 6, é possível observar as curvas das corridas térmicas realizadas a uma taxa de aquecimento de 10°C por minuto, para cada resina composta estudada (IPS Empress® Direct - R1, Palfique LX5 - R2, Vittra APS - R3, Forma™ - R4, Llis - R5 e Applic - R6), onde se vê a curva de DSC e TGA, permitindo a identificação da temperatura de transição vítrea (T_g), temperatura inicial de degradação (T_d) e porcentagem de massa final do compósito (M_f).

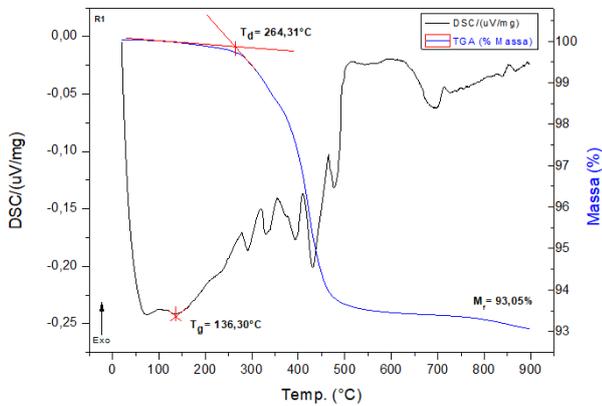
Tabela 2. Caracterização térmica das resinas

Identificação	Resina	Temperatura de Transição Vítrea (T_g)	Temperatura de degradação inicial	Volume de material de enchimento	Característica
R1	IPS Empress® Direct	136,30°C	264,31°C	93,05% em peso	Nanohíbrida
R2	Palfique LX5	112,15°C	210,93°C	70,08% em peso	Suprananométrica
R3	Vittra APS	144,14°C	244,46°C	74,05% em peso	Submicrométrica
R4	Forma™	131,60°C	251,27°C	78,05% em peso	Nanohíbrida
R5	Llis	139,12°C	256,43°C	72,84% em peso	Microhíbrida
R6	Applic	128°C	223°C	72,29% em peso	Nanohíbrido

Para a resina composta, IPS Empress® Direct, gráfico 1, foi observado que a sua transição vítrea (T_g) acontece a uma temperatura de 136,30°C, e em 264,31°C, é verificado uma pequena perda de massa que pode ser apontado como o início de sua degradação (T_d). Aos 900°C, houve uma

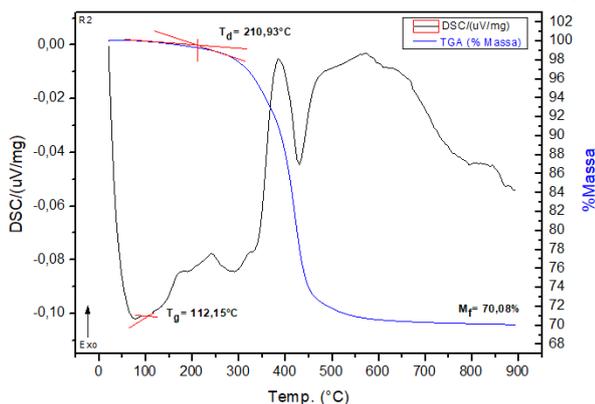
variação de massa de 6,95%, restando 93,05% de massa (M_f), que corresponde a porção inorgânica do compósito.

Gráfico 1. Curva de DSC e TGA da resina composta IPS Empress® Direct (R1)



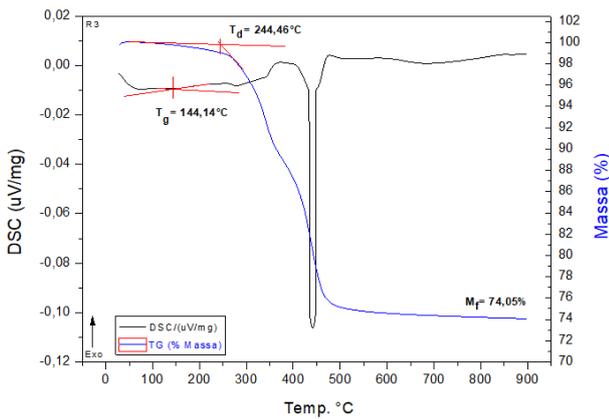
A resina composta Palfique LX5 (R2), gráfico 2, apresenta transição vítrea a uma temperatura de 112,15°C, e temperatura de degradação inicial de 210,93°C, até o final da corrida térmica, 900°C, houve uma variação de massa de 29,92%, restando o equivalente a 70,08% de massa inorgânica do compósito.

Gráfico 2. Curva DSC e TGA da resina composta Palfique LX5 (R2)

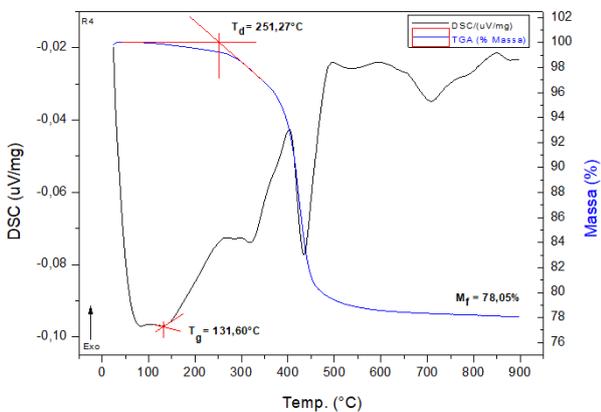


Com relação a resina composta Vittra APS (R3), gráfico 3, verifica-se que sua transição vítrea acontece em 144,14°C, e sua temperatura de degradação inicial em 244,46°C. A porcentagem de massa teve variação de 25,95%, tendo 74,05% de massa final.

Gráfico 3. Curva de DSC e TGA da resina composta Vittra APS (R3)

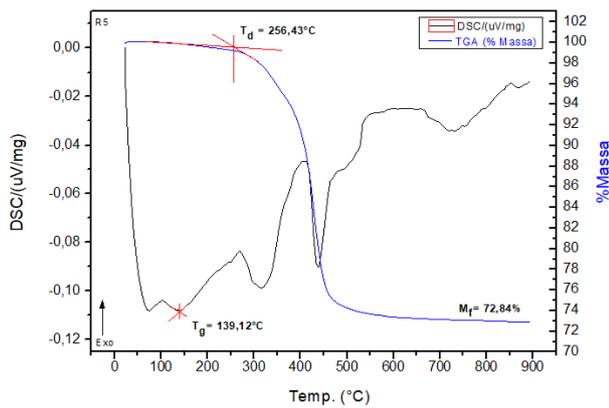


Na análise da resina FormaTM (R4), gráfico 4, foi observado que sua transição vítrea acontece em uma temperatura de 131,60°C, e sua degradação inicial em 251,27°C. Essa resina teve uma variação de massa de 21,95%, restando ao final da corrida térmica, apenas 78,05% de massa.

Gráfico 4. Curva de DSC e TGA da resina composta FormaTM (R4)

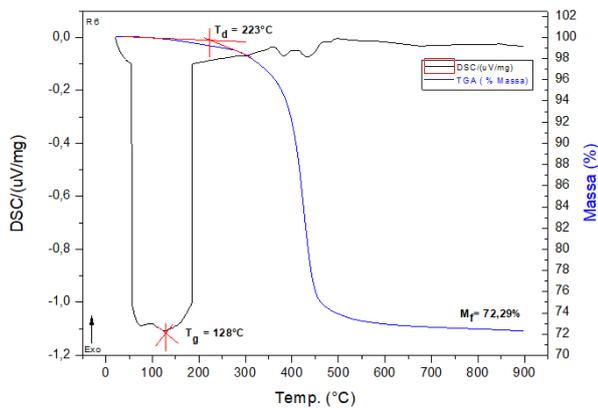
A resina composta Llis (R5), gráfico 5, apresenta temperatura de transição vítrea na faixa de 139,12°C, e temperatura de degradação inicial de 256,43°C, a variação de massa aos 900°C foi de 27,16%, restando apenas 72,84% de massa.

Gráfico 5. Curva de DSC e TGA da resina composta Llis (R5)



Para a resina composta Applic (R6), gráfico 6, foi verificado sua transição vítrea a uma temperatura de 128°C, e sua degradação inicial em 223°C. A porcentagem de massa teve variação de 27,71%, tendo 72,29% de massa final.

Gráfico 6. Curva de DSC e TGA da resina composta Applic (R6)



A DSC é uma técnica que mede a variação de energia entre a amostra estudada e um material de referência em função da temperatura, enquanto ambas são submetidas a uma programação de temperatura controlada^[15]. Com esta técnica, é possível observar eventos térmicos como, transição de fase, reações de desidratação, de óxido-redução e transição vítrea, em materiais como polímeros, vidros ou cerâmicas^[7, 16]. Neste estudo, a DSC foi fundamental para determinação das temperaturas de transição vítrea das seis resinas testadas.

Conhecer a temperatura de transição vítrea de resinas compostas de uso direto, se faz necessário pois, para o tratamento térmico adicional, é importante que se ultrapasse esta temperatura,

visto que as propriedades mecânicas do material são melhoradas devido ao enfraquecimento das interações moleculares, permitindo que os radicais livres tenham a chance de reagir, e dessa forma, o número de ligações cruzadas aumentará, deixando o polímero mais denso e conseqüentemente mais resistente^[7, 17].

Estudos demonstram que realizar o tratamento térmico adicional de resinas compostas de uso direto, para uso na técnica restauradora indireta, traz benefícios às propriedades do material^[18], e ao procedimento restaurador^[5, 8, 19]. Para tanto, é necessário que o tratamento térmico adicional seja feito a uma temperatura superior a temperatura de transição vítrea da resina composta utilizada, mas que fique abaixo da temperatura de degradação do compósito.

Através da curva termogravimétrica (TGA), é possível ainda, observar a variação da porcentagem de massa perdida de cada resina composta, e a partir desse dado, verificar a porcentagem de massa final, que corresponde a parte inorgânica do compósito, e assim comparar com os valores fornecidos pelos fabricantes^[7, 20, 21].

O uso de resinas compostas, através da técnica de RDTT (resinas diretas tratadas termicamente)^[17], se torna uma opção viável e de baixo custo para o paciente, pois viabiliza que o Cirurgião-Dentista a realize no próprio consultório sem a necessidade de envio e custos com o laboratório protético, diminuindo também o tempo de confecção.

4. Conclusão

O balizamento térmico é uma ferramenta importante para caracterização de resinas compostas pois possibilita determinar a T_g e a temperatura de degradação inicial, além da porcentagem de massa do conteúdo inorgânico e, dessa forma viabiliza que o Cirurgião-Dentista utilize resinas convencionalmente de uso direto, em técnicas restauradoras indiretas devido a melhora de suas propriedades mecânicas, através do tratamento térmico adicional.

5. Referências

1. Almeida-Chetti, V. A., Macchi, R. L., & Iglesias, M. E. (2014). Effect of post-curing treatment on mechanical properties of composite resins. *Acta Odontologica Latinoamericana : AOL*, 27(2), 72–76. <https://doi.org/10.1590/S1852-48342014000200005>
2. Grazioli, G., Francia, A., Cuevas-Suárez, C. E., Zanchi, C. H., & De Moraes, R. R. (2019). Simple and low-cost thermal treatments on direct resin composites for indirect use. *Brazilian Dental Journal*, 30(3), 279–284. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201902473>
3. Miyazaki, C. L., Medeiros, I. S., Santana, I. L., Matos, J. do R., & Rodrigues Filho, L. E. (2009). Heat treatment of a direct composite resin: Influence on flexural strength. *Brazilian Oral Research*, 23(3), 241–247. <https://doi.org/10.1590/S1806-83242009000300004>
4. Poskus, L. T., Latempa, A. M. A., Chagas, M. A., da Silva, E. M., Leal, M. P. da S., & Guimarães, J. G. A. (2009). Influence of post-cure treatments on hardness and marginal adaptation of composite resin inlay restorations: An in Vitro study. *Journal of Applied Oral Science*, 17(6), 617–622. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572009000600015>
5. Santana, I. L., Lodovici, E., Matos, J. R., Medeiros, I. S., Miyazaki, C. L., & Rodrigues Filho, L. E. (2009). Effect of experimental heat treatment on mechanical properties of resin composites. *Brazilian Dental Journal*, 20(3), 205–210. <https://doi.org/10.1590/s0103-64402009000300006>
6. Santana, I. L., Mendes, J. G., Corrêa, C. S., Gonçalves, L. M. H., Souza, E. M., & De Sousa, R. C. (2012). Effects of heat treatment on the microhardness of direct composites at different depths of restoration. *Revista Odonto Ciencia*, 27(1), 36–40. <https://doi.org/10.1590/S1980-65232012000100007>
7. Santana, I. L., Gonçalves, L. M., Ribeiro, J. J. S., Mochel Filho, J. R., & Junior, A. A. C. (2011). Thermal behavior of direct resin composites : glass transition temperature and initial degradation analyses. *Rev. Odonto*, 26(1), 50–55.
8. Santana, I. L., Torres Cortês De Sousa, I., De Fátima, A., Pereira, V., Raposo, C. C., Lage, L. M., Bárbara, É., Fonseca Thomaz, A., & Rodrigues Filho, L. E. (2019). Avaliação clínica de restaurações inlays/onlays em resina composta direta tratada termicamente: acompanhamento de 1 ano. *Revista de Pesquisa Em Saúde*, 20(2), 49–52.
9. *Perfil Técnico do Produto. Scientific Documentation IPS Empress® Direct. Catálogo Ivoclar Vivadent. 2020.*
10. *Perfil Técnico do Produto. PALFIQUE LX5. Catálogo Tokuyama Dental; 2020.*
11. *Perfil Técnico do Produto. Vitra APS. Catálogo FGM. 2008.*
12. *Perfil Técnico do Produto. FormaTM. Ultradent Products.*
13. *Perfil Técnico do Produto. Llis Compósito para Dentes Anteriores e Posteriores. Catálogo FGM. 2019.*
14. *Manual do produto. Applic Resina Composta. Maquira. 2019.*
15. Denari, G. B., & Cavalheiro, É. T. G. (2012). *Princípios e aplicações de análise térmica.*
16. IONASHIRO, M. G. (2004). *Fundamentos da termogravimetria, Análise Térmica Diferencial e Calorimetria Exploratória Diferencial* (Giz Editor).
17. Araujo, L. A. C. U. de, Santana, I. L., & Mochel Filho, J. R. (2019). *Restaurações indiretas confeccionadas com resinas compostas diretas tratadas termicamente* (EDUFMA).
18. Junior, L. de O. M., Mota, J. M. L. de F., Vaz, R. R., & Campos, W. R. da C. (2010). Evaluation of the mechanical properties of light-cure composite resins submitted to post-cure. *Revista Da Faculdade de Odontologia - UPF*, 15(3), 275–280.
19. Lovell, L. G., Lu, H., Elliott, J. E., Stansbury, J. W., & Bowman, C. N. (2001). The effect of cure rate on the mechanical properties of dental resins. *Dental Materials*, 17(6), 504–511. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(01\)00010-0](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(01)00010-0)
20. Sabbagh, J., Ryelandt, L., Bachérius, L., Biebuyck, J. J., Vreven, J., Lambrechts, P., & Leloup, G. (2004). Characterization of the inorganic fraction of resin composites. *Journal of Oral Rehabilitation*, 31(11), 1090–1101. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2004.01352.x>
21. Neves, A. D., Discacciati, J. A. C., Oréface, R. L., & Jansen, W. C. (2002). Correlação entre grau

de conversão, microdureza e conteúdo inorgânico em compósitos. *Pesquisa Odontológica Brasileira*, 16(4), 349–354. <https://doi.org/10.1590/s1517-74912002000400012>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O balizamento térmico, por meio da análise térmica, viabiliza a utilização de resinas diretas, em técnicas restauradoras indiretas, pois identifica as temperaturas de transição vítrea e degradação inicial, indispensáveis para nortear o tratamento térmico adicional, uma vez que, com esse tipo de tratamento, ocorre melhorias em suas propriedades. Ademais, permite que o próprio Cirurgião-Dentista, realize a restauração indireta sem a necessidade de terceirização do serviço para um laboratório protético, viabilizando a redução do tempo necessário para a reabilitação oral e os custos com o tratamento. Contudo há necessidade de testes de parâmetros mecânicos para verificar as propriedades mecânicas das resinas avaliadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA-CHETTI, V. A.; MACCHI, R. L.; IGLESIAS, M. E. Effect of post-curing treatment on mechanical properties of composite resins. **Acta odontologica latinoamericana : AOL**, v. 27, n. 2, p. 72–76, 2014.
- ARAUJO, L. A. C. U. DE; SANTANA, I. L.; MOCHEL FILHO, J. R. **Restaurações indiretas confeccionadas com resinas compostas diretas tratadas termicamente**. São Luís. EDUFMA. 2019.
- BAGIS, Y. H.; RUEGGEBERG, F. A. The effect of post-cure heating on residual, unreacted monomer in a commercial resin composite. **Dental Materials**, v. 16, n. 4, p. 244–247, 2000.
- DENARI, G. B.; CAVALHEIRO, É. T. G. **Princípios e aplicações de análise térmica**. São Carlos. 2012.
- DIMER, A. R. et al. Effect of different post-cure polymerization treatment on composite resin hardness. **RGO - Revista Gaúcha de Odontologia**, v. 63, n. 4, p. 426–431, 2015.
- GRAZIOLI, G. et al. Simple and low-cost thermal treatments on direct resin composites for indirect use. **Brazilian Dental Journal**, v. 30, n. 3, p. 279–284, 2019.
- IONASHIRO, M. G. **Fundamentos da termogravimetria, Análise Térmica Diferencial e Calorimetria Exploratória Diferencial**. Giz Editor. São Paulo. 2004.
- JUNIOR, L. DE O. M. et al. Evaluation of the mechanical properties of light-cure composite resins submitted to post-cure. **Revista da Faculdade de Odontologia - UPF**, v. 15, n. 3, p. 275–280, 2010.
- LIMA, G. R. et al. Effect of different finishing/polishing systems on the surface roughness of two heat-treated composite resins. **Materials Research**, v. 14, n. 2, p. 142–145, 2011.
- LOVELL, L. G. et al. The effect of cure rate on the mechanical properties of dental resins. **Dental Materials**, v. 17, n. 6, p. 504–511, 2001.
- MAQUIRA. **Manual do produto. Applic Resina Composta**. 2019.
- MIYAZAKI, C. L. et al. Heat treatment of a direct composite resin: Influence on flexural strength. **Brazilian Oral Research**, v. 23, n. 3, p. 241–247, 2009.
- NEVES, A. D. et al. Correlação entre grau de conversão, microdureza e conteúdo inorgânico em compósitos. **Pesquisa Odontológica Brasileira**, v. 16, n. 4, p. 349–354, 2002.
- ULTRADENT PRODUCTS. **Perfil Técnico do Produto. FormaTM.**, [s.d.].
- FGM. **Perfil Técnico do Produto. Llis Compósito para Dentes Anteriores e Posteriores**. Catálogo FGM. 2019.
- TOKUYAMA DENTAL. **Perfil Técnico do Produto. PALFIQUE LX5**. Catálogo Tokuyama Dental; 2020.
- IVOCLAR VIVADENT. **Perfil Técnico do Produto. Scientific Documentation IPS Empress® Direct**. Catálogo Ivoclar Vivadent. 2020.
- FGM. **Perfil Técnico do Produto. Vitra APS**. Catálogo FGM. 2008.
- POSKUS, L. T. et al. Influence of post-cure treatments on hardness and marginal adaptation of composite resin inlay restorations: An in Vitro study. **Journal of Applied Oral Science**, v. 17, n. 6, p. 617–622, 2009.
- SABBAGH, J. et al. Characterization of the inorganic fraction of resin composites. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 31, n. 11, p. 1090–1101, 2004.
- SANTANA, I. L. **Estudo da Influência do tratamento por calor em propriedades mecânicas de resinas compostas**. 2005. Tese (Doutorado em Odontologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- SANTANA, I. L. et al. Effect of experimental heat treatment on mechanical properties of resin composites. **Brazilian Dental Journal**, v. 20, n. 3, p. 205–210, 2009.
- SANTANA, I. L. et al. Caracterização térmica de compósitos dentais e sua importância nas propriedades mecânicas. **Revista de Pesquisa em Saúde**, v. 12, n. 3, p. 28–31, 2011a.
- SANTANA, I. L. et al. Thermal behavior of direct resin composites : glass transition temperature and initial degradation analyses. **Rev. odonto**, v. 26, n. 1, p. 50–55, 2011b.
- SANTANA, I. L. et al. Effects of heat treatment on the microhardness of direct composites at

different depths of restoration. **Revista Odonto Ciencia**, v. 27, n. 1, p. 36–40, 2012.

SANTANA, I. L. et al. Clinical evaluation of inlays/onlays restorations made in direct composite resin heat-treated: 1 year monitoring. **Revista de Pesquisa em Saúde**, v. 20, n. 2, p. 49–52, 2019a.

SANTANA, I. L. et al. Avaliação clínica de restaurações inlays/onlays em resina composta direta tratada termicamente: acompanhamento de 1 ano. **Revista de Pesquisa em Saúde**, v. 20, n. 2, p. 49–52, 2019b.

APÊNDICE

Apêndice 1: Figuras de materiais e equipamentos utilizados na realização da pesquisa

Figura 1: Resinas selecionadas para balizamento térmico



R1 - IPS Empress® Direct, R2 - Palfique LX5, R3 - Vittra APS, R4 - Forma™, R5 - Llis e R6 – Applic.

Figura 2: Matriz de alumínio

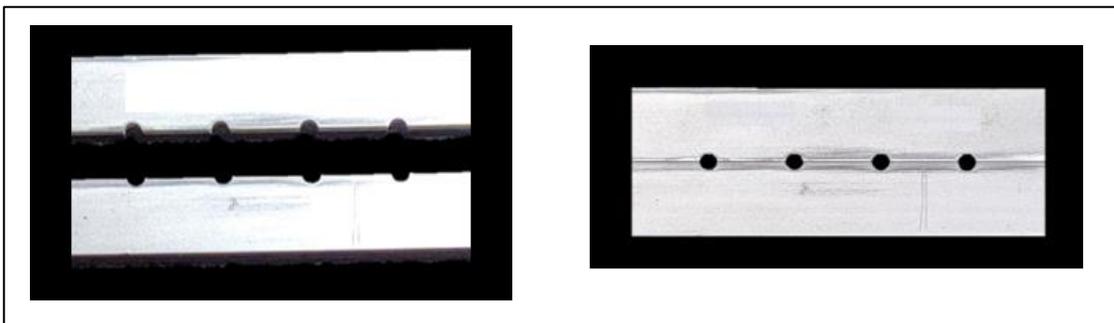


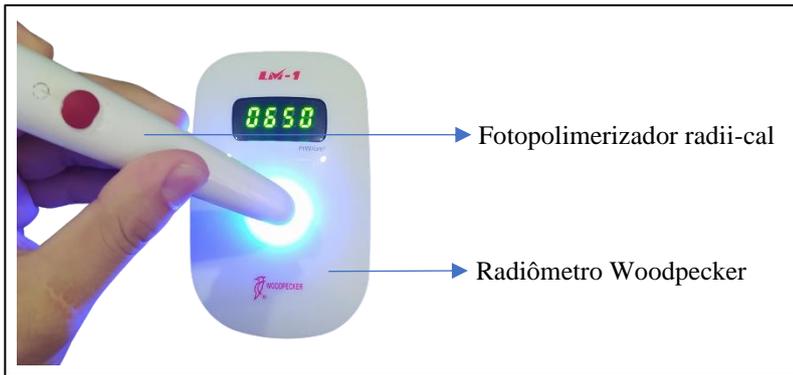
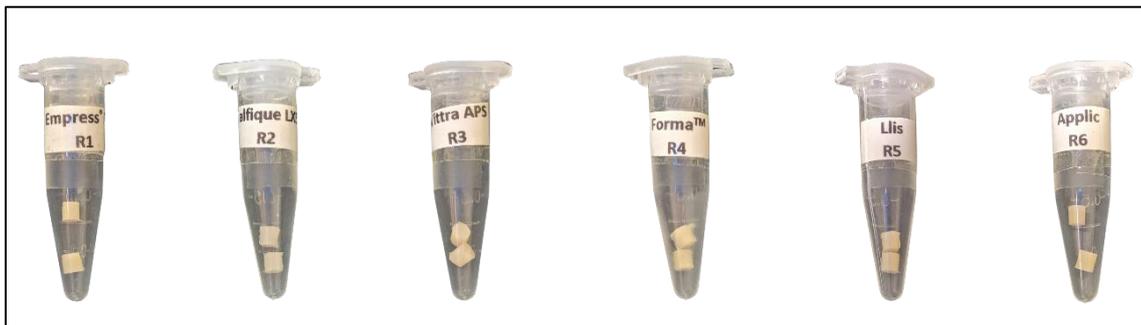
Figura 3: Aferição do dispositivo fotoativador**Figura 4:** Acondicionado das amostras em recipiente próprio**Figura 5:** Armazenado das amostras sob ausência de luz

Figura 6: Amostra acondicionada em um cadinho de alumina para realização da análise

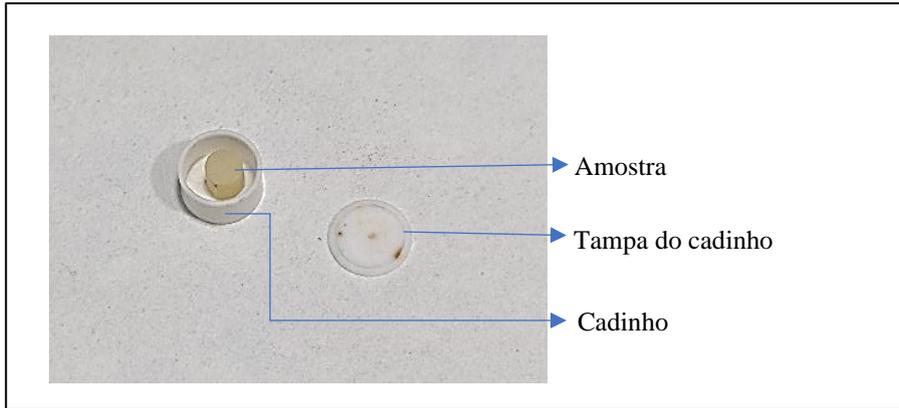


Figura 7: Dispositivo Jupiter STA 449 C, Netzch



ANEXOS**Anexo A – Normas da revista Polímeros Ciência e Tecnologia**

Polímeros - ISSN 1678-5169

Type of article: Review Articles / Original Articles / Short Communications**Title of the article with a maximum of 12 words****Name Last Name^{1*}(ORCID ID), Name Last Name^{2#*}(ORCID ID) and Name Last Name^{2*}(ORCID ID)***1 Affiliation (Laboratory, Department, University, ZIP Code City, State, Country)**2 Affiliation (Laboratory, Department, University, ZIP Code City, State, Country)*

*corresponding author's email

*The author's name must not be abbreviated.**The Affiliation must be in accordance with the language of the country of origin.***Author, please refer to Instructions to Authors where thorough guidelines can be found.
Manuscripts which do not conform to instructions will be returned.****Abstract (single space)**

The abstract must not exceed 150 words. The text should describe: what the study has introduced as a novelty to the subject investigated, the methodology used, the main results (quantitative information) and conclusions.

Keywords: from 3 to 5 key words alphabetically ordered and separated by commas.

Present address: If an author's address is different from the one given in the affiliation line, this information may be included here.

The above-cited content should be placed in the front page.

Pages must be numbered in sequence at the bottom right end.

1. Introduction

The content of the article must be included in this part, with a double-spaced text in font Times New Roman size 12. We suggest writing a final paragraph with the aims of the research or the intended advancements of the work. Citations in the text must appear as a superscript index between brackets^[1], listed according to the sequence of appearance in the text as well as at the end of the paper.

2. Materials and Methods

2.1 Subsection 1

Text paragraph within a first subsection.

2.2 Subsection 2

Text paragraph within a second subsection.

3. Results and Discussions

Text paragraph.

3.1 Subsection 1

Text paragraph within a first subsection.

etc.

Equations: make sure to use the Word equation editor or MathType (see example below).

(1)

Figures: Should be numbered in sequence and referred in the text. Must have maximum width and height of 8 cm, i.e. they should fit in a column of the diagrammed article. Images outside of such a format (larger than 8×8 cm or with two columns) will only be accepted when the justification presented by the authors is likewise accepted.

In case any program is used for making graphs and figures, the original file must be sent with the corresponding specifications. Image files, drawings and graphs should be sent in the vector format

(CDR, EPS, AI, WMF etc) whenever possible, otherwise the bitmap files (TIF, BMP, JPG, PSD etc) must have good definition (normally from 1000 to 2000 pixels wide).

Color figures will be presented only in the electronic format (PDF and XML), whereas in the printed journal they will be reproduced in black and white. Thus, distinction among curves should also be clear in black and white. In micrographs, the bar for dimensional reference must be included. Micrographs must present a good contrast. All the illustrative material must have the corresponding file named clearly (e.g.: figure-1a, figure-1b, chart-1, table-1 etc).

Figures and Tables should be embedded in the text:

Figure 1. (a) insert here a descriptive caption of the figure; (b) insert here a descriptive caption of the figure.

Tables: Must be also numbered in sequence and referred in the text. They must follow the format below:

Table 1. Insert here a descriptive caption of the table.

Title	Value (units)	Value (units)	Value (units)
Line 1	Line 1*	Line 1	Line 1
Line 2	Line 2	Line 2	Line 2
Line 3	Line 3	Line 3	Line 3

* Table footnote.

4. Conclusions

The conclusion should not be a repetition of the results, but a statement whether the aim of the research was reached. Text paragraph.

5. Author's Contribution (single space - left-align text)*

- **Conceptualization** – Ideas; formulation or evolution of overarching research goals and aims.

- **Data curation** – Management activities to annotate (produce metadata), scrub data and maintain research data (including software code, where it is necessary for interpreting the data itself) for initial use and later re-use.
- **Formal analysis** – Application of statistical, mathematical, computational, or other formal techniques to analyze or synthesize study data.
- **Funding acquisition** - Acquisition of the financial support for the project leading to this publication.
- **Investigation** – Conducting a research and investigation process, specifically performing the experiments, or data/evidence collection.
- **Methodology** – Development or design of methodology; creation of models.
- **Project administration** – Management and coordination responsibility for the research activity planning and execution.
- **Resources** – Provision of study materials, reagents, materials, patients, laboratory samples, animals, instrumentation, computing resources, or other analysis tools.
- **Software** – Programming, software development; designing computer programs; implementation of the computer code and supporting algorithms; testing of existing code components.
- **Supervision** – Oversight and leadership responsibility for the research activity planning and execution, including mentorship external to the core team.
- **Validation** – Verification, whether as a part of the activity or separate, of the overall replication/reproducibility of results/experiments and other research outputs.
- **Visualization** – Preparation, creation and/or presentation of the published work, specifically visualization/data presentation.
- **Writing – original draft** – Preparation, creation and/or presentation of the published work, specifically writing the initial draft (including substantive translation).
- **Writing – review & editing** – Preparation, creation and/or presentation of the published work by those from the original research group, specifically critical review, commentary or revision – including pre- or post-publication stages.

* All items must be described in the manuscript, if any item does not apply, fill in with NA (not applicable).

6. Acknowledgments (if applicable)

Full names of the supporting agencies with process or grant numbers, companies that supplied chemicals for the research, etc. The names must not be abbreviated.

7. References (single space - left-align text)

References must contain all authors and follow the format below:

1. Articles in journals (non-abbreviated titles - include issue number, DOI number or link the source (URL))

Author, A. A., Author, B. B., & Author, C. C. (year). Title of the article. *Title of Periodical*, xx(x), xx-xx. doi:10.xxxx/xxxxxx

Author, A. A., Author, B. B., & Author, C. C. (year). Title of the article. *Title of Periodical*, xx(x), xx-xx. Retrieved from <http://www.xxx.xxx>

Author, A. A., Author, B. B., & Author, C. C. (in press). Title of the article. *Title of Periodical*. Retrieved from <http://www.xxx.xxxx>

2. Books

Author, A. A., & Author, B. B. (year). *Title of work*. Location: Publisher.

Editor, A. A. (Ed.). (year). *Title of work*. Location: Publisher.

3. Chapters of books

Author, A. A., & Author, B. B. (year). Title of chapter or entry. In A. Editor, B. Editor, & C. Editor (Eds.), *Title of book* (pp. xx-xx). Location: Publisher.

4. Papers presented in scientific meetings

Author, A. A. (year). Title of paper. In *Title of Symposium* (pp. xx-xx). Location: Publisher.

5. Thesis and dissertations

Author, A. A. (year). *Title of doctoral dissertation or master's thesis* (Doctoral Dissertation or Master's Thesis). Name of Institution, Location.

6. Corporate author, government report

Corporate Author. (year). *Title of work*. Location: Publisher.

7. Patents

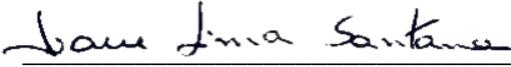
Inventor, A. A. (year). *Patent number*. Location: Official source from which the patent information can be retrieved.

8. Legal materials

Title and number of the decree or law. (Year, Month Day). Publication data. Location: Publisher.

9. Web sites (they should be cited in full with the date of assessment)

Web site. (Year, Month Day). Retrieved from <http://www.xxx.xxx>



Assinatura da Orientadora



Assinatura do Autor