



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

NATHALIE MURIELLY ROLIM DE ABREU

**COMPORTAMENTO BIOMECÂNICO DE COMPÓSITOS RESINOSOS EM
LESÕES CERVICAIS NÃO CARIOSAS: ANÁLISE LABORATORIAL**

CAMPINA GRANDE - PB

2022

NATHALIE MURIELLY ROLIM DE ABREU

**COMPORTAMENTO BIOMECÂNICO DE COMPÓSITOS RESINOSOS EM
LESÕES CERVICAIS NÃO CARIOSAS: ANÁLISE LABORATORIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Área de concentração: Clínica odontológica

Orientador: Prof. Dr. João Paulo da Silva Neto

Coorientador: Prof. Dr. Luís Henrique Araújo Raposo

CAMPINA GRANDE

2022

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A162c Abreu, Nathalie Murielly Rolim de.
Comportamento biomecânico de compósitos resinosos em lesões cervicais não cariosas [manuscrito] : Análise laboratorial / Nathalie Murielly Rolim de Abreu. - 2022.
104 p. : il. colorido.

Digitado.
Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2022.
"Orientação : Prof. Dr. João Paulo da Silva Neto , Coordenação do Curso de Odontologia - CCBS."
"Coorientação: Prof. Dr. Luís Henrique Araújo Raposo , UFU - Universidade Federal de Uberlândia "

1. Resinas compostas. 2. Técnicas in vitro. 3. Acidificação.
I. Título

21. ed. CDD 617.1

NATHALIE MURIELLY ROLIM DE ABREU

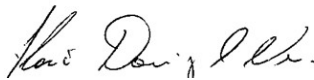
**COMPORTAMENTO BIOMECÂNICO DE COMPÓSITOS RESINOSOS EM
LESÕES CERVICAIS NÃO CARIOSAS: ANÁLISE LABORATORIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Área de concentração: Clínica odontológica

Aprovada em: 27/07/2022

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Flávio Domingues Neves (UFU)

Membro titular externo (Examinador 1)



Alessandro Leite Cavalcanti (UEPB)

Membro titular interno (Examinador 2)



Prof. Dr. João Paulo da Silva Neto (UEPB)

Membro titular interno (Orientador)

À minha mãe Luciana, e a minha avó Aparecida (in memoriam), que sempre acreditaram em mim, e nunca mediram esforços para que hoje eu estivesse onde estou.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus**, pela minha vida, e por todas as pessoas que colocou em meu caminho.

Agradeço a **minha família**, pai, avós, avôs, tios(as), primos(as), especialmente a **minha mãe Luciana**, e ao **meu irmão Júnior**, que apesar de toda dificuldade, sempre me apoiaram e estiveram presentes. Agradeço toda a dedicação, amor e ensinamentos que me fizeram crescer como pessoa.

A **minha avó Aparecida** (*in memoriam*), apesar de não estar presente fisicamente em minha vida, sei que está torcendo por mim, como sempre fez.

Ao **meu namorado Thallys**, todo o meu agradecimento, pelo cuidado, pela atenção e companheirismo, por todo o tempo direcionado ao meu trabalho, pela projeção das peças necessárias para que ele ocorresse, e por estar ao meu lado em ocasiões de muito estresse, fazendo desses momentos mais tranquilos.

Ao meu orientador João Paulo da Silva Neto, meu muito obrigado por esses dois anos de grande aprendizado. Pela paciência, pela positividade de sempre, pelo exemplo de docência.

Ao meu coorientador professor Luís Raposo, todo o meu agradecimento, pelo apoio e dedicação para que este trabalho tivesse êxito.

Aos meus amigos, e ao pessoal do antigo melhor apartamento 102, todo o meu agradecimento, por sempre estarem presentes fisicamente ou não, pelo apoio, amizade, incentivo e coragem para continuar seguindo.

Meu agradecimento mais que especial, a todos que colaboraram para que este estudo pudesse ser possível. Agradeço imensamente, ao **Laboratório de Solidificação rápida da UFPB**, ao **professor Bruno** e ao **técnico Breno**, ao **Laboratório de Biomateriais da UFPB**, a **professora Ana Karina**, a **técnica Josi** e **aluna Beatriz**, por todo o apoio nos primeiros ensaios.

A Paola Bernardes, meu muito obrigada, por todo empenho nos ensaios, e todo auxílio intelectual, sem você, este trabalho não seria possível.

Aos amigos do mestrado da turma 2020.2, pela disponibilidade, e torcida um pelo outro, apesar dos tempos adversos, de não termos tido a possibilidade de encontros físicos, terão sempre um espaço na minha memória.

Aos professores do programa de pós-graduação em odontologia da UEPB, meu total agradecimento, pelo zelo e empenho de tornar este programa de excelência, que possamos crescer cada vez mais juntos.

Aos professores da banca examinadora, pela disponibilidade em aceitar o nosso convite, e pelas considerações que certamente engrandecerão este trabalho.

A todos os servidores da PPGO, em especial Ahyanna. Vocês exercem o trabalho com amor e dedicação, meu muito obrigada.

A Ivoclar Brasil, meu total agradecimento pelo apoio a esta pesquisa.

E aos órgãos de financiamento, especialmente a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (Capes), pelo apoio para que este trabalho se concretizasse.

“O sucesso é a soma de pequenos esforços, repetidos dia sim, e no outro dia também “

Robert Collier

RESUMO

Objetivo: Analisar o desempenho biomecânico de quatro soluções resinosas diretas em lesões cervicais não cariosas (LCNC), quando submetidos ou não ao processo biocorrosivo. **Método:** Foram realizados dois estudos *in vitro*, baseado em 4 grupos resinosos: Tetric N-Ceram[®] - Grupo RN; Tetric N-Ceram[®] Bulk Fill-RB; Tetric N-Flow[®] + Tetric N-Ceram[®]- RFN; e Tetric N-Ceram[®] Bulk Fill + Tetric N-Ceram[®]- RBN, e um grupo sem tratamento restaurador-ST, foi adicionado para o 2º estudo. Foram confeccionados oitenta corpos de prova circulares para o ensaio de rugosidade (ER) e peso (EP), e quarenta retangulares para o ensaio de resistência flexural (RF), divididos nos 4 grupos resinosos. No 2º estudo foram confeccionadas LCNC em 80 dentes bovinos distribuídos nos 4 grupos restauradores, e o ST. Todos foram subdivididos, e metade deles submersos em um desafio biocorrosivo (c). Foram realizadas análises ER, EP para os corpos de prova circulares e da RF para os retangulares. Todos os espécimes bovinos foram submetidos ao envelhecimento simulado mecânico (300.000 ciclos, 50 N, 2 Hz) e térmico (5°C, 37°C e 55°C, 4.000 ciclos), e a uma carga compressiva constante aplicada na superfície palatina a 1mm/min até a falha/ruptura (RFR). Os resultados dos ER, EP e RF foram submetidos a análise estatística por *anova oneway* e *post hoc Tukey*, para análise do efeito do grupo e o teste *t* pareado para análise das médias iniciais e finais (ER e EP). A RFR (efeito do material e do meio) foi avaliada pelo teste *anova two way*, com *post hoc de Tukey*, e o modo de falha pelo teste exato de Fisher. Todos a um nível de significância estatística de 5%. **Resultado:** Houve um aumento da rugosidade no grupo RB quando em meio acidificado ($p=0,008$). Não houve diferenças na alteração de peso entre os grupos estudados. O grupo RFN no meio salivar apresentou a maior resistência flexural ($p=0,037$), contudo apresentou significativa redução quando submetido ao desafio ácido. O grupo RBN apresentou a melhor resistência a fratura independente do meio, enquanto que o ST a pior. **Conclusão:** Bebida de baixo pH afeta negativamente propriedades biomecânicas de materiais restauradores em lesões cervicais não cariosas.

Palavras-chave: Resinas compostas. Técnicas *in vitro*. Acidificação.

ABSTRACT

Objective: To analyze the biomechanical performance of four direct resin solutions in non-carious cervical lesions (NCCL), when submitted or not to the biocorrosive process. **Method:** Two in vitro studies were carried out, based on 4 resinous groups: Tetric N-Ceram® - RN Group; Tetric N-Ceram® Bulk Fill-RB; Tetric N-Flow® + Tetric N-Ceram®-RFN; and Tetric N-Ceram® Bulk Fill + Tetric N-Ceram®-RBN, and a non-ST-restorative treatment group was added for the 2nd study. Eighty circular specimens were made for the test of roughness (ER) and weight (EP), and forty rectangular specimens for the test of flexural strength (RF), divided into 4 resinous groups. In the 2nd study, NCCLs were made in 80 bovine teeth distributed in the 4 restorative groups, and the ST. All were subdivided, and half of them submerged in a biocorrosive challenge (c). ER and EP analyzes were performed for the circular specimens and RF for the rectangular specimens. All bovine specimens were subjected to mechanical (300,000 cycles, 50 N, 2 Hz) and thermal (5°C, 37°C and 55°C, 4,000 cycles) simulated aging and a constant compressive load applied to the palatal surface at 1mm/min until failure. /break (RFR). The results of the RE, EP and RF were submitted to statistical analysis by one-way ANOVA and Tukey post hoc, to analyze the group effect and the paired t test to analyze the initial and final means (ER and EP). The RFR (material and medium effect) was evaluated by the two-way ANOVA test, with Tukey's post hoc, and the failure mode by the Fisher's exact test. All at a 5% statistical significance level. **Result:** There was an increase in roughness in the RB group when in acidified medium ($p=0.008$). There were no differences in weight change between the studied groups. The RFN group in the salivary medium showed the highest flexural strength ($p=0.037$), however it showed a significant reduction when submitted to the acid challenge. The RBN group presented the best fracture resistance regardless of the medium, while the ST group had the worst. **Conclusion:** Low pH beverage negatively affects biomechanical properties of restorative materials in non-carious cervical lesions.

Keywords: Composite resins. In vitro techniques. Acidification.

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1 - Impacto de um ácido dietético na rugosidade, estabilidade de massa e resistência flexural de compósitos resinosos

Figura 1. Organograma do preparo dos corpos de prova.....37

Artigo 2 - Influência do uso de bebida gaseificada no desempenho biomecânico de soluções resinosas em lesões cervicais não cariosas: Análise por resistência a fratura

Figura 1. Organograma do preparo dos espécimes e distribuição dos grupos.....62

Figura 2. Frequência do modo de falha após o ensaio de resistência em função do tipo de ruptura.....62

LISTA DE TABELAS

Artigo 1 - Impacto de um ácido dietético na rugosidade, estabilidade de massa e resistência flexural de compósitos resinosos

Tabela 1. Caracterização dos materiais restauradores utilizados.....	38
Tabela 2. Valores médios e desvio padrão de rugosidade superficial para os diferentes grupos durante o desafio biocorrosivo, em função dos períodos de leitura (Ra- μm)	41
Tabela 3. Valores da média do peso inicial e final (mg), diferença entre as médias ($\Delta\text{Peso} = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$), alteração do peso em percentual (%) em função do grupo e meio de imersão.....	40
Tabela 4. Valores de resistência flexural dos grupos estudados após o desafio biocorrosivo.....	41

Artigo 2 - Influência do uso de bebida gaseificada no desempenho biomecânico de soluções restauradoras com compósitos em lesões cervicais não cariosas: Análise por resistência a fratura

Tabela 1. Caracterização dos materiais restauradores utilizados.....	63
Tabela 2. Valores médios e desvio-padrão (mm \pm dp) por grupo, das dimensões méso-distal (MD), Vestíbulo-lingual (VL), Ocluso-cervical (OC), e comprimento radicular (R), e valores de p obtidos.....	64
Tabela 3. Critérios FDI modificados para trabalho in vitro.....	64
Tabela 4. Frequências e porcentagens (%) por grupo e meio de imersão da análise das restaurações avaliados de acordo com os critérios FDI modificado. Entende-se: Fratura (Fratura do material e retenção); Adaptação (Adaptação marginal); e Integridade (Integridade do elemento dentário)	65
Tabela 5. Resultados (média e desvio padrão) de resistência a fratura após o desafio biocorrosivo, ciclagem mecânica e térmica.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior
CEUA	Comissão de Ética no Uso Animal
JCE	Junção cimento-esmalte
LCNC (s)	Lesão (ões) cervical (is) não cariiosa (s)
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UFU	Universidade Federal de Uberlândia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	16
2.1 Geral.....	16
2.2 Específicos.....	16
5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	17
6 RESULTADOS	18
6.1 Artigo 1.....	19
6.2 Artigo 2.....	42
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
REFERÊNCIAS	68
APÊNDICES	71
APÊNDICE A- CARTA DE CIÊNCIA DO COMITÊ DE ÉTICA ANIMAL (UEPB)	72
APÊNDICE B- NORMAS PARA A PUBLICAÇÃO NO PERIÓDICO JOURNAL OF THE MECHANICAL BEHAVIOR OF BIOMEDICAL MATERIALS	73
APÊNDICE C - NORMAS PARA A PUBLICAÇÃO NO PERIÓDICO DENTAL MATERIALS	89

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A Lesão cervical não cariada (LCNC) é um agravo de saúde bucal, caracterizada por uma perda de estrutura dental na região cervical que se origina a partir de mecanismos não relacionados com o processo de cárie (GRIPPO; SIMRING; COLEMAN, 2012; MICHAEL, *et al.*, 2009). A presença dessas lesões é um achado cada vez mais frequente, provavelmente devido ao aumento da expectativa de vida (ALVAREZ-ARENAL, *et al.*, 2019), as condições de elevados níveis de estresse e ansiedade, a mudança de hábitos sociais e alimentares, como por exemplo, a inserção de dietas ácidas, e problemas gástricos como a doença do refluxo gastroesofágico. É prevalente na população mais velha (46,7%) (TEXEIRA, *et al.*, 2020), sendo os pré-molares os elementos mais afetados (LAI, *et al.*, 2015).

A etiologia da LCNC é de origem multifatorial com base na ação combinada de fatores que causam desgaste cervical no dente devido à biocorrosão (ácidos exógenos ou endógenos), atrição (fatores relacionados à escovação) ou abfração (fatores oclusais e hábitos parafuncionais que aumentam o estresse na junção cimento-esmalte), além do efeito modificador da saliva (GRIPPO; SIMRING; COLEMAN, 2012).

Embora a presença dessas lesões nem sempre implique na necessidade de tratamento restaurador, sabe-se que este está indicado quando o comprometimento da integridade estrutural do dente possua profundidade maior do que 1mm (ACADEMY OPERATIVE DENTISTRY, 2003). Atualmente, existem protocolos de tratamentos restaurador propostos e descritos (FAHL JR, 2015; ICHIM, *et al.*, 2007; SOARES, *et al.*, 2013a), podendo possuir uma abrangência multidisciplinar que envolve desde a análise e os ajustes oclusais, a reconstrução da estrutura dentária perdida com materiais restauradores que mimetizam o tecido perdido (KIM, *et al.*, 2009; SOARES, *et al.*, 2013a), seja por técnica direta ou semi-direta (FAHL JR, 2015), até orientações ao paciente sobre hábitos orais (KIM, *et al.*, 2009), alimentares, e sociais.

Entretanto, esses protocolos são ainda controversos e apresentam baixo índice de evidência científica (WOOD, *et al.*, 2008), além de não possuírem um

consenso sobre qual o melhor material a se utilizar na busca pela devolução da integridade da estrutura dentária. Materiais restauradores, como cimento de ionômero de vidro modificado por resina, e resinas compostas, podem ser usados para restaurar as LCNC (FAHL JR, 2015; MICHAEL, *et al.*, 2009). Embora as resinas compostas apresentem bons comportamentos biomecânicos devido à sua capacidade de mimetizar a dentina (KIM, *et al.*, 2009; SOARES, *et al.*, 2013a), estas restaurações ainda possuem taxas de falhas consideráveis.

Falhas estas que ocorrem principalmente devido a características da lesão como a presença de sais minerais oclusivos nos túbulos dentinários, superfície hipermineralizada e a presença de dentina esclerótica (PEREZ, *et al.*, 2012; SZESZ, *et al.*, 2017), e do processo restaurador (KUBO; YOKOTA; HAYASHI, 2010), como, o estresse de polimerização do material (DAVIDSON; DE GEE; FEILZER, 1984), flexão contínua dos dentes na área cervical durante a mastigação, que por sua vez, contrasta com o módulo de elasticidade do material restaurador quando comparado ao substrato dentinário (HEINTZE; RUFFIEUX; ROUSSON; 2010; OGGINI; ADELLEKE, 2014), e a condições distintas de carga oclusal que podem levar a mudanças nos padrões de distribuição de tensão na região cervical (BENAZZI, *et al.*, 2013; REES, 2002).

Todos esses fatores levam a falhas, principalmente de adaptação marginal, microinfiltração e retenção, com prevalências variadas, sendo estes liderados pela falha de retenção, chegando a uma taxa de falha retentiva de 40% em até treze anos (VAN DIJKEN; PALLESEN, 2008).

Ensaio mecânicos sugeriram que alguns destes desafios encontrados nessas lesões, poderiam ser reduzidos, utilizando-se de resinas fluidas como opção restauradora (UNTERBRINK; LIEBENBERG, 1999; LI, *et al.*, 2006; LI; WANG, 2011), devido ao seu reduzido módulo de elasticidade, que teoricamente pode absorver parcialmente as tensões geradas durante a contração de polimerização de compósitos e durante carregamento mecânico (CELIK, OZGUNALTAY; ATTAR, 2007; SZESZ, *et al.*, 2017), o que clinicamente poderia garantir uma melhor retenção e maior longevidade. Uma outra alternativa restauradora seria a utilização de compósitos resinosos de baixa contração de polimerização (CORREIA *et al.*, 2018) devido a sua capacidade de redução dos efeitos da contração residual. Clinicamente, o uso desse material poderia

garantir uma melhor adaptação, retenção e integridade marginal, principalmente nas regiões mais críticas, o que tem se mostrado um desafio nessas lesões (KARAN; YAO, 2009), diminuindo os casos de microinfiltração.

No entanto, as restaurações e os elementos dentários ainda estão susceptíveis as mudanças da cavidade bucal, como a presença de um ambiente ácido, sejam pela dieta do paciente, com a ingestão de alimentos com pH ácido (exógeno), ou a presença de ácidos endógenos advindos do trato gastroesofágico. Essas substâncias ácidas podem danificar os tecidos dentários, como também os materiais restauradores (RAJAVARDHAN, *et al.*, 2014), causando uma degradação das propriedades mecânicas (DE PAULA, *et al.*, 2014), principalmente de compósitos de resistência menor. Clinicamente, esse fenômeno pode levar à diminuição da microdureza e a deterioração da parte orgânica da resina, danificando a restauração (GOMEÇ, *et al.*, 2004), como também tornar a superfície dos compósitos mais rugosa, levando ao acúmulo de biofilme na região (ABU-BAKAR, *et al.*, 2000), além de propiciar a presença de microinfiltração entre o esmalte e o material restaurador (KATGE, *et al.*, 2016), diminuindo assim a longevidade da restauração.

Contudo, a deterioração das propriedades mecânicas pode variar de acordo com o material utilizado, estudos *in vitro* mostraram uma diferença significativa em algumas dessas propriedades quando utilizada a resina Bulk Fill ou compósitos fluídos em detrimento de outros materiais odontológicos (ALENCAR, *et al.*, 2020; MAGANUR, *et al.*, 2010; ZHAO, *et al.*, 2016), porém, são fatos que devem ser melhor investigados.

Diante deste contexto, informações a respeito de quais soluções restauradoras possuem maior previsibilidade biomecânica em LCNC ainda são insuficientes. Portanto, estudos biomecânicos comparando os mais diferentes cenários laboratoriais são extremamente importantes para futuros ensaios clínicos.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

- Analisar o desempenho biomecânico de quatro soluções resinosas baseadas em três compósitos diretos em lesões cervicais não cariosas, quando submetidos ou não ao processo biocorrosivo.

3.2 Específicos

Plano de análise I

- Analisar a influência do processo biocorrosivo na rugosidade superficial e na alteração de massa/peso nos materiais estudados;
- Verificar a ação do ambiente ácido (pH baixo) na resistência flexural dos materiais.

Plano de análise II

- Avaliar a influência da redução do pH do meio e do envelhecimento simulado nos materiais restauradores utilizados para restauração de LCNC;
- Analisar a resistência a fratura de diferentes materiais restauradores utilizados para restauração de LCNC, após o envelhecimento simulado e ciclo biocorrosivo;
- Examinar a influência do material, do ambiente ácido, e das ciclagens térmica e mecânica na resistência a fratura e no modo de falha de diferentes materiais restauradores.

3 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

Trata-se de um estudo experimental *in vitro*. O detalhamento dos procedimentos metodológicos está descrito nos dois artigos (resultados) subsequentemente descritos abaixo. A parte do estudo envolvendo elementos dentários bovinos, obteve anuência da Comissão de Ética no Uso de Animais da UEPB, sob processo: CEUA/UEPB 015/2021 (Apêndice A).

4 RESULTADOS

Os resultados deste trabalho, estão apresentados em forma de dois artigos, a seguir.

6.1 Artigo 1

Periódico: Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials

Fator de impacto: 3.902 / Qualis A1

Artigo formatado de acordo com as normas da revista (Apêndice B).

Impacto de um ácido dietético na rugosidade, estabilidade de massa e resistência flexural de compósitos resinosos

Nathalie Murielly Rolim de Abreu^a, Ana Karina Maciel de Andrade^b, Beatriz Barros Viana^c; Luís Henrique Araújo Raposo^d, João Paulo da Silva Neto^a

^a Programa de Pós-graduação em Odontologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, Brasil.

^b Departamento de Odontologia Restauradora, Centro de Ciências da Saúde, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.

^c Faculdade de Odontologia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.

^d Programa de Pós-graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.

Autor correspondente: João Paulo da Silva Neto. Programa de Pós-graduação em Odontologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, Brasil. E-mail: joaopaulosnetoservidor.uepb.edu.br.

Fontes de financiamento

Este trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de financiamento 001.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram que não têm interesses financeiros concorrentes conhecidos ou relacionamentos pessoais que possam ter influenciado o trabalho relatado neste artigo.

Impacto de um ácido dietético na rugosidade, estabilidade de massa e resistência flexural de compósitos resinosos

Resumo

O objetivo desse estudo *in vitro* foi avaliar a rugosidade superficial, a estabilidade de massa/peso e a resistência flexural de diferentes associações de compósitos resinosos, após desafio ácido de curto período de tempo. Foram confeccionados oitenta espécimes circulares para o ensaio de rugosidade e peso, e quarenta retangulares para o ensaio de resistência flexural, divididos em quatro grupos: Tetric N-Ceram[®] - Grupo RN; Tetric N-Ceram[®] Bulk Fill- Grupo RB; Tetric N-Flow[®] + Tetric N-Ceram[®]- Grupo RFN; e Tetric N-Ceram[®] Bulk Fill + Tetric N-Ceram[®]- Grupo RBN, sendo esses subdivididos, e metade submersos em um refrigerante (c), por 5 minutos, três vezes ao dia, durante 10 dias, enquanto a outra metade foi imerso em saliva artificial (s). Foram realizadas análises de rugosidade superficial, de estabilidade de massa, e um ensaio de flexão de 3 pontos. Os resultados foram submetidos a análise estatística por *anova oneway* e *post hoc Tukey*, para análise do efeito do grupo e o teste *t* pareado para análise das médias iniciais e finais, todos com $p < 0,05$. Os resultados mostraram aumento significativo ($p = 0,008$) da rugosidade superficial do grupo RBc (quando imerso na substância ácida). Não houve diferenças na alteração de massa entre os grupos estudados. O grupo RFNs apresentou a maior resistência flexural ($p = 0,037$), contudo apresentou significativa redução dos valores quando submetido ao desafio ácido (RFNc). Considerando as limitações desse estudo, pode-se evidenciar que o baixo pH afetou negativamente a rugosidade da resina Bulk fill e a resistência flexural de uma associação restauradora entre resina fluída e nanohíbrida.

Palavras-chave: Resina composta; pH; Rugosidade; Resistência a Flexão.

1 Introdução

A lesão cervical não cariosa (LCNC) é uma das causas mais comuns de restaurações em elementos dentários permanentes depois da cárie¹. A resina composta é um dos materiais mais utilizados atualmente para restaurações em áreas posteriores e anteriores². A utilização das resinas, tem sido classificada como uma boa solução restauradora para casos de LCNC³, por apresentar propriedades estéticas e mecânicas semelhantes aos tecidos dentais, por restaurar o padrão de tensão-deformação de dentes sadios⁴, minimizar o progresso da lesão⁵, além de ser uma barreira aos fatores ácidos e de atrito^{3,6}.

Porém restaurações dessas cavidades com resinas são um grande desafio, tanto por fatores inerentes a lesão, como por fatores que contrastam com o material⁷. A LCNC apresenta dentina esclerótica que dificulta a adesão do compósito⁸, e a flexão contínua dos dentes na área cervical (localização mais comum da lesão) durante a mastigação, que contrasta com o alto módulo de elasticidade do material restaurador convencional^{9,10}. Além disso, a própria resina composta, ainda está sujeita a diversas variáveis que podem interferir no seu desempenho e longevidade. Como por exemplo suas propriedades intrínsecas que levam a própria contração volumétrica durante a polimerização, resultando em tensão de contração residual¹¹, levando a falha restauradora.

Tem sido sugerido recentemente que alguns destes desafios, possam ser reduzidos utilizando-se de compósitos resinosos de baixa contração de polimerização Bulk Fill¹² por reduzir os efeitos da contração residual, e gerar uma melhor adaptação marginal, ou resinas fluidas como opção restauradora¹³⁻¹⁶, devido ao seu reduzido módulo de elasticidade, que teoricamente pode absorver as tensões geradas durante a contração de polimerização de compósitos e durante carregamento mecânico da mastigação¹⁵, em contrapartida ela apresenta uma menor resistência mecânica do que resinas convencionais.

No entanto, percebe-se atualmente, uma mudança no estilo de vida e na dieta da população, com o aumento gradual de ácidos dietéticos, aumento no número de refeições, jejuns prolongados entre outras mudanças, que podem ser fatores que venham a modificar o pH salivar, representando um desafio a longevidade e preservação das características dos materiais restauradores. Sabe-se que bebidas de baixo pH se consumidas indiscriminadamente, podem levar a problemas dentários quanto à perda mineral do esmalte e podem afetar negativamente a longevidade dos materiais restauradores em consequência de seu alto potencial erosivo¹⁷⁻¹⁹. O ambiente ácido pode alterar a rugosidade²⁰, a dureza²¹, e propriedades flexurais²² de restaurações, além de aumentar o acúmulo de biofilme e favorecer a falha restauradora.

Até agora, existem dados limitados disponíveis sobre a deterioração de algumas propriedades desses materiais quando utilizados separadamente, ou em conjunto, após inserção a curto ou a longo prazo em substâncias ácidas. Em vista disso, o objetivo do presente estudo, foi avaliar a rugosidade superficial, a

estabilidade de massa/peso e a resistência a flexão de diferentes soluções restauradoras, baseadas em três compósitos resinosos após um desafio com bebida ácida de típico consumo, em curto período de tempo. A hipótese nula é que não exista diferença significativa na rugosidade da superfície, na estabilidade de massa ou na resistência a flexão entre os grupos resinosos nos meios de imersão a qual foram inseridos

2 Materiais e Métodos

Três resinas compostas com matriz orgânica a base de metacrilato amplamente utilizadas para restaurações de lesões cervicais não cariosas, divididas em diferentes soluções restauradoras foram utilizadas nesse estudo: Tetric N-Ceram[®], Tetric N-Flow[®], e Tetric N-Ceram[®] Bulk Fill (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Composição base, tamanho e peso das partículas podem ser acompanhadas na tabela 1.

2.1 Preparo dos espécimes e ensaio biocorrosivo

Após a seleção das resinas, estas foram separadas em diferentes estratégias restauradoras divididas em quatro grupos: RN= Resina nanohíbrida (Tetric N-Ceram[®]); RB= Resina Bulk fill (Tetric N-Ceram[®] Bulk Fill); RFN= Resina flow recoberta por uma camada de resina nanohíbrida (Tetric N-Flow[®] + Tetric N-Ceram[®]); e RBN= Resina Bulk Fill recoberta por uma camada de resina nanohíbrida (Tetric N-Ceram[®] Bulk Fill + Tetric N-Ceram[®]), posteriormente esses quatro grupos foram subdivididos (Figura 1), mediante o meio de imersão no ensaio biocorrosivo: Saliva (s) e refrigerante Coca-cola[®] (c).

Foram confeccionadas amostras com diferentes formatos para as análises experimentais de rugosidade e estabilidade de massa/peso (formato circular) e resistência a flexão (formato retangular). Os espécimes foram obtidos por meio de duas matrizes, confeccionadas em silicona de adição, com 2mm de espessura e 8mm de diâmetro para o formato circular, e dimensões de 10mm de comprimento, 2mm de largura e 2mm de espessura para o formato retangular.

A matriz foi posicionada sobre uma placa de vidro. A resina composta foi manipulada de acordo com as recomendações do fabricante, sendo inserida em

um único incremento quando única solução restauradora, e em incrementos de 1mm quando presente outro compósito no mesmo corpo de prova, sendo, então, recoberta por uma tira de poliéster e, então, por outra placa de vidro de 2mm de espessura. Para a fotopolimerização de cada corpo de prova, foi removida a placa de vidro. A exposição à luz foi de 15 segundos, utilizando-se uma unidade de luz Bluephase N (programa Soft start, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) com densidade de potência de aproximadamente 1200 mw/cm².

Os espécimes foram identificados e acondicionados em um recipiente plástico contendo água destilada em temperatura ambiente (28°C) por 48 horas, até ser realizado o acabamento e polimento com discos Soflex finos e superfinos (3M ESPE®, Seefeld, Alemanha), em baixa rotação por aproximadamente 5 segundos, seguindo a sequência decrescente de granulação dos discos. Para remover os resíduos, as amostras foram lavadas em água destilada entre as trocas de discos.

Os corpos de prova tiveram seus espaços laterais selados para inibir a permeabilização de qualquer produto por aquela região. Metade dos espécimes de cada grupo (grupos experimentais [c]) foram submetidos a um desafio biocorrosivo modificado²³, realizado em submersão de 30 ml de uma bebida a base de cola (Coca-cola®, Coca-cola Company, São Paulo, Brasil) a 4° C [pH: 2,46, fosfato: 5,43 mM Pi, cálcio: 0,84 mM Ca²⁺, fluoreto: 0,13 ppm F, ácido titulável: 40,0 mmol/L OH⁻ para pH 5,5 e 83,6 mmol/L OH⁻ para pH 7,0] por 5 minutos. Após este tempo, a solução erosiva foi descartada e os espécimes foram lavados com água destilada por 10 segundos, e mantidos em saliva artificial (1,5 mmol L⁻¹ Ca [NO₃]₂.4H₂O, 0,9 mmol L⁻¹ NaH₂PO₄.2 H₂O, 150 mmol L⁻¹ KCl, Tampão Tris 0,1 mol L⁻¹, 0,03 ppm F, pH 7,0, 30 mL por dente).

Este procedimento foi realizado três vezes ao dia com intervalo de 3 horas entre os desafios, durante 10 dias. Entre os intervalos dos ciclos, os espécimes foram mantidos em saliva artificial a temperatura ambiente. A outra metade dos espécimes de cada grupo (grupos controle [s]) foram imersas em saliva artificial por dez dias, correspondente ao tempo do desafio.

2.2 Análises experimentais

As amostras circulares foram individualmente adaptadas sobre uma placa de vidro com cera utilidade com o auxílio de uma prensa com carga de 0,5kgf durante 3s e foram posicionadas para a leitura da rugosidade superficial Ra (μm) em um rugosímetro (Surftest SJ-301, Mitutoyo, Japão) a um *cut-off* de 0,25mm, com velocidade de 0,5mm/s, e com comprimento de leitura de 1,5mm. Foram realizadas três leituras aleatórias por espécime (horizontal, transversal e vertical), em dois momentos diferentes: após 48 horas do acabamento e polimento (*baseline*), e após o desafio biocorrosivo. O Ra considerado foi representado pela média aritmética das 3 leituras em cada amostra, nos dois momentos: iniciais e finais. As alterações de rugosidade foram calculadas pela diferença entre a RaF (rugosidade final após o desafio) e a RaI (rugosidade inicial – *baseline*), calculando o ΔRa para cada grupo.

Para a análise de estabilidade de massa/peso os corpos de prova circulares foram cuidadosamente secos com papel absorvente, e mantidos imóveis por quatro minutos para estabilização do peso²⁴, em temperatura ambiente (25° C). Três pesagens de cada corpo de prova foram realizadas, para aferição de uma média, em dois momentos distintos, quarenta e oito horas após o acabamento e polimentos (peso inicial) e após o desafio biocorrosivo (peso final), aferidas em uma balança analítica digital (Mark M214A, Bel Engineering, Monza MB, Itália) com precisão de 0,0001 gramas (g).

As possíveis alterações no peso dos materiais foram analisadas de acordo com o ΔPeso em miligramas, aferida pela diferença entre a média de peso final e a média do peso inicial. O valor percentual (%) da variação do peso após o desafio, foi calculado com a seguinte fórmula: Alteração do peso (%) = $\frac{\text{Pf} - \text{Pi}}{\text{Pi}} \times 100$. Nela, o Pi é o Peso inicial do material, e o Pf é o Peso final após o desafio biocorrosivo.

Para a análise de resistência a flexão, os corpos de prova retangulares foram colocados após o desafio biocorrosivo em um dispositivo de ensaio de três pontos, contendo duas superfícies paralelas distantes entre si por 8 mm e submetidos à carga, na região equidistante aos pontos de apoio, a uma velocidade de 0,75 mm/min em uma máquina de ensaio universal (AG-X 10,

Shimadzu, Kyoto, Japão) para a realização do ensaio de mini resistência flexural modificado²⁵, baseado na norma ISO (Internacional Standards Organization) 4049 modificado²⁶. Os resultados da resistência flexural foram obtidos em N e convertidos em MPa utilizando a fórmula da especificação ISO 4049, descrita a seguir: $\sigma = 3Fl/2bh^2$. Sendo σ a resistência flexural (MPa), o F a carga máxima suportada (N), E o l o comprimento entre os pontos de apoio (8 mm), b é a largura (2 mm) e h é a espessura do espécime (2 mm).

2.3 Análise estatística

Análises descritivas e exploratória dos dados foram realizadas para verificação de normalidade Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors. Para análise da rugosidade e estabilidade de massa/peso foi utilizado O teste de t pareado para a diferença das médias iniciais e finais, e foi considerado no estudo, grupos resinosos onde o meio de imersão variava pelo grupo, com isso, o efeito do grupo foi examinado através do teste anova one way, com post hoc de Tukey. Para a análise da resistência flexural foi utilizado o teste anova one way, com post hoc de Tukey, para analisar o efeito do grupo resinoso (subdivido em: [s] saliva [c] bebida ácida). Um nível de significância estatística de 5% foi aplicado para as análises.

3 Resultados

A análise da rugosidade superficial mostrou que todas as soluções resinosas apresentaram valores diferentes de rugosidade na *baseline* ($p=0,007$), sendo o grupo RFN independente do meio (s) ou (c), a que apresentou significativamente a superfície mais lisa, e o grupo RBc a superfície mais áspera ($p=0,027$). Após o desafio, a maior parte dos grupos apresentaram um aumento na rugosidade de superfície, independente do meio de imersão, com exceção do grupo RFNs (Tabela 2).

No entanto, esse aumento da rugosidade superficial só foi significativo ($p=0,001$) nos materiais que foram imersos no refrigerante a base de cola. A comparação entre os valores finais e iniciais (R_a), demonstrou que, o grupo RBc ($p=0,001$) apresentou o maior aumento da rugosidade após o desafio, sendo seguida pelo grupo RFNc ($p=0,03$).

A alteração da rugosidade (ΔRa) foi significativa entre os grupos resinosos estudados ($p=0,001$). Os menores valores de alteração estiveram presentes nos grupos controle (imersão em saliva), onde o grupo RFNs apresentou o menor valor de alteração ($-0,003 \pm 0,36$), onde não houve aumento de rugosidade do material. Em contrapartida, os grupos experimentais (imersão em meio biocorrosivo), apresentaram os maiores valores de alteração, com o grupo RBc ($0,85 \pm 0,49$) e RFNc ($0,80 \pm 0,63$).

Ganhos e perdas de massa dos materiais puderam ser constatados (tabela 3), porém não foi significativa entre os grupos ($p=0,92$). Apenas o grupo RBc apresentou uma perda significativa entre as leituras de peso da baseline e após o desafio ($p=0,001$).

Não houve diferenças estatisticamente significantes na alteração de peso em percentual ($p=0,341$) ou em miligramas ($p=0,320$) entre os grupos resinosos, independente do meio de imersão.

Na avaliação da resistência flexural dos grupos resinosos estudados (tabela 4), a Anova mostrou um valor de $p=0,038$ o que indica que existem diferenças significativas entre os grupos. A resistência é superior nos grupos imersos em saliva do que nos imersos em meio biocorrosivo. O grupo RFNs em meio salivar apresentou o maior valor de resistência em Mpa, e o mesmo grupo imerso no refrigerante (RFNc) apresentou o menor valor. Indicando uma casualidade entre a redução da resistência flexural e o consumo de bebidas ácidas.

4 Discussão

A hipótese nula deste estudo de que não existiria diferença significativa na rugosidade da superfície, na estabilidade de massa ou na resistência a flexão entre os grupos resinosos nos meios de imersão a qual foram inseridos, foi rejeitada.

A rugosidade da superfície aumenta no decorrer do tempo, independentemente do meio de imersão²⁷. No presente estudo os grupos resinosos avaliados, com exceção do grupo RFNs, apresentaram aumento no

valor da rugosidade da superfície independentemente do meio, corroborando assim com dados de estudos anteriores²⁷⁻²⁹, no entanto o aumento foi maior e significativo nos grupos imersos na substância ácida, reforçando-se dados anteriormente relatados^{29,30}.

Sabe-se que, vários constituintes de alimentos e bebidas ácidas causam degradação, lixiviação de monômeros, dissolução de carga, redução da dureza³¹, aumento da rugosidade da superfície em um curto espaço de tempo³² e envelhecimento prematuro de restaurações de resina composta^{18,19}, notável no presente estudo, no qual os grupos resinosos foram expostos a um refrigerante em um curto período de tempo, simulando aproximadamente um mês de consumo de forma cíclica, supondo-se o consumo diário de aproximadamente 739 ml de refrigerantes, e uma exposição na dentição de 20 segundos antes que ocorra a depuração salivar³³. Assim o efeito da bebida variou de acordo com o material resinoso.

Por exemplo, o grupo RBc, apresentou o maior valor de alteração de Ra, quando exposta ao refrigerante, sendo seguida pelo grupo RFNc, ultrapassando o limite aceitável de $0,2 \mu\text{m}$ ³⁴, o que difere do relatado na literatura³⁵, no qual foi assumido que, resinas Bulk Fill se comparada a resinas convencionais, não apresentam diferenças na rugosidade superficial, entretanto, nesse presente estudo o grupo com maior variação Ra, era o único que não havia compósito convencional, apenas a resina Bulk Fill. Contudo, o segundo maior valor de rugosidade e alteração do Ra, é composto por uma resina flow e um compósito convencional.

Sabe-se que, resinas fluídas (flow) são clinicamente aceitáveis para lesões cervicais não cariosas^{15,16}, porém ainda são resultados variáveis e inconclusivos, devido ao fato que essas resinas apresentam propriedades mecânicas ligeiramente inferiores³⁶. Na literatura já foi recomendado a utilização de resinas flow como camada de dentina, e na superfície uma resina convencional representando a camada relativa ao esmalte, otimizando as propriedades mecânicas e a estética de restaurações posteriores³⁷, porém neste estudo decidiu-se examinar se era viável essa junção também para a restauração das LCNC. No entanto, um estudo³⁸, afirma que não há diferença significativa no aumento da rugosidade após uma exposição a ácidos em resinas

flow, porém não é possível comparar esse resultado com o presente trabalho devido ao fato, que eles não utilizaram nenhum outro grupo resinoso convencional para controle.

A redução das propriedades mecânicas, é diretamente afetada pela sorção de água, que é um fenômeno complexo, dependente da matriz, do tipo e tamanho das cargas de enchimento e da ligação interfacial entre as partículas e a matriz^{39,40}. A água absorvida causa amolecimento da matriz, formação de microfissuras, degradação da resina e descolamento das interfaces⁴¹. Em bebidas com baixo pH como a Coca-Cola® (pH±2,46), as resinas ainda apresentam maior solubilidade, e erosão na superfície⁴².

A presença de monômeros hidrofóbicos como, Bis-GMA e Bis-EMA na composição, reduz a sorção de água nos compósitos, no entanto quanto maior for o teor de TEGDMA em sistemas de matriz, maior é aumento na absorção de água, pois este monômero apresenta maior hidrofiliabilidade quando comparado com Bis-GMA⁴³. Porém o UDMA apresenta ainda uma grande afinidade com água⁴⁴. Está pode ser a razão pela qual os grupos nesse estudo que contém resina nanohíbrida (grupo RNs, RNc, RBNs, RBNc, RFNs e RFNc) apresentam menores valores de rugosidade, e menor variação de peso, bem como a razão pela qual o grupo RBc que contém apenas resina Bulk Fill (presença de UDMA), porém imerso em meio ácido (que pode também contribuir), ser o único a apresentar diferença significativa entre os pesos iniciais e finais, no entanto sem alteração de massa significativa entre os grupos. A composição dessas resinas analisadas nesse estudo, pode também ser a razão pela qual não houve diferenças significativa na estabilidade de massa/peso entre os grupos independente do meio, apesar de aparentemente no meio da saliva os compósitos ganharem aumento de massa, sendo este fato justificado pela absorção de água, e no meio ácido reduzir o peso.

Outra propriedade clinicamente relevante para materiais restauradores, é a resistência a flexão, pois simula o uso de compósitos em áreas de alta tensão⁴⁵. O presente estudo utilizou o ensaio mecânico de mini resistência flexural modificado⁴⁶, que idealizou a confecção dos espécimes menores e mais próximos da realidade, do que os propostos pela padronização ISO 4049²³, que por sua vez dificulta a uniformização de confecção dos espécimes, pois algumas

regiões do material restaurador podem ser expostas à dupla fotoativação, impedindo um padrão de polimerização²². Dessa forma, os espécimes desse estudo apresentam dimensões mais condizentes com as condições reais para avaliação do desempenho.

A resistência à flexão dos grupos testados, foi pouco afetada pela bebida ácida o que corrobora com dados anteriores²². Sendo o grupo composto por resina fluída recoberta por resina nanohíbrida, o mais afetado significativamente, no entanto é também o que atingiu o maior valor de resistência flexural sob o meio de armazenamento de saliva, o que pode ser atribuído a presença de resina flow na composição do grupo, devido ao seu reduzido módulo de elasticidade¹⁵. Em relação aos demais compósitos, o efeito da bebida ácida não afeta significativamente a resistência à flexão, estando todos dentro do limite (80 MPa) da norma ISO 4049/2009²⁶.

Embora os resultados dessa pesquisa sejam limitados, por se tratar de um estudo *in vitro*, onde o complexo ambiente da cavidade bucal não pode ser reproduzido, ou seja, seus resultados não podem ser extrapolados para situações clínicas, e apesar da exposição a bebidas ácidas serem temporárias na dieta, é perceptível que elas podem influenciar a curto prazo restaurações de resina composta, sendo assim importante a cautela na escolha do material restaurador em lesões cervicais não cariosas em pacientes com histórico de frequente inclusão de ácidos na dieta, ou de problemas que levem a presença de ácidos endógenos a cavidade, como o a doença do refluxo gastroesofágico, sendo importante a reeducação alimentar, tratamento da causa ou doenças, e a escolha do material resinoso adequado para cada caso. Contudo, o desempenho clínico desses materiais resinosos requer uma avaliação aprofundada.

5 Conclusão

Dentro das limitações do estudo, pode-se concluir que: (1) Bebida de baixo pH afeta negativamente os materiais restauradores a curto prazo; (2) O grupo composto apenas por resina Bulk Fill apresentou-se mais susceptível a variação do pH ácido, em relação a sua rugosidade de superfície; (3) Não foi observada variação da relação entre peso/massa em função dos grupos/meios de imersão;

(4) O grupo composto por resina fluída recoberta por resina nanohíbrida em meio salivar apresentou maiores valores de resistência flexural. Embora tenha apresentado significativa redução quando submetido a um meio ácido (RFNc). Por outro lado, nesta mesma condição, o grupo apenas com resina nanohíbrida apresentou o melhor comportamento independente do meio.

Agradecimentos

Os autores agradecem cordialmente o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de financiamento 001. Bem como, a Ivoclar Vivadent Brasil pela doação dos materiais fabricados pela empresa utilizados neste estudo.

Referências

1. Nascimento MM, Gordan VV, Qvist V, Bader JD, Rindal DB, Williams OD, *et al.* Dental Practice-Based Research Network Collaborative Group. Restoration of noncarious tooth defects by dentists in The Dental Practice-Based Research Network. *J Am Dent Assoc.* 2011; 142 (12):1368-75. Doi: 10.14219/jada.archive.2011.0138
2. Tsujimoto A, Barkmeier WW, Fischer NG, Nojiri K, Nagura Y, Takamizawa T *et al.* Wear of resin composites: current insights into underlying mechanisms, evaluation methods and influential factors. *Jpn Dent Sci Ver.* 2018; 2:76-87. Doi: 10.1016/j.jdsr.2017.11.002
3. Michael J, Townsend AGC, Greenwood LF, Kaidonis JA. Abfraction: separating fact from fiction. *Aust Dent J.* 2009; 54(1):2-8. Doi: 10.1111/j.1834-7819.2008.01080.x
4. Soares PV, de Almeida Milito G, Pereira FA, Reis BR, Soares CJ, de Sousa Menezes M, de Freitas Santos-Filho PC. Rapid prototyping and 3D-virtual models for operative dentistry education in Brazil. *J Dent Educ.* 2013; 77(3):358-63. PMID: 23486902

5. Wood I., Jawad Z, Paisley C, Brunton P. Non-carious cervical tooth surface loss: a literature review. *J Dent.* 2008; 36(10):759-66. Doi: 10.1016/j.jdent.2008.06.004
6. Kim SY, Lee KW, Seong SR, Lee MA, Lee IB, Son HH, Kim HY, Oh MH, Cho BH. Two-year clinical effectiveness of adhesives and retention form on resin composite restorations of non-carious cervical lesions. *Oper Dent.* 2009; 34(5):507-15. Doi: 10.2341/08-006C
7. Canali GD, Ignácio SA, Rached RN, Souza EM. One-year clinical evaluation of bulk-fill flowable vs. regular nanofilled composite in non-carious cervical lesions. *Clin Oral Investig.* 2019; 23(2):889-897. Doi: 10.1007/s00784-018-2509-8.
8. Carvalho RM, Manso AP, Geraldeli S, Tay FR, Pashley DH. Durability of bonds and clinical success of adhesive restorations. *Dent Mater.* 2012; 28(1):72-86. Doi: 10.1016/j.dental.2011.09.011
9. Heymann HO, Sturdevant JR, Bayne S, Wilder AD, Sluder TB, Brunson WD. Examining tooth flexure effects on cervical restorations: a two-year clinical study. *J Am Dent Assoc.* 1991; 122(5):41-7. Doi: 10.1016/s0002-8177(91)25015-1
10. Oginni AO, Adeleke AA. Comparison of pattern of failure of resin composite restorations in non-carious cervical lesions with and without occlusal wear facets. *J Dent.* 2014; 42(7):824-30. doi:10.1016/j.jdent.2014.04.003
11. Bicalho AA, Pereira RD, Zanatta RF, Franco SD, Tantbirojn D, Versluis A, Soares CJ. Incremental filling technique and composite material--part I: cuspal deformation, bond strength, and physical properties. *Oper Dent.* 2014; 39(2):E71-82. Doi: 10.2341/12-441-L
12. Correia AMO, Tribst JPM, Matos FS, Platt JA, Caneppele TMF, Borges ALS. Polymerization shrinkage stresses in different restorative techniques for non-carious cervical lesions. *J Dent.* 2018; 76:68-74. doi: 10.1016/j.jdent.2018.06.010.
13. Li Q, Jepsen S, Albers HK, Eberhard J. Flowable materials as an intermediate layer could improve the marginal and internal adaptation of composite

restorations in Class-V-cavities. *Dent Mater.* 2006; 22(3):250-7. Doi: 10.1016/j.dental.2005.04.011

14. Unterbrink GL, Liebenberg WH. Flowable resin composites as "filled adhesives": literature review and clinical recommendations. *Quintessence Int.* 1999; 30(4):249-57. PMID: 10635252

15. Szesz A, Parreiras S, Martini E, Reis A, Loguercio A. Effect of flowable composites on the clinical performance of non-cariou cervical lesions: A systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2017; 65:11-21. Doi: 10.1016/j.jdent.2017.07.007

16. Shaalan OO, Abou-Auf E, Zoghby AFE. Clinical evaluation of flowable resin composite versus conventional resin composite in carious and noncarious lesions: Systematic review and meta-analysis. *J Conserv Dent.* 2017; 20(6):380-385. Doi: 10.4103/JCD.JCD_226_17

17. Cavalcanti AL, Costa Oliveira M, Florentino VG, dos Santos JA, Vieira FF, Cavalcanti CL. Short communication: in vitro assessment of erosive potential of energy drinks. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2010;11: 253-255. Doi: 10.1007/BF03262757

18. Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T. Evaluation of flowable resin composite surfaces eroded by acidic and alcoholic drinks. *Dent Mater.* 2008; 27(3):455-465. Doi: 10.4012/dmj.27.455

19. Borges MG, Soares CJ, Maia TS, Bicalho AA, Barbosa TP, Costa HL, Menezes MS. Effect of acidic drinks on shade matching, surface topography, and mechanical properties of conventional and bulk-fill composite resins. *J Prosthet Dent.* 2019; 121(5):868.e861- 868.e868. Doi: 10.1016/j.prosdent.2019.02.006

20. Briso AL, Caruzo LP, Guedes AP, Catelan A, dos Santos PH. In vitro evaluation of surface roughness and microhardness of restorative materials submitted to erosive challenges. *Oper Dent.* 2011;36: 397-402. Doi: 10.2341/10-356-L

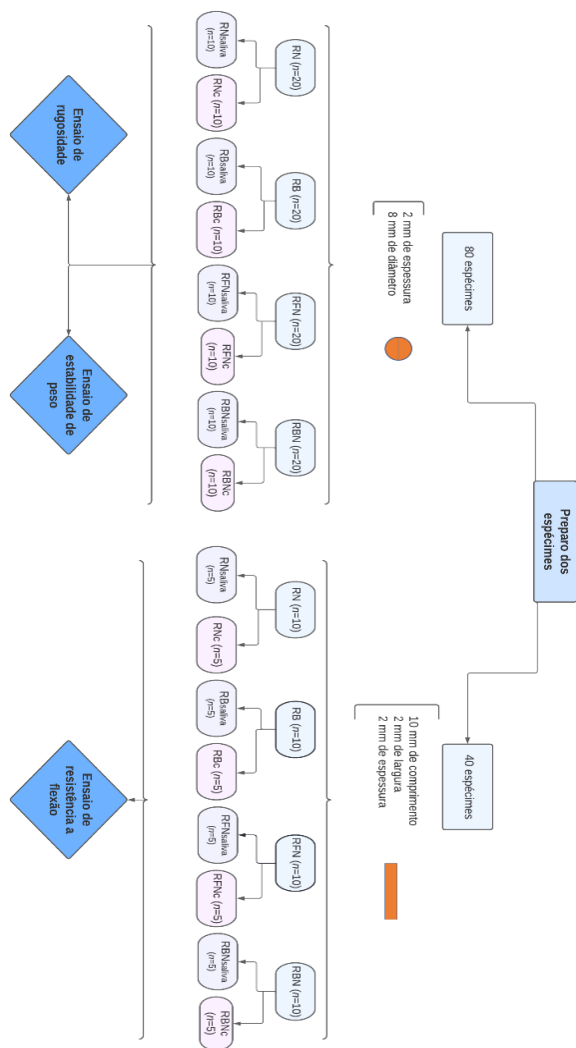
21. Catelan A, Guedes AP, Suzuki TY, et al. Fluorescence intensity of composite layering combined with surface sealant submitted to staining solutions. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27:S33-S40. Doi: 10.1111/jerd.12139

22. Scribante A, Bollardi M, Chiesa M, Bollardi M, Chiesa M, Poggio C, Colombo M. Flexural properties and elastic modulus of different Esthetic restorative materials: evaluation after exposure to acidic drink. *Biomed Res Int.* 2019; 4:5109481. Doi: 10.1155/2019/5109481
23. Cruz JB, Lenzi TL, Tedesco TK, Guglielmi Cde A, Raggio DP. Eroded dentin does not jeopardize the bond strength of adhesive restorative materials. *Braz Oral Res.* 2012; 26(2):306-12. [Modificado]. Doi: 10.1590/S1806-83242012005000009
24. Martin N, Jedynekiewicz N. Measurement of water sorption in dental composites. *Biomaterials.* 1998; 19(1-3):77-83. Doi: 10.1016/s0142-9612(97)00157-9
25. Condon JR, Ferracane JL. Evaluation of composite wear with a new multi-mode oral wear Simulator. *Dent Mater* 1996;12(4):218-26. Doi: 10.1016/s0109-5641(96)80026-1
26. ISO4049:2009. Dentistry-resin based filling materials. International Organization for Standardization; 2009.
27. Powers JM, Fan PL. Erosion of composite resins. *J Dent Res.* 1980; 59, 815-819. Doi: 10.1177/00220345800590051101
28. Göpferich A. Mechanisms of polymer degradation and erosion. *Biomaterials.* 1996; 17:103-114. Doi: 10.1016/0142-9612(96)85755-3
29. Camilotti V, Mendonça MJ, Dobrovolski M, Detogni AC, Ambrosano GMB, De Goes MF. Impact of dietary acids on the surface roughness and morphology of composite resins. *J Oral Sci.* 2020; 63(1):18-21. Doi: 10.2334/josnusd.19-0518.
- 30 Turssi CP, Hara AT, Serra MC, Rodrigues AL. Effect of storage media upon the surface micromorphology of resin-based restorative materials. *Journal of Oral Rehabilitation.* 2002;29(9):864–871. Doi: 10.1046/j.1365-2842.2002.00926.x.
- 31 Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: The monomer systems. *Eur J Oral Sci.* 1997;105:97–116. Doi: 10.1046/j.1365-2842.2002.00926.x

- 32 Munksgaard EC, Freund M. Enzymatic hydrolysis of (di) methacrylates and their polymers. *Scand J Dent Res.* 1990;98:261–7. Doi: 10.1111/j.1600-0722.1997.tb00188.x
33. Von Fraunhofer JA, Rogers MM. Dissolution of dental enamel in soft drinks. *Gen Dent.* 2004; 52:308-312.
34. Watanabe T, Miyazaki M, Moore BK. Influence of polishing instruments on the surface texture of resin composites. *Quintessence Int.* 2006;37(1):61-7. PMID: 16429705
35. Asadian F, Shahidi Z, Moradi Z. Evaluation of Wear Properties of Four Bulk-Fill Composites: Attrition, Erosion, and Abrasion. *Biomed Res Int.* 2021; 2021: 8649616. Doi: 10.1155/2021/8649616
36. Hashemikamangar SS, Meymand MZ, Kharazifard MJ, Valizadeh S. Surface microhardness of a self-adhesive composite in comparison with conventional composite resins. *Dent. Med.* 2020; 57:247–253. Doi: 10.17219/dmp/118123
37. Durán Ojeda G, Henríquez Gutiérrez I, Tisi JP, Báez Rosales A. A Novel Technique for Bulk-Fill Resin-Based Restorations: Achieving Function and Esthetics in Posterior Teeth. *Case Rep Dent.* 2017; 2017:9408591. Doi: 10.1155/2017/9408591.
38. Tărăboanță I, Stoleriu S, Gurlui S, Nica I, Tărăboanță-Gamen AC, Iovan A, Andrian S. The Influence of Abrasive and Acidic Aggressions on the Surface Condition of Flowable Composite Resin. *Materials (Basel).* 2022; 15(3): 1000. Doi: 10.3390/ma15031000
39. Tavangar M, Bagheri R, Kwon TY, Mese A, Manton DJ. Influence of beverages and surface roughness on the color change of resin composites. *J Investig Clin Dent.* 2018;9(3):e12333. Doi: 10.1111/jicd.12333.
40. Torabi Ardakani M, Atashkar B, Bagheri R, Burrow MF. Impact of bleaching agents on water sorption and solubility of resin luting cements. *J Investig Clin Dent.* 2017;8(3). Doi: 10.1111/jicd.12224.

41. Sideridou ID, Karabela MM, Vouvoudi EC. Physical properties of current dental nanohybrid and nanofill light-cured resin composites. *Dent Mater.* 2011; 27:598–607. Doi: 10.1016/j.dental.2011.02.015
42. Witzel MF, Calheiros FC, Gonçalves F, Kawano Y, Brag RR. influence of photoactivation method on conversion, mechanical properties, degradation in etanol and contraction stress of resin-based materials. *J dent.* 2005; 33(9):773-9. Doi: 10.1016/j.jdent.2005.02.005
43. Cattani-Lorente MA, Dupuis V, Moya F, Payan J, Meyer JM. Comparative study of the physical properties of a polyacid-modified composite resin and a resin-modified glass ionomer cement. *Dent Mater.* 1999; 15:21–32. Doi: 10.1016/s0109-5641(99)00010-x
44. Ortengren U, Andersson F, Elgh U, Terselius B, Karlsson S. Influence of pH and storage time on the sorption and solubility behaviour of three composite resin materials. *J Dent.* 2001; 29(1):35-41. Doi: 10.1016/s0300-5712(00)00055-5.
45. Garoushi S., Säilynoja E., Vallittu P. K., Lassila L. Physical properties and depth of cure of a new short fiber reinforced composite. *Dental Materials.* 2013;29(8):835–841. Doi: 10.1016/j.dental.2013.04.016.
46. Yap AU, Teoh SH. Comparison of flexural properties of composite restoratives using the ISO and mini-flexural tests. *J Oral Rehabil* 2003;30(2):171-7. Doi: 10.1046/j.1365-2842.2003.01004.x

Figura



C=Meio biocorrosivo

Figura 1. Organograma do preparo dos corpos de prova.

Tabelas

Resina	Fabricante / Lote	Composição	Peso e tamanho das partículas inorgânicas	Cor
Tetric N-Ceram®	Ivoclar Vivadent Schaan, Liechtenstein Lot. Z01VWH	Dimetacrilatos: BIS-GMA, BIS-EMA (19- 20% em peso).	55-57% 40 nm e 3000 nm	A1
Tetric N-Flow®	Ivoclar Vivadent Schaan, Liechtenstein Lot. Z01VV7	Dimetacrilatos: BIS-GMA, BIS-EMA, TEG-DMA (36% em peso).	39% 40 nm e 3000 nm	A1
Tetric N-Ceram® Bulk Fill	Ivoclar Vivadent Schaan, Liechtenstein Lot. Z01J2B	Dimetacrilatos: BIS-GMA, BIS-EMA e UDMA (19- 21% em peso).	75-77% 40 nm e 3000 nm	IV _A

BIS-GMA= Bisfenol A + glicidil metacrilato; BIS-EMA= Bisfenol A + etoxil metacrilato; TED-GMA= Dimetacrilato de trietileno glicol; UDMA= Dimetacrilato de uretano.

Tabela 1. Caracterização dos materiais restauradores utilizados.

Grupo	Ra <i>baseline</i> **	Ra após desafio **	Δ Ra **
RNs ¹	0,172 ± 0,28 ^{Aa*}	0,1810 ± 0,40 ^{ABDFa}	0,009 ± 0,37 ^A
RBs	0,190 ± 0,42 ^{Aa}	0,200 ± 0,29 ^{ADa}	0,010 ± 0,61 ^{AC}
RFNs	0,150 ± 0,27 ^{ACa}	0,147 ± 0,27 ^{CDEFa}	-0,003 ± 0,36 ^{ABD}
RBNs	0,175 ± 0,36 ^{Aa}	0,192 ± 0,50 ^{ADa}	0,17 ± 0,66 ^A
RNc ²	0,176 ± 0,38 ^{Aa}	0,2520 ± 0,56 ^{BCEb}	0,76 ± 0,80 ^{AB}
RBc	0,206 ± 0,52 ^{ACa}	0,291 ± 0,62 ^{DEb}	0,85 ± 0,49 ^{ACD}
RFNc	0,147 ± 0,25 ^{ACa}	0,227 ± 0,58 ^{AEb}	0,80 ± 0,63 ^{ACD}
RBNc	0,182 ± 0,38 ^{Aa}	0,257 ± 0,44 ^{AFb}	0,75 ± 0,41 ^A

** Valores expressos em $\mu\text{m} \pm$ desvio padrão.

* As diferenças estatísticas são expressas por letras maiúsculas nas colunas (entre os grupos) e por letras minúsculas nas linhas (no mesmo grupo em função do desafio). Letras diferentes, indicam diferenças estatisticamente significante.

¹ Meio de imersão salivar

² Meio de imersão biocorrosivo

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão de rugosidade superficial para os diferentes grupos durante o desafio biocorrosivo, em função dos períodos de leitura (Ra- μm).

Grupo	Peso baseline**	Peso após desafio **	ΔPeso **	Alteração de peso (%)
RNs ¹	245,09 (±16,09) ^a	244,86 (±12,30) ^a	-0,230 (±7,62) ^A	0,026 ^A
RBs	257,16 (±17,65) ^a	258,37 (±13,22) ^a	1,21 (±9,41) ^A	0,626 ^A
RFNs	243,20 (±21,63) ^a	245,53 (±17,36) ^a	2,33 (±6,26) ^A	1,11 ^A
RBNs	239,42 (±18,48) ^a	240,94 (±21,03) ^a	1,52 (±6,15) ^A	0,58 ^A
RNc ²	249,86 (±16,35) ^a	245,00 (±17,10) ^a	-4,86 (±11,19) ^A	-1,87 ^A
RBc	287,20 (±8,14) ^{ab}	278,49 (±8,88) ^{ab}	-8,21 (±5,59) ^A	-2,84 ^A
RFNc	219,41 (±19,09) ^a	215,80 (±12,82) ^a	-3,61 (±9,63) ^A	-1,39 ^A
RBNc	239,46 (±25,59) ^a	234,02 (±20,33) ^a	-5,44 (±11,04) ^A	-2,03 ^A

* Valores expressos em mg ± o desvio padrão.

** As diferenças estatísticas são expressas por letras maiúsculas nas colunas (entre os grupos) e por letras minúsculas nas linhas (no mesmo grupo em função do desafio). Letras diferentes, indicam diferenças estatisticamente significante.

¹ Meio de imersão salivar

² Meio de imersão biocorrosivo

Tabela 3. Valores da média do peso inicial e final (mg), diferença entre as médias (Δ Peso = Peso final – Peso inicial), alteração do peso em percentual (%) em função do grupo e meio de imersão.

Grupo	Resistência a flexão**
RNs ¹	154,21 ± 62,5 ^{A*}
RBs	228,35 ± 56,31 ^A
RFNs	255,60 ± 96,7 ^{AB}
RBNs	180,19 ± 91,1 ^A
RNc ²	142,39 ± 38,5 ^A
RBc	181,97 ± 42,1 ^A
RFNc	122,71 ± 46,5 ^{AB}
RBNc	176,52 ± 30,0 ^A

** Valores expressos em Mpa ± desvio padrão.

* As diferenças estatísticas são expressas por letras maiúsculas nas colunas (entre os grupos/meio). Letras diferentes, indicam diferença estatisticamente significativa.

¹ Meio de imersão salivar

² Meio de imersão biocorrosivo

Tabela 4. Valores de resistência flexural dos grupos estudados após o desafio biocorrosivo.

6.2 Artigo 2

Periódico: Dental Materials

Fator de impacto: 5.304 / Qualis A1

Artigo formatado de acordo com as normas da revista (Apêndice C).

Influência do uso de bebida gaseificada no desempenho biomecânico de soluções restauradoras com compósitos em lesões cervicais não cariosas: Análise por resistência a fratura.

Nathalie Murielly Rolim de Abreu^a; Paola Bernardes^b; Luís Henrique Araújo Raposo^b; João Paulo da Silva Neto^a.

^a Programa de Pós-graduação em Odontologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, Brasil.

^b Programa de Pós-graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.

Autor correspondente: João Paulo da Silva Neto. Programa de Pós-graduação em Odontologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, Brasil. E-mail: joaopaulosnetoservidor.uepb.edu.br.

Fontes de financiamento

Este trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de financiamento 001.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram que não têm interesses financeiros concorrentes conhecidos ou relacionamentos pessoais que possam ter influenciado o trabalho relatado neste artigo.

Influência do uso de bebida gaseificada no desempenho biomecânico de soluções restauradoras com compósitos em lesões cervicais não cariosas: Análise por resistência a fratura

Resumo

Objetivo: Avaliar o comportamento biomecânico de diferentes associações restauradoras em lesões cervicais não cariosas (LCNC), frente a inserção em curto prazo em meio biocorrosivo, em função da presença ou não da restauração, do meio de imersão e da solução restauradora.

Método: Foram confeccionadas LCNC em 80 dentes bovinos, divididos em cinco grupos: Tetric N-Ceram® - Grupo RN; Tetric N-Ceram® Bulk Fill- Grupo RB; Tetric N-Flow® + Tetric N-Ceram®- Grupo RFN; Tetric N-Ceram® Bulk Fill + Tetric N-Ceram®- Grupo RBN; e sem tratamento restaurador – Grupo ST, sendo esses subdivididos, e metade submersos em um desafio biocorrosivo, por 5 minutos, três vezes ao dia, durante 7 dias antes do procedimento restaurador e 7 dias após, (controle: saliva artificial). Todos os espécimes foram submetidos ao envelhecimento simulado mecânico (300.000 ciclos, 50 N, 2 Hz) e térmico (5°C, 37°C e 55°C, 4.000 ciclos), e a uma carga compressiva constante aplicada na superfície palatina a 1mm/min até a falha/ruptura. A resistência a fratura entre os grupos (efeito do material e do meio) foi avaliada pelo teste anova two way, com post hoc de Tukey, e o modo de falha pelo teste exato de Fisher.

Resultados: O grupo RBN apresentou a melhor resistência independente do meio, enquanto que o ST a pior. O grupo RFN foi o mais afetado pelo desafio biocorrosivo, enquanto que o RN aparentemente não.

Significado: Bebida de baixo pH afeta negativamente a resistência a fratura dos materiais restauradores em LCNC, porém a falta da restauração aparenta diminuir ainda mais o desempenho satisfatório do elemento dentário em situações traumáticas.

Palavras-chave: Resina composta, Teste de resistência a fratura, Lesão cervical não-cariosa.

1 Introdução

A perda da estrutura dentária na junção cimento-esmalte (JCE), sem envolvimento de bactérias, é referida como lesão cervical não cariosa (LCNC) [1]. Ocorre em todas as faixas etárias [2], porém, é mais prevalente na população mais velha (46,7%) [3], sendo geralmente aceito, que elas resultam de uma combinação de diferentes fatores, entre eles: biocorrosão, abfração, e atrito, além do efeito modificador da saliva [1].

A perda dessa estrutura na região cervical pode levar a problemas no comportamento biomecânico do elemento, principalmente no padrão de

distribuição de tensões e deformação [4-6]. Sendo o tratamento restaurador com resina composta uma boa opção, principalmente por esse material apresentar propriedades estéticas e mecânicas semelhantes aos tecidos dentais, por restaurar o padrão de tensão-deformação de dentes sadios [5], além de impedir a progressão da lesão [7].

Porém, vários fatores podem influenciar negativamente a estabilidade, a retenção e a fratura, e adaptação marginal a longo prazo das restaurações adesivas nas LCNC [8], além dos fatores inerentes ao material restaurador e seu manuseio e inserção, esses defeitos cervicais, apresentam diferenças estruturais, como uma dentina esclerótica que dificulta a adesão do compósito [9], e a flexão contínua dos dentes na área cervical durante a mastigação, que contrasta com o alto módulo de elasticidade do material restaurador convencional [10,11].

De modo que, os materiais utilizados para restaurar LCNC devem atender aos requisitos especiais que elas demandam, para garantir uma menor taxa de falha. Com isso autores sugerem que compósitos Bulk Fill [12] por possuírem baixa contração de polimerização e garantir uma boa adaptação marginal, e resinas fluidas [13-15] devido ao seu reduzido módulo de elasticidade, que teoricamente pode absorver as tensões geradas durante o carregamento mecânico da mastigação [15], possam ser boas opções restauradoras.

Sabe-se que, a frequência de consumo de refrigerantes, sucos cítricos, pressão na escovação dos dentes [16], e bruxismo [17] podem estar associados à presença de LCNC. Com o aumento gradual da ansiedade na população, e do consumo de ácidos dietéticos, além de representar um aumento clínico dessas lesões, representa um desafio a mais na longevidade e preservação das características dos materiais restauradores utilizados nelas. Uma vez que, bebidas de baixo pH podem afetar também negativamente a longevidade dos materiais restauradores em consequência de seu alto potencial erosivo [18].

Dados disponíveis sobre a influência do meio biocorrosivo em curto prazo nessas lesões não restauradas, ou restauradas com diferentes soluções resinosas envolvendo compósitos convencionais, Bulk fill e fluídos quando utilizados separadamente ou em conjunto, ou ainda a influência desse meio

ácido na resistência a fratura, é escasso. Em vista disso, o objetivo desse estudo foi avaliar o comportamento biomecânico de materiais restauradores em LCNC, e elementos dentários não restaurados, frente a inserção em curto prazo em meio biocorrosivo e envelhecimento simulado, em função da presença ou não da restauração, do meio de imersão e em função da solução restauradora, usando uma avaliação combinada de resistência a fratura e modo de falha para investigar o comportamento desses materiais frente a forças traumáticas. A hipótese nula é que não exista diferença significativa na resistência a fratura e no modo de falha entre os grupos resinosos estudados nos meios de imersão a qual foram inseridos.

2 Materiais e método

Por meio de um estudo *in vitro* foram analisadas três resinas compostas (tabela 1) utilizadas para restaurações de lesões cervicais não cariosas, em diferentes associações restauradoras, uma nanohíbrida convencional, Tetric N-Ceram[®], uma nanohíbrida fluída, Tetric N-Flow[®], e uma Bulk Fill, Tetric N-Ceram[®] Bulk Fill (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein).

2.1 Seleção e preparo dos espécimes

Foram utilizados 80 incisivos bovinos unirradiculares hígidos, recém-extraídos, que receberam declaração de ciência do uso, da Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual da Paraíba, sob processo 015/2021. Os elementos dentários, foram cuidadosamente limpos com curetas periodontais para a remoção de tecidos remanescentes, posteriormente foi realizada profilaxia. Todos os elementos foram analisados quanto a presença de fraturas ou rachaduras, e desinfectados em solução de timol 0,01%, e posteriormente armazenados em água destilada a temperatura ambiente.

Os elementos dentários que compuseram a amostra foram distribuídos randomicamente (Random.org 2021; Randomness and Integrity Service Ltd. Dublin, Irlanda) em cinco grupos ($n=16$) para recebimento do tratamento restaurador, de acordo com: RN= Tratamento restaurador realizado com resina nanohíbrida (Tetric N-Ceram[®]); RB= Tratamento restaurador realizado com resina Bulk fill (Tetric N-Ceram[®] Bulk); RBN= Tratamento restaurador realizado com resina Bulk Fill recoberta por uma camada de resina nanohíbrida (Tetric N-

Ceram® Bulk Fill + Tetric N-Ceram®); RFN= Tratamento restaurador realizado com resina fluída recoberta por uma camada de resina nanohíbrida (Tetric N-Flow® + Tetric N-Ceram®); e ST= Sem tratamento restaurador.

Empregando-se um paquímetro, foram aferidas em mm, as dimensões méso-distal, vestibulo-lingual, ocluso-cervical, e comprimento radicular de cada elemento dentário, sendo esses valores comparados estatisticamente, tentando assim eliminar o viés de confusão quanto as dimensões a partir de uma amostra de cada grupo, através do teste Anova One Way, considerando um nível de significância de 5%. Verificou-se que, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos nas dimensões (tabela 2).

Após a verificação, uma cavidade padrão (4 mm de largura mesiodistal, 4 mm de altura cervico-oclusal e profundidade axial de 2 mm) foi preparada na junção cimento-esmalte (JCE) na superfície vestibular de cada elemento, sendo a parte coronal em esmalte a 2 mm da JCE, e a parte apical em dentina a 2 mm de distância da junção, mimetizando uma lesão cervical não cariada, utilizando-se uma ponta diamantada nº 3168F com irrigação constante. Cada ponta diamantada foi utilizada para preparar cinco cavidades. Uma sonda periodontal milimetrada Carolina do Norte Nº 15 foi utilizada para avaliar as dimensões dos preparos. Todas as cavidades foram preparadas por um único operador treinado.

2.2 Desafio biocorrosivo

Os elementos dentários tiveram seus ápices selados com resina composta, e os grupos foram subdivididos ($n=8$ /subgrupo) randomicamente em função da aplicação ou não do ensaio biocorrosivo [c] (Figura 1). As subdivisões de cada um dos cinco grupos foram submetidas a um desafio realizado em submersão de 30 ml de uma bebida a base de cola (Coca-cola®, Coca-cola Company, São Paulo, SP, Brasil) a 4° C [pH: 2,46, fosfato: 5,43 mM Pi, cálcio: 0,84 mM Ca^{2+} , fluoreto: 0,13 ppm F, ácido titulável: 40,0 mmol/L OH^- para pH 5,5 e 83,6 mmol/L OH^- para pH 7,0] por 5 minutos [19]. Após este tempo, a solução erosiva foi descartada e os espécimes foram lavados com água destilada por 10 segundos, e mantidos em saliva artificial (1,5 mmol L^{-1} Ca $[NO_3]_2 \cdot 4H_2O$, 0,9 mmol L^{-1} $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$, 150 mmol L^{-1} KCl, Tampão Tris 0,1 mol L^{-1} , 0,03 ppm F, pH 7,0) 30 ml por dente. Este procedimento foi realizado três vezes ao dia

com intervalo de 3 horas entre os desafios, durante 7 dias para simular uma dentina erodida. Entre os intervalos dos ciclos, os espécimes foram mantidos em saliva artificial a temperatura ambiente.

A outra metade dos espécimes de cada grupo (controle) foram imersas em saliva artificial por sete dias, correspondente ao tempo do desafio. Posteriormente, todas as amostras foram novamente armazenadas em água destilada. Após o procedimento restaurador, o ciclo biocorrosivo, foi novamente realizado, por mais 7 dias, seguindo o mesmo procedimento anteriormente citado, completando assim um ciclo de 14 dias com interrupção.

2.3 Procedimentos restauradores

As cavidades foram condicionadas com ácido fosfórico 37% (Fusion-Duralink, Angelus, Londrina, Brasil. Lote: 53637) por 15 segundos em esmalte e dentina, em seguida lavadas abundantemente até não haver mais o gel condicionante. O excesso de água sobre esmalte e dentina foi removido com papel absorvente, objetivando não desidratar completamente a dentina. Posteriormente, o sistema adesivo (Optibond FL, Kerr Corporation, Orange, USA) foi aplicado de acordo com as recomendações do fabricante: o primer foi aplicado por 15 segundos, recebendo logo após um suave jato de ar na região por 5 segundos; e o adesivo sendo aplicado em toda a superfície ativamente, por 15 segundos, fotopolimerizado por 10 segundos utilizando-se uma unidade de luz Bluephase N (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) com densidade de potência de aproximadamente 1200 mw/cm^2 (Programa High Power).

Os compósitos resinosos foram inseridos na cavidade em técnica incremental horizontal para o grupo de resina nanohíbrida (RN), com incrementos de no máximo 1 mm. Em forma de incremento único (2 mm) para o grupo com apenas o compósito resinoso Bulk fill. E em técnica “sanduíche” para os outros dois grupos com tratamento restaurador, sendo assim, nos grupos RFN e RBN a resina fluída e a resina Bulk fill, foi introduzida na cavidade com incremento de até 1 mm, sendo recoberta por uma camada de resina nanohíbrida (1 mm). A exposição à luz foi de 15 segundos (programa Soft start, Bluephase N).

Após 48 horas, foi realizado o acabamento e polimento com discos Soflex finos e superfinos (3M ESPE®, Seefeld, Alemanha, Lote:2111400205) em baixa rotação, com refrigeração por aproximadamente 5s, seguindo a sequência decrescente de granulação dos discos.

2.4 Envelhecimento simulado e análise das restaurações

Os elementos dentários de cada grupo tiveram as suas raízes revestidas de cera utilidade (Newwax, Technew, Rio de Janeiro, Brasil, Lote:05674) liquefeita até a marcação de 3 mm da margem cervical para simular a distância do espaço biológico a superfície radicular. Após isto, foram montados individualmente com auxílio de um suporte para a inserção retilínea em anéis de PVC (Tigre, Joinville, Brasil) de 20 mm de diâmetro contendo resina acrílica autopolimerizante (Jet Clássico, São Paulo, Brasil, Lote:047382 / 048520) que foi manipulado de acordo com o fabricante, permanecendo estáticos até a polimerização total da resina acrílica.

Após a polimerização, os dentes foram retirados do cilindro, e a cera foi removida da superfície radicular e do interior da resina acrílica com água quente e instrumentos manuais. Os elementos foram envolvidos com material de impressão poliéter (Impregum® Soft- média viscosidade, 3M Espe, Seefeld, Alemanha, Lote:1927700258) manipulado de acordo com o fabricante e introduzido no “alvéolo” criado na resina, para reproduzir o ligamento periodontal, sendo inserido o elemento dentário em seguida. O excesso do material de impressão foi removido após a presa.

O conjunto então foi montado em um dispositivo de carregamento mecânico cíclico (Biocyle, Biopdi, São Carlos, Brasil), a uma carga vertical de 50 N, com frequência de 2 Hz, e 300.000 ciclos de carregamento, aplicada na região palatina das amostras (região de cingulo, ou até 2 mm acima).

Posteriormente foram submetidos a ciclagem térmica (Cicladora térmica OMC 300 TS, Odeme Dental Research, Luzerna, Brasil) com banhos alternados de 5°C, 37 °C e 55°C, totalizando 4.000 ciclos de 10 segundos em cada temperatura, com tempo de transferência de 3 segundos entre cada banho [20 modificado]. Sendo posteriormente armazenados em água destilada a temperatura ambiente.

Após as ciclagens biocorrosiva, mecânica e térmica, todos os espécimes passaram por uma análise de suas restaurações, através de alguns dos critérios da World Dental Federation (FDI) [21] que foi adaptada para um estudo in vitro. Os critérios escolhidos para a avaliação foram: fratura do material e retenção, adaptação marginal e integridade do elemento dentário (tabela 3).

As restaurações foram avaliadas de acordo com cinco escores, sendo os escores de 1 a 3 clinicamente aceitáveis. Escore 1: Restauração excelente ou muito boa; escore 2: Restauração altamente aceitável; escore 3: Restauração com qualidade aceitável; escore 4: Restauração inaceitável, porém ainda pode ser reparada; e escore 5: Restauração inaceitável, requer a substituição.

2.5 Análise experimental

Os oitenta elementos dentários foram montados em uma máquina de ensaio universal (AG-X 10, Shimadzu, Kyoto, Japão), e uma carga compressiva constante foi aplicada na superfície palatina dos dentes, em posição semelhante para todos os espécimes em um ângulo de 45° com o plano horizontal (135° em relação ao longo eixo do dente), através de uma haste de metal com uma ponta ativa em formato de faca, à velocidade de 1mm/min até a falha/ruptura.

A falha da restauração foi determinada pela constatação visual da fratura, som característico associado, ou pela queda no gráfico de força registrado pela máquina de testes. Os valores referentes a força necessária para provocar a falha foram registrados pelo software da máquina de testes e armazenados em Newtons (N). Após a retirada dos espécimes da máquina, estes foram analisados visualmente/microscopicamente, para definição de um possível padrão de fratura característico para os grupos, sendo elencado os modos de falha presentes.

As falhas foram classificadas em três grandes grupos: tipo 1 – Fratura completa acima do osso simulado; tipo 2 – Fratura completa abaixo do osso simulado; tipo 3 – Fratura incompleta acima do osso simulado (Trinca). Foram ainda classificadas como: Subtipo 1 – Fratura envolvendo somente o elemento dentário; Subtipo 2 – Fratura envolvendo o elemento dentário e a restauração; Subtipo 3 – Fratura com descolamento da restauração simultaneamente; e Subtipo 4- Fratura do material restaurador.

2.6 Análise estatística

Análises descritivas e exploratória dos dados foram realizadas para verificação de normalidade Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors. Para avaliação das restaurações foi utilizado uma análise descritiva e qualitativa pelo teste exato de Fisher. Para observação da resistência a fratura entre os grupos (efeito do material e do meio) foi utilizado o teste anova two way, com post hoc de Tukey, e para avaliar o modo de falha, foi realizada uma análise descritiva, e qualitativa pelo teste exato de Fisher para analisar a associação entre o tipo/subtipo de falha e o meio de imersão e/ou grupo. Um nível de significância estatística de 5% foi aplicado para as análises.

3 Resultados

Todos os grupos tiveram uma sobrevida total dos seus elementos dentários após o envelhecimento simulado. Os critérios FDI modificados mostraram que, nenhum grupo consistiu totalmente em um único escore independente do critério avaliado, e sim uma mistura de escores foi observada (Tabela 4). No entanto, nenhum elemento foi classificado nas categorias 4 ou 5, independente do critério.

O teste exato de Fisher não mostrou associações ou diferenças estatisticamente significantes entre os critérios estudados e os grupos divididos pelos meios de imersão. Fratura do material e retenção ($X^2_{(1)} = 3,139$; $p = 0,962$); adaptação marginal ($X^2_{(1)} = 7,618$; $p = 0,939$); e integridade do elemento dentário ($X^2_{(1)} = 5,172$; $p = 0,722$).

Todos os grupos resinosos estudados, tiveram uma redução na resistência a fratura quando imersos no meio biocorrosivo ($p = 0,008$), se comparados aos valores no meio salivar (Tabela 3). No entanto, apenas o grupo RFN apresentou uma diferença significativa ($p = 0,05$) entre os meios de imersão, apresentando uma perda de valor considerável da sua resistência. Já o grupo composto apenas por resina nanohíbrida (RNs= 986,78 N; RNc=938,42 N), apresentou a menor diferença nos valores de resistência entre os meios de imersão (Diferença entre RNs e RNc= 48,36 N).

O teste de anova two way também mostrou que houve diferença significativa entre os grupos ($p=0,023$). Sendo a maior diferença apresentada entre os dois grupos RBN e ST ($p=0,040$). O RBNs apresentou o maior valor de resistência entre todos independentemente do meio, enquanto que, o STc apresentou o menor valor de resistência, seguido do grupo RBc. Não houve diferenças significativas entre os demais grupos.

Em relação ao tipo de fratura, em uma análise geral a do tipo II (53,75%) predominou no estudo, sendo observada em maior número nos grupos imersos em meio biocorrosivo (28,15%), principalmente o STc, enquanto que, a do tipo I (42,52%) esteve em maior número nos grupos imersos em saliva (23,75%) se comparados aos grupos com o mesmo material, porém no meio biocorrosivo, com exceção do RBN, onde ocorreu o oposto. A fratura do tipo III obteve a menor prevalência (3,73%), estando presente em apenas 3 grupos RNC, RBc, RFN (figura 2). O subtipo I foi o mais visualizado, e o subtipo III o menos prevalente, estando presente apenas nos grupos onde a resina flow estava presente (RFN e RFNc).

O teste exato de Fisher mostrou que não houve associação entre o meio de imersão e o tipo de fratura ($X^2_{(1)}=0,775$; $p=0,734$); entre o meio de imersão e o subtipo da fratura ($X^2_{(2)}=4,571$; $p=0,188$); e entre o grupo e do tipo de fratura ($X^2_{(3)}=5,096$; $p=0,779$). No entanto, demonstrou uma associação entre o grupo e o subtipo de fratura ($X^2_{(4)}=26,260$; $p=0,001$).

4 Discussão

A hipótese nula de que não existiria diferença significativa na resistência a fratura e no modo de falha entre os grupos estudados nos meios de imersão a qual foram inseridos, foi rejeitada.

Embora os protocolos in vitro não consigam reproduzir as condições exatas in vivo em ambientes clínicos, o modelo usando condições cíclicas com exposição muito curta a ácidos e sua remoção pela saliva reflete adequadamente o desafio erosivo observado na cavidade oral, com a ingestão regular de bebidas ácidas [22]. A dentina bovina oferece resistência ácida semelhante à dentina humana [23], no entanto bebidas com pH abaixo do pH crítico da dentina (6,5), desequilibram o processo de desmineralização-remineralização da cavidade oral

[24], como é o caso de bebidas à base de cola (Coca-Cola®, pH 2,46 na temperatura de consumo 4°C) utilizada nesse estudo por ser amplamente consumida no mundo, possuindo um alto potencial erosivo já documentado entre bebidas quentes ou frias consumidas, afetando em poucos minutos o esmalte dental [25,26], portanto afetando também a dentina sem restauração, como foi o caso desse estudo, tornando-a erodida.

Além disso, essas bebidas podem afetar também negativamente a longevidade dos materiais restauradores [18], além de suas propriedades biomecânicas, como registrado nesse estudo, onde todos os materiais tiveram uma redução da sua resistência a fratura, quando imersos na bebida a base de cola, principalmente o grupo RFN. No entanto, o grupo composto apenas por resina nanohíbrida (RN) apresentou uma menor redução da resistência quando também exposto ao ambiente ácido, o que pode ser decorrente da sua composição monomérica.

Resinas fluídas, são clinicamente aceitáveis para lesões cervicais não cáries [14,15]. No entanto, já foi relatado que elas podem possuir propriedade mecânicas ligeiramente inferiores a outros tipos resinosos [27], sendo posteriormente, recomendado a utilização de resinas flow como camada de dentina, e na superfície uma resina convencional representando a camada relativa ao esmalte em restaurações posteriores [28], com isso este estudo procurou verificar se essa junção também seria possível em LCNC, testando também essa técnica “sanduíche” com a resina Bulk Fill. Não foi localizado na literatura artigos com metodologias semelhantes à deste trabalho, para que as comparações fossem fidedignas, pois são raros os estudos que envolvem testes mecânicos para comparar diferentes materiais restauradores para o tratamento de LCNC.

No entanto, é importante ressaltar, que o grupo RFN (resina fluída com uma camada de resina convencional) apesar de apresentar um bom valor de resistência após o envelhecimento simulado quando imersas em saliva, o que corrobora parcialmente com os achados, onde apenas a resina fluída quando comparada a outros materiais incluindo resinas convencionais, apresentou bom desempenho em LCNC [29], a composição dela nesse estudo, com uma camada

de resina convencional demonstra uma redução significativa do valor quando imerso em substância ácida.

Além disso, existe uma correlação entre os grupos resinosos e o subtipo de fratura, onde o subtipo III- Fratura com descolamento da restauração simultaneamente, só foi visualizado neste grupo (RFN), o que pode ser explicado teoricamente, devido a resistência à fratura da borda de compósitos fluidos ser menor nas margens do que no centro da restauração [30], podendo causar a fratura na região das margens na união restauração-dentina, o que pode levar a um descolamento simultâneo a fratura do elemento.

Aparentemente quando o elemento dentário possui uma LCNC exposta, ou seja, sem nenhuma restauração, ele já possui uma resistência a fratura menor do que elementos hígidos ou restaurados, como foi exposto nesse estudo (resistência dos grupos STs e STc < elementos dentários restaurados), o que difere de um relato [31] realizado com elementos pré-molares superiores com restaurações extensas de amalgama simultâneas a LCNC restauradas ou não, onde essa relação de inferioridade de resistência entre elementos não restaurados não pode ser detectada, o que no caso desse estudo, ainda foi reduzida quando o dente foi exposto a um ambiente ácido.

A restauração das LCNC melhorou significativamente a resistência à fratura, corroborando com estudos anteriores [6,32], o que ocorre provavelmente devido a distribuição uniforme das cargas oclusais após a inserção do material resinoso que possui modulo de elasticidade semelhante a dentina [33].

O grupo RBN apresentou o melhor desempenho na resistência a fratura tanto no meio salivar, sendo seguido pelo RFN e RN, como em meio biocorrosivo, o que corrobora achados anteriores [34-36], que apesar de não ter a mesma metodologia, ou o mesmo elemento dentário como espécime principal, demonstra que resinas Bulk fill fluídas ou não, associadas a uma resina composta convencional como camada de cobertura final, possuem uma boa resistência a fratura e integridade marginal das restaurações posteriores se comparadas a resina convencional, principalmente com a Tetric N-Ceram Bulk Fill, que obteve um melhor desempenho quando essa camada final foi adicionada [35], o que corrobora com os achados do presente estudo.

Porém, o grupo RBN também apresentou uma boa quantidade de falhas do tipo II- abaixo do nível do osso simulado, ou seja, irreparáveis, o que difere de um achado na literatura, porém com incisivos decíduos, onde essa combinação de bulk Fill e resina convencional gerou menos falha irreparável [37].

Devido as limitações desse estudo in vitro, onde o complexo ambiente da cavidade bucal não pode ser reproduzido fidedignamente, os resultados não podem ser extrapolados para o ambiente clínico. No entanto, a simulação de ingestão de alimentos ácidos (mudanças no pH da cavidade oral) e de forças traumáticas (como morder um objeto estranho ou duro, ou quando sofre trauma ou durante bruxismo ou apertamento, fatos esses que estão aumentando com a mudança no estilo de vida da população), a partir da aplicação de uma carga estática que imita a ocorrência dessas forças traumáticas trazem conhecimento acerca do possível comportamento biomecânico dos materiais resinosos nessas condições, facilitando uma possível escolha clínica do material ideal para cada caso, o que deve ser complementado com investigações clínicas futuras.

5 Conclusão

Dentro das limitações do estudo, pode-se concluir que: (1) Bebida de baixo pH afeta negativamente os materiais restauradores a curto prazo; (2) A presença da restauração em lesões cervicais não cariosas melhorou significativamente a resistência a fratura; (3) O grupo composto por resina fluída recoberta por resina nanohíbrida foi o mais afetado pelo meio de imersão ácido; (4) O grupo composto por resina Bulk Fill recoberta por resina nanohíbrida apresentou o melhor desempenho na resistência a fratura independente do meio; (5) O grupo RN mostrou-se pouco afetado pelo desafio biocorrosivo; e (6) O tipo da fratura não demonstrou associação com os materiais ou meios estudados, porém o subtipo apresentou uma associação significativa com o grupo resinoso RFN.

Agradecimentos

Os autores agradecem cordialmente o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de

financiamento 001. Bem como, a assistência e a doação de material da Ivoclar Vivadent Brasil.

Referências

- [1] Grippo JO, Smring M, Coleman TA. Abfraction, abrasion, biocorrosion, and the enigma of noncarious cervical lesions: a 20 -year perspective. *J Esthet Restor Dent* 2012; 24(2):10 -23. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2011.00487.x>
- [2] Kolak V, Pesic D, Melih I, Lalović, M, Nikitović A, Jakovljević, A. Epidemiological investigation of non-cariou cervical lesions and possible etiological factors. *J Clin Exp Dent* 2018; 10(7):e648–e656. <https://doi.org/10.4317/jced.54860>
- [3] Teixeira DNR, Thomas RZ, Soares PV, Cune MS, Gresnigt MMM, Slot DE. Prevalence of noncarious cervical lesions among adults: A systematic review. *J Dent* 2020; 95:103285. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103285>.
- [4] PEREIRA FA, Zeola LF, de Almeida Milito G, Reis BR, Pereira RD, Soares PV Restorative material and loading type influence on the biomechanical behavior of wedge shaped cervical lesions. *Clin Oral Invest* 2016;20(3):433-41. <https://doi.org/10.1007/s00784-015-1523-3>
- [5] Soares PV, de Almeida Milito G, Pereira FA, Reis BR, Soares CJ, de Sousa Menezes M, et al. Rapid prototyping and 3D-virtual models for operative dentistry education in Brazil. *J Dent Educ* 2013; 77(3):358-63. PMID: 23486902
- [6] Soares PV, Machado AC, Zeola LF, Souza PG, Galvão AM, Montes TC, et al. Loading and composite restoration assessment of various non-cariou cervical lesions morphologies - 3D finite element analysis. *Aust Dent J* 2015;60(3):309-16. <https://doi.org/10.1111/adj.12233>.
- [7] Wood I., Jawad Z, Paisley C, Brunton P. Non-cariou cervical tooth surface loss: a literature review. *J Dent* 2008; 36(10):759-66. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2008.06.004>
- [8] Lührs AK, Jacker-Guhr S, Günay H, Herrmann P. Composite Restorations Purchased on Non-Cariou Cervical Bonds - Which Cavity Preparation Is

Reliable? Clin Exp Dent Res 2020;6(5):558-567. <https://doi.org/10.1002/cre2.310>.

[9] Carvalho RM, Manso AP, Geraldeli S, Tay FR, Pashley DH. Durability of bonds and clinical success of adhesive restorations. *Dent Mater* 2012; 28(1):72-86. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.09.011>

[10]. Heymann HO, Sturdevant JR, Bayne S, Wilder AD, Sluder TB, Brunson WD. Examining tooth flexure effects on cervical restorations: a two-year clinical study. *J Am Dent Assoc* 1991; 122(5):41-7. [https://doi.org/10.1016/s0002-8177\(91\)25015-1](https://doi.org/10.1016/s0002-8177(91)25015-1)

[11] Oginni AO, Adeleke AA. Comparison of pattern of failure of resin composite restorations in non-carious cervical lesions with and without occlusal wear facets. *J Dent* 2014; 42(7):824-30. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.04.003>

[12] Correia AMO, Tribst JPM, Matos FS, Platt JA, Caneppele TMF, Borges ALS. Polymerization shrinkage stresses in different restorative techniques for non-carious cervical lesions. *J Dent* 2018; 76:68-74. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.06.010>.

[13] Li Q, Jepsen S, Albers HK, Eberhard J. Flowable materials as an intermediate layer could improve the marginal and internal adaptation of composite restorations in Class-V-cavities. *Dent Mater* 2006; 22(3):250-7. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.04.011>

[14] Shaalan OO, Abou-Auf E, Zoghby AFE. Clinical evaluation of flowable resin composite versus conventional resin composite in carious and noncarious lesions: Systematic review and meta-analysis. *J Conserv Dent* 2017; 20(6):380-385. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_226_17

[15] Szesz A, Parreiras S, Martini E, Reis A, Loguercio A. Effect of flowable composites on the clinical performance of non-carious cervical lesions: A systematic review and meta-analysis. *J Dent* 2017; 65:11-21. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.07.007>

[16] Kitasako Y, Ikeda M, Takagaki T, Burrow MF, Tagami J. The prevalence of non-carious cervical lesions (NCCLs) with or without erosive etiological factors

among adults of different ages in Tokyo. *Clin Oral Investig* 2021 Dec;25(12):6939-6947. <https://doi.org/10.1007/s00784-021-03984-8>.

[17] Nascimento BL, Vieira AR, Bezamat M, Ignácio SA, Souza EM. Occlusal problems, mental health issues and non-carious cervical lesions. *Odontology* 2022;110(2):349-355. <https://doi.org/10.1007/s10266-021-00658-5>.

[18] Cavalcanti AL, Costa Oliveira M, Florentino VG, dos Santos JA, Vieira FF, Cavalcanti CL. Short communication: in vitro assessment of erosive potential of energy drinks. *Eur Arch Paediatr Dent* 2010;11: 253-255. <https://doi.org/10.1007/BF03262757>

[19] Cruz JB, Lenzi TL, Tedesco TK, Guglielmi Cde A, Raggio DP. Eroded dentin does not jeopardize the bond strength of adhesive restorative materials. *Braz Oral Res* 2012; 26(2):306-12. [Modificado]. <https://doi.org/10.1590/S1806-83242012005000009>

[20] Mousavinasab SM, Khosravi K. Microleakage assesment of class v composite restorations rebonded with three different methods. *Dent Res J* 2008; 5(1):21-26.

[21] Hickel R, Peschke A, Tyas M, Mjör I, Bayne S, Peters M, Hiller KA, Randall R, Vanherle G, Heintze SD. FDI World Dental Federation: clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restorations-update and clinical examples. *Clin Oral Investig* 2010;14(4):349-66. <https://doi.org/10.1007/s00784-010-0432-8>.

[22] Young A, Tenuta LM. Initial erosion models. *Caries Res* 2011;45 Suppl 1:33-42. <https://doi.org/10.1159/000325943>.

[23] Hara AT, Queiroz CS, Paes Leme AF, Serra MC, Cury JA. Caries progression and inhibition in human and bovine root dentine in situ. *Caries Res* 2003;37(5):339-44. <https://doi.org/10.1159/000072165>.

[24] Alexandria AK, Vieira TI, Pithon MM, da Silva Fidalgo TK, Fonseca-Gonçalves A, Valença AM, Cabral LM, Maia LC. In vitro enamel erosion and abrasion-inhibiting effect of different fluoride varnishes. *Arch Oral Biol* 2017;77:39-43. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2017.01.010>.

[25] Jameel RA, Khan SS, Abdul Rahim ZH, Bakri MM, Siddiqui S. Analysis of dental erosion induced by different beverages and validity of equipment for

identifying early dental erosion, in vitro study. *J Pak Med Assoc* 2016; 66(7):843-8.

[26] Lussi A, Megert B, Shellis RP, Wang X. Analysis of the erosive effect of different dietary substances and medications. *Br J Nutr.* 2012 Jan;107(2):252-62. doi: <https://doi.org/10.1017/S0007114511002820>.

[27] Hashemikamangar SS, Meymand MZ, Kharazifard MJ, Valizadeh S. Surface microhardness of a self-adhesive composite in comparison with conventional composite resins. *Dent. Med* 2020; 57:247–253. <https://doi.org/10.17219/dmp/118123>

[28] Durán Ojeda G, Henríquez Gutiérrez I, Tisi JP, Báez Rosales A. A Novel Technique for Bulk-Fill Resin-Based Restorations: Achieving Function and Esthetics in Posterior Teeth. *Case Rep Dent* 2017; 2017:9408591. <https://doi.org/10.1155/2017/9408591>.

[29] Battancs E, Fráter M, Sály T, Gál E, Braunitzer G, Szabó P B, Garoushi S. Fracture Behavior and Integrity of Different Direct Restorative Materials to Restore Noncarious Cervical Lesions. *Polymers (Basel)* 2021;13(23):4170. <https://doi.org/10.3390/polym13234170>.

[30] Baroudi K, Silikas N, Watts DC. Edge-strength of flowable resin-composites. *J Dent* 2008;36(1):63-8. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2007.10.006>.

[31] Osborne-Smith KL, Burke FJ, Farlane TM, Wilson NH. Effect of restored and unrestored non-carious cervical lesions on the fracture resistance of previously restored maxillary premolar teeth. *J Dent* 1998;26(5-6):427-33. [https://doi.org/10.1016/s0300-5712\(97\)00029-8](https://doi.org/10.1016/s0300-5712(97)00029-8).

[32] Zeola LF, Pereira FA, Machado AC, Reis BR, Kaidonis J, Xie Z, Townsend GC, Ranjitkar S, Soares PV. Effects of non-carious cervical lesion size, occlusal loading and restoration on biomechanical behaviour of premolar teeth. *Aust Dent J* 2016;61(4):408-417. <https://doi.org/10.1111/adj.12391>.

[33] Soares PV, Santos-Filho PC, Soares CJ, Faria VL, Naves MF, Michael JA, Kaidonis JA, Ranjitkar S, Townsend GC. Non-carious cervical lesions: influence of morphology and load type on biomechanical behaviour of maxillary incisors. *Aust Dent J* 2013;58(3):306-14. <https://doi.org/10.1111/adj.12084>

[34] de Assis FS, Lima SN, Tonetto MR, Bhandi SH, Pinto SC, Malaquias P, Loguercio AD, Bandéca MC. Evaluation of Bond Strength, Marginal Integrity, and Fracture Strength of Bulk- vs Incrementally-filled Restorations. *J Adhes Dent* 2016;18(4):317-23. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a36516>.

[35] Al-Nahedh HN, Alawami Z. Fracture Resistance and Marginal Adaptation of Capped and Uncapped Bulk-fill Resin-based Materials. *Oper Dent* 2020;45(2):E43-E56. <https://doi.org/10.2341/17-367-L>.

[36] Rosatto CM, Bicalho AA, Verissimo C, Braganca GF, Rodrigues MP, Tantbirojn D, et al. Mechanical properties, shrinkage stress, cuspal strain and fracture resistance of molars restored with bulk-fill composites and incremental filling technique. *J Dent* 2015;43(12):1519-1528. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.09.007>

[37] Mosharrafian S, Shafizadeh M, Sharifi Z. Fracture Resistance of a Bulk-Fill and a Conventional Composite and the Combination of Both for Coronal Restoration of Severely Damaged Primary Anterior Teeth. *Front Dent* 2019;16(1):69-77. <https://doi.org/10.18502/ffd.v16i1.1112>.

Lista de figuras

Figura 1. Organograma do preparo dos espécimes e distribuição dos grupos.

Figura 2. Frequência do modo de falha após o ensaio de resistência em função do tipo de ruptura.

Lista de tabelas

Tabela 1. Caracterização dos materiais restauradores utilizados.

Tabela 2. Valores médios e desvio-padrão (mm \pm dp) por grupo, das dimensões méso-distal (MD), Vestíbulo-lingual (VL), Ocluso-cervical (OC), e comprimento radicular (R), e valores de p obtidos.

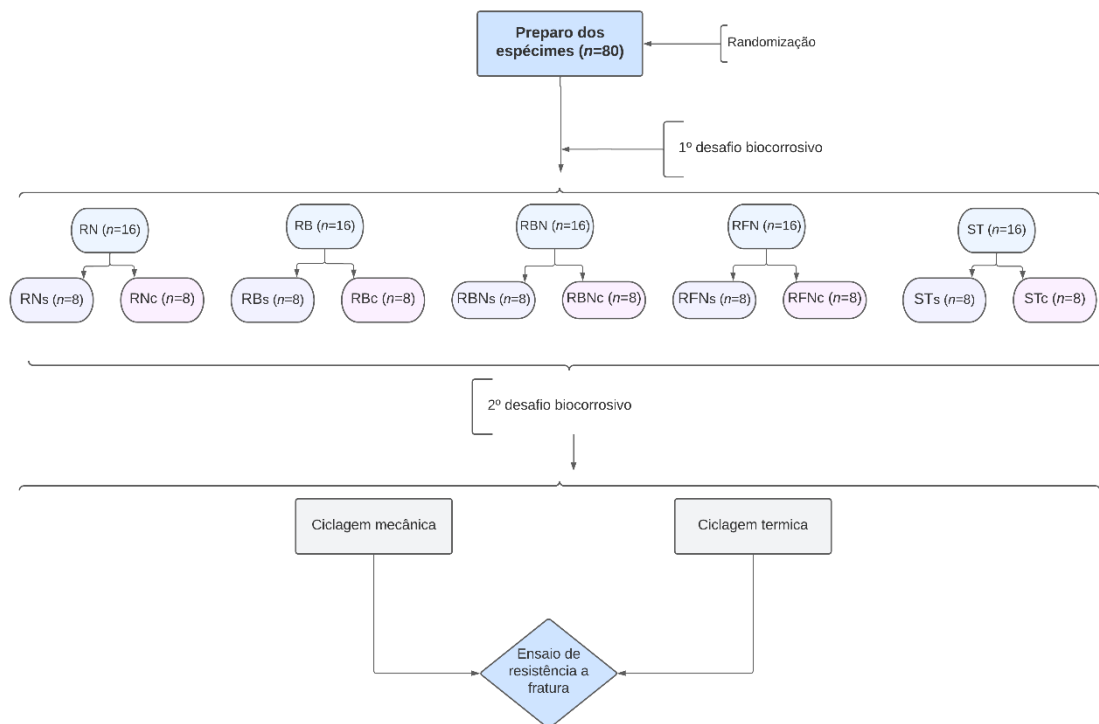
Tabela 3. Critérios FDI modificados para trabalho in vitro.

Tabela 4. Frequências e porcentagens (%) por grupo e meio de imersão da análise das restaurações avaliados de acordo com os critérios FDI modificado. Entende-se: Fratura (Fratura do material e retenção); Adaptação (Adaptação marginal); e Integridade (Integridade do elemento dentário).

Tabela 5. Resultados (média e desvio padrão) de resistência a fratura após o desafio biocorrosivo, ciclagem mecânica e térmica.

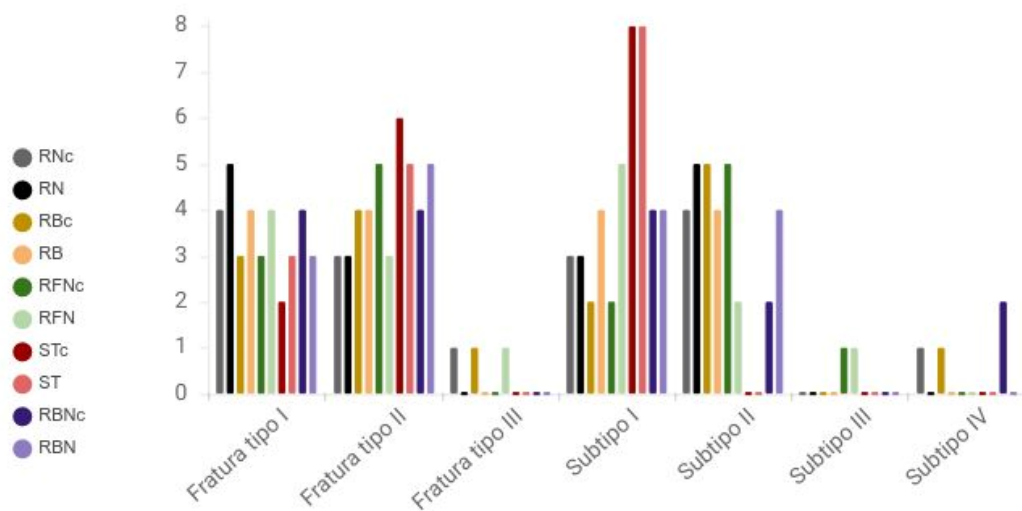
Figuras

1.



s= Saliva; c=Biocorrosivo.

2.



Tabelas

1.

Material	Composição	Fabricante/Lote	Cor
Tetric – N Ceram®	Dimetacrilatos: BIS-GMA, BIS-EMA (19-20% em peso). Partículas inorgânicas 55-57%.	Ivoclar Vivadent Schaan, Liechtenstein Lot. Z01VWH	A1
Tetric N-Ceram® Bulk Fill	Dimetacrilatos: BIS-GMA, BIS-EMA e UDMA (19-21% em peso). Partículas inorgânicas 75-77%	Ivoclar Vivadent Schaan, Liechtenstein Lot. Z01J2B	^{IV} A
Tetric N- Flow®	Dimetacrilatos: BIS-GMA, BIS-EMA, TEG-DMA (36% em peso). Partículas inorgânicas 39%.	Ivoclar Vivadent Schaan, Liechtenstein Lot. Z01VV7	A1
Optibond® FL	Primer- HEMA, GPDM, MMEP, Canforoquinona (CQ), Adesivo - Bis-GMA, HEMA, GDMA, CQ, 48 % de partículas de carga inorgânica.	Kerr Corporation, Orange, CA, USA Primer – Lot. 8221186 Adesivo – Lot. 8362027	

BIS-GMA= Bisfenol A + glicidil metacrilato; BIS-EMA= Bisfenol A + etoxil metacrilato; TED-GMA= Dimetacrilato de trietileno glicol; UDMA= Dimetacrilato de uretano; HEMA= 2-hidroxietil metacrilato; GPDM= Glicerol fosfato dimetacrilato; MMEP= Ftalato de metacrililoiloxietil; CQ= Canforoquinona; GDMA= Glicerol dimetacrilato.

2.

	Dimensões			
	MD	VL	OC	R
RN	14,30 ± 0,781	9,32 ± 0,216	25,40 ± 1,51	26,92 ± 2,49

RB	14,64 ± 0,671	9,34 ± 0,343	26,00 ± 1,22	26,66 ± 3,18
RBN	14,08 ± 0,683	9,58 ± 0,268	24,90 ± 0,741	26,10 ± 1,24
RFN	14,16 ± 0,709	9,40 ± 0,291	25,06 ± 1,04	24,94 ± 2,13
ST	13,96 ± 0,719	9,46 ± 0,114	23,86 ± 0,847	25,00 ± 1,41
	$p = 0,587$	$p = 0,527$	$p = 0,075$	$p = 0,501$

3.

Crítérios			
Escores	Fratura do material e retenção	Adaptação marginal	Integridade do elemento dentário
1	•Sem fraturas.	•Restauração harmônica sem fendas ou linhas de descoloração.	•Integridade completa.
2	•Pequena linha de rachadura.	•Fenda marginal (<150 μm), linhas brancas; •Pequenas fraturas marginais removíveis com polimento; •Pequenas irregularidades.	•Pequena fratura marginal em esmalte (<150 μm); •Linha de rachadura em esmalte (<150 μm).
3	•Duas ou mais linhas de rachaduras maiores e/ou pequena lasca ou fratura do material sem afetar a integridade marginal.	•Fenda menor <250 μm não removível; •Várias pequenas fraturas; •Irregularidades maiores.	•Defeito marginal em esmalte < 250 μm ; •Rachadura < 250 μm ; •Lasca em esmalte; •Múltiplas fraturas.
4	•Fratura do material que afeta a integridade; •Fratura parcial do material (menor do que a metade da restauração).	•Fenda maior > 250 μm , dentina ou base expostas; •Valas severas ou fraturas marginais; •Grandes irregularidades.	•Defeitos marginais em esmalte maiores que 250 μm ; •Rachaduras largas > 250 μm , com penetração de sonda;

			• Grande lasca de esmalte ou fratura de parede.
5	• Perda parcial ou completa da restauração ou múltiplas fraturas.	• Perda parcial ou completa da restauração; • Fendas maiores, ou irregularidades generalizadas.	• Fratura do dente.

4.

		Critérios									
		Fratura			Adaptação				Integridade		
		1	2	**	1	2	3	**	1	2	**
RN ^a	S	7 (87,5)	1 (12,5)	0 (0,0)	3 (37,5)	4 (50,0)	1 (12,5)	0 (0,0)	7 (87,1)	1 (12,5)	0 (0,0)
	C	7 (87,5)	1 (12,5)	0 (0,0)	3 (37,5)	3 (37,5)	2 (25,0)	0 (0,0)	6 (75,0)	2 (25,0)	0 (0,0)
RB	S	7 (87,1)	1 (12,5)	0 (0,0)	4 (50,0)	3 (37,5)	1 (12,5)	0 (0,0)	5 (62,5)	3 (37,5)	0 (0,0)
	C	6 (75,0)	2 (25,0)	0 (0,0)	2 (25,0)	2 (25,0)	4 (50,0)	0 (0,0)	6 (75,0)	2 (25,0)	0 (0,0)
RBN	S	7 (87,1)	1 (12,5)	0 (0,0)	3 (37,5)	4 (50,0)	1 (12,5)	0 (0,0)	8 (100)	0 (0,0)	0 (0,0)
	C	6 (75,0)	2 (25,0)	0 (0,0)	1 (12,5)	4 (50,0)	3 (37,5)	0 (0,0)	5 (62,5)	3 (37,5)	0 (0,0)
RFN	S	6 (75,0)	2 (25,0)	0 (0,0)	3 (37,5)	3 (37,5)	2 (25,0)	0 (0,0)	6 (75,0)	2 (25,0)	0 (0,0)
	C	5 (62,5)	3 (37,5)	0 (0,0)	2 (25,0)	3 (37,5)	3 (37,5)	0 (0,0)	6 (75,0)	2 (25,0)	0 (0,0)

** Outros escores não pontuados nos grupos

S Saliva; C biocorrosivo

^a Não há diferença significativa entre os grupos em nenhum dos critérios analisados ($p > 0,05$)

5.

Resistência a fratura**		
Grupo*	Saliva (s)	Biocorrosivo (c)
RN	986,78 ± 234,6 ^{Aa}	938,42 ± 373,2 ^{Aa}
RB	900,02 ± 362,9 ^{Aa}	723,01 ± 454,2 ^{Aa}

RBN	1239,08 ± 269,7 ^{ABa}	1004,51 ± 210,8 ^{ABa}
RFN	1182,71 ± 249,3 ^{Aab}	863,74 ± 297,0 ^{Aab}
ST	897,70 ± 348,9 ^{ABa}	691,19 ± 323,7 ^{ABa}

** Valores expressos em Newtons (N) ± desvio padrão.

* As diferenças estatísticas são expressas por letras maiúsculas nas colunas (entre os grupos), e por letras minúsculas nas linhas (entre os meios de imersão) - teste de *Anova Two Way, Post Hoc Tukey HDS*. Letras diferentes, indicam diferença estatisticamente significativa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar das limitações desse estudo, pode-se concluir que:

- (1) Bebida de baixo pH afetou negativamente os materiais restauradores a curto prazo;
- (2) O grupo composto apenas por resina Bulk Fill apresentou-se mais susceptível a variação do pH ácido, em relação a sua rugosidade de superfície;
- (3) Não foi observada variação da relação entre peso/massa em função dos grupos/meios de imersão;
- (4) O grupo composto por resina fluída recoberta por uma camada de resina nanohíbrida apresentou maiores valores de resistência flexural (ambiente salivar). Embora tenha apresentado significativa redução quando submetido a um meio ácido. Por outro lado, nesta mesma condição, o grupo composto apenas por resina nanohíbrida apresentou o melhor comportamento independente do meio;
- (5) O meio de imersão de baixo pH afetou a resistência a fratura dos materiais, principalmente do grupo composto por resina fluída e resina nanohíbrida;
- (6) A presença da restauração em resina composta melhorou significativamente a resistência do elemento dentário com lesão cervical não cariosa, independente do meio;
- (7) O grupo composto por resina Bulk Fill recoberto por uma camada de resina nanohíbrida apresentou o melhor desempenho na resistência a fratura, independente do meio de imersão;
- (8) O grupo composto apenas por resina nanohíbrida (convencional) apresentou a menor variação de resistência a fratura entre os meios salivar e biocorrosivo.
- (9) O modo de falha, ou o tipo da fratura não demonstrou associação com os materiais ou meios estudados, porém o subtipo apresentou uma associação significativa com o grupo resinoso RFN.

REFERÊNCIAS

- ABU-BAKR, N. H., *et al.* Changes in the mechanical properties and surface texture of compomer immersed in various media. **J Prost Dent.** v.84, n.4, p.444–452, 2000.
- ACADEMY OF OPERATIVE DENTISTRY. Non-cariou cervical lesions. Recommendations for clinical practice. **Oper Dent.** v. 28, n.2, p.109-13, 2003.
- ALENCAR, M.F., *et al.* 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.** v.83, n.2, p.202-207, 2020.
- ALVAREZ-ARENAL, A. *et al.* Non-cariou cervical lesions and risk factors: a case-control study. **J Oral Rehabil.** V.46, n.1, p.65-75, 2019.
- BENAZZI, S., *et al.* Comparison of occlusal loading conditions in a lower second premolar using three-dimensional finite element analysis. **Clin Oral Investig.** v.18, n.2, p.369-75, 2014.
- CELIK, G.; OZGUBALTAY, N.; ATTAR, F. Clinical evaluation of flowable resins in non-cariou cervical lesions: two-year results. **Oper Dent.** V.32, n.4, p.313-21, 2007.
- CORREIA, A.M.O.; TRIBST, J.P.M.; MATOS, F.S.; PLATT, J.A.; CANEPPELE, T.M.F.; BORGES, A.L.S. Polymerization shrinkage stresses in different restorative techniques for non-cariou cervical lesions. **J Dent.** v.76, n.1, p.68-74, 2018.
- DAVIDSON, C.L.; DE GEE, A.J.; FEILZER, A. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. **J Dent Res.** v.63, n.12, p.1396-9, 1984.
- DE PAULA, A., *et al.* Influence of Chemical Degradation on the Surface Properties of Nano Restorative Materials. **Oper Dent.** v.39, n.3, p.E109-17, 2014.
- FAHL, Jr. Direct-indirect class V restorations: a novel approach for treating noncariou cervical lesions. **J Esthet Restor Dent.** v.27, n.5, p.267-84, 2015.
- GRIPPO, J.O.; SMRING, M.; COLEMAN, T.A. Abfraction, abrasion, biocorrosion, and the enigma of noncariou cervical lesions: a 20 -year perspective. **J Esthet Restor Dent.** V. 24, n.2, p.10 -23, 2012.
- GOMEZ, Y., *et al.* Effects of dietary acids on surface microhardness of various tooth-colored restoratives. **Dent Mater J.** v.23, p.429–435, 2004.
- HEINTZE, S. D.; RUFFIEUX, C.; ROUSSON, V. Clinical performance of cervical restorations - A meta-analysis. **Dent Mater.** V. 26, n.10, p.993-1000, 2010.

ICHIM, I., *et al.* Mechanical evaluation of cervical glass-ionomer restorations: 3D finite element study. **J Dent.** v. 35, n. 1, p. 28-35, 2007.

KARAN, K.; YAO, X.C. Chemical profile of the dentin substrate in non-cariou cervical lesions. **Dent Mater.** V.25, n.10, p.1205-1212, 2009.

KATGE, F., *et al.* Evaluation of microleakage of nanoionomer and nanocomposite restorations, immersed in fruit drink, fresh fruit juice and soft drink -An in vitro study. **J Clin Ped Dent.** v. 40, n.2, p. 129–135, 2016.

KIM, S.Y., *et al.* Two-year clinical effectiveness of adhesives and retention form on resin composite restorations of non-cariou cervical lesions. **Oper Dent.** V.34, n.5, p. 507-15, 2009.

KUBO, S., *et al.* Three-year clinical evaluation of a flowable and a hybrid resin composite in non-cariou cervical lesions. **J Dent.** V.38, n.3, p. 191-200, 2010

LAI, Z.Y., *et al.* Prevalence of non -cariou cervical lesions and associated risk indicators in middle -aged and elderly populations in Southern China. **Chin J Dent Res.** v.18, n.1, p.41 -50, 2015.

LI, Q., *et al.* Flowable materials as an intermediate layer could improve the marginal and internal adaptation of composite restorations in Class-V-cavities. **Dent Mater.** v.22, n.3, p.250-7, 2006.

LI, X. R.; LI, J.; WANG, H. W. Clinical evaluation of flowable composites in treatment of wedge-shaped defects as a liner. **Shanghai Kou Qiang Yi Xue.** V.20, p.429-32, 2011.

MAGANUR, P.D., *et al.* Evaluation of Microleakage of RMGIC and Flowable Composite Immersed in Soft Drink and Fresh Fruit Juice: An in vitro Study. **Int J Clin Pediatr Dent.** v.3, n.3, p.153-61, 2010.

MICHAEL, J.; TOWNSEND A. G. C.; GREENWOOD, L. F.; KAIDONIS, J. A. Abrfraction: separating fact from fiction. **Aust Dent J.** v.54, n.1, p.2-8, 2009.

OGINNI, A.O.; ADELEKE, A.A. Comparison of pattern of failure of resin composite restorations in non-cariou cervical lesions with and without occlusal wear facets. **J Dent.**v. 42, n.7, p.824-30, 2014.

PEREZ, C.R., *et al.* Restoration of noncariou cervical lesions: when, why, and how. **Int J Dent.** v.2012, n.687058, p. 1-8, 2012.

RAJAVARDHAN, K., *et al.* Erosive potential of cola and orange fruit juice on tooth colored restorative materials. **Ann Med Health Sci Res.** v.4, n.9, Suppl. 3, p. 208–212, 2014.

REES, J.S. The effect of variation in occlusal loading on the development of abfraction lesions: a finite element study. **J Oral Rehabil.** v.29, n.2, p.188-93, 2002.

SOARES, P.V., *et al.* Non-carious cervical lesions: influence of morphology and load type on biomechanical behaviour of maxillary incisors. **Aust Dent J.** v.58, n.3, p.306-14, 2013.

SZESZ, A., *et al.* A. Effect of flowable composites on the clinical performance of non-carious cervical lesions: A systematic review and meta-analysis. **J Dent.** v.65,p.11-21, 2017.

TEIXEIRA, D.N.R., *et al.* Prevalence of noncarious cervical lesions among adults: A systematic review. **J Dent.** v.95, p.103285, 2020.

UNTERBRINK, G L.; LIEBENBERG, W.H. Flowable resin composites as "filled adhesives": literature review and clinical recommendations. **Quintessence Int.** v.30, n.4, p.249-57, 1999.

VAN DIJKEN, J.W.; PALLESEN, U. Long-term dentin retention of etch-and-rinse and selfetch adhesives and a resin-modified glass ionomer cement in non-carious cervical lesions. **Dent Mater.** v.24, n.7, p.915-22, 2008.

WOOD, I., *et al.* Non-carious cervical tooth surface loss: a literature review. **J Dent.** v.36, n.10, p.759-66, 2008.

ZHAO, X., *et al.* Protective effects of resin sealant and flowable composite coatings against erosive and abrasive wear of dental hard tissues. **J Dent.** v.49, p.68-74, 2016.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Carta de ciência do comitê de ética animal (UEPB)



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CARTA DE CIÊNCIA

Por meio deste instrumento a Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual da Paraíba (CEUA/UEPB) declara estar ciente do teor da declaração em que descreve que as espécies dentárias de bovinos a serem utilizadas na pesquisa intitulada "Comportamento biomecânico de compósitos resinosos em lesões cervicais não cariosas: Análise laboratorial e por elementos finitos 3D", de responsabilidade do professor pesquisador João Paulo Neto e da discente Nathalie Murielly Rolim de Abreu do Programa de Pós- graduação em Odontologia da UEPB (PPGO-UEPB), foram adquiridas no Abatedouro Honorato & Araújo LTDA, CNPJ: 01.179.091/0001-37, CEP: 58302-515, PB 004, S/N, Zona rua de Santa Rita, no dia 11 de setembro de 2021. E que esses elementos são provenientes de animais abatidos para consumo humano, através do abate humanitário.

Esta declaração foi apresentada para conhecimento dos membros desta Comissão na reunião do dia 16/09/2021, sob número de processo CEUA/UEPB 015/2021.

Campina Grande, 17 de setembro de 2021

Deuda Rênia dos Santos
Coordenadora de CEUA/UEPB

APÊNDICE B

Normas para a publicação no periódico Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials

GUIDE FOR AUTHORS

Your Paper Your Way

We now differentiate between the requirements for new and revised submissions. You may choose to submit your manuscript as a single Word or PDF file to be used in the refereeing process. Only When your paper is at the revision stage, will you be requested to put your paper in to a 'correct format' for acceptance and provide the items required for the publication of your article. **To find out more, please visit the Preparation section below.**

INTRODUCTION

Authors are requested to submit a cover letter that clearly states the novelty of the work presented in their manuscript.

Types of Contributions

Research Paper: A full-length article describing original research. There is no limit on the number of words, figures etc but authors should be as succinct as possible.

Review Article: An article which reviews previous work in a given field. Reviews are written by invitation only but the editor would welcome suggestions.

Technical Note: A short article describing a new experimental technique or analytical approach.

Short Communication: An article presenting new work in reduced form, which for some reason is not suitable for a full research paper. For example a case study.

Opinion Piece: A short article presenting the author's opinion on a particular question. Normally shorter and less comprehensive than a review article, making use of published and/or unpublished results.

Tutorial: An article of an educational nature, explaining how to use a particular experimental technique or analytical method. Normally written by invitation only but the editor welcomes suggestions. Please ensure that you select the appropriate article type from the list of options when making your submission. Authors contributing to **special issues** should ensure that they select the special issue article type from this list.

The journal also accepts **letters**, which should be sent directly to the editor in chief for consideration.

Submission checklist

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print

Graphical Abstracts / Highlights files (where applicable)

Supplemental files (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- A competing interests statement is provided, even if the authors have no competing interests to declare
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements. For further information, visit our Support Center.

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

Please see our information on Ethics in publishing.

Declaration of competing interest

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential conflicts of interest include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. Authors should complete the declaration of competing interest statement using this template and upload to the submission system at the Attach/Upload Files step. **Note: Please do not convert the .docx template to another file type. Author signatures are not required.** If there are no interests to declare, please choose the first option in the template. More information.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture or academic thesis, see 'Multiple, redundant or concurrent publication' for more information),

that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities Where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Crossref Similarity Check.

Preprints

Please note that preprints can be shared anywhere at any time, in line with Elsevier's sharing policy. Sharing your preprints e.g. on a preprint server will not count as prior publication (see 'Multiple, redundant or concurrent publication' for more information).

Preprint posting on SSRN

In support of Open Science, this journal offers its authors a free preprint posting service. Preprints provide early registration and dissemination of your research, which facilitates early citations and collaboration. During submission to Editorial Manager, you can choose to release your manuscript publicly as a preprint on the preprint server SSRN once it enters peer-review with the journal. Your choice will have no effect on the editorial process or outcome with the journal. Please note that the corresponding author is expected to seek approval from all co-authors before agreeing to release the manuscript publicly on SSRN.

You will be notified via email when your preprint is posted online and a Digital Object Identifier (DOI) is assigned. Your preprint will remain globally available free to read whether the journal accepts or rejects your manuscript. For more information about posting to SSRN, please consult the SSRN Terms of Use and FAQs.

Use of inclusive language

Inclusive language acknowledges diversity, conveys respect to all people, is sensitive to differences, and promotes equal opportunities. Content should make no assumptions about the beliefs or commitments of any reader; contain nothing which might imply that one individual is superior to another on the grounds of age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition; and use inclusive language throughout. Authors should ensure that writing is free from bias, stereotypes, slang, reference to dominant culture and/or cultural assumptions. We advise to seek gender neutrality by using plural nouns ("clinicians, patients/clients") as default/wherever possible to avoid using "he, she," or "he/she." We recommend avoiding the use of descriptors that refer to personal attributes such as age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition unless they are relevant and valid. When coding terminology is used, we recommend to avoid offensive or exclusionary terms such as "master", "slave", "blacklist" and "whitelist". We suggest using alternatives that are more appropriate and (self-) explanatory such as "primary", "secondary", "blocklist" and "allowlist". These guidelines are meant as a point of reference to help identify appropriate language but are by no means exhaustive or definitive.

Author contributions

For transparency, we encourage authors to submit an author statement file outlining their individual contributions to the paper using the relevant CRediT roles: Conceptualization; Data curation; Formal analysis; Funding acquisition; Investigation; Methodology; Project administration; Resources; Software; Supervision; Validation; Visualization; Roles/Writing - original draft; Writing - review & editing. Authorship statements should be formatted with the names of authors first and CRediT role(s) following. More details and an example.

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see more information on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement. Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases. For gold open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'License Agreement' (more information). Permitted third party reuse of gold open access articles is determined by the author's choice of user license.

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. More information. *Elsevier supports responsible sharing* Find out how you can share your research published in Elsevier journals.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation

of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement, it is recommended to state this.

Open access

Please visit our Open Access page for more information. *Elsevier Researcher Academy* Researcher Academy is a free e-learning platform designed to support early and mid-career researchers throughout their research journey. The "Learn" environment at Researcher Academy offers several interactive modules, webinars, downloadable guides and resources to guide you through the process of writing for research and going through peer review. Feel free to use these free resources to improve your submission and navigate the publication process with ease. *Language (usage and editing services)* Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's Author Services.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

PREPARATION

Queries

For questions about the editorial process (including the status of manuscripts under review) or for technical support on submissions, please visit our Support Center.

NEW SUBMISSIONS

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process. As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or layout that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately. *References* There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/ book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the article number or pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the

accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

Formatting requirements

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions. If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes. Divide the article into clearly defined sections. *Figures and tables embedded in text* Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file. The corresponding caption should be placed directly below the figure or table.

Peer review

This journal operates a single anonymized review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. Editors are not involved in decisions about papers which they have written themselves or have been written by family members or colleagues or which relate to products or services in which the editor has an interest. Any such submission is subject to all of the journal's usual procedures, with peer review handled independently of the relevant editor and their research groups. More information on types of peer review.

REVISED SUBMISSIONS

Use of word processing software Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing With Elsevier). See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

LaTeX

You are recommended to use the Elsevier article class `elsarticle.cls` to prepare your manuscript and BibTeX to generate your bibliography. Our LaTeX site has detailed submission instructions, templates and other information.

Article structure

Subdivision - numbered sections Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference. If quoting directly from a previously published method, use quotation marks and also cite the source. Any modifications to existing methods should also be described.

Theory/calculation

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name Between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lowercase superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal as they help increase the discoverability of your article via search engines. They consist of a short collection of bullet points that capture the novel results of your research as well as new methods that were used during the study (if any). Please have a look at the examples here: example Highlights. Highlights should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point).

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

A graphical abstract is mandatory for this journal. It should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view Example Graphical Abstracts on our information site. Authors can make use of Elsevier's Illustration Services to ensure the best presentation of their images also in accordance with all technical requirements.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements: Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa]. It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding. If no funding has been provided for the research, it is recommended to include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. Authors wishing to present a table of nomenclature should do so on the second page of their manuscript.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files. A detailed guide on electronic artwork is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.

- Supply files that are too low in resolution.
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF) or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) in addition to color reproduction in print. Further information on the preparation of electronic artwork.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is highly encouraged.

A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is: VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambeh W.B., Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2001JB000884>. Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

Preprint references

Where a preprint has subsequently become available as a peer-reviewed publication, the formal publication should be used as the reference. If there are preprints that are central to your work or that cover crucial developments in the topic, but are not yet formally published, these may be referenced. Preprints should be clearly marked as such, for example by including the word preprint, or the name of the preprint server, as part of the reference. The preprint DOI should also be provided.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley. Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. More information on how to remove field codes from different reference management software.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the article number or pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage.

Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication. Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references can be listed either first alphabetically, then chronologically, or vice versa.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999)... Or, as demonstrated (Jones, 1999; Allan, 2000)... Kramer et al. (2010) have recently shown ...' *List:* References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.Sc.2010.00372>.

Reference to a journal publication with an article number:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2018. The art of writing a scientific article. *Heliyon.* 19, e00205. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Reference to a website:

Cancer Research UK, 1975. Cancer statistics reports for the UK. <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> (accessed 13 March 2003).

Reference to a dataset:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. Mendeley Data, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Reference to software:

Coon, E., Berndt, M., Jan, A., Svyatsky, D., Atchley, A., Kikinzon, E., Harp, D., Manzini, G., Shelef, E., Lipnikov, K., Garimella, R., Xu, C., Moulton, D., Karra, S., Painter, S., Jafarov, E., & Molins, S., 2020. Advanced Terrestrial Simulator (ATS) v0.88 (Version 0.88). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3727209>. *Journal abbreviations source* Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations.

Video

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the file in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB per file, 1 GB in total. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages. Note: since video and Animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Data visualization

Include interactive data visualizations in your publication and let your readers interact and engage more closely with your research. Follow the instructions here to find out about available data visualization options and how to include them with your article.

Supplementary material

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

Research data

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or

experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project. Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the research data page.

Data linking

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect With relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described. There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the database linking page. For supported data repositories a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect. In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053;PDB: 1XFN).

Mendeley Data

This journal supports Mendeley Data, enabling you to deposit any research data (including raw and processed data, video, code, software, algorithms, protocols, and methods) associated with your manuscript in a free-to-use, open access repository. During the submission process, after uploading your manuscript, you will have the opportunity to upload your relevant datasets directly to *Mendeley Data*. The datasets will be listed and directly accessible to readers next to your published article online. For more information, visit the Mendeley Data for journals page.

Data in Brief

You have the option of converting any or all parts of your supplementary or additional raw data into a data article published in *Data in Brief*. A data article is a new kind of article that ensures that your data are actively reviewed, curated, formatted, indexed, given a DOI and made publicly available to all upon publication (watch this video describing the benefits of publishing your data in *Data in Brief*). You are encouraged to submit your data article for *Data in Brief* as an additional item directly alongside the revised version of your manuscript. If your research article is accepted, your data article will automatically be transferred over to *Data in Brief* where it will be editorially reviewed, published open access and linked to your research article on ScienceDirect. Please note an open access fee is payable for publication in *Data in Brief*. Full details can be found on the Data in Brief website. Please use this template to write your *Data in Brief* data article.

MethodsX

You have the option of converting relevant protocols and methods into one or multiple *MethodsX* articles, a new kind of article that describes the details of customized research methods. Many researchers spend a significant amount of time on developing methods to fit their specific needs or setting, but often without getting credit for this part of their work. *MethodsX*, an open access journal, now publishes this information in order to make it searchable, peer reviewed, citable and reproducible. Authors are encouraged to submit their *MethodsX* article as an additional item directly alongside the revised version of their manuscript. If your research article is accepted, your methods article will automatically be transferred over to *MethodsX* where it will be editorially reviewed. Please note an open access fee is payable for publication in *MethodsX*. Full details can be found on the *MethodsX* website. Please use the methods template or protocol template to prepare your *MethodsX* article.

Data statement

To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission. This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the Data Statement page.

AFTER ACCEPTANCE

Online proof correction

To ensure a fast publication process of the article, we kindly ask authors to provide us with their proof corrections within two days. Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors. If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author will, at no cost, receive a customized Share Link providing 50 days free access to the final published version of the article on

ScienceDirect. The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's Author Services. Corresponding authors who have published their article gold open access do not receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.

AUTHOR INQUIRIES

Visit the Elsevier Support Center to find the answers you need. Here you will find everything from Frequently Asked Questions to ways to get in touch. You can also check the status of your submitted article or find out when your accepted article will be published.

APÊNDICE C

Normas para a publicação no periódico Dental Materials

GUIDE FOR AUTHORS

INTRODUCTION

Authors are requested to submit their original manuscript and figures via the online submission and editorial system for *Dental Materials*. Using this online system, authors may submit manuscripts and track their progress through the system to publication. Reviewers can download manuscripts and submit their opinions to the editor. Editors can manage the whole submission/review/revise/publish process. Please register at: <https://www.editorialmanager.com/dentma/default.aspx>. *Dental Materials* now only accepts online submissions.

The Artwork Quality Control Tool is now available to users of the online submission system. To help authors submit high-quality artwork early in the process, this tool checks the submitted artwork and other file types against the artwork requirements outlined in the Artwork Instructions to Authors on <https://www.elsevier.com/artworkinstructions>. The Artwork Quality Control Tool automatically checks all artwork files when they are first uploaded. Each figure/file is checked only once, so further along in the process only new uploaded files will be checked.

Manuscripts

Submitted manuscripts must relate directly to both Materials Science and Dentistry.

The journal is principally for publication of **Original Research Reports**, which should preferably investigate a defined hypothesis. Maximum length 6 journal pages (approximately 20 double-spaced typescript pages) including illustrations and tables. **Systematic Reviews** will however be considered. **Prior approval must be sought from the Editor before submission of Review Manuscripts.** Authors should send the Editor a structured abstract of the proposed review topic. Intending authors should communicate with the Editor beforehand, by email, outlining the proposed scope of the review. Maximum length 10 journal pages (approximately 33 double-spaced typescript pages) including figures and tables. Three copies of the manuscript should be submitted: each accompanied by a set of illustrations.

The requirements for submission are in accordance with the "Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals", *Annals of Internal Medicine*, 1997, 126, 36-47. All manuscripts must be written in American English. Authors are urged to write as concisely as possible. The Editor and Publisher reserve the right to make minimal literary corrections for the sake of clarity. Authors for whom English is not the first language should have their

manuscripts read by colleagues fluent in English. If extensive English corrections are needed, authors may be charged for the cost of editing. For additional reference, consult issues of *Dental Materials* published after January 1999 or the Council of Biology Editors Style Manual (1995 ed.). All manuscripts should be accompanied by a **letter of transmittal**, signed by each author, and stating that the manuscript is not concurrently under consideration for publication in another journal, that all of the named authors were involved in the work leading to the publication of the paper, and that all the named authors have read the paper before it is submitted for publication. **Always keep a backup copy of the electronic file for reference and safety.** Manuscripts not conforming to the journal style will be returned. In addition, manuscripts which are not written in fluent English will be rejected automatically without refereeing. For further guidance on electronic submission, please visit the Elsevier Support Center.

Page charges

This journal has no page charges.

Submission checklist

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print

Graphical Abstracts / Highlights files (where applicable)

Supplemental files (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- A competing interests statement is provided, even if the authors have no competing interests to declare
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements.

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

Please see our information on Ethics in publishing.

Studies in humans and animals

If the work involves the use of human subjects, the author should ensure that the work described has been carried out in accordance with The Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki) for experiments involving humans. The manuscript should be in line with the Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing and Publication of Scholarly Work in Medical Journals and aim for the inclusion of representative human populations (sex, age and ethnicity) as per those recommendations. The terms sex and gender should be used correctly.

Authors should include a statement in the manuscript that informed consent was obtained for experimentation with human subjects. The privacy rights of human subjects must always be observed. All animal experiments should comply with the ARRIVE guidelines and should be carried out in accordance with the U.K. Animals (Scientific Procedures) Act, 1986 and associated guidelines, EU Directive 2010/63/EU for animal experiments, or the National Research Council's Guide for the Care and Use of Laboratory Animals and the authors should clearly indicate in the manuscript that such guidelines have been followed. The sex of animals must be indicated, and where appropriate, the influence (or association) of sex on the results of the study.

Informed consent and patient details

Studies on patients or volunteers require ethics committee approval and informed consent, which should be documented in the paper. Appropriate consents, permissions and releases must be obtained where an author wishes to include case details or other personal information or images of patients and any other individuals in an Elsevier publication. Written consents must be retained by the author but copies should not be provided to the journal. Only if specifically requested by the journal in exceptional circumstances (for example if a legal issue arises) the author must provide copies of the consents or evidence that such consents have been obtained. For more information, please review the Elsevier Policy on the Use of Images or Personal Information of Patients or other Individuals. Unless you have written permission from the patient (or, where applicable, the next of kin), the personal details of any patient included in any part of the article and in any supplementary materials (including all illustrations and videos) must be removed before submission.

Declaration of interest

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential competing interests include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. Authors must disclose any interests in two places: 1. A summary declaration of interest statement in the title

page file (if double anonymized) or the manuscript file (if single anonymized). If there are no interests to declare then please state this:

'Declarations of interest: none'. 2. Detailed disclosures as part of a separate Declaration of Interest form, which forms part of the journal's official records. It is important for potential interests to be declared in both places and that the information matches. More information.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture or academic thesis, see 'Multiple, redundant or concurrent publication' for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities Where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Crossref Similarity Check.

Use of inclusive language

Inclusive language acknowledges diversity, conveys respect to all people, is sensitive to differences, and promotes equal opportunities. Content should make no assumptions about the beliefs or commitments of any reader; contain nothing which might imply that one individual is superior to another on the grounds of age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition; and use inclusive language throughout. Authors should ensure that writing is free from bias, stereotypes, slang, reference to dominant culture and/or cultural assumptions. We advise to seek gender neutrality by using plural nouns ("clinicians, patients/clients") as default/wherever possible to avoid using "he, she," or "he/she." We recommend avoiding the use of descriptors that refer to personal attributes such as age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition unless they are relevant and valid. When coding terminology is used, we recommend to avoid offensive or exclusionary terms such as "master", "slave", "blacklist" and "whitelist". We suggest using alternatives that are more appropriate and (self-) explanatory such as "primary", "secondary", "blocklist" and "allowlist". These guidelines are meant as a point of reference to help identify appropriate language but are by no means exhaustive or definitive.

Authorship

All authors should have made substantial contributions to all of the following: (1) the conception and design of the study, or acquisition of data, or analysis and interpretation of data, (2) drafting the article or revising it critically for important intellectual content, (3) final approval of the version to be submitted.

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

Article transfer service

This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. Please note that your article will be reviewed again by the new journal. More information.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see more information on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement. Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases. For gold open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'License Agreement' (more information). Permitted third party reuse of gold open access articles is determined by the author's choice of user license.

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. More information. *Elsevier supports responsible sharing* Find out how you can share your research published in Elsevier journals.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement, it is recommended to state this.

Open access

Please visit our Open Access page for more information. *Language (usage and editing services)* Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's Author Services.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail. *Submit your article*

Please submit your article via <https://www.editorialmanager.com/dentma/default.aspx>.

Suggesting reviewers

Please submit the names and institutional e-mail addresses of several potential reviewers. You should not suggest reviewers who are colleagues, or who have co-authored or collaborated with

you during the last three years. Editors do not invite reviewers who have potential competing interests with the authors. Further, in order to provide a broad and balanced assessment of the work, and ensure scientific rigor, please suggest diverse candidate reviewers who are located in different countries/ regions from the author group. Also consider other diversity attributes e.g. gender, race and ethnicity, career stage, etc. Finally, you should not include existing members of the journal's editorial team, of whom the journal are already aware.

Note: the editor decides whether or not to invite your suggested reviewers.

PREPARATION**Peer review**

This journal operates a double anonymized review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. Editors are not involved in decisions about papers which they have written themselves or have been written by family members or colleagues or which relate to products or services in which the editor has an interest. Any such submission is subject to all of the journal's usual procedures, With peer review handled independently of the relevant editor and their research groups. More information on types of peer review.

Double anonymized review

This journal uses double anonymized review, which means the identities of the authors are concealed from the reviewers, and vice versa. More information is available on our website. To facilitate this, please include the following separately:

Title page (with author details): This should include the title, authors' names, affiliations, acknowledgements and any Declaration of Interest statement, and a complete address for the corresponding author including an e-mail address.

Anonymized manuscript (no author details): The main body of the paper (including the references, figures, tables and any acknowledgements) should not include any identifying information, such as the authors' names or affiliations.

Use of word processing software

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered

1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

This must be presented in a structured format, covering the following subjects, although actual subheadings should not be included:

- succinct statements of the issue in question;
- the essence of existing knowledge and understanding pertinent to the issue (reference);
- the aims and objectives of the research being reported relating the research to dentistry, where not obvious.

Materials and methods

- describe the procedures and analytical techniques.
- only cite references to published methods.
- include at least general composition details and batch numbers for all materials.
- identify names and sources of all commercial products e.g.

"The composite (Silar, 3M Co., St. Paul, MN, USA)..."

"... an Au-Pd alloy (Estheticor Opal, Cendres et Metaux, Switzerland)."

- specify statistical significance test methods.

Results

- refer to appropriate tables and figures.
- refrain from subjective comments.
- make no reference to previous literature.
- report statistical findings.

Discussion

- explain and interpret data.
- state implications of the results, relate to composition.
- indicate limitations of findings.
- relate to other relevant research.

Conclusion (if included)

- must NOT repeat Results or Discussion
- must concisely state inference, significance, or consequences

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- ***Title.*** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- ***Author names and affiliations.*** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name Between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lowercase superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- ***Corresponding author.*** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- ***Present/permanent address.*** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal as they help increase the discoverability of your article via search engines. They consist of a short collection of bullet points that capture the novel results of your research as well as new methods that were used during the study (if any). Please have a look at the examples here: example Highlights. Highlights should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point).

Abstract (structured format)

- 250 words or less.

- subheadings should appear in the text of the abstract as follows: Objectives, Methods, Results, Significance. (For Systematic Reviews: Objectives, Data, Sources, Study selection, Conclusions). The Results section may incorporate small tabulations of data, normally 3 rows maximum.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view Example Graphical Abstracts on our information site.

Authors can make use of Elsevier's Illustration Services to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements.

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <https://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords

Up to 10 keywords should be supplied e.g. dental material, composite resin, adhesion.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, it is recommended to include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other units are mentioned, please give their equivalent in SI.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file.
- Ensure that color images are accessible to all, including those with impaired color vision. A detailed guide on electronic artwork is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format. Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. Further information on the preparation of electronic artwork.

Illustration services

Elsevier's Author Services offers Illustration Services to authors preparing to submit a manuscript but concerned about the quality of the images accompanying their article. Elsevier's expert illustrators can produce scientific, technical and medical-style images, as well as a full range of charts, tables and graphs. Image 'polishing' is also available, where our illustrators take your image(s) and improve them to a professional standard. Please visit the website to find out more.

Captions to tables and figures

- list together on a separate page.
- should be complete and understandable apart from the text.
- include key for symbols or abbreviations used in Figures.
- individual teeth should be identified using the FDI two-digit system.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

Must now be given **according to the following numeric system**:

Cite references in text in numerical order. Use square brackets: in-line, not superscript e.g. [23]. All references must be listed at the end of the paper, double-spaced, without indents. For example: 1. Moulin P, Picard B and Degrange M. Water resistance of resin-bonded joints with time related to alloy surface treatments. *J Dent*, 1999; 27:79-87. 2. Taylor DF, Bayne SC, Sturdevant JR and Wilder AD. Comparison of direct and indirect methods for analyzing wear of posterior composite restorations. *Dent Mater*, 1989; 5:157-160. Avoid referencing abstracts if possible. If unavoidable, reference as follows: 3. Demarest VA and Greener EH . Storage moduli and interaction parameters of experimental dental composites. *J Dent Res*, 1996; 67:221, Abstr. No. 868.

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given

in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is highly encouraged. A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is: VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambeh W.B., Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2001JB000884>. Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

Preprint references

Where a preprint has subsequently become available as a peer-reviewed publication, the formal publication should be used as the reference. If there are preprints that are central to your work or that cover crucial developments in the topic, but are not yet formally published, these may be referenced. Preprints should be clearly marked as such, for example by including the word preprint, or the name of the preprint server, as part of the reference. The preprint DOI should also be provided.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all

products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley. Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. More information on how to remove field codes from different reference management software.

Reference style

Text: Indicate references by number(s) in square brackets in line with the text. The actual authors can be referred to, but the reference number(s) must always be given. *List:* Number the references (numbers in square brackets) in the list in the order in which they appear in the text.

Examples:

Reference to a journal publication:

[1] Van der Geer J, Hanraads JAJ, Lupton RA. The art of writing a scientific article. *J Sci Commun* 2010;163:51–9. <https://doi.org/10.1016/j.Sc.2010.00372>.

Reference to a journal publication with an article number:

[2] Van der Geer J, Hanraads JAJ, Lupton RA. The art of writing a scientific article. *Heliyon*. 2018;19:e00205. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>

Reference to a book:

[3] Strunk Jr W, White EB. *The elements of style*. 4th ed. New York: Longman; 2000. Reference to a chapter in an edited book:

[4] Mettam GR, Adams LB. How to prepare an electronic version of your article. In: Jones BS, Smith RZ, editors. *Introduction to the electronic age*, New York: E-Publishing Inc; 2009, p. 281–304.

Reference to a website:

[5] Cancer Research UK. Cancer statistics reports for the UK, <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/>; 2003 [accessed 13 March 2003]. Reference to a dataset:

[dataset] [6] Oguro M, Imahiro S, Saito S, Nakashizuka T. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions, Mendeley Data, v1; 2015. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Note shortened form for last page number. e.g., 51–9, and that for more than 6 authors the first 6 should be listed followed by 'et al.' For further details you are referred to 'Uniform Requirements for Manuscripts submitted to Biomedical Journals' (*J Am Med Assoc* 1997;277:927–34) (see also Samples of Formatted References). *Journal abbreviations source* Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations.

Video

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or

animation material is directly usable, please provide the file in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB per file, 1 GB in total. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages. Note: since video and Animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary material

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

Research data

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication

where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project. Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the research data page.

Data linking

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect With relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described. There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the database linking page. For supported data repositories a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

Data statement

To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission.

This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the Data Statement page.

AFTER ACCEPTANCE

Online proof correction

To ensure a fast publication process of the article, we kindly ask authors to provide us with their proof corrections within two days. Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors. If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author will, at no cost, receive 25 free paper offprints, or alternatively a customized Share Link providing 50 days free access to the final published version of the article on ScienceDirect.

The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's Author Services. Corresponding authors who have published their article gold open access do not receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.

AUTHOR INQUIRIES

Visit the Elsevier Support Center to find the answers you need. Here you will find everything from Frequently Asked Questions to ways to get in touch. You can also check the status of your submitted article or find out when your accepted article will be published.

©