



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA**



AMANDA PERES NUNES

**INFLUÊNCIA DO PROTOCOLO RESTAURADOR
NO COMPORTAMENTO BIOMECÂNICO DE
DENTES PRÉ-MOLARES COM LESÕES
CERVICAIS NÃO CARIOSAS E CAVIDADE
MOD: ANÁLISE POR ELEMENTOS FINITOS**

**UBERLÂNDIA
2024**

AMANDA PERES NUNES

**INFLUÊNCIA DO PROTOCOLO RESTAURADOR
NO COMPORTAMENTO BIOMECÂNICO DE
DENTES PRÉ-MOLARES COM LESÕES
CERVICAIS NÃO CARIOSAS E CAVIDADE
MOD: ANÁLISE POR ELEMENTOS FINITOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à Faculdade de Odontologia da UFU, como
requisito parcial para obtenção do título de
Graduada em Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Paulo César de Freitas
Santos Filho

Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre Coelho
Machado

UBERLÂNDIA
2024

AMANDA PERES NUNES

**INFLUÊNCIA DO PROTOCOLO RESTAURADOR
NO COMPORTAMENTO BIOMECÂNICO DE
DENTES PRÉ-MOLARES COM LESÕES
CERVICAIS NÃO CARIOSAS E CAVIDADE
MOD: ANÁLISE POR ELEMENTOS FINITOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de Graduada em Odontologia.

Banca Examinadora

Uberlândia, 21 de agosto de 2024

Prof. Dr. Paulo César de Freitas Santos Filho
Universidade Federal de Uberlândia – Uberlândia MG

Prof. Dr. Murilo de Sousa Menezes
Universidade Federal de Uberlândia – Uberlândia MG

Prof. Dr. Luiz Renato Paranhos
Universidade Federal de Uberlândia – Uberlândia MG

UBERLÂNDIA
2024

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, que sob muito sol me fez chegar aqui na sombra;
À minha mãe, que com sua fé sempre me colocou em suas orações;
À minha irmã, que trilhou seu caminho primeiro para que pudesse me guiar ao longo do meu;
Aos meus irmãos, que sempre estiveram ao meu lado, deixando tudo mais leve;
Aos meus familiares, pelo incentivo e por terem contribuído à sua forma para que eu pudesse chegar aqui;
A todos que estiveram ao meu lado, em especial minhas parceiras de jornada, de desabafos, de risadas, de choro, dos momentos bons e ruins;
Aos pacientes que confiaram em mim e contribuíram para o meu conhecimento e prática;
Aos professores que foram responsáveis por todos os aprendizados;
Aos demais funcionários dessa instituição que também contribuíram nos bastidores para que todas as coisas funcionassem da forma que deveriam;
Gratidão também a todos os momentos dessa longa jornada, bons e ruins, que me trouxeram até este lugar hoje;
E a todos que acreditaram e torceram por mim
Eu consegui!

Resumo

A perda de tecido dentário na região amelocementária é característica das lesões cervicais não cariosas (LCNC). Comumente na prática clínica, as LCNCs estão associadas com cavidades MOD e o protocolo restaurador inadequado pode gerar maiores concentrações de tensões residuais. O objetivo desse trabalho foi avaliar, utilizando o método de elementos finitos 3D, as tensões de contração geradas durante a polimerização da resina composta nas restaurações de dentes pré-molares com LCNC e cavidade MOD. Este estudo utilizou como referência modelo virtual tridimensional CAD (Computer Assisted Desing) de pré-molar superior hígido do banco de dados do grupo LNC. Este modelo CAD (3DM) apresenta dimensões e anatomia favorável e de acordo com a média da literatura e representa a anatomia coronária de dentina, polpa, esmalte e restaurações (LCNC e MOD). Quatro modelos foram processados de acordo com a sequência restauradora e técnica restauradora da MOD: 1- 1º Restauração da LCNC e 2º Restauração da MOD com a técnica incremental; 2- 1º Restauração da LCNC e 2º Restauração da MOD com a técnica bulkfill; 3- 1º Restauração da MOD com a técnica incremental e 2º a Restauração da LCNC; e 4- 1º Restauração da MOD com a técnica bulkfill e 2º a Restauração da LCNC. Após o processamento do modelo, os resultados das tensões de contração residuais foram plotados pelo critério de Von Mises Modificado. Conclui-se que a técnica incremental gerou maiores valores de tensão de contração residual independentemente da sequência restauradora e a sequência restauradora não afetou a tensão de contração residual, mas a restauração da LCNC antes da cavidade MOD gerou menores picos de tensão durante o procedimento.

Palavras-chave: Tensão de contração; Resinas compostas; Análise de elementos finitos

Abstract

The loss of dental tissue in the amelocementary region is characteristic of non-carious cervical lesions (NCCLs). Commonly in clinical practice, NCCLs are associated with MOD cavities, and improper restorative protocols can generate higher concentrations of residual stresses. The aim of this study was to evaluate, using the 3D finite element method, the contraction stresses generated during the polymerization of composite resin in restorations of premolar teeth with NCCLs and MOD cavity. This study used as a reference a three-dimensional virtual CAD (Computer Assisted Design) model of a healthy upper premolar from the LNC group's database. This CAD model (3DM) has dimensions and anatomy favorable and according to the literature average, representing the coronal anatomy of dentin, pulp, enamel, and restorations (NCCL and MOD). Four models were processed according to the MOD restorative sequence and restorative technique: 1- 1st NCCL Restoration and 2nd MOD Restoration with incremental technique; 2- 1st NCCL Restoration and 2nd MOD Restoration with bulk-fill technique; 3- 1st MOD Restoration with incremental technique and 2nd NCCL Restoration; and 4- 1st MOD Restoration with bulk-fill technique and 2nd NCCL Restoration. After model processing, the results of residual contraction stresses were plotted by Modified Von Mises criteria. It was concluded that the incremental technique generated higher values of residual contraction stress regardless of the restorative sequence, and the restorative sequence did not affect the residual contraction stress, but the restoration of NCCL before the MOD cavity generated lower stress peaks during the procedure.

Keywords: Shrinkage stress; Resin composite; Finite element analysis.

Sumário

Introdução-----	8
Materiais e método -----	9
Resultados-----	12
Discussão -----	14
Conclusão-----	16
Referências-----	16

Introdução

A resina composta para restauração direta é considerada um material eficaz para substituir o tecido perdido devido às suas propriedades estéticas, mecânicas e físicas (Ferracane *et al*, 2011; Ilie *et al*, 2017; Yoshizaki *et al*, 2017). Além disso, as resinas compostas têm um módulo de elasticidade semelhante ao da dentina; portanto, elas restabelecem a distribuição de tensão semelhante aos elementos dentários saudáveis, restaurando o comportamento biomecânico dos dentes (Yoshizaki *et al*, 2017). No entanto, a contração de polimerização ainda é considerada sua principal limitação, principalmente em cavidades com alto fator C (Kaisarly *et al*, 2017). A tensão de contração da polimerização leva a falhas na interface adesiva. Isso pode resultar em discrepância marginal se for maior do que a resistência de ligação entre o material restaurador e o tecido dentário remanescente. (Borges, 2014) Como resultado, microfraturas, pigmentação, microinfiltração, cáries secundárias e sensibilidade pós-operatória podem aparecer (Davidson *et al* 1984; Soares, C. *et al*, 2017; Versluis *et al*, 2009).

Identificar a causa de lesões cervicais não cariosas (LCNC) pode ser desafiador devido à alta prevalência e natureza multifatorial envolvida no desenvolvimento dessas lesões (Teixeira *et al*, 2020). A literatura explora os fatores contribuintes por meio de uma tríade envolvendo tensão, fricção e biocorrosão (Grippio *et al*, 2004; Grippo *et al* 2012). Essa associação de fatores tem sido cada vez mais estudada e aplicada no diagnóstico dessas lesões, revelando que os fatores causais podem estar relacionados à oclusão, (Borcic *et al*, 2005, Brandini *et al*, 2012a; Vasudeva *et al*, 2008) hábitos parafuncionais (Brandini *et al* 2012b) dietas (Struzycka *et al*, 2017) e problemas gástricos (Li, Liu, Chen, Wang e Zhang, 2017).

Na prática clínica, também é comum associar dentes com lesões cervicais não cariosas (LCNC) e restaurações mesio-ocluso-distais (MOD). As cavidades MOD estão presentes na rotina clínica devido à necessidade de remover cáries extensas envolvendo cristas marginais ou substituir restaurações insatisfatórias, levando a uma preparação extensa da cavidade.(Soares, P. *et al*, 2008) Essas cavidades resultam em estrutura dentária enfraquecida e também contribuem para a concentração de tensão na LCNC devido à proximidade de ambas as cavidades.(Borcic *et al*, 2005; Soares, P. *et al*, 2008a) Portanto, é necessário usar um material restaurador adesivo para imitar o comportamento biomecânico da

estrutura dentária perdida e promover a proteção da região cervical (Goodacre *et al*, 2023; Pereira *et al*, 2016). No entanto, o uso de um protocolo restaurador inadequado em restaurações MOD e em LCNCs pode gerar maiores concentrações de tensão residual e fissuras na estrutura dentária (Oliveira *et al*, 2018; Zeola *et al*, 2016).

Compreendendo essa situação clínica, a técnica incremental é recomendada ao restaurar preparos extensos (cavidade MOD) com uma resina convencional. (Soares, P. *et al*, 2008b). A abordagem de controle de volume da resina (2 mm) e o uso de incrementos oblíquos evitam a união de paredes opostas, resultando em menor flexão de cúspides (Pereira *et al*, 2016; Soares, C. *et al* 2017; Soares P. *et al*, 2008c). No entanto, essa técnica exige mais tempo clínico e pode resultar em maior incorporação de vazios pela presença de bolhas de ar durante a inserção incremental (Goodacre *et al*, 2023; Pereira *et al*, 2016; Zeola *et al*, 2016). Por outro lado, a maior translucidez das resinas bulk fill permite a inserção do material em incrementos de 4-5 mm, com uniformidade de polimerização e maior grau de conversão de monômeros, encurtando o procedimento clínico (Oliveira *et al*, 2018; Rosatto *et al*, 2015).

Apesar da existência de vários protocolos e indicações restauradoras, ainda não está claro o comportamento biomecânico quando ambas as cavidades estão presentes no mesmo dente. Portanto, o estudo teve como objetivo avaliar dois fatores: 1) Sequência da técnica restauradora (LCNC ou MOD); 2) Técnica restauradora para a cavidade MOD (preenchimento incremental ou bulk fill). A hipótese nula foi que a sequência e as técnicas de preenchimento restaurador não afetariam o comportamento biomecânico de lesões cervicais não cariosas e cavidades mesio-ocluso-distais em dentes pré-molares.

Materiais e método

Análise por elementos finitos – FEA

Um modelo tridimensional de um pré-molar superior foi usado, baseado em dados padrão de um pré-molar maxilar criado pelo grupo de pesquisa Lesões Não Cariadas (LCN) da Universidade de Uberlândia (Soares *et al*, 2008) usando software de design assistido por computador (CAD) (Rhinoceros 3D 4.0; Seattle, WA, EUA).

Neste modelo, operações booleanas geraram as geometrias de cavidades MOD e LCNC (Fig. 1). Para criar o volume de restauração da LCNC, o sólido foi gerado usando linhas Nurbs e Surfaces. As restaurações de cavidade MOD foram originadas pela mesma operação booleana de criação da cavidade e pela divisão deste volume: técnica Bulk fill em 2 incrementos horizontais e técnica convencional incremental em 8 incrementos oblíquos.

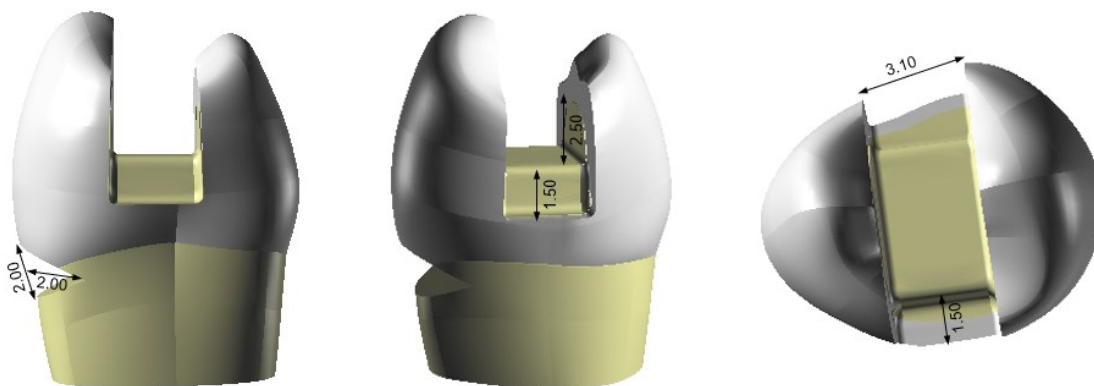


Figura 1. Visualização do modelo 3D e das dimensões dos preparos da LCNC e MOD.

Os modelos foram exportados como arquivos no formato Standard for the Exchange of Product Data (*.STEP) para um programa de pré-processamento (Patran Software 2010, MSC Software Corporation, Santa Ana, CA, EUA) para a criação de uma malha de elementos finitos utilizando elementos tetraédricos sólidos de 4 nós. A malha de cada estrutura foi exportada para um programa de análise de elementos finitos (Marc e Mentat, MSC Software Corporation), onde foram aplicadas as restrições de movimento e todas as estruturas unidas. Em seguida, foram inseridas as propriedades dos materiais (Tabela 1), e a contração de polimerização foi simulada por analogia térmica. A temperatura notional foi reduzida em 1 °C, enquanto a deformação de contração pós-gel foi inserida como o coeficiente de expansão térmica linear. Este estudo considerou todas as respostas dos materiais como linearmente elásticas e isotrópicas, e todas as interfaces entre os materiais foram unidas.

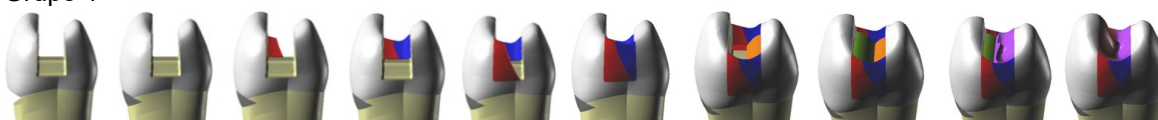
Tabela 1. Módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson, resistência à compressão e à tração diametral, e contração pós-gel aplicados na análise de elementos finitos

Estrutura	Módulo de elasticidade (GPa)	Coeficiente de Poisson (ν)	Resistência à compressão (MPa)	Resistência à compressão diametral (MPa)	Contração pós-gel (%)
-----------	------------------------------	----------------------------	--------------------------------	--	-----------------------

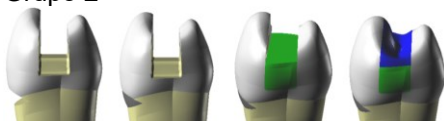
Esmalte	84.0	0.30	384.0	10.3	-
Dentina	18.0	0.23	297.0	98.7	-
Resina Filtek Z350	14.9	0.24	257.0	47.3	0.74
Resina Filtek Bulk One	13.30	0.24	117.91	52.91	0.197

O efeito da contração de polimerização respeitou a seguinte sequência de incrementos (Fig. 2), específica para cada grupo: Grupo 1 – 1º LCNC (1 incremento) e 2º MOD técnica incremental oblíqua (2 incrementos na crista marginal mesial; 2 incrementos na crista marginal distal; 4 incrementos na cavidade oclusal); Grupo 2 – 1º LCNC (1 incremento) e 2º MOD técnica Bulk fill horizontal (2 incrementos na cavidade oclusal); Grupo 3 – 1º MOD técnica incremental (2 incrementos na crista marginal mesial; 2 incrementos na crista marginal distal; 4 incrementos na cavidade oclusal) e 2º LCNC (1 incremento); Grupo 4 - 1 MOD técnica Bulk fill horizontal (2 incrementos na cavidade oclusal) e 2º LCNC (1 incremento).

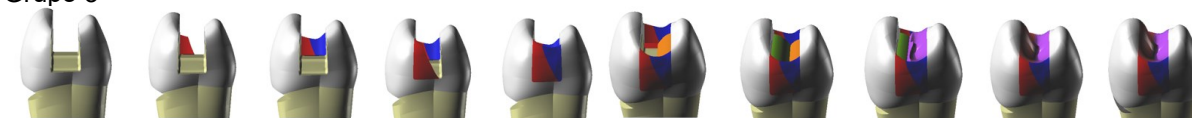
Grupo 1



Grupo 2



Grupo 3



Grupo 4

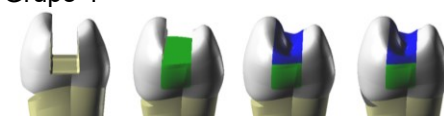


Figura 2. Visão geral das técnicas restauradoras simuladas: G1 - 1º LCNC (1 incremento) e 2º MOD técnica incremental (1- primeiro incremento mesial; 2- segundo incremento mesial; 3- primeiro incremento distal; 4- segundo incremento distal; 5- primeiro incremento de dentina; 6- segundo incremento de dentina; 7- primeiro incremento de esmalte; 8- segundo incremento de esmalte); G2 -

1º LCNC (1 incremento) e 2º MOD técnica Bulk-fill (1- primeiro incremento de dentina; 2- segundo incremento de esmalte); G3 – MOD técnica incremental (1- primeiro incremento mesial; 2- segundo incremento mesial; 3- primeiro incremento distal; 4- segundo incremento distal; 5- primeiro incremento de dentina; 6- segundo incremento de dentina; 7- primeiro incremento de esmalte; 8- segundo incremento de esmalte) e 2º LCNC (1 incremento); G4 – MOD técnica Bulk-fill (incremento de dentina; 2- incremento de esmalte) e 2º LCNC (1 incremento).

As tensões de contração residual (MPa) foram avaliadas pela tensão equivalente de Von Mises modificada, utilizando os valores de resistência à compressão e tração (Tabela 1), e a média dos 10% maiores valores de tensão entre todos os elementos de esmalte e dentina foram traçados em um gráfico.

Resultados

Tensão residual de contração (FEA)

Para determinar se o protocolo de restauração afeta a tensão residual de contração nos dentes pré-molares superiores, foi realizada uma análise de elementos finitos (FEA). As distribuições da tensão de contração residual, indicadas pela técnica de Von Mises Modificada, estão exibidas nas Figuras 3 e 4.

A Figura 3 mostra tensões de Von Mises mais elevadas para os grupos com a técnica incremental, particularmente na cúspide vestibular, em contraste com a técnica Bulk fill. Quando a cavidade MOD foi restaurada primeiro na técnica incremental, a tensão se concentrou no centro da cúspide vestibular. Quando a lesão cervical não cariosa (LCNC) foi restaurada antes da cavidade MOD, isso resultou em uma distribuição da tensão por toda a face da cúspide.

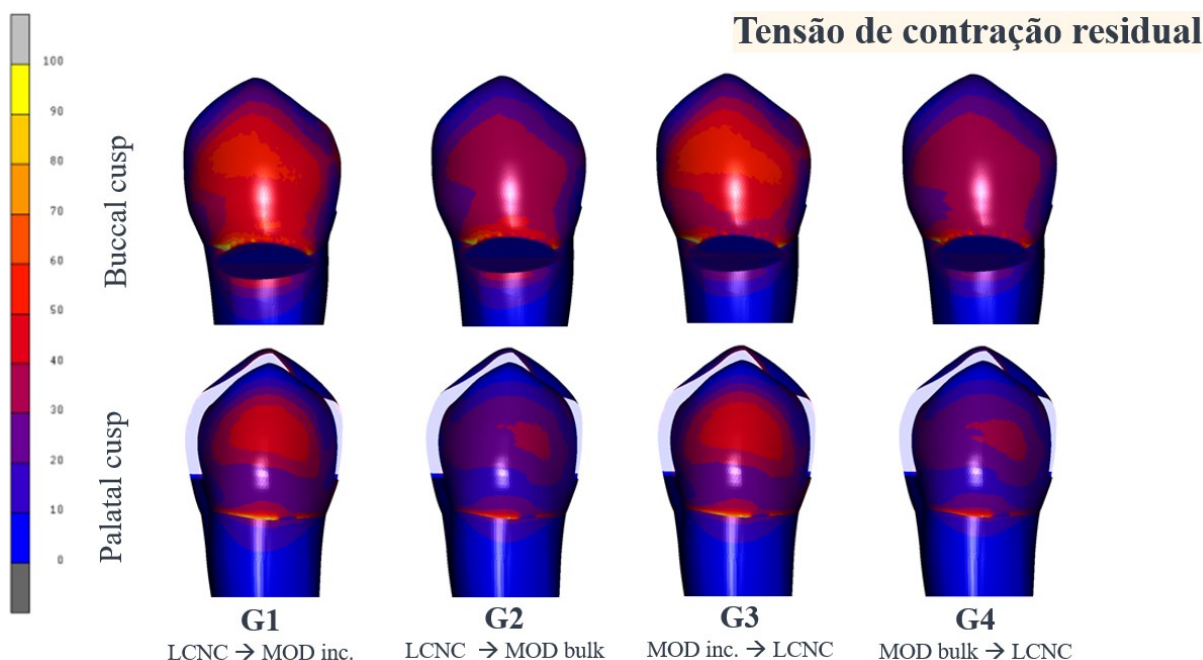


Figura 3. Distribuição da tensão de contração pela técnica de von Mises modificada (MPa) nas cúspides vestibulares e palatinas para os diferentes materiais e técnicas restauradoras. (G1) 1º LCNC e 2º MOD incremental; (G2) 1º LCNC e 2º MOD Bulk fill; (G3) 1º MOD incremental e 2º LCNC; (G4) 1º MOD Bulk fill e 2º LCNC.

A Figura 4 representa a distribuição da tensão de contração residual na área de seção transversal sagital dos dentes durante a fase do procedimento (A e B). Restaurar primeiro a área cervical gerou uma concentração de tensão abaixo da LCNC, que aumentou após a restauração da cavidade MOD. Restaurar primeiro a área da cavidade oclusal gerou uma concentração de tensão na profundidade da lesão cervical, que diminuiu após a cavidade LCNC ter sido restaurada.

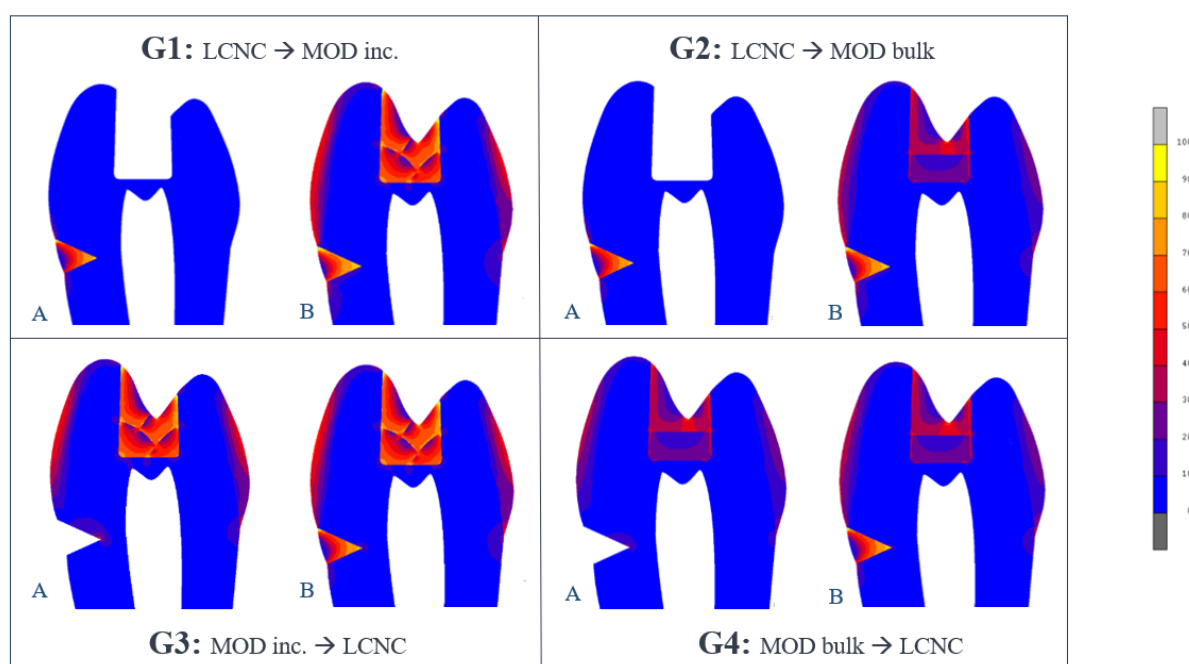


Figura 4. Distribuição da tensão de contração na técnica de Von Misses Modificado (Mpa) no corte sagital do dente. As letras A e B representam o estágio do procedimento: (A) Tensão de contração depois da primeira cavidade ser restaurada (B) tensão de contração depois de ambas as cavidades serem restauradas.

O gráfico de tensão (Fig. 5) mostra a média dos valores de tensão 10% mais altos entre todos os elementos de esmalte e dentina. A contração residual foi maior para a técnica incremental, como ilustrado no final das curvas. Restaurar a cavidade LCNC primeiro gerou picos menores de tensão no esmalte durante o procedimento.

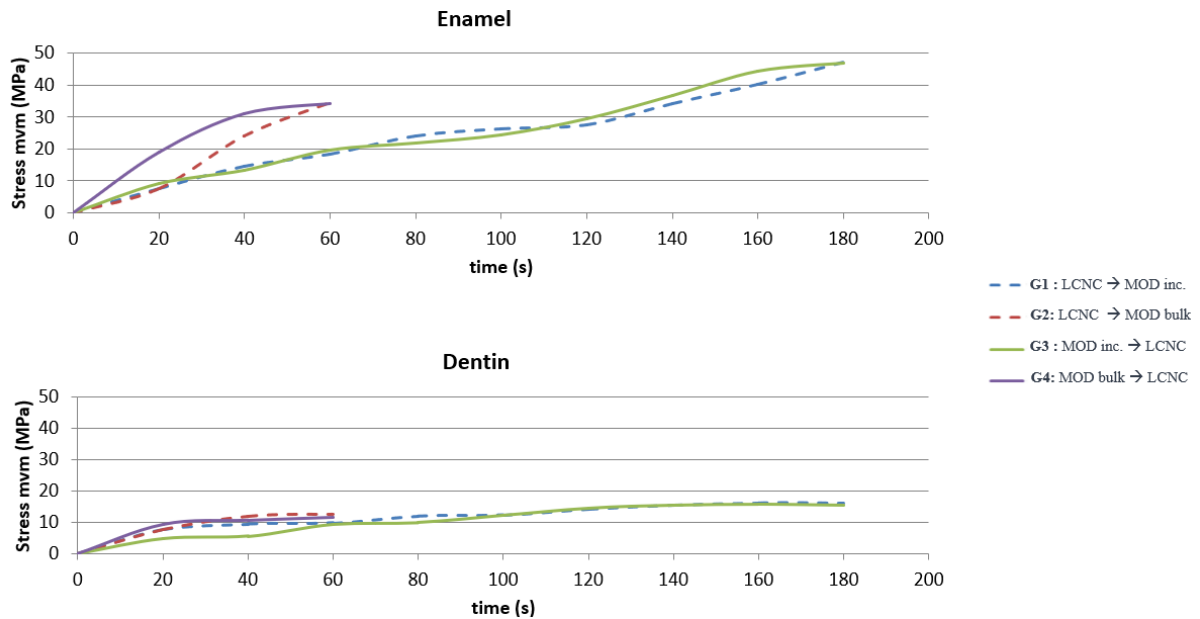


Figura 5. Média das tensões de contração (cúspides vestibulares e linguais) em esmalte e em dentina durante o procedimento restaurador pela análise de elementos finitos. (G1) 1º LCNC e 2º MOD incremental; (G2) 1º LCNC e 2º MOD Bulk fill; (G3) 1º MOD incremental e 2º LCNC; (G4) 1º MOD Bulk fill e 2º LCNC.

Discussão

A hipótese nula deste estudo foi rejeitada porque foi observado que a sequência e as técnicas restauradoras afetam o comportamento biomecânico de cavidades LCNC e MOD em dentes pré-molares. As restaurações de LCNC são necessárias para prevenir o acúmulo de tensão na cavidade e sua progressão. Essas lesões têm alta prevalência e é clinicamente comum observar sua associação com cavidades oclusais, como uma MOD. Nesse contexto, este estudo investigou o comportamento biomecânico ao restaurar ambas as cavidades no mesmo dente, especificamente em dentes pré-molares superiores. O pré-molar superior foi escolhido para análise devido à sua localização no arco dentário, morfologia e proporção coroa-raiz, (Soares *et al*, 2014) além da alta prevalência de hipersensibilidade dentinária associada a lesões cervicais não cariosas (Liang *et al*, 2017).

A relação entre a tensão de contração e a resistência à tração dos materiais pode refletir diretamente a adesão entre a resina composta e a estrutura do dente. Se a tensão gerada durante a polimerização exceder a resistência à tração, podem ocorrer complicações na camada híbrida adesiva (Borges *et al*, 2014; Soares *et al*, 2017; Versluis *et al*, 2009). Isso destaca a importância de gerenciar eficazmente as tensões de contração durante o processo restaurador. A análise por elementos

finitos (FEA) foi utilizada, sendo capaz de demonstrar a tensão de contração residual através de uma simulação computacional, assim como outros estudos que foram realizados anteriormente (Arya *et al*, 2023; Jiang *et al*, 2023; Versluis *et al*, 2004).

Estudos anteriores mostraram que restaurar com resinas de baixa contração gerava menos tensão (Oliveira *et al*, 2022; Oliveira Schiliebe *et al*, 2016; Rosatto *et al*, 2015). Isso fica evidente em nossos resultados, pois a técnica Bulk apresentou menor tensão de contração residual em comparação com a técnica Incremental. Outros estudos envolvendo dentes pré-molares revelaram que a cúspide palatina experimentou níveis mais altos de tensão de contração residual do que a cúspide vestibular (Martins, Oliveira e Braga, 2020), o que pode ser atribuído à anatomia da cúspide palatina, que possui um volume estrutural reduzido (Bicalho *et al*, 2015; Rosatto *et al*, 2015; Zeola *et al*, 2016). Em contraste, o presente estudo mostrou que a cúspide vestibular apresentou níveis mais altos de tensão de contração residual. Pode-se inferir que a presença de LCNC alterou o padrão de distribuição de tensão, enfraquecendo a cúspide específica.

Em relação à sequência restauradora na FEA, nossas análises revelam que restaurar a área cervical antes da cavidade MOD leva a uma concentração de tensão abaixo da LCNC para a cúspide vestibular. A área cervical é considerada uma área crítica de restaurar devido à proximidade do tecido gengival, o desafio do controle de umidade pela dificuldade de usar isolamento absoluto, e a presença de dentina esclerosada, que pode afetar a resistência da adesão. Por outro lado, restaurar primeiro a área cervical gerou uma concentração de tensão na profundidade da LCNC da cúspide vestibular, o que pode estar associado à sensibilidade pós-operatória, dependendo da proximidade com a polpa.

Na verdade, a sequência de restauração afetou a distribuição e concentração de tensão. No entanto, esses resultados não foram significativos para sugerir a geração de sensibilidade pós-operatória ou afetar a resistência da adesão na área cervical, considerando que os valores de tensão residual de contração foram mais baixos em comparação com a resistência das estruturas (esmalte e dentina) (Rosatto, Bicalho e Veríssimo, 2015). O gráfico (Fig. 5) dos valores médios de tensão ilustrou que a técnica afetou a tensão de contração residual representado pelo fim da curva, mas também mostra que restaurar primeiro a cavidade LCNC gerou um pico de tensão menor no esmalte durante o procedimento.

No entanto, este é um estudo *in silico* e, considerando as limitações metodológicas, os resultados devem ser interpretados com cautela, pois podem não ser significativos para o desempenho clínico das restaurações de LCNC e MOD.

A perda de estrutura dentária relacionada ao preparo de LCNC (Lesões Cervicais Não Cariosas) e MOD (Mesio-Ocluso-Distal) são consideradas fatores relevantes na modificação do padrão de tensão dos dentes, e o protocolo de restauração desempenha um papel importante na substituição da biomecânica dos dentes.(Goodacre *et al*, 2023; Pereira *et al*, 2016). Para o sucesso clínico da restauração, é essencial controlar a tensão gerada pela contração da polimerização, e a sequência e o protocolo de restauração estão envolvidos nesse processo. Portanto, o conhecimento desses fatores guiará as decisões dos profissionais dentistas em relação à restauração dos dentes com ambas as cavidades nessa situação. Os resultados sugerem restaurar a cavidade MOD com a técnica Bulk fill, começando pela LCNC.

Conclusão

Em conclusão, a sequência e o protocolo de restauração da cavidade MOD e das LCNCs afetam o comportamento biomecânico em dentes pré-molares. A técnica de preenchimento incremental resultou nos maiores valores de tensão de contração residual. Restaurar a LCNC antes da MOD não afetou a tensão residual, mas levou a picos de tensão menores durante o procedimento.

Referências

ARYA, A.; GREWAL, M. S.; ARYA, V.; CHOUDHARY, E.; DUHAN, J. Stress distribution of endodontically treated mandibular molars with varying amounts of tooth structure restored with direct composite resin with or without cuspal coverage: A 3D finite element analysis. *Journal of Conservative Dentistry*, v. 26, n. 1, p. 20-25, 2023. DOI: 10.4103/jcd.jcd_333_22.

BICALHO, A. A.; DE SOUZA, S. J.; DE ROSATTO, C. M.; TANTBIROJN, D.; VERSLUIS, A.; SOARES, C. J. Effect of temperature and humidity on post-gel shrinkage, cusp deformation, bond strength and shrinkage stress - Construction of a chamber to simulate the oral environment. *Dental Materials*, v. 31, n. 12, p. 1523-1532, 2015. DOI: 10.1016/j.dental.2015.09.023.

BORCIC, J.; ANIC, I.; SMOJVER, I.; CATIC, A.; MILETIC, I.; RIBARIC, S. P. 3D finite element model and cervical lesion formation in normal occlusion and in

malocclusion. *Journal of Oral Rehabilitation*, v. 32, n. 7, p. 504-510, jul. 2005. DOI: 10.1111/j.1365-2842.2005.01455.x.

BORGES, A. L.; BORGES, A. B.; XAVIER, T. A.; BOTTINO, M. C.; PLATT, J. A. Impact of quantity of resin, C-factor, and geometry on resin composite polymerization shrinkage stress in Class V restorations. *Operative Dentistry*, v. 39, n. 2, p. 144-151, mar./abr. 2014. DOI: 10.2341/12-440-L.

BRANDINI, D. A.; PEDRINI, D.; PANZARINI, S. R.; BENETE, I. M.; TREVISAN, C. L. Clinical evaluation of the association of noncarious cervical lesions, parafunctional habits, and TMD diagnosis. *Quintessence International*, v. 43, n. 3, p. 255-262, mar. 2012.

BRANDINI, D. A.; TREVISAN, C. L.; PANZARINI, S. R.; PEDRINI, D. Clinical evaluation of the association between noncarious cervical lesions and occlusal forces. *Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 108, n. 5, p. 298-303, nov. 2012. DOI: 10.1016/S0022-3913(12)60180-2.

DAVIDSON, C. L.; DE GEE, A. J. Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. *Journal of Dental Research*, v. 63, n. 2, p. 146-148, fev. 1984. DOI: 10.1177/00220345840630021001.

FERRACANE, J. L. Resin composite—state of the art. *Dental Materials*, v. 27, n. 1, p. 29-38, jan. 2011. DOI: 10.1016/j.dental.2010.10.020.

GOODACRE, C. J.; EUGENE ROBERTS, W.; MUNOZ, C. A. Noncarious cervical lesions: Morphology and progression, prevalence, etiology, pathophysiology, and clinical guidelines for restoration. *Journal of Prosthodontics*, v. 32, n. 2, p. e1-e18, 2023. DOI: 10.1111/jopr.13585.

GOODACRE, C. J.; EUGENE ROBERTS, W.; MUNOZ, C. A. Noncarious cervical lesions: Morphology and progression, prevalence, etiology, pathophysiology, and clinical guidelines for restoration. *Journal of Prosthodontics*, v. 32, n. 2, p. e1-e18, 2023. DOI: 10.1111/jopr.13585.

GRIPPO, J. O.; SIMRING, M.; COLEMAN, T. A. Abfraction, abrasion, biocorrosion, and the enigma of noncarious cervical lesions: a 20-year perspective. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, v. 24, n. 1, p. 10-23, fev. 2012. DOI: 10.1111/j.1708-8240.2011.00487.x.

GRIPPO, J. O.; SIMRING, M.; SCHREINER, S. Attrition, abrasion, corrosion and abfraction revisited: a new perspective on tooth surface lesions. *Journal of the American Dental Association*, v. 135, n. 8, p. 1109-1118; quiz 1163-1165, ago. 2004. DOI: 10.14219/jada.archive.2004.0369.

ILIE, N.; HILTON, T. J.; HEINTZE, S. D.; HICKEL, R.; WATTS, D. C.; SILIKAS, N.; STANSBURY, J. W.; CADENARO, M.; FERRACANE, J. L. Academy of Dental Materials guidance-Resin composites: Part I-Mechanical properties. *Dental Materials*, v. 33, n. 8, p. 880-894, ago. 2017. DOI: 10.1016/j.dental.2017.04.013.

JIANG, J.; SUN, J.; MA, H.; WANG, J.; HUANG, Z.; ZHOU, S. Stress intensity factor of a cracked molar restored with different materials and designs: A 3D-FEA. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, v. 142, p. 105818, 2023. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2023.105818.

KAISARLY, D.; GEZAWI, M. E. Polymerization shrinkage assessment of dental resin composites: a literature review. *Odontology*, v. 104, n. 3, p. 257-270, set. 2016. DOI: 10.1007/s10266-016-0264-3.

LI, W.; LIU, J.; CHEN, S.; WANG, Y.; ZHANG, Z. Prevalence of dental erosion among people with gastroesophageal reflux disease in China. *Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 117, n. 1, p. 48-54, 2017. DOI: 10.1016/j.prosdent.2016.04.029.

LIANG, X.; WEI, Z.; HU, D.; RUAN, J. Prevalence of dentin hypersensitivity among the residents of Xi'an city, China. *Acta Odontologica Scandinavica*, v. 75, n. 6, p. 387-393, 2017. DOI: 10.1080/00016357.2017.1323348.

MARTINS, L. C.; OLIVEIRA, L. R. S.; BRAGA, S. S. L.; et al. Effect of Composite Resin and Restorative Technique on Polymerization Shrinkage Stress, Cuspal Strain and Fracture Load of Weakened Premolars. *Journal of Adhesive Dentistry*, v. 22, n. 5, p. 503-514, 2020. DOI: 10.3290/j.jad.a45180.

OLIVEIRA SCHLIEBE, L. R. S.; LOURENÇO BRAGA, S. S.; DA SILVA PEREIRA, R. A.; et al. The new generation of conventional and bulk-fill composites do not reduce the shrinkage stress in endodontically-treated molars. *American Journal of Dentistry*, v. 29, n. 6, p. 333-338, 2016.

OLIVEIRA, A. A.; RIBEIRO, M. L. P.; COSTA, P. V. M.; PEREIRA, R. D.; VERSLUIS, A.; VERÍSSIMO, C. The effect of filling technique on the cuspal strain, polymerization shrinkage stress, enamel crack formation and depth of cure of restored molars. *Dental Materials*, v. 38, n. 8, p. 1404-1418, 2022. DOI: 10.1016/j.dental.2022.06.033.

OLIVEIRA, L. R. S.; BRAGA, S. S. L.; BICALHO, A. A.; RIBEIRO, M. T. H.; PRICE, R. B.; SOARES, C. J. Molar cusp deformation evaluated by micro-CT and enamel crack formation to compare incremental and bulk-filling techniques. *Journal of Dentistry*, v. 74, p. 71-78, 2018. DOI: 10.1016/j.jdent.2018.04.015.

OLIVEIRA, L. R. S.; BRAGA, S. S. L.; BICALHO, A. A.; RIBEIRO, M. T. H.; PRICE, R. B.; SOARES, C. J. Molar cusp deformation evaluated by micro-CT and enamel crack formation to compare incremental and bulk-filling techniques. *Journal of Dentistry*, v. 74, p. 71-78, 2018. DOI: 10.1016/j.jdent.2018.04.015.

PEREIRA, F. A.; ZEOLA, L. F.; DE ALMEIDA MILITO, G.; REIS, B. R.; PEREIRA, R. D.; SOARES, P. V. Restorative material and loading type influence on the biomechanical behavior of wedge shaped cervical lesions. *Clinical Oral Investigations*, v. 20, n. 3, p. 433-441, 2016. DOI: 10.1007/s00784-015-1523-3.

PEREIRA, F. A.; ZEOLA, L. F.; DE ALMEIDA MILITO, G.; REIS, B. R.; PEREIRA, R. D.; SOARES, P. V. Restorative material and loading type influence on the biomechanical behavior of wedge shaped cervical lesions. *Clinical Oral Investigations*, v. 20, n. 3, p. 433-441, 2016. DOI: 10.1007/s00784-015-1523-3.

ROSATTO, C. M.; BICALHO, A. A.; VERÍSSIMO, C.; et al. Mechanical properties, shrinkage stress, cuspal strain and fracture resistance of molars restored with bulk-fill composites and incremental filling technique. *Journal of Dentistry*, v. 43, n. 12, p. 1519-1528, 2015. DOI: 10.1016/j.jdent.2015.09.007.

SOARES, C. J.; FARIA-E-SILVA, A. L.; RODRIGUES, M. de P.; VILELA, A. B. F.; PFEIFER, C. S.; TANTBIROJN, D.; VERSLUIS, A. Polymerization shrinkage stress of composite resins and resin cements – What do we need to know?. *Brazilian Oral Research*, v. 31, e62, 2017. DOI: 10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0062.

SOARES, P. V.; SOUZA, L. V.; VERÍSSIMO, C.; et al. Effect of root morphology on biomechanical behaviour of premolars associated with abfraction lesions and different loading types. *Journal of Oral Rehabilitation*, v. 41, n. 2, p. 108-114, 2014. DOI: 10.1111/joor.12113.

SOARES, Paulo Vinicius; SANTOS-FILHO, Paulo Cesar Freitas; GOMIDE, Henner Alberto; ARAUJO, Cleudmar Amaral; MARTINS, Luis Roberto Marcondes; SOARES, Carlos Jose. Influence of restorative technique on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary premolars. *The Journal Of Prosthetic Dentistry*, [S.L.], v. 99, n. 2, p. 114-122, fev. 2008. Elsevier BV. DOI: 10.1016/s0022-3913(08)60027-x.

SOARES, Paulo Vinicius; SANTOS-FILHO, Paulo Cesar Freitas; GOMIDE, Henner Alberto; ARAUJO, Cleudmar Amaral; MARTINS, Luis Roberto Marcondes; SOARES, Carlos Jose. Influence of restorative technique on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary premolars. *The Journal Of Prosthetic Dentistry*, [S.L.], v. 99, n. 2, p. 114-122, fev. 2008. Elsevier BV. DOI: 10.1016/s0022-3913(08)60027-x.

SOARES, Paulo Vinicius; SANTOS-FILHO, Paulo Cesar Freitas; MARTINS, Luis Roberto Marcondes; SOARES, Carlos Jose. Influence of restorative technique on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary premolars. Part I: fracture resistance and fracture mode. *The Journal Of Prosthetic Dentistry*, [S.L.], v. 99, n. 1, p. 30-37, jan. 2008. Elsevier BV. DOI: 10.1016/s0022-3913(08)60006-2.

SOARES, Paulo Vinicius; SANTOS-FILHO, Paulo Cesar Freitas; MARTINS, Luis Roberto Marcondes; SOARES, Carlos Jose. Influence of restorative technique on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary premolars. Part I: fracture resistance and fracture mode. *The Journal Of Prosthetic Dentistry*, [S.L.], v. 99, n. 1, p. 30-37, jan. 2008. Elsevier BV. DOI: 10.1016/s0022-3913(08)60006-2.

STRUŻYCKA, I.; LUSSI, A.; BOGUSŁAWSKA-KAPAŁA, A.; RUSYAN, E. Prevalence of erosive lesions with respect to risk factors in a young adult population in Poland-a cross-sectional study. *Clinical Oral Investigations*, v. 21, n. 7, p. 2197-2203, set. 2017. DOI: 10.1007/s00784-016-2012-z.

TEIXEIRA, D. N. R.; THOMAS, R. Z.; SOARES, P. V.; CUNE, M. S.; GRESNIGT, M. M. M.; SLOT, D. E. Prevalence of noncarious cervical lesions among adults: A systematic review. *Journal of Dentistry*, v. 95, p. 103285, abr. 2020. DOI: 10.1016/j.jdent.2020.103285.

VASUDEVA, G.; BOGRA, P. The effect of occlusal restoration and loading on the development of abfraction lesions: A finite element study. *Journal of Conservative Dentistry*, v. 11, n. 3, p. 117-120, jul. 2008. DOI: 10.4103/0972-0707.45250.

VERSLUIS, A.; TANTBIROJN, D. Relationship between shrinkage and stress. In: DENTAL COMPUTING AND APPLICATIONS: ADVANCED TECHNIQUES FOR CLINICAL DENTISTRY. 2009. p. 45-64. DOI: 10.4018/978-1-59904-618-1.ch003.

VERSLUIS, A.; TANTBIROJN, D.; PINTADO, M. R.; DELONG, R.; DOUGLAS, W. H. Residual shrinkage stress distributions in molars after composite restoration. *Dental Materials*, v. 20, n. 6, p. 554-564, 2004. DOI: 10.1016/j.dental.2003.05.007.

YOSHIZAKI, K. T.; FRANCISCONI-DOS-RIOS, L. F.; SOBRAL, M. A.; ARANHA, A. C.; MENDES, F. M.; SCARAMUCCI, T. Clinical features and factors associated with non-carious cervical lesions and dentin hypersensitivity. *Journal of Oral Rehabilitation*, v. 44, n. 2, p. 112-118, fev. 2017. DOI: 10.1111/joor.12469.

ZEOLA, L. F.; PEREIRA, F. A.; MACHADO, A. C.; et al. Effects of non-carious cervical lesion size, occlusal loading and restoration on biomechanical behaviour of premolar teeth. *Australian Dental Journal*, v. 61, n. 4, p. 408-417, 2016. DOI: 10.1111/adj.12391.

ZEOLA, L. F.; PEREIRA, F. A.; MACHADO, A. C.; et al. Effects of non-carious cervical lesion size, occlusal loading and restoration on biomechanical behaviour of premolar teeth. *Australian Dental Journal*, v. 61, n. 4, p. 408-417, 2016. DOI: 10.1111/adj.12391.