

## **ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA LESÃO CERVICAL NÃO CARIOSA, MATERIAL RESTAURADOR E CARREGAMENTO OCLUSAL NA DEFORMAÇÃO DE PRÊMOLARES SUPERIORES PELO MÉTODO DE MOIRÉ – ESTUDO PILOTO.**

**Guilherme Faria Moura**, Univesidade Federal de Uberlândia, [guifamo@gmail.com](mailto:guifamo@gmail.com)  
**Giovana de Almeida Milito**, Universidade Federal de Uberlândia, [giovanamilito@gmail.com](mailto:giovanamilito@gmail.com)  
**Lívia Fávaro Zeola**, Universidade Federal de Uberlândia, [liviazeola@gmail.com](mailto:liviazeola@gmail.com)  
**Fabricia de Araujo Pereira**, Universidade Federal de Uberlândia, [fabricia\\_pereira@hotmail.com](mailto:fabricia_pereira@hotmail.com)  
**Paulo Vinícius Soares**, Universidade Federal de Uberlândia, [paulovsoares@yahoo.com.br](mailto:paulovsoares@yahoo.com.br)

*O objetivo desse estudo foi analisar pela técnica de Moiré de projeção as deformações ocorridas na estrutura pré-molares superiores (PMS) pela influência da lesão cervical não cariosa (LCNC), da cavidade mesio-ocluso-distal (MOD) restaurada com diferentes materiais e a carga oclusal. Dezoito PMS foram distribuídos aleatoriamente em 6 grupos (n=3). Grupo A: MOD restaurada com amálgama; AL: MOD em amálgama + LCNC não restaurada; ALR: MOD em amálgama + LCNC restaurada; R: MOD em resina composta (RC); RL: MOD em RC + LCNC não restaurada; RLR: MOD em RC + LCNC restaurada. As amostras foram submetidas a carregamentos oclusais axiais e oblíquos (30°). As deformações foram analisadas pelo método de Moiré nas direções mesio-distal (MD), cervico-oclusal (CO), e buco-lingual (BL). Os resultados mostraram que os grupos com LCNC não restauradas apresentaram maiores valores de deformação, tanto na direção MD quanto na CO. O grupo AL com carregamento oblíquo apresentou maiores valores tanto na direção MD quanto na direção CO. Na direção BL o carregamento e o material restaurador não influenciaram. Esse estudo concluiu que pela técnica de Moiré é possível quantificar deformações na estrutura dental e que LCNC, material restaurador da MOD e o carregamento oclusal influenciaram na deformação de PMS.*

**Palavras chave:** *Projeções de Moiré, franjas de Moiré, deformação, lesão cervical não cariosa, pré-molares superiores.*

### **1. INTRODUÇÃO**

A relação de fatores oclusais com as LCNC só se tornaram mais evidentes a partir de trabalhos que, através do método de elementos finitos, mostraram a concentração de tensões da região cervical (Lee et al., 2002). Forças oclusais excêntricas geradas durante a mastigação, hábitos parafuncionais e contatos prematuros foram relacionados com a perda de estrutura na região cervical. As interferências oclusais geram concentração de tensão e deformações na estrutura dental que, dependendo da intensidade e frequência, podem resultar em fadiga e possível ruptura de estruturas muito rígidas como o esmalte dental, resultando em falha (Reyes et al., 2009).

Outro fator que, associado às LCNCs, pode intensificar as tensões geradas na região cervicais é a presença de restaurações oclusais. Perdas de estrutura advindas de cárie, acesso do canal radicular e preparo cavitário influenciam a rigidez dental deixando o dente mais suscetível a falhas que podem levar a fratura, principalmente em dentes tratados endodonticamente (ElAyouti et al., 2011). A perda de cristas marginais proximais e parede pulpar gera concentração de tensão e promove grande deflexão de cúspide (Soares et al., 2008).

Visando uma distribuição de tensões mais homogênea em dentes com extensa perda de estrutura, a escolha do material restaurador é de fundamental importância. Quando um material não adesivo, como o amálgama, é utilizado na restauração de dentes com restaurações classe II, que perderam suas cristas marginais, a deflexão das cúspides pode ser intensificada durante a mastigação, levando à geração de tensões e possíveis fraturas devido à fadiga (Assif et al., 2003; Siso et al., 2007). Em casos como esses é indicada a utilização de materiais restauradores adesivos, como a resina composta que possui propriedades mecânicas semelhantes as da dentina e é capaz de devolver ao dente tratado um comportamento biomecânico semelhante ao de um dente hígido (Jiang W, 2010; Taha et al., 2011). Para a análise das deformações ocorridas nas estruturas dentais e materiais restauradores o método de extensometria é bastante utilizado (Soares et al., 2008), porém tal método possui como limitação a mensuração da deformação ocorrida apenas na superfície onde foi posicionado o extensômetro, portanto não possibilita quantificar a deformação ocorrida em toda a estrutura dental/material restaurador. Métodos computacionais, como o método de elementos finitos, também possibilitam quantificar a deformação ocorrida frente à aplicação de carga, porém, em muitas situações, as estruturas analisadas necessitam ser simplificadas em sua geometria e padronizadas quanto as suas propriedades físicas para a geração do modelo. Portanto tal método nos permite prever algumas situações clínicas, porém não retratam com fidelidade a situação real, sendo necessária sua complementação ou validação pela associação com outros métodos laboratoriais.

Frente à necessidade de métodos alternativos que forneçam informação tridimensional estática e dinâmica e que permitam sua utilização também no contexto clínico, a técnica de moiré parece ser uma alternativa por atender a esses pré-requisitos (Zhang et al., 2010). Trata-se de um método de medição tridimensional da deformação de superfícies

amplamente utilizado na engenharia. Este método explora o efeito de moiré, um fenômeno óptico, resultante da superposição de um padrão de franja de uma referência e um padrão.

O objetivo desse estudo foi utilizar a técnica de Moiré de projeção para a análise das deformações ocorridas na estrutura dental e da influência da presença da LCNC, da cavidade MOD restaurada com diferentes tipos materiais e do tipo de carga oclusal no padrão de deformação em pré-molares superiores.

As hipóteses desse estudo são:

A presença da LCNC, o tipo de material restaurador para cavidade MOD e o tipo de carga oclusal influencia na deformação de pré-molares superiores nas direções.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Preparo das amostras

Após submissão e aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (REGISTRO CEP/UFU 171/11) dezoito pré-molares superiores humanos saudáveis (1 e 2 pré-molares) foram selecionados para este estudo.

As amostras foram distribuídas aleatoriamente em seis grupos (n = 3). Grupo A: cavidade classe II MOD com restauração de amálgama; grupo AL: cavidade classe II MOD com restauração de amálgama e lesão cervical não cariosa (LCNC); grupo ARL: cavidade classe II MOD com restauração de amálgama e LCNC restaurada; grupo R: cavidade classe II MOD com restauração de resina composta; grupo RL: cavidade classe II MOD com resina composta e lesão cervical não cariosa (LCNC); grupo RRL: cavidade classe II MOD com restaurações de resina composta e LCNC restaurada.

Os dentes foram incluídos em resina acrílica 2 milímetros apical à junção dentina-esmalte. Cavidades classe II MOD foram feitas com uma máquina de preparação padronizada (Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil). Para preparação das cavidades MOD e LCNC foi utilizado um instrumento de corte ponta de diamante, tronco cônico, proporcionando forma expansiva a cavidade MOD e em forma de chama, fazendo uma LCNC de 2,0 milímetros de profundidade e abertura de 1,6 milímetros na região de junção cimento-esmalte na face vestibular.

Os canais radiculares foram instrumentados com limas tipo K, da lima 10 a lima 50 (Dentsply Maillefer). A solução de hipoclorito de sódio a 2,5% foi utilizado para irrigar e limpar o canal radicular.

Restaurações de resina composta, cavidades MOD e LCNCs, foram feitas da seguinte forma: em cada preparo foi realizado condicionamento com ácido fosfórico 37% (3M ESPE) por 15 segundos, lavado com água e spray de ar por 15 segundos, e excesso de umidade foi removido com absorvente papel. Duas aplicações de um sistema adesivo de 1 passo (Single Bond 2; 3M ESPE) foram realizadas com um intervalo de 20 segundos, e fotopolimerizado por 20 segundos com uma unidade de luz halógena com 800 mW / cm<sup>2</sup> de intensidade (XL3000, 3M ESPE). A resina composta de nanopartículas (Z350, 3M ESPE) foi inserida em incrementos de espessuras de 2 mm e fotopolimerizado em seguida por 40 segundos.

Para as restaurações de amálgama um metal da matriz (TDV) foi adaptado para o dente e o amálgama (Permite C; SDI) foi preparado em um misturador mecânico (UltraMate, SDI) durante 8 segundos e em seguida inserido, condensado, esculpido e polido nas cavidades MOD.

### 2.2 Método de projeção de Moiré

Um padrão de franja a ser projetada sobre a superfície em análise foi gerado digitalmente, composto por linhas oblíquas.

O método de projeção de Moiré foi composto por um dispositivo de aplicação de carga (Fig 2.A), que foram projetados na Universidade Federal de Uberlândia, uma câmera CCD (Fig 2.C. - Sony Progressive Scan Monochrome, 1280x960 pixels), um projetor (Fig 2.D - Sistema de projeção DLP @ tecnologia da Texas Instrumentais LED 3), tudo fixo em uma mesa de isolamento de vibração. A câmera e o projetor foram conectados a um computador. Como um plano de referência (Fig 2.B), foi utilizado um anteparo branco opaco de 10x6 cm. O arranjo foi configurado para que o projetor iluminasse e projetasse o padrão de franjas na superfície da amostra; a câmera foi posicionada ao lado do projetor LCD, a fim de observar a superfície ortogonal.

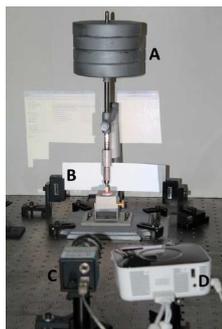


Figura 2. A- Dispositivo de aplicação de carga. B- Anteparo branco. C- Camera CCD. D- Projetor. Tudo fixo em uma mesa com isolamento de vibrações.

Cada amostra foi analisada em duas posições diferentes, de modo que o padrão de franjas projetado na superfície bucal (Fig 3A e C), bem como a superfície proximal (Fig 3B e D) e, em cada posição foram aplicados dois tipos de carga, axial (Fig 3A e B) e 30 ° oblíqua (Fig 3.C e D). Em cada uma das quatro situações as amostras foram posicionadas no dispositivo de aplicação da carga e o padrão de franjas foi projetada antes da aplicação da carga para a obtenção do retículo de referência (Rr). Subsequentemente carga 100N foi aplicada para se obter o modelo retículo (Mr). Em cada amostra, por conseguinte, oito imagens foram geradas.

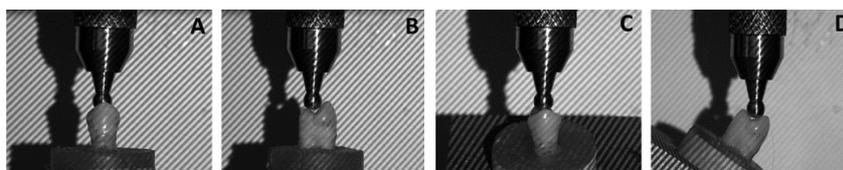


Figura 3. Diferentes posições de análise das amostras. A e C análises por vestibular. C e D análises por lingual. A e B análises axiais. C e D análises oblíquas.

As imagens digitais de Rr e Mr foram sobrepostas por algoritmos de software que revelam um padrão de franjas secundário. O padrão originado fornece informações sobre a topografia do objeto em relação ao plano de referência. Uma técnica conhecida como "mudança de fase" foi associada para determinar a dimensão de três informações sobre o objeto observado. Para a aplicação desta técnica, quatro imagens com padrões de franjas deslocadas, foram obtidos. O deslocamento de fase ( $\delta$ ) introduzido em cada imagem tinha os padrões de franjas deslocadas 1/4 de período do retículo, que é a distância entre o centro de duas linhas escuras contíguos ( $\delta = 0, \pi / 2, \pi, 3\pi / 2, 2\pi$ ).

Não é possível medir a tensão, mas pode ser calculada. Tensão linear foi calculado utilizando um software específico (Matlab, MathWorks), medindo o deslocamento relativo entre duas linhas escuras adjacentes das franjas resultantes de imagens sobrepostas. Os valores de deformação foram calculados a partir de análise de três direções diferentes: mesiodistal (MD), cervico-oclusal (CO) e buco-lingual (BL).

Os dados de deformação foram submetidos a ANOVA três fatores seguido pelo Teste de Tukey, sendo realizada uma análise para cada direção de deformação (MD, CO e BL). Os fatores avaliados foram “restauração MOD”, “LCNC” e “carregamento”. Utilizou-se um nível de significância de 95% para todas as análises.

### 3. RESULTADOS

ANOVA para a deformação na direção MD mostrou efeito significativo de tratamento para os fatores “restauração MOD” ( $P = 0,032$ ), “LCNC” ( $P < 0,001$ ) e “carregamento” ( $P < 0,001$ ). As interações duplas “restauração MOD” x “LCNC” ( $P = 0,019$ ) e “LCNC” x “carregamento” ( $P < 0,001$ ) foram significativas. Já a interação dupla “carregamento” x “restauração MOD” ( $P = 0,193$ ) e a interação tripla ( $P = 0,106$ ) não apresentaram efeito significativo.

A Tabela 1 mostra os resultados para a interação entre os fatores “restauração MOD” e “LCNC” na direção MD. Independente do material usado para restauração MOD, a presença de LCNC mostrou os maiores valores de deformação, não havendo diferença entre a ausência de LCNC ou LCNC restaurada. Apenas na presença de LCNC, restaurações MOD de amálgama levaram a maiores valores de formação que as de resina composta ( $P = 0,001$ ). Para ausência de LCNC ( $P = 0,615$ ) e LCNC restaurada ( $P = 0,744$ ) não houve diferença entre os materiais usados na confecção da restauração MOD.

**Tabela 1.** Média (DP) dos valores de deformação ( $10^{-4}$ ) causada pela interação entre LCNC e material usado na restauração MOD avaliada na direção MD.

Cavidade MOD Material Restaurador	NCCL		
	Ausente	Presente	Restaurado
Amálgama	6,0 (1,2) Ba	40,2 (14,2) Aa	6,7 (1,3) Ba
Resina Composta	5,4 (1,4) Ba	36,1 (10,5) Ab	7,1 (1,4) Bb

Letras distintas (maiúsculas comparam LCNC na horizontal, minúsculas comparam restauração MOD na vertical) indicam diferença estatística ( $\alpha = 0,05$ ).

A Tabela 2 mostra os resultados para a interação entre os fatores “restauração MOD” e “LCNC” na direção CO. Independente do material usado para a restauração MOD, a presença de LCNC mostrou os maiores valores de deformação, não havendo diferença entre a ausência de LCNC ou LCNC restaurada.

**Tabela 2.** Média (DP) dos valores de deformação ( $10^{-4}$ ) causada pela interação entre LCNC e material usado na restauração MOD avaliada na direção CO.

Cavidade MOD / Material Restaurador	LCNC		
	Ausente	Presente	Restaurada
Amálgama	2,4 (0,2) Ba	16,2 (5,2) Aa	2,3 (0,2) Ba
Resina Composta	2,2 (0,1) Ba	14,5 (4,1) Ab	2,5 (0,3) Ba

Letras distintas (maiúsculas comparam LCNC na horizontal, minúsculas comparam restauração MOD na vertical) indicam diferença estatística ( $\alpha = 0,05$ ).

A Tabela 3 mostra os resultados do teste de Tukey para fatores “carregamento” e “LCNC” na direção CO. Independente do tipo de carregamento, a presença de LCNC gerou os maiores valores de deformação, não havendo diferença entre ausência de LCNC e LCNC restaurada.

**Tabela 3.** Média (DP) dos valores de deformação ( $10^{-4}$ ) causada pela interação entre LCNC e tipo de carregamento avaliada na direção CO.

Tipo de Carregamento	LCNC		
	Ausente	Presente	Restaurado
Axial	2,4 (0,2) Ba	11,1 (0,4) Ab	2,5 (0,2) Ba
Oblíquo	2,1 (0,1) Ba	19,7 (2,3) Aa	2,2 (0,1) Ba

Letras distintas (maiúsculas comparam LCNC na horizontal, minúsculas comparam carregamento na vertical) indicam diferença estatística ( $\alpha = 0,05$ ).

ANOVA para a deformação na direção BL mostrou efeito significativo de tratamento para os fatores “LCNC” ( $P < 0,001$ ) e “carregamento” ( $P < 0,001$ ), mas não para o fator “restauração MOD” ( $P = 0,141$ ). Apenas a interação dupla “restauração MOD” x “LCNC” ( $P < 0,001$ ) mostrou efeito significativo de tratamento. As interações duplas “LCNC” x “carregamento” ( $P = 0,389$ ) e “carregamento” x “restauração MOD” ( $P = 0,563$ ) e a interação tripla ( $P = 0,302$ ) não apresentaram efeito significativo. A Tabela 4 mostra que na presença de restauração MOD de amálgama, a ausência de LCNC mostrou os maiores valores de deformação, não havendo diferença entre LCNC presente e restaurada. Já na presença de restauração MOD de resina composta, a presença de LCNC resultou nos menores valores de deformação, não havendo diferença entre ausência de LCNC e LCNC restaurada. Na ausência ( $P = 0,011$ ) e presença ( $0,021$ ) de LCNC, restaurações MOD de amálgama resultaram em maiores valores de deformação que a de resina composta. O inverso ocorreu para a LCNC restaurada ( $P = 0,016$ ).

**Tabela 4.** Média (DP) dos valores de deformação ( $10^{-4}$ ) causada pela interação entre LCNC e material restaurador da cavidade MOD avaliada na direção BL.

Cavidade MOD Material Restaurador	LCNC		
	Ausente	Presente	Restaurada
Amálgama	5,8 (0,9) Aa	4,9 (1,1) Ba	5,3 (0,7) Bb
Resina Composta	5,3 (0,9) Ab	4,5 (0,7) Bb	5,7 (0,8) Aa

Letras distintas (maiúsculas comparam LCNC na horizontal, minúsculas comparam restauração MOD na vertical) indicam diferença estatística ( $\alpha = 0,05$ ).

#### 4. CONCLUSÃO

O presente estudo analisou as deformações em PM, na presença ou ausência de LCNC, submetidos a diferentes carregamentos e com MOD restauradas com diferentes materiais. À partir dos resultados podemos concluir que:

1. O método de Moiré de projeção permite analisar as deformações que ocorrem nas superfícies da estrutura dental;
2. Os fatores lesão cervical, tipo de material restaurador e tipo de carregamento oclusal influenciaram no padrão de deformação de pré-molares nas direções méso-distal e cervico-oclusal;
3. A lesão não-restaurada foi o fator que mais influenciou no aumento da deformação nas direções MD e CO.
4. O carregamento oblíquo mostrou maiores valores de deformação superiores ao carregamento axial.

#### 5. REFERÊNCIAS

1. Assif, D., et al., Assessment of the resistance to fracture of endodontically treated molars restored with amalgam. *J Prosthet Dent*, 2003. 89(5): p. 462-5.
2. ElAyouti, A., et al., Influence of cusp coverage on the fracture resistance of premolars with endodontic access cavities. *Int Endod J*, 2011. 44(6): p. 543-9.
3. Jiang W, B.H., Yongchun G, LongXing N, Stress distribution in molars restored with inlays or onlays with or without endodontic treatment: a three-dimensional finite element analysis. *J Prosthet Dent*, 2010(1): p. 6-12.
4. Lee, H.E., et al., Stresses at the cervical lesion of maxillary premolar--a finite element investigation. *J Dent*, 2002. 30(7-8): p. 283-90.
5. Reyes, E., et al., Abfractions and attachment loss in teeth with premature contacts in centric relation: clinical observations. *J Periodontol*, 2009. 80(12): p. 1955-62.
6. Siso, S.H., et al., Fracture resistance of the buccal cusps of root filled maxillary premolar teeth restored with various techniques. *Int Endod J*, 2007. 40(3): p. 161-8.
7. Soares, P.V., et al., Influence of restorative technique on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary premolars. Part II: strain measurement and stress distribution. *J Prosthet Dent*, 2008. 99(2): p. 114-22.
8. Taha, N.A., J.E. Palamara, and H.H. Messer, Cuspal deflection, strain and microleakage of endodontically treated premolar teeth restored with direct resin composites. *J Dent*, 2009. 37(9): p. 724-30.
9. Zhang, R., et al., A study of labial groove-textures of upper central incisors by Shadow Moire technology. *J Oral Rehabil*, 2010. 37(7): p. 501-8.

#### 6. AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo incentivo à pesquisa e ensino, e à FAPESP, possibilitou a vinda dos professores para execução do projeto.

#### 7. ABSTRACT

The aim of this study was to analyze the technical Moiré projection deformations occurring in premolars (PMS) structure by the influence of non-carious cervical lesions (NCCL), the mesial-occlusal-distal cavity (MOD) restored with different materials and occlusal load. Eighteen PMS were randomly divided into 6 groups ( $n = 3$ ). Group A: MOD restored with amalgam; AL: MOD amalgam + not restored NCCL; ALR: MOD amalgam + restored NCCL; R: MOD composite resin (CR); RL: MOD CR + not restored NCCL; RLR: MOD CR + restored NCCL. The samples were subjected to axial and occlusal oblique ( $30^\circ$ ) loads. The strains were analyzed by Moiré method in mesiodistal (MD), cervical-occlusal (CO) and buccolingual (BL) directions. The results showed that the groups with non-restored NCCL had higher deformation values in both direction MD and CO. The AL group with oblique loading showed higher values in both direction CO and MD. Toward in BL direction loading and restorative materials not influenced. This study concluded that the Moiré technique is able to quantify the deformations in tooth structure, and NCCL, restorative material in MOD and occlusal loading influenced the deformation of PMS.