

INFLUÊNCIA DO TIPO DE COMPÓSITO E TEMPO DE EXPOSIÇÃO AOS RAIOS-X NA PRODUÇÃO DE ARTEFATOS RADIOGRÁFICOS EM MODELO DE RESTAURAÇÕES CLASSE II

Influence of the composite type and exposure time to x-rays on the
production of radiographic artifacts in a class II restoration model

 Hanieri Gustavo de Oliveira^a

 José Lucas Pereira de Araújo^a

 Boniek Castillo Dutra Borges^a

 Patrícia Teixeira de Oliveira^a

^aFederal University of Rio Grande do Norte, Postgraduate Program In Dental Sciences, Natal, RN, Brazil.

Autor de correspondência: Hanieri Gustavo de Oliveira - E-mail: hanierigustavo@gmail.com

Data de envio: 26/03/2022 **Data de aceite:** 23/05/2022



RESUMO

Objetivo: Avaliar o efeito do tempo de exposição e do tipo de compósito na produção de artefato radiográfico na interface dente/material restaurador. **Materiais e Métodos:** Em 20 incisivos bovinos hígidos foram feitos preparos cavitários e restaurações classe II utilizando resinas compostas Filtek Bulk Fill One (grupo 1) e a Filtek Z350 (grupo 2). Em seguida, os dentes foram expostos para obtenção das radiografias digitais, variando o tempo de exposição em 0,07, 0,10, 0,14, 0,20 e 0,25s. As imagens foram avaliadas para investigação da presença de artefato através da análise do número de pixels modificado (QPXD) e do valor médio de cinza nas restaurações de classe II (MGVR), utilizando o software Image J (Instituto Nacional de Saúde, Bethesda, MD, EUA). **Resultados:** Observou-se a presença de artefato em toda amostra avaliada, independente de tipo de material restaurador e tempo de exposição empregado. Não se observou diferença estatisticamente significativa na QPXD e nos MGVR entre as resinas utilizadas (ANOVA 2 fatores, $p > 0,05$). A análise do MGVR indicou que não houve diferenças estatisticamente significativas entre as resinas nem entre os tempos de exposição ($p > 0,05$). Observou-se uma correlação entre a QPXD e o MGVR ($r = 0,29$) para a resina Filtek Bulk Fill One. **Discussão:** Como significado clínico, o presente estudo revela a importância da atenção à região da interface dente-restauração por parte do Cirurgião-Dentista, o qual deve aliar os achados radiográficos diagnosticados com o auxílio de ferramentas digitais aos sinais clínicos, para compor um projeto terapêutico singular com uma real necessidade de intervenção, caso haja. **Conclusão:** Foi identificado a presença de pixels alterados sobre a dentina na região da interface dente-restauração em todos os corpos de prova. A variação do tempo de exposição como também o tipo do compósito restaurador não influenciou no aumento ou diminuição do QPXD e nem tão pouco no MGVR. Contudo houve correlação entre o QPXD e o MGVR para a resina Filtek Bulk Fill One. **Palavras-chave:** Resinas compostas. Radiografia dentária digital. Artefatos.

ABSTRACT

Aim: To evaluate the effect of the exposure time and the type of composite in the production of radiographic artifact at the tooth / restorative interface. **Materials and Methods:** In 20 healthy bovine incisors, cavity preparations and class II restorations were made using composite resins Filtek Bulk Fill One (group 1) and Filtek Z350 (group 2). Then, the teeth were exposed to obtain digital radiographs, varying the exposure time by 0.07, 0.10, 0.14, 0.20 and 0.25s. The images were evaluated for investigation of the presence of artifact through the analysis of the modified number of pixels (QPXD) and the average gray value in class II (MGVR) restorations, using the Image J software (National Health Institute). **Results:** The presence of artifact was observed in all evaluated samples, regardless of the type of restorative material and the exposure time employed. There was no statistically significant difference in QPXD and MGVR between the resins used (ANOVA 2 factors, $p > 0.05$). The MGVR analysis indicated that there were no statistically significant differences between resins or between exposure times ($p > 0.05$). There was a correlation between QPXD and MGVR ($r = 0.29$) for Filtek Bulk Fill One resin. **Discussion:** This study reveals the importance of attention to the region of the tooth-restoration interface by the Surgeon-Dentist, who must combine the radiographic findings diagnosed using digital tools to clinical signs in order to compose a unique therapeutic project with a real need for intervention, if there is such need. **Conclusion:** The presence of altered pixels on dentin in the region of the tooth-restoration interface was identified in all specimens. The variation in the exposure time as well as the type of the restorative composite did not influence the increase or decrease of QPXD and neither in MGVR. However, there was a correlation between QPXD and MGVR for Filtek Bulk Fill One resin.

Keywords: Composite resins. Radiography, dental, digital. Artifacts.

INTRODUÇÃO

As excelentes propriedades estéticas e mecânicas apresentadas pelas resinas compostas, atualmente, tornaram-nas material de escolha para restauração de dentes com lesões de cárie¹. Entretanto, falhas ao longo do tempo tais como o aparecimento de lesões de cárie adjacentes ao material restaurador e desadaptação do compósito ao dente, especialmente na margem cervical de cavidades Classe II de *Black*, são as principais causas de falhas de restaurações com esse material¹⁻³. Dessa maneira, o diagnóstico acurado desse tipo de lesão é de primordial importância, uma vez que interpretações inadequadas podem acarretar na troca desnecessária da restauração, o que acelera o processo de envelhecimento do elemento dentário⁴.

Devido à dificuldade de visualização clínica direta das faces proximais, o diagnóstico de lesões adjacentes às margens cervicais ou desadaptação marginal de cavidades Classe II de *Black* requer exames de imagem complementares, cujo mais comum é a radiografia intraoral⁵. Na atualidade, a radiografia odontológica utiliza os sistemas de imagem digital, que apesar de permitirem a realização de ajustes e melhoria da qualidade da imagem, podem gerar artefatos, principalmente na interface dente/material restaurador, os quais geram imagem sugestiva de lesão de cárie ou desadaptação marginal. Esse ruído, conhecido como artefato de *Überschwinger*, pode ser visto quando há diferentes densidades entre estruturas adjacentes, e caracteriza-se pela presença de um halo radiolúcido paralelo à interface com alta densidade^{6,7}. Assim, a descoberta de protocolos que diminuam ou caracterizem o aparecimento desse tipo de artefato aumentaria a acurácia do método no diagnóstico de falhas marginais em restaurações Classe II com resina composta.

Mais recentemente, resinas compostas do tipo *bulk fill* de viscosidades baixa e regular foram lançadas no mercado para restauração de cavidades em dentes posteriores, incluindo as Classes II de *Black*. Enquanto as de baixa viscosidade requerem um compósito de cobertura com maior resistência mecânica que fique exposto ao ambiente oral, as de viscosidade regular podem ser utilizadas ao longo de toda a cavidade e, em comparação às tradicionais pela técnica restauradora incremental, propiciam redução do tempo de trabalho devido à inserção de incrementos mais espessos (até 5 mm) que as convencionais (até 2 mm) com o mesmo desempenho clínico^{8,9}. Entretanto, esses materiais podem apresentar

diferenças nas densidades radiográficas, o que influenciaria no aparecimento do artefato de *Überschwinger*⁷.

Além do próprio material restaurador, a dose de exposição é um outro fator que pode influenciar na densidade da imagem radiográfica e, conseqüentemente, no aparecimento de artefatos¹⁰. Nos aparelhos radiográficos intraorais, a dose de exposição é controlada pelo tempo de exposição, onde um maior ou menor tempo influenciará no grau de escurecimento e no contraste das estruturas radiografadas¹¹. Radiograficamente, a densidade e o contraste dos tecidos dentários e dos materiais restauradores podem ser avaliados por meio de ferramentas digitais como o valor da intensidade do pixel (0 a 255), e o *mean gray value* (MGV) pela ferramenta ROI (*region of interest*). Ambas as ferramentas permitem quantificar alterações de densidade e contraste nos tecidos ou materiais estudados, especialmente lesões de cárie, desadaptação de materiais restauradores ou artefatos radiográficos^{12,13}.

Entretanto, no tocante às resinas compostas *bulk fill* de viscosidade regular, há necessidade de avaliar a influência do tempo de exposição aos raios-X em tomadas radiográficas digitais na intenção de desvendar o tempo que propiciaria menor quantidade de artefatos radiolúcidos na margem cervical de restaurações Classe II de Black. Isso aumentaria a acurácia do diagnóstico de lesão adjacente ao material restaurador bem como desadaptação marginal que, se realizado de maneira equivocada, implicam diretamente na troca desnecessária da restauração. Ademais, a literatura parece carecer de informações se a quantidade de artefato radiolúcido na margem cervical de cavidades classe II restauradas com resinas compostas está relacionada à sua radiopacidade.

Este estudo tem por objetivo avaliar a influência do tipo de compósito e tempo de exposição aos raios-X na produção de artefatos radiográficos em modelos de restaurações posteriores do tipo classe II.

Espera-se que não haja influência do tipo de compósito e tempos de exposição aos raios-x testados na produção de artefatos radiográficos em modelos de restaurações classe II.

MATERIAIS E MÉTODOS

Delineamento experimental

Este estudo é caracterizado como experimental “in vitro”. As variáveis dependentes estudadas foram (1) o número de pixels alterados na interface dentina restauração (QPXD) e (2) a média da quantidade de cinza da resina composta na imagem radiográfica (MGVR). As variáveis independentes foram (1) o tipo de resina composta em dois níveis: (a) compósito convencional da técnica incremental (Filtek Z350 XT, 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA); e (b) compósito de técnica *bulk fill* (Filtek One Bulk Fill, 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) e (2) o tempo de exposição aos raios-X (0,07 s; 0,10 s; 0,14 s; 0,20 s e 0,25 s). As unidades experimentais consistiram em 20 modelos de cavidades Classe II confeccionadas em incisivos bovinos (n = 10 por grupo). A composição detalhada dos materiais utilizados no presente estudo está listada na Tabela 1.

Tabela 1 – Resinas compostas utilizadas neste estudo divididos por grupo.

Material e fabricante	Tipo do compósito	Composição química (% em peso)	Lote
Filtek One Bulk Fill, 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA – A2	Bulk fill de viscosidade regular	<i>Silane treated ceramic</i> (60-70); <i>aromatic urethane dimethacrylate</i> (10-20); <i>1,12-dodecane dimethacrylate</i> – DDDMA (<10); <i>diurethane dimethacrylate</i> – UDMA (1-10); <i>ytterbium fluoride</i> (1-10); <i>silane treated zirconia</i> (<5); <i>water</i> (<5)	19185008 94
Filtek Z350 XT, 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA – A2E	Convencional da técnica incremental	<i>Silane treated ceramic</i> (60-80); <i>silane treated silica</i> (1-10); <i>diurethane dimethacrylate</i> – UDMA (1-10); <i>bisphenol a polyethylene glycol diether dimethacrylate</i> – BisEMA6 (1-10); <i>bisphenol a diglycidyl ether dimethacrylate</i> – BisGMA (1-10); <i>silane treated zirconia</i> (1-5); <i>polyethylene glycol dimethacrylate</i> – PEGDMA (<5); <i>triethylene glycol dimethacrylate</i> – TEGDMA (<1)	19071002 26

Fonte: MSDS e google patentes

Seleção e preparo das amostras

A técnica descrita por Cavalcanti et al.¹⁴, norteou os aspectos metodológicos desta pesquisa. Corpos de prova com restaurações classe II foram criados a partir de 20 incisivos bovinos hígidos, livres de trincas e defeitos estruturais e desinfetados em timol (0,1%) a 40°C durante 07 dias, distribuídos em 10 grupos experimentais (n=10), de acordo com os compósitos utilizados (2) e os tempos de exposição aos raios-X (5).

Inicialmente foram selecionados 180 incisivos bovinos, para que fossem utilizados 20 em perfeitas condições para compor a população estudada, dos demais 60 foram reservados para substituir algum que sofrera danos durante a realização do preparo cavitário. Tal conduta foi realizada para garantir o padrão de qualidade dos corpos de prova (figura 1.A).

Para a realização dos preparos das cavidades, com a finalidade de padronização, foi selecionada a face proximal mais plana de cada dente e seguida retificada por lixa de carbetto de silício (SIC) de granulação 600 em politriz refrigerada 1400W 220V (Bosh, Gerlingen, Alemanha). Foram então realizados cortes na porção coronária do elemento dental, em uma altura de 6,0mm acima do limite amelo-cementário. Para esse procedimento utilizou-se discos diamantados dupla-face (#7020, KG SORENSEN, BARUERI, SP, BRASIL) operados em baixa rotação sob constante irrigação. Após o corte, a superfície do dente recebeu o acabamento com lixa de SIC de granulação 600 em politriz com refrigeração constante (figura 1.B).

Com o intuito de criar uma base estável, foram criados moldes de PVC, com 2,54 cm de diâmetro e 2,0 cm de altura (tubo de PVC de 2 polegadas, Tigre, Joinville, SC, Brasil), para em seguida encaixá-los em uma lâmina de 5,0 mm cera utilidade (Lysanda, São Paulo, SP, Brasil). Na segunda fase da criação da base, cada dente foi posicionado no centro do molde e incrustados, vertendo-se resina de poliestireno, com catalisador em proporção 2:1 (Resina Cristal, Hidroglass, Natal, RN, Brasil), por sua raiz tendo com limite cervical 6,0 mm abaixo da junção cimento esmalte (figura 1.C).

Foram realizados os preparos de cavidades classe II do tipo slot vertical na superfície proximal de cada dente, utilizando pontas diamantadas (FG #3145, KG SORENSEN, BARUERI, SP, BRASIL), em alta rotação e sob refrigeração constante (TURBINA – KAVO DO BRASIL, JOINVILLE, SC, BRASIL) (figura 1.D).

Obedeceu-se a margem cervical da cavidade localizada em esmalte e suas dimensões testadas com um paquímetro digital (MITUTOYO SUL AMERICANA, SÃO PAULO, SP, BRASIL), as quais respeitaram as medidas pré definidas de 4,0 mm no

sentido vestibulo-lingual, 4,0 mm no sentido cérvico-oclusal e 1,5 mm no sentido mésio-distal (figura 1.E).

Procedimento restaurador

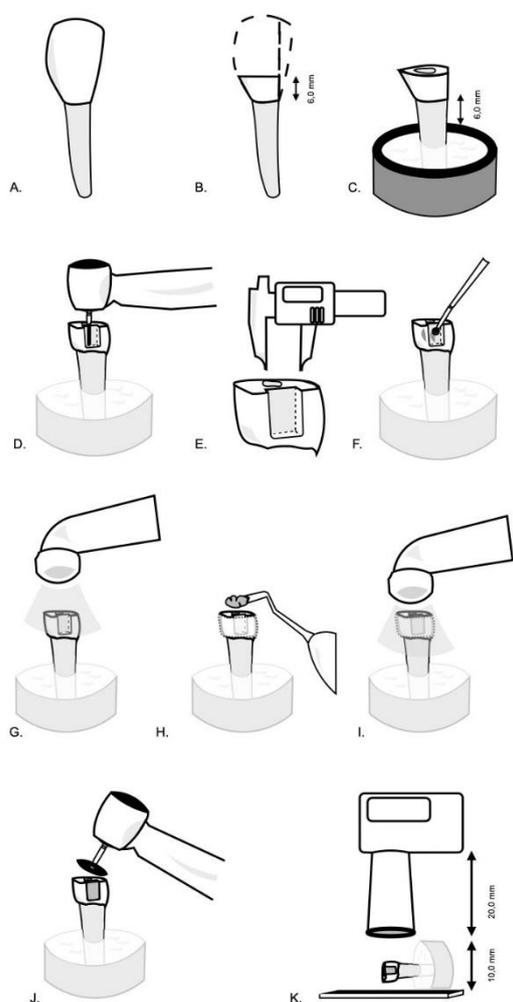
Os modelos de cavidade foram aleatoriamente divididos para os dois compósitos utilizados (n = 10) e restaurados obedecendo-se as recomendações do fabricante descritas a seguir (figuras 1.F, 1.G, 1.H e 1.I):

1. Condicionamento seletivo do esmalte com ácido fosfórico 37% (Condac37 - FGM) por 15 s;
2. Lavagem para remoção do gel ácido fosfórico 37% durante 30 segundos com jatos de água da seringa tríplice;
3. Remoção do excesso de água da cavidade com papel absorvente;
4. Aplicação do adesivo Single Bond Universal (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA – lote 1909100631) utilizando-se um aplicador descartável ativamente em toda a superfície da cavidade durante 20 segundos;
5. Aplicação de um leve jato de ar sobre o líquido durante 5 segundos;
6. Fotoativação do adesivo por 10 segundos com um aparelho diodo emissor de luz – LED (Radii Plus, SDI, Victoria, Austrália - 1500mW/cm²);
7. Confeção de matrizes individuais para o preenchimento adequado dos preparos Classe II, na qual tais matrizes unitárias foram confeccionadas com fita adesiva (Scotch, 3M, Sumaré, SP, Brasil) envolvendo toda a circunferência do dente, associada a um pedaço de tira matriz metálica (5 mm) (Império Dental – AJ de Lucena LTDA, Jaboatão, PE, Brasil) colocado apenas no limite proximal do preparo;
8. Inserção do compósito e fotoativação (Radii Plus) pela face oclusal/incisal por 20 segundos para cada incremento (2 incrementos de 2,0 mm para filtek Z350 XT e 1 incremento de 4,0 mm para filtek Bulk fill one).

A confecção das restaurações foi realizada por um aluno do 7º período da graduação em Odontologia, bolsista PIBIC, UFRN, previamente treinado, que ao término de cada corpo de prova fez sua identificação com a letra do grupo e o número do corpo. Tal procedimento foi necessário para prover o cegamento do pesquisador que ficou responsável pela análise das densidades.

Posteriormente, os dentes ficaram armazenados em água destilada a 37° C por 24 horas até que fosse executado o acabamento e polimento das restaurações. Para tal, discos de lixa do tipo Sof-Lex Pop On (3M ESPE, St Paul, USA) em ordem decrescente de abrasividade foram empregados (figura 1.J). Devido à ausência de excessos proximais, cada disco era friccionado por 10 s em movimentos intermitentes sobre a interface dente/restauração no sentido de cervical para oclusal/incisal. Após utilização de cada disco, os resíduos eram retirados com jato de ar/água por 30 s previamente ao uso do subsequente. Os discos foram substituídos a cada cinco restaurações. Após isso, armazenou-se os dentes em água destilada na temperatura de aproximadamente 37°C para posterior execução da tomada radiográfica.

Figura 1 – Preparação dos corpos de prova e obtenção das imagens radiográficas



Legenda:

- A. Seleção dos dentes;
- B. escolha da face plana, marcação e secção proximal em 90° e horizontal a 6,0 mm de distância da cervical;
- C. Incrustação do dente em resina cristal com margem radicular de 6,0 mm;
- D. Ponta diamantada FG #3145 em posição e preparo da cavidade classe II;
- E. Vista ampliada da cavidade Classe II com avaliação por paquímetro digital;
- F. Condicionamento seletivo e Aplicação do adesivo;
- G. Fotoativação do adesivo com Aparelho Rádi Plus;
- H. Dente com matriz e inserção do incremento;
- I. Fotoativação do incremento;
- J. Discos para acabamento e polimento;
- K. Montagem do conjunto corpo de prova / placa de fósforo no posicionador, ajuste do tempo de exposição e tomada radiográfica.

Análise dos pixels alterados e dos valores médios de cinza

Aquisição das imagens radiográficas

Para a análise da Quantidade de Pixels Alterados na Dentina (QPXD) e o Valor Médio de Cinza (MGVR) no compósito restaurador, foram feitas inicialmente as tomadas radiográficas dos corpos de prova. Todas as radiografias foram realizadas por um pesquisador, radiologista, no Serviço de Imagenologia Odontológica do Departamento de Odontologia da UFRN, utilizando o aparelho Ion 70X, com filtro de alumínio de 0,5 mm de espessura, 220v e colimador circular de 20,0 cm de comprimento do ponto focal (Procion, 70 KV and 8 mA, São Paulo, SP, Brazil).

Objetivando-se o controle de qualidade, foi utilizado um dispositivo com 10,0 cm de comprimento, especialmente confeccionado para esta pesquisa, o qual permitiu padronizar o posicionamento do corpo de prova e do feixe de raios X, mantendo a distância foco-receptor de 30,0 cm e o ângulo vertical perpendicular à superfície dos dentes. Sobre o encaixe do dispositivo posicionador, foi colocado um receptor radiográfico, tamanho 2, com resolução de 22 LP/mm, 1100 dpi e tamanho de pixel 50 µm, tipo placa de fósforo PSP VistaScan Mini (Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Germany). Em seguida foi inserido o corpo de prova, no suporte específico, de modo em que a sua face lingual ficasse em contato com o PSP e o feixe principal de raios-x incidisse em sua face vestibular (Figura 1.K).

Em seguida foram feitas 05 tomadas radiográficas para cada corpo de prova, variando o tempo de exposição. Seguindo o menor tempo do aparelho e o máximo aceitável para a exposição, segundo o fabricante da placa de fósforo. Em seguida essa faixa foi dividida em quintos, chegando aos valores de 0.07, 0.10, 0.14, 0.20 e 0.25.

Tais radiografias foram realizadas pelo pesquisador sem o mesmo saber a qual tipo de compósito restaurador se tratava, pois os corpos de prova estavam nominados de acordo com as letras e números de cada corpo de prova.

Após cada exposição, a placa de fósforo foi escaneada imediatamente com um scanner Dürr VistaScan Mini (Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Germany), e imagens digitais foram obtidas. Para tal procedimento o mesmo PSP foi usado para todas as exposições para impedir quaisquer diferenças potenciais relacionadas às placas.

Em seguida as imagens foram arquivadas no formato TIFF (Tag Image File Formato de 24 bits com dados de valor de cinza de 8 bits) em um computador

(Macbook Pro 13.1”, RAM 8 GB, SSD 512 GB. Resolução da tela 2560 x 1600, GPU GPU Intel Iris Plus Graphics 640, EUA), por um auxiliar cirurgião-dentista que teve a função de agrupar e renomear as imagens, de uma forma que o pesquisador responsável pela análise das imagens não pudesse identificar o tempo exposição ou a qual corpo de prova a imagem pertencia.

Análise das imagens e obtenção de dados

A análise das imagens foi realizada pelo pesquisador radiologista (Intraclass Correlation Coefficient - ICC 0,81) que realizou as tomadas radiográficas, de forma cega na qual não se sabia a qual resina ou tempo de exposição estava sendo analisada, utilizando-se o programa Imagem J (versão 1.46; Instituto Nacional de Saúde, Bethesda, MD, EUA).

Primeiramente, para se obter o valor da densidade da restauração (MGVR) e a quantidade de pixels alterados (QPXD), foi realizada sobre a imagem radiográfica a confecção de uma linha vertical (LV) de 100 pixels de comprimento sobre a porção proximal extrema do dente e da restauração, na qual sua porção intermediária coincidissem com a interface. Tal linha possuiu a finalidade de padronização e guia para coleta do MGVR e do QPXD.

Em seguida, foi desenhada a ROI (Region of interest), de 4x4 pixels, sobre as extremidades superior e inferior da linha LV, para a obtenção da densidade da dentina (MGVD) e da densidade da restauração (MGVR).

Como próximo passo, foi ativada a função contar – Line Analyzer – na linha LV, com a finalidade de contar automaticamente a quantidade de pixels (QPXD) que apresentavam valores de cinza menores que o valor médio de cinza da dentina (MGVD) (Figura 2). Tais pixels encontrados são chamados neste estudo de pixels alterados, pois apresentam tons de cinza abaixo da dentina sadia (Figura 3)

Figura 2 – Esquemático representando a imagem radiográfica com traçado ilustrativo da medição do MGVD e MGVR pela ferramenta ROI sobre a porção proximal do dente e da restauração. A linha vertical representa a linha LV e a sua porção intermediária representa os pixels alterados.

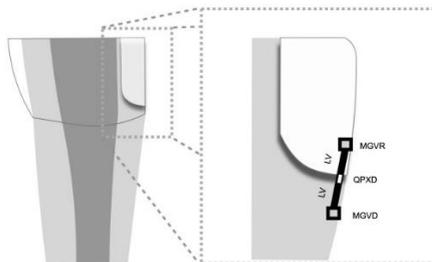
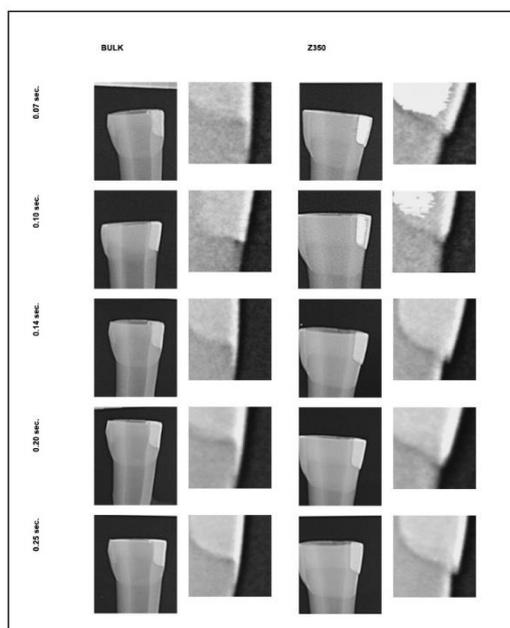


Figura 3 – Radiografias dos corpos de prova, com as resinas Bulk-fill e Z350, de acordo com os diferentes tempos de exposição radiográfico, evidenciando que independente do tempo e da resina, houve a formação da área radiolúcida na interface dente/restauração em todas as radiografias.



Análise estatística

Após análise da distribuição dos dados das variáveis QPXD e MGVR, correções de Greenhouse-Geisser, de Games-Howell e extração da raiz quadrada foram realizadas para obtenção de homogeneidade das variâncias. O teste de ANOVA a dois fatores (resina composta x tempo de exposição aos raios-X) com medidas repetidas para o tempo de exposição aos raios-X e pós-teste de Bonferroni foram utilizados com nível de significância de 95%. A correlação de Pearson entre QPXD e MGVR também foi calculada com nível de significância de 95%. Para todos os testes

estatísticos o software SPSS versão 25 (IBM SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) foi empregado.

RESULTADOS

Número de pixels alterados (QPXD)

O ANOVA a 2 fatores com medidas repetidas indicou que não houve diferenças estatisticamente significativas entre as resinas ($p > 0,05$) nem entre os tempos de exposição ($p > 0,05$). Os valores de cada grupo experimental estão listados na Tabela 2.

Tabela 2 – Médias \pm desvios padrão do número de pixels alterados (QPXD) de acordo com o tempo de exposição aos raios-X e a resina composta testados.

Resina	Tempo de exposição aos raios-X				
	0,07 s	0,10 s	0,14 s	0,20 s	0,25 s
Bulk	1,73($\pm 2,52$) ^{A,a}	2,99($\pm 1,82$) ^{A,a}	3,50($\pm 2,09$) ^{A,a}	2,66($\pm 2,22$) ^{A,a}	2,55($\pm 2,23$) ^{A,a}
Z350	1,57($\pm 1,35$) ^{A,a}	2,96($\pm 1,84$) ^{A,a}	3,20($\pm 1,79$) ^{A,a}	2,81($\pm 2,42$) ^{A,a}	2,64($\pm 2,27$) ^{A,a}

Notas: Letras maiúsculas distintas indicam diferenças estatisticamente significativas entre as resinas para o mesmo tempo ($p < 0,05$). Letras minúsculas distintas indicam diferenças estatisticamente significativas entre os tempos para a mesma resina ($p < 0,05$). Bulk: Filtek One Bulk Fill; Z350: Filtek Z350 XT.

Valores médios de cinza das resinas (MGVR)

O ANOVA a 2 fatores com medidas repetidas indicou que não houve diferenças estatisticamente significativas entre as resinas ($p > 0,05$) nem entre os tempos de exposição ($p > 0,05$). Os valores de cada grupo experimental estão listados na Tabela 3.

Tabela 3 – Médias \pm desvios padrão dos valores médios de cinza das resinas (MGVR) de acordo com o tempo de exposição aos raios-X e a resina composta testados.

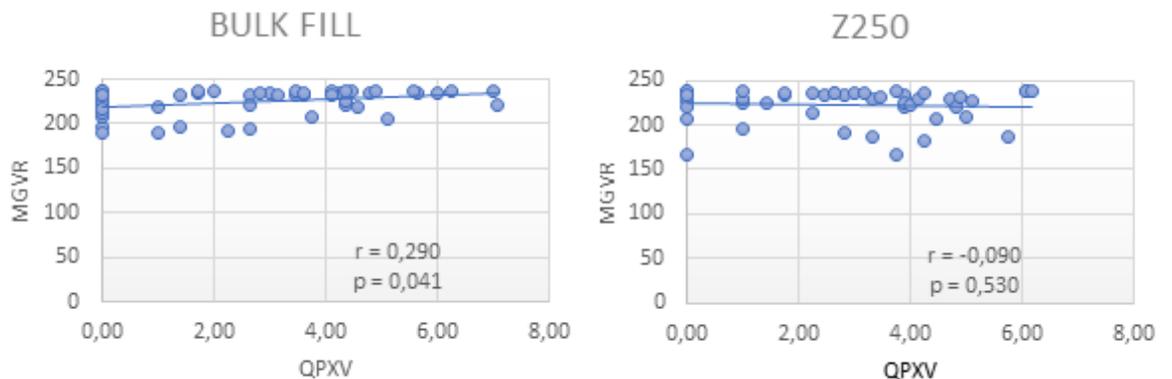
Resina	Tempo de exposição aos raios-X				
	0,07 s	0,10 s	0,14 s	0,20 s	0,25 s
Bulk	214,55($\pm 18,05$) ^{A,a*}	224,29($\pm 15,54$) ^{A,a}	225,57($\pm 17,18$) ^{A,a}	229,96($\pm 7,74$) ^{A,a}	230,70($\pm 7,94$) ^{A,a}
Z350	215,41($\pm 14,69$) ^{A,a}	226,88($\pm 15,05$) ^{A,a}	225,32($\pm 17,73$) ^{A,a}	221,68($\pm 25,03$) ^{A,a}	226,01($\pm 21,43$) ^{A,a}

Notas: Letras maiúsculas distintas indicam diferenças estatisticamente significativas entre as resinas para o mesmo tempo ($p < 0,05$). Letras minúsculas distintas indicam diferenças estatisticamente significativas entre os tempos para a mesma resina ($p < 0,05$). Bulk: Filtek One Bulk Fill; Z350: Filtek Z350 XT.

Correlação entre QPXD e MGVR

Houve correlação estatisticamente significativa fraca entre MGVR e QPXD apenas para a resina Filtek Bulk Fill One ($r=0,29$) (Figura 4).

Figura 4 – Correlação entre a quantidade de pixels alterados (QPXD) e o valor médio de cinza (MGVR) das resinas testadas.



DISCUSSÃO

Estudos que abordam a acurácia do diagnóstico de cáries recorrentes têm despertado o interesse da comunidade científica devido ao desenvolvimento de novos tipos de compósitos restauradores e de sistemas de radiografias digitais. A importância do diagnóstico precoce de desajustes em materiais restauradores e de lesões de cáries recorrentes estimulam as investigações dos métodos de diagnósticos clínicos e radiográficos.

No âmbito da radiologia digital, muitos fatores podem contribuir para a qualidade da imagem radiográfica. O aparecimento do artefato de *Uberschwinger* dificulta a análise da interface dente/restauração, principalmente no caso de restaurações classe II. A radiolucência produzida por este artefato pode levar ao diagnóstico incorreto de cárie ou da presença de desajustes na área de adaptação do material restaurador^{7,15}. Apesar de ser percebido visualmente, é importante identificar quais fatores estão relacionados a sua presença. Nesse sentido, estudou-se a influência do tipo de material restaurador e do tempo de exposição à radiação X na sua ocorrência.

O interesse do clínico ao analisar uma radiografia que contenha uma restauração classe II recai imediatamente sob o diagnóstico da condição da dentina abaixo do material restaurador. Onde uma região alterada apresentar-se-á como uma linha ou área difusa radiolúcida com pixels em tons de cinza escuros. Desse modo,

ferramentas digitais que quantifiquem tal área podem auxiliar o avaliador e facilitar a identificação dessas alterações¹¹. Hoje, existem uma gama de softwares gratuitos ou pagos que possuem ferramentas de análise de tons de cinza como a *line analyzer* e o *ROI*, como é o caso do *Software Imagem J*.

Entendendo que o diagnóstico radiográfico é baseado na diferenciação dos tons de cinzas das estruturas normais para as anormais, se faz necessário compreender que o contraste é a escala da diferença entre estes tons de cinza e a densidade radiográfica é o grau de escurecimento das estruturas em uma radiografia. Ambos podem ser influenciados pelo tempo de exposição aos raios-X, faixa dinâmica do receptor, composição e espessura do material restaurador¹⁶.

No presente estudo, ao analisarmos as radiografias com as ferramentas *Line analyzer* e a *ROI*, foi percebido que 100% dos corpos de prova apresentaram pixels alterados em dentina (QPXD) logo abaixo do material restaurador. Esse fato foi observado quando comparado o QPXD com o valor médio de cinza do corpo da dentina distante em 50 pixels da interface dente-restauração.

Ao ser investigada a relação do tipo do compósito restaurador com a quantidade de pixels alterados, verificou-se que não houve uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Uma hipótese levantada para tal fato, é que a padronização das cavidades e inserção dos incrementos tenha influenciado na não produção de uma maior ou menor quantidade de pixels alterados¹⁷. Recomenda-se assim, testes que avaliem a influência e comparem diferentes espessuras de compósitos restauradores na produção de artefatos de *Überschwinger*, haja vista que não há na literatura, até a presente data, estudos que corroborem tal afirmação. Contudo, é sabido que a espessura do compósito restaurador pode influenciar na sua radiopacidade resultante¹⁸.

Além da espessura do material restaurador, a dose de exposição aos raios-X pode gerar uma mudança do contraste, brilho ou densidade radiográfica dos materiais restauradores e dos tecidos dentários. Em aparelhos periapicais, a dose de raios-X é controlada pelo tempo de exposição, haja vista que na grande maioria o kV e o mA são fixos^{10,19}. Radiografias digitais podem apresentar densidade variando em até 256 tons de cinzas diferentes, sendo 0 o preto absoluto e 255 o branco absoluto. O tempo de exposição aos raios X tem influência direta sobre a densidade, onde quanto maior o tempo de exposição menor o valor médio de cinza de uma radiografia¹³.

A variável tempo foi estudada e percebeu-se que independentemente de um maior ou menor tempo de exposição, não houve uma maior ou menor produção de pixels alterados, ou seja, o tempo não teve influência sobre os tons de cinza da interface dente restauração, pois estatisticamente não houve alteração significativa. Esse fato mostra a necessidade da correlação de fatores mais específicos como a densidade radiográfica do compósito restaurador (MGVR) e a quantidade de pixels alterados (QPXD), observado pela correlação proporcional ou inversamente proporcional dos mesmos.

Antes de fazer essa correlação entre o MGRV e o QPXD, foi necessário analisar o comportamento da densidade do material sobre a influência do tipo da resina e do tempo de exposição. E ao medir-se a densidade por meio da avaliação do valor médio de cinza da restauração (MGVR), foi verificado que não houve diferença estatisticamente significativa. Desse modo, nem a Filtek Bulk Fill One e nem a Filtek Z350 XT apresentaram influência sobre o MGVR, ou seja, não apresentaram um maior ou menor grau de escurecimento estatisticamente relevante. Já sob a influência do tempo de exposição, não houve uma diferença estatisticamente significativa no MGVR, ou seja, ao variar-se o tempo, a densidade da resina não foi alterada de forma estatisticamente relevante.

Para tais comportamentos, isso pode estar correlacionado a faixa dinâmica do PSP Dürr, compreendido como o intervalo entre o maior e o menor tempo de exposições que produzirá imagens dentro da faixa de nível de cinza aceitável e útil para o diagnóstico^{13,20}. Desse modo, explicando assim o motivo pela não variação abrupta e estatisticamente perceptível do MGVR, ou seja, os diferentes tipos de compósitos e tempos de exposição não influenciaram no grau de escurecimento radiográfico da restauração.

Quanto a correlação da produção de pixels alterados e a alteração da densidade das resinas, de modo diretamente proporcional, percebeu-se que apenas a resina Filtek Bulk Fill One apresentou uma correlação considerada leve pela análise estatística, na qual houve o aumento do QPXD com o aumento do MGVR. Tal resultado pode ser justificado devido à diferença dos compostos radiopacificadores das resinas. Respeitando a ISO 4049:2019¹⁸, vários fatores são atrelados a radiopacidade de compósitos restauradores, sendo o maior influenciador a adição de compostos inorgânicos com número atômico (Z) alto. Quanto maior o Z do elemento adicionado a composição do material, maior a radiopacidade devido ao aumento da

absorção dos raios-X. Como radiopacificadores, os compósitos restauradores podem apresentar em sua constituição o Itérbio (Z=70), Lantânio (Z=57), Bário (Z=56), Zircônio (Z=40), Ítrio (Z=39), Estrôncio (Z=38) e Zinco (Z=30)^{21,22}.

Ao se analisar a bula dos dois compósitos, foi identificado que a Filtek Bulk Fill One, diferentemente da Filtek Z350 XT, apresenta um composto de mais alto número atômico, o Itérbio (Z=70). Cabe a reflexão sobre o tipo do composto com maior número atômico produzir um maior número de pixels alterados, e conseqüentemente uma maior produção do artefato tipo *Überschwinger*.

Sabendo-se que a densidade radiográfica está diretamente ligada a espessura, número atômico e densidade do material radiografado e que no presente estudo a espessura dos materiais restauradores são iguais devido a padronização das cavidades, estudos mais aprofundados sobre a influência dos compostos inorgânicos à densidade radiográfica, devem ser realizados mesmo que semelhanças possam existir entre a Filtek Bulk Fill One e a FILTEK Z350, por conterem matriz orgânica, carga inorgânica, agente de união e sistema acelerador-iniciado²¹.

O uso das resinas de incremento único tipo bulk fill tem ganhado espaço no mercado devido a redução da matriz inorgânica, translucidez, praticidade de inserção e demais propriedades físicas como a resistência. A Filtek Bulk Fill One de viscosidade regular apresenta em sua constituição *Silane treated ceramic (60-70); aromatic urethane dimethacrylate (10-20); 1,12-dodecane dimethacrylate – DDDMA (<10); diurethane dimethacrylate – UDMA (1-10); ytterbium fluoride (1-10); silane treated zirconia (<5); water (<5)*. Tais componentes conferem maiores incrementos com maior translucidez, permitindo maior penetração a luz e uma polimerização mais profunda²³.

Frequentemente usam-se os chamados critérios United States Public Health Service (USPHS) e USPHS modificados para avaliar a satisfação das restaurações clínicas. Estes critérios avaliam a cor da restauração, alteração da cor da margem cavo-superficial, forma anatômica, adaptação marginal, diagnóstico de cárie dentária e outros como parâmetros clínicos para tomadas de decisões no prognóstico das restaurações em resina composta²⁴. Não foi relatado a presença de nenhum parâmetro dos critérios USPHS e USPHS modificados na análise clínica das restaurações, portanto, entende-se que os artefatos presentes nas imagens radiográficas não são artefatos verdadeiros causados por falhas ou desadaptação nas restaurações.

Em resumo, o aparecimento de pixels alterados em tons de cinza escuros significa que existe a linha ou faixa radiolúcida logo abaixo da interface dente/restauração. Como não houve nenhum resultado significativo da influência do tipo do compósito restaurador e do tempo de exposição sobre a produção do QPXD, sendo apenas observada uma baixa correlação entre o QPXD e o MGRV em uma das resinas, atribuída aos compostos radiopacificadores de maior número atômico (Z) presentes na mesma, desajustes verdadeiros são descartados pois não foi observado em análises clínicas nenhum fator dos critérios USPH e USPH modificados.

Se tratando de artefatos de *Überschwinger* verdadeiros, estudos adicionais de comparação de receptores radiográficos diferentes são recomendados, para que possa ser estudada uma possível relação do artefato com o tipo do receptor radiográfico como também do seu fabricante, pois estudos que comparem receptores podem observar discrepâncias e aparecimentos de ruídos entre os fabricantes^{25,26}.

Como significado clínico, o presente estudo revela a importância da atenção à região da interface dente-restauração por parte do Cirurgião-Dentista, o qual deve aliar os achados radiográficos diagnosticados com o auxílio de ferramentas digitais aos sinais clínicos, para compor um projeto terapêutico singular com uma real necessidade de intervenção, caso haja.

É de extrema importância que os profissionais da odontologia tenham ciência de que nem todos os artefatos que se apresentam radiolúcidos na interface dente/restauração em radiografias, compreendam a artefatos verdadeiros, sendo necessário então, correlacionar sempre os achados clínicos aos radiográficos. Este conhecimento evita diagnósticos e prognósticos errôneos de recidivas de cárie, evitando assim, o ciclo restaurador e o desgaste desnecessário da estrutura dentária.

CONCLUSÃO

Utilizando-se um protocolo de controle de qualidade para o presente estudo, foi identificado a presença de pixels alterados sobre a dentina na região da interface dente-restauração em todos os corpos de prova. A variação do tempo de exposição como também o tipo do compósito restaurador não influenciou no aumento ou diminuição do QPXD e nem tão pouco no MGVR. Contudo houve correlação entre o QPXD e o MGVR para a resina Filtek Bulk Fill One. Pesquisas adicionais são

necessárias para determinar se o QPXD representa um artefato verdadeiro, desajuste do material restaurador ou deficiência na aplicação do sistema adesivo.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

1. Hasija MK, Meena B, Wadhwa D, Aggarwal V. Effect of adding ribbond fibres on marginal adaptation in class II composite restorations in teeth with affected dentine. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*. 2020 Apr;10(2):203–5.
2. Nedeljkovic I, De Munck J, Vanloy A, Declerck D, Lambrechts P, Peumans M, et al. Secondary caries: prevalence, characteristics, and approach. *Clinical Oral Investigations*. 2019 May;24(2):683–91.
3. Van Dijken JWV, Pallesen U. Durability of a low shrinkage TEGDMA/HEMA-free resin composite system in Class II restorations. A 6-year follow up. *Dental Materials*. 2017 Aug;33(8):944–53.
4. Kanzow P, Wiegand A. Retrospective analysis on the repair vs. replacement of composite restorations. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2019; S0109-5641(19)309017.
5. Nedeljkovic I, Teughels W, De Munck J, Van Meerbeek B, Van Landuyt KL. Is secondary caries with composites a material-based problem? *Dental Materials*. 2015 Nov;31(11):e247–77.
6. Clark JL, Wadhwani CP, Abramovitch K, Rice DD, Kattadiyil MT. Effect of image sharpening on radiographic image quality. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2018 Dec;120(6):927–33.
7. Francio LA, Silva FE, Valerio CS, Cardoso CAA, Jansen WC, Manzi FR. Accuracy of various imaging methods for detecting misfit at the tooth-restoration interface in posterior teeth. *Imaging Science in Dentistry*. 2018;48(2):87.
8. Bellinaso MD, Soares FZM, Rocha RO. Do bulk-fill resins decrease the restorative time in posterior teeth? A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*. 2019 Sep 27;10(4).
9. Arbildo-Vega HI, Lapinska B, Panda S, Lamas-Lara C, Khan AS, Lukomska-Szymanska M. Clinical effectiveness of bulk-fill and conventional resin composite restorations: systematic review and meta-analysis. *Polymers*. 2020 Aug 10;12(8):1786.
10. Baksi BG, Fidler A. Image resolution and exposure time of digital radiographs affects fractal dimension of periapical bone. *Clinical Oral Investigations*. 2011 Nov;16(5):1507–10.

11. Melo DD, Pontual AA, Haiter-Neto F, Alves M, Bóscolo F, Flores Campos P. Effect of different exposure times on caries detection and pixel value in a wireless digital system. *Indian Journal of Dental Research*. 2019;30(5):665.
12. Carneiro L, Nunes C, Silva M, Leles C, Mendonça E. *In vivo* study of pixel grey-measurement in digital subtraction radiography for monitoring caries remineralization. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2009 Feb;38(2):73–8.
13. Udupa H, Mah P, Dove SB, McDavid WD. Evaluation of image quality parameters of representative intraoral digital radiographic systems. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*. 2013 Dec;116(6):774–83.
14. Cavalcanti AN, Mitsui FHO, Ambrosano GMB, Marchi GM. Influence of adhesive systems and flowable composite lining on bond strength of class II restorations submitted to thermal and mechanical stresses. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*. 2006;80B(1):52–8.
15. Brettle D, Carmichael F. The impact of digital image processing artefacts mimicking pathological features associated with restorations. *British Dental Journal*. 2011 Aug;211(4):167–70.
16. Berkhout W, Beuger D, Sanderink G, van der Stelt P. The dynamic range of digital radiographic systems: dose reduction or risk of overexposure? *Dentomaxillofacial Radiology*. 2004 Jan;33(1):1–5.
17. Soares C, Rosatto C, Carvalho V, Bicalho A, Henriques J, Faria-e-Silva A. Radiopacity and porosity of bulk-fill and conventional composite posterior restorations : digital x-ray analysis. *Operative Dentistry*. 2017 Nov;42(6):616–25.
18. International Organization for Standardization. ISO 4049:2019: dentistry–polymer-based filling, restorative and luting materials; International Organization for Standardisation. Geneva: ISO; 2019. 29 p.
19. Melo DP, Cruz AD, Melo SL, Farias JF, Haiter-Neto F, Almeida SM. Effect of different tube potential settings on caries detection using PSP plate and conventional film. *J Clin of Diagn Res*. 2015;9(4):ZC58-ZC61.
20. Sakurai T, Kawamata R, Kozai Y, Kaku Y, Nakamura K, Saito M, et al. Relationship between radiation dose reduction and image quality change in photostimulable phosphor luminescence X-ray imaging systems. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2010 Apr;39(4):207–15.
21. Dionysopoulos D, Tolidis K, Gerasimou P, Papadopoulos C. Effect of filler composition of dental composite restorative materials on radiopacity in digital radiographic images. *Polymer Composites*. 2017 Mar;39:E351–7.
22. Tarcin B, Gumru B, Peker S, Ovecoglu H. Evaluation of radiopacity of bulk-fill flowable composites using digital radiography. *Operative Dentistry*. 2016 Jul;41(4):424–31.
23. Peutzfeldt A, Mühlebach S, Lussi A, Flury S. Marginal gap formation in approximal “bulk fill” resin composite restorations after artificial ageing. *Operative Dentistry*. 2018 Mar;43(2):180–9.

24. Ribeiro MDF, Pazinatto FB. Critérios clínicos para decisão entre substituição ou reparo de restaurações em resina composta : revisão de literatura. *Revista Brasileira de Odontologia*. 2016 Sep;73(3):223–30.
25. Coelho-Silva F, Fontenele RC, de-Azevedo-Vaz SL, Freitas DQ. A comparative study on image quality of two digital intraoral sensors : methodological, ethical and statistical issues. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2020 May;49(4):20200054.
26. Metsälä E, Henner A, Ekholm M. Quality assurance in digital dental imaging: a systematic review. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2013 Sep;72(5):362–71.