

DIAGNÓSTICO DE LESÕES DE CÁRIE POR IMAGEM: REVISÃO DE LITERATURA.

DIAGNOSIS OF CARIES LESIONS: LITERATURE REVIEW.

Gabriella Mazzarolo^{1*}, Eliane Maria Kreich², Ângela Fernandes³, Thays Regina Ferreira da Costa³

¹Universidade Federal do Paraná – Setor de Ciências da Saúde – Curitiba – Paraná – Brasil

²Universidade Estadual de Ponta Grossa – Setor de Ciências da Saúde – Departamento de Odontologia – Ponta Grossa – Paraná – Brasil

³Universidade Federal do Paraná – Setor de Ciências da Saúde – Departamento de Estomatologia – Curitiba – Paraná – Brasil

*Autor Correspondente: Gabriella Mazzarolo. Rua Flávio Mariano Ribas, 386 – Uberaba. CEP: 81570-040 – Curitiba. Tel.: (41) 99866-5574. E-mail: gabmazzarolo@gmail.com

RESUMO

A doença cárie apresenta diferentes fatores etiológicos e, quando instalada em seu hospedeiro, precisa ser diagnosticada rapidamente, evitando assim possíveis complicações na estrutura dentária, na saúde e na estética do paciente. Algumas regiões dentárias apresentam dificuldades para a identificação dessas lesões, o que pode resultar na necessidade de utilizar métodos associados, como exames de imagem. O objetivo deste trabalho foi revisar a literatura sobre a importância de exames imaginológicos para a complementação do diagnóstico de lesões de cárie. A radiografia convencional, o primeiro método desenvolvido, e ainda utilizado, mostra bons resultados, contudo, apresenta algumas desvantagens, como: tempo de processamento, possibilidade de erros durante o processo e necessidade de espaço físico para armazenamento. Já as radiografias digitais apresentam melhor qualidade de imagem, menor exposição aos raios X, facilidade de armazenamento e visualização, além da possibilidade de manipulação em *softwares*, resultando em maior sensibilidade e especificidade no diagnóstico. Outros exames também são utilizados, como: a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), que não deve ser a primeira opção devido à alta exposição à radiação; a ressonância magnética (RM), que não utiliza raios X para a obtenção da imagem e tem custo elevado; a ultrassonografia de alta frequência (UAF), que apresenta ótimos resultados em diagnóstico de lesões incipientes e na avaliação de extensão e profundidade, mas é pouco utilizada; e a tomografia de coerência óptica 3D (OCT), que mostrou resultado promissor na avaliação de lesões na face oclusal, mas ainda está em desenvolvimento. Sendo assim, os exames complementares por imagem assumem um importante papel auxiliar na detecção e diagnóstico de lesões cáries.

Palavras-chave: Diagnóstico. Cárie Dental. Radiografia.

ABSTRACT

Caries disease has different etiological factors and when installed in its host, it needs to be diagnosed quickly, thus avoiding possible complications in the patient's tooth structure, health and esthetics. Some dental regions present difficulties to the identification of these lesions, which may result in the need to use associated methods, such as imaging exams. The aim of this study was to review the literature on the importance of imaging tests to complement the diagnosis of

caries lesions. Conventional radiography, the first method developed and still used, shows good results, however, it has some disadvantages, such as: processing time, possibility of errors during the process and the need for physical space for storage. Digital radiographs, on the other hand, have better image quality, less exposure to X-rays, easier storage and visualization, in addition to the possibility of manipulation in software, resulting in greater sensitivity and specificity in diagnosis. Other tests are also used, such as: cone beam computed tomography (CBCT), which should not be the first option due to high radiation exposure; magnetic resonance (MR), which does not use X-rays to obtain the image and is expensive; high-frequency ultrasonography (UAF), which has excellent results in diagnosing incipient lesions and in assessing extension and depth, but it is less used; and 3D optical coherence tomography (OCT), which showed promising results in the evaluation of lesions in the occlusal surface, but is still under development. Therefore, complementary imaging exams take an important role in the detection and diagnosis of carious lesions.

Keywords: Diagnosis. Dental Caries. Radiography.

INTRODUÇÃO

A cárie dentária não tratada em dentes permanentes foi o problema de saúde que mais afetou pessoas no mundo no ano de 2010 (KASSEBAUM *et al.*, 2015). No Brasil, de acordo com o levantamento epidemiológico de saúde bucal do Ministério da Saúde, realizado em 2010, 56% da população foi atingida pela cárie dentária naquele ano, número significativamente menor do que o encontrado no levantamento de 2003, quando os dados apontaram que 69% da população foi acometida (SILVA *et al.*, 2019). O diagnóstico precoce e preciso dessa doença pelos dentistas é essencial, e esses profissionais devem ter conhecimento profundo sobre o tema, a fim de determinar o plano de tratamento e o tipo apropriado de restauração a ser executada (OHKI *et al.*, 1994).

Entre os vários métodos para o diagnóstico da cárie, os mais utilizados na rotina clínica são a sondagem, o exame visual e o exame radiográfico (com filmes ou sensores digitais) (SENEL *et al.*, 2010). Tais métodos de diagnóstico são usados para determinar a presença da cárie e sua extensão, para monitorar o curso da progressão da doença e para avaliar a eficácia do tratamento. A esse respeito, vários estudos têm mostrado que 25–42% das lesões de cárie não são detectadas pelo exame clínico realizado sem a complementação do exame radiográfico (HAAK *et al.*, 2001; MØYSTAD *et al.*, 1996).

Atualmente, têm sido desenvolvidos os mais variados métodos de detecção das lesões, e é cada vez mais ampla a utilização de exames de imagem como recurso auxiliar para o diagnóstico e plano de tratamento (SOARES *et al.*, 2012). Dessa forma, a radiografia tem se mostrado como um método complementar fundamental para o diagnóstico das lesões, sendo também essencial tanto em áreas de difícil acesso ao exame clínico, quanto na detecção precoce das lesões (COSTA E SILVA *et al.*, 2012; BRAGA & SEABRA, 2014).

Com o avanço das tecnologias, alguns novos métodos têm sido utilizados para a detecção e diagnóstico de lesões de cárie. Entre eles, a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) (KALATHINGAL *et al.*, 2006; PARK *et al.*, 2011; QU *et al.*, 2011; PIMENTEL *et al.*, 2018; ZHANG *et al.*, 2011), a ressonância magnética (RM) (MENDES *et al.*, 2020; TYMOFIYEVA *et al.*, 2009), a ultrassonografia de alta frequência (KOCASARAC & ANGELOPOULOS, 2019; KIM *et al.*, 2019) e, ainda, a tomografia de coerência óptica (OCT) (LUONG *et al.*, 2020). Cada método de exame por imagem apresenta suas

indicações, vantagens e desvantagens, que devem ser conhecidas para melhor indicação e solicitação, com o objetivo de auxiliar no diagnóstico.

Logo, o objetivo do presente estudo foi revisar a literatura sobre a importância dos exames imaginológicos para a complementação do diagnóstico de lesões de cárie.

REVISÃO DA LITERATURA

ETIOLOGIA E EVOLUÇÃO DA CÁRIE DENTÁRIA

A cárie é uma doença multifatorial que, na maioria dos casos, progride de forma muito lenta e pode levar até a destruição total da estrutura dentária de um indivíduo (FEJERSKOV & KIDD, 2005). Apesar de ter sofrido significativo declínio nos últimos anos, a cárie ainda é um problema de saúde bucal importante no mundo, afetando mais de 60% das crianças da população mundial (LUNARDELLI *et al.*, 2016). Seu desenvolvimento é complexo, uma associação entre características genéticas, ambientais e comportamentais, sendo influenciado por diferentes fatores que atuam ao nível da superfície dentária: por exemplo, o flúor, a dieta (tanto composição, quanto frequência), a composição da saliva, espécies microbianas e a taxa de metabolismo do açúcar; ou, ainda, ao nível do indivíduo ou população: por exemplo, educação, classe social, renda, comportamentos, atitudes e conhecimentos (MALTZ *et al.*, 2016). Uma dieta dita “cariogênica” é uma dieta rica em carboidratos fermentáveis, que fornecem ácido quando metabolizados pelo organismo, favorecendo, assim, a queda do pH bucal e levando à perda do componente mineral do dente, a hidroxiapatita. Naturalmente, o flúor presente na cavidade bucal busca obter novamente o equilíbrio. Quando há desequilíbrio nesse processo de desmineralização–remineralização e a desmineralização é favorecida, ela leva à destruição dos tecidos dentais, desenvolvendo a lesão cariosa. Quando associada a uma má higiene bucal, a adesão de mais bactérias é favorecida no ambiente bucal e, assim, a cárie pode atingir mais tecidos dentais e progredir ainda mais rapidamente. O biofilme dental é um fator essencial para o desenvolvimento da cárie, uma vez que as lesões cariosas só ocorrem em regiões onde o biofilme encontra-se acumulado (MALTZ *et al.*, 2016). Com o processo de desmineralização, a lesão cariosa pode ser identificada em exames por imagem, o que facilita o diagnóstico nos casos de dificuldade de visualização clínica.

DIAGNÓSTICO DE LESÕES DE CÁRIE

O diagnóstico de lesões de cárie tem sido amplamente estudado e discutido em relação aos critérios e métodos que são utilizados para esse fim, com foco na adoção de um tratamento adequado de acordo com a referência de Promoção de Saúde Bucal (SANTOS *et al.*, 2003). Atualmente, a Odontologia tem expandido muito as possibilidades de diagnóstico rápido e eficaz, possibilitando a detecção cada vez melhor de lesões cariosas, mesmo sem sinais clínicos evidentes (BRAGA & SEABRA, 2014).

Os métodos utilizados para a detecção de lesões de cárie devem apresentar algumas particularidades para que possam vir a ser utilizados. Entre elas, destacam-se: ser confiável, minimamente invasivo, capaz de diagnosticar as lesões de cárie mesmo que elas ainda estejam em estado inicial, ser confortável ao paciente, ter um custo acessível e ser de rápida e fácil execução (SOARES *et al.*, 2012).

Tagliaferro *et al.* (2019), com o objetivo de avaliar as práticas utilizadas para a obtenção do diagnóstico de cárie dentária, aplicaram um questionário traduzido e adaptado da US

National Dental Practice-Based Research Network (Rede Nacional de Pesquisa Baseada em Práticas Dentárias dos EUA) a 217 dentistas de Araraquara (SP). Quase 60% dos participantes relataram utilizar o método radiográfico com seus pacientes para diagnosticar a cárie proximal, 79% afirmaram utilizar esse método para diagnosticar lesões de cárie nas margens de restaurações existentes, enquanto 64% declararam utilizar o exame clínico para diagnosticar cárie oclusal. Em suma, a maioria relatou que costuma usar métodos visuais, táteis e radiográficos para o diagnóstico de lesões de cárie dentária.

Considerando que o exame clínico detecta, geralmente, menos de 50% das lesões proximais encontradas radiograficamente, ambos os métodos devem estar associados para um melhor diagnóstico (PITTS, 1986).

Moura *et al.* (2014) apontaram que, a fim de se estabelecer um melhor diagnóstico e plano de tratamento, o cirurgião-dentista deve fazer uso dos exames imaginológicos, que incluem radiografias, tomografias e outros exames de imagem. Contudo, o profissional deve se atentar aos níveis de radiação à qual os pacientes podem ser expostos durante a realização dos exames, uma vez que esse nível deve ser o mínimo possível. Avaliando 3100 prontuários de pacientes adultos que foram atendidos em uma faculdade de Odontologia no Brasil, e excluindo aqueles que não realizaram exames radiográficos na consulta inicial, o objetivo deste estudo foi avaliar quais exames de imagem seriam necessários, de acordo com os sinais e sintomas apresentados por cada paciente. Os dados recolhidos foram avaliados por análise descritiva e, a partir deles, foi possível concluir que há falhas na seleção dos exames de imagem para o diagnóstico, o que pode levar os pacientes a uma exposição desnecessária, uma vez que as radiografias devem apresentar mais benefícios do que riscos.

Além de saber indicar e executar os métodos radiográficos, o profissional deve ser capaz de saber interpretar corretamente as imagens obtidas, para conseguir extrair o máximo de informações possível. A classificação mais aceita para as imagens radiográficas de lesões de cárie está baseada na profundidade da desmineralização (DAYO *et al.*, 2021):

E0: superfície dental intacta (Figura 1D);

E1: atinge menos da metade do esmalte, lesão inicial (Figura 1A e 1C);

E2: atinge mais da metade do esmalte, porém não penetra, radiograficamente, a dentina, lesão inicial (Figura 1A e 1C);

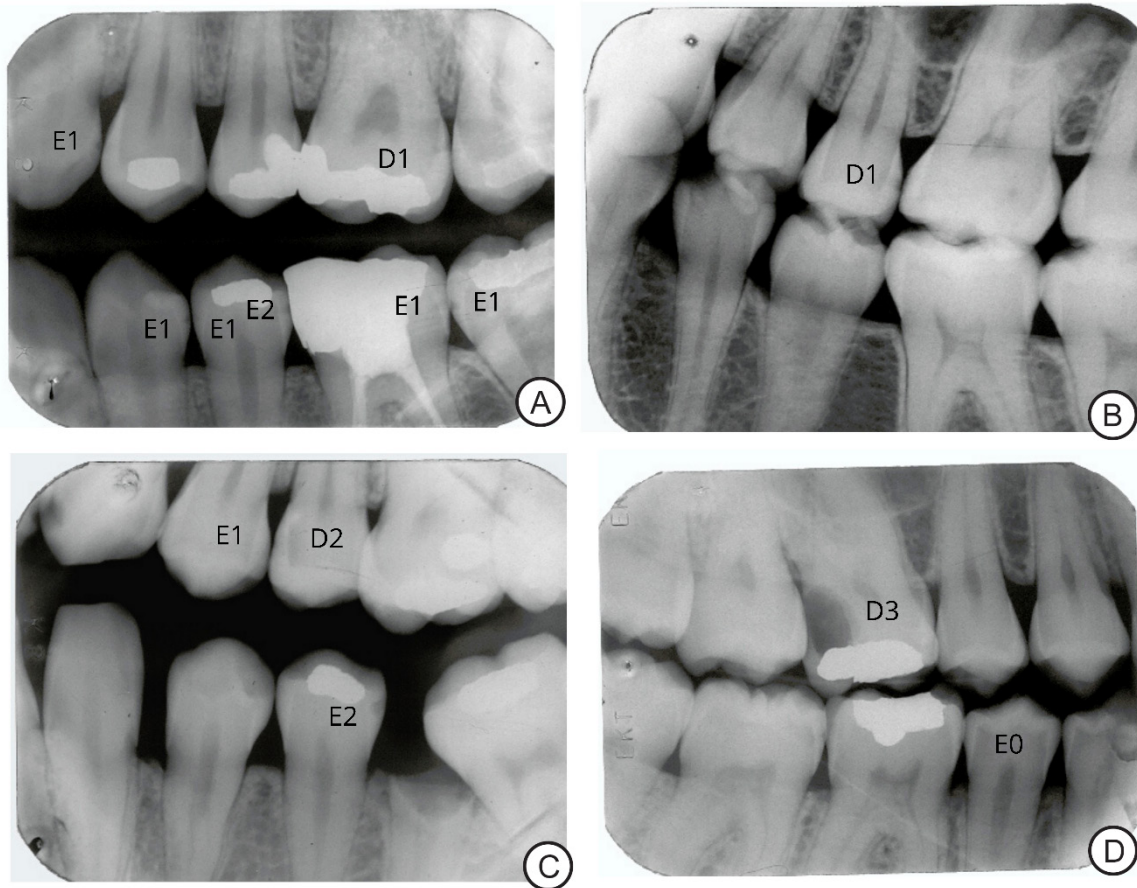
D1: acomete terço externo da dentina, lesão inicial (Figura 1A e 1B);

D2: acomete o terço médio da dentina, lesão moderada (Figura 1C);

D3: acomete o terço interno da dentina, lesão avançada (Figura 1D).

Carmona *et al.* (2016) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a influência da experiência e treinamento do examinador no diagnóstico radiográfico de cáries proximais. Foram utilizados 80 dentes, hígidos ou com lesão em suas superfícies proximais, para a montagem do fantoma, que foi radiografado pela técnica interproximal. Estas radiografias foram avaliadas quanto à presença de cárie por três examinadores diferentes. O primeiro examinador realizou duas avaliações: uma antes de cursar a disciplina de radiologia e outra quando a concluiu; o segundo examinador realizou a avaliação apenas quando já havia concluído a disciplina, e o terceiro examinador já era radiologista. Foi determinado o padrão-ouro de cada dente através de avaliação microscópica, e foram definidos os índices de sensibilidade, especificidade e acurácia. Os autores concluíram que, quanto maior a experiência do avaliador e seu conhecimento na área de radiologia, menor a chance de serem apontados diagnósticos falso-negativos e maior a acurácia do profissional.

Figura 1 – Radiografias interproximais com imagens de lesões de cárie em diferentes profundidades de desmineralização.



Legenda: A: (E1): atinge menos da metade do esmalte, lesão inicial - (E2) atinge mais da metade do esmalte, porém não penetra, radiograficamente, a dentina, lesão inicial - (D1) acomete terço externo da dentina, lesão inicial; B: (D1) acomete terço externo da dentina, lesão inicial; C: (E1): atinge menos da metade do esmalte, lesão inicial - (E2) atinge mais da metade do esmalte, porém não penetra, radiograficamente, a dentina, lesão inicial - (D2) acomete o terço médio da dentina, lesão moderada; D: (E0) superfície dental intacta - (D3) acomete o terço interno da dentina, lesão avançada.

Fonte: O autor, 2021.

USO DE EXAMES DE IMAGEM PARA DIAGNÓSTICO DE LESÃO DE CÁRIE

Desde o surgimento do raio-X e da posterior criação das radiografias odontológicas, as radiografias convencionais têm sido muito usadas como apoio na conclusão do diagnóstico de lesões de cáries. Com o passar dos anos, muitas foram as modificações e modernizações que ocorreram nos aparelhos radiográficos, a fim de melhorar a qualidade e a capacidade da imagem e auxiliar em um diagnóstico cada vez mais preciso da lesão. Todavia, o diagnóstico de lesões de cárie em superfícies oclusais ainda é limitado, uma vez que a visualização da imagem é muito dificultada devido à sobreposição das cúspides (GONÇALVES, 2002).

King & Shaw (1979) realizaram um estudo na tentativa de superar os problemas de diagnóstico clínico relatados em outros estudos, avaliando a capacidade diagnóstica de radiografias interproximais e visando a desenvolver um sistema de diagnóstico de cárie oclusal. Para tanto, 1172 crianças,

com idades entre 11 e 13 anos, foram avaliadas quanto à presença de cárie oclusal clínica e radiograficamente. Apenas 33,2% das superfícies cariadas foram diagnosticadas pelo método radiográfico interproximal, enquanto 96,4% foram diagnosticadas através do exame clínico. Portanto, os autores concluíram que esse exame radiográfico é pouco significativo para o diagnóstico das lesões de cárie em superfícies oclusais, uma vez que essas lesões se encontram encobertas pela sobreposição das imagens das cúspides.

Bader *et al.* (2002) publicaram uma completa e sistemática revisão a respeito dos métodos de diagnóstico de cárie. Os autores pesquisaram nas bases MEDLINE e EMBASE artigos sobre o tema publicados em inglês entre 1966 e 2000 e incluíram 43 desses artigos no estudo, após seleção pelos critérios de inclusão e exclusão. Entre eles estão tanto estudos clínicos quanto laboratoriais, que avaliaram métodos como: visual, visual/tátil, radiográfico (filme D, E e placas de fósforo), transiluminação por fibra óptica, condutância elétrica e *laser* fluorescência. Mais da metade dos estudos avaliaram o método radiográfico e, apesar das variáveis metodológicas, os resultados apresentaram alta sensibilidade e especificidade, tanto para radiografias convencionais quanto digitais, independentemente da face dental estudada.

Alamoudi *et al.* (2019) compararam a capacidade diagnóstica entre o DIAGNOcam (dispositivo utilizado para detecção de cárie precoce que se baseia no uso de transiluminação através de luz infravermelha) e radiografias interproximais na detecção de lesões de cárie proximais cavitadas. Para isso, foram analisadas e radiografadas as superfícies dos primeiros molares decíduos de crianças saudáveis de 5 a 8 anos de idade. Foram incluídas 236 lesões proximais nesse estudo. Dois examinadores treinados e calibrados analisaram a profundidade das lesões nas imagens obtidas através dos métodos estudados. Posteriormente, verificaram a presença de cavitação através do exame visual direto. Embora o DIAGNOcam tenha demonstrado maior sensibilidade em relação às radiografias interproximais, apresentou menor especificidade, sendo uma boa alternativa para o diagnóstico de lesões de cárie em crianças, sem o risco de utilização de radiação ionizante.

Braga *et al.* (2009) avaliaram *in vitro* três métodos de diagnóstico de cárie: visual, radiografias interproximais e *Diagnodent*®, em 131 superfícies proximais de molares decíduos. Para tanto, dentes extraídos foram montados de forma a simular os contatos proximais e foram avaliados por dois examinadores independentes. Os autores puderam concluir, então, que a inspeção visual é melhor; porém, os outros dois métodos também tiveram bom desempenho para detectar cáries em estágios mais avançados.

Gordan *et al.* (2011) aplicaram um questionário a 522 dentistas a fim de avaliar os métodos de diagnóstico de cárie mais empregados e quantificar sua frequência de uso. Segundo eles, a sonda exploradora é o instrumento mais utilizado de detecção de cárie primária e recorrente nas margens de restaurações, e 96% dos dentistas utilizam as radiografias interproximais para diagnóstico de cárie em 75–100% dos casos, principalmente para faces proximais de dentes posteriores.

Vries *et al.* (1990), em seu estudo que compara a avaliação clínica com a técnica radiográfica interproximal em relação a pequenas lesões em esmalte em faces proximais, notaram que a acessibilidade à lesão é um ponto importante. Quando o exame é feito “*in situ*”, muitas lesões pequenas podem passar despercebidas, mas, ao se fazer o uso de radiografias, os raios X podem penetrar nas estruturas, permitindo a visualização da lesão na imagem.

França-Pinto *et al.* (2011) realizaram um estudo com o objetivo de analisar lesões de cárie proximais em molares decíduos e comprovar a melhora no diagnóstico clínico com o uso de radiografias

interproximais. Cinquenta crianças com idades entre 5 e 8 anos, que eram atendidas na Clínica Infantil da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Pelotas, foram submetidas ao exame clínico e posterior exame radiográfico interproximal realizado por um único operador treinado, que seguiu uma técnica padronizada para todos os participantes avaliados. O número médio de lesões de cárie proximais posteriores (LPP) diagnosticadas passou de 5,48 (apenas com exame clínico) para 6,14 (com o exame radiográfico interproximal), o que demonstrou que a imagem radiográfica possibilitou diagnosticar 25% das LPP. Em 33% das superfícies radiografadas, a imagem proximal foi considerada impossível de ser avaliada em razão da sobreposição das estruturas. Apesar das limitações do estudo, concluiu-se que o uso de radiografias interproximais melhora o diagnóstico de lesões proximais de cárie.

Segundo Araújo (2001), uma desvantagem apresentada pelos filmes radiográficos é a sujeição destes a erros de processamento, o que pode acarretar equívocos ou mesmo dificuldades para se estabelecer o diagnóstico. Com a introdução e avanços da informática na área de radiologia odontológica, vieram as vantagens da digitalização das imagens radiográficas, feita por meio de um *scanner* de alta resolução ligado a um conversor analógico-digital, o que facilita muito o diagnóstico, otimiza o tempo gasto para concluí-lo (MILES *et al.* 1999; WATANABE *et al.* 1999) e contribui para a aproximação profissional-paciente.

Quanto à qualidade da imagem, Wenzel (2000), em um estudo laboratorial que comparou radiografias digitais diretas e convencionais, concluiu que, para diagnóstico de lesões, ambas apresentam a mesma capacidade, contudo, o contraste, *zoom* e margem da imagem são melhores em radiografias digitais, e a diminuição do nível de radiação à qual o paciente é exposto também é um fator promissor. Seu estudo demonstrou que os sistemas de radiografia digital intraoral são tão precisos quanto o filme dental para a detecção da cárie se a imagem obtida apresentar boa qualidade, embora possam ser necessárias repetições em razão dos erros de posicionamento dos sistemas digitais. A contaminação cruzada não demonstrou ser um problema nos sistemas digitais, desde que sejam seguidos os procedimentos básicos de higiene.

Zhang *et al.* (2011) verificaram a acurácia do diagnóstico de cárie interproximal através de imagens, comparando a radiografia convencional, a tomografia computadorizada de feixe cônico e a radiografia digital (placas de fósforo). Para realizar esse estudo, foram utilizados 39 dentes extraídos com manchas brancas e marrons, porém sem cavitação. Esses foram montados em troquéis e radiografados com os sistemas mencionados. Após essa etapa, as imagens foram analisadas por sete estudantes de pós-graduação e a análise histológica dos dentes foi realizada para confirmar o diagnóstico. Assim, os autores puderam concluir que o diagnóstico realizado com base nas imagens de tomógrafos foi um pouco melhor, porém não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos estudados.

Boscolo *et al.* (2001), com o objetivo de avaliar a qualidade de imagem de dois sistemas digitais CCD, de um sistema digital de armazenamento de fósforo, do filme digitalizado e do filme *E-speed*, analisaram cinco objetos, que foram radiografados com diferentes kVp e tempos de exposição. Foram registradas as medidas no aparelho de raio-X empregado para avaliar a relação entre tempo de exposição e dose de radiação, buscando maior fidelidade dos resultados.

As 375 imagens obtidas foram avaliadas por seis profissionais utilizando uma escala de classificação de 0 a 4. Os resultados mostraram diferentes respostas entre os sistemas analisados, tendo melhor desempenho entre os grupos de exposição em que foi empregado o sistema de armazenamento

de fósforo. Os autores concluíram que todos os sistemas têm a possibilidade de oferecer imagens em condições ideais de diagnóstico, desde que sejam respeitadas suas latitudes.

Em seu estudo, Clasen & Aun (1998) citaram que, no sistema PSP, após a exposição, o sensor é levado para um *scanner*, que tem um feixe de *laser* que causa a emissão de luz, a qual é captada por um fotodetector e transformada em sinais elétricos reconhecidos e interpretados através do *software* que processa a imagem digital. Já no sistema CCD, a transmissão é feita de modo direto, do sensor para o computador, por meio de um sistema de cabos. Trata-se de um dispositivo com duas cargas que faz a transformação de energia ionizante em luz – e, então, em sinais elétricos, que são emitidos por um grande cabo até o conversor (intensificador), o qual converte os sinais elétricos em digitais, fazendo com que a imagem digital apareça no monitor de um computador, podendo ser modificada a partir das ferramentas do programa que acompanha esse sistema.

Em estudo recente, Ikuta e Salzedas (2018) compararam os dois tipos de sensores digitais disponíveis no setor de Radiologia da FOA-UNESP – a CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) e a PSP (placa de fósforo fotoestimulável) – para a observação de suas semelhanças entre o posicionamento do paciente, o processamento e o armazenamento da imagem, também considerando seus custos de implantação. Os autores concluíram que, apesar de a placa de fósforo representar um sistema de implantação de maior custo, é o mais confortável ao paciente e o que mais se assemelha às radiografias convencionais com filme em relação ao posicionamento. Já o sistema CMOS é mais barato e permite a visualização imediata da imagem obtida. Ambos possibilitam que a imagem seja editada e armazenada em computadores.

Kreich *et al.* (2005) reiteraram que as vantagens da radiografia digital em relação à convencional são: o tempo de exposição é reduzido; a interpretação da imagem é facilitada; é possível realizar cópia, arquivamento e transmissão da imagem; é dispensado o processamento radiográfico, poupando tempo para a obtenção da imagem e reduzindo a possibilidade de erros durante o processo; a distorção da imagem é menor, entre outros benefícios. Essas vantagens têm tornado a radiografia digital e o uso de sistemas digitais cada vez mais custo-efetivo.

Candeiro *et al.* (2009) concluíram que a radiografia digital tem grande potencial de aprimoramento e tende a, possivelmente, vir a substituir a radiografia convencional. Uma de suas limitações no início era sua validade jurídica, contudo, com a ampliação de seu uso, foram criados meios legais de autenticação para essas imagens – como a Medida Provisória nº 2200-2 de 24 de agosto de 2001, que as tornou imutáveis e válidas juridicamente.

Pimentel *et al.* (2018), em um estudo que comparou radiografias interproximais convencionais, radiografias digitais e tomografia computadorizada para o diagnóstico de lesões oclusais de cárie, realizaram esses exames de imagem em 145 terceiros molares, que, posteriormente, foram avaliados por dois especialistas em radiologia, os quais classificaram as imagens quanto à presença de lesões oclusais de cárie. Observou-se diferença estatisticamente significativa entre a proporção de dentes diagnosticados com lesão de cárie na radiografia convencional e na tomografia computadorizada de feixe cônico. Todos os exames mostraram sensibilidade menor que a especificidade e, utilizando como parâmetro a tomografia, a radiografia digital apresentou resultados discretamente superiores para a avaliação das lesões oclusais. Conclui-se que as três modalidades estudadas são válidas para complementar o diagnóstico desse tipo de lesão, contudo, a radiografia digital e a tomografia computadorizada de feixe cônico mostraram-se superiores para esse diagnóstico.

Kalathingal *et al.* (2006) realizaram um estudo comparativo entre a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) e a radiografia convencional em relação à detecção de cárie proximal e a avaliação de profundidade da lesão. O estudo foi realizado *in vitro* e foi composto por 20 dentes posteriores – que haviam sido extraídos e tinham, no total, 18 lesões de cárie. As fatias tomográficas foram reconstruídas nos planos axiais e parassagital, e as radiografias convencionais foram adquiridas. As imagens obtidas por meio de ambas as técnicas foram analisadas por oito avaliadores, que mensuraram a presença ou não de lesão de cárie e sua profundidade. Por meio desse estudo, foi possível concluir que não há diferença entre a TCFC e a radiografia convencional para a detecção de cáries proximais. Em relação à profundidade da lesão, a tomografia se mostrou mais precisa.

Qu *et al.* (2011) compararam cinco aparelhos de TCFC (*NewTom9000*, *Accuitomo 3DX*, *Kodak 9000 3D*, *ProMax 3D* e *DCT PRO*) com relação à acurácia do diagnóstico de lesões de cárie incipientes nas faces proximais. Após aprovação do comitê de ética, 39 dentes extraídos com manchas brancas e marrons, porém sem cavitação, foram montados em troquéis e radiografados com os tomógrafos mencionados acima. Após essa etapa, as imagens foram analisadas por sete observadores com experiência em diagnóstico de lesões de cárie. Em seguida, uma validação do diagnóstico foi realizada através de exame histológico. Os autores concluíram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos estudados.

Park *et al.* (2011) fizeram uma revisão de literatura no *PubMed* a respeito do diagnóstico de cárie utilizando como ferramenta a TCFC. Segundo os autores, entre os trabalhos lidos, há uma tendência a dizer que o sistema de tomografia computadorizada é mais preciso do que os métodos convencionais na detecção de cárie oclusal e lesões profundas em dentina; no entanto, evidências científicas são ainda insuficientes para tal afirmação. Outro fator importante é que todos os artigos lidos são estudos laboratoriais, portanto, há a necessidade de se realizarem estudos clínicos para validar essa suposição.

Horner *et al.* (2020) realizaram uma revisão sistemática para avaliar a eficácia diagnóstica da TCFC na odontologia pediátrica. Após triagem, 190 estudos *in vivo* foram incluídos. A eficácia da TCFC encontrada nos estudos foi diversa e, frequentemente, de qualidade limitada. Foram descritas vantagens para fraturas radiculares e localização de estruturas dentárias para planejamento cirúrgico, contudo, concluiu-se que o movimento do paciente, muito comum em crianças, pode prejudicar e reduzir a eficácia do diagnóstico. Destacou-se ainda que a TCFC não deve ser utilizada como uma ferramenta primária no diagnóstico de lesões de cárie, visto que seu custo é elevado e a taxa de exposição à radiação é maior, sendo indicada apenas quando o exame radiográfico convencional não corresponder ao objetivo pelo qual foi solicitado.

Tymofiyeva *et al.* (2009) estudaram *in vivo* a aplicabilidade da ressonância magnética (RM) para a visualização e quantificação de lesões de cárie, bem como para mensurar a sua distância em relação à câmara pulpar. Para isso, cinco pacientes com lesões de cárie foram incluídos no estudo, sendo: dois casos de lesões em fôssulas e fissuras; quatro lesões nas faces proximais e uma lesão de cárie oculta a nível de dentina. Para o exame RM de alta resolução, foi utilizado um contraste de *gadolinium* gelatinoso para aplicação tópica, em combinação com uma bobina receptora de radiofrequência intraoral em um aparelho de 1,5 T. A reconstrução e a análise das imagens e mensurações foram realizadas em um *software* específico. Além disso, foram aplicadas radiografias intraorais e moldagem antes do tratamento e do preparo cavitário. O tamanho das lesões detectadas na RM foi maior que nas moldagens antes do tratamento e radiografias, mas similar ao que foi encontrado clinicamente.

As lesões de cárie e a câmara pulpar foram claramente visualizadas, portanto, pequenas distâncias entre ambas podem ser mensuradas (0,3 mm), com a vantagem de não utilizar radiação ionizante.

Mendes *et al.* (2020), em uma revisão sistemática da literatura, com o objetivo de avaliar o uso da RM na odontologia, utilizaram a seguinte pergunta PICO: em pacientes que necessitam de exames de imagem na região dental (P), a RM (I) é aplicável (O) e sua acurácia (O) para visualização das estruturas dentárias e de suporte é comparável à de radiografias convencionais, TCFC e medidas clínicas (C). Após pesquisa nas bases de dados e aplicação dos critérios de inclusão e elegibilidade, além da avaliação da qualidade dos estudos, foram incluídos 12 estudos. Em termos de diagnóstico de lesões de cárie, a RM 3D-*ultrashort echo time* (3D-UTE) mostrou maior sensibilidade (97–100%) na detecção do que as radiografias interproximais (81–85%) e a RM *high resolution-turbo spin echo* (HR-TSE) (17–19%). Todas as lesões apareceram maiores na 3D-UTE do que nos outros métodos. Porém, os autores sugerem que mais estudos nessa área sejam conduzidos.

Kocasarac & Angelopoulos (2018) escreveram uma revisão da literatura a respeito do uso da ultrassonografia (US) na odontologia. Sobre o diagnóstico de lesões de cárie, os autores dizem que as ondas emitidas pelo aparelho têm a habilidade de penetrar sólidos, como esmalte e dentina, sendo este, portanto, indicado para esse tipo de avaliação, com resultados promissores. Porém, ainda há falta de padronização no método de avaliação, e os estudos clínicos são limitados.

Kim *et al.* (2019) avaliaram lesões de cárie incipientes (lesões de mancha branca) *in vitro* com US de alta frequência, comparando com a US convencional e imagens de microtomografia, com o objetivo de verificar o formato e profundidade das lesões. Com a US convencional, não foi possível fazer a distinção entre o tecido sadio e o afetado pela cárie. Por outro lado, a morfologia da lesão foi facilmente identificada quando a US de alta frequência foi utilizada, distinguindo áreas de desmineralização de regiões normais (o que foi confirmado com a microtomografia). Além disso, a profundidade das lesões também foi compatível nesse método. Concluiu-se, então, que a imagem da US de alta frequência tem potencial para a detecção de lesões de cárie incipientes, com melhor contraste e resolução que a US convencional, além de oferecer informações como profundidade e formato da desmineralização.

Luong *et al.* (2020) realizaram um estudo sobre diagnóstico de cárie oclusal que analisou a tomografia de coerência óptica 3D (OCT) em comparação às radiografias digitais. Esse tipo de tomografia se baseia no princípio de interferometria de baixa coerência e consegue produzir informações detalhadas sobre a dispersão e a reflexão da luz na amostra, fornecendo imagens de estruturas internas de forma não invasiva — e, por isso, é muito utilizado na oftalmologia. Foram analisados molares humanos que não apresentavam os critérios de lesões de cárie avançada da *American Dental Association* (ADA), os quais foram montados em um bloco de silicone e radiografados. Posteriormente, eles foram escaneados através da OCT. Treze examinadores avaliaram as imagens radiográficas e as fatias dinâmicas tomografadas. Estatisticamente, analisou-se sensibilidade, especificidade e área sob as curvas características operacionais (Az). A tomografia OCT apresentou valores maiores de Az e de sensibilidade em relação às radiografias, as quais demonstraram sensibilidade baixa para lesões de cárie em dentina. Em conclusão, esse tipo de tomografia mostrou-se uma poderosa ferramenta para diagnóstico de cárie oclusal, principalmente para lesões de dentina, sejam elas com ou sem cavitação. No entanto, o estudo foi laboratorial, com um protótipo da OCT para ser utilizado intraoral.

FATORES QUE DIFICULTAM O DIAGNÓSTICO DAS LESÕES DE CÁRIE

É fundamental o papel do exame clínico para a determinação do diagnóstico das lesões de cárie, contudo, nem sempre ele é suficientemente verdadeiro e positivo nos casos de lesões proximais. O diagnóstico de lesões de cárie proximais incipientes é dificultado pela impossibilidade de visualização direta. Porém, é importante ressaltar que nenhuma decisão clínica deve ser baseada apenas em um único método diagnóstico (HALA *et al.*, 2006). Um recurso utilizado para auxiliar na detecção de lesões de cárie nessa região é o uso de algum instrumento mecânico, por exemplo, os afastadores ortodônticos, a fim de possibilitar uma melhor visualização clínica (HOPCRAFT *et al.*, 2005). Mas o método mais comum e frequente para o diagnóstico desse tipo de lesão têm sido as radiografias interproximais (HALA *et al.*, 2006; HOPCRAFT *et al.*, 2005).

De acordo com Mestriner *et al.* (2006), o uso de radiografias interproximais deve ser feito mesmo em paciente livres de lesões de cárie. Estudos demonstraram que, quando há possibilidade de visualização de lesões cariosas por meio de radiografias interproximais, essas lesões apresentam maior profundidade de penetração histológica (VIRAJILP *et al.*, 2005), ou seja, há subestimação do tamanho real da lesão na radiografia.

Um fator importante que pode exercer influência na interpretação da imagem radiográfica é a radiopacidade dos materiais restauradores. Resinas compostas e cimentos de ionômero de vidro radiolúcidos, em relação à radiodensidade do esmalte e da dentina, dificultam a análise e conclusão do diagnóstico de lesões de cárie, tornando a diferenciação entre desadaptação e lesões de cárie adjacentes à margem de restaurações irregulares ou manchadas um desafio ao profissional (SILVA & MALTZ, 2004).

DISCUSSÃO

A cárie é uma doença multifatorial que representa um dos maiores problemas de saúde bucal do mundo (FEJERSKOV & KIDD, 2005; MALTZ *et al.*, 2016), e seu diagnóstico precoce é essencial para que não ocorra a necrose pulpar e o subsequente desenvolvimento de lesões inflamatórias na região periapical. Os métodos de detecção mais utilizados são o exame clínico e as radiografias intraorais (TAGLIAFERRO *et al.*, 2019), por serem confiáveis, minimamente invasivos, com custo acessível e relativamente confortáveis para o paciente (SOARES *et al.*, 2012). A associação entre esses métodos é uma grande aliada para a conclusão do diagnóstico (CHAVES *et al.*, 2010; PITTS, 1986; VRIES *et al.*, 1990), porém, infelizmente, essa não é a realidade do radiologista quando precisa interpretar uma imagem solicitada. A falta da visualização clínica deixa algumas dúvidas, principalmente quando há materiais restauradores, que podem apresentar diferentes radiopacidades em relação ao esmalte e à dentina, dependendo da marca usada (MESTRE *et al.*, 2012; PEDROSA *et al.*, 2007; SALZEDAS *et al.*, 2006). Por se tratar de um processo de desmineralização dental, sua imagem é caracterizada por ser radiolúcida (hipodensa, hipossinal, hipoecoica) e difusa, localizada na coroa do dente acometido. A radioluscência nessa região pode representar desde restaurações desadaptadas a lesões de cárie adjacentes, apresentando dificuldades para o profissional (SILVA & MALTZ, 2004).

A respeito do diagnóstico de lesões de cárie por imagem, a odontologia tem expandido cada vez mais suas possibilidades, uma vez que a maioria dos dentistas tem optado pelo uso de métodos imagiológicos, os quais possibilitam uma maior precisão no diagnóstico (BRAGA & SEABRA, 2014; TAGLIAFERRO *et al.*, 2019). Contudo, um fator de extrema importância é a experiência do profissional

para poder realizar desde a solicitação (ou a técnica) até a interpretação correta da imagem, o que pode influenciar tanto na eficácia quanto na segurança do método — evitando, por exemplo, a exposição desnecessária do paciente à radiação (CARMONA *et al.*, 2006; MOURA *et al.*, 2014).

O exame radiográfico intrabucal é utilizado por muitos profissionais, na maioria dos casos, para a avaliação de lesões de cárie (GORDAN *et al.*, 2011), pois apresenta alta sensibilidade (BADER *et al.*, 2002) e especificidade (ALAMOUDI *et al.*, 2019; BADER *et al.*, 2002), tanto no método convencional quanto no digital, independentemente da face dental (BADER *et al.*, 2002). A técnica interproximal é a mais indicada para a visualização de lesões de cárie nas faces proximais (FRANÇA-PINTO *et al.*, 2011), tanto para pequenas lesões em esmalte (VRIES *et al.*, 1990), quanto para lesões de cárie em estágios mais avançados (BRAGA *et al.*, 2009).

Para superfícies oclusais, o diagnóstico das lesões de cárie por meio de exames radiográficos é limitado, em razão da sobreposição das cúspides (GONÇALVES, 2003; KING & SHAW, 1979). Apesar de a técnica interproximal convencional ser utilizada para complementar o exame clínico, a radiografia digital e a TCFC mostram-se superiores para esse fim (PIMENTEL *et al.*, 2018). Outro método de imagem bastante promissor para esse tipo de avaliação é a tomografia de coerência óptica (OCT), que apresenta maior sensibilidade em relação às radiografias digitais, principalmente para lesões de dentina, sejam elas com ou sem cavitação (LUONG *et al.*, 2020).

Tratando-se dos sistemas de imagem radiográfica digital, eles se mostraram superiores quando comparados aos convencionais em relação à qualidade da imagem obtida, ao tempo gasto e à menor sujeição a erros de processamento, uma vez que o sistema digital dispensa esse processo (ARAÚJO, 2001; BOTELHO *et al.*, 2003; KREICH *et al.*, 2005; MILES *et al.*, 1999; WATANABE *et al.*, 1999; WENZEL, 2000). Uma das limitações quanto ao uso de radiografias digitais era sua validade jurídica, contudo, após a criação de meios de autenticação, elas se tornaram imutáveis e válidas perante a lei (CANDEIRO, 2009).

Um avanço na área da radiologia odontológica tem sido o uso de tomografias como exame imagiológico complementar e auxiliar ao diagnóstico. A TCFC tem apresentado resultados positivos quanto ao seu uso para a detecção de lesões de cárie (KALATHINGAL *et al.*, 2007; PARK *et al.*, 2011; PIMENTEL *et al.*, 2018; ZHANG *et al.*, 2011), inclusive no diagnóstico de lesões de cárie incipientes, independentemente do aparelho de aquisição (QU *et al.*, 2011). A grande vantagem desse exame é a precisão em relação à profundidade da lesão, que é superior à da radiografia convencional (KALATHINGAL *et al.*, 2007). Visto que tem alto custo e exposição elevada do paciente à radiação, a TCFC deve ser indicada apenas quando o exame radiográfico não cumprir as necessidades do diagnóstico (HORNER *et al.*, 2020).

O exame de ressonância magnética (RM) também tem sido utilizado para a visualização e quantificação de lesões de cárie (MENDES *et al.*, 2020; TYMOFIYEVA *et al.*, 2009), bem como para mensurar a sua distância em relação à câmara pulpar (TYMOFIYEVA *et al.*, 2009) — com a vantagem de não utilizar radiação ionizante e apresentando sensibilidade maior que as radiografias interproximais (MENDES *et al.*, 2020). Porém, esse é um exame com um custo mais elevado e de difícil disponibilidade.

A ultrassonografia (US) também tem sido investigada para o diagnóstico de lesões de cárie, com resultados promissores. No entanto, ainda há falta de padronização no método de avaliação, e os estudos clínicos são limitados (KOCASARAC & ANGELOPOULOS, 2018). A US de alta frequência tem se mostrado um grande avanço no diagnóstico de lesões incipientes, com melhor contraste e

resolução que a US convencional, além de oferecer informações como profundidade e formato da desmineralização (KIM *et al.*, 2019).

Apesar dos avanços tecnológicos, o profissional deve estar capacitado para interpretar as imagens obtidas, independentemente da técnica utilizada, pois isso é essencial para um diagnóstico preciso.

CONCLUSÃO

A literatura mostra que os exames imaginológicos são um aliado fundamental para o diagnóstico de lesões de cárie de difícil visualização clínica. Os avanços na tecnologia têm possibilitado a utilização de métodos mais modernos, com melhor qualidade de imagem, mais segurança ao paciente e com maior sensibilidade para esse fim. Portanto, é necessário por parte do profissional o conhecimento a respeito dos exames disponíveis e de seus benefícios, bem como suas limitações, visando a otimizar sua utilização.

REFERÊNCIAS

- ALAMOUDI, N. M. et al. Accuracy of the DIAGNOcam and bitewing radiographs in the diagnosis of cavitated proximal carious lesions in primary molars. **Nigerian Journal of Clinical Practice**, v. 22, n.1, p. 1576-1582, 2019.
- ARAUJO, E. A. F. de. **Comparação entre a imagem radiográfica interproximal convencional e a digital direta na detecção de cáries proximais**. 2001. 93 f. Dissertação (estrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Odontologia (Campus de São José dos Campos), 2001.
- BADER, J. D.; SHUGARS, D. A.; BONITO, A. J. A systematic review of the performance of methods for identifying carious lesions. **Journal of Public Health Dentistry**, v. 62, n. 4, p. 201-213, 2002.
- BRAGA, G. T.; SEABRA, L. M. A. O papel do exame radiográfico no diagnóstico de lesões cariosas proximais na clínica odontopediátrica. **Arquivo Brasileiro de Odontologia**, v.10 n.1, p. 21-25, 2014.
- BRAGA, M. M. et al. In vitro performance of methods of approximal caries detection in primary molars. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology**, v. 108, n. 4, p. 35-41, 2009.
- BOSCOLO, F. N. et al. Estudo clínico comparativo da qualidade de imagem de três sistemas radiográficos digitais, filme E-speed e filme digitalizado. **Pesquisa Odontológica Brasileira**, v. 15, n. 4, p. 327-333, 2001.
- BOTELHO, T. de L.; MENDONÇA, E. F. de; CARDOSO, L. L. M. Contribuição da radiografia digital na clínica odontológica. **Revista Odontológica do Brasil Central**, v. 12, n. 33, p. 55-59, 2003.
- CANDEIRO, G. T de M.; BRINGEL, A. de S. F; VALE, I. S. do. Radiologia digital: revisão de literatura. **Revista Odontológica de Araçatuba**, v.30, n.2, p. 38-44, 2009.
- CARMONA G. P. et al. Influência da experiência profissional no diagnóstico radiográfico de cáries. **Ciência Odontológica Brasileira**, v. 9, n. 1, p 87-92, 2006.
- CHAVES L. P. et al. Cárie proximal – fundamentos e recursos para diagnóstico precoce. **Odontologia Clínico-Científica**, v.9, no.1, p. 33-37, 2010.

- CLASEN, N. F.; AUN, C. E. Radiografia digital direta: análise dos principais sistemas e recursos. **Revista de Odontologia da Universidade da Cidade de São Paulo**, v. 10, n. 2, p. 09-20, 1998.
- COSTA E SILVA, A. V. et al. Diagnóstico de lesão de cárie proximal por imagem: Revisão Sistemática. **Odontologia Clínico-Científica**, v. 11, n. 1, p. 17-24, 2012.
- DAYO, A. F. et al. Radiology of Dental Caries. **Dental Clinics of North America**, v. 65, n. 3, p. 427-445, 2021.
- FEJERSKOV, O.; KIDD, E. Cariologia clínica e a dentística operatória. **Cárie dentária: a doença e seu tratamento clínico**. São Paulo: Santos, p. 3-6, 2005.
- FRANÇA-PINTO, C. C. et al. Cárie proximal em dentes decíduos posteriores: diagnóstico e fatores associados. **Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada**, v. 11, n. 3, p. 387-392, 2011.
- GONÇALVES, M. de A. **Determinação da profundidade da lesão de cárie oclusal em dentes decíduos por meio de radiografias convencional e digital direta. Efetividade dos recursos de imagem e desempenho do examinador**. 2003. 126 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia de Araraquara, 2003.
- GORDAN, V. V. et al. Methods used by dental practice-based research network (DPBRN) dentists to diagnose dental caries. **Operative Dentistry**, v. 36, n. 1, p. 2-11, 2011.
- HAAK R.; WICHT M. J.; NOACK M. J. Conventional, digital and contrast-enhanced bite-wing radiographs in the decision to restore proximal carious lesions. **Caries Research** v. 35, n. 3, p. 193-199, 2001.
- HALA, L. A.; MELLO, J. B.; CARVALHO, P. L. Evaluation of the effectiveness of clinical and radiographic analysis for the diagnosis of proximal caries for different clinical experience levels: comparing lesion depth through histological analysis. **Brazilian Journal of Oral Sciences**, v. 5, n. 17, p. 1012-1017, 2006.
- HOPCRAFT, M. S.; MORGAN, M. V. Comparison of radiographic and clinical diagnosis of approximal and occlusal dental caries in a young adult population. **Community Dentistry and Oral Epidemiology**; v. 33, n. 3, p. 212-218, 2005.
- HORNER, K. et al. Diagnostic efficacy of cone beam computed tomography in paediatric dentistry: a systematic review. **European Archives of Paediatric Dentistry**, v. 21, n. 4, p. 407-426, 2020.
- IKUTA, C. R. S.; SALZEDAS, L. M. P. Comparação clínica de dois sistemas digitais de radiografias intraorais. **Archives of Health Investigation**, v. 7, n. 6, p. 213-216, 2018.
- KALATHINGAL, S. M. et al. In vitro assessment of cone beam local computed tomography for proximal caries detection. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics**, v. 104, n. 5, p. 699-704, 2006.
- KASSEBAUM, N. J. et al. Global burden of untreated caries: a systematic review and metaregression. **Journal of Dental Research**, v. 94, n. 5, p. 650-658, 2015.
- KIM, J. et al. High-frequency ultrasound imaging for examination of early dental caries. **Journal of Dental Research**, v. 98, n. 3, p. 363-367, 2019.
- KING, N. M.; SHAW, L. Value of bitewing radiographs in detection of occlusal caries. **Community Dentistry and Oral Epidemiology**, v. 7, n. 4, p. 218-221, 1979.

- KOCASARAC, H. D.; ANGELOPOULOS, C. Ultrasound in dentistry toward a future of radiation-free imaging. **Dental Clinics of North America**, v. 62, n. 3, p. 481-489, 2018.
- KREICH, E. M. et al. Imagem digital na Odontologia. **Publicatio UEPG Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 11, n. 3, p. 53-61, 2005.
- LUNARDELLI, S. E. et al. Autoestima e cárie dentária em adolescentes: um estudo seccional. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 45, n. 6, p. 332-338, 2016.
- LUONG, M.N. et al. Diagnosis of occlusal caries with dynamic slicing of 3D optical coherence tomography images. **Sensors (Basel)**, v. 20, n. 6, p. 1659, 2020.
- MALTZ, M. et al. **Cariologia: conceitos básicos, diagnóstico e tratamento não restaurador**. 1ª edição. Artes Médicas, 2016.
- MENDES, S. et al. Evaluation of magnetic resonance imaging for diagnostic purposes in operative dentistry - a systematic review. **Clinical Oral Investigations**, v. 24, n. 2, p. 547-557, 2020.
- MESTRE, K. M.L. et al. A ausência de radiopacidade em alguns cimentos de ionômero de vidro. **Revista da Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas**, v. 66, n. 1, p. 24-29, 2012.
- MESTRINER, S. F.; PARDINI, L. C.; MESTRINER, W. J. Impact of the bitewing radiography exam inclusion on the prevalence of dental caries in 12- year-old students in the city of Franca, São Paulo, Brazil. **Journal of Applied Oral Science**, v. 14, n. 3, p. 167-171, 2006.
- MILES, D. A.; LANGLAIS, R. P.; PARKS, E. T. Digital x-rays are here; why aren't you using them? **Journal of the California Dental Association**, v. 27, n. 12, p. 926-934, 1999.
- MOURA, L. B.; BLASCO, M. A. P.; DAMIAN, M. F. Exames radiográficos solicitados no atendimento inicial de pacientes em uma Faculdade de Odontologia brasileira. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 43, n. 4, p. 252-257, 2014.
- MØYSTAD A. et al. Detection of approximal caries with a storage phosphor system. A comparison of enhanced digital images with dental X-ray film. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 25, n. 4, p. 202-206, 1996.
- OHKI, M.; OKANO, T.; NAKAMURA, T. Factors determining the diagnostic accuracy of digitized conventional intra-oral radiographs. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 23, n. 2, p. 77-82, 1994.
- PARK, Y. S. et al. Current status of dental caries diagnosis using cone beam computed tomography. **Imaging Science in Dentistry**, v. 41, n. 2, p. 43-51, 2011.
- PEDROSA, R. F. et al. Influência de materiais restauradores na interpretação radiográfica. **Revista da Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo**, v. 12, n. 3, p. 35-39, 2007.
- PIMENTEL, P. A. G. et al. Comparação entre radiografia interproximal convencional, radiografia digital e tomografia computadorizada de feixe cônico no diagnóstico de lesões oclusais de cárie – estudo in vitro. **Revista Odontológica do Brasil Central**, v. 27, n. 81, p. 82-86, 2018.
- PITTS, N. B. Regression of approximal carious lesions diagnosed from serial standardized bitewing radiography. **Caries Research**, v.20, n. 1, p.85-90, 1986.
- QU, X. et al. Detection accuracy of in vitro approximal caries by cone beam computed tomography images. **European Journal of Radiology**, v. 79, n. 2, p. 24-27, 2011.

- SALZEDAS, L. M. P.; LOUZADA, M. J. Q.; OLIVEIRA FILHO, A. B. de. Radiopacity of restorative materials using digital images. **Journal of Applied Oral Sciences**, v. 14, n. 2, p. 147-152, 2006.
- SANTOS, N. B. et al. Diagnóstico de cárie hoje: novas tendências e métodos. **Jornal Brasileiro de Odontopediatria e Odontologia do Bebê**, v. 6, n. 31, p. 255-262, 2003.
- SENEL, B. et al. Diagnostic accuracy of different imaging modalities in detection of proximal caries. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 39, n. 8, p. 501-511, 2010.
- SILVA, B. B.; MALTZ, M. Cárie secundária - uma revisão de literatura. **Revista da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre**, v. 45, n. 1, p. 29-33, 2004.
- SILVA, C. H. F. et al. Levantamento epidemiológico de cpo-d em escolares de 12 anos do município de Pedra Branca, Ceará. **Revista de Saúde Coletiva da UEFS**, v. 9, n. 1, p. 16-22, 2019.
- SOARES, G. G. et al. Métodos de detecção de cárie. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 69, n.1, p. 84-89, 2012.
- TAGLIAFERRO, E. et al. Caries diagnosis in dental practices: results from dentists in a Brazilian community. **Operative Dentistry**, v. 44, n. 1, p. 23-31, 2019.
- TYMOFIYEVA, O. et al. High-resolution 3D magnetic resonance imaging and quantification of carious lesions and dental pulp in vivo. **Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine**, v. 22, n. 6, p. 365-374, 2009.
- VIRAJISILP, S. et al. Comparison of proximal caries detection in primary teeth between laser fluorescence and bitewing radiography. **Pediatric Dentistry**, v. 27, n. 6, p. 493-498, 2005.
- VRIES, H. C. B. et al. Radiographic versus clinical diagnosis of approximal carious lesions. **Caries Research**, v. 24, n. 5, p. 364-370, 1990.
- WATANABE, P. C. A. et al. Estudo atual da arte da imagem digital em Odontologia. **Revista da Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas**, v. 53, n. 4, p. 320-325, 1999.
- WENZEL, A. Digital imaging for dental caries. **Dental Clinics of North America**, v. 44, n. 2, p. 319-338, 2000.
- ZHANG, Z. et al. The detection accuracies for proximal caries by cone-beam computerized tomography, film, and phosphor plates. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics**, v. 111, n. 1, p. 103-108, 2011.