

Sistemas adesivos atuais e principais desafios na adesão: revisão narrativa

Current adhesive systems and main challenges in adhesion: narrative review

Sistemas adhesivos actuales y principales retos en adhesión: revisión narrativa

Recebido: 08/08/2021 | Revisado: 15/08/2021 | Aceito: 16/08/2021 | Publicado: 18/08/2021

Lorena dos Santos Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6121-916X>

Rede de Ensino Doctum, Brasil

E-mail: lorenasrodrigues.lr@gmail.com

Paula Sampaio de Mello Assis

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7972-6896>

Rede de Ensino Doctum, Brasil

E-mail: paulasampaiomello@gmail.com

Adolfo Coutinho Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8299-1922>

Rede de Ensino Doctum, Brasil

E-mail: adolfofocmartins123@gmail.com

Nathalia Silveira Finck

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8435-2390>

Rede de Ensino Doctum, Brasil

E-mail: nathaliafinck@gmail.com

Resumo

Adesão é a força que permite substâncias ou substratos de diferentes composições se manterem unidos desde que estejam em íntimo contato. Os substratos dentais possuem características bastante diferentes e são de complexo entendimento quando submetidos a sistemas adesivos, sendo este o principal desafio que o cirurgião-dentista tem enfrentado na odontologia restauradora. Considerando que existe uma grande deficiência no conhecimento do profissional em relação às técnicas, indicações e propriedades dos adesivos dentais, o objetivo desta revisão de literatura narrativa foi esclarecer a classificação e aspectos atuais dos sistemas adesivos, além de apontar os principais desafios que o clínico pode se deparar durante o processo de adesão nos tecidos dentários. Atualmente os sistemas adesivos são classificados em convencionais, autocondicionantes e universais. Fatores como condicionamento seletivo do esmalte quando se utiliza sistemas autocondicionantes e o uso de sistemas adesivos que contenham monômeros funcionais que favorecem a adesão química ao substrato dentinário são interessantes para o aumento da resistência de união. A literatura aponta fatores que impactam negativamente a resistência de união, como o uso de soluções hemostáticas, pacientes que receberam radioterapia, dentina cariada e dentina esclerosada.

Palavras-chave: Adesivos dentinários; Longevidade; Propriedades físicas e químicas.

Abstract

Adhesion is the force that allows substances or substrates of different compositions to remain united as they are in close contact. Dental substrates have very different characteristics and are complex to understand when submitted to adhesive systems, which is the main challenge that dentists have faced in restorative dentistry. Considering that there is a great deficiency in the professional's knowledge regarding the techniques, indications and properties of dental adhesives, the objective of this narrative literature review was to clarify the classification and current aspects of adhesive systems, in addition to pointing out the main challenges that the clinician can face come across during the process of adhesion to dental tissues. Currently, adhesive systems are classified as conventional, self-etching and universal. Factors such as selective enamel conditioning when using self-etching systems and the use of adhesive systems that contain functional monomers that favor chemical adhesion to dentin substrate are interesting for increasing bond strength. The literature points to factors that negatively impact bond strength, such as the use of hemostatic solutions, patients who received radiotherapy, carious dentin and sclerotic dentin.

Keywords: Dentin-bonding agents; Longevity; Physical and chemical properties.

Resumen

La adhesión es la fuerza que permite que sustancias o sustratos de diferentes composiciones permanezcan unidos en estrecho contacto. Los sustratos dentales tienen características muy diferentes y son complejos de entender cuando se someten a sistemas adhesivos, que es el principal desafío al que se han enfrentado los odontólogos en odontología restauradora. Considerando que existe una gran deficiencia en el conocimiento del profesional en cuanto a las técnicas, indicaciones y propiedades de los adhesivos dentales, el objetivo de esta revisión narrativa de la literatura fue esclarecer la clasificación y aspectos actuales de los sistemas adhesivos, además de señalar los principales desafíos

que enfrentan el clínico durante el proceso de adhesión a los tejidos dentales. Actualmente, los sistemas adhesivos se clasifican en convencionales, autograbantes y universales. Factores como el acondicionamiento selectivo del esmalte cuando se utilizan sistemas de autograbado y el uso de sistemas adhesivos que contienen monómeros funcionales que favorecen la adhesión química al sustrato dentinario son interesantes para incrementar la fuerza de unión. La literatura apunta a factores que impactan negativamente en la fuerza de unión, como el uso de soluciones hemostáticas, pacientes que recibieron radioterapia, dentina cariada y dentina esclerótica.

Palabras clave: Recubrimientos dentinarios; Longevidad; Propiedades físicas y químicas.

1. Introdução

A adesão na Odontologia vem sendo descrita desde 1951, quando um grupo de pesquisadores, com a tentativa de unir a resina acrílica ao substrato dentário, utilizaram o monômero GMDP (dimetacrilato de glicerofosfato). Em 1955, Michael Buonocore revolucionou a Odontologia Restauradora através da introdução da técnica de condicionamento ácido, cuja técnica é caracterizada pelo uso do ácido fosfórico na estrutura dentária, promovendo a desmineralização dos cristais de hidroxiapatita, a fim de criar sítios na superfície dental para uma adesão efetiva dos monômeros resinosos (Meerbeek, et al., 2020; Ahmed, et al., 2020; Perdigão, et al., 2021).

O principal desafio que a Odontologia Adesiva tem enfrentado é promover uma adesão eficiente em substratos dentários com natureza diferentes. Enquanto o esmalte é composto por cerca de 96% de mineral, a dentina possui 70% de conteúdo mineral e 20% de material orgânico, além da água presente, devido a esta diferença, a adesão na dentina deve possuir um cuidado maior, pois o colapso das fibras colágenas existentes pode levar a falha da adesão. Nesse contexto, existem dois tipos de adesão, a adesão micromecânica e a adesão química. A adesão mecânica se refere à criação de micro retenções no tecido mineral, promovendo microporosidades, onde será formado os *tags* de resina, que se aderem por meio do embricamento mecânico, estas micro retenções podem ser alcançadas mecanicamente, pelo preparo cavitário, e quimicamente, através do condicionamento ácido. A adesão química é alcançada a partir de ligações químicas de monômeros funcionais específicos unindo íons de cálcio da hidroxiapatita ao material sintético, sendo este tipo de adesão ideal para a dentina (Matos, et al., 2017; Bedran-Russo, et al., 2017; Nagarkar, et al., 2019; Meerbeek, et al., 2020; Perdigão, et al., 2021).

Alcançar a adesão efetiva no esmalte é simples, a sua composição é majoritariamente mineral, devido a este fato, o condicionamento ácido promove a criação de microporosidades na superfície do esmalte, aumentando, assim, a energia de superfície, cuja micro retenção é o mecanismo ideal para a adesão mecânica. No entanto, o condicionamento ácido na dentina não apenas desmineraliza, como também remove a smear layer e expõe a rede de fibras colágenas que compõem o substrato dentinário. Existe, então, a necessidade de formação da camada híbrida, descrita em 1982 por Nakabayashi, que se refere à camada formada pela desmineralização e exposição das fibras colágenas, seguida pela infiltração de maneira completa pelo agente de união e polimerização, além disso, o uso de monômeros funcionais, como o 10-MDP (10-metacrilóiloxidecil di-hidrogênio fosfato), podem ser utilizados com o intuito de promover uma retenção adicional no substrato dentinário (Matos, et al., 2017; Yao, et al., 2019; Meerbeek, et al., 2020; Perdigão, et al., 2021).

Diversos fatores podem comprometer o sucesso da Odontologia Adesiva, as propriedades físico-químicas do material a ser utilizado, a habilidade e o conhecimento do operador e o comprometimento do paciente ao tratamento são os itens iniciais a serem avaliados. Todos os anos novos sistemas adesivos são lançados no mercado e a ciência, na maioria das vezes, demanda tempo para comprovar a eficiência desses a longo prazo, conseqüentemente os profissionais ficam à mercê das informações fornecidas pelo fabricante do material. Além disso, em muitos casos, o descaso dos profissionais clínicos na busca de informações em artigos científicos atuais e o fato da maioria dos artigos serem publicados primeiramente em língua inglesa contribui para falta de informação (Matos, et al., 2017; Althaqafi, et al., 2020; Perdigão, 2020).

Portanto, o objetivo desta revisão é, através de um levantamento da literatura, esclarecer classificação e aspectos atuais dos sistemas adesivos, além de apontar os principais desafios que o clínico pode se deparar durante o processo de adesão nos tecidos dentários.

2. Metodologia

Foi realizado um levantamento bibliográfico nas bases de dados PubMed, procurando especificamente por sistemas adesivos, propriedades, indicações e desafios da adesão utilizando filtro dos últimos 10 anos e operadores booleanos AND e OR, usando os seguintes descritores em diferentes combinações: Adesivos dentinários, longevidade, Propriedades físicas e químicas. Também foi realizada uma pesquisa na base de dados Scielo utilizando os mesmos descritores e termos de busca como sucesso na adesão. Livro-texto, periódicos e artigos citados nos trabalhos selecionados de relevância também foram considerados. Trinta e cinco artigos de língua inglesa e 01 livro-texto em língua portuguesa foram identificados e coletados. Para posterior avaliação os seguintes critérios de inclusão foram definidos: artigos que descreveram a técnica adesiva dos sistemas atuais, artigos que apresentavam situações que podem impactar de forma positiva ou negativa o sucesso do processo adesivo, artigos que apontaram indicações e principais propriedades físicas e químicas e suas influências na resistência de união.

3. Referencial Teórico

3.1 Sistemas adesivos

Em decorrência do aumento das restaurações dentárias com fins estéticos e minimamente invasivas, a Odontologia Adesiva teve que se desenvolver de maneira rápida, e, a partir deste rápido desenvolvimento, surgiram então os diversos adesivos dentários que estão presentes no mercado odontológico. Os adesivos eram classificados de acordo com a sua geração, mas por provocar confundimento, atualmente são classificados pela forma de como interagem com a smear layer. Sendo assim, existem três tipos de sistemas adesivos, são eles o sistema convencional, podendo ser de três passos ou dois passos, o sistema autocondicionante, de dois passos ou um passo, e o sistema universal (Bedran-Russo, et al., 2017; Caldas, et al., 2019; Perdigão, et al., 2021).

O sistema convencional é o sistema que depende do uso do ácido fosfórico a 37%, de forma separada, para que a camada de esfregaço, a smear layer, seja removida, além disso, ocorre a desmineralização do esmalte e da dentina. Na subclassificação do sistema de adesivos convencionais têm-se dois tipos, o adesivo convencional de três e dois passos. Enquanto o sistema convencional de três passos é composto pelo ácido fosfórico, pelo primer e o adesivo em frascos separados, o sistema convencional de dois passos é composto pelo ácido fosfórico e pelo primer e adesivo em frasco único (Bedran-Russo, et al., 2017; Caldas, et al., 2019; Perdigão, et al., 2021).

O sistema autocondicionante é o sistema de adesivo que não utiliza a etapa de condicionamento ácido, deste modo, existirão monômeros ácidos na solução de primer deste sistema, tornando-o em uma solução ácida. O primer ácido não irá remover a smear layer, em vez disso, o primer integrará os resíduos da camada de esfregaço à camada híbrida, enquanto promove uma desmineralização superficial da dentina. O diferencial deste sistema é a possibilidade de controlar a desmineralização do substrato dentinário através da acidez do primer. No mercado odontológico há sistemas de adesivos autocondicionantes cujo pH varia entre valores menores que 1 ou igual/maiores que 2,5. Neste sistema existirão dois tipos de adesivos autocondicionantes, o de dois passos e de um passo, o de dois passos é o que possui o primer ácido e o adesivo em frascos separados e o de um passo é composto pelo primer ácido e o adesivo em frasco único. Caso este sistema for utilizado

em esmalte, a literatura recomenda o condicionamento seletivo com ácido fosfórico com o intuito de promover uma melhor adesão e selamento marginal das restaurações (Caldas, et al., 2019; Perdigão, et al., 2021).

Os adesivos universais foram os últimos adesivos a serem lançados ao mercado odontológico em 2011, são de frasco único, cuja composição é feita pelo primer ácido, adesivo e monômeros funcionais, que é a principal diferença entre os adesivos universais e autocondicionantes. Somado a isso, em relação aos demais sistemas adesivos, se diferenciam por fornecerem a possibilidade de o operador escolher que tipo de estratégia será utilizada, podendo ser pelo modo convencional com o ácido fosfórico ou pelo modo autocondicionante. A literatura aponta que o condicionamento seletivo do esmalte aumenta a resistência de união quando se utiliza esses adesivos. Os monômeros funcionais presentes neste sistema de adesivos, como o 10-MDP, permitem adesão química, pois interagem com a hidroxiapatita do substrato dentário, desencadeando ligações químicas, promovendo uma adesão estável e duradoura, principalmente na dentina. Além disso, uma outra característica é que os adesivos universais podem ser utilizados em restaurações indiretas, como as cerâmicas de matriz vítrea, zircônia e metais. Entretanto, a literatura aponta que o silano presente nos adesivos universais não foi suficiente na cimentação dessas peças (Rosa, et al., 2015; Kalavacharla, et al., 2015; Carrilho, et al., 2019; Nagarkar, et al., 2019; Perdigão, 2020; Perdigão, et al., 2021).

3.2 Adesão ao esmalte

Desde a introdução da técnica do condicionamento ácido, o esmalte é considerado o substrato padrão ouro para a adesão dental. A sua fase inorgânica representa cerca de 94 a 96% de cristais de hidroxiapatita, 4 a 5% de composição orgânica e 1 a 4% composto por água. Além disso, seus cristais minerais são organizados de maneira regular e paralela, dessa forma, a adesão no esmalte ocorre de maneira simples e mecanicamente, através da desmineralização, provocada pelo uso do ácido fosfórico a 37%, aumenta a energia e a área de superfície, pois serão criadas micro retenções, permitindo maior molhabilidade pelos sistemas adesivos que, posteriormente, formarão os tags de resina, que se aderem pelo embricamento mecânico (Sofan, et al., 2017; Bedran-Russo, et al., 2017; Yao, et al., 2019; Perdigão, 2020; Perdigão, et al., 2021).

Existem condições que podem afetar, de maneira negativa, a adesão no esmalte, dentre elas, está a hipomineralização molar-incisivo, a hipoplasia decorrente da amelogenese imperfeita e esmalte aprismático. A literatura relata que há uma diminuição na resistência da adesão promovida pelos adesivos convencionais e autocondicionantes em comparação ao esmalte normal. O esmalte afetado apresenta redução na quantidade e na qualidade do conteúdo mineral, conseqüentemente, apresenta redução na dureza do substrato dentário, aumento da porosidade e desorganização nos prismas de hidroxiapatita do esmalte. Estas mudanças micromorfológicas impedirão que uma adesão eficiente entre o substrato e o material restaurador aconteça, fora isso, a desmineralização no esmalte afetado decorrente do condicionamento ácido não é uniforme, resultando, então, na redução da qualidade da adesão e, assim, uma maior suscetibilidade a infiltrações marginais (Strauch, et al., 2018; Sundfeld, et al., 2020).

A adesão em dentes decíduos deve ser levada em consideração de forma diferente. Os dentes decíduos apresentam uma quantidade maior de matéria orgânica e uma camada de esmalte aprismático quando comparados com o esmalte da dentição permanente. Devido a esta diferença, estudos demonstram que a adesão dos dentes da primeira dentição é menor do que da dentição permanente, resultando em lesões cáries secundárias e restaurações fraturadas. Uma boa adesão dependerá de um bom padrão de desmineralização do conteúdo mineral do substrato dentário, que permitirá, então, atingir uma boa capacidade retentiva, como a dentição decídua apresenta diferença na quantidade mineral, na estrutura e na morfologia, técnicas têm sido propostas pela literatura no intuito de modificar o conteúdo orgânico do esmalte decíduo, uma dessas técnicas é a desproteinização do esmalte, que consiste no uso de hipoclorito de sódio a 5% antes do uso do ácido fosfórico a 37%, desta forma, ocorre um aumento da área de superfície para o condicionamento ácido e, posteriormente, a adesão. A

literatura relata que esta técnica tem apresentado sucesso, tem se verificado um aumento na resistência da adesão de materiais restauradores ao dente decíduo (Christopher, et al., 2018; López-Luján, et al., 2019).

3.3 Adesão à dentina

A dentina é considerada um substrato complexo para a adesão dental devido às diferenças existentes em sua composição, quando comparada ao esmalte dental. Por isso, há uma necessidade maior do cuidado e da atenção do clínico durante a rotina clínica. O substrato dentinário é úmido e mais orgânico, seu conteúdo mineral varia de 50 a 70%, enquanto sua fase orgânica varia de 20 a 30% (90% colágeno tipo I e 10% proteínas não colagenosas), 10 a 20% seria composto pela água. Além disso, a medida que aumenta a profundidade na dentina, haverá um aumento no número dos túbulos dentinários presentes na dentina que circunda a polpa dentária. Os túbulos dentinários são extremamente permeáveis, a umidade presente na estrutura interna da dentina se deve ao fluido existente, além de conter prolongamentos odontoblásticos e fibras colágenas intratubulares. Deste modo, observa-se a dificuldade em promover uma adesão duradoura e estável na dentina, sendo esta uma tarefa desafiadora na Odontologia Adesiva (Sofan, et al., 2017; Bedran-Russo, et al., 2017; Cardoso, et al., 2019; Perdigão, 2020).

Em vista da composição da dentina, o procedimento de adesão nesta deve ocorrer com substrato úmido, no intuito de que as fibras colágenas expostas não fiquem ressecadas e colabadas, o que impede um adequado molhamento da superfície. Com o substrato úmido, é possível que as fibras colágenas sejam totalmente infiltradas pelos monômeros resinosos, e, posteriormente, ocorra a polimerização, formando, então, a camada híbrida, descrita por Nakabayashi em 1982. Contudo, a adesão na dentina pode falhar, existem diversos fatores que podem estar relacionados, dentre eles está a degradação enzimática da malha colágena da dentina por meio das metaloproteinases. As metaloproteinases são enzimas endógenas ativadas pelo contato de ácidos ou por proteinases. A partir do momento que são ativadas, a degradação enzimática da matriz ocorre e, de maneira consequente, as ligações dentina-resina da camada híbrida formada são quebradas. Tal fenômeno ocorre quando a infiltração dos monômeros do sistema adesivo foi insuficiente, não recobrando as fibras colágenas expostas e interferindo na longevidade das restaurações adesivas (Bedran-Russo, et al., 2017; Matos, et al., 2017; De Lima, et al., 2018; Meerbeek, et al., 2020; Perdigão, et al., 2021).

Além disso, condições como dentina esclerosada ou dentina afetada pela lesão cariosa torna o processo de adesão ainda mais complicado. Uma dentina esclerosada apresenta túbulos dentinários obliterados, devido a presença da camada hipermineralizada composta pelos cristais minerais que provocam a obliteração, a dentina se torna menos suscetível à desmineralização ácida em relação à uma dentina normal, à vista disso, a adesão em dentina esclerosada forma tags de resina desfavoráveis e a camada híbrida é formada apenas na dentina intertubular, interferindo na durabilidade das restaurações. As técnicas empregadas para melhorar a adesão em dentina esclerosada consiste no uso de ácidos mais fortes, dobrar o tempo de condicionamento na dentina ou remover a camada hipermineralizada durante o preparo cavitário. A dentina afetada pela lesão cariosa é uma dentina que apresenta perda de conteúdo mineral, aumento da porosidade da dentina intertubular e degradação enzimática causada pelas proteinases liberadas pelas bactérias e enzimas endógenas, resultando, assim, em um impacto negativo no desempenho dos adesivos aplicados nesta dentina, interferindo na qualidade da camada híbrida (De Lima, et al., 2018; Isolan, et al., 2018; Meraji, et al., 2018; Hass, et al., 2019; Kwansirikul, et al., 2020).

3.4 Desafios na adesão

Adesão é uma força que mantém juntas duas substâncias ou substratos com diferentes composições desde que suas moléculas estejam em íntimo contato. O desafio na Odontologia Adesiva é unir materiais sintéticos em substratos biológicos. Para uma correta adesão, há a necessidade de um correto molhamento da superfície pelos sistemas adesivos, para que isso

ocorra de forma satisfatória, é necessário aumentar a energia livre de superfície atingindo o molhamento perfeito pelos materiais. Ou seja, considerando a necessidade de haver um íntimo contato entre as moléculas e um molhamento perfeito na superfície, ressalta-se que a presença de contaminantes tem impacto negativo no sucesso do processo adesivo (Reis & Loguercio, 2021).

Durante o processo de adesão, principalmente em restaurações classe II e classe V, que são cavidades localizadas próximas ao tecido gengival, existe a dificuldade do controle de contaminantes nestas cavidades, como o sangue e fluido gengival, por conta da difícil acomodação do lençol de borracha nestas regiões. Em virtude disso, os agentes hemostáticos são bastante utilizados, com a finalidade de manter o campo operatório o mais livre de contaminantes possível, além disso, estes agentes irão atuar como adstringentes e vasoconstritores, atuando na coagulação sanguínea e na vasoconstrição. Em grande parte dos agentes hemostáticos, o cloreto de alumínio e o sulfato férrico são os principais componentes das soluções, contudo, a literatura relata que estas substâncias podem atuar como contaminantes e, assim, obstruir os túbulos dentinários, o que, conseqüentemente, afeta a formação da camada híbrida. Apesar de achados científicos relatarem o impacto negativo, o uso de agentes hemostáticos ainda se faz necessário na presença de sangue, a adesão realizada quando apenas o agente hemostático contamina o local, ainda é maior do que quando a contaminação é através do sangue, os sistemas de adesivos autocondicionantes apresentam um impacto maior em comparação ao sistema de adesivo convencional. Diversos métodos são descritos para promover a limpeza do agente hemostático da cavidade, assim como o uso do EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético), partículas que promovam abrasão como óxido de alumínio, aplicação do ácido fosfórico a 37% e spray de jato e ar, no entanto, estudos na área ainda são necessários para validar tais técnicas (De Oliveira, et al., 2014; Groddeck, et al., 2017).

Como já descrito, a adesão poderá ocorrer por meio mecânico (embricamento) e por meio químico (presença de monômeros funcionais). Portanto, dar preferência para sistemas adesivos que apresentem tais monômeros pode ser uma alternativa interessante para o sucesso da adesão. Na dentina, outro fator que dificulta o processo adesivo, é a profundidade da cavidade que será restaurada. Isso porque quanto mais profunda a cavidade há maior número dos túbulos dentinários por milímetro quadrado diminuindo a área de dentina intertubular e fibras colágenas. Portanto, em cavidades profundas, indica-se o forramento com materiais indicados para a função. Outra opção é indicar sistemas adesivos autocondicionantes, os quais apresentam um controle maior da desmineralização do tecido. A presença da Smear Layer não é um problema, uma vez que essa categoria de adesivos interage com tal camada (Matos, et al., 2017; Bedran-Russo, et al., 2017; Perdigão, 2020; Perdigão, et al., 2021).

Quando o processo adesivo é realizado por técnica convencional de três ou dois passos, há a necessidade de condicionamento ácido prévio em esmalte (30 segundos) e dentina (15 segundos). A escolha do ácido também é importante, visto que este deve apresentar homogeneidade e baixo escoamento. A lavagem desse material deve ser realizada durante o dobro do tempo (60 segundos) utilizando spray de ar e água. Idealmente esse processo deve ser realizado associado ao isolamento absoluto, uma vez que a contaminação por saliva forma uma película de água e glicoproteínas salivares da superfície condicionada, impedindo a adesão. Um sobrecondicionamento com ácido fosfórico na dentina seria um problema, já que a desmineralização pelo ácido seria maior do que a infiltração pelos monômeros, deixando exposto a porção mais profunda do colágeno. Estas fibras sofrem hidrólise, o que compromete a adesão (Kermanshah, et al., 2010).

A aplicação do primer na dentina é fundamental, uma vez que estabiliza a rede de colágeno e remove o excesso de água, o que também aumenta a energia livre de superfície, preparando-a para a aplicação do adesivo. Para isso, é importante que o clínico realize a aplicação de forma ativa do primer esfregando-o com micro pincel por 30 segundos e depois aguarde a evaporação do solvente. Não existe a necessidade de aplicação do primer em esmalte, visto que este tecido já apresenta alta energia livre de superfície e não apresenta colágeno. Entre os solventes que podem estar presentes no primer estão: acetona,

álcool e água. A acetona é bastante volátil e diminui o tempo de trabalho. O etanol propicia ligações de hidrogênio com a água favorecendo a evaporação e idealmente deve apresentar uma concentração de 25% ou menos quando há correta proporção de monômeros. A água como solvente apresenta a capacidade de re-expandir as fibras colágenas quebrando as ligações de hidrogênio entre elas (Van Landuyt, et al., 2007).

Um fator importante que o clínico necessita atenção está relacionado ao armazenamento e manuseio do material. Os adesivos simplificados podem ter o primer evaporado, por isso é importante que após o uso a embalagem seja fechada imediatamente. Além disso, o aumento da temperatura também influenciará facilitando a evaporação do solvente ainda no frasco. Portanto, os frascos devem ser estocados em ambientes refrigerados. Por essa lógica, é indicado que em sistemas simplificados o adesivo só seja dispensado no momento da aplicação, para que não inicie o processo de evaporação do solvente. O aspecto dos adesivos deve ser avaliado, uma vez que quando ocorre a evaporação dos solventes dos frascos de sistemas simplificados, há a permanência apenas do adesivo que fica com um aspecto de "mel", nesta situação, o material não apresentará adesão satisfatória, principalmente em dentina, onde o primer é imprescindível para o sucesso da adesão (Sofan et al., 2017; Carrilho, et al., 2019; Perdigão, 2020; Reis & Loguercio, 2021).

Os adesivos são resinas fluidas responsáveis pela adesão, são hidrofóbicos e podem apresentar carga. Na dentina, os adesivos penetram na superfície preparada pelo primer e formam a camada híbrida, ocorrendo uma nano interação entre os tecidos. Após a aplicação, há a necessidade de 20 a 30 segundos para que este percorra toda a trama colágena e remoção do excesso que poderá ser feita com micro pincel seco objetivando uma camada mais uniforme antes da fotopolimerização do material. É importante salientar que a fotopolimerização seja executada utilizando aparelhos devidamente calibrados e que consigam apresentar irradiância demandada pelo fabricante. O tempo de fotopolimerização também deve ser respeitado considerando as instruções do fabricante (De Lima, et al., 2018; Cadenaro, et al., 2019; Perdigão, 2020).

A contaminação por saliva após a polimerização do adesivo, provoca a adsorção de glicoproteínas na superfície adesiva pobremente polimerizada e inibida pelo ar, prejudicando o processo. Quando se compara os adesivos autocondicionantes e os convencionais, os autocondicionantes se apresentam menos sensíveis à contaminação por saliva, isso porque as características hidrofílicas e a acidez fazem com que, além de penetrar a camada de smear layer, também atravessem os mucopolissacarídeos da saliva (Kermanshah, et al., 2010; Gupta, et al., 2015).

Um fator de degradação interna são as ramificações aquosas que fragilizam a camada híbrida, a presença de monômeros hidrofílicos atraem fluidos e a água quebra a ligação entre os monômeros resultando na perda de massa da resina. Nos sistemas adesivos simplificados (primer e adesivo em frasco único), há maior concentração de solvente, portanto é indicado a aplicação de mais de uma camada, uma vez que esses adesivos permitem com maior facilidade a passagem do fluido dentinário e também, por apresentar fina camada, há a inibição da polimerização pelo oxigênio. Considerando esses fatores, indica-se a aplicação de uma resina de baixa viscosidade (técnica de selamento imediato da dentina) (Hashimoto, et al., 2009).

Pacientes que passaram por tratamento com radioterapia podem apresentar adesão insatisfatória aos tecidos dentários. A radioterapia é utilizada como primeira opção ou atua em combinação para tratamento de tumores malignos de cabeça e pescoço. Efeitos adversos podem ocorrer em decorrência da radioterapia, principalmente na região oral, devido a produção de toxicidades em tecidos saudáveis que estão ao redor do tumor, podendo provocar hipossalivação, osteorradionecrose, xerostomia e lesões cariosas, que são comumente verificadas após a radioterapia. Nesse contexto, as restaurações adesivas podem ser suscetíveis aos efeitos diretos ou indiretos da radioterapia. Em relação às restaurações que foram realizadas anteriormente à radioterapia, observa-se o impacto negativo quando altas doses de radiação ionizante são aplicadas, a microestrutura e as propriedades mecânicas da restauração podem ser afetadas, além das ligações resina-dentina de camada híbrida podem ser quebradas. No esmalte, alterações morfológicas dos cristais de hidroxiapatita podem ocorrer, tornando a

superfície do substrato mais poroso após a radioterapia. A dentina pode sofrer mudanças em sua composição orgânica através de radicais livres formados na presença da água, atuando como oxidantes, causando a desnaturação das estruturas moleculares, de maneira consequente, interferindo na resistência da adesão (Troconis, et al., 2017; Rodrigues, et al., 2018; Arid, et al., 2020; Cunha, et al., 2020; Muñoz, et al., 2020).

4. Discussão

Segundo Nagarkar et al. (2019), o sucesso na Odontologia Adesiva está relacionado à uma adesão estável e duradoura entre os diferentes substratos. Diversos sistemas adesivos dentários são desenvolvidos no intuito de alcançar este objetivo e podem ser classificados como convencionais, autocondicionantes e universais. Os adesivos autocondicionantes são interessantes para dentina pelo maior controle na desmineralização e infiltração pelos monômeros e podem ser classificados de acordo com o pH (Forte, médio, fraco e muito fraco). Essa classificação é importante uma vez que a acidez resulta em desmineralização profunda de esmalte e dentina. Portanto, a literatura destaca que o pH ideal para esses adesivos seria fraco e muito fraco, pois desmineralizam a dentina em um micrômetro, mantendo a hidroxiapatita ligada ao colágeno permitindo embricamento suficiente para a hibridização. Contudo, é consenso na literatura que as diferentes composições do tecido dentário dificultam a utilização de somente um adesivo para todos os casos (Sofan, et al., 2017; Nagarkar, et al., 2019).

Os autores Bedran-Russo et al. (2017) e Perdigão et al. (2021) corroboram que adesão no esmalte possui uma maior estabilidade devido à natureza do substrato, predominantemente mineral, tornando-a mais confiável e simples quando comparado à dentina. É considerado padrão ouro o condicionamento do esmalte com ácido fosfórico e a utilização de adesivos constituídos somente de monômeros. Porém a manutenção do condicionamento ácido em esmalte deve ser realizada mesmo que o adesivo utilizado seja autocondicionante (condicionamento seletivo do esmalte). Conforme Strauch et al. (2018) e Sundfeld et al. (2020), condições patológicas como hipomineralização molar-incisivo, amelogênese imperfeita e esmalte aprismático afetam negativamente a adesão no esmalte, interferindo na longevidade das restaurações adesivas. Sundfeld et al. (2020) relata que é necessária a completa remoção do esmalte hipomineralizado, a fim de não comprometer a qualidade de adesão entre o sistema adesivo e o esmalte. Já Strauch et al. (2018) afirmam que as restaurações indiretas apresentam maior previsibilidade e longevidade em esmaltes afetados quando comparadas às restaurações diretas.

Nos dentes decíduos, Christopher et al. (2018) e López-Luján et al. (2019) atestam que a adesão é menos eficiente quando comparadas aos dentes permanentes. Com a finalidade de melhorar a adesão nos dentes da primeira dentição, Christopher et al. (2018), López-Luján et al. (2019) concordam que o uso do hipoclorito de sódio a 5% previamente ao condicionamento ácido é um método eficiente e não invasivo para a desproteinização dos dentes, permitindo melhora no padrão e na área a ser condicionada do dente (Bedran-Russo, et al., 2017; Christopher, et al., 2018; Strauch, et al., 2018; López-Luján, et al., 2019; Sundfeld, et al., 2020; Perdigão, et al., 2021).

A adesão na dentina, de acordo com Nagarkar et al. (2019) e Perdigão. (2020), é menos previsível e mais desafiadora, sua composição é dinâmica e complexa pois além de possuir maior conteúdo orgânico, existe uma quantidade significativa de água nos túbulos dentinários. Conforme Bedran-Russo et al. (2017) e Perdigão. (2020), a adesão química é facilitada devido a orientação dos cristais de hidroxiapatita e seu tamanho reduzido, promovendo, então, uma retenção adicional. Neste contexto, é consenso na literatura acerca do monômero 10-MDP, a sua estrutura molecular permite que o monômero interaja com a hidroxiapatita do substrato dentinário, formando sais de MDP-cálcio, estas ligações químicas, permitirão, então, alcançar uma adesão estável na dentina. Sofan et al. (2017), relatam que os solventes presentes nos adesivos contribuem para promover uma superfície dentinária úmida, preparando a trama colágena para, subsequentemente, ser infiltrada pelos monômeros do sistema adesivo.

Em concordância com Sofan et al. (2017), Perdigão et al. (2021) adicionam que após a aplicação do adesivo, a evaporação dos solventes auxilia na prevenção da degradação hidrolítica da camada híbrida, preservando as propriedades físicas dos monômeros resinosos após a polimerização. A aplicação ativa do adesivo na superfície dentinária, conforme Nagarkar et al. (2019) e Carrilho et al. (2019), auxilia não só a evaporação dos solventes como também a infiltração dos monômeros e, assim, um aumento na efetividade e na qualidade da camada híbrida na dentina e, somado a isso, Perdigão. (2020) relata que a agitação do frasco do adesivo, principalmente dos simplificados, promove uma melhora a infiltração dos monômeros sobre a dentina condicionada.

A adesão em dentina ainda pode sofrer degradação enzimática pelas metaloproteínases, segundo Bedran-Russo et al. (2017), esse fenômeno ocorre devido a incompleta infiltração dos monômeros do adesivo e, em razão disso, inibidores de metaloproteínases têm sido explorados em pesquisas científicas. De acordo com Matos et al. (2017), a solução de clorexidina a 2% é um eficiente inibidor enzimático, sendo utilizado após o condicionamento ácido. Perdigão et al. (2021) afirmam que o uso da clorexidina promove a durabilidade das restaurações, entretanto existem poucos trabalhos que recomendam o uso da clorexidina, sendo necessários mais estudos nesta área.

Segundo Bedran-Russo et al. (2017), a dentina afetada por lesão cáriosa e/ou com características de esclerose são substratos que os clínicos comumente tratam diariamente. Para dentina cariada, Bedran-Russo et al. (2017) e Meraji et al. (2018) afirmam que apesar de sua composição estar alterada, o selamento marginal deve estar em um substrato dentário saudável para uma melhor adesão. Isolan et al. (2018) afirmam que a literatura *in vitro* indica que os sistemas de adesivos convencionais promovem uma maior resistência de união quando comparados aos autocondicionantes, contudo, estudos *in vivo* são necessários. Bedran-Russo et al. (2017) e Kwansirikul et al. (2020) corroboram que, para dentina esclerosada, o preparo mecânico com brocas multilaminadas, removendo a camada hipermineralizada, e o uso de ácido fosfórico 37% por até 30 segundos aumenta a adesão na dentina esclerosada (Bedran-Russo, et al., 2017; Matos, et al., 2017; Sofan et al., 2017; Meraji, et al., 2018; Isolan, et al., 2018; Carrilho, et al., 2019; Nagarkar, et al., 2019; Kwansirikul, et al., 2020; Perdigão. 2020; Perdigão, et al., 2021).

Além dos fatores associados aos substratos dentários, a contaminação por meio da saliva, de soluções hemostáticas, lubrificantes, e do sangue, a fotopolimerização inadequada e a radioterapia podem se configurar como desafios para a adesão dentária. O controle da umidade é um desafio diário nos procedimentos adesivos e, diante disso, entre os sistemas adesivos atuais, os autocondicionantes foi apontado pelos autores como menos afetado por contaminação pela saliva, isso porque permite que a difusão do adesivo seja realizada sem muito prejuízo mesmo por meio da contaminação pela saliva. O uso de soluções hemostáticas auxilia no controle de contaminação por sangue durante os procedimentos da Odontologia Restauradora, contudo, segundo De Oliveira et al. (2014) e Groddeck et al. (2017), as partículas da solução promovem a obliteração dos túbulos dentinários e, conseqüentemente, afetam a formação da camada híbrida. Diante disso, De Oliveira et al. (2014) relatam que os adesivos autocondicionantes são o sistema mais prejudicado devido a integração da smear layer a camada híbrida e também por não haver ataque ácido prévio à aplicação do adesivo, o que removeria esses detritos. Métodos de limpeza das soluções hemostáticas da superfície adesiva como uso de EDTA, óxido de alumínio, aplicação do ácido fosfórico a 37% e spray de jato e ar são técnicas descritas por De Oliveira et al. (2014) que ainda necessitam ser investigadas.

Conforme Cadenaro, et al., 2019, a estabilidade da interface adesiva está fortemente relacionada com o grau de conversão dos monômeros do sistema adesivo. O protocolo de fotopolimerização deve ser cuidadosamente realizado, condições como a irradiância que o aparelho de fotopolimerização emite, a distância da ponta do fotopolimerizador com o dente e o uso de radiômetros para medir a irradiância dos aparelhos devem ser levados em conta no intuito de promover a polimerização adequada dos monômeros resinosos presentes nos sistemas adesivos.

É consenso na literatura que a radioterapia afeta os substratos dentários através das radiações ionizantes. Em razão disso, as restaurações dentárias, de acordo com Troconis et al. (2017), podem ser afetadas pelos efeitos da radioterapia. Enquanto no esmalte pode ser visto alterações na superfície, na dentina, as estruturas podem ser desnaturadas, dessa forma, a terapia ionizante pode afetar a resistência de união em ambos, esmalte e dentina (Kermanshah, et al., 2010; De Oliveira, et al., 2014; Gupta, et al., 2015; Groddeck, et al., 2017; Cadenaro, et al., 2019).

Atualmente já encontramos no mercado sistemas adesivos bioativos e, para o futuro próximo, a literatura aponta que a evolução desses materiais caminhe para ações terapêuticas e estímulos de remineralização dos tecidos (Bedran-Russo, et al., 2017; Meerbeek, et al., 2020).

5. Considerações Finais

Os sistemas adesivos atuais podem ser classificados como sistemas convencionais, autocondicionantes e universais. Os trabalhos demonstram que o condicionamento seletivo do esmalte juntamente com a técnica autocondicionante e adesivo com pH fraco (aproximadamente 2,5) funcionam de forma mais segura.

Os desafios inerentes a adesão merecem a atenção dos profissionais, dentre eles, pode-se ressaltar como pontos que impactam o sucesso da técnica adesiva:

- Para obter adesão satisfatória, independente do sistema utilizado, é necessário que o clínico conheça o material e suas indicações e limitações e respeite cada passo recomendado para obter uma resistência de união satisfatória.
- Na dentina é interessante a utilização de adesivos autocondicionantes e que contenham monômeros funcionais, como o MDP, com o objetivo de favorecer a adesão química. Além disso, a dentina esclerosada, restos de dentina cariada ou pacientes que foram submetidos a radioterapia, levam à redução nos resultados da resistência de união.
- Na utilização de sistemas adesivos universais, é recomendável o condicionamento seletivo do esmalte.
- A presença de hemostático, saliva, espessante do ácido fosfórico ou fluidos em geral na superfície dentária, pode interferir se apresentando como um contaminante e impedindo o íntimo contato das moléculas dos diferentes substratos.
- A literatura aponta para a evolução dos sistemas adesivos como materiais bioativos que apresentem ações terapêuticas e que estimulem a remineralização dos tecidos.

Referências

- Ahmed. M. H., et al (2020). Quick bonding using a universal adhesive. *Clinical oral investigations*. 24(8). 2837-2851.
- Althaqafi. K. A., et al (2020). A review and current state of autonomic self-healing microcapsules-based dental resin composites. *Dental Materials*. 36(3).329-342.
- Arid. J., et al (2020). Radiotherapy impairs adhesive bonding in permanent teeth. *Supportive Care in Cancer*. 28(1). 239-247.
- Bedran-Russo. A., et al (2017). An overview of dental adhesive systems and the dynamic tooth–adhesive interface. *Dental Clinics*. 61(4). 713-731.
- Cadenaro. M., et al (2019). The role of polymerization in adhesive dentistry. *Dental Materials*. 35(1). e1-e22.
- Caldas. I. P., et al (2019). In vitro cytotoxicity of dental adhesives: A systematic review. *Dental Materials*. 35(2). 195-205.
- Cardoso. G., et al (2019). Bond stability of universal adhesives applied to dentin using etch-and-rinse or self-etch strategies. *Brazilian dental journal*. 30. 467-475.
- Carrilho. E., et al (2019). 10-MDP based dental adhesives: Adhesive interface characterization and adhesive stability—A systematic review. *Materials*. 12(5). 790.
- Christopher. A., et al (2018). Effect of enamel deproteinization in primary teeth. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 42(1). 45-49.

- Cunha. S. R., et al (2020). In vivo and in vitro radiotherapy increased dentin enzymatic activity. *Journal of Dentistry*. 100. 103429.
- De Lima. J. F. M., et al (2018). Effect of adhesive mode and chlorhexidine on microtensile strength of universal bonding agent to sound and caries-affected dentins. *European journal of dentistry*. 12(04). 553-558.
- De Oliveira. B. K., et al (2014). The influence of hemostatic agents on dentin and enamel surfaces and dental bonding: A systematic review. *The Journal of the American Dental Association*. 145(11). 1120-1127.
- Groddeck. S., et al (2017). Effect of cavity contamination by blood and hemostatic agents on marginal adaptation of composite restorations. *J. Adhes. Dent.* 19. 259-264.
- Gupta. N., et al (2015). Effect of saliva on the tensile bond strength of different generation adhesive systems: an in-vitro study. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*. 9(7). ZC91.
- Hashimoto. M., et al (2009). Effect of dentinal water on bonding of self-etching adhesives. *Dental materials journal*. 28(5). 634-641.
- Hass. V., et al (2019). Bonding performance of universal adhesive systems applied in etch-and-rinse and self-etch strategies on natural dentin caries. *Operative dentistry*. 44(5). 510-520.
- Isolan. C. P., et al (2018). Bonding to sound and caries-affected dentin: a systematic review and meta-analysis. *J Adhes Dent*. 20(1). 7-18.
- Kalavacharla. V. K., et al (2015). Influence of etching protocol and silane treatment with a universal adhesive on lithium disilicate bond strength. *Operative Dentistry*. 40(4). 372-378.
- Kermanshah. H., et al (2010). Effect of salivary contamination during different bonding stages on shear dentin bond strength of one-step self-etch and total etch adhesive. *Journal of Dentistry*. 7(3). 132.
- Kwansirikul. A., et al (2020). Effect of different surface treatments of human occlusal sclerotic dentin on micro-tensile bond strength to resin composite core material. *European journal of oral sciences*. 128(3). 263-273.
- López-Luján. N. A., et al (2019). Deproteinization of primary enamel with sodium hypochlorite before phosphoric acid etching. *Acta odontol. latinoam*. 29-35.
- Matos. A. B., et al (2017). Bonding efficiency and durability: current possibilities. *Brazilian oral research*. 31.
- Meerbeek. B. V., et al (2020). From Buonocore's Pioneering Acid-Etch Technique to Self-Adhering Restoratives. A Status Perspective of Rapidly Advancing Dental Adhesive Technology. *Journal of Adhesive Dentistry*. 22(1).
- Meraji. N., et al (2018). Bonding to caries affected dentine. *Dental Materials*. 34(9). e236-e245.
- Muñoz. M. A., et al (2020). The adverse effects of radiotherapy on the structure of dental hard tissues and longevity of dental restoration. *International journal of radiation biology*. 96(7). 910-918.
- Nagarkar. S., et al (2019). Universal dental adhesives: Current status, laboratory testing, and clinical performance. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*. 107(6). 2121-2131.
- Perdigão. J., (2020). Current perspectives on dental adhesion:(1) Dentin adhesion—not there yet. *Japanese Dental Science Review*.
- Perdigão. J., et al (2021). Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 33(1). 51-68.
- Reis, A., & Loguercio. A. D (2021). Materiais dentários diretos: dos fundamentos à aplicação clínica. 2ª ed. Santos.
- Rodrigues. R. B., et al (2018). Influence of radiotherapy on the dentin properties and bond strength. *Clinical oral investigations*. 22(2). 875-883.
- Sofan. E., et al (2017). Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Annali di stomatologia*. 8(1). 1.
- Strauch. S. & Hahnel. S., (2018). Restorative treatment in patients with amelogenesis imperfecta: A review. *Journal of Prosthodontics*. 27(7). 618-623.
- Sundfeld. D., et al (2020). Molar Incisor Hypomineralization: Etiology, Clinical Aspects, and a Restorative Treatment Case Report. *Operative dentistry*. 45(4). 343-351.
- Troconis. C. M., et al (2017). Impact of head and neck radiotherapy on the mechanical behavior of composite resins and adhesive systems: A systematic review. *Dental Materials*. 33(11). 1229-1243.
- Van Landuyt. K. L., et al (2007). Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*. 28(26). 3757-3785.
- Yao. C., et al (2019). Bonding to enamel using alternative enamel conditioner/etchants. *Dental Materials*. 35(10). 1415-1429.