

PRINCIPAIS DESAFIOS DA ADESÃO DOS SISTEMAS ADESIVOS ATUAIS

Fernanda Portalupi¹
Gabriela Pradiel Solto¹
Prof. Me. Mithellen Dayane de Oliveira Lira²

RESUMO

Introdução: A adesão garantiu menor remoção de estruturas dentais. Apesar disso, a junção adesiva ainda apresenta problemas como a degradação hidrolítica, contração de polimerização e permeabilidade. Problemas como cáries secundárias, fraturas, deficiências marginais, desgastes e sensibilidade pós-operatória prejudicam a longevidade das restaurações adesivas. Recentemente, foram criados monômeros funcionais que melhoram a adesão aos tecidos dentais através de ligações químicas. **Objetivo:** Revisar a literatura existente para identificar as causas de falhas na adesão dental e mostrar soluções para garantir a longevidade das restaurações. **Metodologia:** A pesquisa foi realizada nas bases de dados: PubMed, Scielo, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e Google Scholar. Foram incluídos estudos publicados entre 2014 e 2021; Artigos escritos na língua portuguesa, inglesa e espanhola. Foram excluídas teses e dissertações. **Resultados:** Foram encontrados 20.519 artigos. Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, foram selecionados 16 estudos. A principal fonte de dados para a coleta foi o PubMed. Dos estudos selecionados, quatro relatam que a ligação química dos adesivos aos tecidos dentais melhora a adesão e que o monômero 10-MDP é o melhor e mais utilizado. Três ensaios clínicos randomizados demonstraram não haver influência da técnica de aplicação dos sistemas adesivos na qualidade e longevidade da interface adesiva e um relatou desempenho semelhante para todos os sistemas adesivos estudados. **Conclusão:** As principais causas de falhas da adesão são cárie secundária, causada pela perda de adaptação marginal, fraturas, degradação do colágeno por MMPs e escolha de materiais e técnicas inadequadas pelos profissionais. Os sistemas adesivos autocondicionantes de 2 passos, utilizados pela técnica de condicionamento seletivo do esmalte demonstram ser os mais efetivos. Os sistemas adesivos universais são versáteis, porém ainda são necessários estudos de maior tempo de acompanhamento para demonstrar sua efetividade em longo prazo.

Palavras-chave: Falha na adesão dental. Falha de restauração. Sistemas adesivos.

¹Acadêmicas do curso de Odontologia, 10ª fase, disciplina de TCC II, do Centro Universitário Unifacvest.

²Orientadora e Professora do Centro Universitário Unifacvest.

MAIN CHALLENGES IN THE ADHESION OF CURRENT ADHESIVE SYSTEMS

Fernanda Portalupi¹
Gabriela Pradiel Solto¹
Prof. Me. Mithellen Dayane de Oliveira Lira²

ABSTRACT

Introduction: Adhesion ensured less removal of tooth structures. Despite this, the adhesive junction still presents problems such as hydrolytic degradation, polymerization shrinkage and permeability. Problems such as secondary caries, fractures, marginal deficiencies, wear and tear and postoperative sensitivity affect the longevity of adhesive restorations. Restorations fail due to many factors that can be divided between: patient and professional. Recently, functional monomers have been created that improve adhesion to dental tissue through chemical bonds. **Objective:** Review the existing literature to identify the causes of failure in dental adhesion and show solutions to ensure the longevity of restorations. **Methodology:** The search was carried out in the following databases: PubMed, Scielo, Virtual Health Library (VHL) and Google Scholar. Studies published between 2014 and 2021 were included; Articles written in Portuguese, English and Spanish. Theses and dissertations were excluded. **Results:** 20,519 articles were found. After applying the eligibility criteria, 16 studies were selected. The main source of data for collection was PubMed. Of the selected studies, four report that chemical bonding of adhesives to dental tissue improves adhesion and that 10-MDP monomer is the best and most used. Three randomized clinical trials showed no influence of the adhesive systems application technique on the quality and longevity of the adhesive interface, and one reported similar performance for all adhesive systems studied. **Conclusion:** The main causes of adhesion failures are secondary caries, caused by loss of marginal adaptation, fractures, collagen degradation by MMPs and inadequate choice of materials and techniques by professionals. The 2-step self-etching adhesive systems used by the selective enamel etching technique prove to be the most effective. Universal adhesive systems are versatile, but longer follow-up studies are needed to demonstrate their long-term effectiveness.

Key words: Dental adhesion failure. Restore failed. Adhesive systems.

¹Academics of dentistry course, 10th phase, discipline of TCC II, Centro Universitário Unifacvest.

²Advisor and Teacher in the Centro Universitário Unifacvest.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. MATERIAIS E MÉTODO.....	6
2.1 Critérios de elegibilidade.....	6
2.1.1 Critérios de inclusão	6
2.1.2 Critérios de exclusão	6
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
3.1 Adesão dental.....	7
3.1.1 Adesão em dentina x adesão em esmalte.....	7
3.2 Sistemas adesivos.....	7
3.2.1 Adesivos convencionais.....	8
3.2.2 Adesivos autocondicionantes.....	9
3.2.3 Adesivos universais.....	9
3.3 Fatores que comprometem a adesão.....	10
3.3.1 Fatores relacionados ao profissional.....	10
3.3.2 Microinfiltração e nano infiltração.....	10
3.3.3 Degradação por metaloproteinases.....	11
3.4 Soluções para a longevidade das restaurações.....	12
3.4.1 Escolha de materiais e técnicas.....	12
3.4.1.1 Correta infiltração de monômeros.....	13
3.4.1.2 Condicionamento seletivo do esmalte.....	13
3.4.2 Monômeros funcionais.....	14
3.4.3 Inibidores de metaloproteinases.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21
REFERÊNCIAS.....	22

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos, os materiais odontológicos que tiveram mais aprimoramentos incluem os compósitos resinosos e os sistemas adesivos. Apesar do avanço notável na capacidade de adesão, ainda há uma busca ativa por materiais restauradores que não apenas sejam biocompatíveis, mas também apresentem resistência suficiente para suportar as pressões exercidas pela mastigação ao longo do tempo (CAMPOS *et al.*, 2020). Recentemente, foram desenvolvidos monômeros funcionais que aprimoram a aderência aos tecidos dentais por meio de conexões químicas. O monômero 10-MDP, atualmente um dos mais pesquisados, exibe desempenho satisfatório particularmente quando se trata da aderência à dentina (CARVALHO *et al.*, 2019).

Com os avanços no campo dos materiais odontológicos, a utilização das resinas compostas em conjunto com os sistemas adesivos demonstra um desempenho satisfatório no tratamento conservador e minimamente invasivo da estrutura dos dentes (MENEZES *et al.*, 2020). A origem da adesão dentária teve como referência à pesquisa de Buonocore, datada em 1955, quando ele introduziu a técnica de condicionamento ácido no esmalte dentário. Desde então, compreende-se a adesão como um processo de troca, no qual os minerais são removidos para permitir a penetração de monômeros que subsequentemente se convertem em polímeros (ARINELLI *et al.*, 2016). Esse processo adesivo minimiza a remoção de estrutura dentária, uma vez que funciona a nível microscópico no esmalte e cria uma camada híbrida na dentina. No contexto atual, as empresas estão em busca de materiais e métodos simplificados para uma adesão mais conveniente e com menor probabilidade de falhas. Entretanto, é importante notar que a união adesiva ainda enfrenta desafios como degradação causada por hidrólise, contração durante a polimerização e aumento da permeabilidade (CARVALHO *et al.*, 2019).

A utilização do ácido fosfórico a 37% para condicionar a dentina aumenta a molhabilidade, expõe os túbulos dentinários para possibilitar a penetração do adesivo e assim, formando a camada híbrida. Contudo, a secagem excessiva da dentina após o condicionamento, bem como o excesso de umidade e desmineralização exagerada, limitam a penetração dos monômeros resinosos nos túbulos dentinários, prejudicando a adesão e aumentando os riscos de falhas nas restaurações adesivas (CAMPOS *et al.*, 2020). Além disso, problemas como cáries secundárias, fraturas, imperfeições nas margens, desgaste e sensibilidade após o procedimento afetam a durabilidade das restaurações adesivas. Isso acontece predominantemente porque a união entre resina e dentina é menos confiável em comparação com a ligação entre resina e esmalte, devido à composição inerente dessas estruturas (ZHOU *et al.*, 2019).

Assim sendo, o objetivo geral da pesquisa foi revisar a literatura sobre os principais desafios na adesão dos sistemas adesivos atuais e identificar as origens das deficiências na adesão aos dentes e apresentando abordagens para assegurar a longevidade das restaurações.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo tratou-se de uma revisão de literatura sobre falhas na adesão dental e maneiras de evitar. A pesquisa foi realizada em 29 artigos nas bases de dados: 9 PubMed, 6 Scielo, 7 Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e 7 Google Scholar. As palavras-chave utilizadas na busca foram: Falha na adesão dental, falha de restauração, sistemas adesivos.

2.1 Critérios de elegibilidade

2.1.1 Critérios de inclusão

- Foram incluídos estudos publicados entre 2014 e 2021;
- Artigos publicados com os seguintes desenhos de estudo: revisões sistemáticas, revisão de literatura, estudos in vitro, ensaios clínicos randomizados e estudo transversal;
- Artigos escritos na língua portuguesa, inglesa e espanhola;
- Foram selecionadas informações referentes a falhas de restaurações adesivas e formas de evitar falhas na adesão.
- O problema que guiou a pesquisa de artigos foi: Quais as causas de falhas nas restaurações adesivas e como podemos evitá-las?

2.1.2 Critérios de exclusão:

- Foram excluídas teses e dissertações; - Artigos que continham restaurações não adesivas;
- Falhas relacionadas a tratamento endodôntico.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Adesão dental

Nos dias de hoje, os sistemas de adesão odontológica desempenham um papel fundamental na obtenção de resultados bem-sucedidos em termos clínicos para restaurações que visam tanto à estética quanto à função (SHIBUYA *et al.*, 2019). Para alcançar a união entre duas superfícies, é necessário que ocorra um contato íntimo e direto entre elas. Além disso, é essencial que essas superfícies estejam completamente livres de sujeira, pois a existência de elementos contaminantes prejudica a adesão, dificultando a área de molhamento do adesivo (BARATIERI *et al.*, 2015).

3.1.1 Adesão em dentina x adesão em esmalte

A maneira como os sistemas adesivos se unem, tanto em termos de formato quanto de resistência, apresenta variações quando aplicados na dentina em comparação com o esmalte (SILVA *et al.*, 2017). A estrutura da dentina consiste principalmente em componentes orgânicos e hidroxiapatita, que estão cercados por fibras de colágeno. A dentina é úmida, de baixa energia livre de superfície e menores forças moleculares, além da presença de fluidos nos túbulos dentinários (SOFAN *et al.*, 2017). Portanto, alcançar adesão à dentina pode ser considerada um obstáculo, uma vez que o ressecamento da dentina condicionada, o acúmulo de água ou uma desmineralização intensificada diminuem infiltração dos monômeros resinosos nos túbulos dentinários (CAMPOS *et al.*, 2020).

O esmalte dental é uma estrutura mineralizada, composta por 96% de volume de fosfato de cálcio na forma de hidroxiapatita e o restante por água e matéria orgânica (SOUZA; MORO, 2014). O que faz com que a técnica de condicionamento ácido no esmalte crie uma superfície propícia para a aderência (ARINELLI *et al.*, 2016). Dessa forma, a adesão em esmalte é muito mais simples e eficaz que a adesão em dentina (CAMPOS *et al.*, 2020). Após o condicionamento ácido o esmalte pode ser completamente e facilmente seco, facilitando a adesão (SOFAN *et al.*, 2017).

3.2 Sistemas adesivos

A função dos sistemas adesivos é unir o material restaurador e o substrato dental (SILVA *et al.*, 2017). Eles podem ser classificados em três grupos: convencional (condicionamento ácido total), autocondicionante e universal (CARVALHO *et al.*, 2019). Eles podem ser apresentados de várias formas, como em um, dois ou três passos, e se encontram em

diversas marcas e valores no mercado (ARINELLI *et al.*, 2016).

3.2.1 Adesivos convencionais

Os sistemas adesivos convencionais desmineralizam o esmalte e a dentina através de um ataque prévio com ácido fosfórico a 37% (STROBEL; HELLWIG, 2015). Esses sistemas removem a *smear layer* e *smear plug* da dentina através do ataque ácido ao substrato dental, aplicando o ácido separadamente do adesivo (CARVALHO *et al.*, 2019). No esmalte cria-se micro retenções onde serão preenchidas por monômeros resinosos hidrofóbicos do adesivo (ARINELLI *et al.*, 2016). Já, a adesão da dentina ocorre por meio da infiltração e polimerização de monômeros hidrofílicos nas fibras expostas pelo condicionamento ácido (LORENZETTI *et al.*, 2018).

O ácido fosfórico age distintamente em esmalte e dentina, sendo que em dentina ele remove a *smear layer*, desmineralizando-a, expondo as fibras colágenas que serão infiltradas por monômeros resinosos, formando a camada híbrida (ARINELLI *et al.*, 2016). Essa camada híbrida é a interdifusão entre monômeros resinosos polimerizados em dentina previamente condicionada e fibras colágenas expostas, dentina parcialmente desmineralizada e resina (GOMÉZ *et al.*, 2019). Entretanto, na parte mais inferior da camada híbrida existem regiões onde o agente de ligação não consegue chegar, essas regiões ficam cheias de água, onde encontra-se o colágeno não infiltrado (STROBEL; HELLWIG, 2015). Essa água residual entre a rede de colágeno impede a infiltração completa do adesivo. Isso resulta em espaços vazios nanométricos na interface dentina e o adesivo, onde a rede de fibras colágenas fica exposta. Nessa região as metaloproteinases (MMPs) entram em ação, resultando clinicamente na perda de retenção das restaurações, cáries secundárias e hipersensibilidade dentinária (MEDEIROS *et al.*, 2019).

O sistema adesivo convencional pode ser de dois ou três passos clínicos (ARINELLI *et al.*, 2016). Os de três passos iniciam com a aplicação de ácido fosfórico 37% (passo 1), 15 segundos em dentina e 30 segundos em esmalte, eles possuem um primer (passo 2) que modifica a superfície dentinária, aumentando a energia superficial, para que o adesivo seja atraído para a dentina, favorecendo a molhabilidade, escoamento e penetração. O terceiro e último passo é o adesivo propriamente dito que é um elemento denso que umedece e penetra na rede de fibras colágenas expostas, gerando ligação micro mecânica, formando a camada híbrida, as tags e microtags que são formadas pela penetração do adesivo nos túbulos dentinários para complementar a adesão (GOMÉZ *et al.*, 2019). O de dois passos é caracterizado pelo condicionamento ácido prévio com ácido fosfórico 37% (passo 1) e pela aplicação de um

material com propriedade hidrofílicas que desempenha papel de *primer* e adesivo juntos (passo 2) (NEVES *et al.*, 2017).

3.2.2 Adesivos autocondicionantes

Os adesivos autocondicionantes foram propostos a fim de eliminar a sensibilidade da técnica dos sistemas adesivos convencionais (SILVA *et al.*, 2017). Os adesivos autocondicionantes são compostos por monômeros hidrofílicos ácidos, água, HEMA (hidroxietil metacrilato) e dimetacrilatos bifuncionais (LORENZETTI *et al.*, 2018). São adesivos que não precisam de condicionamento ácido prévio, por possuírem em sua composição um *primer* acídico (ARINELLI *et al.*, 2016). Dessa forma, eles modificam e se misturam a *smear layer*, enquanto desmineralizam a dentina (CARVALHO *et al.*, 2019). Esse sistema está disponível em dois ou um passo clínico, onde *primer* acídico e adesivo estão separados ou juntos. Podem também ser classificados em adesivos fortes, intermediários, suaves e muito suaves (ARINELLI *et al.*, 2016).

Quando aplicados no dente, a presença de monômeros ácidos faz com que, a *smear layer* não seja removida, mas, criem pequenas desmineralizações. Após o tempo de ação, os radicais ácidos são neutralizados por cristais de hidroxiapatita, incorporando a *smear layer* na camada híbrida (GOMÉZ *et al.*, 2019). Nesses sistemas o condicionamento da dentina, a desmineralização das fibras colágenas e a infiltração do adesivo são feitas ao mesmo tempo. Portanto, fica menos colágeno exposto na camada híbrida, uma vez que a profundidade de desmineralização é a mesma de infiltração do *primer* (STROBEL; HELLWIG, 2015). Os monômeros dos adesivos autocondicionantes são menos ácidos que o ácido fosfórico, dessa forma alguns minerais permanecem ligados ao colágeno da dentina, permitindo ligações químicas entre o dente e os monômeros do adesivo (CARVALHO *et al.*, 2019).

O desempenho clínico desses adesivos está associada ao grau de acidez e a composição química do material, ou seja, ao tipo de monômero funcional usado na fórmula. O monômero funcional mais utilizado na Odontologia é o 10-MDP, que possui potencial de adesão química à hidroxiapatita (ARINELLI *et al.*, 2016).

3.2.3 Adesivos universais

O desenvolvimento do sistema adesivo universal representou uma inovação significativa no campo da Odontologia adesiva, porém, sua aplicação abrangente em todos os procedimentos adesivos ainda é um tema em debate (CARVALHO *et al.*, 2019). Este sistema interage simultaneamente com o substrato hidrofílico e o material restaurador hidrofóbico,

conferindo-lhe uma natureza bifuncional (CAMPOS *et al.*, 2020).

Ao empregar esse sistema adesivo, o profissional odontológico possui a flexibilidade de escolher o protocolo de aplicação mais adequado às suas necessidades. Ele pode ser empregado em diferentes modalidades, como pré-tratamento com condicionamento ácido total, autocondicionante ou com condicionamento seletivo do esmalte. Estes sistemas de única etapa, embora simplifiquem a técnica, ainda suscitam dúvidas quanto à sua durabilidade e estabilidade de adesão (CARVALHO *et al.*, 2019). Esses sistemas têm todos os seus componentes contidos em um único frasco, o que apresenta a vantagem de serem aplicáveis tanto em dentina úmida quanto seca, tornando-os menos sensíveis à técnica e demandando menos etapas clínicas.

Os monômeros ativos, como o 10-MDP e o ácido polialquenoico, contidos nos adesivos universais, promovem uma aderência química ao cálcio da hidroxiapatita, resultando em um reforço na resistência à adesão desses agentes (PEREIRA *et al.*, 2018).

3.3 Fatores que afetam a adesão

3.3.1 Fatores relacionados ao profissional

O operador desempenha um papel fundamental na durabilidade das restaurações, influenciado pelo nível de capacitação, precisão no trabalho e na tomada de decisões. As falhas também podem ocorrer devido à seleção inadequada de materiais e à aplicação de técnicas restauradoras incorretas (DEMARCO *et al.*, 2017). É de extrema importância que os dentistas compreendam as estratégias e a interação entre as estruturas dentais e os sistemas adesivos, exigindo cuidados meticulosos para alcançar o sucesso na adesão (SOUZA *et al.*, 2018). Adicionalmente, os procedimentos adesivos não podem prescindir de um rigoroso controle da contaminação do campo operatório por saliva, sangue e umidade (BARATIERI *et al.*, 2015). A utilização do isolamento absoluto possibilita esse controle, permitindo que o dentista se concentre inteiramente no procedimento em questão. Portanto, a etapa de isolamento adequado deve ser prioritária na prática clínica (SHIMAZU *et al.*, 2020).

3.3.2 Microinfiltração e nano infiltração

Entre os principais fatores que contribuem para a falha na adesão dental está a penetração incompleta dos monômeros nas fibras de colágeno presentes na dentina desmineralizada, resultando na criação de espaços entre o tecido desmineralizado e a camada híbrida, tornando-a vulnerável à degradação ao longo do tempo (GOMÉZ *et al.*, 2019). A microinfiltração ocorre quando há falha na penetração do adesivo entre a dentina e o material restaurador, enquanto a nano infiltração refere-se à infiltração em escala nanométrica que ocorre

na parte basal da camada híbrida. Isso pode ocorrer devido ao condicionamento prolongado com ácido fosfórico ou à desidratação excessiva da dentina desmineralizada (STROBEL; HELLWIG, 2015). A microinfiltração pode resultar em manchas, margens deterioradas, hipersensibilidade, cáries secundárias e o desenvolvimento de problemas pulpares (SHIMAZU *et al.*, 2020).

Considerando a utilização de monômeros com afinidade pela água, nos adesivos autocondicionantes, há uma exposição de colágeno dentinário em dimensões reduzidas, resultando na formação de uma camada híbrida mais tênue. Como resultado, ela se torna menos suscetível à degradação hidrolítica. No entanto, os monômeros hidrofílicos se comportam como uma barreira impermeável que possibilita a transudação do fluxo de dentina, favorecendo a degradação hidrolítica. Isso provoca a ruptura das ligações covalentes entre os polímeros, comprometendo a resistência à união (GOMEZ *et al.*, 2019).

Por outro lado, componentes que repelem a água podem dificultar a adequada penetração dos monômeros adesivos na matriz de colágeno, afetando, assim, a qualidade da camada híbrida (SILVA *et al.*, 2017).

3.3.3 Degradação por metaloproteinases

As Metaloproteinases da Matriz Extracelular (MMPs) são enzimas da família das endopeptidases e estão localizadas na matriz extracelular (STROBEL; HELLWIG, 2015). Estas são responsáveis pela degradação de compostos da matriz extracelular e das membranas basais (MEDEIROS *et al.*, 2019). Elas são encontradas encapsuladas por cristais de hidroxiapatita (GOMEZ *et al.*, 2019), na saliva, fluido gengival e dentina (STROBEL; HELL WIG, 2015). Na dentina, elas são produzidas por odontoblastos durante a dentinogênese, e se encontram inativas. Quando expostas a pH inferior a 4,5 elas são ativadas, então ligam-se ao colágeno e degradam progressivamente as fibras que não foram cobertas por adesivo na hibridização, deteriorando a ligação dentina-restauração (MEDEIROS *et al.*, 2019).

Se a rede de fibras colágenas presente na dentina ficar exposta elas se tornam propensas ao processo de degradação por enzimas da matriz extracelular (MMPs). Essas enzimas podem ser reativadas pelo ácido láctico produzido pelas bactérias formadoras de cárie, no condicionamento ácido com ácido fosfórico 37% ou, até mesmo, pelos monômeros ácidos dos sistemas adesivos autocondicionantes (MEDEIROS *et al.*, 2019). Na camada basal profunda o colágeno que não foi infiltrado pelo adesivo começa a ser degradado pelas MMPs que foram ativadas pelo condicionamento ácido, assim, ele se desintegra gradualmente criando espaços na camada híbrida, comprometendo a adesão (STROBEL; HELL WIG, 2015).

3.4 Soluções para a longevidade das restaurações

3.4.1 Escolha de materiais e técnicas

No mercado odontológico, há uma ampla variedade de sistemas adesivos disponíveis, o que torna desafiadora a decisão do cirurgião-dentista ao escolher o material e a técnica mais apropriados para cada caso. Cada sistema adesivo apresenta diferentes etapas clínicas e requisitos de aplicação específicos (MAURINA *et al.*, 2019). A utilização de sistemas adesivos universais tem sido adotada com o intuito de mitigar as dificuldades relacionadas à técnica e minimizar a ocorrência de sensibilidade pós-operatória (OLIVEIRA *et al.*, 2021). O caminho para a prolongada durabilidade das restaurações reside na preservação das fibras colágenas, que pode ser alcançada mediante o uso de agentes reticuladores e inibidores de MMPs, bem como a incorporação de adesivos contendo 10-MDP, representando alternativas viáveis na busca incessante por resultados satisfatórios na longevidade de restaurações adesivas (GOMEZ *et al.*, 2019).

Existem diversas abordagens para a aplicação de adesivos universais, o que constitui uma notável vantagem desse sistema, possibilitando ao dentista a escolha mais adequada. Além disso, esse sistema também promove a desmineralização concomitantemente à infiltração de monômeros, resultando em uma resistência à união mais estável na dentina, eliminando a necessidade da etapa de lavagem da cavidade (AVELAR *et al.*, 2019). Os sistemas adesivos universais demonstram ser eficazes, independentemente da realização de condicionamento ácido prévio; no entanto, deve-se notar que o condicionamento ácido na dentina pode resultar em uma redução significativa na adesão dos sistemas adesivos universais (CAMPOS *et al.*, 2020). Portanto, é aconselhável aplicar esses adesivos seguindo a técnica de Condicionamento Ácido Total em situações que envolvem apenas o esmalte e, alternativamente, a técnica de Condicionamento Seletivo do Esmalte em restaurações que abrangem tanto o esmalte quanto a dentina (CARVALHO *et al.*, 2020).

Estudos sugerem a aplicação de uma camada adicional de adesivo hidrofóbico como estratégia para aprimorar a resistência e a qualidade da adesão à dentina. Além de reforçar a força de união, essa abordagem aumenta a durabilidade dos adesivos de uma etapa. Além disso, é recomendada a utilização de um tempo de polimerização prolongado, excedendo o período especificado pelo fabricante, com o objetivo de melhorar a taxa de conversão dos monômeros (FROEHLICH *et al.*, 2021). É fundamental que a dentina exposta durante a preparação da cavidade seja selada imediatamente após a conclusão do desgaste, através da aplicação do sistema adesivo. Isso ocorre porque a formação da camada híbrida em uma área de dentina recém-exposta, livre de contaminantes, é considerada um substrato ideal para procedimentos

adesivos (PEREIRA *et al.*, 2018).

3.4.1.1 Correta infiltração de monômeros

A eficácia dos sistemas adesivos está intrinsecamente ligada à qualidade da camada híbrida. Portanto, assegurar a adequada infiltração de monômeros nas fibras colágenas expostas é de suma importância para selar e resguardar essa camada de possíveis processos de degradação (GOMEZ *et al.*, 2019). A aplicação vigorosa e ativa dos adesivos não apenas melhora substancialmente a resistência de união, mas também contribui significativamente para a redução da degradação ao longo do tempo. Essa aplicação vigorosa promove a penetração dos monômeros na dentina, além de facilitar a evaporação dos solventes (LOPES *et al.*, 2016).

A utilização de duas demãos de adesivo também amplia a resistência à união, aprimorando a qualidade da adesão (CARVALHO *et al.*, 2019).

A verificação adequada da correta aplicação do primer ocorre após a completa evaporação do solvente, sendo observada através do brilho que se manifesta em toda a extensão da cavidade dentária, indicando a formação de uma camada adesiva adequada para o selamento dos túbulos dentinários (SOUZA; MORO, 2014). Além disso, a fotoativação retardada pode otimizar a penetração do adesivo, devido ao tempo de evaporação dos solventes. Quando associada a uma exposição prolongada à luz, isso resulta em uma melhor polimerização e na redução da permeabilidade, uma vez que o calor gerado pelos dispositivos intensifica o processo de evaporação dos solventes, gerando propriedades físico-mecânicas superiores (SOUZA *et al.*, 2018).

3.4.1.2 Condicionamento seletivo do esmalte

A retenção da umidade na dentina após o condicionamento representa um fator de alto risco para a falha no protocolo adesivo convencional. No entanto, embora os adesivos autocondicionantes simplifiquem a técnica, eles não demonstram desempenho satisfatório no tratamento do esmalte (SZESZ *et al.*, 2016). Entretanto, esses adesivos autocondicionantes têm uma notável eficácia quando aplicados na dentina. Para abordar essa situação, surgiu a técnica de Condicionamento Seletivo do Esmalte. Nessa abordagem, o esmalte é condicionado de maneira tradicional, utilizando ácido fosfórico a 37% durante 30 segundos, seguido pela aplicação do sistema adesivo autocondicionante tanto na dentina quanto no esmalte (LOPES *et al.*, 2016). As vantagens associadas ao uso do Condicionamento Seletivo do Esmalte englobam o aumento da energia livre de superfície, maior rugosidade na superfície do esmalte e melhor molhabilidade, resultando em uma adesão aprimorada (WONG *et al.*, 2018).

3.4.2 Monômeros Funcionais

A adesão pode ser classificada em adesão mecânica e química. A adesão mecânica é obtida por meio do condicionamento ácido, que cria microporosidades para a infiltração de monômeros resinosos, resultando em uma união por intertravamento micromecânico (LIMA *et al.*, 2021). Já a adesão química ocorre por meio da interação de monômeros ácidos funcionais com a estrutura dental, envolvendo ligações químicas entre grupos carboxílicos, fosfatos e os cristais de hidroxiapatita presentes na dentina (CARVALHO *et al.*, 2019). Os monômeros funcionais estabelecem uma interação química com a hidroxiapatita que permanece na camada híbrida (SHIBUYA *et al.*, 2019). Nos sistemas adesivos, diversos tipos de monômeros funcionais podem estar presentes, tais como o 4-metacriloxietil anidrotrimelítico (4-META), o 10-metacriloiloxidecil di-hidrogenofosfato (10-MDP) e o 2-metacrilocietil fenil fosfato (Fenil-P) (AVELAR *et al.*, 2019).

O 10-metacriloiloxidecil di-hidrogenofosfato (10-MDP) destaca-se como o principal monômero funcional utilizado na Odontologia (LIMA *et al.*, 2021). Esse composto é capaz de interagir com íons de cálcio presentes nos cristais de hidroxiapatita, formando sais de cálcio de MDP (MDP-Ca) (CARVALHO *et al.*, 2019). Sua afinidade pelo cálcio da hidroxiapatita, que é ampliada e mantida devido à baixa solubilidade do cálcio, torna o 10-MDP um componente desejável em sistemas adesivos (RUSCHEL *et al.*, 2018).

Conseqüentemente, o 10-MDP contribui para o aumento da resistência de união em todos os sistemas adesivos utilizados na dentina (CEVIK *et al.*, 2020). Esse monômero bifuncional possui uma estrutura anfifílica, o que significa que apresenta uma extremidade hidrofílica que se liga ao cálcio da hidroxiapatita e outra extremidade hidrofóbica que se conecta aos monômeros da resina, estabelecendo, assim, uma ligação química entre o dente e a restauração (AVELAR *et al.*, 2019). Essa propriedade facilita a adesão, pois o 10-MDP tem o potencial de formar uma camada híbrida mais estável por meio de ligações iônicas com os cristais de hidroxiapatita, especialmente devido às ligações com grupos fosfato que têm afinidade com o cálcio. Além disso, o 10-MDP é um monômero hidrofóbico, o que implica uma menor absorção de água, reduzindo a degradação hidrolítica e garantindo a durabilidade da restauração. No entanto, apesar de suas vantagens, o monômero 10-MDP exibe menor aderência em dentinas profundas, pois à medida que a profundidade da dentina aumenta, as interações químicas diminuem devido à maior exposição dos túbulos dentinários e à redução do tecido mineralizado (LIMA *et al.*, 2020).

3.4.3 Inibidores de Metaloproteinases

Com o intuito de prevenir a degradação da camada híbrida causada pelas metaloproteinases (MMPs), é essencial garantir a completa penetração do adesivo nas fibras colágenas expostas durante o condicionamento ou buscar estratégias para inibir a ação dessas MMPs presentes na dentina condicionada (MEDEIROS *et al.*, 2019). A utilização de agentes inibidores das metaloproteinases (MMPs) pode contribuir significativamente para a durabilidade da camada adesiva. Esses inibidores englobam a clorexidina, o EDTA, as tetraciclina, os bifosfonatos, os adesivos de zinco ou metacrilatos de amônio quaternário polimerizável (MDPB), entre outros. Os agentes reticulares conferem estabilidade mecânica ao reforçar a rigidez das fibras colágenas, minimizando assim a degradação do colágeno pelas MMPs (GOMEZ *et al.*, 2019).

A solução de clorexidina a 2% pode ser empregada antes do condicionamento ácido e da aplicação do adesivo, desempenhando um papel na desinfecção da superfície dentinária, eliminação de microrganismos e na redução da recorrência de cáries. Ela também pode ser utilizada após o condicionamento ácido, atuando como inibidor das MMPs (CARVALHO *et al.*, 2019). A clorexidina age como um inibidor de MMPs não específico, alterando a estrutura tridimensional dessas enzimas e depletando os íons metálicos essenciais para seu funcionamento. Além disso, a clorexidina apresenta alta substantividade, o que significa que ela permanece no local de aplicação devido à sua ligação não específica à carga positiva (STROBEL; HELLWIG, 2015). Recomenda-se sua aplicação em concentração de 2% durante 30 segundos ou em concentração de 0,2% durante 60 segundos. Deve ser aplicada como uma solução aquosa pura, utilizando uma bolinha de algodão após o condicionamento ácido e a completa remoção do ácido fosfórico (MEDEIROS *et al.*, 2019). Após a aplicação apropriada, a cavidade deve ser seca com ar antes de prosseguir com a aplicação do sistema adesivo escolhido (STROBEL; HELLWIG, 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados 20.519 artigos a partir da estratégia de busca. Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, foram selecionados 16 estudos sobre adesão dental, causas de falhas e formas de prevenir essas falhas. Destes, 7 eram estudos *in vitro*, 4 eram revisões sistemáticas, 3 eram ensaios clínicos randomizados, 1 estudo transversal e 1 revisão de literatura não-sistemática. A principal fonte de dados para a coleta foi o PubMed, seguido da Biblioteca Virtual em Saúde.

Dos estudos selecionados, quatro relatam que a ligação química dos adesivos aos tecidos dentais melhora a adesão e que o monômero 10-MDP é o melhor e mais utilizado. Dos três ensaios clínicos randomizados, dois demonstraram não haver influência da técnica de aplicação dos sistemas adesivos na qualidade e longevidade da interface adesiva e um relatou desempenho semelhante para todos os sistemas adesivos estudados, mas que o sistema adesivo convencional foi superior em relação ao autocondicionante na adaptação marginal. Os estudos *in vitro* avaliaram 138 dentes humanos e 128 incisivos bovinos. Os ensaios clínicos randomizados avaliaram 222 pacientes e 159 restaurações.

A deterioração da camada híbrida pode ocorrer pela degradação de fibrilas colágenas desprotegidas, por causa da infiltração incompleta de monômeros do adesivo ou pelo acúmulo de monômeros residuais que não reagiram. As fibrilas colágenas desprotegidas podem ser degradadas por metaloproteinases (MIRANDA *et al.*, 2020). O risco de cárie também desempenha um papel importante na sobrevivência das restaurações (OPDAM *et al.*, 2014). A contaminação da área de operação odontológica por saliva ou outros fluidos é prejudicial aos resultados positivos da restauração e deve ser controlada (SHIMAZU *et al.*, 2020).

Um ensaio clínico randomizado realizou 159 restaurações oclusais em cavidades classe I, utilizando cinco sistemas adesivos, onde Optbond FL (Kerr) e Clearfill SE Bond (Kuraray) são considerados padrão ouro. O Optbond FL foi o único que não apresentou coloração marginal. Os adesivos autocondicionantes tiveram pior adaptação marginal. Portanto, o sistema adesivo afetou o nível de adaptação marginal de restaurações oclusais posteriores. Sendo assim, os adesivos convencionais tiveram desempenho semelhante e foram superiores a qualquer adesivo autocondicionante neste estudo (VINAGRE *et al.*, 2020). Outro ensaio clínico randomizado avaliou o comportamento clínico de restaurações com um sistema adesivo universal (Scotchbond Universal - 3M) utilizando diferentes protocolos de aplicação. A pesquisa foi feita em 150 restaurações classes I e II. Foi realizada uma primeira avaliação 7 a 21 dias após a restauração e uma segunda avaliação após 12 a 20 meses de acompanhamento.

Concluiu-se que o protocolo de aplicação do adesivo não influencia o comportamento clínico das restaurações, pois foram semelhantes. Porém, estudos com tempo de acompanhamento mais longos são necessários para avaliar melhor a influência dos sistemas adesivos universais (CARVALHO *et al.*, 2019a).

Isso foi demonstrado em uma revisão sistemática que avaliou restaurações em resina composta em dentes posteriores e mostrou que no primeiro ano a razão para falha eram na maioria complicações endodônticas, enquanto nos anos posteriores foram vistas cáries e fraturas como principais motivos de falha. O risco de cárie alto ou médio, levaram a taxas de falha anual de 4,6% em 10 anos em comparação a 1,6% em paciente com baixo risco. Em média, as restaurações em resina composta posteriores mostram uma boa sobrevivência, com taxas de falha de 1,8% em 5 anos e 2,4% após 10 anos (OPDAM *et al.*, 2014). Um estudo transversal sobre os fracassos das restaurações de resina composta classes I e II foi realizado por alunos de um curso de Odontologia, as restaurações foram avaliadas com tempo na cavidade oral de 1 a 15 anos. Foram realizadas 261 restaurações pelos alunos, destas, 150 (57,5%) foram avaliadas com falha, sendo que a perda de adaptação marginal, cárie secundária e fratura foram os principais motivos. Estes valores altos podem ser justificados pela dificuldade técnica dos alunos. Observou-se que a perda de adaptação marginal teve percentual tão alto quanto fraturas. Das 261 restaurações, 38 foram realizadas por alunos do 3º ano e 26 dessas falharam. Alunos do 4º ano realizaram 108 restaurações e 62 destas falharam. Enquanto 115 restaurações foram realizadas por alunos do 5º ano e 62 falharam (COSTA *et al.*, 2021).

Uma outra revisão sistemática estudou a eficácia clínica dos adesivos em restaurações de lesões cervicais não cariosas (LCNC), dividindo os adesivos em 6 classes principais: condicionamento ácido total de 3 passos, condicionamento ácido total de 2 passos, autocondicionantes de 2 etapas, autocondicionantes de 1 etapa, ionômeros de vidro e compósitos autoadesivos. As taxas de falha anuais mais baixas foram para o ionômero de vidro, seguido pelo sistema adesivo convencional de 3 passos, autocondicionante de 1 passo, autocondicionante de 2 passos e convencional de 2 passos. Sendo assim, ionômeros de vidro e adesivos autocondicionantes de 2 passos mostraram desempenho de adesão mais favorável e durável. O adesivo autocondicionante de duas etapas Clearfil SE (Kuraray) mostrou o melhor desempenho de ligação em LCNC (PEUMANS *et al.*, 2014). Um estudo *in vitro* que avaliou os efeitos da contaminação da saliva artificial em um cimento de ionômero de vidro (CIV), um CIV modificado por resina e uma resina composta usada com dois adesivos diferentes (OptiBond Solo Plus e Scotchbond Universal) em restaurações classe V, mostrou que a contaminação com saliva diminuiu a resistência de união da dentina nas restaurações com

sistemas adesivos. Nos grupos de CIV e CIV modificado por resina a saliva artificial não afetou a resistência de união para esmalte e dentina. Assim, esses resultados indicam que em ambientes onde não se pode ter um correto controle de contaminação deve-se preferir utilizar materiais a base de CIV (SHIMAZU *et al.*, 2020).

Dois estudos *in vitro* avaliaram a influência do modo de aplicação de três sistemas adesivos universais. O primeiro utilizou 68 incisivos bovinos intactos. Os sistemas adesivos foram aplicados de acordo com o fabricante: Scotchbond Universal (uma camada aplicada ativamente por 20s, seguida de jato de ar por 5s e fotopolimerização por 10s), Futura Bond Universal (uma camada aplicada ativamente por 20s, seguida de leve jato de ar por 5s e fotopolimerização), Tetric N Bond (como nos grupos anteriores). Neste estudo, o tratamento com ácido na dentina diminuiu significativamente a resistência de união dos três sistemas adesivos. Isso se deve a uma infiltração incompleta de monômeros resinosos dentro da matriz de colágeno (CAMPOS *et al.*, 2020) Já no outro estudo que usou 60 terceiros molares humanos, 30 com dentina afetada por cárie e 30 com dentina sã. O modo de condicionamento e enxágue teve valores mais elevados de resistência de união comparado a técnica autocondicionante. A resistência de união foi reduzida na dentina afetada por cárie, independente do adesivo e técnica utilizada. Porém, os resultados indicam que a aplicação de ácido fosfórico é uma etapa desnecessária durante procedimentos em dentina usando adesivos universais (HASS *et al.*, 2019).

Em um ensaio clínico randomizado que avaliou o desempenho clínico de 18 meses do Scotchbond Universal (3M) em LCNC, foram incluídos 39 pacientes, totalizando 200 restaurações. O sistema adesivo foi aplicado em diferentes modos. As taxas de retenção de 18 meses foram 98% para condicionamento e enxágue com dentina úmida, 100% para condicionamento e enxágue com dentina seca, 98% para condicionamento seletivo do esmalte e 94% para autocondicionante. 69 restaurações foram consideradas com pequenas discrepâncias na adaptação marginal, mas apenas 9 foram consideradas relevantes. Nenhuma restauração apresentou fratura e recorrência de cárie nos 18 meses. Concluiu-se que o comportamento clínico de 18 meses do Scotchbond Universal não depende da estratégia adesiva utilizada (PERDIGÃO *et al.*, 2014). Ademais, um estudo *in vitro* que avaliou a resistência de união da dentina nos modos 'condicionamento e enxágue e autocondicionante, usou quatro adesivos universais: Adhese Universal (Ivoclar), All-Bond Universal (Bisco), G- Premio Bond (GC) e Scotchbond Universal (3M). A resistência de união não foi significativamente influenciada pelo modo de condicionamento, porém a ligação dos adesivos universais foi maior no condicionamento ácido e enxágue do que no modo autocondicionante (YAMAUCHI *et al.*,

2019) Uma revisão sistemática buscou identificar se o condicionamento seletivo do esmalte melhora as taxas de retenção e descoloração marginal de restaurações de LCNC. Em 3 anos de acompanhamento observa-se uma perda menor de restaurações no condicionamento seletivo do esmalte. Porém, nenhuma diferença significativa foi observada entre os grupos de acompanhamento até 1 ano. Já para os grupos de 18 meses a 2 anos observa-se diferenças significativas em relação a descoloração e adaptação marginal (SZESZ; REIS; LOGUERCIO, 2016).

Uma outra revisão sistemática avaliou as diferenças entre adesivos contendo 10-MDP em relação outros sistemas adesivos que não possuem o monômero 10-MDP. Os resultados mostram que em sistemas adesivos autocondicionantes suaves e ultra-suaves, a presença de hidroxiapatita remanescente ao redor das fibrilas colágenas permite que os monômeros funcionais interajam com o substrato. O monômero 10-MDP produz uma interface adesiva estável em água e, por isso, possui maior estabilidade adesiva. Essa estrutura contribui para uma maior resistência à biodegradação para a longevidade da ligação adesiva (CARRILHO *et al.*, 2019). Um estudo *in vitro* utilizou 30 pré-molares humanos para avaliar a influência da concentração de 10-MDP. Foram incluídas três concentrações: 3,3% em peso, 6,6% em peso e 9,9% em peso. Os resultados sugerem que a resistência de união de 6,6% em peso e 9,9% em peso foram maiores do que 3,3% em peso. Porém, nenhuma amostra apresentou falha adesiva. Em concentração de 6,6% em peso ou mais, a resistência de união à dentina melhorou, porém a absorção de água aumentou em concentrações maiores de 10-MDP (SHIBUYA *et al.*, 2019). Sendo assim, o monômero 10-MDP parece ser uma boa escolha para uma adesão favorável, pois sua hidrofobicidade e interface adesiva favorecem a durabilidade e resistência de união (CARRILHO *et al.*, 2019).

Um estudo *in vitro* avaliou a influência do uso de sistemas adesivos na permeabilidade dentinária imediatamente após a aplicação e após desafio erosivo. Após serem aplicados na dentina, todos os adesivos reduziram a permeabilidade dentinária. Após o desafio erosivo, houve aumento da permeabilidade dentinária nos sistemas autocondicionante (Clearfill SE Bond) e universal (Scotchbond Universal). Portanto, o alto grau de desmineralização dentinária pode contribuir para o aumento da permeabilidade de sistemas adesivos universais e autocondicionantes submetidos ao desafio erosivo (ROMA *et al.*, 2021). Uma revisão de literatura mostrou que a presença de água residual na dentina condicionada com ácido ou adesivos pode diminuir a polimerização de monômeros, contribuindo para o aumento da permeabilidade da camada adesiva. Com isso, o colágeno pode se degradar com o tempo pela ativação das MMPs. O uso da solução de clorexidina 0,2% para inibir essas MMPs parece

aumentar a longevidade da camada híbrida. A remoção da água não ligada a camada híbrida pela técnica úmida com etanol também parece ser uma solução interessante (BRESCHI *et al.*, 2017). Um estudo *in vitro* usou 48 terceiros molares humanos para avaliar a influência de diferentes concentrações do inibidor de MMP GM1489. Ele foi incorporado em concentrações de 0,1 μM , 5 μM e 10 μM , em quatro adesivos experimentais diferentes. O adesivo Adper Single Bond 2 (3M) foi utilizado como referência comercial e também recebeu diferentes concentrações de GM1489. Após 1 ano de armazenamento, o Adper Single Bond 2 com concentração de 5 μM apresentou resistência de união maior do que as outras concentrações. Para o grupo experimental, as concentrações de 5 μM e 10 μM mostraram valores de resistência de união maiores. Concluiu-se que concentrações de 5 μM ou 10 μM de GM1489 devem ser a escolha para a melhor estabilidade da camada adesiva (MIRANDA *et al.*, 2020).

Este estudo possui limitações. Devido ao grande número de títulos encontrados na pesquisa não foi possível visualizar todos os títulos, sendo que a imensa maioria não chegou a ser lida. O período de busca dos artigos foi apenas do ano 2014 à 2021, por se tratar de um tema que é discutido na Odontologia à muitos anos, muita literatura ficou de fora da pesquisa. A grande maioria dos artigos selecionados foram na língua inglesa, o que dificultou seu entendimento em muitos pontos. A maior parte dos estudos selecionados foram estudos *in vitro*, além de possuir uma revisão não-sistemática de literatura.

Considerando o exposto até então, é importante que se elaborem estudos com maior tempo de acompanhamento, principalmente utilizando sistemas adesivos universais e a técnica de condicionamento seletivo do esmalte, para aumentar o grau de confiabilidade nos resultados obtidos. Pois, apesar de a maioria dos estudos não trazer diferenças significativas nos modos de aplicação dos sistemas adesivos, estas parecem ter grande relevância para uma maior longevidade das restaurações adesivas. O que pode ser demonstrado pela coloração e adaptação marginal em curto prazo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais causas de falhas da adesão são cárie secundária, ocasionada pela perda de adaptação marginal, fraturas, degradação do colágeno por MMPs e escolha de materiais e técnicas inadequadas pelos profissionais. Diante do que foi estudado, percebe-se que todos os sistemas adesivos podem apresentar bons resultados desde que utilizados da melhor forma. Observa-se a necessidade de inibir a ação das MMPs junto a técnica adesiva, utilizar uma aplicação ativa do sistema adesivo, atentar para uma efetiva volatilização dos solventes e fazer uma fotoativação prolongada.

De modo geral, os sistemas adesivos universais são os mais versáteis, pois podem ser utilizados na técnica em que o dentista mais se adapta, apesar de que a técnica de condicionamento seletivo do esmalte demonstra ser a mais efetiva para esse tipo de sistema adesivo. Porém, ainda são necessários estudos de maior tempo de acompanhamento para demonstrar sua efetividade em longo prazo. Até então, os sistemas adesivos autocondicionantes de 2 passos, utilizados na técnica de condicionamento seletivo do esmalte, são os mais efetivos e confiáveis, demonstrando os melhores resultados na maioria dos estudos.

REFERÊNCIAS

- ARINELLI, A. M. D.; PEREIRA, K. F.; PRADO, N. A. S.; RABELLO, T. B. **Sistemas Adesivos Atuais**. Revista Brasileira de Odontologia, v. 73, 2016.
- AVELAR, W. V.; MEDEIROS, A. F.; CAMPOS, F.; VASCONCELOS, R. G.; VASCONCELOS, M. G. **Sistemas adesivos universais: composição, indicações, vantagens e desvantagens**. Salusvita, Bauru, v. 38, 2019.
- BARATIERI, L. N.; MONTEIRO JÚNIOR, S.; MELO, T. S. de; FERREIRA, K. B.; HILGERT, L. A.; SCHLICHTING, L. H.; BERNARDON, J. K.; MELO, F. V. de; ARAÚJO, F. B. D.; MACHRY, L.; KINA, M.; BRANDEBURGO, G. Z. **Odontologia restauradora: fundamentos e técnicas**, v. 1, 2015.
- CAMPOS, M. de F. T. P.; MOURA, D. M. D.; BORGES, B. C. D.; ASSUNÇÃO, I. V. de; CALDAS, M. R. G. R.; PLATT, J. A.; ÖZCAN, M.; ASSUNÇÃO E SOUZA, R. O. de. **Influence of Acid Etching and Universal Adhesives on the Bond Strength to Dentin**. Brazilian Dental Journal, 2020.
- CARVALHO, A. A.; LEITE, M. M.; ZAGO, J. K. M.; NUNES, C. A. B. C. M.; BARATA, T. de J. E.; FREITAS, G. C. de; TORRES, E. M. de; LOPES, L. G. **Influence of different application protocols of universal adhesive system on the clinical behavior of Class I and II restorations of composite resin - a randomized and double-blind controlled clinical trial**. BMC Oral Health, v. 19, 2019a.
- CARVALHO, E. C.; GOUVÊA, J. P. de; TEIXEIRA, A. B.; MELO-SILVA, T. C. F. de; MELO-SILVA, C. L. de. **Análise de interfaces de sistemas restauradores diretos em esmalte e em dentina humanos**. Revista Matéria, v. 24, n.3, 2019b.
- CARVALHO, A. A.; QUADÉ, P. F.; UCHOA-JUNIOR, F. A.; OLIVEIRA, A. P.; FIRMIANO, T. C.; LOPES, L. G.; BARATA, T. J. E. **Desempenho clínico dos sistemas adesivos universais: revisão crítica**. Faculdade de Odontologia de Lins/Unimep, v.30, 2020.
- DEMARCO, F. F.; COLLARES, K.; CORREA, M. B.; CENCI, M. S.; MORAES, R. R. de; OPDAM, N. J. **Should my composite restorations last forever? Why are they failing?** Braz. Oral Res., v.31, 2017.
- FROEHLICH, L.; ROSIN, M.; MAZUR, N.; BOFFO, B. S.; OLIVEIRA, H. P. de; ZACHIN, C.; NETO, T. P. T.; PEZZINI, R. P.; NAUFEL, F. S.; SANTOS, E. B. dos. **Sistemas adesivos: uma revisão de literatura**. Research, Society and Development, v.10, 2021.
- GOMEZ, A. G.; MURO, K. E. M.; IBARRA, J. G.; SZALAY, E. R.; HARO, R. B. **Factores que afectan y mejoran la adhesión en dentina, una puesta al día. Una revisión de la literatura**. Revista ADM, v.76, 2019.
- LIMA, A.da S.; RÚBIO, G. R.; RODRIGUES, L. dos S.; FINCK, N. S. **O papel do 10-MDP no processo de adesão**. Revista Eletrônica Acervo Odontológico, v. 3, 2021.
- LOPES, L. de S.; MALAQUIAS, P.; CALAZANS, F. S.; REIS, A.; LOGUÉRCIO, A. D.;

BARCELEIRO, M. de O. **Protocolo das possibilidades técnicas de aplicação dos sistemas adesivos universais: revisão de literatura com relato de caso.** Revista Brasileira de Odontologia, v.73, 2016.

LORENZETTI, C. C.; PEREIRA, M. C. Da S.; KUGA, M. C.; SAAD, J. R.; CAMPOS, E. A. de. **Influência de tratamento dentinário com EDTA sobre a resistência de união de sistemas adesivos autocondicionantes.** Revista de Odontologia da UNESP, v. 48, 2018.

MAURINA, R.; GIACOMINI, C.; TOMAZONI, F.; BELLAN, M. C.; ALESSANDRETTI, R.; GALAFASSI, D. **Comparação da resistência de união ao cisalhamento de dois diferentes sistemas adesivos: estudo in vitro.** Journal of Oral Investigations, v.8, 2019.

MEDEIROS, A. F.; AVELAR, W. V.; LIMA, D. A. da S.; QUEIROZ, A. M. de; CAMPOS, F.; VASCONCELOS, R. G.; VASCONCELOS, M. G. **Os efeitos das metaloproteinases da matriz extracelular-MMPs e clorexidina no mecanismo de adesão dentária.** SALUSVITA, Bauru, v. 37, 2019.

MENEZES, I. L.; DIAS, B. A. S.; VASCONCELOS, M. G.; VASCONCELOS, R. G. **Principais causas de falhas em restaurações de resina composta direta.** SALUSVITA, v.39, 2020.

NEVES, T. P. da C.; LEANDRIN, T. P.; TONETTO M. R.; ANDRADE M. F.; CAMPOS, E. A. de. **Resistência de união à microtração de sistemas adesivos "condiciona-e-lava" de dois passos: efeito de diferentes tratamentos da superfície dentinária condicionada.** Revista de Odontologia da UNESP, 2017.

OLIVEIRA, H. K. C.; LIMA, I. P. C.; OLIVEIRA, H. M. C.; LIMA, N. G. M.; PINTO, T. da S.; REGIS, M. da S.; MEDEIROS, H. P. de. **Resistência de união dos sistemas adesivos em dentina úmida e em dentina seca: revisão integrativa.** Research, Society and Development, v.10, 2021.

OPDAM, N. J. M; SANDE, F. H. V. de; BRONKHORST, E.; CENCI, M. S.; BOTTENBERG, P.; PALLESEN, U.; GAENGLER, P.; LINDBERG, M. C. D. N. J. M.; DIJKEN, J. W. V. **Longevity of Posterior Composite Restorations: A Systematic Review and Meta-analysis.** Journal of Dental Research, v.93, 2014.

PEREIRA, R. P.; CECCATO, Y.; MONTEIRO JÚNIOR, S.; GONDO, R. **Influência do selamento dentinário imediato com sistema adesivo universal na resistência de união.** Revista de Odontologia da UNESP, v.49, 2018.

RUSCHEL, V. C.; SHIBATA S; STOLF S. C.; CHUNG, Y.; BARATIERI, L. N.; HEYMANN, H. O.; WALTER, R. **Eighteen-month Clinical Study of Universal Adhesives in Noncarious Cervical Lesions.** Operative Dentistry, v.43, 2018.

SHIBUYA, K.; OHARA, N.; ONO, S.; MATSUZAKI, K.; YOSHIYAMA, M. **Influence of 10-MDP concentration on the adhesion and physical properties of self-adhesive resin cements.** Restorative dentistry & endodontics, v.44, 2019.

SHIMAZU, K.; KARIBE, H.; OGUCHI, R.; OGATA, K. **Influence of artificial saliva contamination on adhesion in class V restorations.** Dental materials journal, v.39, 2020.

SILVA, F. L.; PAMATO, S.; KUGA, M. C.; SÓ, M. V. R.; PEREIRA, J. R. **Bond strength of adhesive resin cement with different adhesive systems.** Journal of Clinical and Experimental Dentistry, v.9, 2017.

SOFAN, E.; SOFAN, A.; PALAIA, G.; TENORE, G.; ROMEO, U.; MIGLIAU, G. **Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type.** Annali di Stomatologia, v.8, 2017.

SOUZA, J. H. P. de; MORO, A. F. V. **Solventes do primer: revisão de literatura.** Revista Brasileira de Odontologia, v. 71, 2014.

SOUZA, T. F. de; JOÃO, S. A. R. O.; PIZI, E. C. G.; CATELAN, A. **Alternativas para minimizar a degradação da interface adesiva de restaurações dentais: revisão de literatura.** Archives of Health Investigation, v.7, 2018.

STROBEL, S.; HELLWIG, E. **The effects of matrix-metalloproteinases and chlorhexidine on the adhesive bond-A literature review.** Swiss dental journal, v.125, 2015.

SZESZ, A.; PARREIRAS, S.; REIS, A.; LOGUERCIO, A. **Selective enamel etching in cervical lesions for self-etch adhesives: a systematic review and meta-analysis.** Journal of Dentistry, v.53, 2016.

WONG, J.; TSUJIMOTO, A.; FISCHER, N. G.; BARUTH, A. G.; BARKMEIER, W. W.; JOHNSON, E. A.; SAMUEL, S. M.; TAKAMIZAWA, T.; LATTA, M. A.; MIYAZAKI. **Enamel Etching for Universal Adhesives: Examination of Enamel Etching Protocols for Optimization of Bonding Effectiveness.** Operative Dentistry, v.45, 2018.

ZHOU, W.; LIU, S.; ZHOU, X.; HANNING, M.; RUPF, S.; FENG, J.; PENG, X.; CHENG, L. **Modifying Adhesive Materials to Improve the Longevity of Resinous Restorations.** International Journal of Molecular Sciences, v.20, 2019.