

UNIVERSIDADE PAULISTA DE CAMPINAS

Curso de Bacharel em Odontologia

MATHEUS QUERO FERREIRA

**DESEMPENHO DOS ADESIVOS UNIVERSAIS EM DIFERENTES ESTRATÉGIAS
ADESIVAS: autocondicionante, condicionamento ácido total e
condicionamento ácido seletivo**

Campinas - SP

2026

MATHEUS QUERO FERREIRA

**DESEMPENHO DOS ADESIVOS UNIVERSAIS EM DIFERENTES ESTRATÉGIAS
ADESIVAS: autocondicionante, condicionamento ácido total e
condicionamento ácido seletivo**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado como requisito parcial para
obtenção de grau de Bacharel em
Odontologia, pela Universidade Paulista de
Campinas

Orientadora: Prof. Desirée Mory Rossato

Campinas - SP

2026

CIP - Catalogação na Publicação

Ferreira, Matheus Quero.

Desempenho dos adesivos universais em diferentes estratégias adesivas: autocondicionante, condicionamento ácido total e condicionamento ácido seletivo / Matheus Quero Ferreira. – 2026.
38 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) apresentado ao Instituto de Ciência da Saúde da Universidade Paulista, campinas , 2026.
Orientadora: Prof.^a Dra. Desirée Mory Rossato.

1. Restauração Dentaria . 2. Adesivos Dentinários . 3. Condicionamento Acido Dentário . I. Rossato, Desirée Mory (orientadora).
II. Título.

MATHEUS QUERO FERREIRA

DESEMPENHO DOS ADESIVOS UNIVERSAIS EM DIFERENTES ESTRATÉGIAS

ADESIVAS: autocondicionante, condicionamento ácido total e
condicionamento ácido seletivo

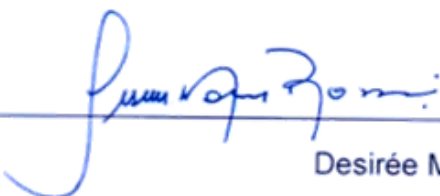
Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado como requisito parcial para
obtenção de grau de Bacharel em
Odontologia, pela Universidade Paulista de
Campinas

Orientadora: Prof. Desirée Mory Rossato

Aprovado com nota:

10 (Dez)

BANCA EXAMINADORA



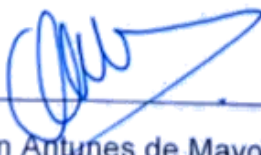
Desirée Mory Rossato

Universidade Paulista - UNIP



Flavia Magnani Bevilacqua

Universidade Paulista - UNIP



Martin Antunes de Mayolo

Universidade Paulista - UNIP

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, por me conceder saúde, força, sabedoria e perseverança para superar os desafios e alcançar esta importante conquista.

Ao meu pai, José, e à minha mãe, Dulce, pelo amor, pelo apoio constante e pelos ensinamentos que foram fundamentais para a minha formação pessoal e acadêmica. Esta vitória também é de vocês, que sempre acreditaram em meu potencial e me incentivaram a seguir em frente.

À minha irmã, Thais, pelo carinho, incentivo e por estar presente em tantos momentos importantes da minha vida.

À minha namorada, Monique, pelo carinho, pela compreensão e pelo apoio durante a elaboração deste Trabalho de Conclusão de Curso, contribuindo de forma especial para que eu concluísse esta etapa com tranquilidade e motivação.

À minha orientadora, Dra. Desirée Mory Rossato, pela dedicação, paciência, orientação e pelos valiosos ensinamentos, essenciais para o desenvolvimento deste trabalho e para minha formação acadêmica.

Aos meus amigos da faculdade, com quem compartilhei aprendizados, desafios e conquistas ao longo desta jornada, tornando a caminhada mais leve e enriquecedora.

Com profunda gratidão, dedico esta conquista a todos vocês, que foram fundamentais para a realização deste sonho e para minha formação como cirurgião-dentista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais e familiares, pelo apoio incondicional, amor e incentivo ao longo de toda a minha jornada acadêmica. Esta conquista é o reflexo do sacrifício e da confiança que sempre depositaram em mim.

À minha namorada, pelo companheirismo, paciência e compreensão demonstrados nos momentos de maior dedicação e cansaço. Sua presença e incentivo foram fundamentais para que eu mantivesse o foco e a motivação.

À minha orientadora, Professora Desirée Mory Rossato, pela condução precisa, paciência e generosidade ao compartilhar seu conhecimento. Seus ensinamentos foram valiosos não apenas para a realização deste trabalho, mas para a minha formação profissional.

Aos membros da banca examinadora, pela disponibilidade, pelo tempo dedicado à leitura deste trabalho e pelas valiosas contribuições e críticas construtivas que certamente enriquecerão este estudo.

RESUMO

Os adesivos universais podem ser usados de diferentes formas na Odontologia Restauradora, o que levanta a questão sobre como cada estratégia adesiva pode influenciar a união aos diferentes substratos dentários. O objetivo desta revisão de literatura foi comparar o desempenho de adesivos universais aplicados em diferentes estratégias adesivas, nos modos autocondicionante, condicionamento ácido total e condicionamento seletivo, considerando seus efeitos na resistência de união, adaptação marginal e longevidade das restaurações. Para isso foi feita uma revisão de literatura com as buscas sendo realizadas nos bancos de dados científicos PubMed e SciELO. Ao todo foram selecionados vinte artigos, entre estudos laboratoriais, estudos clínicos e revisões de literatura. Concluiu-se que o desempenho dos adesivos universais foi influenciado pela interação entre estratégia adesiva, composição do material e substrato dental. No esmalte, o condicionamento ácido, seja total ou seletivo, proporcionou maior resistência de união, melhor comportamento marginal e maior previsibilidade ao longo do tempo, principalmente em esmalte íntegro. A aplicação do ácido fosfórico nesse substrato foi considerada importante por promover maior desmineralização superficial e formação de microporosidades, favorecendo a retenção e a adaptação marginal e assim reduzindo o manchamento. Na dentina, o modo autocondicionante foi considerado uma alternativa mais conservadora e estável, por preservar parcialmente a rede colágena e reduzir a agressão promovida pelo condicionamento ácido excessivo, favorecendo a retenção, evitando sensibilidade e contribuindo para redução de falhas marginais e manchamento ao longo do tempo. Ainda assim, o condicionamento ácido por poucos segundos ou o condicionamento total também apresentaram bons resultados quando associados a determinados adesivos. Dessa forma, nenhuma estratégia adesiva foi superior em todas as situações. Quando aplicável, o condicionamento seletivo do esmalte foi sugerido como a abordagem mais equilibrada, pois potencializa a adesão e a adaptação marginal em esmalte, evita o condicionamento ácido desnecessário da dentina e assim contribui para maior estabilidade da restauração ao longo do tempo.

Palavras-chave: Restauração Dentária. Adesivos Dentinários. Condicionamento Ácido Dentário.

ABSTRACT

Universal adhesives can be applied using different approaches in Restorative Dentistry, raising questions regarding how each adhesive strategy may influence bonding to different dental substrates. The aim of this literature review was to compare the performance of universal adhesives applied using self-etch, etch-and-rinse, and selective etching strategies, considering their effects on bond strength, marginal adaptation, and restoration longevity. For this purpose, a literature review was conducted through searches in the PubMed and SciELO scientific databases. A total of twenty articles were selected, including laboratory studies, clinical studies, and literature reviews. It was concluded that the performance of universal adhesives was influenced by the interaction among adhesive strategy, material composition, and dental substrate. In enamel, acid etching, whether total or selective, provided higher bond strength, improved marginal behavior, and greater long-term predictability, especially in intact enamel. The application of phosphoric acid to this substrate was considered important because it promoted greater superficial demineralization and microporosity formation, favoring retention and marginal adaptation, thereby reducing marginal staining. In dentin, the self-etch mode was considered a more conservative and stable alternative because it partially preserves the collagen network and reduces the aggressiveness caused by excessive acid etching, thereby minimizing sensitivity, favoring retention, and contributing to the reduction of marginal failures and staining over time. Nevertheless, short-time acid etching or the etch-and-rinse strategy also showed satisfactory results when associated with specific adhesive systems. Therefore, no adhesive strategy proved superior in all clinical situations. When applicable, selective enamel etching was suggested as the most balanced approach because it enhances adhesion and marginal adaptation in enamel, avoids unnecessary acid etching of dentin, and thus contributes to greater long-term restoration stability.

Keywords: Dental Restoration. Dentin-Bonding Agents. Dental Acid Etching.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 DESENVOLVIMENTO	13
2.1 Metodologia	13
2.2 Revisão de literatura	14
2.3 Discussão	30
3 CONCLUSÃO	35
ANEXO A – TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DIVULGAÇÃO.....	38

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento dos protocolos adesivos significou uma grande revolução para a Odontologia Restauradora, pois representou a introdução de um conjunto de princípios e técnicas que permitiram a união entre materiais restauradores e os tecidos dentários, possibilitando a realização de restaurações minimamente invasivas, com menor desgaste de estrutura dental e maior previsibilidade estética e funcional. Devido à sua capacidade de substituir as formas tradicionais de retenção mecânica por mecanismos adesivos, foram ampliadas as possibilidades tanto em restaurações diretas quanto indiretas, e os sistemas adesivos passaram a desempenhar um papel fundamental na Odontologia.¹

Desde a introdução do condicionamento ácido por Michael Buonocore, em 1955, os sistemas adesivos foram constantemente aprimorados. Inicialmente, predominavam os sistemas de condicionamento total, correspondentes à quarta e quinta gerações, que demandavam uso mais intensivo de gel de ácido fosfórico. Com o tempo, houve migração para os sistemas autocondicionantes, classificados como sexta e sétima gerações, com proposta de simplificação do protocolo.²

Mais recentemente, passaram a ser incorporados os adesivos universais, que ganharam espaço na prática clínica por permitirem diferentes estratégias de aplicação. Esses sistemas podem ser utilizados com ou sem etapa adicional de condicionamento ácido e em diferentes substratos dentários. Dentre as estratégias adesivas que foram propostas estão o modo autocondicionante (*self-etch*), condicionamento total (*etch-and-rinse*) e condicionamento seletivo de esmalte (*selective enamel etching*).²

O protocolo condicionamento total é realizado pela aplicação prévia de ácido fosfórico sobre a superfície dentária, antes do uso do sistema adesivo. Esse procedimento favorece o aumento da resistência de união, especialmente ao esmalte, ao promover a formação de uma camada híbrida mais espessa e permitir maior infiltração da resina. O modo autocondicionante, por sua vez, se baseia na aplicação direta do adesivo sobre o substrato dentário, sem condicionamento ácido. Essa estratégia simplifica o procedimento e reduz a sensibilidade técnica, entretanto, a formação de uma camada híbrida mais delgada pode ocorrer, o que pode impactar a resistência de união, sobretudo em dentina terciária.³

O condicionamento seletivo de esmalte surgiu como uma abordagem intermediária, combinando características dos protocolos anteriores. Nessa estratégia, é feito o condicionamento ácido apenas no esmalte, enquanto a dentina permanece sem tratamento. Essa abordagem busca melhorar a adesão em ambos os substratos combinando os benefícios do condicionamento ácido em esmalte com a preservação da estabilidade adesiva em dentina.³

Atualmente, os adesivos universais são considerados os mais avançados disponíveis no mercado. Essa condição está associada, principalmente, à presença de monômeros funcionais na formulação, em especial o 10-metacriloiloxidecilo dihidrogenofosfato (10-MDP). Esse monômero apresenta capacidade de interação química com a hidroxiapatita do esmalte e da dentina, formando ligações estáveis. Como resultado, ocorre formação de uma interface adesiva mais estável, o que permite a aplicação desses sistemas em diferentes protocolos clínicos.⁴

Mesmo com os avanços observados, dificuldades ainda são identificadas na adesão aos diferentes substratos dentários. A previsibilidade da união ao esmalte é reconhecida, atribuída à sua elevada mineralização e organização estrutural, enquanto a dentina, por apresentar heterogeneidade, maior fração orgânica e presença de umidade, configura um substrato de maior complexidade. Graças a essas diferenças, a formação e a estabilidade da camada híbrida são influenciadas, o que pode resultar em variações no desempenho adesivo conforme o substrato e as condições clínicas envolvidas.⁵

As diferentes estratégias adesivas apresentam comportamentos próprios que também interferem nesse desempenho. O protocolo de condicionamento ácido total favorece a adesão ao esmalte, porém, quando realizado de forma excessiva, pode comprometer a estabilidade da interface em dentina. Em contrapartida, o modo autocondicionante reduz a agressividade ao substrato dentinário e simplifica o procedimento clínico, embora possa apresentar limitações na adesão ao esmalte. Já o condicionamento seletivo associa o condicionamento do esmalte à preservação da dentina, buscando equilibrar esses efeitos. Dessa forma, o desempenho dos adesivos universais pode variar tanto em função da estratégia adesiva adotada quanto do substrato envolvido.⁵

Considerando que os adesivos universais foram propostos para aplicação em diferentes substratos e estratégias, surge a necessidade de avaliar seu desempenho em diferentes contextos clínicos. Diante desse cenário, surgem questionamentos

quanto uma possível variabilidade do desempenho do adesivo universal dependente da estratégia de condicionamento utilizada, tanto em dentina como em esmalte.

O objetivo desta revisão de literatura foi comparar o desempenho de adesivos universais aplicados em diferentes estratégias adesivas, especificamente nos modos autocondicionante, condicionamento ácido total e condicionamento seletivo, considerando seus efeitos na resistência de união, adaptação marginal e longevidade das restaurações.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A metodologia empregada foi a pesquisa bibliográfica, com as buscas sendo realizadas nos bancos de dados científicos PubMed e SciELO, utilizando as seguintes palavras-chave: adesivos universais (*universal adhesives*), modos de condicionamento (*etching modes*), protocolos de condicionamento (*etching protocols*), estratégias de condicionamento (*etching strategy*), desempenho de adesão (*bonding performance*), condicionamento ácido (*etch-and-rinse*), autocondicionante (*self-etch*), condicionamento seletivo (*selective etching*).

Foram considerados elegíveis artigos com estudos de metodologia do tipo revisão de literatura, estudos clínicos, estudos retrospectivos, estudos laboratoriais, e relatos de caso. Não foram incluídos estudos em animais, monografias, dissertações, teses ou livros. Dessa forma, foram selecionados vinte artigos para compor a presente revisão de literatura.

2.2 Revisão de literatura

Vermelho et al. (2017)⁶ realizaram um estudo laboratorial em que o objetivo foi avaliar as características das interfaces entre dente e resina e a resistência de união de adesivos universais ao esmalte e à dentina. Foram utilizados 130 terceiros molares humanos, nos quais foram testados os adesivos Scotchbond Universal (3M ESPE, EUA) e All-Bond Universal (Bisco Inc., EUA), aplicados nos modos autocondicionante e condicionamento ácido total. Como controles, foram usados os sistemas Optibond FL (Kerr Corp., EUA) e Clearfil SE Bond (Kuraray Noritake Inc., Japão). A resistência de união à microtração foi avaliada após armazenamento em saliva artificial a 37 °C por 24 horas e por um ano. Os padrões de fratura foram analisados por microscopia eletrônica de varredura, e as interfaces hibridizadas foram observadas por microscopia eletrônica de transmissão para identificar possíveis áreas de infiltração. Os resultados mostraram que o condicionamento prévio do esmalte com ácido fosfórico a 37% (Bisco Inc., EUA) aumentou significativamente a resistência de união para todos os adesivos testados. Mesmo assim, houve redução geral desses valores após um ano de armazenamento. Na dentina, não foram observadas diferenças significativas entre os adesivos e os sistemas padrão-ouro na maioria dos períodos. A perda de resistência após um ano foi significativa apenas para o Scotchbond Universal quando usado no modo autocondicionante. A análise por microscopia mostrou zonas de hibridização efetivas tanto no esmalte quanto na dentina. Após o envelhecimento houve sinal de nanoinfiltração apenas nas interfaces dentinárias formadas pelos sistemas Scotchbond Universal e Clearfil SE Bond. Assim, os autores concluíram que o condicionamento ácido prévio é mais indicado para a adesão dos adesivos universais ao esmalte. Os adesivos universais apresentaram desempenho semelhante aos tradicionais, embora a estabilidade da interface em dentina possa variar conforme a composição do material e o modo de aplicação.

No estudo laboratorial de Cardoso et al. (2019)⁷, foi avaliada a resistência de união à microtração, de forma imediata e após seis meses de envelhecimento, de adesivos universais aplicados em dentina nas estratégias de condicionamento ácido total e autocondicionante. Foram utilizados 120 incisivos bovinos, distribuídos em 24 grupos experimentais (n = 5). Os adesivos testados foram Ambar Universal (FGM,

Brasil), G-Bond (GC, Japão), Single Bond Universal (3M ESPE, EUA), Tetric N-Bond Universal (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) e Ybond Universal (Yllor, Brasil). Como comparação, foram usados os sistemas padrão-ouro Scotchbond Multipurpose Plus (3M ESPE, EUA) e Clearfil SE Bond (Kuraray, Japão). No teste de microtração, metade dos espécimes foi avaliada após 24 horas, e a outra metade após 6 meses. Durante esse período, os palitos de dentina-resina ficaram armazenados em água destilada, dentro de tubos Eppendorf, em estufa a 37°C, com troca mensal da água para favorecer a degradação pela umidade. Além dos testes mecânicos, os autores avaliaram o pH (n=3) e o grau de conversão (n=3), por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier. Também foram analisados os padrões de falha por estereomicroscopia e microscopia eletrônica de varredura. Os resultados mostraram diferença de pH entre os materiais. O Ybond Universal apresentou pH 1,40, sendo classificado como intermediário-forte, enquanto os demais adesivos universais foram considerados ultra-suaves (pH $\geq$ 2,47). Quanto à polimerização, o G-Bond teve o maior grau de conversão (88,5%), e o Single Bond Universal apresentou o menor valor (33,7%). No teste de microtração com condicionamento ácido total, após seis meses, o adesivo G-Bond teve redução de resistência de união de 54% e o Tetric N-Bond Universal de 40%. Já no modo autocondicionante, a maioria dos adesivos universais manteve interfaces estáveis, com exceção do Ambar Universal, que apresentou redução de 37%. A análise dos modos de falha mostrou que o envelhecimento aumentou as falhas adesivas e pré-teste, indicando perda de estabilidade da interface entre dentina e resina. Esse padrão variou conforme o material, sendo que o Scotchbond Multipurpose Plus teve predominância de falhas coesivas, enquanto os adesivos universais apresentaram mais falhas adesivas ou prematuras. Os autores concluíram que a maioria dos adesivos universais apresentou união mais estável no modo autocondicionante, sugerindo que o condicionamento prévio da dentina com ácido fosfórico poderia ser evitado nesses sistemas.

A revisão de literatura feita por Cuevas-Suárez et al. (2019)⁸ avaliou se o condicionamento ácido prévio do esmalte e da dentina melhoraria a união imediata e em longo prazo de adesivos universais. A busca foi realizada em oito bancos de dados científicos até abril de 2018, com seleção de 59 estudos laboratoriais. Foram incluídos estudos que mediram a resistência de união ao cisalhamento no esmalte ou a resistência de união à microtração na dentina, comparando as estratégias de

condicionamento ácido total e autocondicionante. Os adesivos foram classificados conforme o pH em ultra-suaves ($\text{pH} \geq 2,5$), suaves ($\text{pH} \approx 2$) e intermediários ($\text{pH} \geq 1,5$). A análise considerou resultados imediatos, após 24 horas, e resultados após envelhecimento artificial. Os resultados mostraram que, no esmalte, o condicionamento ácido total melhorou significativamente a união, independentemente do pH do adesivo. Já na dentina, o ácido fosfórico aumentou a resistência imediata dos adesivos ultra-suaves e intermediários, mas esse efeito não se manteve da mesma forma ao longo do tempo. Após o envelhecimento, os adesivos intermediários apresentaram redução da adesão nas duas estratégias adesivas. Os ultra-suaves também mostraram instabilidade da interface quando aplicados no modo condicionamento ácido total. Já os adesivos universais suaves foram os mais estáveis, mantendo a resistência de união na dentina ao longo do tempo, em ambas as estratégias adesivas. Os autores concluíram que o desempenho dos adesivos universais dependeu do pH do produto, do tipo de substrato dental e da estratégia adesiva utilizada. De modo geral, o condicionamento ácido seletivo do esmalte, seguido da aplicação de um adesivo universal suave, foi a opção mais favorável para combinar boa resistência inicial e maior durabilidade da interface adesiva.

Oz et al. (2019)⁹, em um estudo clínico, avaliaram o desempenho de dois adesivos universais e de um adesivo de condicionamento ácido total em restaurações de lesões cervicais não cariosas (LCNCs). Foram incluídos 20 pacientes, que receberam 155 restaurações, distribuídas em sete grupos: Gluma Universal (Kulzer, Alemanha) nos modos autocondicionante, condicionamento seletivo de esmalte e condicionamento ácido total; All-Bond Universal (Bisco, EUA) nos mesmos três modos; e o grupo controle com Single Bond 2 (3M ESPE, EUA) no modo de condicionamento ácido total. O protocolo incluiu limpeza das lesões com taça de borracha, seleção de cor e restauração com resina composta nanohíbrida Tetric N-Ceram (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein). O acabamento foi realizado com pontas diamantadas Diatech (Charleston, EUA), e o polimento com discos OptiDisc (Kerr Corporation, EUA). As avaliações ocorreram na linha de base e em 6, 12 e 24 meses com uso dos critérios USPHS modificados. Foram analisados retenção, adaptação marginal, descoloração marginal, sensibilidade pós-operatória e cárie secundária. Ao final do acompanhamento, a taxa de retorno foi de 81,9%. As taxas de retenção acumuladas dos grupos autocondicionantes foram significativamente

menores em comparação aos demais grupos, sem atender aos requisitos de retenção da ADA. Os grupos autocondicionantes também mostraram tendência a mais descoloração e pior adaptação marginal aos 6 e 12 meses. Porém, aos 24 meses, não houve diferença significativa entre os grupos para esses critérios. Não houve cárie secundária durante o acompanhamento, e apenas um caso isolado de sensibilidade pós-operatória foi registrado. Os autores concluíram que os adesivos Gluma Universal e All-Bond Universal tiveram desempenho clínico mais estável quando utilizados com condicionamento ácido prévio, total ou seletivo. Já o uso apenas no modo autocondicionante resultou em maior perda de restaurações.

Yamauchi et al. (2019)¹⁰ fizeram um estudo *in vitro* em que foi investigada a resistência à fadiga da união à dentina e as características da interface adesiva, comparando os modos de condicionamento ácido total e autocondicionante. Foram utilizados molares humanos extraídos para preparar espécimes com superfícies planas de dentina para aplicação de quatro adesivos universais nas duas estratégias adesivas, totalizando oito grupos: Adhese Universal (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), All-Bond Universal (Bisco, EUA), G-Premio Bond (GC, Japão) e Scotchbond Universal Adhesive (3M, EUA). No protocolo experimental, o agente Ultra-Etch (Ultradent Products, EUA) foi utilizado para o pré-condicionamento ácido a 35%. Em seguida, as restaurações foram feitas com o compósito Z100 Restorative (3M, EUA). Foram realizados testes de resistência ao cisalhamento e de resistência à fadiga por cisalhamento, este último sob carga repetida de 50.000 ciclos a 20 Hz. Também foi medida a energia livre de superfície e a interface adesiva foi analisada por microscopia eletrônica de varredura. Os resultados mostraram que a resistência à fadiga da união não foi influenciada de forma significativa pelo modo de condicionamento ácido, mas variou conforme o material utilizado. O Scotchbond Universal apresentou valores de resistência inicial e resistência à fadiga significativamente superiores aos demais adesivos nas duas estratégias. A energia livre de superfície da dentina diminuiu após a aplicação dos adesivos universais. Nas imagens de microscopia, o condicionamento ácido total formou penetrações de resina mais profundas nos túbulos dentinários. A adaptação da interface foi considerada adequada nos dois métodos, exceto pela presença de fendas na camada do adesivo G-Premio Bond. Assim, os autores concluíram que os adesivos universais apresentaram desempenho eficaz tanto no condicionamento ácido total quanto no modo autocondicionante,

Atalay et al. (2020)¹¹ conduziram um estudo clínico com o intuito de avaliar o desempenho do adesivo universal Single Bond Universal (3M ESPE, EUA) em diferentes estratégias na restauração de LCNCs. O estudo incluiu 35 pacientes e 165 restaurações, distribuídas aleatoriamente em três grupos (n=55): condicionamento ácido seletivo do esmalte, condicionamento ácido total e autocondicionante. O protocolo incluiu bisel nas margens oclusais com pontas diamantadas Diatech (Heerbrugg, Suíça), aplicação ativa do adesivo por 20 segundos, com fricção, e restauração com resina composta nanoparticulada Filtek Ultimate (3M ESPE, EUA), inserida de forma incremental. Nos grupos com condicionamento ácido, foi utilizado o ácido fosfórico Scotchbond Universal Etchant (3M ESPE, EUA). A fotopolimerização foi realizada com a unidade LED Starlight (Mectron, Itália), com intensidade de 1400 mW/cm². As avaliações foram feitas nos períodos de linha de base, 6, 12, 18, 24 e 36 meses, usando os critérios USPHS modificados. Ao final de três anos, a taxa de retorno dos pacientes foi de 98,1%, e a taxa de retenção global também foi de 98,1%. Foram registradas apenas três falhas por perda de retenção, uma em cada grupo, sem diferença significativa entre as estratégias. Porém, após 36 meses, o grupo autocondicionante apresentou pior desempenho em manchamento marginal e adaptação marginal. Não foram observadas cáries secundárias nem sensibilidade pós-operatória em nenhum grupo durante o acompanhamento. Concluíram que todas as estratégias adesivas apresentaram retenção semelhante e resultados aceitáveis. Mesmo assim, o uso do adesivo universal no modo autocondicionante mostrou maior tendência ao manchamento e a pior adaptação das margens quando comparado ao condicionamento seletivo ou total.

Saito et al. (2020)¹² tiveram o objetivo de avaliar se o tempo de aplicação de cinco adesivos universais poderia influenciar a união à dentina, considerando os modos autocondicionante e condicionamento total. Na pesquisa *in vitro* foram utilizados 400 espécimes de dentina bovina, obtidos a partir de incisivos inferiores bovinos preparados com lixas para formar superfícies planas de dentina. Essa amostra foi dividida em 200 espécimes para o teste de resistência de união ao cisalhamento e 200 espécimes para a medição da energia livre de superfície, com 10 unidades para cada um dos 20 grupos experimentais, formados pela combinação entre 5 adesivos universais e 4 protocolos de aplicação. Além disso, foram preparados espécimes representativos adicionais para análise em microscopia

eletrônica de varredura. Os espécimes foram distribuídos entre os adesivos Adhese Universal (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), Clearfil Universal Bond Quick (Kuraray Noritake Dental, Japão), G-Premio Bond (GC Corp, Japão), Scotchbond Universal (3M ESPE, EUA) e Tokuyama Universal Bond (Tokuyama Dental, Japão). Para cada adesivo, foram testadas quatro condições: modo autocondicionante com jato de ar imediato ou aplicação prolongada do adesivo, e modo de condicionamento total também com jato imediato ou aplicação prolongada, utilizando o agente Ultra-Etch (Ultradent Products, EUA). Os resultados demonstraram que os valores de resistência foram influenciados pelo tipo de adesivo e pelo tempo de aplicação, mas não pelo condicionamento ácido da dentina. Os adesivos Adhese Universal e Scotchbond Universal apresentaram menor resistência no modo jato de ar imediato do que na aplicação prolongada, tanto no modo autocondicionante quanto no condicionamento total. Já os outros adesivos não apresentaram diferenças significativas entre os tempos testados. O modo autocondicionante apresentou maior energia livre total do que o modo condicionamento total. No modo autocondicionante, a aplicação prolongada do adesivo deixou as superfícies mais hidrofóbicas. Nas imagens de microscopia, foi observada a remoção completa da lama dentinária no modo condicionamento total enquanto no modo autocondicionante com aplicação prolongada do adesivo houve a dissolução parcial das obstruções nos túbulos dentinários. Assim, os autores concluíram que o desempenho adesivo em dentina depende do material e do protocolo utilizado. A redução do tempo de aplicação pode ser viável para alguns adesivos universais, mas outros precisam de maior tempo de aplicação para favorecer a evaporação dos solventes e a formação de uma camada híbrida mais estável.

Follak et al. (2021)¹³ fizeram um estudo clínico com o objetivo de avaliar o desempenho de dois adesivos universais com diferentes monômeros funcionais, aplicados pelas estratégias de condicionamento ácido total ou autocondicionante em LCNCs. Foram selecionadas 211 LCNCs em 54 pacientes, distribuídas aleatoriamente em quatro grupos, conforme o adesivo e a técnica de aplicação: Scotchbond Universal Adhesive (com monômero 10-MDP) e Prime & Bond Elect (com monômero PENTA), ambos usados nos modos condicionamento total e autocondicionante. As restaurações foram realizadas com resina composta Filtek Z250 (3M Oral Care), com acabamento e polimento após sete dias. O acompanhamento ocorreu no período inicial e após seis meses, com uso dos

critérios da Federação Dentária Internacional (FDI) adaptados e do United States Public Health Service (USPHS). Foram observadas diferenças significativas entre os grupos. O grupo Prime & Bond Elect no modo autocondicionante apresentou mais falhas, com taxa de retenção de 86%, não atendendo ao requisito da ADA de menos de 5% de falhas em seis meses. Em comparação, o Scotchbond Universal apresentou 100% de retenção nas duas estratégias, enquanto o Prime & Bond Elect no modo condicionamento total manteve 98% de sucesso. A perda de retenção foi o principal motivo de falha na amostra total. Assim, os autores concluíram que o desempenho dos adesivos universais foi variável de acordo com a sua composição. Para o Prime & Bond Elect, o condicionamento ácido prévio foi recomendado para reduzir falhas precoces, já o Scotchbond Universal apresentou bom desempenho nas duas formas de aplicação.

Stape et al. (2021)¹⁴ avaliaram, em um estudo laboratorial, se diferentes tempos de aplicação do ácido fosfórico poderiam modificar a adesão entre resina e dentina com o uso de um adesivo universal. Foram utilizados 74 terceiros molares humanos hígidos para obter pelo menos 772 espécimes que foram distribuídos em testes de microtração, flexão, fadiga e microscopia eletrônica de varredura. A lama dentinária (*smear layer*) foi padronizada com lixa, e as amostras foram divididas em três protocolos com o Scotchbond Universal Etchant (3M ESPE, EUA): modo autocondicionante, condicionamento por 3 segundos e condicionamento por 15 segundos. Em seguida, foi feita a aplicação do adesivo Scotchbond Universal (3M ESPE, EUA) e restauração com o compósito Filtek Supreme XTE (3M ESPE, EUA). A resistência de união foi avaliada após 24 horas e após 6 meses de envelhecimento em saliva artificial (n = 10 dentes/grupo). Também foram realizados testes de flexão em 4 pontos (n = 22 espécimes/grupo), fadiga (n > 50 espécimes/grupo) e análise microscópica das superfícies condicionadas, camadas híbridas e áreas de início de fratura. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre o modo autocondicionante e o condicionamento por 15 segundos, enquanto o grupo de 3 segundos apresentou maior resistência. No teste de fadiga, o modo autocondicionante teve o pior desempenho, com menor resistência. O condicionamento por 15 segundos formou uma camada híbrida mais espessa, porém mais vulnerável ao desgaste da interface por água após 6 meses. Já o condicionamento por 3 segundos apresentou melhor estabilidade da interface e maior resistência à fadiga. A microscopia mostrou que, quando o adesivo foi usado

apenas no modo autocondicionante sobre uma lama dentinária densa, houve interação limitada com a dentina e formação de camadas híbridas muito finas. Assim, os autores concluíram que a remoção parcial da lama dentinária favoreceu a entrada do adesivo e melhorou a resistência da união, mas o condicionamento prolongado pode expor excessivamente o colágeno e comprometer a durabilidade. Dessa forma, o condicionamento ácido por 3 segundos foi considerado a estratégia mais adequada.

No estudo de Suzuki et al. (2021)¹⁵, foi avaliada a durabilidade da união de adesivos universais ao esmalte humano íntegro ou desgastado. A comparação considerou as estratégias de condicionamento ácido total e autocondicionante. A metodologia foi *in vitro* e foram utilizados incisivos inferiores humanos, e as suas coroas foram montadas em resina acrílica, deixando exposta uma área de esmalte no centro da face vestibular. Os adesivos avaliados foram Clearfil Universal Bond Quick ER (Kuraray Noritake Dental, Japão), Scotchbond Universal (3M Oral Care, EUA) e Clearfil SE Bond 2 (Kuraray Noritake Dental, Japão), utilizado como controle. O Ultra-Etch (Ultradent Products, EUA) foi empregado como agente de condicionamento. A amostra foi dividida em quatro grupos para cada tipo de adesivo: esmalte desgastado com condicionamento ácido total, esmalte íntegro com condicionamento ácido total, esmalte desgastado no modo autocondicionante e esmalte íntegro no modo autocondicionante. No teste de resistência ao cisalhamento foram avaliadas as 12 combinações entre adesivos e condições de esmalte, com 15 unidades por subgrupo em dois tempos, inicial e após termociclagem (n = 360). No teste de fadiga por cisalhamento, foram utilizadas 25 unidades nas mesmas 12 combinações experimentais (n = 300). Assim, o estudo incluiu 660 espécimes. A microscopia eletrônica de varredura foi aplicada em unidades representativas de cada condição, para avaliação das interfaces adesivas e dos padrões de fratura. Os resultados mostraram que o modo condicionamento ácido total produziu valores de resistência de união significativamente maiores que o modo autocondicionante em todos os adesivos, e independentemente do tipo de esmalte. No modo autocondicionante, a união ao esmalte desgastado foi superior à observada no esmalte íntegro. A resistência de união no esmalte íntegro diminuiu após o envelhecimento térmico. Nos testes de fadiga, os adesivos universais apresentaram menores valores no esmalte íntegro com condicionamento ácido total, quando comparados ao esmalte desgastado. Concluíram que a adesão ao esmalte íntegro é

mais vulnerável à degradação, e por isso recomendaram o condicionamento com ácido fosfórico ou o desgaste mecânico da superfície.

Chen et al. (2022)¹⁶ fizeram uma revisão de literatura para avaliar qual estratégia seria mais adequada para a adesão de sistemas adesivos universais à dentina: condicionamento ácido total ou modo autocondicionante. Para isso, os autores compararam a resistência de união imediata e após envelhecimento. A busca nos bancos de dados PubMed, Web of Science, Embase e Cochrane Library, cobrindo até outubro de 2020. Ao final, foram incluídos 15 estudos laboratoriais. A análise reuniu 52 conjuntos de dados obtidos de amostras dentárias. Entre os adesivos avaliados estavam Scotchbond Universal (3M Oral Care, EUA), All-Bond Universal (Bisco, EUA), Clearfil Universal Bond Quick (Kuraray Noritake Dental, Japão), Ambar Universal (FGM, Brasil), Tetric N-Bond Universal (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), G-Bond Universal (GC, Japão), Prime&Bond Universal (Dentsply Caulk, EUA) e Y-Bond Universal (Yllor, Brasil). Os resultados mostraram que não houve diferença significativa na resistência de união entre os modos condicionamento total e autocondicionante, tanto na avaliação imediata quanto após o envelhecimento. No entanto, a resistência de união ao longo do tempo diminuiu de forma significativa em relação aos valores iniciais em todas as estratégias adesivas. Essa redução foi associada à degradação da interface adesiva, causada principalmente pela hidrólise e pela ação de enzimas presentes no próprio organismo ou no meio externo. As análises por subgrupos mostraram que o condicionamento prévio com ácido fosfórico não melhorou o desempenho adesivo à dentina em longo prazo. Dessa forma, os autores concluíram que a eficácia dos adesivos universais em dentina não dependeu diretamente do modo de aplicação. Ainda assim, a estratégia autocondicionante foi indicada como a opção mais recomendada, por simplificar o procedimento, reduzir a sensibilidade técnica e diminuir o risco de sensibilidade pós-operatória.

No estudo de Yin et al. (2022)¹⁷, foi avaliada a resistência de união de adesivos universais, aplicados nos modos autocondicionante e condicionamento ácido total, no reparo entre resinas compostas envelhecidas e resinas novas. Foram confeccionados 20 blocos de resina composta Filtek Z250 (3M ESPE, EUA), submetidos a 10.000 ciclos térmicos para simular o envelhecimento. Depois disso, as superfícies foram desgastadas com lixa para padronizar a rugosidade antes dos tratamentos. Os espécimes foram distribuídos em 10 grupos (n=20), conforme o

protocolo de tratamento de superfície. Os grupos incluíram: controle (sem tratamento); aplicação apenas de adesivo, com Scotchbond Adhesive (3M ESPE, EUA); sistema convencional de três passos no modo condicionamento total, com Scotchbond Multi-Purpose (3M ESPE, EUA); sistema convencional de dois passos no modo autocondicionante, com Clearfil SE Bond (Kuraray, Japão); e adesivos universais Single Bond Universal (3M ESPE, EUA), All Bond Universal (Bisco, EUA) e Tetric N-Bond Universal (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), usados tanto no modo condicionamento total quanto autocondicionante. A resistência de união foi medida em dois momentos: após 24 horas de armazenamento e após nova etapa de 10.000 termociclagens. Também foi feita análise por microscopia eletrônica de varredura. Os resultados mostraram que a resistência de união no reparo variou conforme o material utilizado. Todos os adesivos universais apresentaram valores significativamente maiores que os grupos controle e que os adesivos convencionais. Não houve diferença significativa entre os modos condicionamento total e autocondicionante para os adesivos universais. A termociclagem reduziu a resistência de união em todos os grupos. O Single Bond Universal apresentou o melhor desempenho geral, com maiores valores de adesão e menor perda de resistência após o envelhecimento. Os autores concluíram que os adesivos universais foram mais eficazes que os sistemas convencionais no reparo de resinas compostas.

Em um estudo laboratorial, Barbosa et al. (2023)¹⁸ avaliaram se a estratégia adesiva, o tipo de resina composta e o momento do polimento podem influenciar a formação de fendas marginais entre o dente e a restauração, em cavidades semelhantes às de Classe I. Foram utilizados 40 incisivos bovinos. As superfícies de esmalte foram planificadas e receberam cavidades cilíndricas padronizadas, com 4,0 mm de diâmetro e 1,4 mm de profundidade. Em seguida, as cavidades foram tratadas com o adesivo Single Bond Universal (3M ESPE, EUA), aplicado em duas estratégias: condicionamento seletivo de esmalte ou modo autocondicionante. Os espécimes foram distribuídos em oito grupos (n=5). As restaurações foram realizadas com a resina composta nanofilada Filtek Z350 XT (3M ESPE, EUA), pela técnica incremental, ou com a resina Filtek One Bulk Fill (3M ESPE, EUA), aplicada em incremento único. O polimento foi feito imediatamente ou após 7 dias de armazenamento em água. A porcentagem de fendas marginais foi analisada por microscópio de varredura a e os pesquisadores também avaliaram o módulo de

flexão e o grau de conversão. Os resultados mostraram que o condicionamento seletivo do esmalte reduziu significativamente a formação de fendas marginais em comparação ao modo autocondicionante, independentemente da resina utilizada ou do momento do polimento. Assim, os autores concluíram que o condicionamento seletivo do esmalte foi a estratégia mais adequada para diminuir a formação de fendas marginais em restaurações com margens em esmalte.

Doshi et al. (2023)¹⁹ fizeram uma revisão de literatura para avaliar se o modo de aplicação dos adesivos universais pode interferir no resultado das restaurações em LCNCs. O estudo comparou principalmente o condicionamento ácido total com a técnica autocondicionante. A busca dos artigos foi feita nos bancos de dados PubMed, Scopus e Cochrane. Foram selecionados apenas estudos clínicos que avaliaram restaurações de LCNCs feitas com adesivos universais. No total, 17 estudos entraram na revisão e 13 foram usados para a análise estatística. A amostra geral incluiu 2.622 dentes de 596 pacientes, sendo 273 homens e 256 mulheres, com idades entre 20 e 60 anos. Foram avaliadas 687 restaurações no grupo autocondicionante e 696 no grupo de condicionamento ácido total. Entre os adesivos utilizados estavam Scotchbond Universal (3M ESPE, EUA), Single Bond Universal (3M ESPE, EUA), Tetric N Bond Universal (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), Amber Universal (FGM, Brasil) e Gluma Universal (Kulzer, Alemanha). O desempenho clínico foi analisado pelos critérios FDI e USPHS, nos períodos de 18, 24 e 36 meses. Os autores observaram cinco aspectos principais: retenção, adaptação marginal, descoloração marginal, cárie secundária e sensibilidade pós-operatória. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre o condicionamento ácido total e o modo autocondicionante em nenhum dos parâmetros avaliados, nos diferentes períodos de acompanhamento. A retenção foi um pouco maior no modo autocondicionante, e foi sugerido pelos autores que isso poderia estar relacionado ao monômero funcional 10-MDP sobre a hidroxiapatita e ao menor efeito agressivo sobre o colágeno da dentina. Dessa forma, os autores concluíram que a maioria dos adesivos universais apresentou desempenho aceitável em LCNCs. Também observaram que a escolha entre condicionamento ácido total e técnica autocondicionante não influenciou de forma importante a duração das restaurações em médio prazo.

Haak et al. (2023)²⁰ elaboraram um estudo clínico para avaliar o desempenho de um adesivo universal em LCNCs, durante 36 meses. O estudo também analisou

a integridade das margens das restaurações. A pesquisa incluiu 50 pacientes, sendo 28 mulheres e 22 homens. Ao todo, foram feitas 179 restaurações com a resina composta Venus Diamond Flow (Kulzer GmbH, Alemanha). O adesivo iBond Universal (Kulzer GmbH, Alemanha) foi aplicado de três formas: modo autocondicionante, (n=50); condicionamento ácido total, (n=50); e condicionamento seletivo de esmalte, (n=29). O adesivo OptiBond FL (Kerr GmbH, Alemanha) foi usado como controle (n=50). As restaurações foram avaliadas nos períodos de 14 dias, 6, 12, 24 e 36 meses, seguindo os critérios da FDI. Além da avaliação clínica, os autores também fizeram a análise das margens das restaurações por microscopia eletrônica de varredura em réplicas de 11 pacientes escolhidos aleatoriamente. Depois de 36 meses, os grupos autocondicionante e condicionamento seletivo apresentaram as menores taxas cumulativas de falha, com 2,2% e 4,3%. O grupo controle teve 36,2% de falhas por perda de retenção, enquanto o grupo condicionamento total apresentou 19,6% de insucesso. Observou-se que o condicionamento seletivo apresentou a melhor qualidade marginal durante todo o acompanhamento. Já o modo de condicionamento ácido total do adesivo universal mostrou maior degradação da interface entre 24 e 36 meses. Assim, os autores concluíram que o iBond Universal teve melhor desempenho do que o OptiBond FL, considerado padrão-ouro de três passos. Os melhores resultados ocorreram principalmente quando o adesivo universal foi usado no modo autocondicionante e no condicionamento seletivo de esmalte.

Wendlinger et al. (2023)²¹ fizeram um estudo para comparar a união à dentina de três adesivos convencionais de condicionamento ácido total de dois passos com três adesivos universais usados também no modo condicionamento ácido total. A avaliação foi feita em dois períodos: após 24 horas e depois de um ano de armazenamento em água. Foram utilizados 60 terceiros molares humanos, sendo 10 dentes para cada sistema adesivo. As superfícies de dentina foram planificadas e padronizadas com lixa. Os adesivos convencionais avaliados foram Adper Single Bond 2 (3M Oral Care, EUA), Tetric N-Bond (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) e Ambar (FGM, Brasil). Já os adesivos universais foram Single Bond Universal (3M Oral Care, EUA), Tetric N-Bond Universal (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) e Ambar Universal (FGM, Brasil). Depois da aplicação dos adesivos, foram confeccionados blocos com a resina composta Opallis (FGM, Brasil). Em seguida, os espécimes foram submetidos aos testes de resistência de união à microtração e nanoinfiltração,

nos períodos de 24 horas e 12 meses. Além disso, foi avaliado o grau de conversão por espectroscopia micro-Raman. Os autores também observaram se os materiais absorveram água, se perderam componentes solúveis e se tiveram alteração de massa ao longo do tempo, em 48 espécimes em formato de disco, com 8 por grupo. Os resultados mostraram que os adesivos convencionais de dois passos apresentaram maior grau de conversão do que os adesivos universais. Porém, após um ano de envelhecimento, os universais tiveram maior resistência de união e menor nanoinfiltração. Também foi observado que a nanoinfiltração aumentou significativamente nos adesivos convencionais durante o período avaliado, enquanto os adesivos universais apresentaram comportamento mais estável. Além disso, os adesivos convencionais tiveram, de forma geral, maior absorção de água, enquanto os adesivos universais, maior solubilidade e maior variação negativa de massa. Dessa forma, os autores concluíram que os adesivos universais aplicados no modo de condicionamento ácido total foram mais eficientes para manter a união à dentina ao longo do tempo do que os sistemas de dois passos.

Tepe et al. (2024)³ realizaram um estudo clínico para avaliar o comportamento do adesivo Single Bond Universal (3M ESPE, Alemanha) em LCNCs. O estudo comparou três formas de aplicação: modo autocondicionante, condicionamento seletivo de esmalte e condicionamento ácido total. A amostra foi formada por 25 pacientes, sendo 10 mulheres e 15 homens. No total, foram feitas 246 restaurações, divididas em três grupos: autocondicionante (n=86); condicionamento seletivo de esmalte (n=78); e condicionamento ácido total (n=82). As restaurações foram realizadas com a resina composta nanohíbrida Filtek Z550 (3M ESPE, EUA). Os grupos condicionamento ácido total e condicionamento seletivo do esmalte receberam ácido fosfórico a 35%, utilizando o Scotchbond Universal Etchant (3M ESPE, Alemanha). Depois, foi aplicado o adesivo, seguido da fotopolimerização e do acabamento com discos Soflex (3M ESPE, EUA). As restaurações foram avaliadas nos períodos de 1, 6, 12, 18 e 36 meses. Para isso, foram usados os critérios da FDI, considerando aspectos como manchamento marginal, adaptação marginal e retenção. Após três anos de acompanhamento, a taxa de retorno foi de 96%, com 24 pacientes avaliados. Os resultados mostraram perda de retenção de 29,33% no grupo autocondicionante, 16,66% no grupo condicionamento seletivo e 3,89% no grupo condicionamento ácido total. Foi observada uma relação significativa entre o tempo de acompanhamento e a estratégia adesiva utilizada. O grupo

condicionamento ácido total apresentou melhor desempenho que o autocondicionante em integridade marginal e prevenção de cárie recorrente, erosão e abfração. Porém, não houve diferença significativa entre autocondicionante e condicionamento seletivo, nem entre condicionamento seletivo e condicionamento total. Concluiu-se que todos os modos de aplicação foram aceitáveis ao final dos 36 meses. Mesmo assim, as restaurações feitas com condicionamento ácido total foram classificadas como “cl clinicamente boas” (escore 2), enquanto a dos outros grupos foram considerados “cl clinicamente satisfatórias” (escore 3). Assim, o condicionamento ácido prévio da dentina e do esmalte pode contribuir para melhores resultados em restaurações cervicais ao longo do tempo.

No estudo conduzido por Balaban e Arisu (2025)⁵, foi avaliado o efeito do modo de condicionamento ácido, do pH e da composição química na resistência de união ao cisalhamento de adesivos universais, em comparação com sistemas convencionais. A metodologia foi um estudo laboratorial, que utilizou 110 terceiros molares humanos, extraídos e, a partir desses dentes, foram obtidas 220 superfícies de dentina, distribuídas em 11 grupos experimentais (n=20) que corresponderam a combinações entre os sistemas adesivos e as estratégias de condicionamento avaliadas. Foram analisados dois adesivos convencionais, OptiBond FL (Kerr Corporation, EUA) e Clearfil SE Bond (Kuraray Medical, Japão), e três adesivos universais, All-Bond Universal (Bisco, EUA), OptiBond Universal (Kerr Corporation, EUA) e G2-Bond Universal (GC Corporation, Japão). As estratégias incluíram condicionamento ácido total, modo autocondicionante e condicionamento seletivo de dentina, aplicadas conforme o protocolo de cada material. As restaurações foram confeccionadas com resina composta Filtek Z350 (3M ESPE, EUA). Cada grupo foi avaliado em dois momentos: após 24 horas e depois do envelhecimento térmico com 5.000 ciclos. Os resultados mostraram que o All-Bond Universal apresentou a maior resistência de união imediata nos diferentes modos avaliados. Já o OptiBond Universal obteve os menores valores. Para a maioria dos adesivos universais, não houve diferença estatística entre os modos condicionamento ácido total e autocondicionante, com exceção do G2-Bond Universal, que teve desempenho inicial inferior quando aplicado no modo condicionamento ácido total. A técnica de condicionamento seletivo da dentina não demonstrou resistência de união superior em nenhum dos grupos avaliados. Após o envelhecimento térmico, o G2-Bond Universal, no modo autocondicionante, apresentou a maior resistência de união,

enquanto o Clearfil SE Bond teve redução significativa no desempenho. Assim, os autores concluíram que a união à dentina depende da relação entre o modo de condicionamento e as características próprias de cada adesivo, como pH e presença de monômeros funcionais. Também foi observado que os adesivos universais podem apresentar desempenho semelhante ao padrão-ouro em adesivos autocondicionantes quando utilizados neste modo, mas o seu comportamento no modo condicionamento ácido total depende da sua composição e pH.

Huang, Chai e Niu (2025)² avaliaram se o tempo de condicionamento com ácido fosfórico pode interferir na resistência de união de um adesivo universal ao esmalte, comparando esmalte íntegro e esmalte erodido. Para isso, foram utilizados 60 incisivos bovinos, que tiveram as superfícies de esmalte planificadas. As amostras foram divididas em dois grupos (n=30), sendo um grupo controle, com esmalte íntegro, e um grupo experimental, com esmalte erodido, que recebeu tratamento com ácido cítrico a 0,3% (pH 2,6), durante cinco dias seguidos. Depois disso, cada grupo foi subdividido em três (n=10), de acordo com o tempo de condicionamento com ácido fosfórico a 35%, sendo 0, 3 ou 15 segundos. Em seguida, foi aplicado o adesivo Scotchbond Universal (3M ESPE, EUA), de forma ativa, e realizada a restauração com resina composta. A interface adesiva foi avaliada por meio do teste de resistência de união ao cisalhamento, análise do tipo de falha, avaliação da rugosidade superficial por perfilometria e análise morfológica em microscopia eletrônica de varredura. Os resultados mostraram que, no esmalte normal, o condicionamento ácido total apresentou valores de resistência de união maiores do que o modo autocondicionante. Porém, não houve diferença significativa entre o condicionamento por 3 segundos e por 15 segundos. No esmalte erodido, o modo de aplicação e o tempo de condicionamento não alteraram a resistência de união nem a rugosidade. As imagens de microscopia ajudaram a explicar esse resultado, pois mostraram um padrão de condicionamento espicular causado pela própria erosão, mesmo sem condicionamento ácido adicional. Com isso, os autores concluíram que o modo autocondicionante pode ser suficiente para adesão em esmalte erodido. Já no esmalte íntegro, o condicionamento ácido por 3 segundos pode ser uma opção viável, pois reduz o tempo operatório sem prejudicar a união entre resina e esmalte.

Mendonça et al. (2025)⁴ avaliaram o comportamento de restaurações posteriores em resina composta considerando a aplicação de um adesivo universal

por diferentes estratégias adesivas ao longo de 26 meses, com comparação entre os critérios da FDI adaptados e do USPHS. Para isso, 138 cavidades Classe I e II foram restauradas com o Scotchbond Universal (3M ESPE, EUA), aplicado nos modos condicionamento ácido total, condicionamento seletivo de esmalte e autocondicionante, sendo todas confeccionadas com resina composta Filtek™ Supreme (3M ESPE, EUA). Os parâmetros analisados incluíram descoloração marginal, adaptação marginal, retenção, fratura, sensibilidade pós-operatória e recorrência de cárie, sendo avaliados por meio de inspeção clínica com espelho, sonda exploradora, jato de ar e fio dental. As avaliações foram realizadas por dois examinadores, em dois momentos: entre 7 e 21 dias e após 26 meses, com 50 dentes por grupo no início do estudo e 46 no período final. Os dados foram analisados estatisticamente e os resultados demonstraram que, de forma geral, a maioria das restaurações foi classificada como aceitável em todos os critérios e em ambos os períodos avaliados, sem diferenças significativas entre os grupos, com exceção da descoloração marginal entre os modos condicionamento ácido total e autocondicionante, sendo mais pronunciada para o modo autocondicionante. Concluiu-se que as restaurações realizadas com o adesivo universal, independentemente da estratégia adesiva empregada, apresentaram desempenho aceitável ao longo dos 26 meses de acompanhamento.

2.3 Discussão

Em relação à aplicação de adesivos universais em dentina, Cardoso et al. (2019) descreveram o protocolo utilizado na estratégia autocondicionante. Nesse protocolo, o adesivo deve ser aplicado de forma ativa, com fricção sobre o substrato dentinário por 20 segundos, para favorecer a interação química com a superfície e a adequada infiltração dos monômeros adesivos. Em seguida, é recomendada a aplicação de jato de ar por 5 segundos para volatilização do solvente, etapa apontada como importante para reduzir resíduos e melhorar a polimerização do material. Posteriormente, é feita a fotoativação por 10 segundos.

Entre os estudos analisados que avaliaram as diferentes estratégias adesivas em dentina, a maioria foi de metodologia laboratorial. Cardoso et al. (2019)⁷ observaram que a resistência de união não diferiu de forma significativa entre as estratégias de condicionamento ácido total e autocondicionante. Mesmo assim, os autores sugeriram evitar o condicionamento ácido prévio da dentina, pois o modo autocondicionante apresentou maior estabilidade após o envelhecimento para a maioria dos adesivos universais.

De maneira semelhante, na revisão de literatura de Chen et al. (2022)¹⁶, também não foi observada diferença significativa entre condicionamento ácido total e autocondicionante na resistência de união em dentina. No entanto, os autores sugeriram o uso do modo autocondicionante por ser uma estratégia mais simples e por evitar o condicionamento ácido prévio, que não melhorou o desempenho adesivo em longo prazo.

Essa interpretação se aproxima dos achados de Yamauchi et al. (2019)¹⁰, que indicaram que o modo de condicionamento, isoladamente, não foi o principal fator para o desempenho adesivo. Nesse estudo, a resistência inicial e a resistência à fadiga foram semelhantes entre condicionamento ácido total e autocondicionante. Porém, o Scotchbond Universal apresentou os melhores resultados nas duas estratégias, sugerindo que a composição do adesivo influenciou mais a qualidade da união do que a estratégia adesiva isolada.

De forma similar, Saito et al. (2020)¹² observaram que a resistência de união foi influenciada mais pela composição do adesivo e do tempo de aplicação do que pela estratégia adesiva. Também não houve diferença significativa entre as estratégias, mas alguns adesivos melhoraram com a aplicação prolongada,

enquanto outros mantiveram desempenho semelhante entre os tempos testados. Isso indica que diferentes adesivos podem precisar de tempos distintos de contato com a dentina para formar uma interface mais estável.

Essa mesma ideia foi reforçada por Balaban e Arisu (2025)⁵, que observaram que, para a maioria dos adesivos universais, não houve diferença significativa entre condicionamento ácido total e autocondicionante. Além disso, o condicionamento seletivo da dentina não aumentou a resistência de união, reforçando que o comportamento desses adesivos depende da composição e do pH de cada material.

Entretanto, esses achados não significam que o condicionamento ácido da dentina deva ser descartado em todas as situações. Stape et al. (2021)¹⁴ indicaram que o condicionamento ácido pode ser favorável quando realizado por curto tempo, já que o protocolo de 3 segundos apresentou melhor estabilidade da interface e maior resistência à fadiga do que o modo autocondicionante e o condicionamento por 15 segundos. Esse resultado sugere que o condicionamento breve foi capaz de remover parcialmente a lama dentinária (smear layer) sem causar exposição excessiva do colágeno.

De forma complementar, Wendlinger et al. (2023)²¹ observaram que, após 12 meses, os adesivos universais Single Bond Universal, Tetric N-Bond Universal e Ambar Universal, aplicados no modo de condicionamento ácido total, apresentaram maior resistência de união e menor nanoinfiltração do que adesivos convencionais de dois passos. Assim, o condicionamento ácido em dentina pode funcionar bem quando associado a adesivos com composição capaz de manter uma interface estável ao longo do tempo.

Portanto, os estudos indicaram que o desempenho dos adesivos universais em dentina depende da interação entre tempo de condicionamento, composição do adesivo, pH e estabilidade da interface, e não apenas da escolha entre condicionamento total ou autocondicionante.

Nos estudos laboratoriais que avaliaram apenas esmalte, foi observado que o condicionamento ácido favoreceu a resistência de união e a qualidade marginal. Suzuki et al. (2021)¹⁵ mostraram que o condicionamento ácido total produziu valores de resistência significativamente maiores que o modo autocondicionante em todos os adesivos avaliados, tanto no esmalte íntegro quanto no desgastado. No modo autocondicionante, a adesão ao esmalte desgastado foi superior à obtida no esmalte íntegro, indicando que o desgaste da superfície favoreceu a retenção. Resultado

semelhante foi observado por Huang, Chai e Niu (2025)² que verificaram que no esmalte íntegro, o condicionamento ácido apresentou maior resistência de união que o modo autocondicionante, sem diferença significativa entre 3 segundos e 15 segundos de condicionamento. Já no esmalte erodido, o tempo de aplicação do ácido não alterou a resistência. A adaptação marginal foi analisada por Barbosa et al. (2023)¹⁸, que observaram menor formação de fendas marginais com o condicionamento seletivo do esmalte, independentemente do tipo de resina ou do momento do polimento, o que sugeriu que o condicionamento ácido contribuiu para melhor selamento das margens.

Assim, nos estudos com esmalte, o condicionamento ácido foi a estratégia mais favorável, sobretudo em esmalte íntegro. Em esmalte desgastado a alteração da superfície facilitou a adesão, mas o uso do ácido continuou relevante para melhorar a resistência de união e reduzir as falhas nas margens.

Os estudos que avaliaram ao mesmo tempo esmalte e dentina reforçaram que esses substratos não respondem da mesma forma às estratégias adesivas. O estudo laboratorial de Vermelho et al. (2017)⁶ indicou que o condicionamento ácido do esmalte aumentou a resistência de união para todos os adesivos testados. Na dentina, esse efeito foi menos claro, com perda significativa de resistência apenas para o Scotchbond Universal no modo autocondicionante após um ano. Assim, o esmalte mostrou resposta mais previsível ao condicionamento ácido, enquanto a dentina apresentou comportamento mais variável, dependente do adesivo e do modo de aplicação. Essa diferença entre substratos foi reforçada pela revisão de literatura de Cuevas-Suárez et al. (2019)⁸ que apontou que, no esmalte, o condicionamento ácido total melhorou a união independentemente do pH do adesivo. Já na dentina, o desempenho variou conforme o tipo de material: os adesivos universais suaves, com pH próximo de 2, foram os mais estáveis ao longo do tempo, tanto no condicionamento ácido total quanto no autocondicionante. Por isso, os autores indicaram o condicionamento ácido seletivo do esmalte, seguido da aplicação de um adesivo universal suave, como uma estratégia mais adequada para obter boa resistência inicial e maior durabilidade.

Nos artigos sobre LCNCs, predominaram os estudos clínicos. Entre os estudos que favoreceram o condicionamento ácido, Oz et al. (2019)⁹ observaram menor retenção nos grupos autocondicionantes, além de tendência a maior descoloração e pior adaptação marginal aos 6 e 12 meses. De forma semelhante,

Tepe et al. (2024)³ verificaram, após 36 meses, maior perda de retenção no grupo autocondicionante (29,33%), seguida pelo condicionamento seletivo (16,66%) e pelo condicionamento ácido total (3,89%), que também apresentou melhor integridade marginal. Por outro lado, Atalay et al. (2020)¹¹ observaram taxa de retenção global de 98,1% após 36 meses, sem diferença significativa entre os grupos. Contudo, o modo autocondicionante apresentou pior desempenho em manchamento marginal e adaptação marginal.

A influência da composição do adesivo também foi ressaltada. Follak et al. (2021)¹³ constataram que o Prime & Bond Elect no modo autocondicionante apresentou maior número de falhas, com retenção de 86%, enquanto o Scotchbond Universal teve 100% de retenção nas duas estratégias. Em contraste com os estudos que favoreceram o condicionamento ácido, Haak et al. (2023)²⁰ observaram melhores resultados com o iBond Universal no modo autocondicionante e no condicionamento seletivo de esmalte. Após 36 meses, esses grupos apresentaram as menores taxas de falha e melhor qualidade marginal, enquanto o condicionamento ácido total mostrou maior degradação da interface. Em contraste, a revisão de Doshi et al. (2023)¹⁹ reuniu 17 estudos clínicos e não observou diferença significativa entre condicionamento ácido total e autocondicionante em retenção, adaptação marginal, descoloração marginal, cárie secundária e sensibilidade pós-operatória nos períodos de 18, 24 e 36 meses.

Como nas LCNCs o substrato é complexo e pode envolver principalmente dentina exposta além de margens em esmalte, foram observados resultados similares como aqueles dos estudos em dentina, de que a longevidade da interface não dependeu apenas da estratégia adesiva, mas também teve influência da composição do adesivo.

Entre os estudos com outros substratos, Yin et al. (2022)¹⁷ avaliaram, em laboratório, o reparo entre resina composta envelhecida e resina nova. Os adesivos universais apresentaram maior resistência de união que os grupos controle e os adesivos convencionais, sem diferença significativa entre condicionamento ácido total e autocondicionante. Apesar da redução de resistência após termociclagem, o Single Bond Universal teve o melhor desempenho geral, indicando que a longevidade do reparo dependeu mais do adesivo utilizado do que da estratégia adesiva.

Já Mendonça et al. (2025)⁴, em estudo clínico, avaliaram restaurações posteriores Classe I e II, envolvendo esmalte e dentina. Após 26 meses, as três estratégias apresentaram desempenho aceitável, sem diferenças significativas, exceto pela descoloração marginal, que foi maior no modo autocondicionante. Assim, nesse estudo, a estratégia adesiva não influenciou significativamente o desempenho geral das restaurações, mas parcialmente o comportamento das margens.

Assim, de modo geral, os estudos analisados mostraram que não houve uma estratégia adesiva superior para todos os substratos e situações clínicas.

Foi possível constatar que o uso do condicionamento ácido em esmalte foi considerado importante para aprimorar a retenção e a adaptação marginal e, conseqüentemente, favorecer a longevidade das restaurações, como demonstrado por Cuevas-Suárez et al. (2019)⁸, que apontaram o condicionamento do esmalte como a estratégia mais favorável para conciliar boa adesão inicial e maior durabilidade da interface adesiva. Em concordância, Atalay et al. (2020)¹¹ reforçaram que o condicionamento do esmalte proporcionou comportamento marginal mais estável e menor tendência ao manchamento ao longo do tempo. Em complemento, Barbosa et al. (2023)¹⁸ destacaram a relevância dessa estratégia ao demonstrarem redução significativa na formação de fendas marginais em comparação ao modo autocondicionante. Considerando que as fendas marginais estão associadas à infiltração, alteração de cor, manchamento e comprometimento da longevidade restauradora, o condicionamento ácido exerce papel fundamental na aplicação de adesivos universais em esmalte.

Enquanto na dentina o desempenho esteve ligado a mais fatores além da estratégia adesiva, como a composição do adesivo e o tempo de aplicação, em razão da maior complexidade estrutural desse substrato, caracterizado por maior conteúdo orgânico, presença de água e túbulos dentinários. De maneira similar, em condições clínicas mais complexas, como LCNCs, a composição do adesivo utilizado também apareceu como um fator significativo.

3 CONCLUSÃO

Concluiu-se que o desempenho dos adesivos universais foi influenciado pela interação entre estratégia adesiva, composição do material e substrato dental.

No esmalte, o condicionamento ácido, seja total ou seletivo, proporcionou maior resistência de união, melhor comportamento marginal e maior previsibilidade ao longo do tempo, principalmente em esmalte íntegro. A aplicação do ácido fosfórico nesse substrato foi considerada importante por promover maior desmineralização superficial e formação de microporosidades, favorecendo a retenção e a adaptação marginal e assim reduzindo o manchamento.

Na dentina, o modo autocondicionante foi considerado uma alternativa mais conservadora e estável, por preservar parcialmente a rede colágena e reduzir a agressão promovida pelo condicionamento ácido excessivo, evitando sensibilidade, favorecendo a retenção e contribuindo para redução de falhas marginais e manchamento ao longo do tempo. Ainda assim, o condicionamento ácido por poucos segundos ou o condicionamento total também apresentaram bons resultados quando associados a determinados adesivos.

Dessa forma, nenhuma estratégia adesiva foi superior em todas as situações. Quando aplicável, o condicionamento seletivo do esmalte foi sugerido como a abordagem mais equilibrada, pois potencializa a adesão e a adaptação marginal em esmalte, evita o condicionamento ácido desnecessário da dentina e assim contribui para maior estabilidade da restauração ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Bourgi R, Kharouf N, Cuevas-Suárez CE, Lukomska-Szymanska M, Haikel Y, Hardan L. A Literature Review of Adhesive Systems in Dentistry: Key Components and Their Clinical Applications. *Applied Sciences*. 2024; 14(18):8111.
- 2 Huang S, Chai Y, Niu G. The effect of phosphoric acid etching duration on the bond strength of universal adhesive on enamel with or without erosion. *Front Dent Med*. 2025 Oct 20;6:1685381.
- 3 Tepe H, Celiksoz O, Yaman BC. Clinical evaluation of single bond universal adhesive in non-carious cervical lesions: a 36-month retrospective study. *Clin Oral Investig*. 2024 Dec 28;29(1):33.
- 4 Mendonça TS, Carvalho AA, Zago JKM, Barata TJE, Torres ÉM, Freitas GC, Lopes LG. Clinical performance of posterior resin composite restorations bonded with universal adhesive system using three different application modes: a 26-month randomized clinical trial. *J Appl Oral Sci*. 2025 Nov 17;33:e20250402.
- 5 Balaban S, Arisu HD. Effect of Etching Mode on the Dentin Bond Durability of Universal Adhesives. *J Adhes Dent*. 2025 Dec 19;27:297-305.
- 6 Vermelho PM, Reis AF, Ambrosano GMB, Giannini M. Adhesion of multimode adhesives to enamel and dentin after one year of water storage. *Clin Oral Investig*. 2017 Jun;21(5):1707-1715.
- 7 Cardoso GC, Nakanishi L, Isolan CP, Jardim PDS, Moraes RR. Bond Stability of Universal Adhesives Applied To Dentin Using Etch-And-Rinse or Self-Etch Strategies. *Braz Dent J*. 2019 Oct 7;30(5):467-475.
- 8 Cuevas-Suárez CE, da Rosa WLO, Lund RG, da Silva AF, Piva E. Bonding Performance of Universal Adhesives: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *J Adhes Dent*. 2019;21(1):7-26.
- 9 Oz FD, Ergin E, Canatan S. Twenty-four-month clinical performance of different universal adhesives in etch-and-rinse, selective etching and self-etch application modes in NCCL - a randomized controlled clinical trial. *J Appl Oral Sci*. 2019;27:e20180358.
- 10 Yamauchi K, Tsujimoto A, Jurado CA, Shimatani Y, Nagura Y, Takamizawa T, Barkmeier WW, Latta MA, Miyazaki M. Etch-and-rinse vs self-etch mode for dentin bonding effectiveness of universal adhesives. *J Oral Sci*. 2019 Nov 27;61(4):549-553.
- 11 Atalay C, Ozgunaltay G, Yazici AR. Thirty-six-month clinical evaluation of different adhesive strategies of a universal adhesive. *Clin Oral Investig*. 2020 Apr;24(4):1569-1578.

- 12 Saito T, Takamizawa T, Ishii R, Tsujimoto A, Hirokane E, Barkmeier WW, Latta MA, Miyazaki M. Influence of Application Time on Dentin Bond Performance in Different Etching Modes of Universal Adhesives. *Oper Dent*. 2020 Mar/Apr;45(2):183-195.
- 13 Follak AC, Ilha BD, Oling J, Savian T, Rocha RO, Soares FZM. Clinical behavior of universal adhesives in non-carious cervical lesions: A randomized clinical trial. *J Dent*. 2021 Oct;113:103747.
- 14 Stape THS, Viita-Aho T, Sezinando A, Wik P, Mutluay M, Tezvergil-Mutluay A. To etch or not to etch, Part I: On the fatigue strength and dentin bonding performance of universal adhesives. *Dent Mater*. 2021 Jun;37(6):949-960.
- 15 Suzuki M, Takamizawa T, Hirokane E, Ishii R, Tsujimoto A, Barkmeier WW, Latta MA, Miyazaki M. Bond durability of universal adhesives to intact enamel surface in different etching modes. *Eur J Oral Sci*. 2021 Apr;129(2):e12768.
- 16 Chen H, Feng S, Jin Y, Hou Y, Zhu S. Comparison of bond strength of universal adhesives using different etching modes: A systematic review and meta-analysis. *Dent Mater J*. 2022 Feb 1;41(1):1-10.
- 17 Yin H, Kwon S, Chung SH, Kim RJY. Performance of Universal Adhesives in Composite Resin Repair. *Biomed Res Int*. 2022 May 9;2022:7663490.
- 18 Barbosa MP, Rabello TB, Silva EMD. The Influence of Adhesive Strategy, Type of Dental Composite, and Polishing Time on Marginal Gap Formation in Class I-like Cavities. *Materials (Basel)*. 2023 Nov 29;16(23):7411.
- 19 Doshi K, Nivedhitha MS, Solete P, S DPA, Balasubramaniam A, Jacob B, Siddique R. Effect of adhesive strategy of universal adhesives in noncarious cervical lesions - an updated systematic review and meta-analysis. *BDJ Open*. 2023 Feb 13;9(1):6.
- 20 Haak R, Stache G, Schneider H, Häfer M, Schmalz G, Schulz-Kornas E. Effect of the Adhesive Strategy on Clinical Performance and Marginal Integrity of a Universal Adhesive in Non-Carious Cervical Lesions in a Randomized 36-Month Study. *J Clin Med*. 2023 Sep 5;12(18):5776.
- 21 Wendlinger M, Pomacóndor-Hernández C, Pintado-Palomino K, Cochinski GD, Loguercio AD. Are universal adhesives in etch-and-rinse mode better than old 2-step etch-and-rinse adhesives? One-year evaluation of bonding properties to dentin. *J Dent*. 2023 May;132:104481.