

UNIVERSIDADE PAULISTA

AMANDA BIZIN

SELAMENTO IMEDIATO DA DENTINA:

Revisão de literatura

CAMPINAS

2025

AMANDA BIZIN

SELAMENTO IMEDIATO DA DENTINA:

Revisão de literatura

Trabalho de conclusão de curso para
obtenção do título de graduação em
Odontologia apresentado à Universidade
Paulista – UNIP.

Orientador: Prof. Dr. Martín Antúnez de Mayolo Kreidler

CAMPINAS

2025

CIP - Catalogação na Publicação

Bizin, Amanda

Selamento Imediato da Dentina / Amanda Bizin. - 2025.

37 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) apresentado ao Instituto de Ciência da Saúde da Universidade Paulista, Campinas, 2025.

Área de Concentração: Dentística.

Orientador: Prof. Dr. Martín Antúnez de Mayolo Kreidler.

1. Selamento imediato da dentina . 2. Adesivo dentinário . 3. Restauração dentinária permanente . I. Kreidler, Martín Antúnez de Mayolo (orientador). II. Título.

AMANDA BIZIN

SELAMENTO IMEDIATO DA DENTINA:

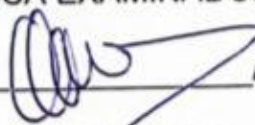
Revisão de literatura

Trabalho de conclusão de curso para
obtenção do título de graduação em
Odontologia apresentado à Universidade
Paulista – UNIP.

NOTA: 10.0

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA:

 11/24/11/25

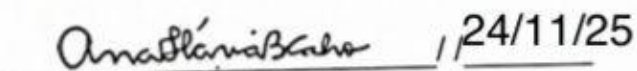
Prof. Dr. Martín Antúnez de Mayolo Kreidler

Universidade Paulista – UNIP

 11/24/11/25

Profa. Dra. Flávia Magnani Bevilacqua

Universidade Paulista – UNIP

 11/24/11/25

Profa. Ana Flávia Bissoto Calvo

Universidade Paulista – UNIP

DEDICATÓRIA

A Deus, por ser minha força e minha luz em todos os momentos. Dedico este trabalho aos meus pais, por todo amor, apoio e sacrifício que sempre fizeram para que eu pudesse realizar meus sonhos. À minha irmã e aos meus irmãos, pela amizade, paciência e incentivo em cada etapa desta jornada.

Dedico também a todos que acreditaram em mim, que me inspiraram e me acompanharam durante esta caminhada acadêmica — especialmente aos meus professores, que com sabedoria e dedicação despertaram em mim a paixão pela odontologia. Este trabalho é a concretização de um sonho construído com fé, esforço e amor.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder saúde, força e sabedoria para enfrentar cada desafio, dificuldade e por iluminar meus caminhos durante toda esta trajetória acadêmica.

Aos meus pais, por serem fonte de inspiração diária em minha vida, pelo amor incondicional, apoio constante e por acreditarem em mim em todos os momentos. Aprendi desde cedo que a luta de cada um de nós é de toda a família, portanto, com as vitórias não poderia ser diferente. Só nós sabemos o quanto foi difícil chegar até aqui! Obrigada por serem os meus maiores incentivadores, sem vocês nada disso seria possível. A vocês devo não apenas esta conquista, mas todo o alicerce da minha vida.

À minha irmã e aos meus irmãos, por todo apoio, incentivo e compreensão durante os períodos de dedicação e ausência.

Aos meus professores, pela paciência, pelos ensinamentos e pela inspiração que despertaram em mim o desejo de aprimorar o conhecimento e exercer a profissão com ética, responsabilidade, amor e ensinamentos muito além da odontologia.

Ao meu orientador Prof. Dr. Martín Antúnez de Mayolo Kreidler, muito obrigada por todos os ensinamentos compartilhados desde o início do curso até a conclusão deste trabalho, pela orientação atenciosa e paciência. Sua dedicação e exemplo foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e para o meu crescimento acadêmico, mas também por me inspirar a buscar sempre o melhor.

Às minhas amigas e aos meus amigos, que tornaram esta caminhada mais leve e repleta de momentos inesquecíveis. Agradeço pela companhia, pelas palavras de encorajamento e por compartilharem comigo cada etapa desta jornada.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e para a concretização de um sonho, deixo aqui o meu mais sincero e profundo agradecimento.

“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas. Mas ao tocar uma alma humana, seja apenas outra alma humana”.

(Carl Jung)

RESUMO

O selamento imediato da dentina, também conhecido como IDS (Immediate Dentin Sealing), constitui uma das principais evoluções da odontologia adesiva, pois permite a hibridização da dentina logo após o preparo cavitário, reduzindo a contaminação do substrato e preservando sua integridade até a cimentação definitiva. A aplicação imediata do adesivo sobre a dentina recém-exposta favorece a formação de uma interface mais estável, protegida das variações térmicas, da umidade e da contaminação salivar, o que resulta em melhor desempenho mecânico e maior longevidade clínica. Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho foi revisar criticamente a literatura científica recente e clássica sobre o IDS, analisando seus fundamentos biológicos, seu desempenho clínico e suas vantagens em comparação ao selamento tardio. Para isso, realizou-se uma revisão narrativa da literatura, incluindo estudos laboratoriais, investigações in vivo, ensaios clínicos prospectivos e revisões sistemáticas disponíveis em bases científicas. Os resultados da literatura demonstraram que o IDS promove maior resistência de união em relação à dentina não selada, reduz microinfiltração, melhora a adaptação marginal e protege o substrato durante o período provisório. Evidências clínicas indicam taxas de sucesso superiores a 95% em restaurações cerâmicas parciais cimentadas sobre dentina previamente selada, reforçando sua eficácia a longo prazo. Outros estudos apontam que o conceito também pode ser aplicado a restaurações diretas, ampliando o potencial clínico do protocolo. Conclui-se que o IDS se consolida como um procedimento cientificamente fundamentado, biologicamente seguro e clinicamente previsível, contribuindo significativamente para a durabilidade, estabilidade funcional e longevidade das restaurações adesivas.

Palavras-chave: Adesivo dentinário; Dentina; Restauração Dentinária permanente.

ABSTRACT

Immediate Dentin Sealing (IDS) is one of the most significant advancements in adhesive dentistry, as it enables the hybridization of dentin immediately after cavity preparation, reducing substrate contamination and preserving its integrity until final cementation. The immediate application of the adhesive onto freshly cut dentin promotes the formation of a more stable interface, protected from thermal variations, moisture, and salivary contamination, resulting in improved mechanical performance and increased clinical longevity. The aim of this study was to critically review classical and contemporary scientific literature on IDS, analyzing its biological principles, clinical performance, and advantages compared with delayed dentin sealing. A narrative literature review was conducted, including laboratory studies, in vivo investigations, clinical trials, and systematic reviews available in scientific databases. The findings demonstrate that IDS provides higher bond strength than non-sealed dentin, reduces microleakage, improves marginal adaptation, and protects the substrate during provisionalization. Clinical evidence shows success rates above 95% for ceramic partial restorations cemented over previously sealed dentin, supporting its long-term effectiveness. Additional studies suggest that the concept can also be applied to direct restorations, broadening its clinical applicability. In conclusion, IDS is a scientifically grounded, biologically safe, and clinically predictable technique that significantly enhances the durability, functional stability, and longevity of adhesive restorations.

Keywords: Dentin adhesive; Dentin; Permanent dentin restoration.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 DESENVOLVIMENTO	13
2.1 Metodologia	13
2.2 Revisão de literatura	13
2.2.1 Fundamentos da adesão dentinária.....	13
2.2.2 Parâmetros de união e comportamento mecânico	16
2.2.3 Conceito e princípios do Selamento Imediato da Dentina	18
2.2.4 Fatores físico-químicos e estabilidade da camada híbrida.....	20
2.2.5 Controle de estresse e propriedades mecânicas	22
2.2.6 Aspectos clínicos e operatórios.....	24
2.2.7 Evidências clínicas de longo prazo.....	26
2.2.8 Perspectivas futuras e desafios	28
2.3 Discussão	30
3 CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

A odontologia restauradora contemporânea tem se transformado com a consolidação dos princípios da odontologia adesiva. O aperfeiçoamento dos sistemas adesivos possibilitou a preservação de maior quantidade de estrutura dentária sadia e a obtenção de restaurações estéticas, previsíveis e minimamente invasivas. Contudo, apesar dos avanços técnicos e da evolução dos materiais, a adesão à dentina continua sendo um dos maiores desafios clínicos, devido à sua natureza complexa, heterogênea e biológica. A dentina é um tecido úmido, tubular e altamente orgânico, cuja composição — aproximadamente 70% de fase mineral, 20% de matriz colágena e 10% de água — impõe limitações à efetividade da adesão (Pashley, 1992). Diferente do esmalte, que é predominantemente mineral e permite uma adesão previsível, a dentina apresenta permeabilidade variável, sensibilidade ao condicionamento ácido e susceptibilidade à degradação hidrolítica ao longo do tempo (Van Meerbeek et al., 2010; De Munck et al., 2012).

O processo adesivo baseia-se na infiltração de monômeros resinosos na zona desmineralizada da dentina, formando a chamada camada híbrida (hybrid layer), descrita por Nakabayashi e Kojima (1982) como o principal elemento de união micromecânica entre resina e substrato dentinário. Entretanto, essa camada é altamente vulnerável à ação da umidade, às tensões de polimerização e à degradação enzimática mediada por metaloproteinases de matriz (MMPs) (Tay & Pashley, 2003). Estudos laboratoriais e clínicos têm demonstrado que a perda gradual da integridade da camada híbrida leva à redução progressiva da resistência de união e, conseqüentemente, ao comprometimento da longevidade das restaurações adesivas (De Munck et al., 2012; Braem, 2007). Além disso, fatores como a contaminação da dentina durante o período, a permeabilidade tubular exposta e a dificuldade de controle da umidade durante a cimentação indireta contribuem para falhas adesivas precoces (Sattabanasuk et al., 2006; Hofsteenge et al., 2020).

Outro ponto crítico para ser considerado é o comportamento mecânico das interfaces adesivas sob fadiga. Braem (2007) observou que, mesmo em condições laboratoriais controladas, as interfaces resina-dentina estão sujeitas

à degradação cumulativa sob cargas cíclicas, simulando o ambiente mastigatório. Além disso, a contração de polimerização das resinas compostas, estudada por Lu et al. (2004), pode gerar tensões internas capazes de romper a adesão em margens cavitárias ou comprometer o selamento marginal. Tais limitações evidenciam a necessidade de estratégias que garantam não apenas uma adesão inicial satisfatória, mas também sua estabilidade ao longo do tempo.

Diante desses desafios, surgiu o conceito de selamento imediato da dentina, também conhecido como IDS (Immediate Dentin Sealing), introduzido por Magne (2005) e Dietschi et al. (2002) como uma abordagem inovadora para aumentar a previsibilidade das restaurações indiretas adesivas. O princípio fundamental do IDS consiste na aplicação e polimerização do sistema adesivo imediatamente após o preparo cavitário, antes da moldagem ou escaneamento digital e da confecção da restauração. Essa etapa tem como objetivo proteger a dentina exposta contra contaminação, reduzir a sensibilidade pós-operatória e, sobretudo, proporcionar uma interface adesiva madura e estável durante o período provisório (Magne, 2005; Magne, So & Cascione, 2007).

De acordo com Magne (2007), ao selar a dentina imediatamente após o preparo, evita-se que fluidos orais e contaminantes interfiram na qualidade da hibridização, preservando a integridade da camada híbrida. Dietschi et al. (2002) verificaram que o IDS promove melhor adaptação marginal e menor microinfiltração quando comparado ao selamento dentinário tardio (DDS). Essa técnica também possibilita uma melhor integração entre o adesivo e o cimento resinoso, já que a superfície previamente polimerizada do adesivo interage de forma química e micromecânica com a resina de cimentação.

A explicação para esses resultados está no fato de que o IDS além de preservar a dentina, também otimiza a adesão definitiva. A camada adesiva polimerizada previamente atua como uma barreira elástica e seladora, que absorve tensões de polimerização e estabiliza a interface resina-dentina (Belli et al., 2006). Além disso, permite que a cimentação final ocorra sobre um substrato idealmente tratado, seco e protegido, diferente da dentina exposta e desidratada no momento da cimentação tardia (Sag & Bektas, 2020).

Portanto, o selamento dentinário imediato (IDS) se consolida como uma resposta científica e clínica aos desafios clássicos da adesão dentinária, representando um avanço significativo não apenas no conceito de restaurações

indiretas, mas também com potencial aplicação em restaurações diretas, conforme discutido em revisões recentes (Krishnaprasada et al., 2023). A aplicação imediata do adesivo sobre a dentina recém-exposta permite reduzir a contaminação, otimizar a hibridização e preservar a integridade do substrato durante todo o procedimento restaurador, independentemente do tipo de reconstrução planejada. Ao integrar princípios biológicos e tecnológicos, o IDS busca não apenas aumentar a força de união, mas também preservar a longevidade funcional das restaurações, garantir conforto ao paciente e elevar a previsibilidade dos resultados clínicos.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Trata-se de uma revisão narrativa de literatura baseada em artigos científicos indexados nas bases PubMed, Scopus, Web of Science e Google acadêmico, publicados entre 1990 e 2024. Foram incluídos estudos experimentais, revisões sistemáticas e avaliações clínicas relacionados à adesão dentinária e ao selamento dentinário imediato. Autores clássicos como Nakabayashi, Pashley, Tay e Magne foram considerados referência histórica e conceitual. Os idiomas escolhidos para a busca foram portugueses e inglês, em um total de 20 artigos.

2.2 Revisão de literatura

2.2.1 Fundamentos da adesão dentinária

A adesão dentinária representa um dos pilares fundamentais da odontologia, especialmente no contexto das restaurações indiretas. No entanto, diferentemente do esmalte, a dentina constitui um substrato biológico complexo, cuja estrutura heterogênea e composição orgânica tornam o processo adesivo mais difícil. A dentina é composta por aproximadamente 70% de material

inorgânico (hidroxiapatita), 20% de matriz orgânica (predominantemente colágeno tipo I) e 10% de água, apresentando túbulos dentinários que variam em diâmetro e densidade conforme a profundidade e a região do dente (Pashley et al.1992). Essa natureza tubular e úmida compromete a capacidade dos adesivos de se infiltrarem adequadamente, dificultando a obtenção de uma união estável e duradoura.

Nakabayashi e Kojima (1982) foram pioneiros ao introduzir o conceito de camada híbrida (hybrid layer), descrevendo-a como a zona de transição resultante da infiltração dos monômeros resinosos nas fibras colágenas expostas da dentina desmineralizada. Essa camada híbrida é o principal mecanismo micromecânico de união entre o substrato dentinário e os materiais resinosos. O sucesso dessa interface depende de uma boa hibridização, na qual os monômeros penetram completamente na rede colágena antes da polimerização, formando uma estrutura contínua e resistente (Nakabayashi & Kojima, 1982; Pashley et al., 1992).

Contudo, esse processo é sensível a inúmeros fatores clínicos e físico-químicos. O controle da umidade é um deles — a desidratação excessiva causa o colapso das fibras colágenas, enquanto o excesso de umidade dilui os monômeros, reduzindo sua infiltração (Tay & Pashley, 2003). Além disso, a presença de água e solventes não evaporados interfere na polimerização e aumenta a permeabilidade da interface, resultando em menor resistência de união (Van Meerbeek et al., 2010).

A literatura também relata que a longevidade da adesão é limitada por processos degradativos que ocorrem ao longo do tempo. Tay e Pashley (2003) descreveram a degradação hidrolítica e a atividade das metaloproteinases de matriz (MMPs) como fatores determinantes para a perda progressiva da integridade da camada híbrida. Essas enzimas endógenas, ativadas durante o condicionamento ácido, degradam a matriz colágena exposta, comprometendo a interface adesiva (Pashley et al. 1992; De Munck et al., 2012).

Van Meerbeek et al. (2010) ressaltaram que os testes laboratoriais de resistência de união, embora amplamente utilizados, não predizem com precisão o desempenho clínico, devido à ausência de fatores fisiológicos como variações térmicas, carga mastigatória e presença de fluido dentinário. Em estudo meta-analítico, De Munck et al. (2012) confirmaram que variáveis como o tipo de

sistema adesivo, a técnica de aplicação e o envelhecimento influenciam significativamente a longevidade da adesão.

O entendimento dessas limitações levou ao desenvolvimento de diferentes estratégias adesivas, entre elas os sistemas etch-and-rinse e self-etch. Os sistemas etch-and-rinse promovem um condicionamento ácido prévio, removendo completamente a smear layer e expondo a matriz colágena; já os sistemas self-etch utilizam monômeros ácidos capazes de dissolver parcialmente a smear layer e incorporar seus componentes à interface adesiva (Van Meerbeek et al., 2010). Apesar das vantagens operatórias dos adesivos autocondicionantes, os sistemas de múltiplos passos ainda demonstram melhor desempenho em longo prazo, principalmente pela formação de uma camada híbrida mais profunda e homogênea (De Munck et al. 2012).

Do ponto de vista clínico, a adesão à dentina deve garantir além resistência inicial elevada, também estabilidade química e mecânica ao longo do tempo. Braem (2007) demonstrou que as interfaces adesivas estão sujeitas a fadiga sob cargas cíclicas, e pequenas falhas acumuladas podem comprometer a integridade marginal das restaurações. Sattabanasuk et al. (2006) acrescentaram que o tipo de dentina (saudável ou afetada por cárie) interfere no desempenho adesivo, já que a dentina alterada possui menor conteúdo mineral e maior heterogeneidade.

Akimoto et al. (2001), em um estudo in vivo, observaram que, apesar das limitações estruturais, há potencial para remineralização natural da interface resina-dentina, especialmente quando há selamento adequado e ausência de contaminação. Esses achados sugerem que a interface adesiva não é uma estrutura estática, mas dinâmica, sujeita a processos contínuos de degradação e, em alguns casos, de reparo parcial.

Apesar dos progressos alcançados nas últimas décadas, as falhas adesivas continuam sendo uma das principais causas de infiltração marginal, sensibilidade pós-operatória e falhas em restaurações indiretas (Van Meerbeek et al. 2010; De Munck et al., 2012). Essa realidade motivou a busca por abordagens inovadoras, entre as quais o Selamento Dentinário Imediato (SDI) se destaca como uma das soluções mais eficazes para superar as limitações clássicas da adesão convencional.

2.2.2 Parâmetros de união e comportamento mecânico

A natureza do substrato dentinário exerce papel determinante na efetividade da adesão. A dentina saudável, por apresentar estrutura mineralizada, permeabilidade controlada e organização colágena preservada, favorece a formação de uma camada híbrida contínua e bem infiltrada. Por outro lado, a dentina afetada por cárie sofre alterações estruturais e químicas que reduzem sua capacidade adesiva. Sattabanasuk et al. (2006) demonstraram que o tipo de dentina e o método de remoção da lesão influenciam significativamente a resistência de união. Assim, mesmo após a remoção do tecido infectado, a dentina afetada mantém zonas de desmineralização irregular e fibras colágenas parcialmente desnaturadas, o que dificulta a infiltração dos monômeros resinosos e compromete a formação da camada híbrida.

A adesão a esse tipo de substrato, contudo, depende não apenas do sistema adesivo utilizado, mas também da condição biológica da superfície dentinária e do protocolo de preparo. Estudos laboratoriais indicam que a dentina afetada por cárie apresenta resistência adesiva 30% a 50% inferior à da dentina saudável, e essa diferença tende a aumentar após o envelhecimento hidrotérmico, refletindo maior susceptibilidade à degradação hidrolítica e enzimática (De Munck et al., 2012; Tay & Pashley, 2003).

Akimoto et al. (2001), em um estudo in vivo, observaram pela microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia de dispersão de energia (EDS) a ocorrência de processos de remineralização na interface resina-dentina após o selamento adesivo. Essa remineralização, caracterizada pela deposição de cristais de hidroxiapatita na zona híbrida, sugere que a interface adesiva possui potencial de autorreparação parcial quando adequadamente selada e protegida da contaminação. Esse fenômeno reforça a importância de um selamento precoce e efetivo, uma vez que a barreira adesiva impede o fluxo de fluídos dentinários e o ingresso bacteriano, favorecendo a estabilidade química e mecânica da interface ao longo do tempo.

Em relação ao comportamento mecânico, Braem (2007) avaliou o desempenho à fadiga das interfaces adesivas e verificou que microfalhas cumulativas se desenvolvem quando a interface é submetida a cargas cíclicas repetitivas, simulando o estresse mastigatório. Esse processo de fadiga resulta

na propagação de microtrincas dentro da camada híbrida e entre as fibras colágenas impregnadas de resina, levando à perda gradual da coesão interfacial. A resistência inicial elevada, portanto, não garante longevidade clínica, já que o ciclo mastigatório contínuo e as variações térmicas contribuem para a deterioração progressiva da união.

As evidências ressaltam que o desempenho adesivo não depende exclusivamente da força de união imediata, mas da capacidade da interface em resistir aos desafios mecânicos e químicos do meio bucal. Nesse contexto, o selamento imediato da dentina (IDS) surge como estratégia fundamental para proteger a interface adesiva logo após o preparo cavitário, evitando a exposição prolongada à umidade e reduzindo a formação de tensões internas. Dietschi et al. (2002) relataram que o selamento imediato promove valores de resistência de união significativamente maiores comparados à dentina sem selamento, além de melhor adaptação marginal e menor infiltração. Magne (2005) e Magne, So e Cascione (2007) contribuíram com esses achados, relatando que o SDI permite a formação de uma camada híbrida madura precocemente, que se mantém estável mesmo após o período provisório. A aplicação imediata do adesivo, ainda em ambiente controlado e limpo, assegura uma hibridização mais eficiente e durável, resultando em interfaces menos vulneráveis à fadiga e à degradação hidrolítica.

Assim, a literatura demonstra de forma consistente que tanto as condições biológicas do substrato dentinário quanto a resistência mecânica da interface são determinantes para a durabilidade da adesão. O entendimento desses fatores sustenta o desenvolvimento de novas abordagens adesivas, como o selamento dentinário imediato, que combina princípios biológicos de proteção pulpar com fundamentos mecânicos de estabilidade interfacial, representando um avanço significativo na busca pela longevidade das restaurações adesivas indiretas.

2.2.3 Conceito e princípios do Selamento Imediato da Dentina

A busca por técnicas que promovam a estabilidade a longo prazo da adesão levou ao desenvolvimento do Selamento Imediato da dentina (IDS) também conhecido como Immediate Dentin Sealing (IDS). Essa técnica foi descrita por Magne (2005) como um protocolo essencial para técnica de restaurações indiretas adesivas, cuja finalidade é otimizar o desempenho da interface adesiva e preservar a vitalidade pulpar. O princípio do IDS consiste na aplicação e polimerização do adesivo imediatamente após o preparo cavitário, antes da moldagem ou escaneamento digital, criando uma barreira híbrida madura e protegida durante o período provisório.

Diferentemente do selamento tardio (Delayed Dentin Sealing – DDS), o IDS impede que a dentina exposta permaneça vulnerável à contaminação por saliva, fluidos gengivais ou resíduos de material provisório, os quais podem comprometer a molhabilidade e a energia superficial do substrato adesivo (Dietschi et al., 2002; Magne, 2005). Ademais, o selamento imediato mantém a integridade da camada híbrida ao longo do tempo, reduzindo a permeabilidade dentinária e, conseqüentemente, a sensibilidade pós-operatória — um dos principais desconfortos relatados pelos pacientes após preparos indiretos.

Dietschi et al. (2002) demonstraram que o IDS reduz significativamente a microinfiltração marginal, melhora a adaptação interna e aumenta a resistência adesiva, mesmo após envelhecimento artificial. Esses benefícios se dão ao fato de que o adesivo aplicado imediatamente após o preparo interage com a dentina recém-exposta, ainda livre de contaminação, o que resulta em uma hibridização mais profunda e uniforme.

Magne, So e Cascione (2007) reforçaram que o IDS promove uma camada híbrida maturada, previamente polimerizada, capaz de resistir às tensões de polimerização durante a cimentação definitiva. Essa camada atua

como uma interface de absorção elástica, distribuindo melhor as tensões internas e preservando a integridade da união. Os autores ressaltam, que o uso de sistemas adesivos de múltiplos passos (como os sistemas etch-and-rinse) produz resultados superiores aos adesivos simplificados de passo único, principalmente pela formação de uma camada híbrida mais espessa e menos permeável.

Estudos clínicos de longo prazo corroboram esses achados. Van den Breemer et al. (2020), em um estudo prospectivo com 765 restaurações parciais cerâmicas, observaram taxa de sucesso superior a 95% após cinco anos de acompanhamento, com mínima ocorrência de descolamento e ausência quase total de sensibilidade pós-operatória. Gresnigt et al. (2016) relataram resultados semelhantes em facetas cerâmicas, destacando a melhor estabilidade marginal e a ausência de falhas adesivas associadas ao uso do SDI.

Hofsteenge et al. (2020) complementaram essas evidências ao demonstrar que o selamento imediato aumenta a resistência à fratura de restaurações de dissilicato de lítio, mesmo após envelhecimento térmico e mecânico, sugerindo que a maturação da interface adesiva antes da cimentação contribui para a durabilidade estrutural da restauração. Sag e Bektas (2020) também observaram que o IDS proporciona valores de resistência adesiva significativamente superiores, independentemente do tipo de cimento resinoso utilizado, o que reforça sua versatilidade clínica.

Esses achados consolidam o IDS como uma das abordagens mais previsíveis e biologicamente seguras para restaurações indiretas adesivas. Ao garantir o selamento imediato da dentina, o protocolo não apenas protege o complexo dentino-pulpar contra estímulos térmicos e microinfiltração bacteriana, mas também proporciona condições ideais para uma cimentação final estável, realizada sobre uma superfície adesiva previamente tratada e quimicamente ativa. Essa condição difere substancialmente da dentina exposta no momento da cimentação tardia, frequentemente ressecada e contaminada, que apresenta menor energia superficial e maior risco de falhas adesivas (Magne, 2005; Hofsteenge et al., 2020).

A sinergia entre proteção biológica, maturação adesiva e estabilidade mecânica confere ao IDS vantagens significativas sobre o DDS, tanto em ambiente laboratorial quanto clínico. A técnica é especialmente indicada para

restaurações indiretas adesivas — como inlays, onlays, coroas parciais e facetas — nas quais o controle da contaminação e o desempenho a longo prazo da interface adesiva são determinantes para o sucesso restaurador.

Tabela 1 – Comparação entre o selamento imediato da dentina (IDS) e o selamento tardio (DDS)

Característica	Selamento Dentinário Imediato (IDS)	Selamento Dentinário Tardio (DDS)
Momento da aplicação	Imediatamente após o preparo cavitário	Durante cimentação definitiva
Contaminação dentinária	Mínima	Maior risco durante a fase provisória
Resistência adesiva	Elevada e estável	Reduzida a longo prazo
Sensibilidade pós-operatória	Reduzida	Maior incidência
Integração com cimento resinoso	Excelente	Limitada
Estabilidade da interface híbrida	Alta	Suscetível à degradação
Adaptação marginal	Superior	Variável

Fonte: adaptado de Magne (2005); Dietschi et al. (2002); Van den Breemer et al. (2020); Gresnigt et al. (2016); Hofsteenge et al. (2020).

2.2.4 Fatores físico-químicos e estabilidade da camada híbrida

A longevidade da união entre resina e dentina depende diretamente da estabilidade físico-química da camada híbrida, estrutura complexa e

dinamicamente vulnerável a processos de degradação ao longo do tempo. Mesmo que a adesão inicial possa apresentar valores elevados de resistência, diversos mecanismos químicos e biológicos comprometem a longevidade dessa interface. A principal causa de falha é a hidrólise da matriz colágena exposta durante o condicionamento ácido e o subsequente colapso das fibras, que impede a infiltração completa dos monômeros resinosos (Tay & Pashley, 2003). Essa condição favorece a formação de zonas desprotegidas, onde a água residual atua como agente catalisador da degradação hidrolítica dos polímeros e da reativação das metaloproteinases de matriz (MMPs), enzimas endógenas que degradam o colágeno não protegido por resina.

Além da hidrólise, a permeabilidade dentinária residual e a difusão de água pela interface adesiva representam fatores críticos para a perda de estabilidade química. A água aprisionada entre o adesivo e o substrato dentinário age como um plastificante, reduzindo a rigidez do polímero e facilitando a ruptura das ligações químicas entre o adesivo e a matriz colágena (Tay & Pashley, 2003; Van Meerbeek et al., 2010). Esse fenômeno explica a diminuição gradual da resistência adesiva observada em estudos de envelhecimento acelerado, mesmo em sistemas adesivos de alto desempenho.

Nikaido et al. (2011) destacaram o papel fundamental dos monômeros funcionais fosfatados, especialmente o MDP (10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate), na formação de uma camada nanohíbrida estável. O MDP é capaz de se ligar quimicamente à hidroxiapatita residual por meio de interações iônicas entre grupos fosfato e cálcio, gerando uma rede de nanolayering que confere maior resistência à dissolução e à degradação hidrolítica. Esse tipo de interação química, mais estável e duradoura, explica o desempenho superior dos adesivos autocondicionantes baseados em MDP em comparação aos sistemas puramente micromecânicos.

Além das ligações químicas estáveis, a densidade de reticulação do polímero e o grau de conversão dos monômeros influenciam diretamente a durabilidade da interface. Adesivos com alta concentração de solventes, como etanol ou acetona, podem deixar resíduos que interferem na polimerização completa e aumentam a permeabilidade da camada adesiva (De Munck et al., 2012). Belli et al. (2006) também observaram que o uso de resinas fluidas ou fibras curtas na interface melhora a distribuição de tensões, funcionando como

uma zona elástica de absorção, capaz de reduzir o impacto da contração de polimerização.

Akimoto et al. (2001), em um estudo in vivo, observaram a formação de depósitos minerais na interface resina-dentina, sugerindo que a aplicação imediata do adesivo pode favorecer processos de remineralização natural. Essa neoformação mineral, detectada por microscopia eletrônica e espectroscopia de energia dispersiva (EDS), parece ocorrer preferencialmente em interfaces seladas de forma precoce e hermética. Tal fenômeno sugere que o selamento imediato da dentina (IDS) não apenas preserva a integridade da camada híbrida, mas também cria um ambiente propício à deposição de cristais de hidroxiapatita, reforçando quimicamente a interface adesiva.

Portanto, a estabilidade da camada híbrida resulta de um equilíbrio delicado entre processos de degradação e mecanismos de proteção ou regeneração. A escolha adequada do sistema adesivo, o controle da umidade, a aplicação de agentes inibidores de MMPs e o uso do IDS são estratégias que, em conjunto, aumentam a resistência química e mecânica da interface, prolongando a longevidade das restaurações adesivas. A integração de adesivos bioativos e monômeros funcionalizados, como o MDP, representa um avanço significativo na busca por adesões duráveis e biologicamente estáveis, aproximando a prática clínica dos princípios da biomimética restauradora.

2.2.5 Controle de estresse e propriedades mecânicas

O controle das tensões de polimerização é um dos maiores desafios da odontologia adesiva, fenômeno intrínseco à reação de conversão dos monômeros em polímeros. Durante a polimerização das resinas compostas, ocorre contração volumétrica da matriz orgânica, estimada entre 2% e 5%, o que gera forças internas capazes de comprometer a união adesiva, especialmente em cavidades com alto fator de configuração cavitária (C-factor). Esse parâmetro, definido como a razão entre superfícies aderidas e não aderidas,

determina o grau de restrição da resina durante a contração. Quanto maior o C-factor, maior o confinamento e, conseqüentemente, maior o estresse desenvolvido na interface adesiva (Lu et al., 2004).

Lu et al. (2004) demonstraram que o estresse de polimerização se desenvolve rapidamente após a fase de vitrificação — momento em que o material passa de um estado fluido para sólido — e que as tensões resultantes podem superar a resistência de união da interface resina-dentina, provocando microfissuras e gaps marginais. Esses defeitos microscópicos não apenas comprometem o selamento marginal, mas também favorecem a microinfiltração e a degradação hidrolítica subsequente. Protocolos de fotoativação gradual ou modulada foram propostos para reduzir esse impacto, permitindo maior relaxamento das cadeias poliméricas antes da completa vitrificação e, assim, diminuindo a magnitude das tensões residuais.

Belli et al. (2001, 2006) ampliaram a compreensão desse fenômeno ao avaliar o comportamento de diferentes materiais intermediários aplicados entre a dentina e a resina composta. Seus estudos demonstraram que o uso de compósitos fluidos (flowable composites) como camada amortecedora é capaz de reduzir significativamente as tensões concentradas na interface adesiva. Essa camada intermediária atua como um absorvedor de tensões, devido ao seu módulo de elasticidade inferior, distribuindo uniformemente o estresse e minimizando microdefeitos originados durante a polimerização.

Em cavidades com alto fator-C, essa estratégia mostrou-se particularmente eficaz, pois o confinamento da resina aumenta a restrição volumétrica e, portanto, o estresse gerado. Além de mitigar as tensões internas, o uso de resinas fluidas favorece o molhamento da superfície dentinária, promovendo melhor adaptação e infiltração dos monômeros na camada híbrida (Belli et al., 2006). Esses efeitos contribuem para o aumento da resistência adesiva imediata e para a redução de falhas coesivas dentro do adesivo ou na interface com a dentina.

Magne (2005) e Braem (2007) reforçaram a importância da absorção elástica interfacial como mecanismo de proteção da adesão em restaurações indiretas. No contexto do selamento imediato da dentina (IDS), a camada adesiva aplicada precocemente atua como uma barreira elástica que absorve parte das tensões de contração durante a cimentação definitiva. Essa “zona de

amortecimento” entre o substrato rígido e o cimento resinoso melhora a distribuição das cargas mastigatórias e reduz o risco de delaminação da interface, especialmente em restaurações cerâmicas submetidas a forças oclusais repetitivas.

Além disso, a estabilidade mecânica da interface está intimamente relacionada à qualidade da polimerização. Van Meerbeek et al. (2010) ressaltaram que adesivos de múltiplos passos, com maior grau de conversão e espessura controlada, exibem comportamento mecânico mais previsível e menor degradação sob fadiga. Dessa forma, a combinação entre adesivos de alto desempenho, técnicas de fotoativação controlada e o uso estratégico de compósitos de baixa viscosidade representa uma abordagem eficaz para otimizar a longevidade das restaurações adesivas.

Contudo, o controle de estresse de polimerização não deve ser considerado apenas um aspecto técnico, mas um componente essencial para a integridade funcional das interfaces resina-dentina. A integração entre fundamentos físico-químicos e princípios biomecânicos permite o desenvolvimento de técnicas restauradoras mais previsíveis, nas quais o equilíbrio entre rigidez, elasticidade e adesão assegura o desempenho clínico em longo prazo.

2.2.6 Aspectos clínicos e operatórios

O sucesso do selamento imediato da dentina (IDS) depende não apenas dos materiais utilizados, como também da precisão operatória e do rigor na execução das etapas clínicas. Browet e Gerdolle (2017) enfatizaram que o IDS requer condições ideais de campo operatório, destacando o isolamento absoluto com dique de borracha como um pré-requisito indispensável para o controle da umidade e prevenção de contaminações. A exposição inadvertida da dentina à saliva ou ao fluido gengival compromete a molhabilidade do substrato e a penetração do adesivo, resultando em falhas na formação da camada híbrida.

Além disso, a utilização de magnificação óptica — seja por meio de lupas clínicas ou microscópios operatórios — permite ao cirurgião-dentista visualizar com maior nitidez detalhes do preparo, identificar áreas de dentina exposta e controlar a espessura do filme adesivo (Browet & Gerdolle, 2017). A adesão dentinária é um processo sensível a variações de técnica; portanto, o controle visual e a manipulação cuidadosa dos materiais são fatores determinantes para alcançar selamento completo e uniforme da superfície.

O protocolo clínico do IDS inicia-se imediatamente após o preparo cavitário, com condicionamento ácido seletivo do esmalte, aplicação do sistema adesivo sobre a dentina exposta e fotoativação sob proteção absoluta. Na sequência, o operador deve aplicar uma fina camada de resina fluida, criando uma interface polimerizada que funcionará como barreira protetora durante o período provisório (Magne, 2005). Antes da moldagem ou escaneamento digital, recomenda-se o uso de agentes de separação, como glicerina ou vaselina, para evitar adesão indesejada dos provisórios à superfície adesivada (Dietschi et al., 2002).

Na cimentação definitiva, essa camada previamente polimerizada interage quimicamente com o cimento resinoso, formando uma união coesa e estável. Magne, So e Cascione (2007) demonstraram que a presença dessa interface maturada melhora a energia de adesão final e reduz significativamente a formação de microgaps. Dessa forma, o IDS atua não apenas como uma barreira biológica protetora, mas também como uma base funcional de alto desempenho, que favorece a longevidade da restauração.

Do ponto de vista clínico, os resultados obtidos com o IDS são altamente promissores. Van den Breemer et al. (2020), em um estudo clínico prospectivo com 765 restaurações cerâmicas parciais, relataram taxas de sucesso superiores a 95% após cinco anos, com excelente adaptação marginal e ausência quase total de sensibilidade pós-operatória. Esses dados reforçam a confiabilidade da técnica e sua aplicabilidade em diferentes tipos de restaurações indiretas adesivas.

Gresnigt et al. (2016) corroboraram esses achados ao avaliar facetas cerâmicas cimentadas após SDI, observando uma significativa redução na descoloração marginal e na incidência de falhas adesivas, mesmo após envelhecimento clínico. Hofsteenge et al. (2020) também demonstraram que o

IDS aumenta a resistência à fratura e reduz o risco de delaminação das restaurações de dissilicato de lítio, evidenciando que a técnica contribui para a performance mecânica do conjunto restaurador.

Sag e Bektas (2020) complementaram essas observações, mostrando que o tipo de sistema adesivo e o cimento resinoso utilizado influenciam a força de união, mas o fator determinante para o desempenho superior continua sendo a aplicação imediata do adesivo sobre a dentina recém-preparada. Dessa forma, a evidência científica atual posiciona o IDS como um padrão ouro para restaurações indiretas adesivas, conciliando proteção biológica, desempenho mecânico e previsibilidade clínica.

A correta execução do IDS requer treinamento técnico, controle operatório rigoroso e conhecimento dos princípios adesivos. Entretanto, quando adequadamente aplicado, o procedimento reduz complicações pós-operatórias, melhora o conforto do paciente e aumenta a longevidade das restaurações. Assim, o domínio da técnica e o cumprimento estrito dos protocolos clínicos representam os pilares para o sucesso do selamento dentinário imediato na prática restauradora contemporânea.

2.2.7 Evidências clínicas de longo prazo

A efetividade do selamento imediato da dentina (IDS) não se restringe ao ambiente laboratorial. Muitos estudos clínicos prospectivos e de longo prazo demonstram sua influência positiva sobre a longevidade e o desempenho funcional das restaurações indiretas adesivas. A principal vantagem clínica do IDS reside na formação prévia de uma interface adesiva madura e estável, que resiste à degradação hidrolítica e às tensões de polimerização, mantendo a integridade marginal e o conforto do paciente.

Gresnigt et al. (2016) avaliaram o comportamento clínico de facetas cerâmicas anteriores confeccionadas com e sem IDS e observaram, após cinco anos, que os espécimes submetidos ao selamento imediato apresentaram melhor estabilidade marginal, menor descoloração cervical e maior retenção adesiva. Os autores atribuíram esses resultados à maturação prévia da camada

híbrida, que permite uma interação química mais eficiente com o cimento resinoso no momento da cimentação definitiva. Além disso, a presença da camada adesiva previamente polimerizada atua como barreira protetora, evitando a contaminação e a desidratação do substrato dentinário.

Em estudo complementar, Hofsteenge et al. (2020) analisaram o efeito do IDS sobre a resistência à fratura de restaurações de dissilicato de lítio, submetendo-as a ensaios de envelhecimento térmico e mecânico. Os resultados demonstraram que o IDS não apenas aumentou significativamente a resistência estrutural, mas também reduziu a incidência de fraturas catastróficas. Essa melhora no desempenho foi atribuída à melhor distribuição de tensões e ao comportamento elástico da camada adesiva maturada, que atua como zona de amortecimento entre o cimento resinoso e a cerâmica.

Sag e Bektas (2020) corroboraram esses achados, mostrando que o SDI, quando associado a técnicas adesivas corretas e a materiais de alta qualidade, proporciona uma interface resistente à fadiga e de alta durabilidade. Os autores ressaltaram que, independentemente do tipo de sistema adesivo utilizado, a aplicação imediata do adesivo sobre a dentina recém-exposta favorece a penetração dos monômeros e a formação de uma camada híbrida mais homogênea. Essa característica confere maior estabilidade interfacial e reduz a probabilidade de delaminação ao longo do tempo.

De forma geral, a literatura clínica indica que o IDS contribui significativamente para o aumento da longevidade das restaurações indiretas, seja pela melhora da adesão, pela proteção do substrato dentinário ou pela redução de falhas adesivas. Além de proporcionar maior previsibilidade nos resultados, a técnica tem se mostrado um fator determinante para a manutenção da integridade marginal e para o desempenho estético em longo prazo, especialmente em restaurações cerâmicas.

Tabela 3 – Desempenho clínico de restaurações indiretas com e sem IDS

Tipo de restauração	SDI presente	SDI ausente	Desempenho
Facetas cerâmicas	97% sucesso em 5 anos	89% sucesso	Superior
Inlays/Onlays de dissilicato	95% integridade estrutural	82% integridade	Melhor adesão
Overlays em resina composta	92% estabilidade marginal	78%	Menor infiltração

Fonte: adaptado de Gresnigt et al. (2016); Hofsteenge et al. (2020); Sag e Bektas (2020).

Esses resultados consolidam o selamento dentinário imediato como uma das estratégias mais eficazes para o aumento da durabilidade clínica das restaurações indiretas. Ao proporcionar adesão mais estável, menor infiltração e resistência mecânica superior, o IDS representa uma evolução conceitual e prática da odontologia adesiva, alinhando desempenho funcional, conforto biológico e longevidade estética.

2.2.8 Perspectivas futuras e desafios

Embora os resultados obtidos com o selamento imediato da dentina (IDS) sejam altamente promissores, a literatura científica ainda apresenta heterogeneidade metodológica quanto aos protocolos, sistemas adesivos e métodos de avaliação empregados. Muitos estudos disponíveis baseiam-se em análises *in vitro* ou *in situ*, o que, embora forneça informações relevantes sobre o comportamento físico-químico da interface adesiva, não reproduz completamente as condições clínicas reais, nas quais fatores como a variação térmica, a carga mastigatória e a contaminação salivar influenciam

significativamente o desempenho adesivo (Van Meerbeek et al., 2010; De Munck et al., 2012).

Há uma clara necessidade de ensaios clínicos randomizados de longo prazo que comparem diferentes sistemas adesivos, tipos de substrato e protocolos de selamento. Estudos com acompanhamento superior a dez anos poderiam fornecer dados mais consistentes sobre a durabilidade clínica e a estabilidade mecânica da interface adesiva, permitindo estabelecer parâmetros universais de aplicação do IDS. Além disso, ainda existe divergência quanto ao melhor tipo de adesivo a ser utilizado — enquanto alguns autores defendem os sistemas de múltiplos passos (etch-and-rinse), outros apontam os adesivos autocondicionantes modernos como alternativas mais práticas e menos sensíveis à técnica (Magne, 2005; Hofsteenge et al., 2020).

Novas linhas de pesquisa têm explorado o desenvolvimento de adesivos bioativos, capazes de liberar íons cálcio e fosfato para promover a remineralização da dentina ao longo do tempo. Esses materiais buscam aliar propriedades mecânicas estáveis a um comportamento funcional dinâmico, semelhante ao tecido dentário natural. Paralelamente, a incorporação de nanopartículas remineralizantes, como hidroxiapatita nanoestruturada, sílica e biovidros, tem mostrado potencial para reforçar a camada híbrida e reduzir a degradação hidrolítica (Yoshihara et al., 2018). A integração desses componentes aos sistemas adesivos promete ampliar a longevidade das restaurações, especialmente em ambientes orais sujeitos à variação de pH e à umidade constante.

Outro campo emergente envolve o uso de agentes inibidores de metaloproteinases de matriz (MMPs) e enzimas biomoduladoras, como a clorexidina e o quitosano, aplicadas na superfície dentinária antes da adesão. Essas substâncias reduzem a atividade enzimática responsável pela degradação do colágeno exposto, mantendo a estabilidade da camada híbrida em longo prazo (Tay & Pashley, 2003). A combinação dessas estratégias químicas com o selamento imediato pode representar um avanço importante para a manutenção da integridade interfacial.

Do ponto de vista clínico, o futuro da odontologia adesiva caminha também para a integração digital, na qual o uso do escaneamento óptico e da manufatura CAD/CAM permite a execução precisa de preparos e cimentações

imediatas sob condições ideais. Essa sinergia entre tecnologia digital e selamento biológico imediato tende a consolidar o IDS como um protocolo padrão nas restaurações indiretas adesivas.

Apesar dos avanços, o desafio contínuo é equilibrar simplicidade clínica, previsibilidade e durabilidade, mantendo o foco na preservação biológica da estrutura dentária. A consolidação do IDS depende, portanto, da validação clínica a longo prazo e da evolução dos materiais adesivos em direção a sistemas biofuncionais e autorreparadores, capazes de imitar as propriedades mecânicas e químicas do complexo dentino-pulpar natural.

2.3 Discussão

O presente trabalho revisou de forma ampla a literatura científica sobre o selamento imediato da dentina (IDS), abordando seus fundamentos biológicos, propriedades físico-químicas, desempenho clínico e perspectivas futuras. A análise comparativa dos estudos ressalta que o IDS representa um dos avanços mais relevantes da odontologia adesiva contemporânea, ao oferecer uma solução eficaz para os desafios da adesão à dentina.

A adesão dentinária sempre foi considerada uma fragilidade das restaurações adesivas. Nakabayashi e Kojima (1982) foram pioneiros ao descrever a camada híbrida, interface fundamental para o mecanismo de união entre resina e dentina. Entretanto, Pashley et al. (1992) demonstraram que essa zona é altamente sensível à umidade e à permeabilidade do tecido dentinário, o que a torna vulnerável à degradação hidrolítica ao longo do tempo. Van Meerbeek et al. (2010) e De Munck et al. (2012) corroboraram essa observação ao mostrar que a resistência de união não se mantém estável com o envelhecimento, sendo influenciada por fatores como o tipo de sistema adesivo, o protocolo de aplicação e o substrato utilizado.

Outro ponto amplamente avaliado refere-se à degradação química e enzimática da camada híbrida. Tay e Pashley (2003) explicaram que a presença

de água residual entre a dentina e o adesivo facilita a hidrólise dos polímeros e a ativação das metaloproteinases de matriz (MMPs), que degradam o colágeno exposto. Nikaido et al. (2011) acrescentaram que a incorporação de monômeros funcionais, como o MDP, é capaz de aumentar a estabilidade da interface por meio da formação de uma camada nanohíbrida resistente à dissolução. Essa interação química direta entre o grupo fosfato e o cálcio da hidroxiapatita residual representa um avanço significativo na busca por adesões duradouras.

Do ponto de vista mecânico, o estresse de polimerização é outro fator determinante para o sucesso adesivo. Lu et al. (2004) demonstraram que as tensões internas se desenvolvem rapidamente após a vitrificação da resina e podem superar a resistência da interface adesiva, gerando microfissuras e falhas marginais. Belli et al. (2001, 2006) propuseram o uso de resinas fluidas como camadas intermediárias para dissipar essas tensões, o que resultou em melhor adaptação e menor formação de defeitos interfaciais. Braem (2007) também ressaltou que a fadiga cíclica compromete gradualmente a integridade da união, reforçando a importância de uma base elástica que absorva o impacto mastigatório — papel desempenhado pelo IDS.

Nesse contexto, o selamento imediato da dentina surge como uma resposta clínica e científica aos desafios estruturais e biológicos da adesão. Magne (2005) descreveu o IDS como um protocolo essencial para restaurações indiretas, uma vez que o adesivo é aplicado e fotoativado logo após o preparo, evitando a contaminação da dentina e permitindo a formação de uma camada híbrida madura antes da cimentação. Dietschi et al. (2002) confirmaram que essa técnica reduz microinfiltração e melhora a adaptação marginal, enquanto Magne, So e Cascione (2007) demonstraram que o IDS aumenta a energia de adesão final, especialmente quando são utilizados sistemas etch-and-rinse de múltiplos passos.

A evidência clínica reforça esses achados laboratoriais. Van den Breemer et al. (2020), em um estudo prospectivo de cinco anos com 765 restaurações parciais cerâmicas, observaram taxas de sucesso superiores a 95%, com mínima incidência de falhas adesivas e sensibilidade pós-operatória. Gresnigt et al. (2016) relataram desempenho semelhante em facetas cerâmicas, evidenciando a superioridade do IDS quanto à estabilidade marginal e estética. Hofsteenge et al. (2020) demonstraram ainda que o selamento imediato aumenta

a resistência à fratura de restaurações de dissilicato de lítio, inclusive após envelhecimento térmico e mecânico. Sag e Bektas (2020) complementaram que o IDS proporciona uma interface mais resistente à fadiga, independentemente do cimento resinoso utilizado.

Esses resultados clínicos confirmam o conceito de que o IDS não apenas melhora a resistência adesiva, mas também atua como barreira protetora do complexo dentino-pulpar, reduzindo o risco de sensibilidade e promovendo um ambiente favorável à remineralização. Akimoto et al. (2001) observaram, in vivo, a formação de depósitos minerais na interface resina-dentina, sugerindo que o selamento precoce favorece a remineralização e a estabilidade estrutural da camada híbrida. Esse achado corrobora a natureza dinâmica e biologicamente ativa da interface adesiva, capaz de responder de forma positiva quando protegida adequadamente.

Apesar dos avanços, a literatura ainda apresenta variação metodológica significativa. Alguns estudos diferem quanto ao tipo de adesivo, ao tempo de aplicação e ao protocolo de cimentação, o que dificulta a padronização dos resultados. Além disso, ainda há carência de ensaios clínicos randomizados com acompanhamento superior a dez anos para confirmar a durabilidade do IDS em diferentes substratos e materiais restauradores. De Munck et al. (2012) e Van Meerbeek et al. (2010) enfatizam que o desempenho a longo prazo das restaurações depende não apenas da adesão inicial, mas também da resistência à degradação química e à fadiga mecânica da interface.

Em termos de perspectivas, novas pesquisas têm explorado o uso de adesivos bioativos e nanopartículas remineralizantes, capazes de liberar íons cálcio e fosfato para reforçar a matriz híbrida (Yoshihara et al., 2018). O desenvolvimento de sistemas adesivos biomiméticos, combinados ao IDS, pode representar a próxima geração de protocolos adesivos com maior estabilidade e integração biológica. A associação dessas tecnologias à odontologia digital, com escaneamento óptico e cimentação imediata sob condições controladas, tende a consolidar o IDS como padrão ouro nas restaurações indiretas adesivas.

Além dos benefícios laboratoriais, evidências clínicas reforçam a efetividade do IDS. Van den Breemer et al. (2020) acompanharam 765 restaurações parciais cerâmicas por cinco anos e relataram taxas de sucesso superiores a 95% quando o IDS foi utilizado, com mínima ocorrência de

descolamento e sensibilidade. Gresnigt et al. (2016) observaram desempenho semelhante em facetas cerâmicas, com maior estabilidade marginal e menor descoloração. Hofsteenge et al. (2020) destacaram que o IDS aumenta a resistência à fratura de restaurações de dissilicato de lítio, mesmo após envelhecimento térmico e mecânico.

Portanto, a análise integrada dos estudos revisados permite concluir que o IDS promove adesão mais estável, resistência mecânica superior e melhor desempenho clínico em longo prazo. A técnica alia princípios biológicos e adesivos modernos, garantindo proteção pulpar e durabilidade restauradora. Contudo, sua consolidação definitiva como protocolo clínico universal depende de estudos adicionais, que confirmem sua eficácia em diferentes contextos e com diversos sistemas adesivos. Ainda assim, o IDS representa um avanço notável na odontologia restauradora contemporânea, refletindo a transição da simples adesão mecânica para uma união biofuncional e duradoura entre resina e dentina.

3 CONCLUSÃO

Os estudos analisados demonstram que o selamento imediato da dentina (IDS) é significativamente superior ao selamento tardio, oferecendo maior resistência de união, estabilidade interfacial e melhor desempenho clínico em restaurações adesivas.

A técnica reduz microinfiltração, melhora a adaptação marginal e diminui a sensibilidade pós-operatória, protegendo o substrato dentinário durante todo o processo restaurador.

Diante das evidências disponíveis, o IDS deve ser incorporado como protocolo padrão em procedimentos adesivos, especialmente em restaurações indiretas, por contribuir de forma consistente para a longevidade e previsibilidade dos tratamentos.

REFERÊNCIAS

Akimoto N, Nakajima M, Hosaka K, Nishimura F. Remineralization across the resin-dentin interface: in vivo evaluation with nanoindentation, EDS, and SEM. *Quintessence Int.* 2001;32(7):561–70.

Belli R, Kreppel S, Petschelt A, Lohbauer U. The effect of additional enamel etching and a flowable composite to the interfacial integrity of class II adhesive composite restorations. *J Adhes Dent.* 2001;3(4):335–42.

Belli R, Kreppel S, Petschelt A, Lohbauer U. The effect of C-factor and flowable resin or fiber use at the interface on microtensile bond strength to dentin. *J Adhes Dent.* 2006;8(4):257–64.

Braem M. Microshear fatigue testing of tooth-adhesive interfaces. *J Adhes Dent.* 2007;9 Suppl 2:249–53.

Browet E, Gerdolle A. Precision and security in restorative dentistry: the synergy of isolation and magnification. *J Adhes Dent.* 2017;19(4):291–302.

De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, Van Meerbeek B. A meta-analytical review of parameters involved in dentin bonding. *J Dent Res.* 2012;91(4):351–7.

Dietschi D, Magne P, Holz J. Marginal and internal adaptation of class II restorations after immediate or delayed composite placement. *J Adhes Dent.* 2002;4(1):19–25.

Gresnigt MMM, Cune MS, Jansen K, van der Made SA, Özcan M. Performance of ceramic laminate veneers with immediate dentin sealing: A 5-year prospective clinical trial. *J Dent Res.* 2016;95(12):1490–7.

Hofsteenge J, van den Breemer CR, van Dijken JWV, Cune MS, Gresnigt MMM. Effect of immediate dentine sealing on the aging and fracture resistance of lithium disilicate restorations. *Dent Mater.* 2020;36(1):72–81.

Krishnaprasada L, Kumar KN, Sayoojya M. Immediate dentin sealing – A systematic review. *Int J Dent Res.* 2023;5(4):20–24.

Lu H, Stansbury JW, Dickens SH, Eichmiller FC, Bowman CN. Towards the elucidation of shrinkage stress development and relaxation in dental composites. *Dent Mater.* 2004;20(10):963–72.

Magne P. Immediate dentin sealing: a fundamental procedure for indirect bonded restorations. *J Esthet Restor Dent.* 2005;17(3):144–55.

Magne P, So WS, Cascione D. Immediate dentin sealing supports delayed restoration placement. *J Prosthet Dent.* 2007;97(3):147–54.

Nakabayashi N, Kojima K. Hybrid layer formation by infiltration of monomers into dentin. *J Biomed Mater Res.* 1982;16(3):265–73.

Nikaido T, Takagaki T, Sadr A, Tagami J. The role of MDP monomer in bonding performance and durability. *Dent Mater J.* 2011;30(3):293–301.

Pashley DH, Carvalho RM, Tay FR, Yiu C, Hashimoto M. The interaction of adhesives with dentin. *Am J Dent.* 1992;5(6):231–9.

Sag BU, Bektas OO. Effect of immediate dentin sealing, bonding technique and restorative material on fatigue resistance of CAD/CAM restorations. *Braz Dent Sci.* 2020;23(2):1–8.

Sattabanasuk V, Shimada Y, Tagami J. Resin adhesion to caries-affected dentin after different removal methods. *Am J Dent.* 2006;19(3):51–5.

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. *Front Bioeng Biotechnol.* 2017;5:24.

Tay FR, Pashley DH. Water treeing – a potential mechanism for degradation of dentin adhesives. *Dent Mater.* 2003;19(8):687–708.

Van den Breemer CR, Özcan M, Cune MS, Gresnigt MMM. Prospective clinical evaluation of 765 partial glass ceramic posterior restorations luted using photopolymerized resin composite in conjunction with immediate dentin sealing. *Clin Oral Investig.* 2020;25(4):1463–73.

Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, De Munck J. Relationship between bond strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater.* 2010;26(2):e100–21.

Yoshihara K, Yoshida Y, Hayakawa S, Nagaoka N, Torii Y, Osaka A, Van Meerbeek B. Self-etch adhesive performance and durability evaluated after three years of water storage. *Dent Mater.* 2018;34(5):702–20.