REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE DA ZIRCÔNIA PARA ADESÃO DENTAL: UMA ANÁLISE DOS ARQUIVOS MAIS CITADOS

SURFACE TREATMENT OF ZIRCONIA FOR DENTAL ADHESION: AN ANALYSIS OF THE MOST CITED PAPERS

TRATAMIENTO DE SUPERFICIE DE LA ZIRCONIA PARA LA ADHESIÓN DENTAL: UN ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS MÁS CITADOS

Diego Moura Soares
Doutor, Faculdade Pernambucana de Saúde, Brasil
E-mail: diegomsoares@fps.edu.br

Raíssa Barreto Tavares Galindo
Mestre, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
E-mail: raissa.tavares@ufpe.br

Jackeline Mayara Inácio Magalhães
Mestre, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
E-mail: jackelineinaacio@gmail.com

Hugo Angelo Gomes de Oliveira
Mestre, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
E-mail: hugoangeloo@gmail.com

Marcele Walmsley Nery de Sá Moraes
Mestre, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
E-mail: marcelewalmsley@gmail.com

Samuel Rodrigo de Andrade Veras
Mestre, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
E-mail: Samuel_dsa@hotmail.com

Arnaldo de França Caldas Júnior
Doutor, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
E-mail: arnaldo.caldas@ufpe.br

Gustavo Pina Godoy
Doutor, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
gruiga@hotmail.com

Resumo

Introdução e objetivo: A zircônia é uma cerâmica policristalina amplamente utilizada na odontologia por suas propriedades mecânicas e estéticas, porém sua superfície quimicamente inerte torna a

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

adesão desafiadora. O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão bibliométrica dos 10 artigos mais citados sobre tratamento de superfície de zircônia e sua influência na adesão dental. **Metodologia:** A busca foi realizada na Web of Science Core Collection em julho de 2026, utilizando estratégia estruturada com termos relacionados à zircônia, tratamentos de superfície e adesão. Foram selecionados os 10 artigos mais citados, excluindo revisões. Os parâmetros bibliométricos foram tabulados e as redes de coautoria e palavras-chave foram construídas no VOSviewer. **Resultados:** Os 10 artigos mais citados acumulam 2.521 citações (média de 252,1). A Europa concentrou 60% das publicações, com destaque para Alemanha e Holanda. O periódico *Dental Materials* foi predominante (70%). Todos os estudos incluídos são in vitro. O jateamento com Al_2O_3 esteve presente em 90% dos artigos, e a combinação jateamento + primer/cimento MDP foi o protocolo mais efetivo em 60% dos estudos. A rede de coautoria revelou cinco clusters, com Kern e Özcan como autores centrais. A análise temporal das palavras-chave mostrou evolução do condicionamento ácido para métodos como sandblasting e AFM. **Conclusão:** O protocolo jateamento com Al_2O_3 associado ao MDP constitui o protocolo com maior evidência in vitro para adesão à zircônia. No entanto, a ausência de ensaios clínicos entre os artigos mais citados revela uma lacuna importante, indicando a necessidade de validação clínica dos protocolos adesivos.
Palavras-chave: Zircônia; Tratamento de superfície; Adesão dental; Bibliometria.

Abstract

Introduction and Objective: Zirconia is a polycrystalline ceramic widely used in dentistry due to its excellent mechanical and esthetic properties. However, its chemically inert surface makes adhesive bonding challenging. This study aimed to perform a bibliometric review of the 10 most cited articles on zirconia surface treatment and its influence on dental adhesion. **Methods:** A search was conducted in the Web of Science Core Collection in July 2026 using a structured search strategy with terms related to zirconia, surface treatments, and adhesion. The 10 most cited original articles were selected, excluding review studies. Bibliometric parameters were tabulated, and co-authorship and keyword networks were generated using VOSviewer. **Results:** The 10 most cited articles accumulated 2,521 citations (mean: 252.1 citations/article). Europe accounted for 60% of the publications, with Germany and the Netherlands as the leading contributors. *Dental Materials* was the predominant journal (70%). All included studies were conducted in vitro. Aluminum oxide (Al_2O_3) air abrasion was reported in 90% of the studies, while the combination of air abrasion and an MDP-containing primer or resin cement was identified as the most effective protocol in 60% of the articles. The co-authorship network revealed five clusters, with Kern and Özcan as the main collaborative hubs. Temporal keyword analysis demonstrated a shift from acid etching toward methods such as sandblasting and AFM. **Conclusion:** Aluminum oxide (Al_2O_3) air abrasion associated with MDP-based primers or resin cements represents the protocol with the strongest in vitro evidence for zirconia adhesion. Nevertheless, the absence of clinical trials among the most cited articles highlights an important gap in the literature, emphasizing the need for clinical validation of adhesive protocols.
Keywords: Zirconia; Surface Treatment; Dental Adhesion; Bibliometrics.

Resumen

Introducción y objetivo: La zirconia es una cerámica policristalina ampliamente utilizada en odontología debido a sus excelentes propiedades mecánicas y estéticas. Sin embargo, su superficie químicamente inerte dificulta la adhesión. El objetivo de este estudio fue realizar una revisión bibliométrica de los 10 artículos más citados sobre el tratamiento de superficie de la zirconia y su influencia en la adhesión dental.**Metodología:** La búsqueda se realizó en la Web of Science Core Collection en julio de 2026 mediante una estrategia estructurada con términos relacionados con zirconia, tratamientos de superficie y adhesión. Se seleccionaron los 10 artículos originales más citados, excluyendo las revisiones. Los parámetros bibliométricos fueron tabulados y las redes de coautoría y de palabras clave se construyeron utilizando el software VOSviewer. **Resultados:** Los 10 artículos más citados acumularon 2.521 citas (promedio: 252,1 citas por artículo). Europa concentró el 60% de las publicaciones, destacándose Alemania y los Países Bajos. La revista Dental Materials fue la más representativa (70%). Todos los estudios incluidos fueron in vitro. El arenado con óxido de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

aluminio (Al_2O_3) estuvo presente en el 90% de los artículos, y la combinación de arenado con un primer o cemento resinoso que contiene MDP fue el protocolo más eficaz en el 60% de los estudios. La red de coautoría reveló cinco clústeres, con Kern y Özcan como los autores centrales. El análisis temporal de las palabras clave mostró una evolución desde el grabado ácido hacia métodos como el arenado y la microscopía de fuerza atómica (AFM). **Conclusión:** El protocolo de arenado con óxido de aluminio (Al_2O_3) asociado a primers o cementos resinosos con MDP constituye el estándar de oro para la adhesión a la zirconia. Sin embargo, la ausencia de ensayos clínicos entre los artículos más citados evidencia una importante laguna en la literatura y resalta la necesidad de validar clínicamente los protocolos adhesivos.
Palabras clave: Zirconia; Tratamiento de Superficie; Adhesión Dental; Bibliometría.

1. Introdução

Na atualidade, a exigência estética durante os tratamentos reabilitadores tem se tornado cada vez mais alta. Como consequência, as próteses metalocerâmicas são cada vez menos utilizadas pelos clínicos e preteridas pelos pacientes. O foco principal da reabilitação tem sido materiais livres de metal que mimetizem as estruturas dentárias de forma natural e que, ao mesmo tempo, apresentem resistência e durabilidade. Como consequência, a escolha por cerâmicas como material reabilitador tem sido cada vez mais considerada nos planos de tratamento (VIJAN, 2024; COMINO-GARAYOA et al., 2021).

Esse movimento de transição das restaurações metalocerâmicas para as cerâmicas puras é impulsionado não apenas pela demanda estética, mas também pelos avanços tecnológicos em sistemas CAD/CAM e pelo desenvolvimento de novos materiais cerâmicos com propriedades ópticas e mecânicas superiores (GUAITA-SÁEZ et al., 2025). Dentre as cerâmicas disponíveis na odontologia, a zircônia ocupa um papel cada vez mais importante e oferece uma ampla variedade de aplicações clínicas, incluindo pinos radiculares, pilares de implantes e restaurações cerâmicas indiretas (COMINO-GARAYOA et al., 2021). Isso se deve às suas propriedades mecânicas favoráveis, como alta resistência à flexão (700–1200 MPa), biocompatibilidade, estética aceitável e estabilidade química (SHARMA et al., 2026; COMINO-GARAYOA et al., 2021). Estudos clínicos de longo prazo têm demonstrado taxas de sobrevivência de aproximadamente 91 a 98% para coroas monolíticas de zircônia em cinco anos, comparáveis às das coroas metalocerâmicas (GUAITA-SÁEZ et al., 2025).

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

No entanto, a resistência do material por si só não é suficiente para o sucesso clínico. A cimentação e a adesão do cimento tanto aos tecidos dentários quanto ao material restaurador são igualmente cruciais para a longevidade das reabilitações (QUIGLEY et al., 2021). A zircônia, por ser uma cerâmica policristalina sem fase vítrea, não responde ao condicionamento ácido convencional com ácido fluorídrico, ao contrário das cerâmicas à base de sílica, como o dissilicato de lítio (SIEBER et al., 2026). Assim, a adesão de cimentos resinosos à zircônia permanece desafiadora devido à sua superfície quimicamente inerte e à falta de intertravamento micromecânico (SHEN et al., 2023; COMINO-GARAYOA et al., 2021). Estudos mostram que reabilitações dentárias fixas adesivas confeccionadas em zircônia apresentam maiores taxas de falha adesiva quando comparadas àquelas em dissilicato de lítio (SHEN et al., 2023; QUIGLEY et al., 2021). Dessa forma, protocolos adequados de adesão são cruciais para o sucesso clínico de restaurações em zircônia.

Diante desse cenário, a busca por protocolos que combinem tratamentos de superfície mecânicos, como o jateamento com óxido de alumínio, e agentes químicos funcionais, como o monômero 10-metacriloiloxidecil-di-hidrogenofosfato (10-MDP), tem se intensificado (LUPU et al., 2025). O MDP é capaz de formar ligações covalentes estáveis do tipo Zr–O–P com a superfície da zircônia, enquanto o jateamento promove microrretenção mecânica e aumenta a área superficial disponível para a união (NAGAOKA et al., 2017). A sinergia entre esses dois mecanismos parece ser a chave para a durabilidade da união adesiva (JALAJ et al., 2025). No entanto, a heterogeneidade metodológica entre os estudos in vitro e a escassez de ensaios clínicos randomizados que avaliem diretamente a resistência de união evidenciam a necessidade de mais investigações na área.

O objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão bibliométrica, e uma síntese descritiva, dos 10 artigos mais citados sobre o tratamento de superfície da zircônia e sua influência na adesão dental, analisando distribuição geográfica, temporal, redes de colaboração, delineamento dos estudos e tipos de tratamento de superfície empregados.

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

2. Metodologia

Este estudo é classificado como uma revisão bibliométrica, com uma síntese descritiva, de escopo restrito, uma vez que se concentra nos 10 artigos mais citados, não abrangendo a totalidade da produção científica sobre o tema. Foi realizado a partir de uma busca utilizando a base de dados Web of Science Core Collection (WoS-CC). Inicialmente, uma estratégia de busca delineada foi estruturada e testada: TS= ((zirconia* OR "yttria-stabilized" OR y-tzp OR "zirconium oxide") AND ("surface treatment*" OR sandblast* OR "air abrasion" OR silan* OR primer* OR "tribochemical" OR "plasma treatment" OR "laser treatment" OR "acid etching" OR "selective infiltrat*" OR "glaze*") AND (adhesion OR bond* OR "shear bond" OR "tensile bond" OR "microtensile" OR "bond strength" OR cement* OR luting) AND (dent* OR prosthodont* OR restor* OR crown*). A seleção dos estudos foi realizada em 10 de julho de 2026, sem restrições quanto à data de publicação ou ao idioma.

Foram incluídos no estudo, os 10 artigos com maior quantidade de citações na WoS-CC, cujo foco principal fosse o tratamento de superfície de zircônia e a sua influência no processo de adesão. Inicialmente foram analisados o título e os resumos dos artigos, o texto completo foi avaliado quando necessário, para sanar dúvidas quando a inclusão ou exclusão do artigo.

A seleção de 10 artigos mais citados se justifica pela busca de um equilíbrio entre profundidade analítica e representatividade. Este número permitiu a descrição individualizada dos protocolos laboratoriais de cada estudo, o que não seria viável com uma amostra maior. Adicionalmente, pesquisas bibliométricas de escopo delimitado com top-cited papers são recorrentes na literatura odontológica (ex.: Prado et al., 2024). Incluímos essa justificativa na seção de Metodologia.

Esta revisão incluiu estudos que apresentassem qualquer tipo de delineamento metodológico, excluindo apenas os artigos de revisão de quais quer natureza (sistemáticas e não sistemáticas). Resumos de anais de eventos, livros, carta ao editor foram excluídos.

Após a seleção dos artigos, foram tabulados os seguintes parâmetros bibliométricos de cada estudo: título, ano de publicação, número de citações,

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

instituição, país e continente (com base na afiliação do autor correspondente), título do periódico, desenho do estudo, tipo de tratamento de superfície utilizado, palavras chaves e autores. Os dados foram apresentados na forma de tabelas (título, número de citações, ano de publicação, afiliação, periódico e tipo de tratamento de superfície), em forma de mapa para os dados de país e continente que foi construído utilizando a ferramenta MapChart. Além disso, para os dados de coautoria e palavras-chave criou-se mapas de rede que foram construídos utilizando o software VOSviewer (versão 1.6.21).

O mapa de coautoria apresenta informações sobre cada agrupamento criado, representado por nós de tamanhos e cores distintas. Quanto maior o nó, maior a representatividade da informação. A proximidade entre os nós no mapa também indica uma relação de coautoria mais forte, assim como as linhas que conectam os elementos da análise. Os mesmos princípios aplicam-se à análise de palavras-chave. Para essa análise, foram consideradas as palavras-chave dos autores.

3. Resultados e discussão

Após a busca foram identificados 1,643 resultados, utilizando a estratégia de busca descrita, na Web of Science Core Collection. Os 10 artigos mais citados, apresentam em conjunto 2.521 citações, com uma média de 252,1 citações por artigo. O artigo mais citado foi Özcan e Vallittu (2003) com 531 citações, seguido por Wolfart et al. (2007) com 357 citações e Atsu et al. (2006) com 304 citações. O ano de 2010 concentrou o maior número de publicações entre os mais citados (n = 3; 30%), seguido por 2007 e 2006 (n = 2 cada; 20%) (Tabela 1).

Em relação à distribuição geográfica, a Europa concentrou 60% dos artigos (n = 6), totalizando 1.677 citações, com destaque para Alemanha (n = 2; 567 citações) e Holanda (n = 2; 733 citações). A América do Norte contribuiu com 30% (n = 3; 540 citações), todos dos Estados Unidos, e a Ásia com 10% (n = 1; 304 citações) da Turquia. A figura 1 apresenta a distribuição geográficas das publicações incluídas.

A Tabela 1 também apresenta a síntese dos tratamentos de superfície testados em cada estudo. O jateamento com óxido de alumínio (Al_2O_3) foi o tratamento mecânico mais recorrente, presente em 9 dos 10 artigos. Entre os

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

tratamentos químicos, o primer à base de MDP (10-metacriloiloxidecil di-hidrogenofosfato) foi o agente mais frequentemente associado aos melhores resultados de resistência de união, seja isolado ou incorporado à cimentos resinosos (Panavia F, Clearfil Esthetic Cement). A combinação jateamento + primer/cimento contendo MDP foi apontada como o protocolo com maior evidência in vitro em 6 dos 10 estudos analisados.

Para minimizar o viés temporal inerente à análise de citações brutas, foi calculado o número de citações por ano para cada estudo (Tabela 1). A média geral foi de aproximadamente 13,2 citações/ano entre os 10 artigos. O ranking sofreu algumas alterações relevantes. O artigo de Özcan e Vallittu (2003) manteve a liderança com 23,1 citações/ano. Destaca-se que Yang et al. (2010) ascendeu da quinta para a quarta posição (13,1 citações/ano), o que indica que o estudo de Yang et al. apresenta taxa de impacto anual superior à sugerida pelo número bruto de citações. Isso evidencia que publicações mais recentes, embora com menos tempo para acumular citações, apresentam densidade de impacto proporcionalmente elevada.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

Tabela 1. Apresentação dos 10 artigos mais citados

Rank	Referência dos artigos	Nº de citações (WoS-CC)	Citações por ano*	Tratamento de superfície utilizado
1	ÖZCAN, M.; VALLITTU, P. K. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. Dental Materials, v. 19, n. 8, p. 725–731, 2003.	531	23,1	Controle: Sem tratamento Teste1: HF + silano Teste 2: jateamento (airborne particle abrasion) + silano Teste 3: silicatização triboquímica (Rocatec); + silano Mais efetivo: O jateamento (airborne particle abrasion) + silano
2	WOLFART, M.; LEHMANN, F.; WOLFART, S.; KERN, M. Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. Dental Materials, v. 23, n. 1, p. 45–50, 2007.	357	18,7	Controle: Superfície polida/desgastada com ponta diamantada Teste 1: Jateamento (air abrasion) + cimento (Variolink II) Teste 1: Jateamento (air abrasion) + cimento (Panavia F) Teste 3: silicatização triboquímica (Rocatec) + cimento (Variolink II) Teste 4: silicatização triboquímica (Rocatec) + cimento (Panavia F) Mais efetivo: O jateamento foi o melhor método de condicionamento, e o Panavia F superou o Variolink II
3	ATSU, S. S.; KILICARSLAN, M. A.; KUCUKESMEN, H. C.; AKA, P. S. Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. Journal of Prosthetic Dentistry, v. 95, n. 6, p. 430–436, 2006.	304	15,2	Controle: Sem tratamento Teste 1: jateados com Al_2O_3 25 µm + silano Teste 2: jateados com Al_2O_3 25 µm + primer MDP; Teste 3: jateados com Al_2O_3 25 µm + silano + primer Teste 4: jateados com Al_2O_3 25 µm + agente de união Teste 5: jateados com Al_2O_3 25 µm + silano + agente de união Mais efetivo: Primer MDP isolado ou combinado com silano promoveu a maior resistência de união

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

4	BLATZ, M. B.; CHICHE, G.; HOLST, S.; SADAN, A. Influence of surface treatment and simulated aging on bond strengths of luting agents to zirconia. Quintessence International, v. 38, n. 9, p. 745–753, 2007.	219	11,5	Controle: Sem tratamento (superfície polida) Teste 1: Jateamento com óxido de alumínio (sandblasting) Teste 2: silanização triboquímico Teste 3: Polidose retificados Todos os grupos foram testados com 4 agentes de cimentação (RelyX ARC, RelyX Unicem, Panavia F, RelyX Luting) e duas condições de armazenamento (1 dia e 150 dias + termociclagem) Mais efetivo: Jateamento + Panavia F (MDP) foi superior tanto em curto quanto em longo prazo, mesmo após o envelhecimento artificial
5	YANG, B.; BARLOI, A.; KERN, M. Influence of air-abrasion on zirconia ceramic bonding using an adhesive composite resin. Dental Materials, v. 26, n. 1, p. 44–50, 2010.	210	13,1	Controle: Superfície sem condicionamento mecânico + sem primer Teste 1: Jateamento a 0,05 Mpa Teste 2: jateamento a 0,25 Mpa combinados com 4 condições de primer (sem primer, primer Metal/Zirconia, primer Alloy e primer Clearfil Ceramic) Mais efetivo: Jateamento a 0,25 MPa + primer contendo MDP foi a combinação que manteve resistência de união mesmo após o envelhecimento artificial
6	AMARAL, R.; ÖZCAN, M.; BOTTINO, M. A.; VALANDRO, L. F. Microtensile bond strength of a resin cement to glass infiltrated zirconia-reinforced ceramic: the effect of surface conditioning. Dental Materials, v. 22, n. 3, p. 283–290, 2006.	202	10,1	Controle: Sem tratamento (superfície *as sintered*) Teste 1: Condicionamento com HF 9,5% por 60s; Teste 2: jateamento com Al_2O_3 50 µm; Teste 3: aplicação de silano. Mais efetivo: Jateamento com Al_2O_3 50 µm foi significantemente mais resistente que os demais grupos

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

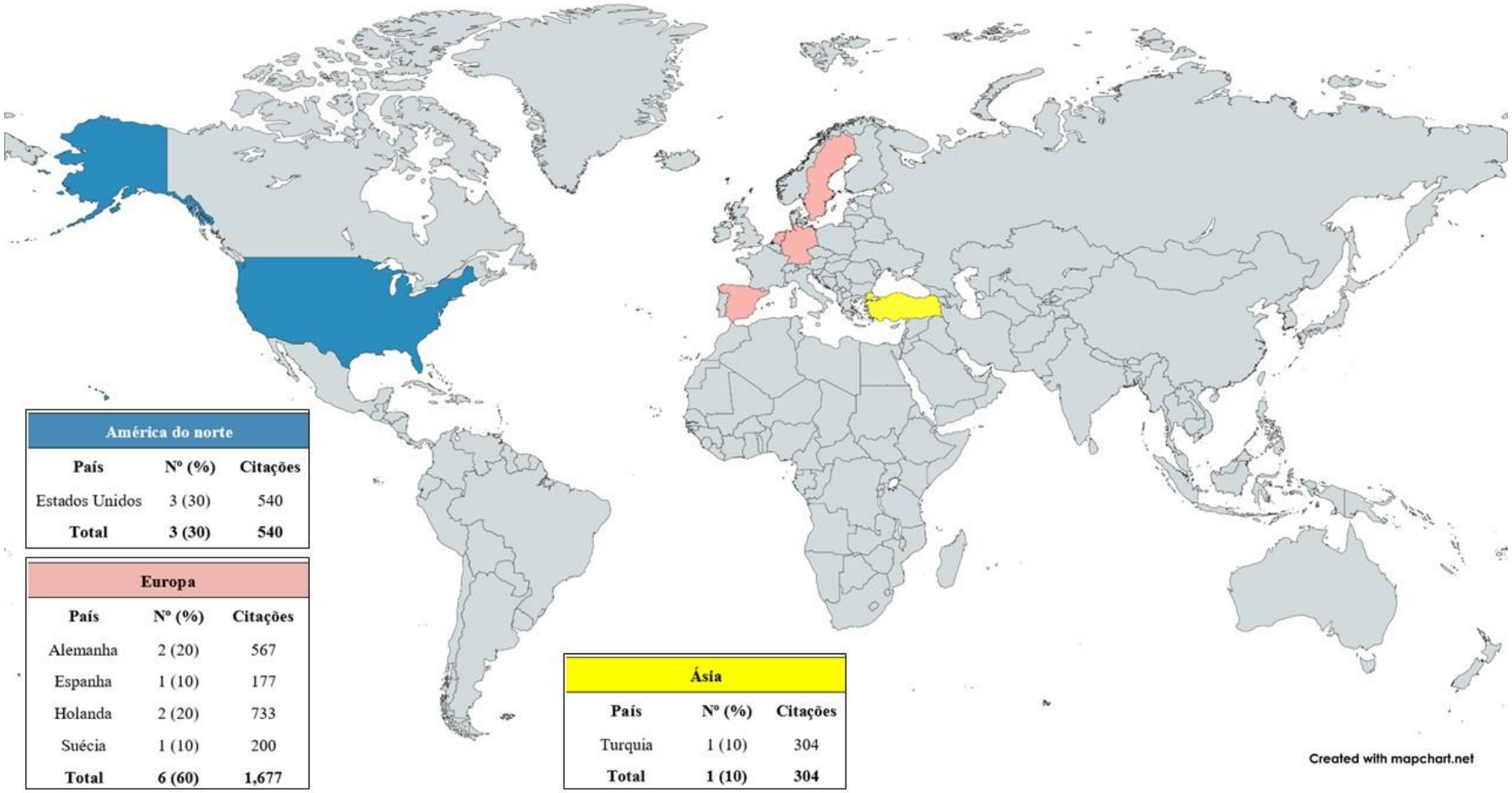
7	DERAND, T.; MOLIN, M.; KVAM, K. Bond strength of composite luting cement to zirconia ceramic surfaces. Dental Materials, v. 21, n. 12, p. 1158–1162, 2005.	200	9,5	Controle: sem pré-tratamento Testes 1: silano Teste 2: pulverização de plasma de radiofrequência (hexametildisiloxano) utilizando um reator (Plasma Electronic) Teste 3: micro pérolas de porcelana de baixa fusão (low-fusing porcelain pearl layer) Mais efetivo: Pulverização de plasma aumentou a resistência de união em 3 vezes em comparação ao controle
8	CASTILLO DE OYAGÜE, R.; MONTICELLI, F.; TOLEDANO, M.; OSORIO, E.; FERRARI, M.; OSORIO, R. Influence of surface treatments and resin cement selection on bonding to densely-sintered zirconium-oxide ceramic. Dental Materials, v. 25, n. 2, p. 172–179, 2009.	177	10,4	Controle: Sem tratamento de superfície Teste 1: Jateamento com Al_2O_3 125 µm, silano, primer MDP Teste 2: silicatização triboquímica com 50 µm, silano, primer MDP Todos os grupos testes foram analisados com 3 cimentos (Calibra, Clearfil Esthetic Cement, RelyX Unicem) Mais efetivo: O cimento Clearfil Esthetic Cement (contendo MDP) foi o fator mais determinante, independentemente do tratamento de superfície. O jateamento aumentou significativamente a rugosidade
9	QEBLAWI, D. M.; MUÑOZ, C. A.; BREWER, J. D.; MONACO JR, E. A. The effect of zirconia surface treatment on flexural strength and shear bond strength to a resin cement. Journal of Prosthetic Dentistry, v. 103, n. 4, p. 210–220, 2010.	164	10,2	Controle: Superfície polida, sem tratamento Teste 1: Jateamento com Al_2O_3 + condicionamento ácido seguido de silanização Teste 2: Silicatização triboquímica (Rocatec) + silano Teste 3: desgaste com ponta diamantada + aplicação de primer para zirconia (MDP) Mais efetivo: Silicatização triboquímica + silano apresentou a maior resistência ao cisalhamento entre todos os grupos
10	MAGNE, P.; PARANHOS, M. P. G.; BURNETT JR, L. H. New zirconia primer improves bond strength of resin-based cements. Dental Materials, v. 26, n. 4, p. 345–352, 2010.	157	9,8	Controle: Jateamento com Al_2O_3 sem primer Teste 1: Jateamento com Al_2O_3 + primer convencional Teste 2: jateamento com Al_2O_3 + primer experimental (mistura de monômero organofosfato e ácido carboxílico) Mais efetivo: O primer experimental (organofosfato + ácido carboxílico) promoveu a maior resistência de união

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

WoS-CC = Web of Science Core Collection
*O cálculo da citação por ano foi realizado a partir da seguinte formula: nº citações ÷ (2026 - ano da publicação).

Figura 1: Distribuição geográfica dos artigos incluídos mencionando número de publicações e de citações.



América do norte		
País	**Nº (%)**	**Citações**
Estados Unidos	3 (30)	540
Total	**3 (30)**	**540**

Europa		
País	**Nº (%)**	**Citações**
Alemanha	2 (20)	567
Espanha	1 (10)	177
Holanda	2 (20)	733
Suécia	1 (10)	200
Total	**6 (60)**	**1,677**

Ásia		
País	**Nº (%)**	**Citações**
Turquia	1 (10)	304
Total	**1 (10)**	**304**

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

O periódico Dental Materials foi o veículo de publicação predominante, responsável por 70% dos artigos (n = 7), seguido pelo Journal of Prosthetic Dentistry (n = 2; 20%). As instituições com maior representatividade entre os autores correspondentes foram a University of Groningen (Holanda) e a University of Kiel (Alemanha), cada uma com dois artigos.

Com relação ao delineamento metodológico, todos os 10 artigos (100%) foram classificados como estudos laboratoriais in vitro, não tendo sido identificado nenhum ensaio clínico entre os mais citados. Os dados relacionados a delineamento, ano e periódico de publicação e afiliação dos artigos incluídos podem ser verificados de forma detalhada na tabela 2.

Tabela 2. Ano e periódicos de publicação, afiliação do autor correspondente e delineamento dos 10 artigos mais citados

Ano de publicação	**Nº (%)**
2010	3 (30)
2009	1 (10)
2007	2 (20)
2006	2 (20)
2005	1 (10)
2003	1 (10)
Periódicos	**Nº (%)**
Dental materials	7 (70)
Journal of prosthetic dentistry	2 (20)
Quintessence international	1 (10)
Afiliação do autor correspondente	**Nº (%)**
University of Groningen	2 (20)
University of Kiel	2 (20)
University of Pennsylvania	1 (10)

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

Kirikkale University	1 (10)
State University of New York	1 (10)
University of Southern California	1 (10)
University of Granada	1 (10)
Malmo University	1 (10)
Delineamento metodológico	**Nº (%)**
Estudo laboratorial *in vitro*	10 (100)

A rede de coocorrência de palavras-chave revelou três grandes agrupamentos temáticos. O termo "bond strength" figurou como o nó central e de maior tamanho, refletindo seu papel como desfecho primário em todos os estudos. Observou-se uma evolução temporal clara: termos como "acid etching" e "alumina ceramics" (azul, ~2004) representam as abordagens mais antigas, enquanto "sandblasting", "airborne-particle abrasion" e "afm" (laranja/vermelho, ~2010) surgem como os termos mais recentes, indicando a modernização dos métodos de caracterização e tratamento de superfície ao longo do período analisado (Figura 2).

A análise de coautoria demonstrou a formação de cinco clusters distintos. O cluster central envolve Kern M, Barloi A, Wolfart S e Lehmann F (University of Kiel, Alemanha), evidenciando a liderança desse grupo na pesquisa sobre adesão à zircônia. Um segundo cluster reúne Özcan M, Vallittu PK e Amaral R, representando a colaboração entre a University of Groningen (Holanda) e a UNESP (Brasil). Outros clusters incluem o grupo de Magne P e Burnett Jr LH (University of Southern California/EUA), Atsu SS e Aka PS (Turquia), e Castillo de Oyagüe com Monticelli F e Osorio R (Espanha/Itália). A coloração temporal indica que as publicações mais recentes (2010, em vermelho) concentram-se nos clusters de Magne e Qeblawi (Figura 3).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

Figura 2: Cluster de coocorência das palavras-chave utilizada nos estudos

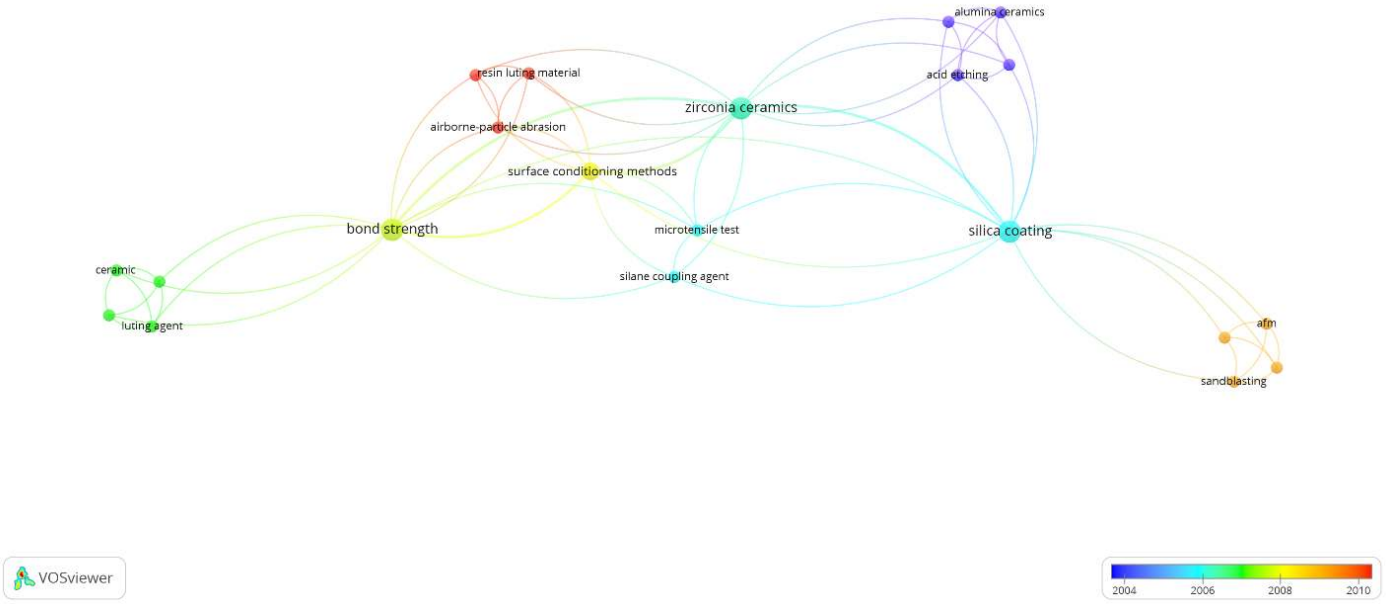
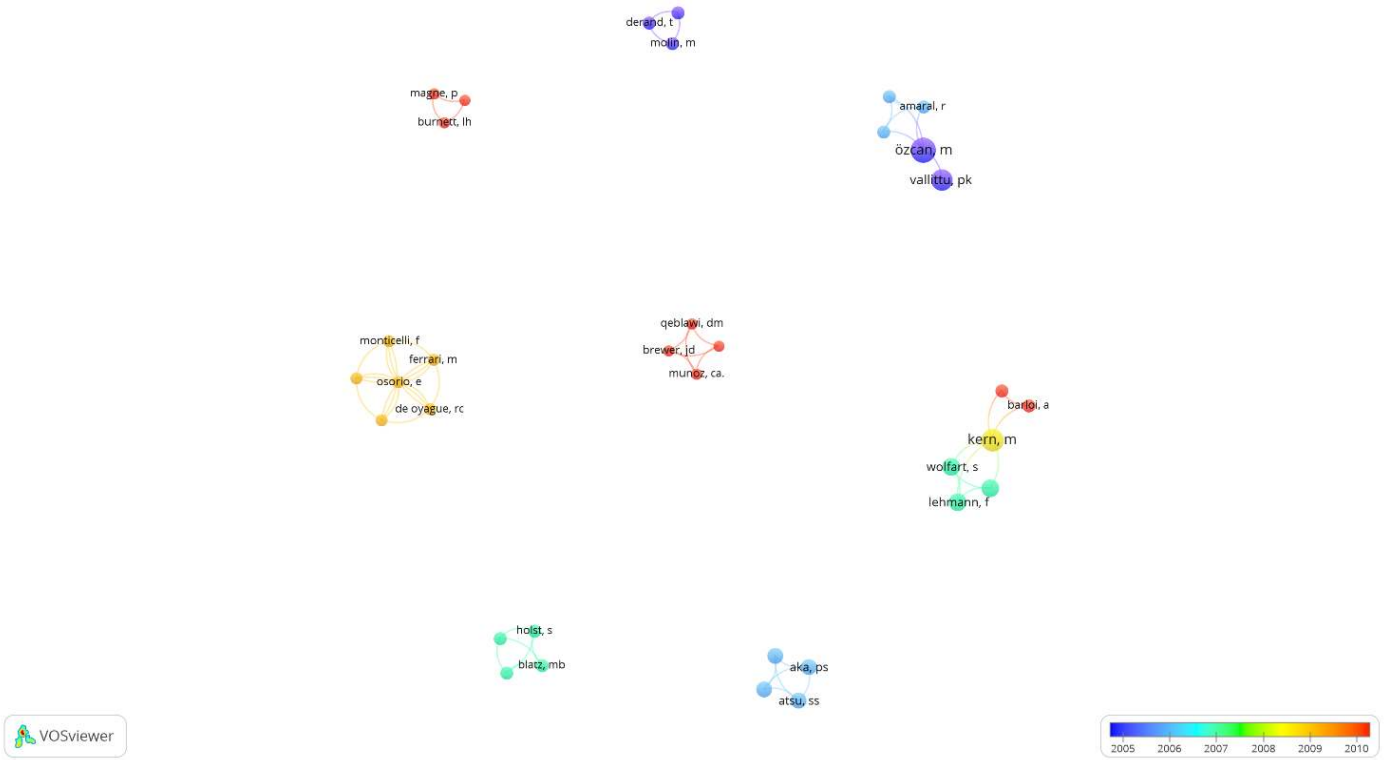


Figura 3: Cluster de coautoria entre os estudos



REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

O presente estudo realizou uma análise bibliométrica dos 10 artigos mais citados sobre tratamento de superfície de zircônia e sua influência na adesão dental, indexados na Web of Science Core Collection. Os achados revelam padrões importantes sobre a produção científica nessa área, bem como consensos e lacunas que merecem reflexão.

A maioria dos artigos mais citados teve origem na Europa (60%), especialmente na Alemanha e Holanda, onde grupos de pesquisa consolidados como o da University of Kiel (Kern e colaboradores) e da University of Groningen (Özcan e Vallittu) vêm produzindo conhecimento de referência desde o início dos anos 2000. Esse dado reflete a maturidade científica europeia na área de biomateriais odontológicos e a continuidade das linhas de pesquisa, fator essencial para a produção de estudos de alto impacto.

Um ponto que chama atenção é a ausência de estudos liderados por autores das américas central e do sul, da áfrica. Um estudo mapeou globalmente pesquisas realizadas na área da odontologia e constatou que pouquíssimos pesquisadores são de países de baixa e média-baixa renda (PRADO et al., 2024). Os autores afirmaram que a produtividade da pesquisa biomédica mundial depende diretamente do produto interno bruto per capita e dos gastos nacionais em pesquisa e desenvolvimento, ou seja, países subdesenvolvidos investem proporcionalmente muito menos. Além disso, um outro estudo relata que a produção científica em odontologia na América Latina tem menor impacto e visibilidade global (VACCARO et al., 2022), o que dificulta as pesquisas desenvolvidas conseguirem altos números de citações.

A concentração de 70% das publicações no periódico *Dental Materials* pode estar relacionada à fatores como, dado o escopo do veículo, que alia materiais dentários a testes laboratoriais de resistência e caracterização de superfície. Além disso, o fator de impacto consolidado do periódico e sua relevância na área de biomateriais odontológicos podem explicar a preferência dos autores por esse veículo.

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

Todos os 10 artigos mais citados são estudos laboratoriais in vitro. Esse achado é consistente com a natureza da pesquisa em adesão à zircônia, que exige condições padronizadas e controle de variáveis (tipo de cerâmica, tratamento de superfície, envelhecimento, método de teste) que seriam inviáveis em ensaios clínicos. No entanto, essa homogeneidade metodológica também representa uma limitação importante do campo, uma vez que a extrapolação dos resultados in vitro para o cenário clínico deve ser feita com cautela. Estudos clínicos randomizados sobre adesão à zircônia são raros e, quando existem, frequentemente avaliam desfechos como sobrevivência de restaurações, e não a resistência de união propriamente dita. Alguns artigos de revisão sistemática, corroboram com a necessidade de padronização dos testes e com a escassez de estudos clínicos (THAMMAJARUK ET AL., 2018; INOKOSHI et al., 2014).

Em se tratando da rede de palavras-chave, uma análise temporal revela uma clara evolução dos métodos de tratamento de superfície ao longo do tempo. Nos anos iniciais, termos como "acid etching" e "alumina ceramics" predominavam, refletindo a tentativa de aplicar à zircônia os mesmos protocolos utilizados para cerâmicas vítrea, condicionamento com ácido fluorídrico e a aplicação de silano. No entanto, à medida que a literatura avançou, ficou evidente que a zircônia, por ser uma cerâmica policristalina sem fase vítrea, não responde ao condicionamento ácido convencional (SIEBER et al., 2026). Isso explica o surgimento e a consolidação de termos como "airborne-particle abrasion" e "sandblasting" como os tratamentos mecânicos de escolha, e "silica coating" como alternativa triboquímica.

A combinação de jateamento com Al_2O_3 seguido da aplicação de primer ou cimento contendo MDP foi o protocolo com maior evidência in vitro para promover adesão duradoura à zircônia na maioria dos estudos incluídos. Diversos estudos, já haviam identificado o MDP como o monômero funcional mais promissor para adesão química à zircônia, formando ligações covalentes Zr–O–P estáveis (JALAJ et al., 2025; LUPU et al., 2025; THAMMAJARUK et al. 2018). O jateamento, por sua vez, promove microrretenção mecânica e aumenta a área de superfície disponível para a

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

ligação. A sinergia entre o tratamento micromecânico e químico parece ser a chave para a durabilidade da união (LUPU et al., 2025; MARTINS ET AL., 2026).

Apesar do consenso em torno do jateamento associado ao MDP, dois estudos merecem destaque por explorarem técnicas alternativas. Derand et al. (2005) demonstraram que o spray de plasma de RF aumentou a resistência de união em 3 vezes em comparação ao grupo controle, um resultado expressivo que abre caminho para tecnologias de plasma na odontologia adesiva. Magne et al. (2010) testaram um primer experimental contendo organofosfato e ácido carboxílico, que superou os primers convencionais, sugerindo que formulações químicas otimizadas podem reduzir ou até eliminar a necessidade de condicionamento mecânico. Sendo esta uma vantagem importante para a preservação da integridade estrutural da zircônia, já que o jateamento pode introduzir defeitos superficiais.

A análise de coautoria revelou que a pesquisa sobre tratamento de superfície da zircônia é conduzida por grupos bem estabelecidos e relativamente estáveis. O grupo de Kern na University of Kiel se destaca. Özcan, por sua vez, atua como um conector entre instituições (University of Groningen, UNESP Brasil, University of Turku), explicando sua alta centralidade na rede. A formação de clusters geograficamente definidos (Alemanha, Holanda, Turquia, Espanha/Itália, EUA) sugere que, embora haja colaboração internacional, as parcerias ainda são fortemente influenciadas por proximidade institucional e relações acadêmicas prévias. O reduzido número de artigos (n=10) limita a robustez das redes bibliométricas, especialmente a de coautoria, que deve ser considerada exploratória.

Este estudo apresenta algumas limitações, como a busca apenas na Web of Science Core Collection. A escolha por apenas uma base ocorreu porque as bases utilizam métricas distintas para organizarem as citações. E a decisão de utilizar a WoS-CC se deu, por ela ser uma base que apresenta dados métricos mais amplos e organizados. Além disso, a seleção dos 10 artigos mais citados introduz um viés temporal, visto que, artigos mais antigos têm maior probabilidade de acumular citações, o que explica a ausência de publicações recentes (pós-2010) entre os mais

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

citados. Por fim, todos os estudos incluídos são in vitro, o que limita a generalização clínica dos achados.

Os resultados deste estudo sugerem que a pesquisa futura na área poderia priorizar ensaios clínicos que validem os protocolos adesivos desenvolvidos em laboratório, explorar métodos de tratamento de superfície que não comprometam a resistência mecânica da zircônia, como plasma não-térmico e primers experimentais, investigar a longevidade da adesão em condições que simulem mais fielmente o ambiente oral (envelhecimento mecânico e químico combinados) e ampliar a colaboração entre grupos de pesquisa para aumentar a representatividade geográfica dos estudos.

4. Conclusão

Esta revisão bibliométrica dos 10 artigos mais citados sobre tratamento de superfície de zircônia e sua influência na adesão dental demonstrou que os estudos incluídos apresentam um acumulam total de citações alta (2.521 citações), com predomínio da Europa e do periódico Dental Materials. O jateamento com Al_2O_3 foi o tratamento mecânico mais recorrente (90% dos estudos), e a combinação jateamento + primer/cimento MDP foi apontada como o protocolo mais efetivo na maioria dos artigos, consolidando-se como o protocolo com maior evidência in vitro para adesão à zircônia. Abordagens alternativas como spray de plasma e primers experimentais mostraram potencial promissor, mas ainda carecem de validação.

Ressalta-se que estas recomendações baseiam-se exclusivamente em estudos in vitro, e sua validação clínica permanece necessária antes de serem adotadas como protocolo clínico definitivo.

Referências

AMARAL, R.; ÖZCAN, M.; BOTTINO, M. A.; VALANDRO, L. F. Microtensile bond strength of a resin cement to glass infiltrated zirconia-reinforced ceramic: the effect

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

of surface conditioning. **Dental Materials**, v. 22, n. 3, p. 283–290, 2006. DOI: 10.1016/j.dental.2005.04.021.

ATSU, S. S.; KILICARSLAN, M. A.; KUCUKESMEN, H. C.; AKA, P. S. Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 95, n. 6, p. 430–436, 2006. DOI: 10.1016/j.prosdent.2006.03.016.

BLATZ, M. B.; CHICHE, G.; HOLST, S.; SADAN, A. Influence of surface treatment and simulated aging on bond strengths of luting agents to zirconia. **Quintessence International**, v. 38, n. 9, p. 745–753, 2007.

CASTILLO DE OYAGÜE, R.; MONTICELLI, F.; TOLEDANO, M.; OSORIO, E.; FERRARI, M.; OSORIO, R. Influence of surface treatments and resin cement selection on bonding to densely-sintered zirconium-oxide ceramic. **Dental Materials**, v. 25, n. 2, p. 172–179, 2009. DOI: 10.1016/j.dental.2008.05.012.

COMINO-GARAYOA, R.; PELÁEZ, J.; TOBAR, C.; RODRÍGUEZ, V.; SUÁREZ, M. J. Adhesion to zirconia: a systematic review of surface pretreatments and resin cements. **Materials**, v. 14, n. 11, 2751, 2021. DOI: 10.3390/ma14112751.

DERAND, T.; MOLIN, M.; KVAM, K. Bond strength of composite luting cement to zirconia ceramic surfaces. **Dental Materials**, v. 21, n. 12, p. 1158–1162, 2005. DOI: 10.1016/j.dental.2005.02.005.

GUAIITA-SÁEZ, R.; MONTIEL-COMPANY, J. M.; AGUSTÍN-PANADERO, R.; FONS-BALGUER, B. *et al.* State-of-the-art zirconia and glass-ceramic materials in restorative dentistry: properties, clinical applications, challenges, and future perspectives. **Applied Sciences**, v. 15, n. 23, 12841, 2025.

INOKOSHI, M.; DE MUNCK, J.; MINAKUCHI, S.; VAN MEERBEEK, B. Meta-analysis of bonding effectiveness to zirconia ceramics. **Journal of Dental Research**, v. 93, n. 4, p. 329–334, 2014. DOI: 10.1177/0022034514524228.

JALAJ, V.; KAMATH, V.; PAI, U.; NATARAJAN, S. *et al.* Effect of sandblasting and MDP based primer application on the surface topography and shear bond strength

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

of zirconia: an in vitro study. **F1000Research**, v. 14, 642, 2025. DOI: 10.12688/f1000research.166325.1.

LUPU, I. C.; TATARCIUC, M.; VIȚALARIU, A. *et al.* Bonding strategies for zirconia fixed restorations: a scoping review of surface treatments, cementation protocols, and long-term durability. **Biomimetics**, v. 10, n. 9, 632, 2025. DOI: 10.3390/biomimetics10090632.

MAGNE, P.; PARANHOS, M. P. G.; BURNETT JR, L. H. New zirconia primer improves bond strength of resin-based cements. **Dental Materials**, v. 26, n. 4, p. 345–352, 2010. DOI: 10.1016/j.dental.2009.12.005.

MARTINS, F. V.; VASQUES, W. F.; GUYATT, G. H.; FONSECA, E. M. Effect of aluminum oxide airborne-particle abrasion on zirconia bond strength to tooth or composite resin substrates: a systematic review and meta-analysis. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 135, n. 2, p. 278.e1–278.e16, 2026. DOI: 10.1016/j.prosdent.2025.09.020.

NAGAOKA, N.; YOSHIHARA, K.; FEITOSA, V. P. *et al.* Chemical interaction mechanism of 10-MDP with zirconia. **Scientific Reports**, v. 7, 45563, 2017. DOI: 10.1038/srep45563.

ÖZCAN, M.; VALLITTU, P. K. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. **Dental Materials**, v. 19, n. 8, p. 725–731, 2003. DOI: 10.1016/S0109-5641(03)00019-8.

PRADO, M. C.; DOTTO, L.; AGOSTINI, B.; SARKIS-ONOFRE, R. Global mapping of randomized controlled trials in dentistry. **Brazilian Dental Journal**, v. 35, e24-6233, 2024. DOI: 10.1590/0103-644020246233.

QEBLAWI, D. M.; MUÑOZ, C. A.; BREWER, J. D.; MONACO JR, E. A. The effect of zirconia surface treatment on flexural strength and shear bond strength to a resin cement. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 103, n. 4, p. 210–220, 2010. DOI: 10.1016/S0022-3913(10)60033-9.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

QUIGLEY, N. P.; LOO, D. S. S.; CHOY, C.; HA, W. N. Clinical efficacy of methods for bonding to zirconia: a systematic review. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 125, n. 2, p. 231–240, 2021. DOI: 10.1016/j.prosdent.2019.12.017.

SHARMA, A.; PRUTHI, T.; AGRAWAL, A.; MADATHIL, E.; TAYAL, R.; SHUKLA, K. The evolution, clinical applications, and performance of zirconia in dentistry: a systematic review. **IP Indian Journal of Conservative and Endodontics**, v. 11, n. 1, 2026.

SHEN, D.; WANG, H.; SHI, Y.; SU, Z.; HANNIG, M.; FU, B. The effect of surface treatments on zirconia bond strength and durability. **Journal of Functional Biomaterials**, v. 14, n. 2, p. 89, 2023. DOI: 10.3390/jfb14020089.

SIEBER, A.; SOUZA, L. F. B.; EYÜBOĞLU, T. F.; ÖZCAN, M. Etchability of zirconia ceramics and its effect on adhesion: a systematic review and meta-analysis. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 148, 2026.

THAMMAJARUK, P.; INOKOSHI, M.; CHONG, S.; GUAZZATO, M. Bonding of composite cements to zirconia: a systematic review and meta-analysis of in vitro studies. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, v. 80, p. 258–268, 2018. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2018.02.008.

VACCARO, G.; SÁNCHEZ-NÚÑEZ, P.; WITT-RODRÍGUEZ, P. Bibliometrics evaluation of scientific journals and country research output of dental research in Latin America using Scimago Journal and Country Rank. **Publications**, v. 10, n. 3, 26, 2022. DOI: 10.3390/publications10030026

VIJAN, K. Emerging trends and clinical recommendations for zirconia ceramic crowns: a concise review. **British Dental Journal**, v. 237, p. 28–32, 2024. DOI: 10.1038/s41415-024-7616-0.

WOLFART, M.; LEHMANN, F.; WOLFART, S.; KERN, M. Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. **Dental Materials**, v. 23, n. 1, p. 45–50, 2007. DOI: 10.1016/j.dental.2005.11.040.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/06/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/8h73d424
Pages: 1-13

YANG, B.; BARLOI, A.; KERN, M. Influence of air-abrasion on zirconia ceramic bonding using an adhesive composite resin. **Dental Materials**, v. 26, n. 1, p. 44–50, 2010. DOI: 10.1016/j.dental.2009.08.008.