

Influência do tempo de condicionamento do ácido hidrófluorídrico na adesão protética de cerâmicas vítreas: uma revisão sistemática

Influence of hydrofluoric acid etching time on the prosthetic adhesion of vitreous ceramics: a systematic review

Influencia del tiempo de acondicionamiento del ácido fluorhídrico en la adhesión protésica de cerámicas vítreas: una revisión sistemática

Recebido: 21/01/2021 | Revisado: 31/01/2021 | Aceito: 04/02/2021 | Publicado: 10/02/2021

Laís Ferrante de Faria

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1094-0464>
Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
E-mail: laisferrantedefaria@gmail.com

Millena Silva Cardoso

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5414-6270>
Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
E-mail: mcardoso98@gmail.com

Camila Moreira Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3233-5684>
Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
E-mail: camila_moreira21@hotmail.com

Laércio Almeida de Melo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9276-0116>
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
E-mail: laercio_melo91@hotmail.com

Fabiola Pessoa Pereira Leite

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6316-5679>
Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
E-mail: fabiola-leite1@hotmail.com

Resumo

Objetivo: Objetivou-se avaliar a influência do tempo de condicionamento do Ácido Hidrofluorídrico (HF) em diferentes cerâmicas vítreas, a fim de estabelecer o melhor protocolo que viabilize uma adequada adesão protética do material restaurador. **Metodologia:** Trata-se de uma revisão sistemática de estudos *in vitro*. Para a sua realização, utilizou-se os descritores “Veneers”, “Crowns”, “Ceramics”, “Ceramic”, “Etching Time”, “Application Time”, “Surface Treatments”, “Hydrofluoric Acid” e “Adhesion” nas bases *Scopus*, *PubMed*, *Cochrane Library*, *SciElo*, *Web of Science* e *Lilacs*. Estudos que investigaram os efeitos do tempo de aplicação do HF sobre a adesão de cerâmicas vítreas foram incluídos. O nível de evidência dos artigos selecionados seguiu os princípios do *Oxford Center for Evidence-Based Medicine*. Esta revisão seguiu as recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses* (PRISMA). **Resultados:** A estratégia de busca resultou em 290 estudos, dos quais 5 foram incluídos na revisão. Os estudos demonstraram diferentes parâmetros avaliativos como rugosidade microestrutural, molhabilidade, resistência ao cisalhamento, resistência à flexão biaxial e microdureza das cerâmicas, a fim de investigar a influência do tempo de condicionamento do HF nas cerâmicas vítreas, incluindo feldspáticas, de silicato de lítio reforçada por zircônia e dissilicato de lítio. O condicionamento com HF por 60s é recomendado para cerâmicas feldspáticas, enquanto para cerâmicas de silicato de lítio reforçada por zircônia e de dissilicato de lítio é indicado por 20s. **Conclusão:** O tempo de condicionamento da cerâmica com HF influencia na adesão. Tempos prolongados de condicionamento são prejudiciais às cerâmicas vítreas, refletindo em redução da adesão protética.

Palavras-chave: Cerâmica; Coroas; Condicionamento ácido do dente; Ácido fluorídrico; Adesividade.

Abstract

Objective: The objective was to evaluate the influence of the hydrofluoric acid (HF) etching time in different vitreous ceramics, in order to establish the best protocol that enables an adequate prosthetic adhesion of the restorative material. **Methodology:** This is a systematic review of *in vitro* studies. For its realization, the descriptors "Veneers", "Crowns", "Ceramics", "Ceramic", "Etching Time", "Application Time", "Surface Treatments", "Hydrofluoric Acid" and "Adhesion" were used in the *Scopus*, *PubMed*, *Cochrane Library*, *SciElo*, *Web of Science* and *Lilacs* bases. Studies that investigated the effects of the application time of HF on the adhesion of vitreous ceramics were included. The level of evidence for the selected articles followed the principles of the *Oxford Center for Evidence-Based*

Medicine. This review followed the recommendations of the *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses* (PRISMA). *Results*: The search strategy resulted in 290 studies, of which 5 were included in the review. The studies demonstrated different evaluative parameters such as microstructural roughness, wettability, shear strength, biaxial flexural strength and microhardness of ceramics, in order to investigate the influence of HF etching time on vitreous ceramics, including feldspar, of lithium silicate reinforced by zirconia and lithium disilicate. Etching with HF for 60s is recommended for feldspathic ceramics, while for lithium silicate ceramics reinforced by zirconia and lithium disilicate it is indicated for 20s. *Conclusion*: The etching time of the ceramic with HF influences the adhesion. Prolonged etching times are detrimental to vitreous ceramics, reflecting a reduction in prosthetic adhesion. **Keywords**: Ceramics; Crowns; Acid etching dental; Hydrofluoric acid; Adhesiveness.

Resumen

Objetivo: Se buscó evaluar la influencia del tiempo de acondicionamiento del Ácido Fluorhídrico (HF) en diferentes cerámicas vítreas, para establecer un protocolo que viabilice una mejor adhesión protésica del material restaurador. *Metodología*: Se trata de una revisión sistemática de estudios *in vitro*. Para su ejecución, se utilizaron los filtros “Veneers”, “Crowns”, “Ceramics”, “Ceramic”, “Etching Time”, “Application Time”, “Surface Treatments”, “Hydrofluoric Acid” y “Adhesion” en las bases *Scopus*, *PubMed*, *Cochrane Library*, *SciElo*, *Web of Science* y *Lilacs*. Fueron incluidos estudios que investigan los efectos del tiempo de aplicación de HF sobre la adhesión de cerámicas vítreas. El nivel de evidencia de los artículos seleccionados adoptó los principios del *Oxford Center for Evidence-Based Medicine*. Esta revisión siguió las recomendaciones del *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses* (PRISMA). *Resultados*: La estrategia de búsqueda dio como resultado 290 estudios, de los cuales 5 fueron incluidos en la revisión. Los estudios demostraron diferentes parámetros evaluativos como rugosidad microestructural, mojabilidad, resistencia al microcizallamiento, resistencia a la flexión biaxial y micro dureza de las cerámicas para investigar la influencia del tiempo de acondicionamiento del HF, incluyendo cerámicas feldespáticas, de silicato de litio reforzadas con zirconia y disilicato de litio. Se recomienda acondicionamiento con HF por 60’’ para cerámicas feldespáticas, y 20’’ para cerámicas de silicato de litio reforzadas con zirconia y disilicato de litio. *Conclusión*: El tiempo de acondicionamiento de cerámicas con HF influye en la adhesión. Tiempos prolongados de acondicionamiento son perjudiciales para las cerámicas vítreas, ocasionando la reducción de la adhesión protésica. **Palabras clave**: Cerámica; Coronas; Grabado ácido dental; Ácido fluorhídrico; Adhesividad.

1. Introdução

As cerâmicas vítreas são consideradas materiais restauradores de escolha na odontologia, devido à sua biocompatibilidade, além das propriedades mecânicas e estéticas semelhantes aos dentes naturais (Mokhtarpour et al., 2017; Moura et al., 2020; Puppini-Rontani et al., 2017; Thiesen et al., 2019), possibilitando maior preservação dentária e durabilidade (Sudré et al., 2020). A denominação “vítrea” é atribuída aos materiais que apresentam em sua composição estrutural uma concentração de silicato acima de 15% (Fonzar et al., 2020), exemplificados pelas cerâmicas feldspáticas, reforçadas com leucita, infiltradas por polímero, de silicato de lítio reforçado por zircônia e dissilicato de lítio (Veríssimo et al., 2019). Essas cerâmicas são indicadas para restaurações *inlays*, *onlays*, coroas unitárias, laminados e próteses fixas (Moura et al., 2020; Veríssimo et al., 2019).

A longevidade dos materiais cerâmicos está relacionada a uma adequada adesão (Wong et al., 2017), uma vez que, problemas clínicos oriundos de falhas adesivas podem ser observados, como cárie marginal, falhas cervicais, além de fraturas das restaurações (Moura et al., 2020). O protocolo considerado padrão ouro para o tratamento de superfície de cerâmicas vítreas envolve o condicionamento ácido com Ácido Hidrofluorídrico (HF) (Monteiro et al., 2018), o qual é responsável pela dissolução da matriz vítrea, com a exposição da fase cristalina. Esse condicionamento é capaz de produzir porosidades superficiais e aumentar a energia de superfície, promovendo retenção micromecânica com o agente cimentante (França et al., 2020). Apesar do papel do HF ser indiscutível na adesão protética, ainda existem controvérsias quanto à concentração e seu tempo de aplicação (Straface et al., 2019), que variam de acordo com cada tipo cerâmico (Mokhtarpour et al., 2017; Veríssimo et al., 2019).

Clinicamente, ainda não existe um protocolo padronizado sobre as concentrações e tempos de condicionamento do HF (Mokhtarpour et al., 2017); no entanto, diferentes tempos de aplicação do ácido, principalmente por tempos prolongados, podem alterar e afetar negativamente as propriedades mecânicas das cerâmicas, reduzindo a resistência à flexão e aumentando

a possibilidade de fraturas (Miranda et al., 2020; Monteiro et al., 2018; Moura et al., 2020), além de interferir na força de ligação entre cerâmica e cimento (Veríssimo et al., 2019). Dessa forma, destaca-se a importância sobre o correto tempo de aplicação do HF durante o condicionamento das cerâmicas vítreas, para que a adesão entre o material e o substrato seja eficaz funcionalmente.

Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar, a partir de uma revisão sistemática, a influência do tempo de condicionamento do HF em diferentes cerâmicas vítreas, a fim de estabelecer o melhor protocolo que viabilize uma adequada adesão protética do material restaurador.

2. Metodologia

Esta revisão sistemática de estudos *in vitro* seguiu as recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses* (PRISMA, 2009). Para sua execução, empregou-se técnicas de levantamento de dados e análise de conteúdo, como descrito por Pereira et al. (2018). Devido ao restrito número de estudos que obedeceram aos critérios de inclusão estabelecidos, não foi possível quantificar os dados obtidos para análises estatísticas; portanto, este estudo apresenta metodologia exclusivamente qualitativa (Pereira et al., 2018). A questão que se pretendia responder era “Qual a influência do tempo de condicionamento do ácido hidrófluorídrico em peças cerâmicas vítreas na adesão protética?”.

2.1 Critérios de Elegibilidade

Foram incluídos na revisão, apenas estudos *in vitro* que atendiam aos seguintes critérios:

- Artigos escritos em português ou inglês;
- Estudos que avaliaram parâmetros relacionados a adesão cerâmica;
- Estudos laboratoriais envolvendo cerâmicas vítreas;
- Pesquisas que compararam diferentes tempos de condicionamento com HF;
- Estudos que apresentaram grupos controles.

Foram excluídos os artigos que investigaram diferentes concentrações de HF, assim como aqueles que incluíram grupos de tratamentos de superfície diferentes do condicionamento com o HF, ou que investigaram diferentes protocolos de cimentação e sistemas adesivos.

2.2 Estratégias de Busca

As estratégias de busca eletrônica foram conduzidas por três pesquisadores (LFF, MSC, CML) independentemente, de setembro a outubro de 2020 (Quadro 1).

Quadro 1. Estratégias de Busca dos Bancos de Dados.

BANCO DE DADOS	ESTRATÉGIAS DE BUSCA
Scopus	ALL("Veneers" OR "Crowns" OR "Ceramics" OR "Ceramic") AND ALL("Etching Time" OR "Application Time") AND ALL("Surface Treatments" OR "Surface") AND ALL("Hydrofluoric Acid") AND ALL("Adhesion")
PubMed	(((((Veneers OR Crowns OR Ceramics OR Ceramic) AND (Etching Time OR Application Time)) AND (Surface Treatments OR Surface)) AND (Hydrofluoric Acid)) AND (Adhesion))
Cochrane Library	(Veneers OR Crowns OR Ceramics OR Ceramic) AND (Etching Time OR Application Time) AND (Surface Treatments OR Surface) AND (Hydrofluoric Acid) AND (Adhesion)
SciElo	"Veneers" OR "Crowns" OR "Ceramics" OR "Ceramic" AND "EtchingTime" OR "Application Time" AND "Surface Treatments" OR "Surface" AND "Hydrofluoric Acid" AND "Adhesion"
Web of Science	TS=(Veneers OR Crowns OR Ceramics OR Ceramic) AND TS=(Etching Time OR Application Time) AND TS=(Surface Treatments OR Surface) AND TS=(Hydrofluoric Acid) AND TS=(Adhesion)
Lilacs	"Veneers" OR "Crowns" OR "Ceramics" OR "Ceramic" AND "EtchingTime" OR "Application Time" AND "Surface Treatments" OR "Surface" AND "Hydrofluoric Acid" AND "Adhesion"

Fonte: Autores (2020).

O Quadro 1 demonstra as estratégias utilizadas para coleta dos artigos. Os seguintes bancos de dados foram consultados: *Scopus*, *PubMed*, *Cochrane Library*, *SciElo*, *Web of Science* e *Lilacs*, através dos descritores: “*Veneers*”, “*Crowns*”, “*Ceramics*”, “*Ceramic*”, “*Etching Time*”, “*Application Time*”, “*Surface Treatments*”, “*Hydrofluoric Acid*” e “*Adhesion*”. A estratégia de utilização dos descritores referidos foi adequada para cada tipo de base de dados. Além da busca eletrônica, referências de artigos originais foram verificadas manualmente.

2.3 Seleção de Estudos e Coleta de Dados

A partir da busca nas bases de dados, os títulos e resumos dos artigos encontrados foram organizados de forma padronizada (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma de seleção dos estudos.



Fonte: Autores (2020).

Como analisado no fluxograma acima, as bases de dados investigadas forneceram um total de 290 títulos. A seleção dos estudos prosseguiu com a exclusão de 52 artigos duplicados, assim como de 210 títulos e resumos após uma triagem inicial sobre o tema e tipo do estudo. Após esse processo, 28 artigos foram inicialmente selecionados com potencial para entrarem na revisão, os quais foram lidos na íntegra. Adotando os mesmos critérios de elegibilidade, os pesquisadores excluíram 23 artigos. Na presença de divergências, os autores consultaram um quarto pesquisador, chegando a uma decisão comum. Como resultado final, 5 estudos foram incluídos na revisão sistemática.

Os estudos incluídos na revisão sistemática foram registrados em um banco de dados pelos autores (LFF, MSC, CML), de forma independente e em trio (Quadro 2).

Quadro 2. Banco de dados dos estudos incluídos na revisão.

Estudo	Localização	Tipo de Estudo	Grupos de Estudo	Amostra	Tipo de Cerâmica	Parâmetros de Avaliação	Resultados Principais
Chen et al. (1998)	Nagasaki, Japão	In vitro	Os grupos foram divididos de acordo com o tempo de condicionamento com HF 5%, sendo: 0s, 5s, 30s, 60s, 120s e 180s.	n= 102 (6 grupos com 17 amostras em cada)	Cerâmica Feldspática Cerec 2 Vitablocs Mark II (A3C 110 e A3C 18, Vita Zahnfabrik GmbH, Bad Sackingen, Germany)	Análise microestrutural por Microscópio Eletrônico de Varredura; Força de ligação por meio do teste de resistência ao Cisalhamento; Categorização de fraturas por meio de Microscópio Óptico.	No intervalo de tempo de 0-120s, com o aumento do tempo de condicionamento houve aumento da rugosidade superficial, assim aumento da força de ligação. O grupo condicionado por 120s apresentou maior resistência ao cisalhamento, no entanto também apresentou o maior número de falhas, comparado a tempos menores.
Zopheib et al. (2011)	Rio Grande do Sul, Brasil	In vitro	Os grupos foram divididos de acordo com o tempo de condicionamento com HF 4,9%, sendo: 0s, 20s, 60s, 90s e 180s.	n= 75 (5 grupos com 15 amostras em cada)	Cerâmica de Dissilicato de Lítio IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)	Análise microestrutural por Microscópio Eletrônico de Varredura; Rugosidade por meio de Perfilômetro; Resistência à flexão por Teste de flexão de 3 pontos.	O tempo de 20s se mostrou deficiente na formação de uma superfície retentiva quando comparado aos tempos de 90s e 180s, sugerindo a necessidade de um condicionamento superior a 60s. Houve redução da resistência flexural com o aumento do tempo de condicionamento, entretanto esse resultado não foi estatisticamente significativo.
Lin et al. (2015)	Hong Kong, China	In vitro	Os grupos foram divididos de acordo com o tempo de condicionamento com HF 5%, sendo: 0s, 30s, 1min e 2min.	n = 100 (4 grupos com 25 amostras em cada)	Cerâmica Feldspática CAD/CAM (Mark II, Vita Zahnfabrik, Germany)	Teste de resistência ao cisalhamento, medição de rugosidade por Perfilômetro, medição de microdureza por meio do testador Vickers, Avaliação da resistência à flexão biaxial, Observação da superfície com microscopia de força atômica e Observação da morfologia de superfície por meio de Microscópio Eletrônico de Varredura.	Houve redução da resistência ao cisalhamento com o aumento do tempo de condicionamento. Os tempos de 60s e 120s apresentaram o maior padrão de retenção para a infiltração de cimento resinoso; entretanto, o condicionamento por 120s demonstrou destruições excessivas de matriz vítrea. O grupo condicionado por 30s demonstrou o maior módulo de Weibull, ou seja, maior reprodutibilidade da resistência mecânica do material, indicando ser a abordagem mais válida e confiável.
Ramakrishnaiah et al. (2016)	Arábia Saudita	In vitro	Os grupos foram divididos de acordo com o tempo de condicionamento com HF 5%, sendo: 0s, 20s, 40s, 80s, 160s.	n = 75 (5 grupos com 15 amostras em cada)	Cerâmicas de Silicato de Lítio reforçada por Zircônia (DeguDent, Hanau, Germany), (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) e (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany); Cerâmica de Dissilicato de Lítio (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein); Cerâmica Feldspática (Bad Sackingen, Germany).	Análise da microestrutura superficial dos poros por meio de Microscópio Eletrônico de Varredura; Rugosidade por meio de Perfilômetro óptico, além da Molhabilidade.	O condicionamento por 20s foi capaz de promover uma superfície adequada e desejável para a cerâmica de dissilicato de lítio. Tempos de 80s e 160s demonstraram perdas extensas de matriz vítrea nas cerâmicas feldspática e de silicato de lítio reforçada por zircônia, com grandes cavitações.
Barchetta et al. (2019)	São José dos Campos, SP - Brasil	In vitro	Os grupos foram divididos de acordo com o tempo de condicionamento com HF 10%, sendo: 20s, 40s e 60s; além da aplicação ou não de cimento resinoso.	n = 90 (6 grupos com 15 amostras em cada).	Cerâmica de Silicato de Lítio reforçada com Zircônia (VITA Suptinity, VITA Zahnfabrik)	Análise da rugosidade por Microscópio Eletrônico de Varredura, avaliação do ângulo de contato através de goniômetro ligado a um software, Teste de Resistência à Flexão Biaxial, e identificação de falha por Microscópio de Luz.	O condicionamento por 60s demonstrou a maior resistência flexural no grupo que não recebeu aplicação de cimento resinoso. Nos grupos que receberam a aplicação do cimento, não houve diferença estatisticamente significativa entre os tempos. Ao comparar os grupos que receberam aplicação de cimento resinoso e os que não receberam, o grupo condicionado por 20s e que recebeu aplicação de cimento apresentou a maior resistência.

Fonte: Autores (2020).

O Quadro 2 indica o registro dos dados extraídos de cada estudo, incluindo o autor e ano de publicação, local de realização do estudo, tipo de estudo, grupos de estudo, amostras, tipo de cerâmica utilizada, parâmetros de avaliação da adesão cerâmica e resultados principais.

2.4 Avaliação do Risco de Viés e Elegibilidade

O nível de evidência dos artigos selecionados seguiu os princípios do *Oxford Center for Evidence-Based Medicine* (2011) (Quadro 3).

Quadro 3. Nível de Evidência dos artigos científicos.

Estudo	Grau de Recomendação	Nível de Evidência
Chen et al. (1998)	D	2C
Zogheib et al. (2011)	D	2C
Liu et al. (2015)	D	2C
Ramakrishnaiah et al. (2016)	B	2B
Barchetta et al. (2019)	D	2C

Fonte: Autores (2020).

O Quadro 3 demonstra que os estudos são categorizados em níveis 1a, 1b, 1c, 2a, 2b, 2c, 3a, 3b, 4 e 5. Os Níveis de Evidência 1 (CEBM) estabelecem uma abordagem para retratar este processo diante de diferentes tipos de perguntas: terapia ou prevenção, etiologia ou dano, prognóstico, diagnóstico, diagnóstico diferencial ou prevalência de sintomas estudo e análises econômicas e de decisão. A maioria dos estudos recebeu grau de recomendação D, uma vez que todos são pesquisas laboratoriais. Os estudos incluídos foram avaliados e classificados em 2b e 2c, de acordo com o desenho da metodologia e risco de viés por meio da *Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation* (Grade, 2008).

3. Resultados

As estratégias de busca eletrônica e manual utilizadas resultaram em 290 títulos e resumos. Destes, 28 foram selecionados pelos critérios de inclusão e exclusão e lidos na íntegra. Ao final, 5 estudos foram eleitos e incluídos na revisão.

Nos estudos selecionados, foram avaliados no total 442 amostras, variando de acordo com o tempo de condicionamento ácido e com o tipo de cerâmica vítrea estudada. Dos 5 estudos incluídos, 4 deles apresentaram um grupo controle, caracterizado por não receber condicionamento ácido (Chen et al., 1998; Liu et al., 2015; Ramakrishnaiah et al., 2016; Zogheib et al., 2011). Apenas um estudo não apresentou grupo controle sem tratamento de superfície realizado; no entanto, este apresentou três grupos controles que, apesar de condicionados em tempos diferentes, não receberam aplicação de cimento resinoso no momento da cimentação (Barchetta et al., 2019). Os tipos de cerâmicas vítreas avaliadas nos estudos

incluiram cerâmicas feldspáticas, de silicato de lítio reforçado por zircônia e à base de dissilicato de lítio. No geral, avaliou-se a influência do tempo de condicionamento ácido sobre os parâmetros de adesão das cerâmicas vítreas abordadas.

Baseado nisso, observamos que 80% dos estudos (4 de 5) concluíram que o aumento do tempo de condicionamento ácido consequentemente aumentou a rugosidade superficial das cerâmicas analisadas (Chen et al., 1998; Liu et al., 2015; Ramakrishnaiah et al., 2016; Zogheib et al., 2011). Entre os estudos realizados com as cerâmicas feldspáticas, 66,6% dos artigos abordaram que tempos prolongados de condicionamento ácido podem afetar negativamente a adesão cerâmica, devido a destruições excessivas da matriz vítrea, que resultam em fragilidade do material (Liu et al., 2015; Ramakrishnaiah et al., 2016). Do mesmo modo, 50% dos estudos que avaliaram cerâmicas de silicato de lítio reforçado por zircônia chegaram a esse resultado (Ramakrishnaiah et al., 2016), assim como 100% dos estudos que avaliaram cerâmicas de dissilicato de lítio (Ramakrishnaiah et al., 2016; Zogheib et al., 2011).

Chen et al. (1998), ao estudarem uma cerâmica feldspática usinável, observaram que a força de ligação foi significativamente afetada pelo tempo de condicionamento ácido ($p=0.0001$), em que resistências superiores a 30MPa foram obtidas em tempos de condicionamento superiores a 30s. O grupo condicionado por 120s demonstrou a maior média de resistência ao cisalhamento; no entanto, também foi o que apresentou a maior média de fraturas. Além disso, a análise microestrutural da superfície da cerâmica revelou maior rugosidade conforme o aumento do tempo de condicionamento ácido.

Outro estudo, realizado por Zogheib et al. (2011), ao estudar uma cerâmica à base de dissilicato de lítio, observou que o padrão de rugosidade aumentava de acordo com o aumento do tempo de condicionamento, sendo que no tempo de 180s a superfície apresentou o padrão de rugosidade mais pronunciado. Ao comparar a resistência à flexão, observou-se uma redução dos valores médios com o aumento do tempo de condicionamento ácido; porém, esse resultado não apresentou diferença estatisticamente significativa entre os diferentes tempos de condicionamento ($p>0.05$).

Liu et al. (2015), na análise de uma cerâmica feldspática CAD/CAM, observaram que o grupo condicionado por 120s apresentou o maior valor médio de rugosidade, entretanto, promoveu destruições excessivas da matriz vítrea. Outro resultado obtido foi que o valor médio da microdureza da cerâmica reduziu com o aumento do tempo de condicionamento, sendo significativa a diferença dos valores entre os quatro grupos analisados. Em relação a resistência à flexão biaxial, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Ao avaliar a resistência ao cisalhamento, observou-se que o aumento do tempo de condicionamento reduziu os valores de resistência; entretanto esse resultado foi estatisticamente significativo apenas entre o grupo controle e o grupo condicionado por 120s ($p<0.05$).

Ramakrishnaiah et al. (2016), ao estudarem três cerâmicas, de silicato de lítio reforçado por zircônia, dissilicato de lítio e feldspática observaram que as amostras condicionadas com HF apresentaram mudanças microestruturais significativas com o aumento do tempo de condicionamento. Os tempos de 80s e 160s apresentaram os padrões de maior profundidade e largura de poros com perdas extensas de matriz. Os valores de rugosidade em tempos de condicionamento distintos, quando comparados em uma mesma cerâmica, apresentaram diferenças estatisticamente significativas; exceto entre os tempos de 40s e 80s de uma cerâmica de silicato de lítio reforçada por zircônia, e entre os tempos de 80s e 160s na cerâmica feldspática. Em relação à análise da molhabilidade, verificou-se redução do ângulo de contato, ou seja, melhora da molhabilidade, com o aumento do tempo de condicionamento. Para esse fator, houve diferença estatisticamente significativa entre os tempos de condicionamento para uma mesma cerâmica, exceto entre os tempos de 80s e 160s da cerâmica de dissilicato de lítio.

Por fim, Barchetta et al. (2019) ao avaliarem os diferentes tempos de condicionamento de uma cerâmica de silicato de lítio reforçado por zircônia em relação à rugosidade e ângulo de contato, notaram que todos os grupos apresentaram padrões de rugosidade semelhantes. Apesar disso, o grupo condicionado por 60s apresentou o menor ângulo de contato. Na análise da resistência à flexão, verificou-se uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos condicionados por 20s e 60s que não receberam aplicação de cimento resinoso ($p=0.017$), sendo que o grupo condicionado por 60s apresentou maior valor de

resistência à flexão. Ao comparar a resistência à flexão entre os grupos que receberam ou não o cimentos resinoso, observou-se diferença estatisticamente significativa apenas para o tempo de condicionamento por 20s ($p=0.019$), em que o grupo sem aplicação de cimento demonstrou menor resistência à flexão do que o grupo que recebeu a aplicação.

4. Discussão

O presente estudo buscou avaliar, através de uma revisão sistemática, a influência do tempo de condicionamento do HF na adesão de cerâmicas vítreas. Dessa forma, essa revisão incluiu apenas estudos *in vitro* e que apresentaram grupo controle, a fim de garantir validade, similaridade e reprodutibilidade. Os estudos foram avaliados e classificados com seu nível de evidência científica baseado no *Oxford Center for Evidence-Based Medicine* (2011).

A partir das estratégias de busca realizadas, 5 estudos foram eleitos e incluídos na revisão, por analisarem individualmente o fator “tempo” na influência do condicionamento com HF na adesão das cerâmicas vítreas. Os estudos adotaram diferentes parâmetros de avaliação da adesão, como a rugosidade microestrutural, molhabilidade, resistência ao cisalhamento, resistência à flexão biaxial e microdureza do material. Dentre os resultados encontrados, observou-se que tempos muito curtos de aplicação do ácido podem promover padrões insuficientes de rugosidade na superfície do material, com inadequado embricamento mecânico. Entretanto, tempos prolongados de condicionamento demonstraram comprometer as propriedades mecânicas das cerâmicas com consequente fragilidade do material, refletindo negativamente na adesão protética, e por isso, tempos menores de aplicação do ácido hidrófluorídrico seriam mais recomendados.

O tratamento de superfície, através do condicionamento com o HF, é um dos métodos mais eficazes e indicados para cerâmicas vítreas (Mokhtarpour et al., 2017), por promover modificações estruturais na topografia do material (Miranda et al., 2020). O HF reage com a matriz vítrea que contém sílica, originando hexafluorossilicatos, com exposição dos cristais, tornando a superfície áspera, o que confere retenção micromecânica (Sudré et al., 2020). Além disso, o HF remove óxidos e detritos da superfície, com melhora da molhabilidade, permitindo a infiltração do cimento resinoso. Dentro desse contexto, é importante destacar que o efeito do condicionamento ácido é influenciado por diferentes variáveis, como o tipo de ácido, sua concentração, o tipo de cerâmica e o tempo de condicionamento (Bajraktarova-Valjakova et al., 2020). Devido à ausência de consenso sobre os tempos de aplicação do HF nas diferentes cerâmicas vítreas, justificamos a importância da realização deste estudo.

Chen et al. (1998) verificaram que no condicionamento com HF a 5% dentro do intervalo de 0-120s, quanto maior o tempo de condicionamento, maior era a força de ligação e a rugosidade superficial da cerâmica feldspática. Apesar disso, observou que o condicionamento por 120s apresentava uma média significativamente maior de falhas, quando comparado a tempos menores. Para o condicionamento ácido da mesma cerâmica, a uma mesma concentração, Liu et al. (2015) verificaram que a aplicação do HF por 60s e 120s apresentaram o melhor padrão de infiltração do cimento resinoso, em vista de uma maior rugosidade superficial. Entretanto, este estudo verificou que o aumento do tempo de condicionamento produziu redução da microdureza da cerâmica feldspática, e isso seria capaz de diminuir a resistência ao cisalhamento. Esse resultado foi corroborado por Ramakrishnaiah et al. (2016) ao observarem que tempos de 80s e 160s demonstraram perdas extensas de matriz vítrea na cerâmica feldspática, com formação de grande rugosidade na superfície do material. Assim, a partir desses estudos, verificamos que a maioria dos artigos demonstram impactos negativos nos tempos prolongados de aplicação do HF, uma vez que tempos superiores a 60s podem enfraquecer a estrutura da cerâmica. A literatura ainda traz outros estudos que confirmam esses achados, abordando 60s para o condicionamento desse tipo de cerâmica, por garantir dissolução suficiente da matriz vítrea, proporcionando adequada força de união (Moura et al., 2020; Straface et al., 2019).

Os tempos de 80s e 160s a uma concentração de 5%, assim como para a cerâmica feldspática, também apresentaram grande destruição de matriz vítrea e padrão acentuado de irregularidades para a cerâmica de silicato de lítio reforçada por

zircônia (Ramakrishnaiah et al., 2016). Barchetta et al. (2019), por sua vez, observaram que no condicionamento com HF a 10% para a mesma cerâmica, a melhor resistência foi obtida quando o ácido foi aplicado por 60s, e, portanto, esse seria o tempo ideal, já que tempos inferiores poderiam levar a ocorrência de falhas prematuras. Entretanto, após a aplicação de cimento resinoso, a amostra condicionada por 20s apresentou aumento significativo da resistência de união. O condicionamento por 20s também foi indicado por outros estudos (Fonzar et al., 2020; Souza, 2018; Vila-Nova et al., 2019;), assim como por fabricantes (VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co.KG, Bad Säckingen, Alemanha). Ainda cabe ressaltar, que essa cerâmica é sensível ao condicionamento ácido por apresentar predominantemente matriz vítrea em sua composição (Silva Neto et al., 2020). Dessa forma, tempos menores de condicionamento devem ser considerados, a fim de evitar danos internos ao material.

Já em relação ao tempo de condicionamento de cerâmicas de dissilicato de lítio, embora o protocolo mais usual seja a aplicação do ácido por 20s (El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2017), Zogheib et al. (2011) analisaram que essa cerâmica necessitaria de um condicionamento por mais de 60s para promover uma superfície retentiva adequada. Nesse estudo, o condicionamento por 20s gerou uma rugosidade bem inferior a tempos de 90s ou 180s. No entanto, os autores apresentaram ressalvas, sugerindo que a força de resistência à flexão da cerâmica diminui com o aumento do tempo de condicionamento, apesar desse resultado não ter sido estatisticamente significativo. Acerca disso, Ramakrishnaiah et al. (2016) afirma que uma superfície adequadamente porosa é fundamental para o embricamento mecânico, e que isso pode ser obtido em menores tempos de condicionamento, como observado na aplicação do HF por 20s, o qual foi capaz de promover uma superfície desejável para a cerâmica de dissilicato de lítio. Outros estudos presentes na literatura também demonstram como resultado que o condicionamento dessa cerâmica por 20s com HF a 5% foi capaz de produzir retenção micromecânica suficiente, sugerindo que menores tempos de condicionamento podem reduzir os danos internos ao material, por não promoverem destruições excessivas da matriz vítrea (Colombo et al., 2019; El-Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2017; Mokhtarpour et al., 2017; Murillo Gómez et al., 2018; Puppin- Rontani et al., 2017).

Baseado nas análises realizadas, o presente estudo aponta que o tempo de condicionamento ácido influencia a adesão protética das cerâmicas vítreas. Embora tempos insuficientes de aplicação do HF não sejam capazes de promover retenção adequada na superfície cerâmica, dificultando a penetração do cimento resinoso (Monteiro et al., 2018), tempos muito prolongados podem gerar rugosidades acentuadas e profundas, em que o agente cimentante não é capaz de infiltrar completamente, gerando espaços vazios entre as interfaces do material e substrato (Colombo et al., 2019). Com isso, quando o material é submetido a cargas mecânicas, a concentração de tensões produzida nessas regiões resulta em falhas (Naves et al., 2010). Assim, é fundamental o conhecimento sobre os efeitos do condicionamento do HF sobre as diferentes cerâmicas vítreas, uma vez que, apesar de apresentarem concentração de dióxido de silício semelhante, a presença de outros óxidos, assim como seu arranjo estrutural influenciam o efeito do HF (Bajraktarova-Valjakova et al., 2018). Ainda cabe destacar, que outros fatores devem ser levados em consideração além do tempo de condicionamento, como a concentração do HF e o tipo de cerâmica, como visto anteriormente.

Devido ao restrito número de artigos que estudaram a variável “tempo” individualmente na influência do condicionamento do HF na adesão de cerâmicas vítreas, além da heterogeneidade metodológica, utilizando diferentes testes para a avaliação da adesão cerâmica, não foi possível a realização de uma metanálise. Todos os estudos incluídos nessa revisão apresentaram riscos de viés, uma vez que não é possível reproduzir algumas condições clínicas como umidade e forças reais de fratura que ocorrem durante a mastigação. Ademais, mais estudos laboratoriais e clínicos são necessários em relação ao tema, para verificar a longevidade das cerâmicas vítreas nos diferentes tempos de condicionamento com HF.

5. Conclusão

De modo geral, concluímos que tempos prolongados de condicionamento com HF são prejudiciais às cerâmicas vítreas, por comprometerem a estrutura interna do material, refletindo em redução da adesão protética. Assim, a presente revisão sistemática analisou que tempos de condicionamento de 60s para cerâmicas feldspáticas, e condicionamento por 20s para cerâmicas de silicato de lítio reforçadas por zircônia e dissilicato de lítio são mais recomendados, destacando que tempos superiores a esses podem afetar negativamente a integridade e a força de união das cerâmicas estudadas.

O limitado número de estudos incluídos na presente revisão destaca a importância da realização de mais pesquisas laboratoriais e clínicas, que analisem os efeitos da variável “tempo”, isoladamente, no condicionamento ácido de cerâmicas vítreas, bem como sobre a adesão protética. Este estudo, permitiu a investigação de tais influências apenas para as cerâmicas vítreas feldspáticas, de silicato de lítio reforçadas por zircônia e dissilicato de lítio, o que demonstra a necessidade de trabalhos que incluam, também, as cerâmicas reforçadas por leucita e infiltradas por polímero. Com o maior número de pesquisas, será possível futuras revisões sistemáticas com amostras maiores para quantificação dos dados por análises estatísticas.

Referências

- Bajraktarova-Valjakova, E., Grozdanov, A., Guguvcevski, L., Korunoska-Stevkovska, V., Kapusevska, B., Gigovski, N., Mijoska, A., & Bajraktarova-Misevska, C. (2018). Acid Etching as Surface Treatment Method for Luting of Glass-Ceramic Restorations, part 1: Acids, Application Protocol and Etching Effectiveness. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 6(3), 568-573. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2018.147>
- Barchetta, N. F., Amaral, M., Prochnow, C., Rodrigues, F. P., Bottino, M. A., Valandro, L. F., & Melo, R. M. (2019). Strength of a Zirconia-Reinforced Lithium Silicate Ceramic: Acid-Etching Time and Resin Cement Application Effects. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 39(3), 431-437. <https://doi.org/10.11607/prd.4117>
- Chen, J. H., Matsumura, H., & Atsuta, M. (1998). Effect of different etching periods on the bond strength of a composite resin to a machinable porcelain. *Journal of Dentistry*, 26(1), 53-58. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(96\)00078-4](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(96)00078-4)
- Colombo, L. A., Murillo-Gómez, F., & De Goes, M. F. (2019). Bond Strength of CAD/CAM Restorative Materials Treated with Different Surface Etching Protocols. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 21(4), 307-317. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a42931>
- El-Damanhoury, H. M., & Gaintantzopoulou, M. D. (2018). Self-etching ceramic primer versus hydrofluoric acid etching: Etching efficacy and bonding performance. *Journal of Prosthodontic Research*, 62(1), 75-83. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2017.06.002>
- Fonzar, R. F., Goracci, C., Carrabba, M., Louca, C., Ferrari, M., & Vichi, A. (2020). Influence of Acid Concentration and Etching Time on Composite Cement Adhesion to Lithium-silicate Glass Ceramics. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 22(2), 175-182. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a44282>
- França, R., Bebsch, M., Haimeur, A., Fernandes, A. C., & Sacher, E. (2020). Physicochemical surface characterizations of four dental CAD/CAM lithium disilicate-based glass ceramics on HF etching: An XPS study. *Ceramics International*, 46(2), 1411-1418. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.09.105>
- Guyatt, G. H., Oxman, A. D., Vist, G. E., Kunz, R., Falck-Ytter, Y., Alonso-Coello, P., & Schünemann, H. J. (2008). GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *Bmj*, 336(7650), 924-926.
- Howick, J., Chalmers, I., Glasziou, P., Greenhalgh, T., Heneghan, C., Liberati, A., & Thornton, H. (2011). The 2011 Oxford CEBM evidence levels of evidence (introductory document). *Oxford Center for Evidence Based Medicine*.
- Liu, D., Tsoi, J. K. H., Pow, E. H. N., & Wong, H. M. (2015). Influence of different etching protocols on the reliability of resin bonding to CAD/CAM feldspathic porcelain. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 62, 18-24. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2015.06.007>
- Miranda, J. S., Monteiro, J. B., Silva, P. N. F., Valera, M. C., Bresciani, E., & Melo, R. M. (2020). Can different etching protocols change the properties of a hybrid ceramic? *General Dentistry*, 68(2), 20-25. PMID: 32105221.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Prisma Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS med*, 6(7), e1000097.
- Mokhtarpour, F., Alaghehmand, H., & Khafri, S. (2017). Effect of hydrofluoric acid surface treatments on micro-shear bond strength of CAD/CAM ceramics. *Electronic Physician*, 9(10), 5487-5493. <http://dx.doi.org/10.19082/5487>
- Monteiro, J. B., Oliani, M. G., Guilardi, L. F., Prochnow, C., Pereira, G. K. R., Bottino, M. A., Melo, R. M., & Valandro, L. F. (2018). Fatigue failure load of zirconia-reinforced lithium silicate glass ceramic cemented to a dentin analogue: Effect of etching time and hydrofluoric acid concentration. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 77, 375-382. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2017.09.028>
- Moura, D. M. D., Araújo, A. M. M., Souza, K. B., Veríssimo, A. H., Tribst, J. P. M., & Souza, R. O. A. (2020). Hydrofluoric acid concentration, time and use of phosphoric acid on the bond strength of feldspathic ceramics. *Brazilian Oral Research*, 34, 1-10. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-3107bor-2020.vol34.0018>

- Murillo-Gómez, F., Palma-Dibb, R. G., & De Goes, M. F. (2018). Effect of acid etching on tridimensional microstructure of etchable CAD/CAM materials. *Dental Materials*, 34(6), 944-955. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.03.013>
- Naves, L. Z., Soares, C. J., Moraes, R. R., Gonçalves, L. S., Sinhoreti, M. A. C., & Correr-Sobrinho, L. (2010). Surface/Interface Morphology and Bond Strength to Glass Ceramic Etched for Different Periods. *Operative Dentistry*, 35(4), 420-427. <https://doi.org/10.2341/09-152-L>
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica. [e-book]. Santa Maria. Ed* (pp. 67-74). UAB/NTE/UFSM. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf.
- Puppin-Rontani, J., Sundfeld, D., Costa, A. R., Correr, A. B., Puppin-Rontani, R. M., Borges, G. A., Sinhoreti, M. A. C., & Correr-Sobrinho, L. (2017). Effect of Hydrofluoric Acid Concentration and Etching Time on Bond Strength to Lithium Disilicate Glass Ceramic. *Operative Dentistry*, 42(6), 606-615. <https://doi.org/10.2341/16-215-L>
- Ramakrishnaiah, R., Alkheraif, A. A., Divakar, D. D., Matinlinna, J. P., & Vallittu, P. K. (2016). The Effect of Hydrofluoric Acid Etching Duration on the Surface Micromorphology, Roughness, and Wettability of Dental Ceramics. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(6), 822. <https://doi.org/10.3390/ijms17060822>
- Silva Neto, J. M. A., Furtado, K. R. S., Baumberger, M. C. A., Duarte, I. K. F., Trujillo, A. M., Alves, E. V. R., Medeiros, M. L. B. B., Cavalcanti, T. C., Vanderlei, A. D., Figueiredo, B. C., & Amaral, A. L. C. (2020). Cerâmicas odontológicas: Uma revisão de literatura. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, (40), e2416-e2416. <https://doi.org/10.25248/reas.e2416.2020>
- Souza, R. O. A., & Bottino, M. A. (2018). Cimentação adesiva em próteses cerâmicas: o que realmente eu preciso saber? *PróteseNews*, 5(5), 516-531.
- Straface, A., Rupp, L., Gintaute, A., Fischer, J., Zitzmann, N. U., & Rohr, N. (2019). HF etching of CAD/CAM materials: influence of HF concentration and etching time on shear bond strength. *Head & Face Medicine*, 15(21), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s13005-019-0206-8>
- Sudré, J. P., Salvio, L. A., Baroudi, K., Sotto-Maior, B. S., Melo-Silva, C. L., & Assis, N. M. S. P. (2020). Influence of Surface Treatment of Lithium Disilicate on Roughness and Bond Strength. *The International Journal of Prosthodontics*, 33(2), 212-216. <https://doi.org/10.11607/ijp.6453>
- Thiesen, K. P. P. R., Souza, M. D. B., Schmitt, V. L., Nahsan, F. P. S., & Naufel, F. S. (2019). Bond strength to ZLS ceramics at different etching times and cementation protocols after aging. *Brazilian Dental Science*, 22(4), 488-496. <https://doi.org/10.14295/bds.2019.v22i4.1816>
- Veríssimo, A. H., Moura, D. M. D., Tribst, J. P. M., Araújo, A. M. M., Leite, F. P. P., & Souza, R. O. A. (2019). Effect of hydrofluoric acid concentration and etching time on resin-bond strength to different glass ceramics. *Brazilian Oral Research*, 33, 1-11. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2019.vol33.0041>
- Vila-Nova, T. E. L., Silva, N. R., Moura, D. M. D., Araújo, G. M., Miranda, L. M., Carvalho, I. H. G., Souza, K. B., Silva, S. E. G., & Souza, R. O. A. (2019). Cimentação adesiva em cerâmicas vítreas: Condicionamento e limpeza pós-condicionamento. Parte I. *PróteseNews*, 6(5), 587-590.
- Wong, A. C. H., Tian, T., Tsoi, J. K. H., Burrow, M. F., & Matinlinna, J. P. (2017). Aspects of adhesion tests on resin-glass ceramic bonding. *Dental Materials*, 33(9), 1045-1055. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.06.013>
- Zogheib, L. V., Bona, A. D., Kimpara, E. T., & McCabe, J. F. (2011). Effect of hydrofluoric acid etching duration on the roughness and flexural strength of a lithium disilicate-based glass ceramic. *Brazilian Dental Journal*, 22(1), 45-50. <https://doi.org/10.1590/S0103-64402011000100008>