



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

CLÁUDIA CRISTINA MIRANDA DE SOUZA ALMEIDA

**INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE EM DIFERENTES
SUBSTRATOS NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO À CIMENTO
RESINOSO AUTOADESIVO**

2019

CLÁUDIA CRISTINA MIRANDA DE SOUZA ALMEIDA

**INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE EM DIFERENTES
SUBSTRATOS NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO À CIMENTO RESINOSO
AUTOADESIVO**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE, pelo Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA E TECNOLOGIA APLICADA À ODONTOLOGIA.

Área: Inovação tecnológica multidisciplinar com ênfase em odontologia. Linha de pesquisa: Inovação tecnológica.

Orientadora: Profa. Dra. Paula Carolina Komori de Carvalho
Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Othávio de Assunção e Souza

São José dos Campos

2019

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2019]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Almeida, Cláudia Cristina Miranda de Souza

Influência do tratamento de superfície em diferentes substratos na resistência de união à cimento resinoso autoadesivo / Cláudia Cristina Miranda de Souza Almeida. - São José dos Campos : [s.n.], 2019. 54 f. : il.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Aplicada à Odontologia - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2019.

Orientadora: Paula Carolina Komori De Carvalho

Coorientador: Rodrigo Othávio de Assunção E Souza

1. Próteses e implantes. 2. Coroas dentárias. 3. Cimentação. 4. Cisalhamento. I. De Carvalho, Paula Carolina Komori, orient. II. E Souza, Rodrigo Othávio de Assunção, coorient. III. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. IV. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - Unesp. V. Universidade Estadual Paulista (Unesp). VI. Título.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Paula Carolina Komori de Carvalho (Orientadora)

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Profa. Dra. Carolina Machado Martinelli Lobo

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Prof. Dr. Eduardo Miyashita

Universidade Paulista (UNIP)

Departamento de Odontologia

Campus de São Paulo

São José dos Campos, 27 de agosto de 2019.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à minha família, que presta todo suporte necessário para que eu possa me desenvolver.

Em especial a minha Mãe Tereza Cristina, e ao meu Pai Cláudio Alexandre, que cheios de amor, cuidado e incentivos, são os grandes responsáveis pela minha educação e formação.

Aos meus irmãos, Bruna, Cláudio e João Guilherme, que estiveram sempre presentes e me encorajando durante essa caminhada, cheios de energia, alegria e carinho.

À minha querida Avó Wneide, que dedicou muitos anos da sua vida ao ensino, compartilhando seus conhecimentos, e me inspirou desde muito cedo com sua trajetória cheia de amor. À minha querida Avó Judite, que por meio de exemplos e vivências me ensinou a procurar ser melhor me ofertando sempre o seu apoio e carinho.

Ao meu noivo Renato, que de forma especial e amorosa se faz extremamente presente em todos os momentos, me apoiando e incentivando a ir em busca dos meus objetivos e sonhos.

À minha sobrinha-afilhada Alice, que ainda é um grãozinho de gente, mas que encanta a titia com seu sorriso e alegria.

A todos os meus familiares queridos, tios, tias, primos, primas e cunhado, a minha eterna gratidão por todo encorajamento, paciência, compreensão, amor e carinho!

Muito obrigada por me ajudar a tornar os meus projetos e objetivos possíveis!

Com o coração cheio de amor, dedico essa conquista a vocês!

Amo muito cada um!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as oportunidades, e por me proporcionar saúde para seguir na caminhada rumo à concretização dos meus objetivos e sonhos.

Meu sincero agradecimento ao ICT – UNESP São José dos Campos, a todos os seus funcionários, e todos os professores do programa de pós-graduação, obrigada pela cordialidade e por me receber tão bem na instituição.

À minha Orientadora Profa. Dra. Paula Komori, obrigada por todos os ensinamentos, por toda paciência e incentivo durante essa jornada, sua orientação foi essencial durante todo esse processo.

Ao meu Co-Orientador Prof. Dr. Rodrigo Othávio, meu agradecimento por todo suporte, incentivo, ensinamentos, e principalmente por acreditar no meu desenvolvimento como profissional.

À colega e Doutoranda Taciana Vilanova, obrigada pela ajuda, apoio e paciência durante essa caminhada.

A todas as colegas da UFRN, que me prestaram auxílio e foram sempre muito cordiais e amorosas comigo.

À 3M do Brasil pelo suporte com os materiais utilizados na pesquisa. Estendo meus sinceros agradecimentos a todos que de alguma forma tornaram essa etapa da minha carreira profissional possível, a todos que acreditaram e me deram forças para seguir durante a jornada. Eternos agradecimentos à minha família!

De todo coração, recebam o meu Muito Obrigada!

“Aprender é a única coisa que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende”. Leonardo Da Vinci

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	10
RESUMO.....	11
ABSTRACT	12
1 INTRODUÇÃO	13
2 PROPOSIÇÃO	19
2.1 Objetivo geral.....	19
2.2 Objetivos específicos.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Material	20
3.2 Delineamento experimental	21
3.3 Confeção das amostras	22
3.4 Ensaio de resistência de união ao cisalhamento	30
3.5 Análise estatística	32
4 RESULTADOS.....	34
4.1 Poder da amostra	34
4.2 Resistência de união ao cisalhamento	34
4.3 Análise de fratura	36
5 DISCUSSÃO	41
6 CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fórmula estrutural do monômero funcional fosfatado 10-MDP (10-metacrililoiloxidecil dihidrogeno fosfato)	17
Figura 2 - Organograma - grupos do estudo	22
Figura 3 - Esquema ilustrando inclusão dos substratos em resina acrílica utilizando molde de silicone.....	23
Figura 4 - Esquema ‘macro’ ilustrando formato das amostras.....	24
Figura 5 - Delimitação da área de tratamento com fita isolante perfurada	25
Figura 6 - Ponteira Intracanal	26
Figura 7 - Matriz de teflon com perfuração em formato cilíndrico e clipe metálico (Ultradent, South Jordan, UT, USA)	27
Figura 8 - Clipe metálico estabilizando a matriz de teflon	27
Figura 9 - Dispensando o cimento na perfuração da matriz de teflon com auxílio de ponteira intracanal	28
Figura 10 - Cimento dispensado e fotoativado, antes da remoção do clipe metálico e matriz de teflon	29
Figura 11 - Cilindros de cimento resinoso aderidos sobre o substrato	29
Figura 12 - Máquina de ensaio universal (ODEME, Brasil)	31
Figura 13 - Amostra posicionada em máquina de ensaio universal para execução do teste mecânico	31
Figura 14 - Vista aproximada do dispositivo para teste de cisalhamento em forma de cinzel metálico incidindo na interface substrato/cimento	32
Figura 15 - Fotomicrografia (20X) representando uma falha mista predominantemente coesiva do cimento na interface cimento/CoCr. A) CoCr B) Cimento (CoCrSBUf)	38
Figura 16 - Fotomicrografia (20X) representando uma falha mista predominantemente adesiva do cimento na interface cimento/CoCr. A) CoCr B) Cimento (CoCrC).....	39

Figura 17 - Fotomicrografia (20x) representando uma falha mista predominantemente adesiva do cimento na interface cimento/CoCr. A) CoCr B) Cimento (CoCrC)..... 39

Figura 18 - Fotomicrografia (20x) representando uma falha mista predominantemente adesiva do cimento na interface cimento/Zircônia. A) Zircônia B) Cimento (ZrZP)..... 40

Figura 19 - Fotomicrografia (20X) representando uma falha mista predominantemente coesiva do cimento na interface cimento/Zircônia. A) Zircônia B) Cimento (ZrSBU)..... 40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado da análise de variância de dois fatores para os dados de resistência de união ao cisalhamento (MPa)	34
Tabela 2 - Médias de resistência de união ao cisalhamento (MPa) e desvio padrão dos grupos experimentais e controle para o fator substrato	35
Tabela 3 - Médias de resistência de união ao cisalhamento (MPa) e desvio padrão dos grupos experimentais e controle para o fator Tratamento de superfície.	35
Tabela 4 - Médias de resistência de união ao cisalhamento (MPa) e desvio padrão dos grupos experimentais e controle para a interação entre os fatores tratamento de superfície e substrato	36
Tabela 5 - Número (nº) e porcentagem (%) de falha pré-teste (FPT) nº total de amostras submetidas ao teste de cisalhamento	37
Tabela 6 - Modo de falha (%) dos grupos, após ensaio de resistência de união. A= Adesiva; C= Coesiva e M= Mista.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al ₂ O ₃	Óxido de Alumínio
CoCr	Cobalto-Cromo
MPa	Mega Pascal
N	Newton
SBU	Single Bond Universal
Ti	Titânio
ZP	Z-Prime
Zr	Zircônia
10-MDP	10 Metacriloiloxidecil dihidrogeno fosfato

Almeida CCMS. Influência do tratamento de superfície em diferentes substratos na resistência de união à cimento resinoso autoadesivo [dissertação]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2019.

RESUMO

As reabilitações orais com próteses fixas na Odontologia passaram por grande evolução ao serem estabelecidos e firmados os conceitos de adesão química. A alta demanda estética desses tratamentos faz com que as cerâmicas que são materiais altamente biocompatíveis e com ótimas propriedades mecânicas, sejam amplamente utilizadas nas reabilitações orais. Nas próteses sobre implantes, o processo de cimentação de restaurações cerâmicas acontece sobre conexões metálicas em titânio (Ti), cobalto-cromo (CoCr) ou infra-estruturas personalizadas em zircônia (Zr). O processo de cimentação necessita de algumas etapas para promover o tratamento de superfície das restaurações indiretas e variam de acordo com a especificidade de cada substrato. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do tratamento de superfície em diferentes substratos de conexões protéticas utilizando primer e sistema adesivo universal contendo o monômero funcional 10-MDP na resistência de união à cimento resinoso autoadesivo, por meio de teste mecânico de cisalhamento. Foram confeccionadas 120 amostras (n= 40 de Ti, CoCr e Zr) as quais foram incluídas em blocos de resina acrílica. As amostras foram subdivididas em 12 grupos (n=10), 3 grupos representam o controle e não tiveram a superfície tratada, os demais grupos tiveram a superfície tratada com primer monocomponente ou sistema adesivo universal contendo 10-MDP. Em seguida foi confeccionado um cilindro de cimento resinoso (2mm de altura X 2,37mm de diâmetro) com o auxílio de um dispositivo de teflon para mensurar as dimensões exatas. Após 24 horas da confecção dos cilindros, as amostras foram submetidas ao teste mecânico de cisalhamento em máquina de ensaio universal, a uma velocidade de 0,5mm/min, célula de carga de 100 kgf, até a fratura. Os resultados obtidos foram submetidos a ANOVA e teste Tukey, e demonstraram de uma maneira geral que a aplicação do monômero funcional 10-MDP (10-metacriloiloxidecil dihidrogenio fosfato) presente em primer e adesivo universal testados influenciou positivamente o tratamento de superfície de diferentes substratos utilizados em conexões protéticas, promovendo maior resistência de união ao cimento resinoso autoadesivo em todos os substratos.

Palavras-chave: Próteses e implantes. Coroas dentárias. Cimentação. Cisalhamento.

Almeida CCMS. *The influence of surface treatment on different substrates on bond strength to self-adhesive resin cement [dissertation].* São José dos Campos (SP): São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2019.

ABSTRACT

Oral rehabilitations with fixed prostheses in Dentistry had grown with great evolution when the concepts of chemical adhesion were established and signed. The high aesthetic demand of these treatments makes Ceramics, that are highly biocompatible materials and with good mechanical properties, widely used in oral rehabilitation. In implant prostheses, the process of cementation happens between ceramic restorations on metallic connections in titanium (Ti) and / or cobalt chromium (CoCr) or custom zirconia (Zr) infrastructures. During the cementing process of ceramic restorations some surface treatment steps are required, these steps varying according to the type of specific ceramics. The aim of this study was to evaluate the influence of surface treatment on different substrates of prosthetic connections using primer and universal adhesive system containing 10-MDP functional monomer on bond strength to self-adhesive resin cement by mechanical shear test. One hundred and twenty samples (n = 40 Ti, CoCr and Zr) were made and included in blocks of acrylic resin. The samples were subdivided into 12 groups (n = 10), 3 groups represent the control and did not have the surface treated, the other groups had the surface treated with single component primer or universal adhesive system containing 10-MDP. Then a resin cement cylinder (2mm height X 2,37mm diameter) was made with the aid of a teflon device to measure the exact dimensions. Twenty four hours after the cylinders were made, the samples were subjected to mechanical shear testing in a universal testing machine at a speed of 0.5mm/min, load cell 100kgf, until fracture. The results were submitted to ANOVA and Tukey test, and showed in general that the application of the 10-MDP functional monomer (10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate) present in primer and universal adhesive tested positively influenced the surface treatment of different substrates used in prosthetic connections, promoting greater bond strength to self-adhesive resin cement on all substrates.

Keywords: *Prosthodontics and implants. Dental crowns. Cementation. Shear strength.*

1 INTRODUÇÃO

O reestabelecimento da função numa reabilitação oral é um requisito básico da odontologia moderna, aliado a isso, a expectativa da demanda atual nos tratamentos reabilitadores busca combinar estética, com aspecto natural, à alta biocompatibilidade do material restaurador selecionado (Roediger et al., 2010). As próteses dentárias são substitutos artificiais utilizados nas reabilitações orais, com o intuito de restabelecer as funções fisiológicas, fonéticas, estéticas bem como aspectos psicológicos nos casos de perdas dentárias (Greska et al., 1995; Wolf, 1998; Budtz-Jorgensen, 1999; Mendonça et al., 2001; Turano et al., 2010; Guerra et al., 2015). De uma forma geral dentre as alternativas reabilitadoras, existem as próteses removíveis e as fixas, as próteses fixas não são passíveis de remoção, estando afixadas ao pilar protético podendo este ser um remanescente dentário ou um substituto radicular osseointegrável, como o implante dentário (Guerra et al., 2015).

Com o desenvolvimento dos conceitos de osseointegração, os implantes dentários se firmaram dentro da odontologia como alternativa para o tratamento de ausências dentárias. Nos casos de edentulismo, as reabilitações orais com implantes são capazes de proporcionar uma melhora considerável na estabilidade e retenção das próteses, sejam elas unitárias ou múltiplas (Att, Stappert, 2003; Van Der Bilt et al., 2006; Van Kampen et al., 2004). Com relação a retenção, as próteses fixas sobre implantes podem ser cimentadas ou aparafusadas, nas duas situações se faz necessária a utilização de um conector protético que funciona como um intermediário entre o implante osseointegrável e a prótese propriamente dita. Fatores clínicos vão guiar a seleção da abordagem protética mais adequada para cada caso (Flemmig, Beikler, 2009; Grossmann et al., 2005; Ravidá et al., 2018; Ravidá et al., 2019). As conexões protéticas de próteses sobre implantes podem ser confeccionadas em diferentes substratos, sendo titânio, cobalto-cromo e zircônia alternativas amplamente utilizadas (Ko et al., 2019).

A utilização das cerâmicas na odontologia proporcionou grande evolução nos tratamentos reabilitadores, combinando estética com propriedades adequadas de resistência mecânica (Roediger et al., 2010; Obermeier et al., 2017).

As cerâmicas são definidas como material inorgânico, não metálico, obtido a partir de matérias primas naturais de composição baseada em: argila, feldspato, sílica, caulim, quartzo, filito, talco, calcita, dolomita, magnesita, cromita, bauxito, grafita e zirconita (Craig, 2004; Noort, 2004; Pereira, 2014). A incorporação de outros compostos químicos, e as diferentes quantidades de cada constituinte, resultam numa grande variedade que vai desde cerâmicas utilizadas no dia a dia até as cerâmicas odontológicas (Kina, 2005; Pereira, 2014).

Esses materiais estéticos apresentam alta biocompatibilidade associada à boas propriedades mecânicas. Dessa forma, as cerâmicas odontológicas são amplamente utilizadas em próteses fixas e próteses fixas sobre implantes, procedimentos onde a retenção da peça é obtida por meio da cimentação resinosa (Craig, 2004; Pereira, 2014).

Vem crescendo e se estabelecendo a utilização de cerâmicas a base de zircônia nas reabilitações orais (Tinschert et al., 2001). Suas propriedades superiores as outras cerâmicas, como alta resistência mecânica, resistência à flexão e estabilidade a longo prazo, tornam esses materiais ideais para coroas, pontes e estruturas estéticas na região anterior e posterior (Koutayas, Kern, 1999; Springate, Winchester, 1991).

Apresentando propriedades promissoras para combinar resistência e estética para diversas aplicações na odontologia, a zircônia pode ser utilizada na confecção de infraestruturas (dos *coopings* para coroas unitárias, até infraestruturas de próteses múltiplas), coroas monolíticas, e até mesmo implantes e conexões protéticas para implantes (Piascik et al., 2011; Nagaoka et al., 2018).

A zircônia pode ser ligadas às estruturas dentárias por cimentos convencionais e cimentos resinosos (Ozcan et al., 2008), no entanto cimentos resinosos são normalmente a primeira escolha devido as vantagens que apresentam no que diz respeito a vedação marginal, melhor retenção (estando esse fator também relacionado com angulações adequadas dos preparos), e melhoria da resistência à fratura de materiais cerâmicos (Yang et al., 2008).

Embora as propriedades mecânicas dos materiais restauradores e conexões protéticas, cerâmicas e/ou metálicas, sejam de grande importância para a performance a longo prazo, o sucesso clínico das restaurações depende fortemente do procedimento de cimentação (Cavalcanti et al., 2009; Gomes et al., 2015).

Nas próteses fixas o processo de cimentação pode ser realizado sobre substrato dental, metálico (núcleos metálicos fundidos) ou resina composta (núcleo de preenchimento). Nas próteses fixas sobre implantes o processo de cimentação é realizado sobre conexões protéticas metálicas em titânio ou ligas de Cr-Co, ou ainda sobre infraestruturas em cerâmicas à base de zircônia (Obermeier et al., 2017).

Os métodos convencionais de cimentação adesiva, que inclui tratamento de superfície com condicionamento prévio com ácido fluorídrico e silanização, não são eficientes para zircônia (Taniş et al., 2015). Uma vez que a mesma não apresenta na sua estrutura sílica e fase vítrea, entretanto a zircônia apresenta em sua superfície a formação de uma camada de óxido que torna sua superfície semelhante aos metais (Springate, Winchester, 1991).

Para se obter uma ligação adequada entre os cimentos resinosos e as superfícies de substratos à base de metal e/ou zircônia, é ideal que a área de ligação do substrato seja aumentada e uma superfície ativa deve ser produzida (Erdem et al., 2014). Jateamento com óxidos ou sílica, pulverização de plasma, aplicação de primers, lasers, entre outros, são sugeridos pela literatura como métodos de tratamento de superfície visando melhorar a ligação do cimento resinoso ao substrato restaurador e conector protético (Erdem et al., 2014; Stawarczyk et al., 2015; Üstün et al., 2018).

Alguns tratamentos de superfície são propostos pela literatura visando melhorar e tornar mais efetiva a adesão entre essas superfícies compostas por diferentes substratos, esses tratamentos quase sempre são realizados na interface das restaurações indiretas, utilizando primers e/ou agentes de união com o objetivo de otimizar o processo de adesão (Bottino et al., 2005; Della Bona, 2007; Qeblawi, 2010; Rohr et al., 2017). A adesão de cimentos resinosos a substratos depende tanto da retenção micromecânica, quanto de ligação físico-química formada na interface de cimentação (Asmussen, Peutzfeldt, 1998; Ozcan et al., 2008; Elsaka, 2016; Veríssimo, 2018).

O tratamento de superfície nas restaurações cerâmicas é um processo bem estabelecido e detalhadamente descrito na literatura, as etapas variam de acordo com a composição da restauração indireta (Valandro et al., 2004; Pereira, 2015). Nas próteses fixas cimentadas sobre substrato dental o tratamento de superfície é realizado tanto na cerâmica quanto no substrato do preparo (dentina e/ou esmalte

dentário) utilizando agentes de superfície adequados para cada substrato específico, já nas próteses sobre implantes a cimentação acontece sobre conexões protéticas confeccionadas em substrato normalmente metálico, e as etapas de tratamento de superfície se restringem à restauração indireta, nenhum processo é realizado na conexão protética visando melhora de sua resistência de união as próteses (Valandro et al., 2004; Pereira, 2015).

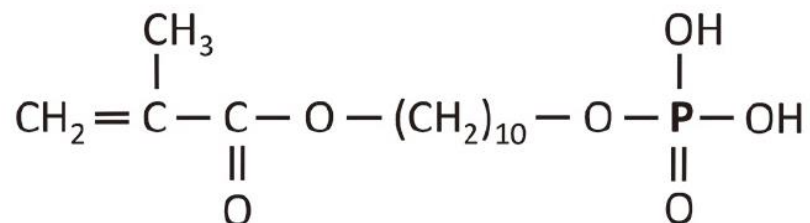
A utilização do 10-MDP (10-metacriloiloxidecil dihidrogeno fosfato) monômero funcional fosfatado comumente encontrado em primers e em alguns adesivos universais visa melhorar e ampliar a força de adesão química, ao estabelecer ligações covalentes entre a cerâmica cristalina e a película de cimento resinoso adesivo tornando assim o processo de adesão mais efetivo (Tsuchimoto, 2006).

Atualmente este monômero vem sendo indicado no tratamento de superfícies de zircônia, por se tratar de um monômero com alta afinidade por óxidos metálicos (Valandro et al., 2004; Pereira, 2015; Tsuchimoto, 2006). A ligação química que ocorre entre monômeros de éster de fosfato e zircônia é uma reação durável, aumentando a força de adesão e melhorando a ligação entre zircônia e cimentos resinosos (Kern, Wegner, 1998; Quaas et al., 2007; Ozcan et al., 2008; Chen et al., 2012; Pereira et al., 2015; Tanış et al., 2015).

O monômero 10-MDP apresenta a capacidade uma zona ácido-base resistente na interface adesiva, aumentando assim a a resposta frente a mudanças de pH tornando e mantendo o processo de adesão efetivo e estável com o passar do tempo (Carrilho et al., 2019).

A interação química que acontece entre o 10-MDP e zircônia ou materiais baseados em óxidos metálicos acontece por meio de ligação entre um grupo P-OH da molécula de 10-MDP com zircônia, enquanto o outro grupo OH interage com o grupamento fosfato de uma molécula vizinha de 10-MDP (Nagaoka et al., 2017).

Figura 1 – Fórmula estrutural do monômero funcional fosfatado 10-MDP (10-metacriloiloxidecil dihidrogeno fosfato)



Fonte: Nagaoka et al., 2017.

Os autores Wegner e Kern relataram através de estudo que a ligação química promovida pelo 10-MDP é durável e resistente à água, dessa forma, a utilização de agentes de ligação contendo 10-MDP pode aumentar a força de adesão entre alguns substratos e os cimentos resinosos (Blatz et al., 2004; Shahin, Kern, 2010; Kitayama et al., 2010).

Sua utilização como agente de tratamento de superfície em conexões metálicas à base de Ti e ligas Cr-Co visando melhoria na efetividade da adesão química e suas propriedades ainda não estão claramente descritas na literatura (Valandro et al., 2004; Tsuchimoto, 2006; Pereira, 2015).

Os primers utilizados para tratar substratos protéticos devem ser quimicamente compatíveis com os cimentos resinosos, que atualmente são os agentes de cimentação de primeira escolha nos casos de próteses fixas devido principalmente à alta resistência de união que promovem (Yang et al., 2008). O 10-MDP atua como primer metálico, e encontra-se presente na composição de alguns adesivos universais e primers (Pereira, 2015).

O método de tratamento de superfície é um fator efetivo na cimentação de resina às cerâmicas cristalinas como a zircônia (Alnassar, 2017). A força de ligação entre dois materiais pode ser definida por diferentes métodos de teste (Inokoshi et al., 2014). Métodos de teste mais comuns usados para avaliar a ligação adesiva entre dois materiais são testes de resistência à tração, microtração e cisalhamento (Bavbek et al., 2014).

Com o desenvolvimento dos adesivos universais, produtos com diversas funções visando minimizar etapas ou tratar diferentes substratos para melhorar o desempenho da cimentação, o tratamento de superfície de substratos pode ser realizado de maneira simples, rápida e efetiva (Kitayama et al., 2010; Pereira, 2015; Alnassar, 2017).

Além da importância do tratamento de superfície dos substratos, as restaurações indiretas são fortemente impactadas pelo procedimento de cimentação (de Souza et al., 2011). A cimentação resinosa promove resistência de união elevada, e devido a este fator é amplamente utilizada nas restaurações indiretas (Radovic et al., 2008).

A técnica e as etapas da cimentação resinosa podem ser consideradas complexa e sensível a erros, pois é necessário seguir uma sequência de passos, para contornar esse fator os cimentos resinosos autoadesivos são uma excelente alternativa de cimentação pois combina resistência de união adequada com simplicidade e facilidade de utilização (Palacios et al., 2006).

A composição diferenciada dos cimentos resinosos autoadesivos permite um protocolo de aplicação mais simples em substrato de dentina, pois o cimento apresenta monômeros ácidos na composição os quais ao passo que desmineralizam vão ao mesmo tempo penetrando e infiltrando o substrato dentinário resultando em retenção micromecânica sem que nenhum condicionamento ácido e aplicação de sistema adesivos sejam feitos previamente na dentina (de Souza et al., 2011).

Os cimentos resinosos autoadesivos apresentam monômeros diferenciados em sua composição, o grupamento fosfato dos monômeros funcionais presentes nos cimentos resinosos autoadesivos apresentam alta afinidade por óxidos metálicos, o que promove aumento da resistência de união com o passar do tempo ao se utilizar essa classe de cimentos na cimentação de substratos à base de óxidos metálicos (Kern, Wegner, 1998; Blatz et al., 2003; Blatz et al., 2004; Piwowarczyk et al., 2004; Passos et al., 2010).

O presente estudo visa avaliar a influência do tratamento de superfície de diferentes substratos de conexões protéticas na resistência de união à um cimento resinoso autoadesivo.

2 PROPOSIÇÃO

2.1 Objetivo geral

A proposição deste estudo foi avaliar a influência do tratamento de superfície de diferentes substratos (zircônia, cobalto-cromo e titânio) na resistência de união à cimento resinoso autoadesivo, através de teste mecânico de cisalhamento.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar se:

- a) A aplicação do monômero 10-MDP (10-metacriloiloxidecil dihidrogeno fosfato) presente em primers e adesivos universais influencia o tratamento de superfície de diferentes substratos utilizados em conexões protéticas;
- b) A aplicação de um primer monocomponente contendo o monômero 10-MDP (10-metacriloiloxidecil dihidrogeno fosfato) influencia a resistência de união dos substratos a cimento resinoso autoadesivo;
- c) A aplicação de um sistema adesivo universal contendo o monômero 10-MDP (10-metacriloiloxidecil dihidrogeno fosfato) influencia a resistência de união dos substratos a cimento resinoso autoadesivo;
- d) O modo de aplicação do adesivo universal contendo o monômero 10-MDP (10-metacriloiloxidecil dihidrogeno fosfato) em sua utilização no tratamento de superfície de substratos influencia a resistência de união à cimento resinoso autoadesivo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Todos os materiais utilizados neste estudo encontram-se detalhadamente descritos no Quadro 1.

Quadro 1 – Materiais empregados e composição

(continua)

Material	Composição
Sistema Adesivo <i>Single Bond Universal</i> (3M) Lote: 668204	Metacrilato de 2-hidroxietila; Bisfenol A diglicidil éter dimetacrilato (BisGMA); Decametileno dimetacrilato ; Etanol ; Sílica tratada de silano; Água; 1,10-Decanodiol fosfato metacrilato; Copolímero de acrílico e ácido itacônico; Caforquinona; N,N-Dimetilbenzocaína; 10-metacriloiloxidecil dihidrogeno fosfato.
Primer monocomponente <i>Z-Prime Plus</i> (Bisco) Lote: 1800005511	Etanol; Bisfenol A diglicidil éter dimetacrilato (BisGMA) ; 2-Hidroxietil metacrilato; 10-metacriloiloxidecil dihidrogeno fosfato; Trietilamina.
Cimento Resinoso <i>RelyX U200</i> (3M) Lote: 4588178	Pó de vidro (65997-17-3), superfície modificada com 2-propenóico, 2 metil-.3- (trimetoxissilil) propílico (2530-85-0), material a granel; Dimetacrilato substituída ; P-Toluenosulfonato de sódio ; 1,12-Dodecano dimetacrilato ; Sílica tratada de silano; 2,4,6(1H,3H,5H)Pirimidinetriona, 5-fenil-1- (fenilmetil) sal de cálcio (2:1); Hidróxido de cálcio; Ácido 2-propanóico, 2-metil[(3-metoxipropil)imino]di-2,1-etanodiil éster; Amina metacrilada; Dióxido de titânio.
Zircônia: Lava Plus Zircônia de Alta Translucidez (Zr-Tr) (3M) Lote: 645105	Zircônia policristalina tetragonal parcialmente estabilizada com 3 mol% de ítria (projetada para alta translucidez), conteúdo de Alumina inferior a 0,1%.

Quadro 1 – Materiais empregados e composição

(conclusão)

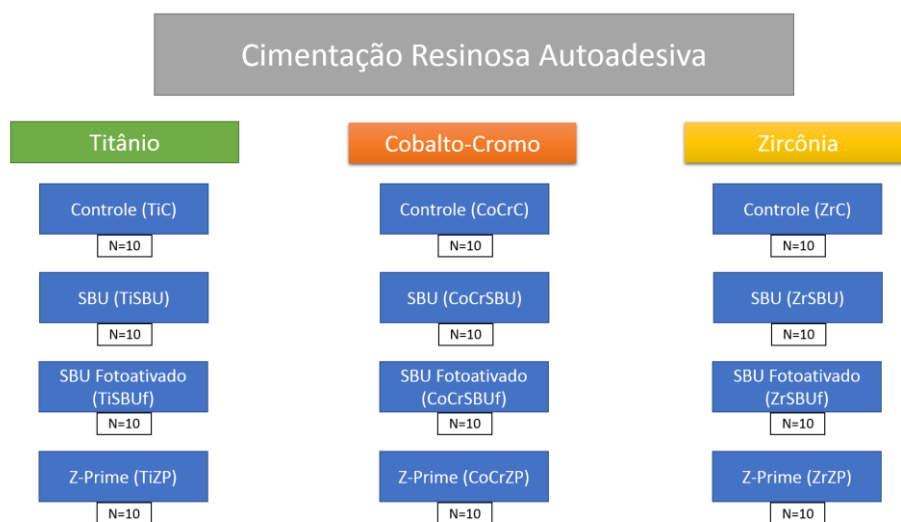
Material	Composição
Liga de Cobalto-Cromo – CoCr (DeguDent GMBH, Alemanha) Lote: 502967D	Liga de alta fusão constituída de 53% a 67% de cobalto, 25% a 32% de cromo, 2% a 6% de molibdênio, tungstênio, silício, ferro, carbono e manganês.
Titânio: (Ti CP – Titânio Comercialmente puro) Análogos de Munhão Universal (Neodent) Lote: 800360172	Componente protético de uso laboratorial (na dimensão de 4,5 mm X 6 mm), fabricado em titânio puro conforme norma ASTM (American Society for Testing and Materials).

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 Delineamento experimental

O estudo foi delineado em esquema de 2 fatores, avaliando em três diferentes substratos (Zircônia, Cromo Cobalto e Titânio) o tratamento da superfície adesiva com a aplicação de 10-MDP (Z-Prime; Bisco; Lombard, IL, EUA ; ou Single Bond Universal; 3M; St Paul, MN, EUA) seguido de cimentação com cimento resinoso autoadesivo (RelyX U200; 3M; St Paul, MN, EUA). Para o estudo foram confeccionadas 120 amostras distribuídas em 3 substratos (40 em Zircônia, 40 em Cobalto Cromo e 40 em Titânio), obtendo-se assim um total de 12 grupos (onde 3 foram de controle sem aplicação de 10-MDP) com 10 amostras em cada grupo.

Figura 2 - Organograma - grupos do estudo



Fonte: Elaborado pelo autor.

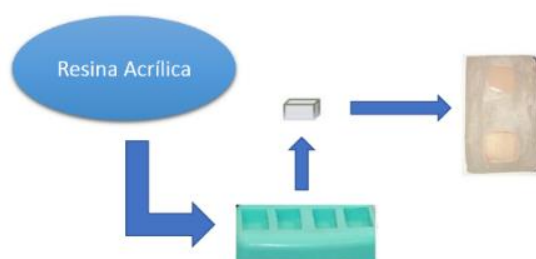
3.3 Confeção das amostras

A partir de barras de titânio puro, cobalto-cromo, e blocos de zircônia, foram obtidas 40 amostras de cada substrato. As amostras de titânio apresentam diâmetro de 5mm e espessura de 7mm. As amostras de cobalto-cromo apresentam 7mm de diâmetro e espessura de 7mm. As amostras de zircônia foram cortadas usando um disco diamantado dupla face (Microdont; São Paulo, Brasil, no. 34.570) montado em peça reta de mão acoplada a um micro-motor (LB100 Beltec, São Paulo, Brasil), obtendo dimensões 5,25 x 5,35 x 3 mm. Após o corte as amostras de zircônia foram sinterizadas em forno específico (Furnace 200®, 3M ESPE, Seefeld, Germany), durante um período de 160 minutos conforme as recomendações do fabricante.

Todas as amostras foram lixadas e polidas em uma máquina politriz (Labpol 8-12, Extec, USA) usando lixas d'água de papéis de carbo de silício (600, 800 e 1200; 3M; St Paul, MN, EUA) sob refrigeração. As amostras de zircônia por sua vez foram lixadas e polidas previamente ao processo de sinterização.

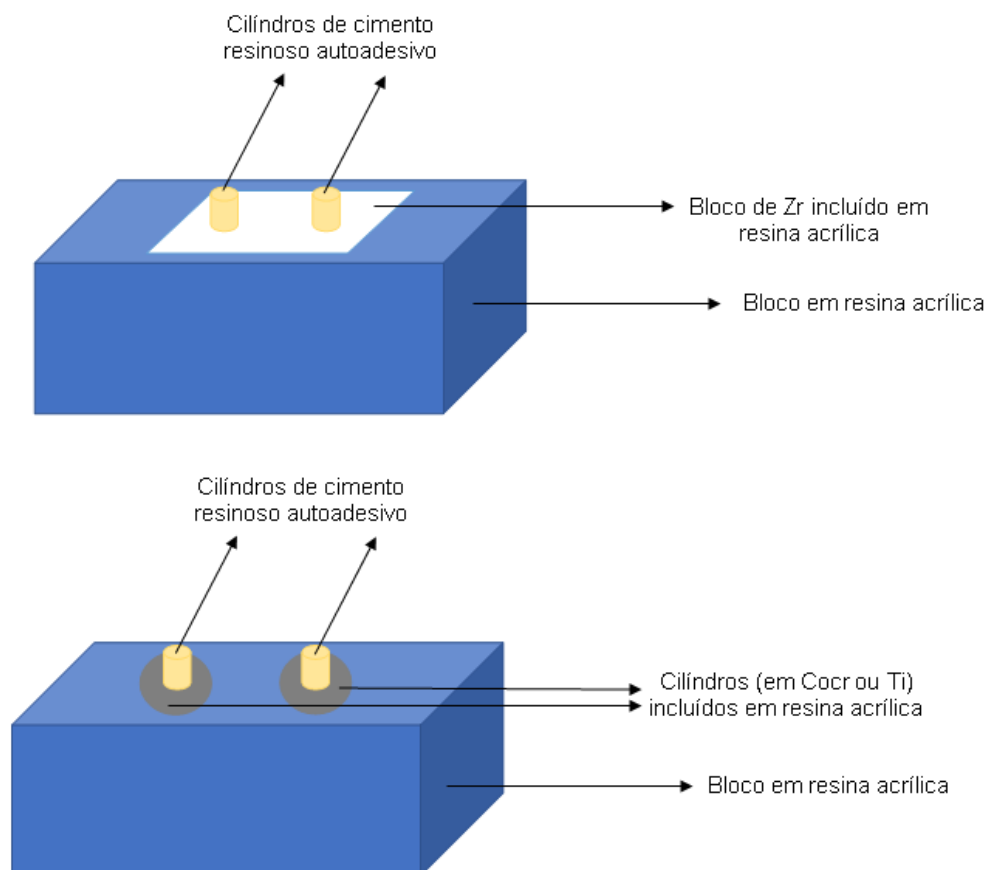
Após acabamento e polimento as amostras dos substratos foram incluídas em blocos de resina acrílica ativada quimicamente (JET, Artigos Odontológicos Clássico®, São Paulo, Brasil). utilizando um molde de silicone industrial (Silicone Master – Talmax/Brasil), o líquido e o pó da resina acrílica transparente foram misturados até se obter uma massa homogênea, em seguida o molde de silicone foi preenchido com a resina. Durante a fase plástica da resina acrílica as amostras foram posicionadas, aguardando o tempo de presa da resina acrílica para remover do molde as amostras incluídas.

Figura 3 - Esquema ilustrando inclusão dos substratos em resina acrílica utilizando molde de silicone



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4 - Esquema 'macro' ilustrando formato das amostras



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a polimerização total da resina acrílica, as superfícies foram regularizadas e novamente polidas em uma máquina politriz (Labpol 8-12, Extec, USA) usando lixas d'água de papéis de carbeto de silício (600, 800 e 1200; 3M; St Paul, MN, EUA) sob refrigeração.

As 120 amostras foram divididas em 12 grupos ($n=10$), 3 grupos representam o controle e não tiveram a superfície tratada com 10-MDP, 3 grupos tiveram a superfície tratada com primer monocomponente contendo 10-MDP (Z-Prime; Bisco; Lombard, IL, EUA), 6 grupos tiveram a superfície tratada com sistema adesivo universal contendo 10-MDP (Single Bond Universal; 3M; St Paul, MN, EUA) desses

6 grupos 3 tiveram a camada de SBU fotoativada (Radii Cal, SDI, Victoria, Austrália) durante 20 segundos, e nos outros 3 grupos a camada de SBU não foi fotoativada.

Após tratamento de superfície foi confeccionado um cilindro de cimento resinoso autoadesivo (RelyX U200; 3M; St Paul, MN, EUA) sobre o substrato.

A área de tratamento na superfície da face de trabalho de cada amostra foi delimitada com o auxílio de uma fita isolante (Fita Isolante Preta 33+ Scotch 3M 18mmX10m) perfurada com furos de aproximadamente 3,0mm de diâmetro. Os grupos que receberam tratamento prévio com primer monocomponente e sistema adesivo universal ambos contendo 10-MDP tiveram a solução aplicada na área delimitada de forma ativa com auxílio de pincel descartável do tipo 'microbrush' durante 10 segundos, seguido de evaporação do solvente com jatos de ar durante 5 segundos, de acordo com as recomendações dos fabricantes. Nos grupos que não tiveram a superfície previamente tratada com 10-MDP (grupos controle), a área foi delimitada apenas para guiar a aplicação do cimento resinoso autoadesivo, que foi dispensado diretamente sobre a área delimitada.

Figura 5 - Delimitação da área de tratamento com fita isolante perfurada



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após tratamento da interface adesiva ou não, com auxílio de ponteiros intracanais (Figura 6) o cimento resinoso autoadesivo foi dispensado sobre a superfície de trabalho delimitada por uma matriz de teflon com perfuração em formato cilíndrico (Ultradent, South Jordan, UT, USA) (Figura 7) e mantida em posição com auxílio de um clipe metálico (Ultradent, South Jordan, UT, USA) para obtenção de um cilindro de cimento com 2 mm de altura e 2,37 mm de diâmetro (Figura 8). O cimento resinoso autoadesivo foi fotopolimerizado com LED de alta potência (Radii Cal, SDI, Victoria, Austrália) durante vinte segundos seguindo recomendação do fabricante.

Figura 6 - Ponteira Intracanal



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7 - Matriz de teflon com perfuração em formato cilíndrico e clipe metálico (Ultradent, South Jordan, UT, USA)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8 - Clipe metálico estabilizando a matriz de teflon



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 9 - Dispensando o cimento na perfuração da matriz de teflon com auxílio de ponteira intracanal



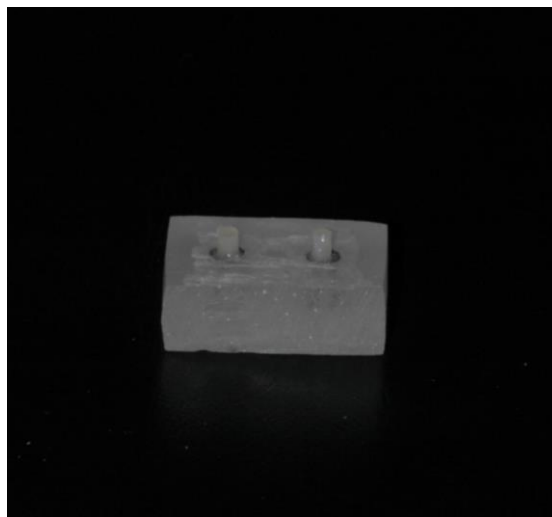
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 10 - Cimento dispensado e fotoativado, antes da remoção do clipe metálico e matriz de teflon



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11 - Cilindros de cimento resinoso aderidos sobre o substrato



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 Ensaio de resistência de união ao cisalhamento

O teste mecânico de cisalhamento consiste na resistência ao deslizamento de uma porção de um corpo frente à aplicação de uma carga. O cálculo é feito através da divisão da força pela área paralela à direção da força (Anusavice et al., 2007).

Aguardou-se um período de 24 horas após a confecção dos cilindros em cimento resinoso autoadesivo, e então as amostras foram submetidas ao ensaio de resistência ao cisalhamento em uma máquina de ensaio universal (ODEME, Brasil) (Figura 12), na qual foi adaptado um dispositivo metálico capaz de fixar o corpo de prova de modo que a interface bloco/resina permanecesse perpendicular ao plano horizontal (Figura 13). Uma força de cisalhamento foi aplicada na base do cilindro, área de interface adesiva, através de um dispositivo de carregamento em forma de cinzel metálico de aço (Figura 14) a uma velocidade de 0,5mm/min, célula de carga de 100 kgf, até o registro da fratura da amostra.

O cálculo de resistência de união adesiva foi realizado pela fórmula: $R=F/A$, onde R =resistência união (MPa); F =força (N); A =área interfacial (mm). A área adesiva de cada bloco foi definida pela área de um círculo, calculada pela seguinte fórmula:

$$A=\pi r^2, \text{ onde } \pi=3,14 \text{ e } r=1,185\text{mm}$$

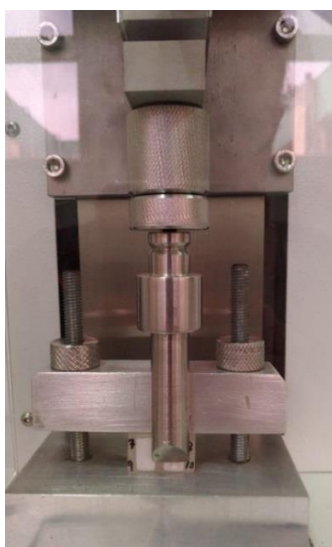
em que o raio (r) corresponde à metade do diâmetro do cilindro. Utilizando esta fórmula, a área de secção transversal foi de 4,40 mm².

Figura 12 - Máquina de ensaio universal (ODEME, Brasil)



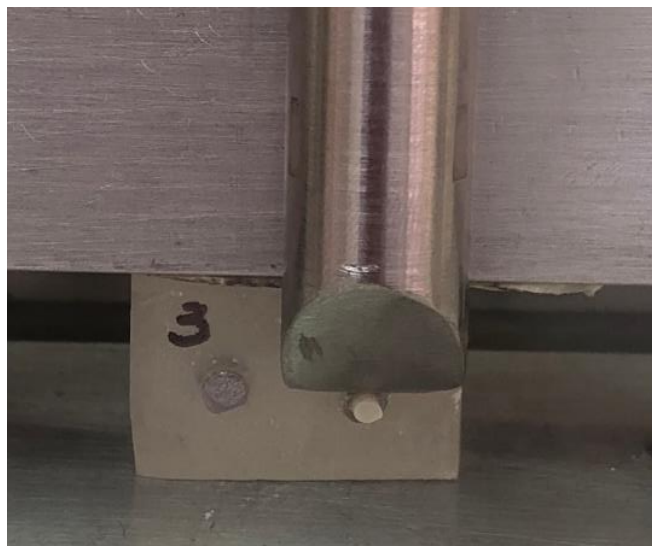
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13 - Amostra posicionada em máquina de ensaio universal para execução do teste mecânico



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14 - Vista aproximada do dispositivo para teste de cisalhamento em forma de cinzel metálico incidindo na interface substrato/cimento



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.5 Análise estatística

O cálculo de resistência de união adesiva foi aplicado a todas as amostras e realizado pela fórmula: $R=F/A$, onde R =resistência união (MPa); F =força (N); A =área interfacial (mm). A área adesiva de cada bloco foi definida pela área de um círculo, calculada pela seguinte fórmula:

$A=\pi r^2$, onde $\pi=3,14$ e $r=1,185\text{mm}$

em que o raio (r) corresponde à metade do diâmetro do cilindro. Utilizando esta fórmula, a área de secção transversal foi de $4,40\text{ mm}^2$.

Todos s resultados obtidos foram submetidos à análise estatística por meio do programa computacional STATISTIX (Analytical Software Inc., versão 8.0, 2003). Os dados obtidos da resistência de união foram avaliados quanto a distribuição e foi

constatado que seguem o padrão normal através do teste de Shapiro-wilk ($p=0,001$). Dessa forma, foi realizada a análise de variância (ANOVA) 2 fatores (fatores: substrato x tratamento de superfície) e teste Tukey (5%), para comparar os grupos experimentais entre si. Toda análise estatística foi realizada com nível de significância $\alpha = 0,05$.

4 RESULTADOS

4.1 Poder da amostra

O poder da amostra calculado no site openepi.com com intervalo de confiança de 95% comparando-se duas médias, no qual obteve-se um poder da amostra de 100%.

4.2. Resistência de união ao cisalhamento

Todos os resultados obtidos foram calculados e obtidos em MPa. Após análise de variância de dois fatores (ANOVA): substrato e tratamento de superfície revelaram que os fatores substrato ($p < 0,000$) e tratamento de superfície ($p < 0,000$) foram estatisticamente significantes, ou seja, de forma independente influenciaram nos valores de resistência de união ao cisalhamento. Da mesma forma, a interação entre esses fatores foi estatisticamente significativa ($p < 0,000$) para a variável resistência de união ao cisalhamento (Tabela 1).

Tabela 1 - Resultado da análise de variância de dois fatores para os dados de resistência de união ao cisalhamento (MPa)

Efeito	gl	SQ	QM	F	P
Tratamento de superfície	3	2199,88	733,292	39,54	0,0000
Substrato	2	701,91	350,956	18,92	0,0000
Tratamento de superfície x Substrato	6	513,87	85,646	4,62	0,0003
Resíduo	108	2002,97	18,546		
Total	119	5418,63			

*gl: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrado médio; **significância estatística ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Todos os resultados foram submetidos ao teste de Tukey, quando o fator “substrato” foi avaliado isoladamente, observou-se que o titânio apresentou maior média de resistência de união, sendo estatisticamente significante quanto comparado aos demais materiais (14.2^A). Com relação ao fator “tratamento de superfície”, os grupos que utilizaram o SBU com ou sem fotoativação, apresentaram as maiores médias de resistência de união (SBU_F = 16.1^A e SBU = 13.5^A) em relação aos demais, sendo diferentes estatisticamente entre os grupos, porém sem diferença entre si. Já o grupo que obteve o pior desempenho foi o controle, sendo diferente estatisticamente (C = 4.9^C).

Tabela 2 - Médias de resistência de união ao cisalhamento (MPa) e desvio padrão dos grupos experimentais e controle para o fator substrato

Material	Média (MPa) e desvio padrão
Zircônia (Z)	8.8 (±5.1) ^B
Cobalto-Cromo (Co)	9.4 (±6.7) ^B
Titânio (Ti)	14.2 (±6.9) ^A

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3 - Médias de resistência de união ao cisalhamento (MPa) e desvio padrão dos grupos experimentais e controle para o fator Tratamento de superfície.

Primer	Média (MPa) e desvio padrão
Controle (C)	4.9(±3.2) ^C
Z-Prime (ZP)	9(±3.5) ^B
SBU	13.5(±7.1) ^A
SBU_F	16.1(±6.0) ^A

*Teste de tukey (p<0,05); Letras diferentes mostram diferenças estatísticas entre os grupos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A comparação entre os todos os grupos demonstrou que o grupo TiSBU $19.7(\pm 4.4)^A$ e TiSBU_F $20.3(\pm 3.8)^A$ apresentaram as maiores médias de resistência de união, já o grupo que obteve o pior desempenho foi ZrC $3.4(\pm 2.8)^E$. Para o CoCr, o uso do SBU fotoativado apresentou maior média de resistência de união CoCrSBU_F $17.2(\pm 6.4)^{AB}$, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos para esse material, já para a zircônia, qualquer um dos métodos (ZP, SBU e SBU_F não obtiveram diferença estatística (tabela 4).

Tabela 4 - Médias de resistência de união ao cisalhamento (MPa) e desvio padrão dos grupos experimentais e controle para a interação entre os fatores tratamento de superfície e substrato

Substrato	Tratamento de superfície			
Material	Controle	ZPrime	SBU	SBU _F
Zircônia (Zr)	$3.4(\pm 2.8)^E$	$9.2(\pm 3.7)^{CDE}$	$11.9(\pm 5.9)^{BC}$	$10.8(\pm 3.3)^{BCD}$
Cobalto-Cromo (CoCr)	$4.9(\pm 3.5)^{DE}$	$7.1(\pm 3.3)^{CDE}$	$8.7(\pm 6.1)^{CDE}$	$17.2(\pm 6.4)^{AB}$
Titânio (Ti)	$6.4(\pm 2.9)^{CDE}$	$10.6(\pm 2.9)^{CD}$	$19.7(\pm 4.4)^A$	$20.3(\pm 3.8)^A$

*Teste de tukey ($p < 0,05$); Letras diferentes mostram diferenças estatísticas entre os grupos.
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Análise da fratura

As superfícies fraturadas foram analisadas em Estereomicroscópio óptico (Stereo Discovery V20, Zeiss, Göttingen, Germany) as imagens qualitativas dos tipos de falhas foram analisadas com aumento de 20 vezes. Nenhuma amostra precisou ser substituída, e todas foram analisadas pelo mesmo operador. O padrão de fratura foi classificado em: A = fratura adesiva, quando a falha ocorreu na interface substrato-cimento estando o substrato liso e livre de qualquer resquício de cimento; C = fratura coesiva, quando a falha ocorreu através de coesão na interface

do cimento; e M = fratura mista, quando a falha ocorreu na interface substrato-cimento estando o substrato liso e livre de qualquer resquício de cimento em algumas regiões, e em outras existindo resquício de cimento sugerindo coesão.

Tabela 5 - Número (nº) e porcentagem (%) de falha pré-teste (FPT) nº total de amostras submetidas ao teste de cisalhamento

Grupos	Número de amostras	N e % de FPT espontânea	N e % de amostras Testadas
ZrC	10	3 (30%)	7 (70%)
ZrZP	10	0 (0%)	10 (100%)
ZrSBU	10	0 (0%)	10 (100%)
ZrSBU_F	10	0 (0%)	10 (100%)
CoCrC	10	2(20%)	8 (80%)
CoCrZP	10	0 (0%)	10 (100%)
CoSBU	10	1 (0%)	9 (100%)
CoSBU_F	10	0 (0%)	10 (100%)
TiC	10	1(10%)	9 (90%)
TiZP	10	0(0%)	10 (100%)
TiSBU	10	2 (20%)	8 (80%)
TiSBU_F	10	1(10%)	9 (90%)

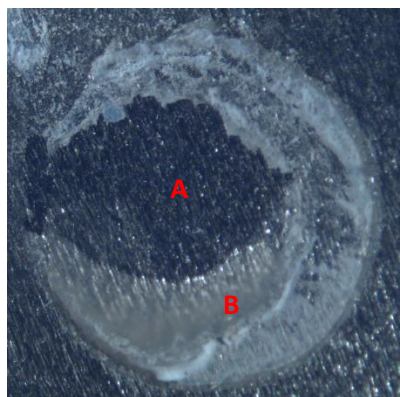
Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6 - Modo de falha (%) dos grupos, após ensaio de resistência de união. A= Adesiva; C= Coesiva e M= Mista

Cimento/Grupos		Porcentagem por tipo de falha			Total
		A	M	C	
Zircônia (Z)	Controle	7	3	0	100%
	Z-Prime	2	8	0	100%
	SBU	3	7	0	100%
	SBU _F	1	9	0	100%
CoCr	Controle	5	5	0	100%
	Z-Prime	5	5	0	100%
	SBU	0	10	0	100%
	SBU _F	0	10	0	100%
Titânio	Controle	2	8	0	100%
	Z-Prime	1	9	0	100%
	SBU	0	10	0	100%
	SBU _F	0	10	0	100%

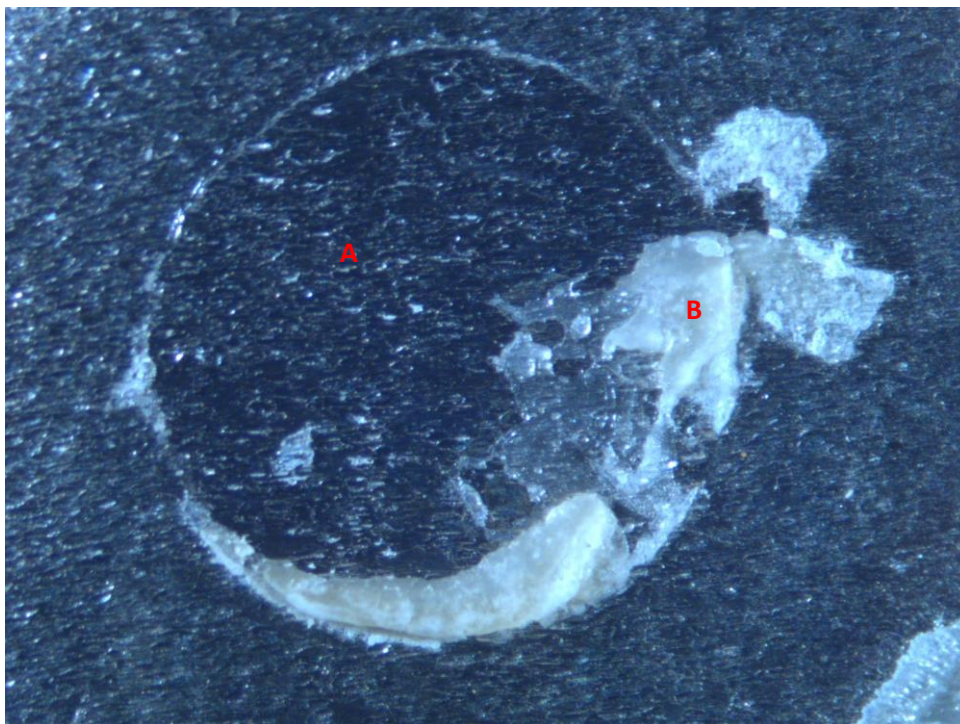
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 15 - Fotomicrografia (20X) representando uma falha mista predominantemente coesiva do cimento na interface cimento/CoCr. A) CoCr B) Cimento (CoCrSBUf)



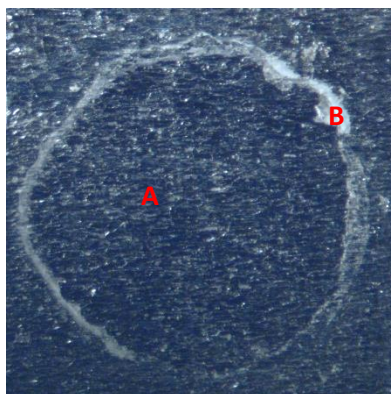
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 16 - Fotomicrografia (20X) representando uma falha mista predominantemente adesiva do cimento na interface cimento/CoCr. A) CoCr B) Cimento (CoCrC)



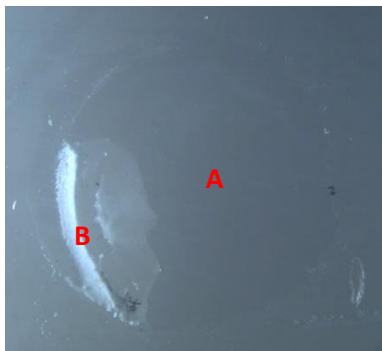
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 17 - Fotomicrografia (20x) representando uma falha mista predominantemente adesiva do cimento na interface cimento/CoCr. A) CoCr B) Cimento (CoCrC)



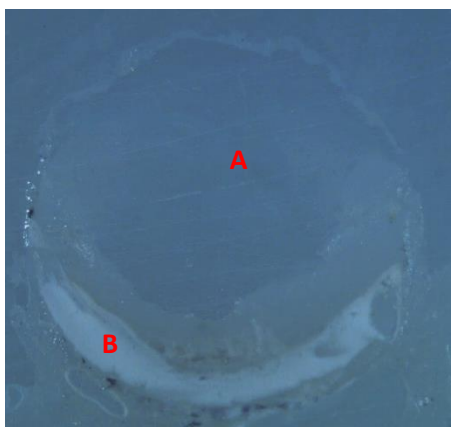
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18 - Fotomicrografia (20x) representando uma falha mista predominantemente adesiva do cimento na interface cimento/Zircônia. A) Zircônia B) Cimento (ZrZP)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 19 - Fotomicrografia (20X) representando uma falha mista predominantemente coesiva do cimento na interface cimento/Zircônia. A) Zircônia B) Cimento (ZrSBU)



Fonte: Elaborado pelo autor.

5 DISCUSSÃO

A metodologia desenvolvida nesse estudo foi baseada nos mesmos testes aplicados na metodologia utilizada por Lim et al. (2018) e por Veríssimo (2018). No estudo de Lim et al. (2018), a resistência de união foi analisada através de teste mecânico de cisalhamento. Amostras de zircônia tratada ou não com 10-MDP foram cimentadas sobre dentina bovina. No estudo de Veríssimo (2018) dentre outros fatores analisou-se a resistência de união ao cisalhamento de diferentes tratamentos de superfície de cerâmicas que foram submetidas à reparos com resina composta.

Este estudo teve como objetivo avaliar a influência do tratamento de superfície de diferentes substratos (zircônia, titânio e cobalto-cromo) de conexões protéticas utilizadas sobre implantes na resistência de união a cimento resinoso autoadesivo, utilizando primer e adesivo universal que apresentam o monômero 10-MDP na composição como estratégia de tratamento de superfície.

Diversos trabalhos mostram que as retenções micromecânicas formadas por aumento da rugosidade dos substratos por meio de tratamentos de superfície através de ação química e/ou física podem ser eficazes na interação dos materiais, cooperando para uma melhor adesão (Stawarczyk et al., 2015; Üstün et al., 2018; Veríssimo, 2018; Carrilho et al., 2019). É importante evidenciar que a escolha dentre as diferentes estratégias deve ser feita de acordo com as características de composição dos substratos em questão.

Os resultados obtidos nesse estudo sugerem de uma maneira geral que a resistência de união a cimento resinoso autoadesivo é influenciada positivamente pelo tratamento de superfície com 10-MDP nos substratos de zircônia, titânio e cobalto-cromo que foram analisados, corroborando com os resultados de outros estudos que também demonstram a eficácia do monômero funcional 10-MDP (10-metacrilóiloxidecil dihidrogênio fosfato) como agente tratante de substratos com composição baseada em óxidos metálicos (Kitayama et al., 2010; Nagaoka et al., 2017).

O ensaio de cisalhamento foi o teste selecionado para analisar numericamente a resistência de união nesse estudo. Esse tipo de ensaio é feito através de uma metodologia de fácil execução, apresenta baixo custo, e é

comumente utilizado em estudos de adesão (Sirisha et al., 2014a; Lim et al., 2018; Veríssimo, 2018).

A microtração e o microcisalhamento são outras opções de ensaios descritos na literatura que podem ser utilizados para analisar a resistência de união (Dundar et al., 2007), porém nesses ensaios a área adesiva é reduzida buscando minimizar o número e as possibilidades de defeitos internos ou falhas superficiais na interface adesiva (Canay et al., 2001; Della Bona et al., 2004).

Neste estudo procedimentos associados ao corte dos substratos foram necessários para confeccionar as amostras, optou-se assim por realizar cisalhamento, visto que os testes de microtração ou microcisalhamento poderiam induzir falha prematura na interface uma vez que a área adesiva seria reduzida e precisaria passar por processos de corte podendo este ser um fator que viesse a provocar falha prematura (Sirisha et al., 2014b; Veríssimo, 2018).

Alguns autores relatam que uma das limitações do ensaio de cisalhamento seria a distribuição não uniforme de tensões devido a maior área. Uma maneira de obter uma distribuição de tensão mais uniforme e assegurar a obtenção de resultados confiáveis é limitar a área adesiva num espaço menor (Naves et al., 2010; Sirisha et al., 2014b; Veríssimo, 2018). Nesse estudo, visando minimizar o risco de distribuição não uniforme de tensões, a área adesiva foi precisamente delimitada em todas as amostras utilizando uma matriz de teflon com perfuração em formato cilíndrico (Ultradent, South Jordan, UT, USA), obtendo-se um diâmetro de 2,37mm de interface a ser analisada.

Monômeros funcionais vêm sendo incorporados na composição de sistemas adesivos e agentes de cimentação principalmente por apresentar a capacidade de interagir quimicamente com o substrato dental, resultando em aumento da resistência de união nos procedimentos de adesão (Carrilho et al., 2019).

A análise numérica dos resultados do ensaio de cisalhamento desse estudo demonstra que o protocolo de tratamento de superfície dos substratos estudados (zircônia, titânio e cobalto-cromo) com 10-MDP presente em primer e adesivo universal sugere aumento da resistência de união a cimento resinoso autoadesivo, e consequente melhora na adesão. Observa-se diferença de resultado a depender do substrato analisado, e isso se deve ao fato de que os materiais apresentam diferentes níveis de hidrofilia, bem como diferente grau de molhabilidade uma vez

que a composição não é a mesma, e isso altera o nível de interação e efetividade de monômeros utilizados para tratar a superfície (Rodrigues et al., 2009; Veríssimo, 2018).

Estudos *in vitro* como o de Ozcan (2008) e o de Elsaka (2016) sugerem que a morfologia do substrato é modificada após a realização de tratamento de superfície adequado para cada tipo específico de substrato. Diferentes estratégias de tratamentos de superfície podem ser utilizadas, desde a aplicação de primers até o jateamento de partículas visando aumentar a área de superfície das interfaces a serem cimentada.

O jateamento de partículas na superfície de substratos à base de óxidos metálicos é uma alternativa de tratamento bem descrita na literatura como efetiva para melhorar a adesão, o jateamento pode ser feito com partículas de óxido de alumínio (Al_2O_3) ou partículas de sílica processo conhecido como silicatização (Stawarczyk et al., 2015; Üstün et al., 2018; Veríssimo, 2018). Os autores (Ozcan et al., 2008; Stawarczyk et al., 2015; Üstün et al., 2018; Veríssimo, 2018; Minh et al., 2019) relatam que o jateamento com essas partículas promovem retenções e consequentemente aumentam a resistência de união durante a cimentação criando uma interface de cimentação mais durável. Os jateamentos de partículas são boas alternativas de tratamentos de superfície conforme sugerem os estudos já citados, porém a necessidade de equipamento específico limita muitas vezes o uso, desta forma os meios químicos de tratamentos de superfície através de primers são mais viáveis de serem utilizados durante a rotina clínica.

No estudo de Elsaka (2016), no qual brackets metálicos e cerâmicos receberam tratamento de superfície e foram cimentados sobre cerâmica híbrida, os grupos que receberam tratamento de superfície através do jateamento de partículas de sílica (sistema CoJet) apresentaram resultado de resistência de união significativamente maiores do que os demais grupos. De uma forma geral os resultados dos testes realizados por Elsaka (2016) mostram que a resistência de união ao cisalhamento foi significativamente afetada de acordo com o tipo de substrato e tratamento de superfície realizado.

Alguns estudos demonstram que a associação de tratamentos de superfície pode gerar aumento significativo na resistência de união, como no estudo de Hirayama et al. (2017) que associou jateamento com partículas de óxido de alumínio

(Al₂O₃) à primer, aplicando na superfície de *abutments* de implantes demonstrando que essa associação promove maior resistência e pode ser utilizada para prevenir afrouxamento de parafusos em implantes do tipo cone morse.

A associação de adesivos universais ao jateamento de partículas de óxido de alumínio (Al₂O₃) também é uma alternativa descrita por autores. No estudo de Pereira et al. (2015) diferentes adesivos universais que podem ser utilizados como primer foram testados associados ao jateamento com partículas de óxido de alumínio (Al₂O₃). Os resultados demonstraram que a maioria dos adesivos universais testados tiveram sua performance melhorada após jateamento, concluindo que a associação de jateamento de partículas de 110µm de óxido de alumínio seguido de aplicação adesivo universal aumenta a resistência de união na cimentação.

Estudos demonstram que a utilização do monômero funcional 10-MDP (10-metacriloiloxidecil dihidrogeno fosfato) presente em primers, adesivos e cimentos, como agente de tratamento da zircônia e substratos baseados em óxidos metálicos é quimicamente efetivo resultando em maior resistência de união e maior durabilidade nas cimentações (Wegner, Kern, 2000; Blatz et al., 2003; Luthy et al., 2006; Wolfart et al., 2007; Ozcan, Bernasconi, 2015; Nagaoka et al., 2017).

Os autores Kitayama et al. (2010) e Koizumi et al. (2012) avaliaram a resistência de união de diversos primers, adesivos e cimentos contendo o monômero funcional 10-MDP (10-metacriloiloxidecil dihidrogeno fosfato), e demonstram que os altos valores de resistência de união com zircônia estão atrelados a reação química estável que acontece entre o 10-MDP e óxidos de zircônia.

Estudos recentes relatam que o monômero funcional 10-MDP (10-metacriloiloxidecil dihidrogeno fosfato) afeta positivamente a efetividade de adesão de cimentos resinosos a zircônia e materiais com composição baseada em óxidos metálicos (Kitayama et al., 2010; Nagaoka et al., 2017), achados que também foram observados nesse estudo ao analisar o aumento da resistência de união nos três substratos estudados após tratamento de superfície com primer e adesivo universal contendo 10-MDP.

Alguns autores relatam que o sucesso clínico de uma restauração indireta está dentre outros fatores diretamente relacionado com o procedimento de cimentação realizado (Radovic et al., 2008; de Souza et al., 2011).

Durante o processo de cimentação resinosa é essencial seguir uma sequência de etapas, o que muitas vezes torna a técnica complexa e sensível à erros (de Souza et al., 2011). Estudos demonstram que os cimentos resinosos autoadesivos apresentam um protocolo mais simples de aplicação e execução, sendo, portanto, uma excelente alternativa durante a etapa de cimentação (Radovic et al., 2008).

Em adicional, a literatura demonstra que cimentos resinosos autoadesivos promovem elevada e adequada resistência de união à zircônia, ligas metálicas e cerâmicas vítreas, podendo ser a resistência de união equivalente ou superior a promovida pelos cimentos resinosos convencionais (Palacios et al., 2006). Dessa maneira, os resultados desse estudo corroboram com os pontos levantados por outros estudos, uma vez que seguindo os protocolos simples de aplicação do cimento resinoso autoadesivo os resultados de resistência de união foram satisfatórios para os três substratos testados, observando-se em alguns grupos um maior valor numérico de resistência de união que está relacionado com a utilização de primer ou adesivo universal contendo o monômero funcional 10-MDP (10-metacriloiloxidecil dihidrogenio fosfato).

Autores sugerem ainda que tratamento de superfície em substratos como zircônia associado à cimentação com cimento resinoso autoadesivo promove o aumento da resistência de união com o passar do tempo, isso deve-se ao fato de que os cimentos resinosos autoadesivos apresentam alta afinidade dos por óxidos metálicos pois possuem monômeros diferenciados em sua composição (Kern, Wegner, 1998; Blatz et al., 2003; Blatz et al., 2004; Piwowarczyk et al., 2004; Passos et al., 2010).

No estudo em questão os resultados mostram que os grupos de zircônia tiveram números expressivos de resistência de união, porém o titânio foi o substrato que apresentou maior expressividade numérica no que diz respeito a resistência de união à cimento resinoso autoadesivo.

Os resultados desse estudo demonstram relevância clínica importante sugerindo tratamento de superfície de fácil execução e de alta eficiência em

conexões protéticas de implantes, indicando aumento da resistência de união na cimentação de todos os substratos estudados.

A análise dos resultados sugere que utilização de primer e ou adesivo universal contendo o monômero funcional 10-MDP (10-metacrilóiloxidecil dihidrogeno fosfato) nas conexões protéticas de implantes previamente ao processo de cimentação, é um protocolo simples e seguro para o clínico, e vai assegurar valores maiores de resistência de união. Estudos clínicos adicionais podem ser realizados para validar e complementar os resultados obtidos.

6 CONCLUSÃO

Baseado nos resultados desse estudo pode-se concluir de uma maneira geral que houve melhora na adesão após a aplicação do monômero funcional 10-MDP (10-metacriloiloxidecil dihidrogeno fosfato) presente em primer e adesivo universal testados, promovendo maior resistência de união de todos os substratos estudados ao cimento resinoso autoadesivo.

Com relação aos três substratos analisados, observou-se maior resistência de união ao cimento resinoso autoadesivo após tratamento de superfície com o monômero funcional 10-MDP (10-metacriloiloxidecil dihidrogeno fosfato) nos grupos do titânio, seguido dos grupos de zircônia, e cobalto-cromo.

O adesivo universal contendo o monômero funcional 10-MDP (10-metacriloiloxidecil dihidrogeno fosfato) quando fotoativado após aplicação mostrou resultados superiores de resistência de união em todos os substratos estudados.

REFERÊNCIAS*

Alnassar Talal. Effect of surface treatments and aging solutions on the repair bond strength of composite resin to zirconia. *J Biomater Tissue Eng*. 2017;7(10):1045-50.

Anusavice KJ, Kakar K, Ferree N. Which mechanical and physical testing methods are relevant for predicting the clinical performance of ceramic-based dental prostheses? *Clin Oral Implants Res*. 2007;18 Suppl 3:218-31.

Asmussen E, Peutzfeldt A. Surface energy characteristics of adhesive monomers. *Dent Mater*. 1998;14(1):21-8.

Att W, Stappert C. Implant therapy to improve quality of life. *Quintessence Int*. 2003;34(8):573-81

Bavbek NC, Roulet JF, Ozcan M. Evaluation of microshear bond strength of orthodontic resin cement to monolithic zirconium oxide as a function of surface conditioning method. *J Adhes Dent*. 2014;16(5):473-80. Doi: 10.3290/j.jad.a32812.

Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent*. 2003;89(3):268-74.

Blatz M, Sadan A, Martin J, Lang B. In vitro evaluation of shear bond strengths of resin to densely-sintered high-purity zirconium-oxide ceramic after long-term storage and thermal cycling. *J Prosthet Dent*. 2004;91(4):356-62.

Bottino MA, Valandro LF, Scotti R, Buso L. Effect of surface treatments on the resin bond to zirconium-based ceramic. *Int J Prosthodont*. 2005;18(1):60–5.

Budtz-Jørgensen E. *Prosthodontics for the elderly: diagnosis and treatment*. Chicago: Quintessence Publishing; 1999.

Canay S, Hersek N, Ertan A. Effect of different acid treatments on a porcelain surface. *J Oral Rehab*. 2001;28(1):95-101.

Carrilho E, Cardoso M, Marques Ferreira M, Marto CM, Paula A, Coelho AS. 10-MDP based dental adhesives: adhesive interface characterization and adhesive stability—a systematic review. *Materials* 2019;12(5):(2019):E790.

Cavalcanti AN, Foxton RM, Watson TF, Oliveira MT, Giannini M, Marchi GM. Bond strength of resin cements to a zirconia ceramic with different surface treatments. *Oper Dent*. 2009;34(3):280-7.

Chen C, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Effect of an experimental zirconia–silica coating technique on micro tensile bond strength of zirconia in different priming conditions. *Dent Mater*. 2012;28(8):e127-e134.doi:10.1016/j.dental.2012.04.020.

* Baseado em: International Committee of Medical Journal Editors Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical journals: Sample References [Internet]. Bethesda: US NLM; c2003 [cited 2019 Jan 2019]. U.S. National Library of Medicine; [about 6 p.]. Available from: http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

Craig RG, Powers JM. Materiais dentários restauradores. 11. ed. São Paulo: Santos; 2004.

Della Bona A, Shen C, Anusavice KJ. Work of adhesion of resin and treated lithiadiasilicate-based ceramic. *Dent Mater.* 2004;20(4):338-44.

Della Bona A, Borba M, Benetti P, Cecchetti D. Effect of surface treatments on the bond strength of a zirconia-reinforced ceramic to composite resin. *Braz Oral Res.* 2007;21:10-5.

Souza TR, Leão Filho JCB, Beatrice CS. Cimentos auto-adesivos: eficácias e controvérsias. *Revista Dentística on line.* [Internet]. 2011 [cited 2018 Ago 25];10(21):20-25. Available from: <http://coral.ufsm.br/dentisticaonline/1012.pdf>

Dündar M, Ozcan M, Gökçe B, Cömlekoğlu E, Leite F, Valandro LF. Comparison of two bond strength testing methodologies for bilayered all-ceramics. *Dent Mater.* 2007;23(5):630-6.

Elsaka SE. Influence of surface treatments on bond strength of metal and ceramic brackets to a novel CAD/CAM hybrid ceramic material. *Odontology.* 2006;104(1):68-76.

Erdem A, Akar GC, Erdem A, Kose T. Effects of different surface treatments on bond strength between resin cements and zirconia ceramics. *Oper Dent.* 2014;39(3):E118-E127.doi: 10.2341/12-420-L.

Flemmig TF, Beikler T. Decision making in implant dentistry: an evidence-based and decision-analysis approach. *Periodontol.* 2000. 2009;50(1):154-72. doi:10.1111/j.1600-0757.2008.00286.x.

Gomes AL, Ramos JC, Santos-del Riego S, Montero J, Albaladejo A. Thermocycling effect on microshear bond strength to zirconia ceramic using Er: YAG and tribochemical silica coating as surface conditioning. *Lasers Med Sci.* 2015 Feb;30(2):787-95. doi: 10.1007/s10103-013-1433-z.

Greksa LP, Parraga IM, Clark CA. The dietary adequacy of edentulous older adults. *J Prosthet Dent.* 1995 Feb;73(2):142-5.

Grossmann Y, Finger IM, Block MS. Indications for splinting implant restorations. *J Oral Maxillofac Surg.* 2005 Nov;63(11):1642-52.

Guerra CMF, Almeida CCMS, Vieira FLT. Autopercepção da qualidade de vida associada à saúde bucal em idosos reabilitados com prótese total inferior tipo overdenture. *Full Dent Sci.* 2015;6(24):450-5.

Hirayama APM, Oliveira Lima Bohner L, Marotti J, Steagall W Jr, Laganá DC, Tortamano P. Influence of abutment surface treatments on screw loosening of morse taper implants. *Implant Dent.* 2017 Oct;26(5):718-722. doi:10.1097/ID.0000000000000622.

Inokoshi M, Poitevin A, De Munck J, Minakuchi S, Van Meerbeek B. Bonding effectiveness to different chemically pre-treated dental zirconia. *Clin Oral Investig*. 2014 Sep;18(7):1803-12. doi: 10.1007/s00784-013-1152-7.

Kern M, Wegner SM. Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dent Mater*. 1998 Jan;14(1):64-71.

Kina S. Cerâmicas dentárias. *Rev Dental Press Estét*. 2005;2(2):112-128.

Kitayama S, Nikaido T, Takahashi R, Zhu L, Ikeda M, Foxton RM, et al. Effect of primer treatment on bonding of resin cements to zirconia ceramic. *Dent Mater*. 2010 May;26(5):426-32. doi: 10.1016/j.dental.2009.11.159.

Kitayama S, Nikaido T, Ikeda M, Alireza S, Miura H, Tagami J. Internal coating of zirconia restoration with silica-based ceramic improves bonding of resin cement to dental zirconia ceramic. *Biomed Mater Eng*. 2010;20(2):77-87. doi:10.3233/BME-2010-0617.

Ko KH, Huh YH, Park CJ, Cho LR. Axial displacement in cement-retained prostheses with different implant-abutment connections. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2019 September/October;34(5):1098–104. doi: 10.11607/jomi.738

Koizumi H, Nakayama D, Komine F, Blatz MB, Matsumura H. Bonding of resin-based luting cements to zirconia with and without the use of ceramic priming agents. *J Adhes Dent*. 2012 Aug;14(4):385-92. doi: 10.3290/j.jad.a22711.

Koutayas SO, Kern M. All-ceramic posts and cores: the state of the art. *Quintessence Int*. 1999 Jun;30(6):383.

Lim MJ, Yu MK, Lee KW. The effect of continuous application of MDP-containing primer and luting resin cement on bond strength to tribochemical silica-coated Y-TZP. *Restor Dent Endod*. 2018 Apr 3;43(2):e19. doi: 10.5395/rde.2018.43.e19.

Lüthy H, Loeffel O, Hammerle CH. Effect of thermocycling on bond strength of luting cements to zirconia ceramic. *Dent Mater*. 2006 Feb;22(2):195-200.

Mendonça G, Neves FDD, Fernandes Neto AJ, Lira TD. Avaliação longitudinal de próteses sobre implantes enfatizando dificuldades e insucessos: controle de um ano. *BCI* 2001;8(31):228-35.

Larsson C, Papia E. Bond strength between MDP-based cement and translucent zirconia. *Dent Mater J*. 2019 Jun 1;38(3):480-9. doi: 10.4012/dmj.2018-194.

Nagaoka N, Yoshihara K, Feitosa VP, Tamada Y, Irie M, Yoshida Y, et al. Chemical interaction mechanism of 10-MDP with zirconia. *Sci Rep*. 2017 Mar 30;7:45563. doi: 10.1038/srep45563.

Nagaoka N, Yoshihara K, Tamada Y, Yoshida Y, Meerbeek BV. Ultrastructure and bonding properties of tribochemical silica-coated zirconia. *Dent Mater J*. 2019Feb 8;38(1):107-13. doi: 10.4012/dmj.2017-397

Naves LZ, Soares CJ, Moraes RR, Gonçalves LS, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L. Surface/interface morphology and bond strength to glass ceramic etched for different periods. *Oper Dent*. 2010 Jul-Aug;35(4):420-7. doi: 10.2341/09-152-L.

Noort R. Introdução aos materiais dentários. 2. ed. Porto Alegre: Artmed; 2004.

Obermeier M, Ristow O, Erdelt K, Beuer F. Mechanical performance of cement- and screw-retained all-ceramic single crowns on dental implants. *Clin Oral Investig* 2018;22(2):981-91.

Ozcan M, Kerkdijk S, Valandro LF. Comparison of resin cement adhesion to Y-TZP ceramic following manufacturers' instructions of the cements only. *Clin Oral Investig*. 2008 Sep;12(3):279-82.

Özcan M, Bernasconi M. Adhesion to zirconia used for dental restorations: a systematic review and meta-analysis. *J Adhes Dent*. 2015 Feb;17(1):7-26. doi: 10.3290/j.jad.a33525.

Palacios RP, Johnson GH, Phillips KM, Raigrodski AJ. Retention of zirconium oxide ceramic crowns with three types of cement. *J Prosthet Dent*. 2006Aug;96(2):104-14.

Passos SP, May LG, Barca DC, Ozcan M, Bottino MA, Valandro LF. Adhesive quality of self-adhesive and conventional adhesive resin cement to Y-TZP ceramic before and after aging conditions. *Oper Dent*. 2010 Nov-Dec;35(6):689-96. doi:10.2341/10-157-L.

Pereira LL. Influência de diferentes tratamentos de superfície na durabilidade da união entre um cimento resinoso e uma cerâmica policristalina de zircônia tetragonal parcialmente estabilizada com ítria [dissertação]. João Pessoa (PB): Universidade Federal da Paraíba (UFPB); 2014

Pereira Lde L, Campos F, Dal Piva AM, Gondim LD, Souza RO, Özcan M. Can application of universal primers alone be a substitute for airborne-particle abrasion to improve adhesion of resin cement to zirconia? *J Adhes Dent*. 2015 Apr;17(2):169-74. doi: 10.3290/j.jad.a33974..

Piasecik JR, Wolter SD, Stoner BR. Development of a novel surface modification for improved bonding to zirconia. *Dent Mater*. 2011 May;27(5):e99-105. doi:10.1016/j.dental.2011.01.005.

Piowarczyk A, Lauer HC, Sorensen JA. In vitro shear bond strength of cementing agents to fixed prosthodontic restorative materials. *J Prosthet Dent*. 2004 Sep;92(3):265-73. PubMed PMID: 15343162.

Qeblawi DM, Muñoz CA, Brewer JD, Monaco EA Jr. The effect of zirconia surface treatment on flexural strength and shear bond strength to a resin cement. *J Prosthet Dent*. 2010 Apr;103(4):210-20. doi: 10.1016/S0022-3913(10)60033-9

Quaas AC, Yang B, Kern M. Panavia F 2.0 bonding to contaminated zirconia ceramic after different cleaning procedures. *Dent Mater*. 2007; 23(4):506-12. doi: 10.1016/j.dental.2006.03.008.

Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Self-adhesive resin cements: a literature review. *J Adhes Dent*. 2008 Aug;10(4):251-8. Review.

Ravidà A, Saleh MHA, Muriel MC, Maska B, Wang HL. Biological and technical complications of splinted or nonsplinted dental implants: a decision tree for selection. *Implant Dent*. 2018 Feb;27(1):89-94. doi: 10.1097/ID.0000000000000721.

Rodrigues SA Jr, Ferracane JL, Della Bona A. Influence of surface treatments on the bond strength of repaired resin composite restorative materials. *Dent Mater*. 2009 Apr;25(4):442-51. doi: 10.1016/j.dental.2008.09.009

Roediger M, Gersdorff N, Huels A, Rinke S. Prospective evaluation of zirconia posterior fixed partial dentures: four-year clinical results. *Int J Prosthodont*. 2010 Mar-Apr;23(2):141-8.

Rohr N, Brunner S, Martin S, Fischer J. Influence of cement type and ceramic primer on retention of polymer-infiltrated ceramic crowns to a one-piece zirconia implant. *J Prosthet Dent*. 2018 Jan;119(1):138-145. doi:10.1016/j.prosdent.2017.02.002.

Sirisha K, Rambabu T, Shankar YR, Ravikumar P. Validity of bond strength tests: a critical review: Part I. *J Conserv Dent*. 2014a Jul;17(4):305-11. doi:10.4103/0972-0707.136340.

Sirisha K, Rambabu T, Ravishankar Y, Ravikumar P. Validity of bond strength tests: a critical review-Part II. *J Conserv Dent*. 2014b Sep;17(5):420-6. doi:10.4103/0972-0707.139823. Review.

Shahin R, Kern M. Effect of air-abrasion on the retention of zirconia ceramic crowns luted with different cements before and after artificial aging. *Dent Mater*. 2010 Sep;26(9):922-28. doi: 10.1016/j.dental.2010.06.006.

Springate SD, Winchester LJ. An evaluation of zirconium oxide brackets: a preliminary laboratory and clinical report. *Br J Orthod*. 1991 Aug;18(3):203-9.

Stawarczyk B, Krawczuk A, Ilie N. Tensile bond strength of resin composite repair in vitro using different surface preparation conditionings to an aged CAD/CAM resin nanoceramic. *Clin Oral Investig*. 2015 Mar;19(2):299-308. doi: 10.1007/s00784-014-1269-3.

Taniş MÇ, Akçaboy C. Effects of different surface treatment methods and MDP monomer on resin cementation of zirconia ceramics an in vitro study. *J Lasers Med Sci*. 2015 Fall;6(4):174-81. doi: 10.15171/jlms.2015.15.

Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Augthun M, Spiekermann H. Fracture resistance of lithium disilicate--, alumina-, and zirconia-based three-unit fixed partial dentures: a laboratory study. *Int J Prosthodont*. 2001 May-Jun;14(3):231-8.

Tsuchimoto Y, et al., Effect of 4-MET-and 10-MDP-based primers on resin bonding to titanium. *Dent Mater J*. 2006 Mar;25(1):120-4. doi: 10.4012/dmj.25.120.

Turano JC, Turano LM, Turano MVB. Fundamentos de prótese total. 9. Ed. São Paulo:Santos; 2010.

Üstün Ö, Büyükhatipoğlu IK, Seçilmiş A. Shear bond strength of repair systems to new CAD/CAM restorative materials. *J Prosthodont*. 2018 Oct;27(8):748-754. doi: 10.1111/jopr.12564.

Valandro LF, Bottino MC, Della Bona A, Bressiani AHA, Bressiani JC, Bottino MA. Estudo da resistência adesiva entre um cimento resinoso e três sistemas cerâmicos odontológicos: efeito do tratamento da superfície cerâmica. 48th Annual Meeting of the Brazilian Ceramic Society; 28 de junho a 01 de julho de 2004; Curitiba, Brasil. In: Anais do 48th Congresso Brasileiro de Cerâmica [Internet]. Curitiba; 2004 [cited 2018 Aug 02]. Available from: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbc/2004/artigos/48cbc-16-15.pdf>

Van Der Bilt A, Van Kampen FM, Cune MS. Masticatory function with mandibular implant-supported overdentures fitted with different attachment types. *Eur J Oral Sci*. 2006 Jun;114(3):191-6. doi: 10.1111/j.1600-0722.2006.00356.x.

Van Kampen FMC, Van Der Bilt A, Cune MS, Fontijn-Tekamp FA, Bosman F. Masticatory function with implant-supported overdentures. *J Dent Res*. 2004 Sep;83(9):708-11. doi: 10.1177/154405910408300910.

Verissimo AH. Efeito de diferentes estratégias de reparo na resistência de união à resina composta e viabilidade celular de novos materiais cad/cam: estudo in situ. MS thesis. [dissertação]. Natal (RN): Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN); 2018.

Yang B, Lange-Jansen HC, Scharnberg M, Wolfart S, Ludwig K, Adelung R, Kern M. Influence of saliva contamination on zirconia ceramic bonding. *Dent Mater*. 2008 Apr;24(4):508-13. doi: 10.1016/j.dental.2007.04.013.

Wegner SM, Kern M. Long-term resin bond strength to zirconia ceramic. *J Adhes Dent*. 2000 Summer;2(2):139-47.

Wolf SMR. O significado psicológico da perda dos dentes em sujeitos adultos. *Rev Assoc Paul Cir Dent*. 1998;52(4), 307-16.

Wolfart M, Lehmann F, Wolfart S, Kern M. Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. *Dent Mater.* 2007 Jan;23(1):45-50. doi: 10.1016/j.dental.2005.11.040.