

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE - DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

**RESISTÊNCIA À FADIGA E MODO DE FRATURA DE PILARES
PERSONALIZADOS HÍBRIDOS DE METAL E RESINA COMPOSTA
RESTAURADOS ADESIVAMENTE EM IMPLANTES NA REGIÃO DE
PRÉ-MOLARES**

LUÍS LEONILDO BOFF

Florianópolis

2011

LUÍS LEONILDO BOFF

**RESISTÊNCIA À FADIGA E MODO DE FRATURA DE PILARES
PERSONALIZADOS HÍBRIDOS DE METAL E RESINA COMPOSTA
RESTAURADOS ADESIVAMENTE EM IMPLANTES NA REGIÃO DE
PRÉ-MOLARES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Odontologia. Área de Concentração: Implantodontia.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Cardoso

Co-orientador: Prof. Dr. Pascal Magne

Florianópolis

2011

B673r Boff, Luís Leonildo,
 Resistência à fadiga e modo de fratura de pilares
 personalizados híbridos de metal e resina composta
 restaurados adesivamente em implantes na região de pré-
 molares / Luís Leonildo Boff; orientador Antônio Carlos
 Cardoso, co-orientador Pascal Magne. – Florianópolis, 2011.
 152 p.; il., tabs., grafs.; 30 cm.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina,
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Florianópolis,
2011.

Bibliografia: p.121-125.

1. Resina composta. 2. Cerâmicas dentárias. 3.
Implantes dentários. 4. Implantodontia. I. Cardoso, Antônio
Carlos. II. Magne, Pascal. III. Título.

CDU 616.314-089.843

LUÍS LEONILDO BOFF

**RESISTÊNCIA À FADIGA E MODO DE FRATURA DE PILARES
PERSONALIZADOS HÍBRIDOS DE METAL E RESINA COMPOSTA
RESTAURADOS ADESIVAMENTE EM IMPLANTES NA REGIÃO DE
PRÉ-MOLARES**

Esta tese foi julgada adequada para obtenção do grau de **Doutor em Odontologia**, área de concentração **Implantodontia**, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 06 de maio de 2011.

Prof. Dr. Ricardo de Souza Magini

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Odontologia

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Antônio Carlos Cardoso

Orientador

Profª. Dra. Ivete Aparecida de
Mattias Sartori
Membro

Prof. Dr. Izo Milton Zani
Membro

Prof. Dr. Marco Aurélio Bianchini
Membro

Profª. Dra. Cleide Gisele Ribeiro
Membro

Prof. Dr. Ricardo de Souza Magini
Suplente

DEDICO ESTA TESE,

À minha família.

À *minha mãe* que é a pessoa mais doce do mundo,
nosso porto seguro.

Aos meus irmãos, *Ricardo* e *Luciane*, por tudo que
representam para mim.

E à *minha Elisa*, cúmplice em tudo.

Amo muito vocês!

AGRADECIMENTOS

Ao professor **Antônio Carlos Cardoso**, meu orientador, por me receber tão bem no doutorado, pelos conselhos sábios e ensinamentos. Seu exemplo e incentivo foram fundamentais para que fizéssemos o Doutorado Sanduíchee e extraíssemos o máximo deste momento. Sou muito grato.

Ao professor **Marco Aurélio Bianchini**, pelo exemplo de determinação. Bianchini foi uma grata surpresa ver como você realmente incorporou ser professor. Você tem feito um belo trabalho.

Ao Professor **Ricardo de Souza Magini**, pelo apoio e bom humor sempre. Obrigado pelos ensinamentos, convivência e incentivo.

Aos colegas de Doutorado; **Rodrigo, Moira, Alemão e Elisa**, pelos bons momentos que compartilhamos e aprendemos juntos. Sucesso a todos vocês.

Aos calouros do mestrado: **Armando, Gustavo, Nilton, Ernesto, João, Pâmela**, e ao **Zé**, pelo convívio fácil, pela parceria e amizade.

Ao **Izo, Diego, Renato, Moacir** e a **Claudia**, por todo apoio e suporte que permitiram meu afastamento da UFSC durante toda esta jornada. Diego, obrigado pelo incentivo para iniciar esta jornada.

Ao **Roberto, Umberto, Luis Henrique, Mário e Emerson** pela amizade, competência e dedicação, que tornaram especiais estes 10 anos de convívio na EAP.

À **Ana, Luciane, Letícia, Marcelo** e a **Gilda** que mantiveram tudo em ordem no consultório durante minha ausência.

À **Neodent**, que forneceu todo o material de implante utilizado nesta pesquisa e em especial à Professora **Ivete Sartori**, ao **Newton, Alexander e Thiago**, por estarem sempre presentes.

À **Capes**, pelo apoio e suporte financeiro que viabilizou o estágio de doutorado no exterior PDEE.

À **UFSC**, pela sua grandeza e importância na realização de sonhos e transformação de vidas.

À **Universidade do Sul da Califórnia (USC)**, e as pessoas especiais que cruzaram nosso caminho e fizeram deste ano um momento único: **Geibi, Erine, Santiago, Michel, Inge, Namsung, Odena, Zeina, Kyle, Michael, Maria Paula, Luis Henrique e Katryn**.

À **Silvana**, que no pouco tempo que compartilhamos nos ensinou gratuitamente o que é ser um amigo.

À **Fabiola**, fantástica professora de inglês. Obrigado pela sua dedicação e empenho. Sem você tudo teria sido muito mais difícil.

À professora **Liene Campos** e a **Cleunisse Rauen De Luca Canto**, pelo cuidado na revisão e formatação deste trabalho.

À **Myriam** e ao mano **Ernesto**, por estarem sempre ao nosso lado tornando tudo mais fácil. Agradeço também ao **Vitor, Dundo, Suzana, Ângela, Dani, Rodrigo** e ao pequeno **Camilo**, que fazem esta família ser muito especial.

À **Luciane, Marcelo, Ricardo** e **Cris**, que nos deram um grande suporte emocional. E a nossa afilhada **Laís**, que com 1 ano e meio de idade já nos divertia muito aos domingos pelo Skype.

Aos **amigos** e **colegas** que direta ou indiretamente me apoiaram ou contribuíram para que este trabalho pudesse ser realizado.

À você **Elisa**. Seu incansável apoio e dedicação e imenso carinho tornaram tudo mais simples e alegre. Este trabalho é fruto do “nosso” esforço. Agradeço a Deus por ter você em minha vida.

Ao Prof. **Pascal Magne**! Pascal, você é realmente um suíço. Profissionalmente se assemelha a um relógio; é preciso, determinado, sabe exigir e não aceita nada que não seja o melhor. Pessoalmente, é divertido amigo e saber ser doce como os melhores chocolates. E acho que faz algo ainda mais difícil, sabe ser as duas pessoas naturalmente. Obrigado por me tornar um profissional melhor e ainda mais apaixonado pela Odontologia.

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CAD/CAM	-	<i>Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing</i>
Al ₂ O ₃	-	óxido de alumínio
Y-TZP	-	zircônia policristalina tetragonal estabilizada com ítria
CO	-	onlay cerâmica
CRO	-	onlay de resina composta
CC	-	coroa de cerâmica
CRC	-	coroa de resina composta
N	-	Newtons
Hz	-	Hertz
x	-	ciclos
%	-	porcentagem
MPa/m ^½	-	unidade de medida da tenacidade à fratura
MPa	-	unidade de medida da resistência flexural
K _{1c}	-	unidade de deformação plana
µm	-	micrometros
mm	-	milímetros
cm	-	centímetros
h	-	hora
min	-	minuto
s	-	segundo
°C	-	graus Celsius

LISTA DE FIGURAS

DO ARTIGO EM PORTUGUÊS

- Fig. 1: Modo de Correlação no CEREC3. Impressão do pilar metálico sólido (A). Correlação do pilar metálico com o pilar de zircônia em seu formato final de um estudo prévio (B) (Oderich, 2011). Mesoestrutura final para ser frezada (formato do onlay) (C)..... 48
- Fig. 2: *Design* das restaurações CAD/CAM de onlay (esquerda) e coroa (direita). 49
- Fig. 3: Restaurações CAD/CAM em resina composta para coroa (esquerda) e onlay (direita), mesoestrutura personalizada de resina composta e pilar metálico sólido (A). Sequência de confecção de onlay: pilar pré-fabricado (B), pilar personalizado de metal e resina composta (C) restauração de resina composta cimentada (D)..... 50
- Fig. 4: Máquina servo-hidráulica (A) (Mini Bionix II; MTS Systems, Eden Prairie, MN, USA). Vista aproximada do espécime e do cilindro antagonista (B). 54
- Fig. 5A: Probabilidade de sobrevivência de pilares personalizados híbridos de metal e resina composta restaurados adesivamente..... 59
- Fig. 5B: Comparação da probabilidade de sobrevivência de Onlays e Coroas cimentadas a pilares híbridos de metal e resina composta CAD/CAM (dados compilados) 60
- Fig. 5C: Comparação da probabilidade de sobrevivência de pilares híbridos de metal e resina composta adesivamente restaurados com Paradigm MZ100 e Paradigm C (dados compilados) 60
- Fig. 5D: Comparação da probabilidade de sobrevivência de pilares híbridos de metal e resina composta e pilares de zircônia. 61
- Fig. 6: Coroa de resina composta CAD/CAM cimentada a pilar personalizado híbrido de metal e resina composta CAD/CAM que sobreviveu ao teste de fadiga até 1400N (A - Vista palatina e B-Vista distal). Onlay de resina composta apresentando fratura predominantemente adesiva (C). Coroa de resina composta apresentando fratura parcialmente adesiva (D)..... 63

DO ARTIGO EM INGLÊS

Fig. 1. Correlation Mode in CEREC3. Impression of solide metal abutment (A). Correlation of metal abutment with final design from zirconia abutment in previous study (B) (Oderich COIR, 2012). Final mesostructure to be milled (onlay design) (C).	88
Fig. 2: Restoration design for an onlay (left) and crown (right).	89
Fig. 3: CAD/CAM composite resin crown and onlay, custom composite resin mesostructure and solid metal abutment (A).Onlay fabrication sequence:solid metal abutment (B), custom metal composite resin abutment (C) cemented composite resin restoration (D).	90
Fig. 4: Closed-loop servohydraulics (Mini Bionix II; MTS Systems, Eden Prairie, MN, USA) (A). Close-up view of specimen and cylindrical composite resin antagonist (B).	94
Fig. 5A: Life-table survival analysis of CAD/CAM composite resin implant abutments restored with adhesive restorations.	98
Fig. 5B: Life-table survival analysis of onlays vs crowns bonded to CAD/CAM composite resin implant abutment (Pooled Data)	99
Fig. 5C: Life-table survival analysis of CAD/CAM composite resin implant abutments restored with Paradigm MZ100 and Paradigm C adhesive restorations (Pooled Data).....	99
Fig. 5D: Pooled data CAD/CAM composite resin vs. zircônia abutments (120 samples).....	100
Fig. 6: CAD/CAM composite resin crown bonded to CAD/CAM composite resin custom abutments that survived the dynamic loading test up to 1,400 N (A- palatal view and B-distal view).Composite resin onlay presenting predominantly adhesive failure (C) and composite crown presenting partialy adhesive failure type (D).	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resistência à fadiga de onlays de resina composta e cerâmica cimentados à pilares híbridos de metal e resina composta CAD/CAM.	57
Tabela 2. Resistência à fadiga de coroas de resina composta e cerâmica cimentados à pilares híbridos de metal e resina composta CAD/CAM.	58
Tabela 3. Média de sobrevivência de restaurações implantossuportadas de cerâmica e resina composta.....	59
Tabela 4. Modo de fratura de onlays e coroas de resina composta e cerâmica cimentados a pilares híbridos de metal e resina composta CAD/CAM.	62
Table 1. Fatigue resistance of composite resin and ceramic onlays bonded to CAD/CAM composite resin abutments.....	96
Table 2. Fatigue resistance of composite resin and ceramic crowns bonded to CAD/CAM composite resin abutments.....	97
Table 3. Survival rates of ceramic and composite resin implant supported restorations.	98
Table 4. Failure mode of composite and ceramic onlays and crowns bonded to CAD/CAM composite abutments.	101

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

RESUMO	23
ABSTRACT	25

CAPÍTULO II

INTRODUÇÃO	29
PROPOSIÇÃO	35

CAPÍTULO III

VERSÃO DO ARTIGO EM PORTUGUÊS	39
VERSÃO DO ARTIGO EM INGLÊS	80

CAPÍTULO IV

REFERÊNCIAS	121
-------------------	-----

CAPÍTULO V

ANEXO A - ILUSTRAÇÃO DA METODOLOGIA APLICADA	129
ANEXO B – DEMAIS TRABALHOS REALIZADOS DURANTE O DOUTORADO	147



CAPÍTULO I

BOFF, Luís Leonildo. **Resistência à fadiga e modo de fratura de pilares personalizados híbridos de metal e resina composta restaurados adesivamente em implantes na região de pré-molares.** 2011. 152 f. Tese (Doutorado em Odontologia - Área de Concentração em Implantodontia) - Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC.

RESUMO

Esse estudo teve como objetivo avaliar a resistência à fadiga e o modo de fratura de onlays e coroas de resina composta e porcelana cimentados em pilares personalizados híbridos de metal e resina composta sobre implantes em pré-molares. Utilizando o equipamento CEREC3, 60 mesoestruturas em resina composta para implantes foram fabricadas com 2 tipos de preparos (coroas e onlays) e cimentadas adesivamente a um pilar metálico. Após a inserção em um implante com conexão cônica (Titamax CM), os pilares personalizados híbridos em metal e resina composta foram restaurados adesivamente com resina composta (Paradigm MZ100, jateada, silanizada) e cerâmica (Paradigm C, HF-condicionada e silanizada) usando adesivo (Optibond FL) e resina composta foto ativada pré-aquecida (Filtek Z100). Ciclos de mastigação isométricos (5Hz) foram simulados, iniciando com 5000x a uma carga de 50N, seguidos de estágios de 200N, 400N, 600N, 800N, 1000N, 1200N e 1400N (25.000x cada). As amostras foram carregadas até a fratura ou até o máximo de 180.000 ciclos. Os 4 grupos foram comparados usando a análise de sobrevivência (Teste de *Logrank* $P=0,05$). Dados previamente publicados utilizando pilares de zircônia com o mesmo *design* foram incluídos para comparação. Os espécimens de Paradigm C e MZ100 fraturaram a uma carga média de 1133N e 1266N, respectivamente. As médias de

sobrevivência variaram de 20% e 33% (coroas-onlays de cerâmica) a 60% (coroas-onlays de resina composta) e foram significativamente diferentes (dados compilados para o material restaurador, $P=0,027$). As restaurações não falharam, as fraturas foram predominantemente adesivas na conexão entre o pilar metálico e a mesoestrutura de resina composta. Os índices de sobrevivência para os pilares híbridos de metal e resina composta foram inferiores aos pilares de zircônia idênticos de um estudo prévio (dados compilados para pilar, $P=0,0035$). Onlays e coroas de resina composta cimentados adesivamente em pilares híbridos de metal e resina composta em implantes apresentaram índices de sobrevivência superiores quando comparados a restaurações cerâmicas. Pilares de zircônia foram superiores aos pilares híbridos de metal e resina composta.

Palavras-chave: Resina composta. Cerâmica. Implante Dentário. Resistência à fadiga. Pilares. Adesão.

BOFF, Luís Leonildo. **Fatigue resistance and failure mode of adhesively-restored metal composite resin custom implant premolars abutments**. 2011. 152p. Thesis (PhD in Dentistry - Implant Dentistry) - Graduate Program in Dentistry, Federal University of Santa Catarina.

ABSTRACT

This study evaluated the fatigue resistance and failure mode of composite resin and porcelain onlays and crowns bonded to custom metal composite resin premolar implant abutments. Using the CEREC3 machine, 60 composite resin mesostructures were fabricated with two preparation designs (crown vs. onlay) and bonded to a metal abutment. Following insertion into a Morse taper implant (Titamax CM), the metal composite resin abutments were adhesively restored with composite resin (Paradigm MZ100, air-abraded, silanated) and ceramic (Paradigm C, HF-etched and silanated) restorations (n=15) using adhesive resin (Optibond FL) and a preheated light curing composite resin (Filtek Z100). Cyclic isometric chewing (5Hz) was simulated, starting with 5,000x at load of 50N, followed by stages of 200N, 400N, 600N, 800N, 1,000N, 1,200N and 1,400N (25,000x each). Samples were loaded until fracture or to a maximum of 180,000 cycles. The four groups were compared using the life table survival analysis (Logrank test at P=.05). Previously published data using same-design zirconia abutments were included for comparison. Paradigm C and MZ100 specimens fractured at an average load of 1,133N and 1,266N, respectively. Survival rates ranged from 20% and 33.3% (ceramic crowns-onlays) to 60% (composite resin crowns-onlays) and were significantly different (pooled data for restorative material, P=0.027). There were no restoration failure but predominantly

adhesive failures at the connection between the metal abutment and the composite resin mesostructure. The survival of metal composite resin abutments was inferior to that of identical zirconia abutments from a previous study (pooled data for abutment material, $P=0.0035$). Composite resin onlays/crowns bonded to metal composite resin implant abutments presented higher survival rate when compared to ceramic ones. Zirconia abutments outperformed the metal composite resin abutments.

Key-Words: Composite resin. Ceramic. Dental implant. Fatigue resistance. Implant abutment. Adhesion.



CAPÍTULO II

INTRODUÇÃO¹

A busca por um material resiliente capaz de absorver e dissipar a energia que normalmente é transferida para o osso e restauração tem motivado as pesquisas em Implantodontia nas últimas três décadas. Na Odontologia Restauradora o desenvolvimento de novas técnicas e materiais dentários capazes de restaurar os tecidos dentários mineralizados na sua biomecânica, estrutura e estética tem sido denominado “princípio biomimético” (MAGNE; BELSER, 2002). A essência da abordagem biomimética é a percepção de que o dente natural hígido apresenta uma combinação ótima de propriedades mecânicas com um arranjo perfeito entre rigidez, resistência e resiliência capaz de suportar as cargas sobre ele aplicadas durante sua existência (MAGNE, 2006; SCHLICHTING, 2010).

Esta abordagem biomimética aplicada a Implantodontia implicaria na reprodução do efeito amortecedor do ligamento periodontal, o qual foi originalmente projetado através de um elemento intramóvel (BABBUSH et al., 1987). A presença de um elemento resiliente agindo como um amortecedor (por exemplo, quando um objeto duro for mordido inesperadamente) deveria reduzir a transmissão do estresse ao osso (SKALAK, 1983;

¹ Baseado na NBR 10520: 2002 da ABNT e as referências citadas neste capítulo estão na página 121.

BRUNSKI, 1992). O uso de coroas resilientes sobre pilares rígidos também foi experimentado e a exemplo do elemento intramóvel não provou reduzir o estresse sobre o osso (GRACIS, 1991; CIBIRKA et al., 1992; PAPAVALIOU et al., 1996; STERGÖZ, 1997; STEGAROIU et al., 2004; SOUMEIRE; DEJOU, 1999; CIFTÇI; CANAY, 2000; GENG; TAN; LIU, 2001; WANG; ABOUSHELIB; FELIZER, 2002; JUODZBALYS et al., 2005; RUBO; SOUZA, 2008; KIM et al., 2009).

Contudo, a carga transmitida ao tecido ósseo adjacente aos implantes através da estrutura rígida constituída pelo tradicional conjunto restauração-pilar-implante não parece afetar adversamente a osseointegração, como sugerido no passado. Tal fato pode ser constatado segundo os elevados índices de sobrevivência e sucesso para implantes registrados em numerosos relatos de casos clínicos acompanhados em longo prazo (PJETURSSON et al., 2007; ZOLLNER; BELSER, 2007; SIMORIUS et al., 2010). Por outro lado, quando comparada a restauração sobre dentes naturais, a inerente rigidez do complexo restauração-osso-implante tem sido associada a um maior número de complicações técnicas, incluindo fraturas do material de revestimento, pilar ou afrouxamento de parafuso e perda de retenção (PJETURSSON et al., 2007). Além disso, a avaliação de coroas unitárias suportadas por implantes, em revisões sistemáticas, tem revelado índices de sobrevivência inferiores para os atuais sistemas livres de metal (91,2%) comparados às tradicionais metalo-cerâmicas (95,4%) (JUNG et al., 2008) com uma maior incidência de falhas em restaurações implantossuportadas realizadas na região posterior (LEE; KARL; KELLY, 2009). O risco é ainda maior em casos de

trauma/bruxismo (DE BOEVER et al., 2006). Devido à presença de uma estrutura menos resiliente, pode não ocorrer deformação elástica suficiente para absorver a energia extra, sendo mais provável acontecerem falhas (MAGNE; DOUGLAS, 1999). Pode ser hipotetizado que quando se refere à incidência de delaminação/fraturas de restaurações implantossuportadas, a inclusão de um elemento resiliente (restauração/pilar) constituído por resina composta de alta qualidade pode ter um efeito positivo nos parâmetros de relevância clínica (MAGNE et al., 2011b).

Em função da demanda crescente por materiais estéticos, pilares de zircônia e restaurações livres de metal têm sido amplamente usados como substitutos para o metal, inclusive na região posterior. Recentemente Magne et al. (2008, 2011b) desenvolveram uma nova solução estética para restaurar implantes unitários. Esta abordagem inovadora é caracterizada por um pilar não retentivo e volumoso onde a restauração seria cimentada adesivamente. Esta solução restauradora parece propiciar as condições ideais para se construir diferentes combinações de pilares e restaurações (faceta/onlay) com materiais restauradores (cerâmica e resina composta) sob uma óptica biomimética.

O desempenho das cerâmicas é quase uma unanimidade como um substituto para o esmalte (MANHART et al., 2004; FEDERLIN et al., 2005; MAGNE, 2006) baseado na sua resistência, capacidade adesiva e estética (MANHART et al., 2004). No entanto as resinas compostas têm experimentado significativos avanços durante a última década (LEINFELDER, 2001, 2005) através de uma

melhor união entre as diferentes fases constituintes (MOSCOVICH et al., 1998) e diversos tratamentos de pós-polimerização (PEUTZFELD; ASMUSSEN, 2000; LEINFELDER, 2001). Além disso, a introdução dos blocos de resina composta Paradigm MZ100 (3M-ESPE; St. Paul, MN) para uso com o sistema CAD/CAM parecem prover a restauração com um extraordinário comportamento sob carga (MAGNE; KNEZEVIC, 2009a, 2009b, 2009c; MAGNE et al., 2010, 2011a, 2011b), além de manter um baixo módulo de elasticidade (de 15GPa a 20GPa).

Esta combinação única de resistência e resiliência dos polímeros atuais viabilizou a transposição dos conceitos biomiméticos para a Implantodontia. Utilizando um pilar para coroa e um pilar não retentivo (onlay/faceta) e restaurações cimentadas adesivamente, diferentes combinações entre materiais restauradores (cerâmica/resina composta) e componentes da restauração (pilar e restauração) foram testados (MAGNE et al., 2011a, 2011b; ODERICH, 2011; presente trabalho).

Inicialmente, o componente resiliente foi incorporado a restauração de pilares de zircônia não retentivos em dentes anteriores (MAGNE et al., 2011a). As restaurações (facetas) de resina composta MZ100 apresentaram resistência à fadiga semelhante à cerâmica, no entanto, mostraram-se mais eficiente na proteção a fratura dos pilares de zircônia que a cerâmica (índice de fratura de pilares de zircônia de 27% e 40% para restaurações de resina composta e cerâmica, respectivamente). Quando o componente resiliente foi integrado ao pilar (MAGNE et al., 2011b),

segundo o mesmo desenho do estudo anterior, as restaurações de cerâmica apresentaram resistência à fadiga superior as da resina composta. Apesar disso, não foi observada diferença nos índices de sobrevivência entre os pilares de ambos estudos (pilares de zircônia e resina composta).

O sucesso dos polímeros, ao igualar a *performance* dos pilares de zircônia na região anterior e protegê-los contra a fratura, estimulou o uso destes materiais também para a região posterior. Ao serem realizadas restaurações de resina composta sobre pilares de zircônia, na região de pré-molares, observou-se surpreendentes 100% de índice de sobrevivência contra 46,7% e 20%, respectivamente, para as restaurações cerâmicas (onlays e coroas) (ODERICH, 2011). Estes resultados geraram uma grande expectativa quanto ao comportamento dos pilares de polímeros na região posterior, devido à possibilidade de se obter um significativo efeito amortecedor ao se incorporar um grande volume de material resiliente ao pilar, além disso, não há relato de trabalhos utilizando esta abordagem de tratamento.

Este estudo teve como objetivo avaliar a resistência à fadiga e o modo de fratura de onlays e coroas cimentadas adesivamente a pilares para implantes híbridos de metal e resina composta CAD/CAM em pré-molares. A influência do material restaurador (cerâmica VS. resina composta) também foi avaliada.

PROPOSIÇÃO

Os objetivos deste estudo, *in vitro*, foram:

- a) Avaliar a resistência à fadiga e o modo de fratura de onlays e coroas cimentadas adesivamente a pilares para implantes híbridos de metal e resina composta CAD/CAM.
- b) Avaliar a influência do material restaurador (cerâmica vs. resina composta) na resistência à fadiga de onlays e coroas cimentadas adesivamente a pilares para implantes híbridos de metal e resina composta CAD/CAM.
- c) Comparar pilares de zircônia personalizados restaurados adesivamente com onlays e coroas de resina composta e cerâmicas provenientes de um estudo prévio gerado em condições laboratoriais/teste idênticas a do presente estudo.



CAPÍTULO III

VERSÃO DO ARTIGO EM PORTUGUÊS

Este artigo foi formatado de acordo com as Normas para Elaboração de Artigos para a revista *Clinical Oral Implants Research*.

RESISTÊNCIA À FADIGA E MODO DE FRATURA DE PILARES PERSONALIZADOS RESTAURADOS ADESIVAMENTE EM IMPLANTES NA REGIÃO DE PRÉ-MOLARES. PARTE II: PILARES HÍBRIDOS DE METAL E RESINA COMPOSTA

Título resumido: Restaurações posteriores unitárias cimentadas adesivamente a pilares híbridos de metal e resina composta em implantes.

Luis Leonildo Boff², Elisa Oderich³, Antônio Carlos Cardoso⁴, Pascal Magne⁵

Autor correspondente: Dr. Pascal Magne

UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA

Division of Restorative Sciences - The Herman Ostrow School of Dentistry

3151 S. Hoover St - Los Angeles, CA 90089-7792

Telefone (213) 740-4239 / Fax (213) 821-5324

E-mail: magne@usc.edu

² Pesquisador da Divisão de Ciências Restauradoras, Escola de Odontologia Herman Ostrow, Universidade do Sul da Califórnia, CA, EUA; Aluno do Programa de Doutorado em Odontologia e Professor Adjunto do Departamento de Odontologia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

³ Pesquisadora da Divisão de Ciências Restauradoras, Escola de Odontologia Herman Ostrow, Universidade do Sul da Califórnia, CA, EUA; Aluna do Programa de Doutorado em Odontologia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

⁴ Professor Titular do Departamento de Odontologia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC, Brasil

⁵ Professor Associado, The Don & Sybil Harrington Foundation Chair of Esthetic Dentistry, Divisão de Ciências Restauradoras, Escola de Odontologia Hernan Ostrow, Universidade do Sul da Califórnia, CA, EUA.

RESUMO

Objetivos: Este estudo teve como objetivo avaliar a resistência à fadiga e o modo de fratura de onlays e coroas de resina composta e porcelana cimentados a pilares personalizados híbridos de metal e resina composta sobre implantes em pré-molares.

Material e Métodos: Utilizando o equipamento CEREC3, 60 mesoestruturas em resina composta foram fabricadas com 2 tipos de preparos (coroas e onlays) e cimentadas adesivamente a um pilar metálico modificado. Após a inserção em um implante com conexão cônica (Titamax CM), os pilares híbridos em metal e resina composta foram restaurados adesivamente com resina composta (Paradigm MZ100, jateada, silanizada) e cerâmica (Paradigm C, HF-condicionada e silanizada) usando adesivo (Optibond FL) e resina composta foto ativada pré-aquecida (Filtek Z100). Ciclos de mastigação isométricos (5Hz) foram simulados, iniciando com 5.000x a uma carga de 50N, seguidos de estágios de 200N, 400N, 600N, 800N, 1000N, 1200N e 1400N (25.000x cada). As amostras foram carregadas até a fratura ou até o máximo de 180.000 ciclos. Os 4 grupos foram comparados usando a análise de sobrevivência (Teste de *Logrank* $P=0,05$). Dados previamente publicados utilizando pilares de zircônia com o mesmo *design* foram incluídos para comparação.

Resultados: Os espécimens de Paradigm C e MZ100 fraturaram a uma carga média de 1133N e 1266N, respectivamente. As médias de sobrevivência variaram de 20% a 33% (coroas-onlays de cerâmica) a 60% (coroas-onlays de resina composta) e foram significativamente diferentes (dados compilados para o material restaurador, $P=0,027$). As restaurações não falharam, as fraturas foram predominantemente adesivas na conexão entre o pilar metálico e a mesoestrutura de resina composta. Os índices de sobrevivência para os pilares híbridos de metal e resina composta foram inferiores aos pilares de zircônia idênticos de um estudo prévio (dados compilados para pilar, $P=0,0035$).

Conclusões: Onlays e coroas de resina composta cimentados adesivamente a pilares híbridos de metal e resina composta em implantes apresentaram índices de sobrevivência superiores quando comparados as restaurações cerâmicas. Pilares de zircônia foram superiores aos pilares híbridos de metal e resina composta.

Palavras chave: Resina composta. Cerâmica. Implante Dentário. Resistência à fadiga. Pilares. Adesão.

INTRODUÇÃO

A restauração de um implante na região posterior da arcada requer um material resistente e confiável capaz de suportar a repetida carga mastigatória. Pilares de titânio e coroas metalocerâmicas são tradicionalmente usados devido as suas propriedades mecânicas (Hass et al. 1995; 2002; Andersson et al. 1992; Searson & Meredith 1997). Em função da demanda crescente por materiais estéticos, pilares de zircônia e restaurações livres de metal têm sido amplamente usados como substituto para o metal, inclusive na região posterior. Estes novos materiais previnem a aparência azulada do tecido gengival, frequentemente encontrada ao redor de pilares metálicos e são recomendados especialmente para a fabricação de pilares personalizados (Park et al. 2007; Ishikawa-Nagai et al. 2007; Sailer et al. 2009; Zembic et al. 2009). Zircônia (Y-TZP) aparentemente preenche os requisitos de resistência e biocompatibilidade necessários para pilares de implantes (Yildirim et al. 2003).

No entanto, parece que a alta *performance* do pilar em si não é garantia de resistência da restauração. A avaliação de coroas unitárias suportadas por implantes, em revisões sistemáticas, tem revelado índices de sobrevivência inferiores para sistemas livres de metal (91,2%) comparados a metalocerâmicas (95,4%) (Jung et al. 2008). A situação pode ser ainda mais crítica quando o bruxismo está presente uma vez que hábitos parafuncionais parecem desempenhar um papel importante na frequência das complicações

(De Boever et al. 2006). A rigidez da cerâmica associada à ausência do ligamento periodontal gera uma estrutura tipo monobloco sem nenhuma resiliência. Quando comparada a dentes naturais, a inerente rigidez do conjunto restauração-osso-implante tem sido associada a uma maior incidência de complicações técnicas, incluindo fraturas do material de revestimento, pilar ou afrouxamento de parafuso e perda de retenção (Pjetursson et al. 2007). Outra desvantagem dos pilares de zircônia é a dificuldade de obter adesão a este substrato (Wolfart et al. 2007; Phark et al. 2009; Magne et al. 2010a) e o risco de propagação de microfraturas durante o desgaste de pilares pré-fabricados (Kosmac et al. 1999; Curtis et al. 2006; Wang et al. 2008).

Há uma década, blocos de resina composta Paradigm MZ100 (3M-ESPE; St. Paul, MN) foram introduzidos para uso com o sistema CAD/CAM como um substituto para cerâmicas frezadas (Rusin 2001, Kunzelmann et al. 2001). Os blocos são manufaturados a partir do material restaurador original Filtek Z100 (3M-ESPE), o qual contém partículas de carga esferoidais de zircônia-sílica patenteadas (85% por peso) que parecem prover a restauração com um extraordinário comportamento sob carga (Magne & Knezevic, 2009a, 2009b, 2009c; Magne 2010b, 2011a, 2011b) além de manter um baixo módulo de elasticidade (de 15GPa a 20GPa). Esta combinação única de resistência e resiliência foi incorporada em um novo conceito de pilar para implante/restauração em um esforço de mimetizar o comportamento dos dentes naturais (o chamado “princípio biomimético”) (Magne et al. 2011b). O componente resiliente pode ser integrado a restauração para compensar a

ausência do ligamento periodontal. Este conceito foi aplicado com sucesso para restaurar pilares de zircônia na região anterior (Magne et al. 2011a) e obteve resultados ainda mais expressivos (100% de sobrevivência para pilares e restauração) na região posterior (Oderich 2011). Curiosamente, quando a resposta dinâmica a carga de impacto foi considerada (medida da energia de absorção; Perimeter, Perimetrics LLC, Irvine, CA), restaurações de resina composta cimentadas adesivamente a pilares de zircônia parecem responder de forma mais aproximada a dentes naturais com ligamento periodontal simulado (Silva et al. 2011).

Contudo, o uso de coroas resilientes sobre pilares rígidos não provou reduzir o estresse sobre o osso (Gracis et al. 1991; Cibirka et al. 1992; Papavasiliou et al. 1996; Stergöz, 1997; Stegaroiu et al., 2004; Soumeire & Dejou 1999; Ciftçi & Canay 2000; Geng et al. 2001; Wang et al. 2002; Juodzbaly et al. 2005; Rubo & Souza 2008; Kim et al. 2009). Apesar disto, um efeito mais eficiente de absorção de choque pode ser obtido com um maior volume de material resiliente, como o volume do próprio pilar. Baseado nisto, pilares híbridos de resina composta usando Paradigm MZ100 foram desenvolvidos para restaurar implantes unitários na região anterior (Magne et al. 2011b) associados a veneers não retentivas retidas adesivamente (Magne et al. 2008, 2011a). O resultado demonstrou que o índice de sobrevivência de pilares híbridos de resina composta não difere dos de zircônia. Entretanto, não há trabalhos aplicando esta abordagem de tratamento para dentes posteriores. Um significativo efeito é esperado do pilar e material restaurador, devido ao maior volume destes elementos na região posterior.

Também não é conhecido se os pilares híbridos de resina composta CAD/CAM suportarão as repetidas cargas mastigatórias em um ambiente úmido e se protegerão a restauração.

O objetivo do presente estudo, *in vitro*, foi avaliar a resistência à fadiga e o modo de fratura de onlays e coroas cimentadas adesivamente a pilares para implantes híbridos de metal e resina composta CAD/CAM. A influência do material restaurador (cerâmica vs. resina composta) também foi avaliada. A hipótese nula considerada foi que a interface adesiva pilar-restauração não falharia antes do pilar e que o material restaurador (cerâmica vs resina composta) teria uma influência na resistência à fadiga e no modo de fratura do conjunto. Dados prévios publicados usando o mesmo *design* para pilares de zircônia personalizados (Oderich 2011) gerados em condições laboratoriais/teste idênticas foram incluídas para comparação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Sessenta implantes cônicos (Titamax CM, diâmetro – 4,1mm, comprimento - 11mm; Neodent, Curitiba, Brasil) foram incluídos em resina acrílica (Palapress; Heraeus Kulzer, Armonk, NY) simulando o osso.

DESIGN DOS PILARES E RESTAURAÇÕES PELO SISTEMA CAD/CAM

Utilizando as ferramentas do Software do Cerec (versão 3.60, Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Germany) configurado no Modo de Correlação (Fig. 1), dois pilares personalizados CAD/CAM foram construídos pela combinação das impressões ópticas de 2 diferentes pilares personalizados de zircônia (onlay e coroa) provenientes de um estudo prévio (Oderich 2011) e de um pilar metálico sólido (Pilar CM Universal, diâmetro – 4,5mm , altura – 4,5mm, pescoço- 2,5mm; Neodent, Curitiba, Brasil).

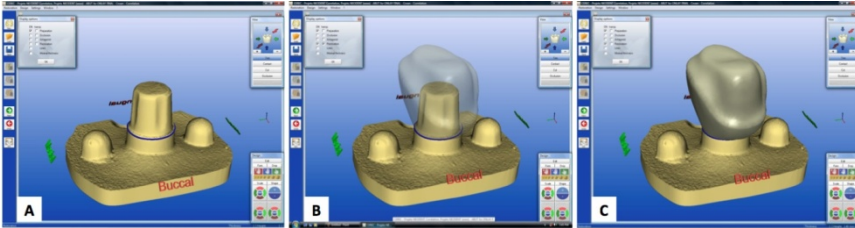


Fig. 1: Modo de Correlação no CEREC3. Impressão do pilar metálico sólido (A). Correlação do pilar metálico com o pilar de zircônia em seu formato final de um estudo prévio (B) (Oderich, 2011). Mesoestrutura final para ser frezada (formato do onlay) (C).

Ambos os pilares seguiram o perfil de emergência natural de segundos pré-molares superiores incluindo a manutenção do espaço necessário para a construção das restaurações tipo onlays e coroas. Pilares metálicos foram usados como uma interface com a plataforma do implante, conectando a mesoestrutura de resina composta CAD/CAM ao implante. Trinta mesoestruturas de resina composta CAD/CAM idênticas foram frezadas para cada tipo de preparo.

Seguindo a mesma metodologia, 30 coroas e onlays idênticas também foram fabricadas. Trinta restaurações (15 coroas e 15 onlays) foram frezadas em resina composta (Paradigm MZ100; 3M/ESPE) e as outras 30 (15 de cada tipo de restauração) em cerâmica vítrea (Paradigm C; 3M/ESPE) (Fig. 2).

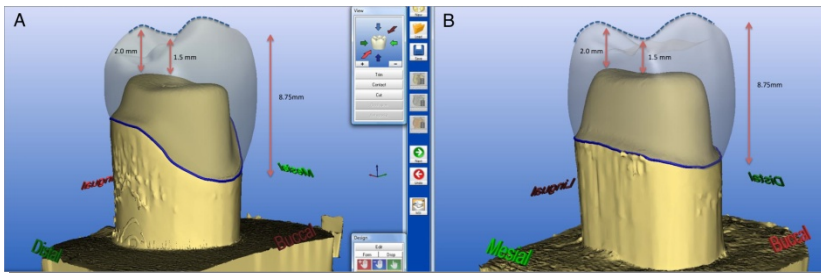


Fig. 2: Design das restaurações CAD/CAM de onlay (esquerda) e coroa (direita).

Todos as mesoestruturas e restaurações (Fig. 3) foram frezadas com o *sprue* localizado na superfície palatal. As restaurações de porcelana foram polidas inicialmente usando o *kit* intraoral para polimento de porcelana dialite (Brasseler, Savannah, GA) e as restaurações de resina composta foram polidas usando o Q-Polishing System (Kit ref. 4477; Komet, Schaumburg, IL) e escovas de silicone de polimento impregnada com carbide (Occlubrush; Kerr-Hawe, Bioggio, Switzerland).

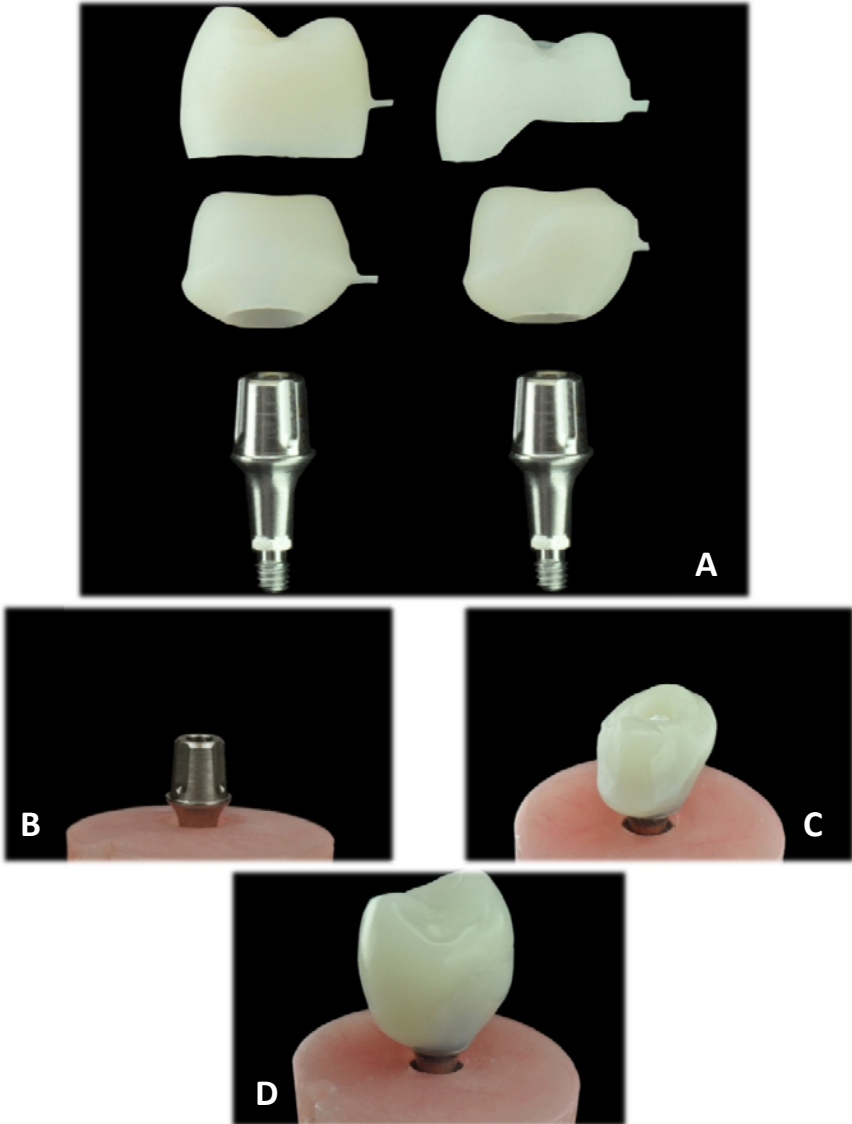


Fig. 3: Restaurações CAD/CAM em resina composta para coroa (esquerda) e onlay (direita), mesoestrutura personalizada de resina composta e pilar metálico híbrido (A). Sequência de confecção de onlay: pilar pré-fabricado (B), pilar personalizado de metal e resina composta (C) restauração de resina composta cimentada (D).

MONTAGEM DO PILAR

Utilizando uma broca diamantada esférica (801-023; Brasseler), um orifício circular (futuro acesso para o apertamento do parafuso) foi realizado na superfície oclusal da mesoestrutura de resina composta CAD/CAM. As superfícies adesivas do pilar metálico sólido e da mesoestrutura de resina composta foram submetidas ao mesmo tratamento de superfície, por exemplo, jateamento com óxido de alumínio modificado com sílica 27 μ m (Cojet; 3M-ESPE) a 0,2MPa por 10s a uma distância de 10mm, aplicação de silano (Silane, Ultradent, South Jordan, UT) por 20s e secagem a 100°C por 1min. Por conveniência e para facilitar a precisão de posicionamento durante o assentamento, o pilar metálico foi assentado e parafusado no interior do análogo do implante e o orifício de acesso ao parafuso foi preenchido com uma fita de teflon. As duas partes foram aderidas usando adesivo resinoso (Optibond FL – frasco 2; Kerr, Orange, CA) e resina composta restauradora pré-aquecida (Filtek Z100; 3M-ESPE, pré-aquecida por 5min em um Calset; Addent, Danbury, CT). Após a remoção dos excessos de resina composta, todas as superfícies foram fotoativadas por 60s a 1,000mw/cm² (Valo; Ultradent).

ASSENTAMENTO DO PILAR E CIMENTAÇÃO ADESIVA DA RESTAURAÇÃO

O tratamento de superfície das restaurações de porcelana (coroas e onlays) incluíram jateamento com óxido de alumínio 50µm a 0,2MPa, seguido pelo condicionamento com ácido hidrofluorídrico a 9% (Porcelain Etch; Ultradent) por 45s e lavagem com água por 20s. Uma limpeza pós-condicionamento foi realizada usando ácido fosfórico a 35% (Ultra-Etch; Ultradent) realizando movimentos delicados sob fricção por 1min seguido por lavagem com água por 20s. Após a limpeza final por imersão em água destilada em um banho ultrassônico por 2,5min e secagem com spray de ar livre de óleo, a superfície interna foi silanizada (Silane; Ultradent) e seca a 100°C por 1min. O mesmo tratamento de superfície foi aplicado às superfícies adesivas dos pilares híbridos de metal e resina composta e das restaurações de resina composta (coroas e onlays) exceto para o condicionamento com ácido hidrofluorídrico, o qual foi omitido.

Cada pilar híbrido de metal e resina composta foi inserido em um implante tipo cônico e um torque de 15N/cm foi aplicado ao parafuso do pilar. Uma fita de teflon foi usada para cobrir o parafuso do pilar e preencher parte do orifício de acesso. Cada restauração foi cimentada individualmente ao pilar usando adesivo (Optibond FL - frasco 2; Kerr) e resina composta pré-aquecida para restauração (Filtek Z100; 3M-ESPE, pré-aquecida por 5min no Calset; Addent). Após a remoção de todos os excessos de resina composta, cada

superfície foi fotoativada por 60s a 1000mw/cm² (Valo; Ultradent). Todas as margens foram cobertas com uma barreira de oxigênio (K-Y Jelly; Personal Products Company, Skillman, NJ) para um ciclo adicional de polimerização por 10s. Os excessos de resina foram removidos com instrumentos manuais (curetas, lâminas) e os espécimens foram armazenados em água destilada por 24h previamente ao teste.

TESTE DE FADIGA

Forças mastigatórias cíclicas foram aplicadas empregando uma máquina servo-hidráulica (Mini Bionix II; MTS Systems, Eden Prairie, MN, USA) (Fig. 4). O ciclo mastigatório foi reproduzido por meio de uma contração isométrica (sob controle de carga) aplicada através de um antagonista cilíndrico de resina composta com 7mm de diâmetro (Filtek Z100; 3M/ESPE). Um novo antagonista foi fabricado para cada espécime. A câmara de carga foi preenchida com água destilada até completa imersão do espécime durante o teste. Cargas cíclicas foram aplicadas a uma frequência de 5Hz. O protocolo de carga em “escada” foi utilizado, iniciando com o pré-aquecimento a 50N (5000 ciclos) seguidos por estágios de 200N, 400N, 600N, 800N, 1000N, 1200N e 1400N até o máximo de 25.000 ciclos cada. Os espécimens foram carregados até a fratura ou até o máximo de 180.000 ciclos. O número de ciclos que cada espécime resistiu e o modo de falha foi registrado. Após o teste, cada espécime foi avaliado por transiluminação (Microlux; Addent, Danbury, CT) e

microscopia óptica (Leica MZ 125; Leica Microsystems, Wetzlar, Germany) a magnificação de 10:1 (concordância entre dois examinadores). A distinção visual foi feita entre fraturas coesivas do pilar, parafuso ou implante, assim como as fraturas coesivas da restauração e ou fraturas adesivas da interface restauração/mesoestrutura/pilar.

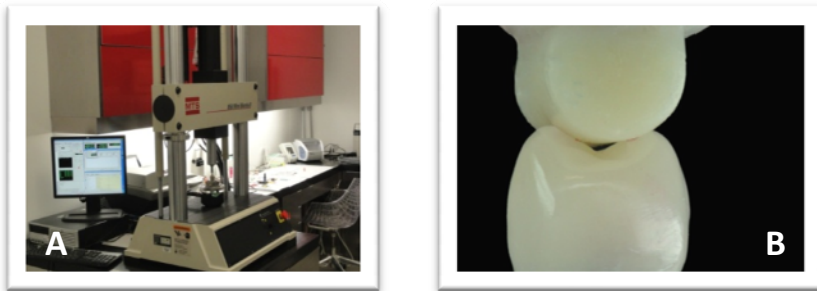


Fig. 4: Máquina servo-hidráulica (A) (Mini Bionix II; MTS Systems, Eden Prairie, MN, USA). Vista aproximada do espécime e do cilindroantagonista (B).

A resistência à fadiga dos 4 grupos foi comparada usando a análise de sobrevivência. A cada intervalo de tempo (definido por cada estágio de carga), o número de espécimens que começaram o intervalo intactos e o número de espécimens que fraturaram durante o intervalo foram contados, permitindo o cálculo da probabilidade de sobrevivência a cada estágio. A influência do material restaurador (resina ou cerâmica) na resistência à fratura dos pilares híbridos de metal e resina composta e nos diferentes tipos de restauração (coroa e onlay) foram analisados aplicando o teste de *Logrank* a um nível de significância de 0,05. Análises de

dados adicionais foram realizadas para comparar os resultados deste estudo com dados obtidos previamente de um pilar personalizado de zircônia construído com o mesmo *design* e testado em condições laboratoriais e de teste idênticas ao do presente estudo.

RESULTADOS

A resistência à fadiga e as médias de sobrevivência de onlays e coroas de resina composta e cerâmica cimentadas a pilares personalizados híbridos de metal e resina composta estão apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3 e Fig. 5A-D. Onlays e coroas de Paradigm C fraturaram a uma carga média de 1253N e 1240N, respectivamente. Cinco onlays cerâmicos e 3 coroas cerâmicas resistiram todos os 180.000 ciclos intactos (33,3% e 20% de média de sobrevivência, respectivamente); para MZ100, os espécimens fraturaram a uma carga média de 1240N e 1320N, respectivamente. Nove onlays e 9 coroas de resina composta sobreviveram ao teste (60% de média de sobrevivência). Diferenças significativas não foram encontradas nos índices de sobrevivência entre os 4 grupos ($P=0,24$). Dados compilados para o tipo de restauração (cerâmica e resina composta combinados) não demonstraram diferenças significativas entre onlays e coroas ($P=0,9$). No entanto, dados compilados para o material restaurador (onlays e coroas combinados) revelaram superior probabilidade de sobrevivência para ParadigmMZ100 comparada a Paradigm C ($P=0,027$).

Tabela 1. Resistência à fadiga de onlays de resina composta e cerâmica cimentados à pilares híbridos de metal e resina composta CAD/CAM.

Material Restaurador	Espécime	Carga de Fratura (N)	Ciclos	Modo de Fratura
ONLAYS de Cerâmica (Paradigm C) Média: 1253N	CO_01	1400	180.000	Não Falhou
	CO_02	1000	109.183	Partial
	CO_03	1400	158.577	Total
	CO_04	1200	143.396	Total
	CO_05	1200	150.722	Total
	CO_06	1000	106.447	Total
	CO_07	1200	135.275	Total
	CO_08	1400	180.000	Não Falhou
	CO_09	1200	130.297	Total
	CO_10	1400	180.000	Não Falhou
	CO_11	1000	125.149	Total
	CO_12	1400	180.000	Não Falhou
	CO_13	1400	162.597	Total
	CO_14	1400	180.000	Não Falhou
	CO_15	1200	151.482	Total
ONLAYS de Resina Composta (Paradigm MZ100) Média: 1240N	CRO_01	1400	180.000	Não Falhou
	CRO_02	1400	180.000	Não Falhou
	CRO_03	1400	180.000	Não Falhou
	CRO_04	1000	113.010	Total
	CRO_05	1000	118.410	Total
	CRO_06	1400	180.000	Não Falhou
	CRO_07	1400	180.000	Não Falhou
	CRO_08	1400	180.000	Não Falhou
	CRO_09	1000	105.129	Total
	CRO_10	1400	180.000	Não Falhou
	CRO_11	1200	134.274	Total
	CRO_12	1400	180.000	Não Falhou
	CRO_13	1000	105.196	Total
	CRO_14	800	88.894	Parcial
	CRO_15	1400	180.000	Não Falhou

Tabela 2. Resistência à fadiga de coroas de resina composta e cerâmica cimentados à pilares híbridos de metal e resina composta CAD/CAM.

Material Restaurador	Espécime	Carga de Fratura (N)	Ciclos	Modo de Fratura
COROAS de Cerâmica (Paradigm C) Média: 1240N	CC_01	1400	157.926	Total
	CC_02	1400	170.246	Total
	CC_03	1400	180.000	Não Falhou
	CC_04	1400	155.243	Total
	CC_05	1200	136.158	Total
	CC_06	1400	166.367	Total
	CC_07	1400	158.048	Total
	CC_08	1400	180.000	Não Falhou
	CC_09	1200	151.453	Parcial
	CC_10	1200	130.549	Total
	CC_11	1000	105.013	Parcial
	CC_12	1000	110.676	Total
	CC_13	1400	180.000	Não Falhou
	CC_14	1000	126.426	Total
	CC_15	800	85.217	Parcial
COROAS de Resina Composta (Paradigm MZ100) Média: 1320N	CRC_01	1400	180.000	Não Falhou
	CRC_02	1400	180.000	Não Falhou
	CRC_03	1400	180.000	Não Falhou
	CRC_04	1400	180.000	Não Falhou
	CRC_05	1400	180.000	Não Falhou
	CRC_06	1400	155.890	Total
	CRC_07	1400	156.273	Total
	CRC_08	1000	105.595	Total
	CRC_09	1200	151.989	Total
	CRC_10	1400	171.737	Total
	CRC_11	800	83.691	Parcial
	CRC_12	1400	180.000	Não Falhou
	CRC_13	1400	180.000	Não Falhou
	CRC_14	1400	180.000	Não Falhou
	CRC_15	1400	180.000	Não Falhou

Tabela 3. Média de sobrevivência de restaurações implantossuportadas de cerâmica e resina composta.

	Coroas	Onlays	Sobrevivência do Material
Paradigm C	20%	33,3%	26,7%
Paradigm MZ100	60%	60%	60%

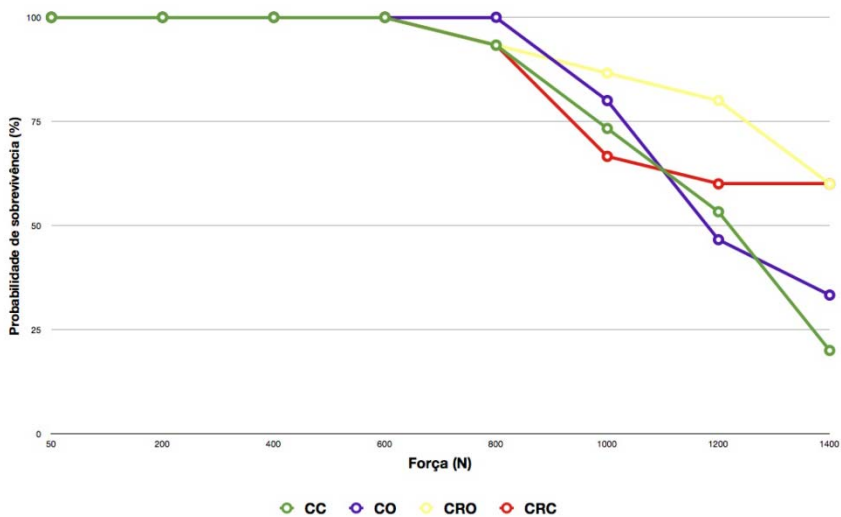


Fig. 5A: Probabilidade de sobrevivência de pilares personalizados híbridos de metal e resina composta restaurados adesivamente.

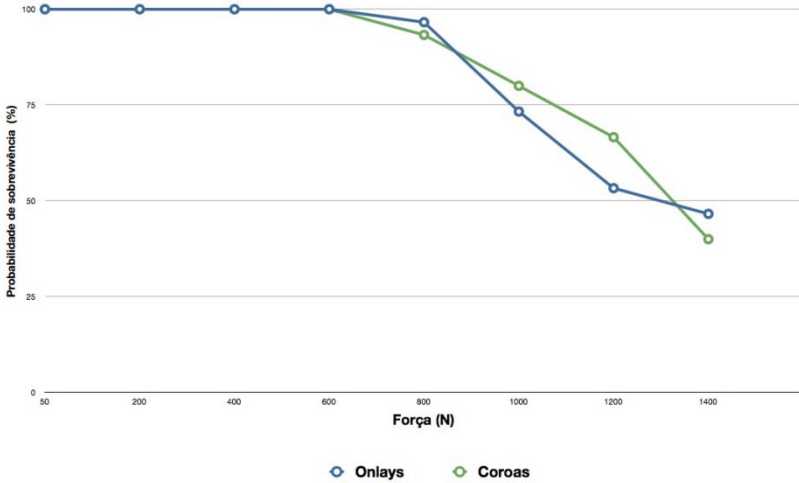


Fig. 5B: Comparação da probabilidade de sobrevivência de Onlays e Coroas cimentadas a pilares híbridos de metal e resina composta CAD/CAM (dados compilados)

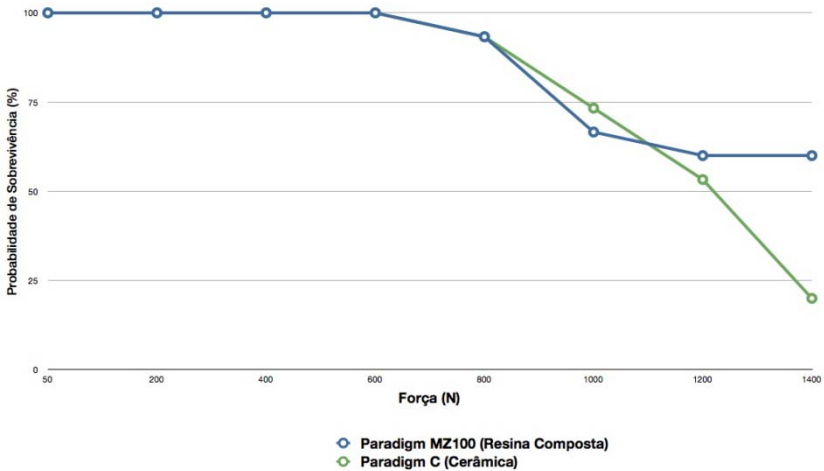


Fig. 5C: Comparação da probabilidade de sobrevivência de pilares híbridos de metal e resina composta adesivamente restaurados com Paradigm MZ100 e Paradigm C (dados compilados).

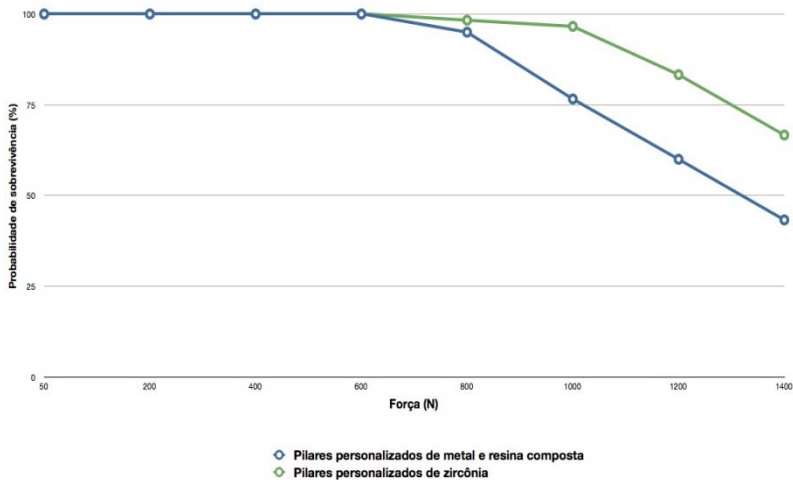


Fig. 5D: Comparação da probabilidade de sobrevivência de pilares híbridos de metal e resina composta e pilares de zircônia.

Todos os dados do presente estudo foram compilados para comparação com dados pré-existentes de um estudo prévio, realizado sob condições experimentais estritamente idênticas (mesmo operador, mesmo modelo e marca de implante) usando pilares de zircônia ao invés de resina composta (60 espécimens, 30 restaurados com onlays e coroas de cerâmica e outros 30 com onlays e coroas de resina composta). Diferenças significativas na probabilidade de sobrevivência foram encontradas quando os pilares foram comparados (zircônia foi superior a metal e resina composta, $P=0,0035$) e o material restaurador (Paradigm MZ100 foi superior a Paradigm C, $P=0,0001$).

Os 4 grupos apresentaram modos de falha semelhantes (Tabela 4) com 100% de falhas envolvendo a restauração e o pilar (Fig. 6). Falhas exclusivamente coesivas não foram observadas, nem falhas somente adesivas assim como fratura ou afrouxamento de parafuso. As fraturas foram predominantemente adesivas de 75% a 90% dos espécimens fraturados, com falhas na interface metal-resina e completa exposição do pilar metálico (mais de 75% de exposição da superfície do pilar foi classificada como totalmente adesiva). As fraturas parcialmente adesivas (menos de 75% da superfície metálica do pilar exposta) foram observadas somente de 10% a 25% das fraturas e estão relacionadas com as menores cargas de fratura registradas (800N a 1200N).

Tabela 4. Modo de fratura de onlays e coroas de resina composta e cerâmica cimentados a pilares híbridos de metal e resina composta CAD/CAM.

	Total	Parcial
Onlays de Paradigm C - CO	90%	10%
Onlays de Paradigm MZ100 - CRO	83,3%	17,7%
Coroas de Paradigm C - CC	75%	25%
Coroas de Paradigm MZ100 - CRC	75%	25%

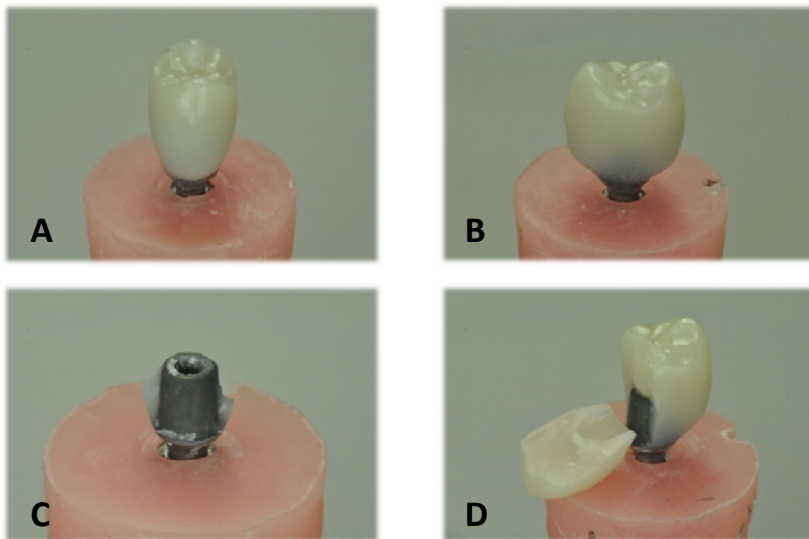


Fig. 6: Coroa de resina composta CAD/CAM cimentada a pilar personalizado híbrido de metal e resina composta CAD/CAM que sobreviveu ao teste de fadiga até 1400N (A - Vista palatina e B-Vista distal). Onlay de resina composta apresentando fratura predominantemente adesiva (C). Coroa de resina composta apresentando fratura parcialmente adesiva (D).

DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou, *in vitro*, a resistência à fadiga e o modo de fratura de onlays e coroas cimentadas adesivamente a pilares para implante híbridos de metal e resina composta CAD/CAM e a influência do material de revestimento selecionado. A hipótese nula foi confirmada, uma vez que a interface pilar-restauração não falhou antes do pilar e o material restaurador (cerâmica vs resina composta) demonstrou influenciar significativamente a resistência à fadiga do conjunto. Além disto, pilares idênticos em zircônia de um estudo prévio (dados compilados para onlays e coroas de cerâmica e resina composta) apresentaram índices de sobrevivência superiores quando comparados aos pilares personalizados híbridos de metal e resina composta deste estudo.

Durante sua vida útil, os dentes são submetidos a relativamente baixas forças, mas altos ciclos de estresse e podem eventualmente receber impactos repentinos com altas forças (trauma). Testes, *in vitro*, simulando a fadiga clínica são relevantes, mas consomem muito tempo. Estes contrastam com os testes de resistência à fratura, mais eficientes, mas menos relevantes clinicamente. O protocolo de aplicação de força em “escada” utilizado neste estudo representa um bom balanço entre os tradicionais testes de fadiga e resistência a fratura. Originalmente introduzido por Fennis et al. (2004) e posteriormente utilizado em outros numerosos estudos (Kuijs et al. 2006; Magne & Knezevic

2009a, 2009b, 2009c) o protocolo em “escada” pode ser considerado um “teste de fadiga acelerado” que cobre uma ampla gama de situações clínicas relevantes (forças normais e altas). As cargas aplicadas na parte inicial do teste variam dentro da média de forças normais de mordida na região posterior, de 600N (De Boever et al. 1978; Ferrario et al. 2004). A segunda parte compreende a média de forças encontradas no bruxismo, trauma (altas forças externas), ou acidentes mastigatórios intraorais sob forças mastigatórias, mas aplicada a uma pequena área devido a um objeto duro estranho como, por exemplo, pedra ou semente. Outra modificação aplicada neste estudo foi a substituição da tradicional esfera de metal antagonista por um cilindro de resina composta, como sugerido em outros testes de fadiga semelhantes estudos (Magne & Knezevic, 2009b; Magne et al. 2011c; Oderich, 2011). Quando comparados ao metal como antagonista, a resina composta previne pontos localizados de carga intensa e danos superficiais que não correspondam a realidade (Kelly 1999). As variáveis confundentes foram evitadas devido a fabricação de ambos, abutment e restauração usando a tecnologia CAD/CAM. Tendo o processo manual sido substituído pelo processo de fabricação automatizado, a cimentação foi a única variável confundente presente neste experimento.

As restaurações de resina composta e cerâmica apresentaram boa *performance* considerando que todos os espécimens sobreviveram a média normal de forças na primeira metade do teste (600N). Os espécimens de Paradigm C e MZ100 fraturaram a uma média de forças de 1133N a 1266N. Baseado nestes dados é difícil

afirmar que pilares de polímeros para implantes restaurados adesivamente são contraindicados em dentes posteriores. Estes resultados são similares a outros de estudos prévios, onde pilares híbridos de metal e resina composta restaurados com Paradigm C e MZ100 sobreviveram a média normal de forças na região anterior (100N) (Magne et al. 2011b). Além disto, a *performance* similar de restaurações de cerâmica cimentadas adesivamente a pilares de zirconia (Oderich 2011) ou híbridos de metal e resina composta (presente trabalho) em implantes na região posterior (média de sobrevivência de 33,3% vs. 26,7%, respectivamente) confirmam o anteriormente exposto. Os 4 grupos do presente estudo apresentaram modo de fratura semelhante com 100% das mesmas envolvendo restauração e pilar. Falhas exclusivamente coesivas não foram observadas, bem como falhas adesivas na interface pilar/restauração ou falhas puramente adesivas na interface metal/resina do pilar de metal e resina composta. Estes resultados reafirmam a confiabilidade da união adesiva entre resina-resina e resina-porcelana. No entanto eles contrastam com os resultados obtidos com pilares de zirconia (Magne et al. 2011a) nos quais as restaurações apresentaram uma alta incidência de falhas adesivas deixando o pilar intacto. Outro achado significativo foi a ausência de afrouxamento ou fratura de parafuso, que pode ser explicado em parte pela confiabilidade da conexão cônica.

O ponto fraco neste experimento parece ser a interface entre a mesoestrutura de resina composta e o pilar metálico, o qual foi amplamente exposto na maioria das vezes. Devido a possibilidade de se obter uma adesão previsível ao pilar de titânio, utilizando

silicatização e um silano (Watanabe et al. 1999), é provável que a adesão ao metal não tenha sido a principal razão para a falha do pilar no presente estudo. Pode ser hipotetizado que o *design* do componente metálico poderia ter causado o problema, pois consiste de um pilar relativamente rígido e sólido (sem modificações). Trabalhos adicionais, incluindo análise de elemento finito teriam sido necessários para otimizar o *design* deste componente com o objetivo de igualar a resiliência ao da mesoestrutura de resina composta e possibilitar o alívio do estresse na interface. Esta hipótese é confirmada por dados pré-existentes em dentes anteriores onde foram usados pilares metálicos modificados (mais flexíveis semelhantes à resina composta). Quando associados à mesoestrutura de resina composta, estes componentes metálicos modificados apresentaram similar *performance* aos pilares de zircônia com o mesmo *design* (Magne et al. 2011b).

O modo de fratura predominantemente coesivo no presente estudo (observado somente de 10% a 25% das fraturas) foi similar ao encontrado em dentes naturais com uma fratura oblíqua da superfície oclusal para a região buco cervical (Baratieri et al. 2005; Magne & Belser, 2002) e parece ocorrer em cargas mais baixas que fraturas totalmente adesivas. Os espécimes que apresentaram fraturas coesivas fraturaram em um único fragmento. Devido aos avanços na química elementar, as propriedades das resinas compostas modernas evoluíram, melhorando a reparabilidade (Rosentritt et al. 2000; Andriani et al. 2010) e a adesão a estrutura dental e substratos metálicos (Andriani et al. 2010; Behr et al. 2001). Um estudo piloto, atualmente em execução, confirmou que o

reparo de pilares híbridos de metal e compósito que falharam (utilizando silicatização e silano) pode suportar altas cargas no teste de resistência a fadiga.

Resultados adicionais obtidos de dados compilados para o material restaurador (onlays e coroas combinados) revelaram uma probabilidade de sobrevivência superior para Paradigm MZ100 comparado a Paradigm C ($P=0,027$) com 18 restaurações de resina composta tendo sobrevivido ao teste (60%) contra 8 cerâmicas (26,7%). Este resultado contrasta com os dados obtidos do mesmo material (Paradigm C e MZ100) usado para restaurar pilares híbridos de metal e resina composta na região anterior (Magne et al. 2011b). A habilidade de se deformar sob carga faz do Paradigm MZ100 mais propenso a absorver o estresse e proteger o pilar. Na região anterior, as restaurações foram submetidas a cargas baixas e oblíquas até 280N (Magne et al. 2011b), enquanto nas restaurações posteriores neste estudo, os espécimes estavam sob carga vertical até 1400N. O efeito amortecedor esperado dos pilares de compósito protegendo as restaurações de cerâmica na região posterior não foi observado sob altas cargas de compressão. Além disso, quando os dados compilados deste estudo (somente restaurações de cerâmica) foram comparados a restaurações de cerâmicas cimentadas adesivamente a pilares de zircônia com idêntico *design* e condições de teste (Oderich 2011), não foram observadas diferenças ($P=0,43$)(Quadro 1). Em contraste, restaurações de resina composta aderidas a pilares de zirconia apresentaram resultados espetaculares (100% índice de sobrevivência) e coincidentemente parecem responder de forma semelhante a dentes naturais quando

a resposta dinâmica a cargas de impacto (medição da energia de absorção; Perimeter, Perimetrics LLC, Irvine, USA) foi analisada.

	Pilar	Restauração	Comparação dos materiais restauradores	Comparação dos pilares	
ANTERIORES	ZIRCÔNIA (Magne et al., 2011a)	RESINA COMPOSTA	Desempenho similar ($P=0,18$)	Desempenho similar ($P=0,76$)	
		CERÂMICA			
	RESINA COMPOSTA (Magne et al., 2011b)	RESINA COMPOSTA	Cerâmica superior ($P<0,02$)		
		CERÂMICA			
POSTERIORES	ZIRCÔNIA (Oderich, 2011)	RESINA COMPOSTA	Resina composta superior ($P=0,0001$)	Zircônia superior ($P=0,0035$)	
		CERÂMICA*			
	RESINA COMPOSTA (presente trabalho)	RESINA COMPOSTA	Resina composta superior ($P<0,027$)		*Restaurações cerâmicas sobre pilares de zircônia e resina composta apresentaram desempenho SIMILAR. ($P=0,43$)
		CERÂMICA*			

Quadro 1: Resultados dos trabalhos realizados com diferentes combinações entre materiais restauradores (cerâmica/resina composta), componentes (pilar/restauração) e *designs* (onlay/coroa) da restauração (Magne et al., 2011a, 2011b; Oderich, 2011; presente trabalho).

Quando os dados de ambos os estudos em implantes para a região posterior foram combinados (Oderich 2011 e o presente estudo), os pilares de zircônia apresentaram uma *performance* significativamente melhor do que os pilares híbridos de metal e resina composta ($P<0,0035$), e a *performance* de ambos foi melhor

quando foram restaurados com Paradigm MZ100 do que com Paradigm C. A excelente *performance* dos blocos de resina composta (comparados com cerâmica) tem sido demonstrada em outras aplicações sobre dentes (Magne & Knezevic 2009a, 2009b, 2009c; Magne et al. 2010b). Para muitos profissionais há uma preocupação generalizada em se utilizar resina composta como um material restaurador para a região posterior devido à baixa resistência ao desgaste quando comparado a cerâmica. Deve ser lembrado, no entanto, que o desgaste da restauração não deveria ser considerado isoladamente, mas em combinação com o desgaste do esmalte antagonista (desgaste total, restauração e esmalte combinados). Devido ao pequeno desgaste do esmalte antagonista, Paradigm MZ100 apresenta o menor desgaste global quando comparado a outros materiais cerâmicos (Kunzelmann et al. 2001). Isto pode representar um significativo avanço para as restaurações de resina composta sobre as cerâmicas na preservação do esmalte antagonista e da morfologia natural em implantes de paciente que desenvolvam altas cargas oclusais.

As implicações clínicas das definições de falhas no presente estudo podem ser questionadas. Falhas da restauração ou pilar, quando reparáveis, podem ser consideradas um mecanismo de proteção para limitar a quantidade de estresse sobre os implantes e possivelmente reduzir o estresse no osso adjacente. Outras implicações clínicas significantes podem ser retiradas deste estudo relacionadas ao *design* e material da restauração. O conceito de restaurações adesivas (não retentivas) permite ao cirurgião, dentista restaurador e o ceramista ter maior liberdade de trabalho.

O cirurgião pode beneficiar-se de uma maior possibilidade de escolha durante a determinação do ótimo plano de inserção do implante (permitindo uma colocação do implante mais “osso-guiada” quando necessário) e o ceramista tem maiores possibilidade de trabalhar com os componentes e solucionar casos mesmo na presença de reduzidos espaços mesio-distais ou interoclusais. A simulação de qualquer angulação coroa-raiz e o posicionamento de margens menos subgingivais associado às propriedades ópticas e *design* do pilar neste novo protocolo para a restauração de dentes posteriores, simplifica a cimentação da restauração final (menos risco de excesso de cimento) e implementa os resultados estéticos (exemplo, em casos de mucosa labial peri-implantar fina) (Sailer et al. 2009; Zembic et al. 2009; Magne et al. 2010b). Baseado nos dados deste estudo é difícil concluir que pilares de polímeros são contraindicados em dentes posteriores, no entanto, novos estudos deveriam ser realizados para a otimização do *design* de alguns componentes e para explorar e desenvolver o uso das novas resinas compostas reforçadas com fibra CAD/CAM.

Dentro das limitações do presente estudo, foi possível concluir que Paradigm MZ100 onlays/coroas cimentadas adesivamente a pilares híbridos de metal e resina composta apresentaram maiores índices de sobrevivência quando comparados a pilares de cerâmica. Pilares de zircônia foram superiores aos pilares híbridos de metal e resina composta.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam sua gratidão à:

- CAPES Fundação de Apoio à Pesquisa (processos - PDEE 1897-09-8 e PDEE 1909-09-6);
- Neodent (Curitiba, PR, Brasil) pela doação dos implantes e dos pilares de zircônia;
- 3M ESPE (St Paul, MN) pela doação dos blocos de Paradigm C e Paradigm MZ100, resina composta Filtek Z100 e Cojet;
- Kerr (Orange, CA) pelo Optibond FL e Occlubrush;
- Patterson (El Segundo, CA) pelo Cerec 3;
- Ultradent (South Jordan, UT) pelo Ultraetch, Porcelain Etch e Silane;
- Heraeus Kulzer (Armonk, NY) pela Palapress;
- Brasseler (Savannah, GA) e Dialite e Komet (Rock Hill, SC) pelo sistema Q-Polishing Kit.

REFERÊNCIAS

Andersson B., Odman P., Carlsson L. & Brånemark P.I. (1992) A new Brånemark single tooth abutment: handling and early clinical experiences. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 7:105-11.

Andriani W.J., Suzuki M., Bonfante E.A., Carvalho R.M., Silva N.R., Coelho P.G. (2010) Mechanical testing of indirect composite materials directly applied on implant abutments. *The Journal of Adhesive Dentistry* 12:1-7.

Baratieri L. N., Araujo E. M., Monteiro Jr S. (2005) Composite restorations in anterior teeth: fundamentals and possibilities, *Quintessence Publishing*.

Behr M., Rosentritt M., Lang R., Handel G. (2001) Glass fiber-reinforced abutments for dental implants. A pilot study. *Clinical Oral Implants Research* 12:174-8.

Cibirka R.M., Razzoog M.E., Lang B.R., Stohler C.S. (1992) Determining the force absorption quotient for restorative materials used in implant occlusal surfaces. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 67:361-4.

Ciftçi Y. & Canay S. (2000) The effect of veneering materials on stress distribution in implant-supported fixed prosthetic restorations. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 15:571-82.

Curtis A.R., Wright A.J., Fleming G.J. (2006) The influence of surface modification techniques on the performance of a Y-TZP dental ceramic. *The Journal of Dentistry* 34:195-206.

De Boever J.A., McCall Jr W.D., Holden S., Ash Jr M.M. (1978) Functional occlusal forces: an investigation by telemetry. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 40:326-333.

De Boever A.L., Keersmaekers K., Vanmaele G., Kerschbaum T., Theuniers G., De Boever J. A. (2006) Prosthetic complications in fixed endosseous implant-borne reconstructions after an observations period of at least 40 months. *Journal of Oral Rehabilitation* 33:833–839.

Fennis W.M.M., Kuijs R.H., Kreulen C.M., Ver- donschoot N. & Creugers N.H. (2004) Fatigue resistance of teeth restored with cuspal-coverage composite restorations. *The International Journal of Prosthodontics* 17:313–317.

Ferrario V.F., Sforza C., Serrao G., Dellavia C. & Tartaglia G.M. (2004) Single tooth bite forces in healthy young adults. *The Journal of Oral Rehabilitation* 31:18–22.

Geng J.P., Tan K.B., Liu G.R. (2001) Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 85:585-98.

Gracis S.E., Nicholls J.I., Chalupnik J.D., Yuodelis R.A. (1991) Shock-absorbing behavior of five restorative materials used on implants. *The International Journal of Prosthodontics* 4:282-91.

Haas R., Mensdorff-Pouilly N., Mailath G., Watzek G. (1995) Brånemark single tooth implants: a preliminary report of 76 implants. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 73:274-9.

Haas R., Polak C., Fürhauser R., Mailath-Pokorny G., Dörtbudak O., Watzek G. (2002) A long-term follow-up of 76 Brånemark single-tooth implants. *Clinical Oral Implants Research* 13:38-43.

Ishikawa-Nagai S., Da Silva J.D., Weber H.P., Park S.E. (2007) Optical phenomenon of peri-implant soft tissue. Part II. Preferred implant neck color to improve soft tissue esthetics. *Clinical Oral Implants Research* 18:575-80.

Jung R.E., Pjetursson B.E., Glauser R., Zembic A., Zwahlen M., Lang N.P. (2008) A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns. *Clinical Oral Implants Research* 19:119-130.

Juodzbaly G., Kubilius R., Eidukynas V., Raustia A.M. (2005) Stress distribution in bone: single-unit implant prostheses veneered with porcelain or a new composite material. *Implant Dentistry*. 14:166-75.

Kelly J.R. (1999) Clinically relevant approach to failure testing of all-ceramic restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 81:652-661.

Kim H.K., Heo S.J., Koak J.Y., Kim S.K. (2009) In vivo comparison of force development with various materials of implant-supported prostheses. *The Journal of Oral Rehabilitation* 36:616-625.

Kosmac T., Oblak C., Jevnikar P., Funduk N., Marion L. (1999) The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. *Dental Materials* 15:426-33.

Kuijs R.H., Fennis W.M., Kreulen C.M., Roeters F.J., Verdonchot N. & Creugers N.H. (2006) A comparison of fatigue resistance of three materials for cusp-replacing adhesive restorations. *The Journal of Dentistry* 34:19-25.

Kunzelmann K.H., Jelen B., Mehl A., Hickel R. (2001) Wear evaluation of MZ100 compared to ceramic CAD/CAM materials. *International Journal of Computerized Dentistry* 4:171-84.

Magne P. & Belser U.C. (2002) Bonded porcelain restorations in the anterior dentition: a biomimetic approach. *Quintessence Publishing*.

Magne P., Magne M., Jovanovic S.A. (2008) An esthetic solution for single-implant restorations - type III porcelain veneer bonded to a screw-retained custom abutment: a clinical report. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 99:2-7.

Magne P. & Knezevic A. (2009a) Influence of overlay restorative materials and load cusps on the fatigue resistance of endodontically treated molars. *Quintessence International* 40:729-37.

Magne P. & Knezevic A. (2009b) Simulated fatigue resistance of composite resin versus porcelain CAD/CAM overlay restorations on endodontically treated molars. *Quintessence International* 40:125-33.

Magne P. & Knezevic A. (2009c) Thickness of CAD-CAM composite resin overlays influences fatigue resistance of endodontically treated premolars. *Dental Materials* 25:1264-8.

Magne P., Paranhos M.P., Burnett L.H. Jr. (2010a) New zirconia primer improves bond strength of resin-based cements. *Dental Materials* 26:345-52.

Magne P. & Schlichting L. H. (2010b) An in vitro fatigue resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic posterior occlusal veneers. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 104:149–157.

Magne P., Paranhos M.P., Burnett L.H. Jr., Magne M., Belser U.C. (2011a) Fatigue resistance and failure mode of novel-design anterior single-tooth implant restorations: influence of material selection for Type III veneers bonded to zirconia abutments. *Clinical Oral Implant Research* 22:195-200.

Magne, P., Oderich, E., Boff, L. L. Cardoso, A. C. Belser, U. C. (2011b) Fatigue resistance and failure mode of CAD/CAM composite resin implant abutment restored with type III composite resin and porcelain veneers. *Clinical Oral Implants Research*. 22:1-7.

Magne P., Boff L. L. Oderich E. Cardoso A. C. (2011c) CAD/CAM adhesive restoration of molars with a cracked compromised cusp: effect of fiber-reinforced immediate dentin sealing and cusp overlap on the fatigue strength onlays. *Journal European Restorative Dentistry (No prelo)*.

Oderich E. (2011) Avaliação da resistência à fadiga e do modo de fratura de restaurações adesivas implantossuportadas em cerâmica e resina composta sobre pilares personalizados em zircônia para região de pré-molar. (*Tese*).

Papavasiliou G., Kamposiora P., Bayne S.C., Felton D.A. (1996) Three-dimensional finite element analysis of stress-distribution around single tooth implants as a function of bony support, prosthesis type, and loading during function. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 76:633-40.

Park S.E., Da Silva J.D., Weber H.P., Ishikawa-Nagai S. (2007) Optical phenomenon of peri-implant soft tissue.Part I. Spectrophotometric assessment of natural tooth gingiva and peri-implant mucosa. *Clinical Oral Implants Research* 18:569-74.

Phark J.H., Duarte S. Jr., Blatz M., Sadan A. (2009) An in vitro evaluation of the long-term resin bond to a new densely sintered high-purity zirconium-oxide ceramic surface. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 101:29-38.

Pjetursson B.E., Bragger U., Lang N.P., Zwahlen M. (2007) Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant supported FDPs and single crowns (SCs). *Clinical Oral Implants Research* 18 (suppl. 3):97-113.

Rosentritt M., Behr M., Kolbeck C., Lang R., Handel G. (2000) In vitro repair of all-ceramic and fibre-reinforced composite crowns. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry* 8:107-12.

Rubo J.H., Souza E.A. (2008) Finite element analysis of stress in bone adjacent to dental implants. *The Journal of Oral Implantology* 34:248-55.

Rusin RP.(2001) Properties and applications of a new composite block for CAD/CAM. *Compend Contin Educ Dent* 22:35-41.

Sailer I., Sailer T., Stawarczyk B., Jung R.E., Hämmerle C.H. (2009) In vitro study of the influence of the type of connection on the fracture load of zirconia abutments with internal and external implant-abutment connections. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 24:850-8.

Searson, L. & Meredith N. (1997) The role of implants in restorative dentistry: prosthesis design and aesthetic considerations. *Dental Update* 24:388-90.

Sertgöz A. (1997) Finite element analysis study of the effect of superstructure material on stress distribution in an implant-supported fixed prosthesis. *The International Journal of Prosthodontics* 10:19-27.

Silva M.; Oderich E.; Boff L.L.; Magne P. (2011) Can implant restorations be more biomimetic? The Explorer – *The Journal o Student Dental Research of the Herman Ostrow School of Dentistry of USC*, v.1, p.47, (abstract).

Soumeire J. & Dejou J. (1999) Shock absorbability of various restorative materials used on implants. *The Journal of Oral Rehabilitation* 26:394-401.

Stegaroiu R., Khraisat A., Nomura S., Miyakawa O. (2004) Influence of superstructure materials on strain around an implant under 2 loading conditions: a technical investigation. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 19:735-42.

Stegaroiu R., Kusakari H., Nishiyama S., Miyakawa O. (1998) Influence of prosthesis material on stress distribution in bone and implant: a 3-dimensional finite element analysis. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 13:781-90.

Wang T.M., Leu L.J., Wang J., Lin L.D. (2002) Effects of prosthesis materials and prosthesis splinting on peri-implant bone stress around implants in poor-quality bone: a numeric analysis. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 1:231-7.

Wang H., Aboushelib M.N., Felizer A.J. (2008) Strength influencing variables on CAD/CAM zirconia frameworks. *Dental Materials* 24:633-8.

Watanabe I., Kurtz K. S., Kabcenell J. L., Okabe T. (1999) Effect of sandblasting and silicoating on bond strength of polymer-glass composite to cast titanium. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 82:462-467.

Wolfart M., Lehmann F., Wolfart S. & Kern M. (2007) Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. *Dental Materials* 23:45-50.

Yildirim M., Fischer H., Marx R., Edelhoff D. (2003) In-vivo fracture resistance of implant-supported all-ceramic restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 90:325-331.

Zembic A., Sailer I., Jung R.E., Hammerle C.H.F. (2009) Randomized-controlled clinical Trial of customized zirconia and titanium implant abutments for single-tooth implants in canine and posterior regions: 3-years result. *Clinical Oral Implant Research* 20:802-808.

VERSÃO DO ARTIGO EM INGLÊS

This manuscript was written according to the guidelines for submission to the journal "*Clinical Oral Implants Research*".

FATIGUE RESISTANCE AND FAILURE MODE OF ADHESIVELY-RESTORED CUSTOM IMPLANT PREMOLAR ABUTMENTS. PART II: METAL COMPOSITE RESIN ABUTMENTS

Running title: Posterior single-unit restorations bonded to custom metal composite resin implant abutments

Luís Leonildo Boff⁶, Elisa Oderich⁷, Antônio Carlos Cardoso⁸, Pascal Magne⁹

Corresponding author: Dr. Pascal Magne
UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA

Division of Restorative Sciences - The Herman Ostrow School of Dentistry

3151 S. Hoover St - Los Angeles, CA 90089-7792

Phone (213) 740-4239 / Fax (213) 821-5324

E-mail: magne@usc.edu

⁶ Visiting scholar, Department of Restorative Sciences, Herman Ostrow School of Dentistry, University of Southern California; Assistant Professor and Researcher, Department of Dentistry, Federal University of Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC, Brazil.

⁷ Visiting scholar, Department of Restorative Sciences, Herman Ostrow School of Dentistry, University of Southern California; PhD Student, Department of Dentistry, Federal University of Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC, Brazil.

⁸ Titular Professor, Department of Dentistry, Federal University of Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC, Brazil.

⁹ Tenured Associate Professor, The Don & Sybil Harrington Foundation Chair of Esthetic Dentistry, Division of Restorative Sciences, The Herman Ostrow School of Dentistry, University of Southern California, Los Angeles, CA, USA.

ABSTRACT

Objectives: To evaluate the fatigue resistance and failure mode of composite resin and porcelain onlays and crowns bonded to custom metal composite resin premolar implant abutments.

Material and Methods: Using the CEREC3 machine, 60 composite resin mesostructures were fabricated with two preparation designs (crown vs. onlay) and bonded to a metal implant abutment. Following insertion into a Morse taper implant (Titamax CM), the metal composite abutments were adhesively restored with composite resin (Paradigm MZ100, air-abraded, silanated) and ceramic (Paradigm C, HF-etched and silanated) restorations (n=15) using adhesive resin (Optibond FL) and a preheated light curing composite resin (Filtek Z100). Cyclic isometric chewing (5Hz) was simulated, starting with 5,000x at load of 50N, followed by stages of 200N, 400N, 600N, 800N, 1,000N, 1,200N and 1,400N (25,000x each). Samples were loaded until fracture or to a maximum of 180,000 cycles. The four groups were compared using the life table survival analysis (Logrank test at $P=0.05$). Previously published data using same-design zirconia abutments were included for comparison.

Results: Paradigm C and MZ100 specimens fractured at an average load of 1,133N and 1,266N, respectively. Survival rates ranged from 20%-33.3% (ceramic crowns-onlays) to 60% (composite resin crowns-onlays) and were significantly different (pooled data for restorative material, $P=0.027$). There were no

restoration failure but predominantly adhesive failures at the connection between the metal abutment and the composite resin mesostructure. The survival of metal composite resin abutments was inferior to that of identical zirconia abutments from a previous study (pooled data for abutment material, $P=0.0035$).

Conclusions: Composite resin onlays/crowns bonded to metal composite resin implant abutments presented higher survival rate when compared to ceramic ones. Zirconia abutments outperformed the metal composite resin abutments.

Key-Words: Composite resin. Ceramic. CAD/CAM. Dental implant. Fatigue resistance. Implant abutment. Adhesion.

INTRODUCTION

Restoring posterior implants requires a strong and reliable material to withstand the repeated masticatory function. Titanium abutments and metal-ceramic crowns are traditionally used due to their mechanical properties (Hass et al. 1995; 2002; Andersson et al. 1992; Searson & Meredith 1997). With an increasing trend for esthetic materials, zirconia abutments and all-ceramic restorations have been used increasingly as a substitute to metal even in the posterior area. Those new materials prevent the bluish appearance of the cervical soft tissue encountered around the metal abutment and are especially recommended to fabricate custom abutments (Park et al. 2007; Ishikawa-Nagai et al. 2007; Sailer et al. 2009; Zembic et al. 2009). Zirconia (Y-TZP) appears to fulfill the requirements of strength and biocompatibility needed for implants abutments (Yilderim et al. 2003). It seems that the high performance of the abutment itself it is not a warrant for the strength of the restoration. When restoring single crowns supported by implants, systematics reviews have been revealed the inferior 5-years survival rate of all ceramic systems (91.2%) compared to metal ceramics (95.4%)(Jung et al. 2008). The situation will be even more critical when bruxism is present because parafunctional habits seem to play a significant role in the frequency of complications (De Boever et al. 2006). Ceramic stiffness associated to the absence of a PDL generates a monobloc structure without any resilience. When compared to natural tooth abutments, the inherent

rigidity of the bone-implant-restoration assembly has been associated to a higher incidence of technical complications, including fractures of the veneering material, abutment or screw loosening and loss of retention (Pjetursson et al. 2007). Other drawbacks of zirconia abutments are the difficulty to bond to zirconia (Wolfart et al. 2007; Phark et al. 2009; Magne et al. 2010a) and the risk of propagating micro fractures while trimming pre-fabricated abutments (Kosmac et al. 1999; Curtis et al. 2006; Wang et al. 2008).

A decade ago, composite resin blocks Paradigm MZ100 (3M-ESPE; St. Paul, MN) were introduced for use with CAD/CAM systems as a substitute for machinable ceramics (Rusin 2001, Kunzelmann et al. 2001). The blocks were manufactured from the original Filtek Z100 restorative material (3M-ESPE), which contains patented spheroidal zirconia-silica fillers (85% by weight) that seem to provide the restoration with extraordinary behavior under dynamic loading (Magne & Knezevic, 2009a, 2009b, 2009c; Magne et al. 2010b, 2011a, 2011b), yet maintaining a low elastic modulus (15GPa to 20GPa). This unique combination of strength and resilience has been incorporated in new implant abutment/restorations concepts in an attempt to mimic the behavior of natural teeth (the so-called “biomimetic principle”) (Magne et al. 2011b). The resilient component to compensate for the absence of PDL can be integrated to the restoration. This concept was successfully applied to restore zirconium abutments in the anterior (Magne et al. 2011a) and yielded outstanding results (100% survival of abutment and restoration) in the posterior area

(Oderich 2011). Interestingly, when considering the dynamic response to impact loading (measured energy absorption; Periometer, Perimetrics LL, Irvine, USA), composite resin restorations bonded to zirconia abutments seem to respond closely to natural teeth with a simulated PDL (Silva et al. 2011).

However, the use of resilient crowns over rigid abutments did not prove to provide significant stress relief to the bone (Gracis et al. 1991; Cibirka et al. 1992; Papavasiliou et al. 1996; Stergöz, 1997; Stegaroiu et al. 2004; Soumeire & Dejou 1999; Ciftç& Canay 2000; Geng et al. 2001; Wang et al. 2002; Juodzbalys et al. 2005; Rubo & Souza 2008; Kim et al. 2009). Therefore, a more efficient shock-absorption effect might be obtained with a larger volume of resilient material, such as the abutment itself. Hence, the proposal to fabricate anterior single-unit implant-supported restoration using Paradigm MZ100 composite resin abutments (Magne et al. 2011b) associated to adhesively-retained non-retentive veneers (Magne et al. 2008, 2011a). The results demonstrated that survival of composite resin abutment did not differ from zirconia ones. There is no data available on such an approach in posterior teeth. A significant effect of the abutment and restorative material is expected given the increased volume of those elements in the posterior dentition. It is also not known whether the association of a posterior CAD/CAM composite resin custom abutment will withstand repeated mechanical loading in a moist environment and protect the restoration.

The aim of the present study was to assess in vitro the fatigue resistance and failure mode of onlays and crowns bonded to CAD/CAM metal composite resin implant abutments. The influence of the veneer material selection (ceramic vs. composite resin) was also evaluated. The null-hypothesis considered was that the abutment-restoration adhesive interface would not fail before the abutment itself and that the restorative material (ceramic vs. composite resin) would have an influence on the fatigue resistance and failure mode of the assembly. Previously published data using same-design zirconia custom abutments (Oderich 2011) generated in strictly identical laboratory/testing conditions were included for comparison.

MATERIAL AND METHODS

Sixty morse taper implants (Titamax CM, 4.1mm - diameter, 11mm - length; Neodent, Curitiba, Brazil) were embedded in acrylic resin (Palapress; Heraeus Kulzer, Armonk, NY) simulating the bone.

CAD/CAM DESIGN OF ABUTMENTS AND RESTORATIONS

Using Cerec Software (version 3.60, Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Germany) set in Correlation Mode (Fig. 1), two CAD/CAM custom abutments were designed by combining the optical impression of two different custom zirconia abutments (onlay and crown design) from a previous study (Oderich COIR 2012) and that of a solid metal abutment (CM Universal Post, 4.5mm - diameter, 4.5mm - height, 2.5mm - neck; Neodent, Curitiba, Brazil).

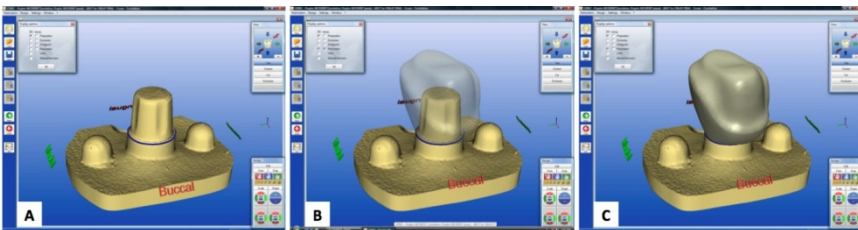


Fig. 1. Correlation Mode in CEREC3. Impression of solide metal abutment (A). Correlation of metal abutment with final design from zirconia abutment in previous study (B) (Oderich COIR, 2012). Final mesostructure to be milled (onlay design) (C).

Both abutments followed the natural emergence profile of a maxillary second pre-molar including clearance for either a crown or an onlay restoration. The metal abutment, used as an interface with the implant platform, connected the CAD/CAM composite resin mesostructure to the implant itself. Thirty identical CAD/CAM composite resin abutments were milled for each preparation design.

Following the same methodology, thirty identical crowns and thirty identical onlays were also fabricated. Thirty restorations (fifteen crowns and fifteen onlays) were milled in composite resin (Paradigm MZ100; 3M/ESPE) and the other thirty (fifteen of each restoration design) in glass ceramic (Paradigm C; 3M/ESPE) (Fig. 2).

All abutments and restorations (Fig. 3) were milled with the sprue located at the palatal surface. The porcelain restorations were initially polished using the intra-oral dialite porcelain adjustment polishing kit (Brasseler, Savannah, GA) and the composite resin ones, were polished using the Q-Polishing System (Kit ref. 4477; Komet, Schaumburg, IL) and silicon carbide-impregnated polishing brushes (Occlubrush; Kerr-Hawe, Bioggio, Switzerland).

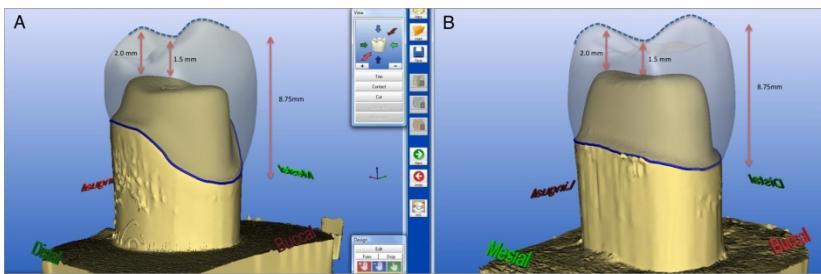


Fig. 2: Restoration design for an onlay (left) and crown (right).

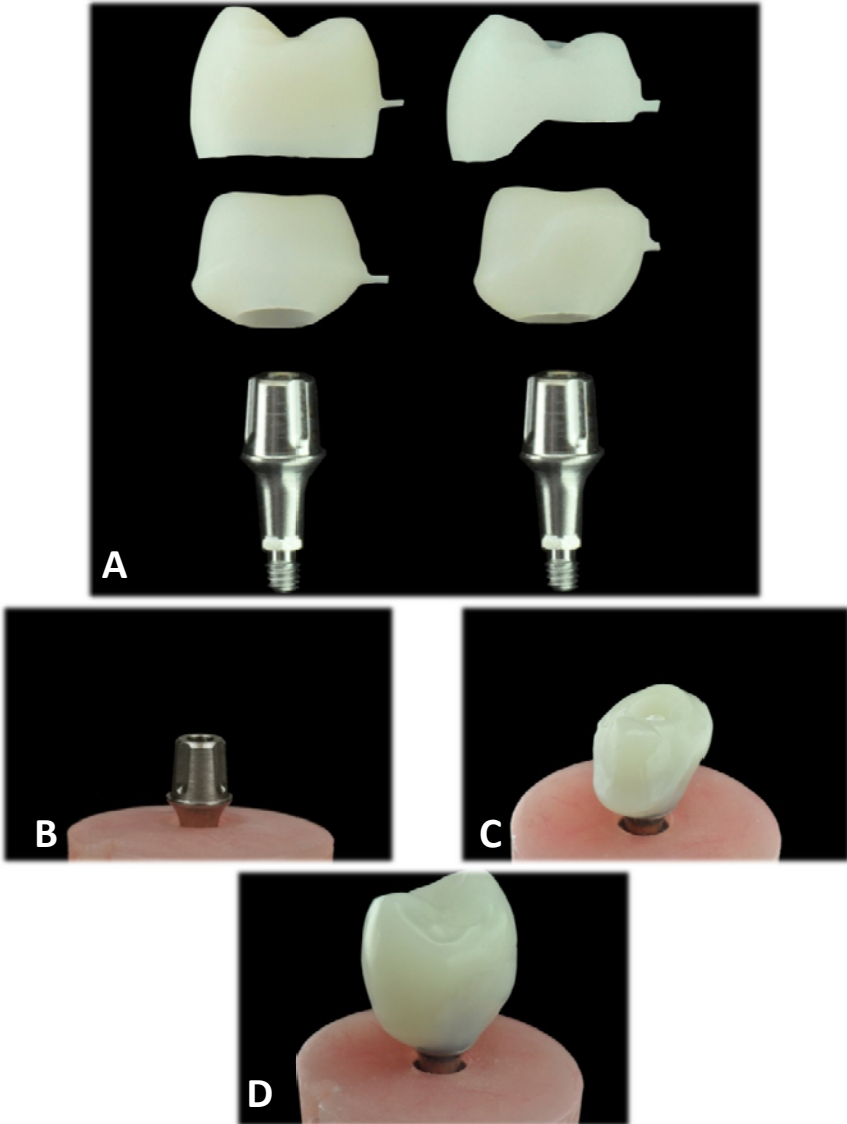


Fig. 3: CAD/CAM composite resin crown and onlay, custom composite resin mesostructure and solid metal abutment (A). Onlay fabrication sequence: solid metal abutment (B), custom metal composite resin abutment (C) cemented composite resin restoration (D).

ABUTMENT ASSEMBLY

Using a coarse rounded diamond bur (801-023; Brasseler), a circular role (future access for screw tightening) was trimmed in the occlusal surface of the CAD/CAM composite resin mesostructure. The fitting surfaces of the metal solid abutment and composite resin mesostructure were subjected to the same surface treatment, i.e. airborne-particle abrasion with 27 μ m silica-modified aluminum oxide (Cojet; 3M-ESPE) at 0.2MPa for 10 seconds at a distance of 10mm, application of a silane (Silane, Ultradent, South Jordan, UT) for 20 seconds and drying at 212F for 1 minute. For convenience and precise positioning during the assembly, the metal abutment was set into an implant analog and the screw access-channel was filled with teflon tape. The two parts were luted together using adhesive resin (Optibond FL – Bottle 2; Kerr, Orange, CA) and preheated restorative composite resin (Filtek Z100; 3M-ESPE, preheated for 5 minute in Calset; Addent, Danbury, CT). After removal of the composite resin excesses, all surfaces were light polymerized for 60 seconds at 1,000mw/cm² (Valo; Ultradent).

ABUTMENT PLACEMENT AND RESTORATION ADHESIVE LUTING

Surface treatment of porcelain restorations (crowns and onlays) included airborne-particle abrasion with 50 μ m aluminum

oxide at 0.2MPa, followed by etching with 9% hydrofluoric acid (Porcelain Etch; Ultradent) for 45 seconds, and rinsing with water for 20 seconds. Post-etching cleaning was performed using 35% phosphoric acid (Ultra-Etch; Ultradent) with a gentle brushing motion for 1 min, followed by rinsing with water for 20 seconds. After final cleaning by immersion in distilled water in an ultrasonic bath for 2.5 minutes and oil-free air-drying, intaglio surfaces were silanated (Silane; Ultradent) and dried at 212F for 1 minute. The same surface treatment was applied to the fitting surfaces of the composite resin abutments and composite resin restorations (crown and onlays) except for the hydrofluoric-etching step, which was omitted.

Each metal composite resin abutment was inserted into a Morse taper implant and 15N/cm of torque was applied to the abutment screw. Teflon tape was used to cover the abutment screw and fill part of the access-channel. Each restoration was bonded individually to the abutment using adhesive resin (Optibond FL – Bottle 2; Kerr) and preheated restorative composite resin (Filtek Z100; 3M-ESPE, preheated for 5 minutes in Calset; Addent). After removal of all composite resin excesses, each surface was light polymerized for 60 seconds at 1,000mw/cm² (Valo; Ultradent). All margins were covered with an air-blocking barrier (K-Y Jelly; Personal Products Company, Skillman, NJ) for an additional 10 seconds per surface polymerization cycle. Excess adhesive resin was removed with hand instruments (scaler, blade) and specimens were stored in distilled water for 24 hours before testing.

FATIGUE TEST

An artificial chewing device actuated by closed-loop servohydraulics (Mini Bionix II; MTS Systems, Eden Prairie, MN, USA) was used for simulating masticatory forces (Fig. 4). The chewing cycle was replicated by an isometric contraction (load control) applied through a 7mm-diameter cylindrical composite resin antagonist (Filtek Z100; 3M/ESPE). A new antagonist was fabricated for each specimen. The load chamber was filled with distilled water to submerge the sample during testing. Cyclic loading was applied at a frequency of 5Hz. A “staircase” load protocol was used, starting with a warm-up at 50N (5,000 cycles) followed by stages of 200N, 400N, 600N, 800N, 1,000N, 1,200N and 1,400N, at a maximum of 25,000 cycles each. Samples were loaded until fracture or to a maximum of 180,000 cycles. The number of endured cycles and failure mode of each specimen was recorded. After the test, each sample was evaluated by transillumination (Microlux; Addent, Danbury, CT) and optical microscope (Leica MZ 125; Leica Microsystems, Wetzlar, Germany) at 10:1 magnification (two-examiner agreement). A visual distinction was made between cohesive fractures of the abutment, screw or implant, as well as cohesive fracture of the restorations and/or adhesive failure of the restoration/mesostructure/abutment interfaces.

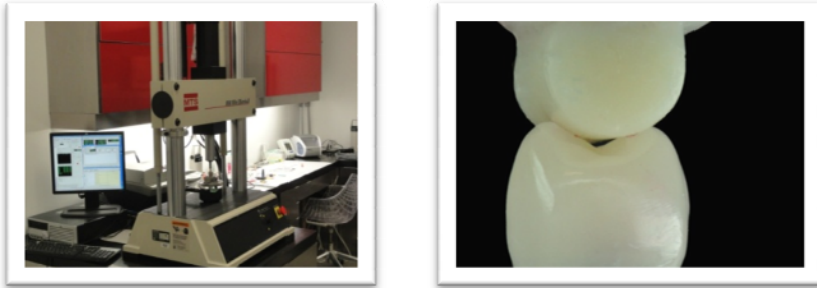


Fig. 4: Closed-loop servohydraulics (Mini Bionix II; MTS Systems, Eden Prairie, MN, USA) (A). Close-up view of specimen and cylindrical composite resin antagonist (B).

The fatigue resistance of the four groups was compared using the life table survival analysis. At each time interval (defined by each load step), the number of specimens starting the interval intact and the number of specimens fracturing during the interval was counted, allowing the calculation of survival probability at each interval. The influence of the restoration material (composite and ceramic) on the fracture strength of metal composite resin abutments and the different restoration design (crown and onlay designs) were analyzed by using the Log-rank test at a significance level of .05. Additional computations were carried out to compare the findings of this study with previously generated data using same-design zirconia custom abutments tested in strictly identical laboratory/testing conditions.

RESULTS

The fatigue resistance and survival rates of composite resin and porcelain onlays and crowns bonded to custom metal composite resin implant abutments are presented in Tables 1, 2 and 3, Fig. 5A-D. Paradigm C onlays and crowns fractured at an average load of 1,253N and 1,240N respectively. Five ceramic onlays and three ceramic crowns withstood all 180,000 loading cycles without damage (33,3% and 20% survival rate, respectively); for MZ100, specimens fractured at an average load of 1,240N and 1,320N respectively. Nine composite resin onlays and nine crowns survived the test (60% survival rate). There was no significant difference in the survival of the four groups ($P=0.24$). Pooled data for the restoration design (porcelain and composite resin combined) did not demonstrated a difference between onlays and crowns ($P=0.9$). However, pooled data for the restoration material (onlays and crowns combined) revealed superior survival probability for Paradigm MZ100 compared to Paradigm C ($P=0.027$).

Table 1. Fatigue resistance of composite resin and ceramic onlays bonded to CAD/CAM composite resin abutments.

Veneer Material	Specimen	Failure Load (N)	Cycles	Failure Mode	
Ceramic ONLAYS (Paradigm C)	CO_01	1,400	180,000	No Failure	
	CO_02	1,000	109,183	Partial	
	CO_03	1,400	158,577	Total	
	CO_04	1,200	143,396	Total	
	CO_05	1,200	150,722	Total	
	CO_06	1,000	106,447	Total	
	CO_07	1,200	135,275	Total	
	CO_08	1,400	180,000	No Failure	
	CO_09	1,200	130,297	Total	
	Average: 1,253N	CO_10	1,400	180,000	No Failure
	CO_11	1,000	125,149	Total	
	CO_12	1,400	180,000	No Failure	
	CO_13	1,400	162,597	Total	
	CO_14	1,400	180,000	No Failure	
	CO_15	1,200	151,482	Total	
Composite Resin ONLAYS (Paradigm MZ100)	CRO_01	1,400	180,000	No Failure	
	CRO_02	1,400	180,000	No Failure	
	CRO_03	1,400	180,000	No Failure	
	CRO_04	1,000	113,010	Total	
	CRO_05	1,000	118,410	Total	
	CRO_06	1,400	180,000	No Failure	
	CRO_07	1,400	180,000	No Failure	
	CRO_08	1,400	180,000	No Failure	
	CRO_09	1,000	105,129	Total	
	CRO_10	1,400	180,000	No Failure	
	Average: 1,240N	CRO_11	1,200	134,274	Total
	CRO_12	1,400	180,000	No Failure	
	CRO_13	1,000	105,196	Total	
	CRO_14	800	88,894	Partial	
	CRO_15	1,400	180,000	No Failure	

Table 2. Fatigue resistance of composite resin and ceramic crowns bonded to CAD/CAM composite resin abutments.

Veneer Material	Specimen	Failure Load (N)	Cycles	Failure Mode
Ceramic CROWNS (Paradigm C) Average: 1,240N	CC_01	1,400	157.926	Total
	CC_02	1,400	170.246	Total
	CC_03	1,400	180.000	No Failure
	CC_04	1,400	155.243	Total
	CC_05	1,200	136.158	Total
	CC_06	1,400	166.367	Total
	CC_07	1,400	158.048	Total
	CC_08	1,400	180.000	No Failure
	CC_09	1,200	151.453	Partial
	CC_10	1,200	130.549	Total
	CC_11	1,000	105.013	Partial
	CC_12	1,000	110.676	Total
	CC_13	1,400	180.000	No Failure
	CC_14	1,000	126.426	Total
	CC_15	800	85.217	Partial
Composite Resin CROWNS (Paradigm MZ100) Average: 1,320N	CRC_01	1,400	180.000	No Failure
	CRC_02	1,400	180.000	No Failure
	CRC_03	1,400	180.000	No Failure
	CRC_04	1,400	180.000	No Failure
	CRC_05	1,400	180.000	No Failure
	CRC_06	1,400	155.890	Total
	CRC_07	1,400	156.273	Total
	CRC_08	1,000	105.595	Total
	CRC_09	1,200	151.989	Total
	CRC_10	1,400	171.737	Total
	CRC_11	800	83.691	Partial
	CRC_12	1,400	180.000	No Failure
	CRC_13	1,400	180.000	No Failure
	CRC_14	1,400	180.000	No Failure
	CRC_15	1,400	180.000	No Failure

Table 3. Survival rates of ceramic and composite resin implant supported restorations.

	Crowns	Onlays	Material Survival
Paradigm C	20%	33.3%	26.7%
Paradigm MZ100	60%	60%	60%

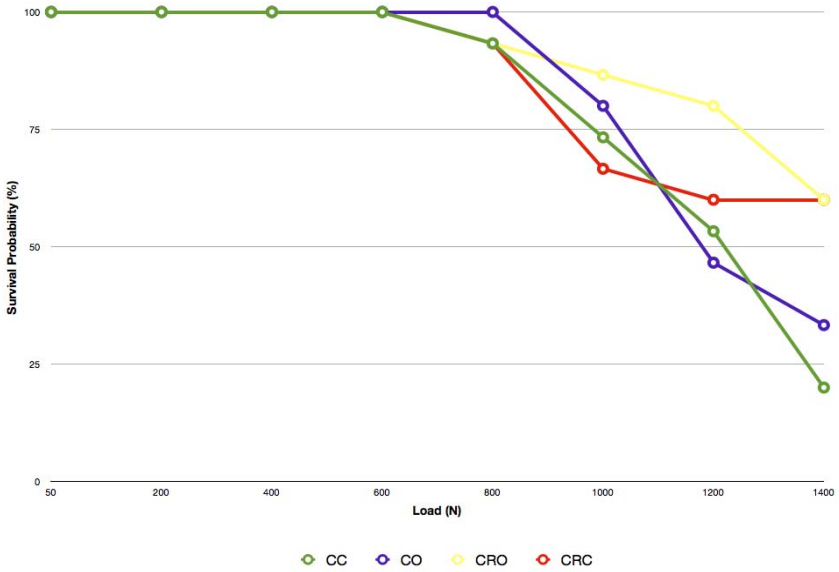


Fig. 5A: Life-table survival analysis of CAD/CAM composite resin implant abutments restored with adhesive restorations.

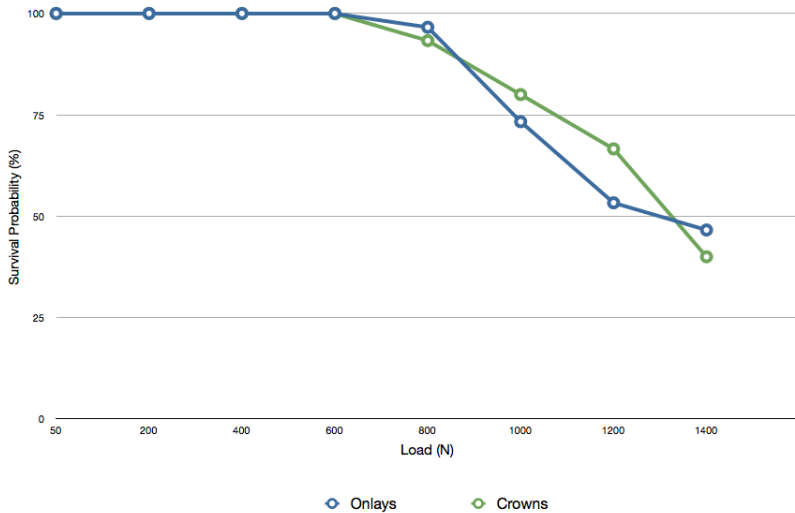


Fig. 5B: Life-table survival analysis of onlays vs crowns bonded to CAD/CAM composite resin implant abutment (Pooled Data)

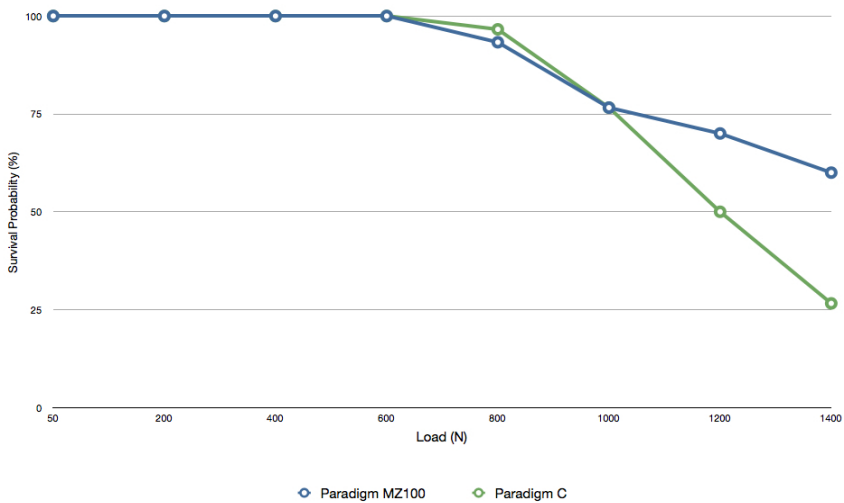


Fig. 5C: Life-table survival analysis of CAD/CAM composite resin implant abutments restored with Paradigm MZ100 and Paradigm C adhesive restorations (Pooled Data)

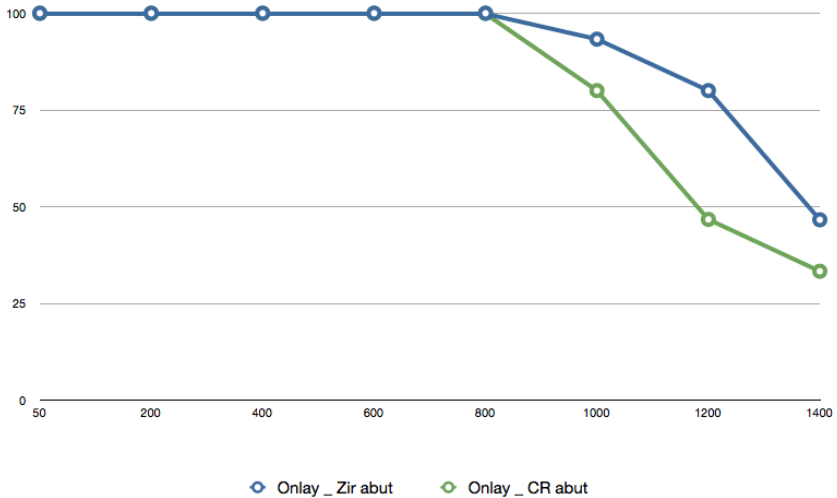


Fig. 5D: Pooled data CAD/CAM composite resin vs. zircônia abutments (120 samples)

All data from the present study were pooled for comparison with existing data from a previous study, which presented a strictly identical experimental design (same operators, implant brand and model) using zirconia abutments instead of composite resin (60 specimens, 30 of which restored with ceramic onlays and crowns and another 30 with composite resin onlays and crowns). Significant difference in survival probability was found when comparing abutments (zirconia superior to metal composite resin, $P=0.0035$) and restoration material (Paradigm MZ100 superior to Paradigm C, $P=0.0001$).

The four groups shown similar failure modes (Table 4) with 100% of the failures involving the restoration and the abutment

(Fig. 6). There were no exclusively cohesive failures, neither solely adhesive failures nor screw loosening/fracture. The fractures were predominantly adhesive in 75% to 90% of the fractured specimens, with failure of the metal-resin interface and complete metal abutment exposure (more than 75% of the metal abutment surface exposed classified as totally adhesive). The partially adhesive fractures (less than 75% of the metal abutment surface exposed) were observed only in 10% to 25% of the failures and are related to the lower load failure recorded (800N to 1200N).

Table 4. Failure mode of composite and ceramic onlays and crowns bonded to CAD/CAM composite abutments.

	Total	Partial
Paradigm C Onlays - CO	90%	10%
Paradigm MZ100 Onlays - CRO	83.3%	17.7%
Paradigm C Crowns - CC	75%	25%
Paradigm MZ100 Crowns - CRC	75%	25%

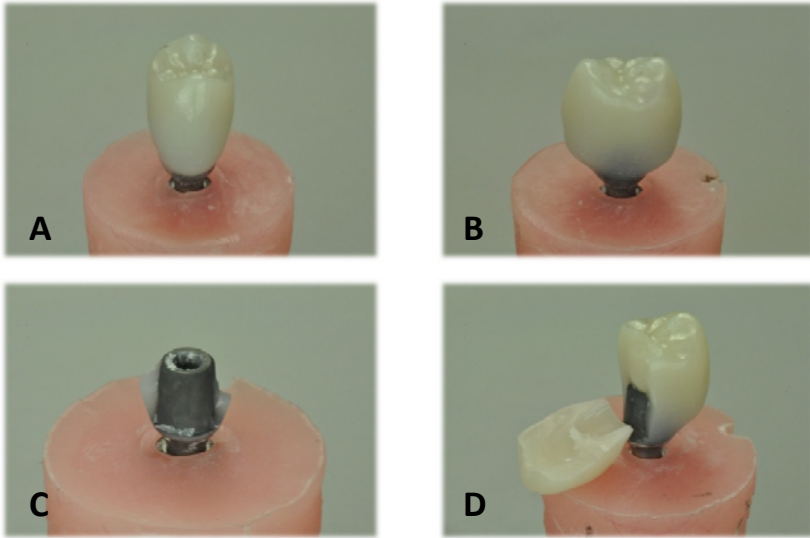


Fig. 6: CAD/CAM composite resin crown bonded to CAD/CAM composite resin custom abutments that survived the dynamic loading test up to 1,400 N (A- palatal view and B-distal view). Composite resin onlay presenting predominantly adhesive failure (C) and composite crown presenting partially adhesive failure type (D).

DISCUSSION

The present study evaluated in vitro the fatigue resistance and failure mode of onlays and crowns bonded to CAD/CAM metal composite resin implant abutments and the influence of the veneer material selection. The null hypothesis was confirmed as the abutment-restoration adhesive interface did not fail before the abutment itself and the restorative material (ceramic vs. composite resin) showed a significant influence on the fatigue resistance of the assembly. Furthermore, identical zirconia abutment from a previous study (data pooled for ceramic and composite onlays and crowns) presented superior survival rate when compared to metal composite resin abutment in this study.

In a lifetime, teeth are subjected to relatively low-force but high-cycle stress and may eventually undergo a high-force sudden impact (trauma). In vitro tests mimicking clinical fatigue are relevant but time-consuming. They contrast with the load-to-failure tests, more efficient but also less clinically-relevant. The “staircase” loading protocol used in this study represents a good balance between the traditional fatigue and load-to-failure experiments. Originally introduced by Fennis et al. (2004) and later used in numerous other studies (Kuijs et al. 2006; Magne & Knezevic 2009a, 2009b, 2009c) the “staircase” approach can be considered an “accelerated fatigue test” that covers a wide range of clinically relevant situations (normal and high loads). The first part of the test lies inside the range of normal bite forces in the posterior region,

namely up to 600N (De Boever et al. 1978; Ferrario et al. 2004). The second part comprises the range of loads that may be encountered in bruxism, trauma (high extrinsic loads), or intrinsic masticatory accidents (under chewing loads but delivered to small area due to a hard foreign body like a stone or seed, for example). Another modification applied in this study was the replacement of the traditional stainless steel antagonist by a composite resin cylinder, as suggested in other similar fatigue studies (Magne & Knezevic 2009b; Magne et al. 2011c; Oderich et al. 2011). When compared to metal as an antagonist, composite resin prevents localized intense point loads and unrealistic surface damage to the specimen (Kelly 1999). Confounding variables were avoided due to the fabrication of both, abutment and restoration using the CAD/CAM technology. Once the manual process was replaced by the automated fabrication process the cementation was the only confounding variable left in this experiment.

Composite resin and ceramic restorations presented a good performance considering that all samples survived the normal range of forces in the first half of this test (up to 600N). Paradigm C and MZ100 specimens fractured at an average load of 1133N to 1266N. Based on this data it is difficult to conclude that adhesively-restored polymer implant abutments are contraindicated on posterior teeth. These results are similar to those of a previous study, where metal composite abutments restored with Paradigm C and MZ100 survived the normal bite forces in the anterior region (100N) (Magne et al. 2011b). A further confirmation is the similar performance of ceramic restorations bonded either to zirconia

(Oderich2011) or metal composite resin abutments (present study) in posterior implants (33.3% vs. 26.7% survival rate, respectively). The four groups in the present work showed similar failure modes with 100% of the failures involving restoration and abutment. There were no exclusively cohesive failures, neither adhesive failures at the abutment/restoration interface nor solely adhesive failures at the composite resin/metal abutment interface. These results confirm the reliability of the resin-to-resin and resin-to-porcelain bonds. However they contrast with those obtained from zirconia abutments (Magne et al.2011a)for which restorations presented a high incidence of adhesive failure leaving the abutment intact. Another significant finding was the absence of screw loosening/fracture, which may be explained in part by the reliability of the Morse taper internal connection.

The weak link in the present study seems to be the interface between the composite resin mesostructure the metal abutment, which was largely exposed in most instances. Because it is possible to achieve a predictable resin bond to the titanium abutment, using tribochemical silicoating and a silane (Watanabe et al. 1999), it is probable that the metal bonding itself was not the main reason for the abutment failure in this study. It can be hypothesized that the design of the metal component could have caused the problem since it consisted of a relatively rigid solid abutment (no modifications). Further work, including finite element analysis would be needed to optimize the design of this part in order to match the resilience of the overlaying composite resin mesostructure and possibly relief the stress on this interface. This hypothesis is confirmed by existing

data on anterior teeth using modified temporary metal abutments (more flexible alike composite resin). When associated to composite resin mesostructures, those metal components showed similar performance to that of same design zirconia abutments (Magne et al. 2011b).

The predominantly cohesive failure mode in the present study (observed only in 10% to 25% of the failures) was similar to that of natural teeth with an oblique crack from the functional area to the bucco-cervical area (Baratieri et al. 2005; Magne & Belser 2002) and seemed to happen at lower load steps than totally adhesive failures. Those cohesively failed specimens fractured with a single fragment (unlike totally adhesively failed ones) and all appeared to be repairable by rebonding the fragment. Due to advances in elemental chemistry, modern composite resins feature improved repairability (Rosentritt et al. 2000; Andriani et al. 2010) and adhesion to tooth and metallic substrates (Andriani et al. 2010; Behr et al. 2001). A pilot test currently under way confirmed that repair of failed metal composite resin implant abutment (using tribochemical coating and a silane) can yield to high fatigue resistance.

Additional computations obtained by pooling the data for the restoration material (onlays and crowns combined) revealed the superior survival probability of Paradigm MZ100 compared to Paradigm C ($P=0.027$) with eighteen composite resins restorations surviving the test (60%) against eight ceramics (26.7%). This result is in contrast with the data obtained from same material (Paradigm

C and MZ100) restoring metal composite resin abutments in the anterior area (Magne et al. 2011b). The ability to deform under load makes Paradigm MZ100 more likely to absorb the stress and protect the abutment itself. In the anterior area, restorations were submitted to low and oblique loads up to 280N (Magne et al. 2011b), while in posterior restorations in this study, specimens were under vertical load up to 1,400N. The damping effect expected from the composite abutment protecting the ceramic restoration in the posterior area was not observed under those high compressive loads. In addition when comparing pooled data from this study (ceramic restorations only) to ceramic restorations bonded to zirconia abutments with identical design and testing conditions (Oderich 2011), no difference was observed ($P=0.43$) (Frame 1). In contrast, composite resin restorations bonded to zirconia abutments presented outstanding results (100% survival rate) and coincidentally, seem to respond alike natural teeth when considering their dynamic response to impact loading (measured energy absorption; Periometer: Perimetrix LLC (Irvine, CA)).

	Abutment	Restoration	Restoration material comparison	Abutment material comparison
ANTERIOR	ZIRCONIA (Magne et al., 2011a)	COMPOSITE RESIN	Similar performance ($P=0.18$)	Similar performance ($P=0.76$)
		CERAMIC		
	COMPOSITE RESIN (Magne et al., 2011b)	COMPOSITE RESIN	Ceramic superior ($P<0.02$)	
		CERAMIC		
POSTERIOR	ZIRCÔNIA (Oderich, 2011)	COMPOSITE RESIN	Composite resin superior ($P=0.0001$)	Zirconia superior ($P=0.0035$) *Ceramic restoration bonded to zirconia and composite resin abutments presented SIMILAR performance ($P=0.43$).
		CERAMIC*		
	COMPOSITE RESIN (present study)	COMPOSITE RESIN	Composite resin superior ($P<0.027$)	
		CERAMIC*		

Frame 1: Results from several studies when combining different restorative material (ceramic/composite resin), restoration components (abutment/restoration) and designs (onlay/crown). (Magne et al. 2011a, 2011b; Oderich 2011; present thesis).

When combining data from both studies in posterior implants (part I and part II), zirconia abutments performed significantly better than metal composite resin abutments, ($P<0.0035$) and their performance was further improved with Paradigm MZ100 restorations rather than Paradigm C. The excellent performance of composite resin blocks (compared to ceramics) has already been demonstrated in other applications on teeth (Magne & Knezevic 2009a, 2009b, 2009c; Magne et al. 2010). For many professionals, there is a general concern in using composite resin as a posterior restorative material due to its low wear resistance when compared

to ceramics. It should be reminded however, that wear of the restoration itself should not be considered alone but in combination with the wear of the antagonistic enamel, when appropriate (total wear, restoration and enamel combined). Because of its low antagonistic enamel wear, Paradigm MZ100 presents a lower total wear compared to other ceramic materials (Kunzelmann 2001). This might represent a significant advantage of composite resin restorations over ceramic ones for implants in high load patients to preserve natural antagonistic enamel and morphology.

One may question the clinical implications of failure as defined in the present study. Failure of the restoration or abutment, when repairable, may also be perceived as a protection mechanism to limit the amount of stress on the implant itself and possibly reduce the stress in the surrounding bone. Other significant clinical implications can be drawn from this study related to the restoration design and material. The concept of adhesively-retained (non retentive) restorations enables the surgeon, restorative dentist and ceramist with more freedom. The surgeon can benefit from having a wider choice during the determination of optimal implant axis (allowing for a more “bone-driven” placement when needed) and the design of secondary components by the ceramist becomes possible even in cases of severely reduced mesio-distal or occlusal clearances. The simulation of any crown-root angle and the positioning of less subgingival margins along with the optical properties and design of the abutment in this novel posterior restorative approach simplifies the final restoration delivery (less risk of excess cement) and enhances the esthetic outcome (e.g. in

case of thin labial peri-implant mucosa) (Sailer et al. 2009b; Zembic et al. 2009; Magne et al. 2010b).Based on the data from this study it is difficult to conclude that polymer abutments are contraindicated on posterior teeth, however, further studies should be conducted for the design optimization of some of the components and to explore and develop the use of novel fiber-reinforced composite resin CAD/CAM materials.

Within the limitations of the present study, it was possible to conclude that Paradigm MZ100 onlays/crowns bonded to metal composite resin implant abutments presented higher survival rate when compared to ceramic ones. Zirconia abutments outperformed the metal composite resin abutments.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to express their gratitude to:

- CAPES Foundation Brazil (grants PDEE 1897-09-8 and PDEE 1909-09-6);
- Neodent (Curitiba, PR, Brazil) for the donation of dental implants and zirconia abutments;
- 3M ESPE (St Paul, MN) for Paradigm C, Paradigm MZ100 blocks, Filtek Z100 composite resin and Cojet;
- Kerr (Orange, CA) for Optibond FL and Occlbrush;
- Patterson (El Segundo, CA) for Cerec 3, Ultradent (South Jordan, UT) for Ultraetch, Porcelain Etch and Silane;
- Heraeus Kulzer (Armonk, NY) for Palapress;
- Brasseler (Savannah, GA) for Dialite and Komet (Rock Hill, SC) for the Q-Polishing System.

REFERENCES

- Andersson B., Odman P., Carlsson L. & Brånemark P.I. (1992) A new Brånemark single tooth abutment: handling and early clinical experiences. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 7:105-11.
- Andriani W.J., Suzuki M., Bonfante E.A., Carvalho R.M., Silva N.R., Coelho P.G. (2010) Mechanical testing of indirect composite materials directly applied on implant abutments. *The Journal of Adhesive Dentistry* 12:1-7.
- Baratieri L. N., Araujo E. M., Monteiro Jr S. (2005) Composite restorations in anterior teeth: fundamentals and possibilities, *Quintessence Publishing*.
- Behr M., Rosentritt M., Lang R., Handel G. (2001) Glass fiber-reinforced abutments for dental implants. A pilot study. *Clinical Oral Implants Research* 12:174-8.
- Cibirka R.M., Razzoog M.E., Lang B.R., Stohler C.S. (1992) Determining the force absorption quotient for restorative materials used in implant occlusal surfaces. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 67:361-4.
- Ciftçi Y. & Canay S. (2000) The effect of veneering materials on stress distribution in implant-supported fixed prosthetic restorations. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 15:571-82.
- Curtis A.R., Wright A.J., Fleming G.J. (2006) The influence of surface modification techniques on the performance of a Y-TZP dental ceramic. *The Journal of Dentistry* 34:195-206.
- De Boever J.A., McCall Jr W.D., Holden S., Ash Jr M.M. (1978) Functional occlusal forces: an investigation by telemetry. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 40:326-333.

De Boever A.L., Keersmaekers K., Vanmaele G., Kerschbaum T., Theuniers G., De Boever J. A. (2006) Prosthetic complications in fixed endosseous implant-borne reconstructions after an observations period of at least 40 months. *Journal of Oral Rehabilitation* 33:833-839.

Fennis W.M.M., Kuijs R.H., Kreulen C.M., Ver- donschoot N. & Creugers N.H. (2004) Fatigue resistance of teeth restored with cuspal-coverage composite restorations. *The International Journal of Prosthodontics* 17:313-317.

Ferrario V.F., Sforza C., Serrao G., Dellavia C. & Tartaglia G.M. (2004) Single tooth bite forces in healthy young adults. *The Journal of Oral Rehabilitation* 31:18-22.

Geng J.P., Tan K.B., Liu G.R. (2001) Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 85:585-98.

Gracis S.E., Nicholls J.I., Chalupnik J.D., Yuodelis R.A. (1991) Shock-absorbing behavior of five restorative materials used on implants. *The International Journal of Prosthodontics* 4:282-91.

Haas R., Mensdorff-Pouilly N., Mailath G., Watzek G. (1995) Brånemark single tooth implants: a preliminary report of 76 implants. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 73:274-9.

Haas R., Polak C., Fürhauser R., Mailath-Pokorny G., Dörtbudak O., Watzek G. (2002) A long-term follow-up of 76 Brånemark single-tooth implants. *Clinical Oral Implants Research* 13:38-43.

Ishikawa-Nagai S., Da Silva J.D., Weber H.P., Park S.E. (2007) Optical phenomenon of peri-implant soft tissue. Part II. Preferred implant neck color to improve soft tissue esthetics. *Clinical Oral Implants Research* 18:575-80.

Jung R.E., Pjetursson B.E., Glauser R., Zembic A., Zwahlen M., Lang N.P. (2008) A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns. *Clinical Oral Implants Research* 19:119-130.

Juodzbaly G., Kubilius R., Eidukynas V., Raustia A.M. (2005) Stress distribution in bone: single-unit implant prostheses veneered with porcelain or a new composite material. *Implant Dentistry*. 14:166-75.

Kelly J.R. (1999) Clinically relevant approach to failure testing of all-ceramic restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 81:652-661.

Kim H.K., Heo S.J., Koak J.Y., Kim S.K. (2009) In vivo comparison of force development with various materials of implant-supported prostheses. *The Journal of Oral Rehabilitation* 36:616-625.

Kosmac T., Oblak C., Jevnikar P., Funduk N., Marion L. (1999) The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. *Dental Materials* 15:426-33.

Kuijs R.H., Fennis W.M., Kreulen C.M., Roeters F.J., Verdonchot N. & Creugers N.H. (2006) A comparison of fatigue resistance of three materials for cusp-replacing adhesive restorations. *The Journal of Dentistry* 34:19-25.

Kunzelmann K.H., Jelen B., Mehl A., Hickel R. (2001) Wear evaluation of MZ100 compared to ceramic CAD/CAM materials. *International Journal of Computerized Dentistry* 4:171-84.

Magne P. & Belser U.C. (2002) Bonded porcelain restorations in the anterior dentition: a biomimetic approach. *Quintessence Publishing*.

Magne P., Magne M., Jovanovic S.A. (2008) An esthetic solution for single-implant restorations - type III porcelain veneer bonded to a screw-retained custom abutment: a clinical report. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 99:2-7.

- Magne P. & Knezevic A. (2009a) Influence of overlay restorative materials and load cusps on the fatigue resistance of endodontically treated molars. *Quintessence International* 40:729-37.
- Magne P. & Knezevic A. (2009b) Simulated fatigue resistance of composite resin versus porcelain CAD/CAM overlay restorations on endodontically treated molars. *Quintessence International* 40:125-33.
- Magne P. & Knezevic A. (2009c) Thickness of CAD-CAM composite resin overlays influences fatigue resistance of endodontically treated premolars. *Dental Materials* 25:1264-8.
- Magne P., Paranhos M.P., Burnett L.H. Jr. (2010a) New zirconia primer improves bond strength of resin-based cements. *Dental Materials* 26:345-52.
- Magne P. & Schlichting L. H. (2010b) An in vitro fatigue resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic posterior occlusal veneers. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 104:149-157.
- Magne P., Paranhos M.P., Burnett L.H. Jr., Magne M., Belser U.C. (2011a) Fatigue resistance and failure mode of novel-design anterior single-tooth implant restorations: influence of material selection for Type III veneers bonded to zirconia abutments. *Clinical Oral Implant Research* 22:195-200.
- Magne, P., Oderich, E., Boff, L. L. Cardoso, A. C. Belser, U. C. (2011b) Fatigue resistance and failure mode of CAD/CAM composite resin implant abutment restored with type III composite resin and porcelain veneers. *Clinical Oral Implants Research*. 22:1-7.
- Magne P., Boff L. L. Oderich E. Cardoso A. C. (2011c) CAD/CAM adhesive restoration of molars with a cracked compromised cusp: effect of fiber-reinforced immediate dentin sealing and cusp overlap on the fatigue strength onlays. *Journal European Restorative Dentistry (No prelo)*.

Oderich E. (2011) Avaliação da resistência à fadiga e do modo de fratura de restaurações adesivas implantossuportadas em cerâmica e resina composta sobre pilares personalizados em zircônia para região de pré-molar. (Tese).

Papavasiliou G., Kamposiora P., Bayne S.C., Felton D.A. (1996) Three-dimensional finite element analysis of stress-distribution around single tooth implants as a function of bony support, prosthesis type, and loading during function. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 76:633-40.

Park S.E., Da Silva J.D., Weber H.P., Ishikawa-Nagai S. (2007) Optical phenomenon of peri-implant soft tissue.Part I. Spectrophotometric assessment of natural tooth gingiva and peri-implant mucosa. *Clinical Oral Implants Research* 18:569-74.

Phark J.H., Duarte S. Jr., Blatz M., Sadan A. (2009) An in vitro evaluation of the long-term resin bond to a new densely sintered high-purity zirconium-oxide ceramic surface. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 101:29-38.

Pjetursson B.E., Bragger U., Lang N.P., Zwahlen M. (2007) Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant supported FDPs and single crowns (SCs). *Clinical Oral Implants Research* 18 (suppl. 3):97-113.

Rosentritt M., Behr M., Kolbeck C., Lang R., Handel G. (2000) In vitro repair of all-ceramic and fibre-reinforced composite crowns. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry* 8:107-12.

Rubo J.H., Souza E.A. (2008) Finite element analysis of stress in bone adjacent to dental implants. *The Journal of Oral Implantology* 34:248-55.

Rusin RP.(2001) Properties and applications of a new composite block for CAD/CAM. *Compend Contin Educ Dent* 22:35-41.

- Sailer I., Sailer T., Stawarczyk B., Jung R.E., Hämmerle C.H. (2009) In vitro study of the influence of the type of connection on the fracture load of zirconia abutments with internal and external implant-abutment connections. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 24:850-8.
- Searson, L. & Meredith N. (1997) The role of implants in restorative dentistry: prosthesis design and aesthetic considerations. *Dental Update* 24:388-90.
- Sertgöz A. (1997) Finite element analysis study of the effect of superstructure material on stress distribution in an implant-supported fixed prosthesis. *The International Journal of Prosthodontics* 10:19-27.
- Silva M.; Oderich E.; Boff L.L.; Magne P. (2011) Can implant restorations be more biomimetic? The Explorer – *The Journal o Student Dental Research of the Herman Ostrow School of Dentistry of USC*, v.1, p.47, (abstract).
- Soumeire J. & Dejou J. (1999) Shock absorbability of various restorative materials used on implants. *The Journal of Oral Rehabilitation* 26:394-401.
- Stegaroiu R., Khraisat A., Nomura S., Miyakawa O. (2004) Influence of superstructure materials on strain around an implant under 2 loading conditions: a technical investigation. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 19:735-42.
- Stegaroiu R., Kusakari H., Nishiyama S., Miyakawa O. (1998) Influence of prosthesis material on stress distribution in bone and implant: a 3-dimensional finite element analysis. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 13:781-90.
- Wang T.M., Leu L.J., Wang J., Lin L.D. (2002) Effects of prosthesis materials and prosthesis splinting on peri-implant bone stress around implants in poor-quality bone: a numeric analysis. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 1:231-7.

Wang H., Aboushelib M.N., Felizer A.J. (2008) Strength influencing variables on CAD/CAM zirconia frameworks. *Dental Materials* 24:633-8.

Watanabe I., Kurtz K. S., Kabcenell J. L., Okabe T. (1999) Effect of sandblasting and silicoating on bond strength of polymer-glass composite to cast titanium. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 82:462-467.

Wolfart M., Lehmann F., Wolfart S. & Kern M. (2007) Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. *Dental Materials* 23:45-50.

Yildirim M., Fischer H., Marx R., Edelholff D. (2003) In-vivo fracture resistance of implant-supported all-ceramic restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 90:325-331.

Zembic A., Sailer I., Jung R.E., Hammerle C.H.F. (2009) Randomized-controlled clinical Trial of customized zircônia and titanium implant abutments for single-tooth implants in canine and posterior regions: 3-years result. *Clinical Oral Implant Research* 20:802-808.



CAPÍTULO IV

REFERÊNCIAS

- BABBUSH, C. A. et al. Intramobile cylinder (IMZ) two-stage osteointegrated implant system with the intramobile element (IME): part I. Its rationale and procedure for use. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**, Lombard, v.2, p.203-216, 1987.
- BRUNSKI, J.B. Biomechanical factors affecting the bone-dental implant interface. **Clin. Materials**, v.10, p.153-201, 1992.
- CIBIRKA, R.M. et al. Determining the force absorption quotient for restorative materials used in implant occlusal surfaces. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.67, p.361-364, 1992.
- CİFTÇİ, Y.; CANAY, S. The effect of veneering materials on stress distribution in implant-supported fixed prosthetic restorations. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**, Lombard, v.15, p.571-582, 2000.
- DE BOEVER, A.L. et al. Prosthetic complications in fixed endosseous implant-borne reconstructions after an observations period of at least 40 months. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.33, p.833-839, 2006.
- FEDERLIN, M. et al. Partial ceramic crowns. Influence of preparation design and luting material on margin integrity – a scanning electron microscopic study. **Clin. Oral. Invest.**, Berlin, v.9, p.8-17, 2005.
- GENG, J.P.; TAN, K.B.; LIU, G.R. Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. **J. Prost. Dent.**, St. Louis, v.85, p.585-598, 2001.
- GRACIS, S.E. Shock-absorbing behavior of five restorative materials used on implants. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v.4, p.282-291, 1991.
- JUNG, R.E. et al. A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns. **Clin. Oral Implants Res.**, Copenhagen, v.19, p.119-130, 2008.

JUODZBALYS, G. et al. Stress distribution in bone: single-unit implant prostheses veneered with porcelain or a new composite material. **Implant Dentistry**, Baltimore, v.14, p.166-175, 2005.

KIM, H.K, et al. In vivo comparison of force development with various materials of implant-supported prostheses. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.36, p.616-625,2009.

LEE, C.K.; KARL, M.; KELLY, J.R. Evaluation of test protocol variables for dental implant fatigue research. **Dental Mater**, Washington, v.25, n.11, p.1419-1425, 2009.

LEINFELDER, K. F. Ask the expert. Will ceramic restorations be challenged in the future? **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v.132, p.46-47, 2001.

LEINFELDER, K. F. Indirect posterior composite resin. **Compend. Cont. Educ. Dent.**, Hamilton, v.26, p.495-503, 2005.

MAGNE, P.; DOUGLAS, W.H. Rationalization of esthetic restorative dentistry based on biomimetics. **J. Esthet. Dent.**, Hamilton, v.22, p.5-15, 1999.

MAGNE, P.; BELSER, U. Understanding the intact tooth and the biomimetic principle. In: _____ **Bonded porcelain restorations in the anterior dentition: a biomimetic approach.** Chicago: Quintessence, 2002. cap. 1, p.23-56.

MAGNE, P. Composite resins and bonded porcelain: the postamalgam era? **J. Calif. Dent. Assoc.**, Sacramento, v.34, p.135-147, 2006.

MAGNE, P.; MAGNE, M.; JOVANOVIC, S.A. An esthetic solution for single-implant restorations - type III porcelain veneer bonded to a screw-retained custom abutment: a clinical report. **J. Prosthet. Dent.**, St Louis, v.99, p.2-7, 2008.

MAGNE, P.; KNEZEVIC, A. Influence of overlay restorative materials and load cusps on the fatigue resistance of endodontically treated molars. **Quintessence Int.**, Berlin, v.40, p.729-737, 2009a.

MAGNE, P.; KNEZEVIC, A. Simulated fatigue resistance of composite resin versus porcelain CAD/CAM overlay restorations on endodontically treated molars. **Quintessence Int.**, v.40, p.125-133, 2009b.

MAGNE, P.; KNEZEVIC, A. Thickness of CAD-CAM composite resin overlays influences fatigue resistance of endodontically treated premolars. **Dent. Mater.**, Washington, v.25, p.1264-1268, 2009c.

MAGNE, P., SCHLICHTING, L. H. An in vitro fatigue resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic posterior occlusal veneers. **J. Prost. Dent.**, St. Louis, v.104, p.149-157, 2010.

MAGNE, P. et al. Fatigue resistance and failure mode of novel-design anterior single-tooth implant restorations – Influence of material selection for Type III veneers bonded to zirconia abutments. **Clin. Oral Implant Res.**, Copenhagen, v.22, p.195-200, 2011a.

MAGNE, P. et al. Fatigue resistance and failure mode of CAD/CAM composite resin implant abutment restored with type III composite resin and porcelain veneers. **Clin. Oral Implant Res.**, Copenhagen, v.22, p.1-7, 2011b.

MANHART, J. et al. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition. **Oper. Dent.**, Seattle, v.29, p.481-508, 2004.

MOSCOVICH, H. et al. Effect of composite basing on the resistance to bulk fracture of industrial porcelain inlays. **J. Dent.**, Guildford, v.26, p.183-189, 1998.

ODERICH, E. **Avaliação da resistência à fadiga e do modo de fratura de restaurações adesivas implantossuportadas em cerâmica e resina composta sobre pilares personalizados em zircônia para região de pré-molar.** 2011.(*Tese*).

PAPAVASILIOU, G.et al.Three-dimensional finite element analysis of stress-distribution around single tooth implants as a function of bony support, prosthesis type and loading during function. **J. Prost. Dent.**, St. Louis, v.76, p.633-640, 1996.

PJETURSSON, B.E. et al. Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant supported FDPs and single crowns (SCs). **Clin. Oral Implants Res.**, Copenhagen, v.18 (suppl. 3) p.97-113, 2007.

PEUTZFELD, A.; ASMUSSEN, E. The effect of postcuring on quantity of remaining Double bonds, mechanical properties, and in vitro wear of two resin composites. **J. Dent.**, Guildford, v.28, p.447-452, 2000.

RUBO, J.H.; SOUZA, E.A. Finite element analysis of stress in bone adjacent to dental implants. **J. Oral Implantol.**, Abington, v.34, p.248-255, 2008.

SERTGÖZ, A. Finite element analysis study of the effect of superstructure material on stress distribution in an implant-supported fixed prosthesis. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v.10, p.19-27, 1997.

SCHILICHTING, L. H. **Novo design de laminados oclusais ultrafinos CAD/CAM de resina composta e cerâmica para o tratamento de erosão severa.** 2010. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Odontologia, UFSC, Florianópolis.

SIMORIUS, P. et al. Long-term implant survival and success: A 10-16 year follow-up of non-submerged dental implants. **Clin. Oral Implants Res.**, Copenhagen, v.21, p.772-777, 2010.

SKALAK, R. Biomechanical considerations in osseointegrated prostheses. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.49, p.843-848, 1983.

SOUMEIRE, J.; DEJOU, J. Shock absorbability of various restorative materials used on implants. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.26, p.394-401, 1999.

STEGAROIU, R. et al. Influence of superstructure materials on strain around an implant under 2 loading conditions: a technical investigation. **Int. J. Oral Maxillofac.Implants**, Lombard, v.19, p.735-742, 2004.

WANG, T.M. et al. Effects of prosthesis materials and prosthesis splinting on peri-implant bone stress around implants in poor-quality bone: a numeric analysis. **Int. J. Oral Maxillofac.Implants**, Lombard, v.1, p.231-237, 2002.

ZOLLNER, A.; BELSER, U. Factors influencing survival of reconstructions. **Clin. Oral Impl. Res.**, Copenhagen, v.18 (suppl. 3), p. 114-116, 2007.



CAPÍTULO V

ANEXO A

ILUSTRAÇÃO DA METODOLOGIA APLICADA

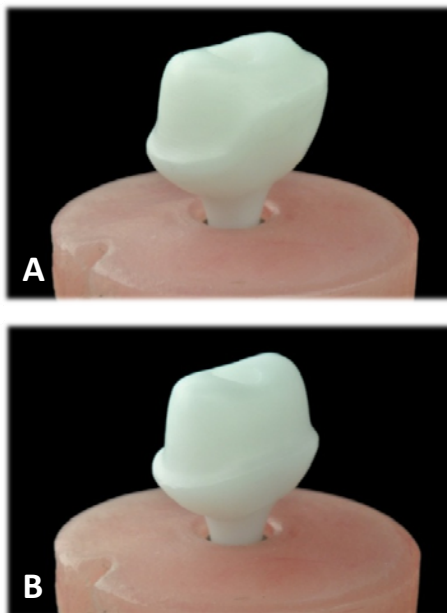


Fig. 1: Pilares personalizados de zircônia para onlay (A) e coroa (B) provenientes de um estudo prévio (Oderich, 2011).

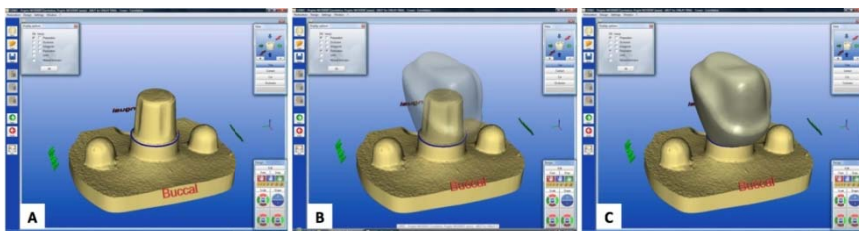


Fig. 2: Modo de Correlação no CEREC3. Impressão do pilar metálico sólido (A). Correlação do pilar metálico com o pilar de zircônia em seu formato final de um estudo prévio (Oderich, 2011)(B). Mesoestrutura final para ser frezada (formato de onlay)(C).

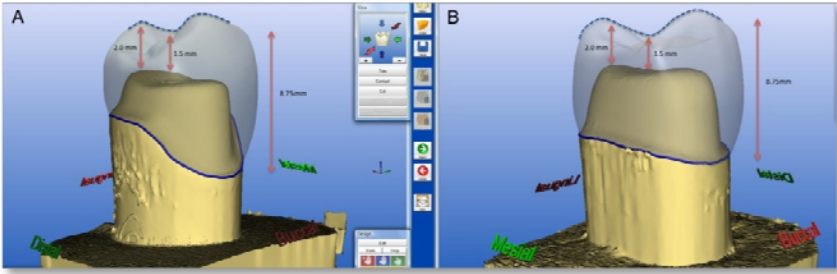


Fig. 3: *Design das restaurações CAD/CAM de onlay (esquerda) e coroa (direita).*

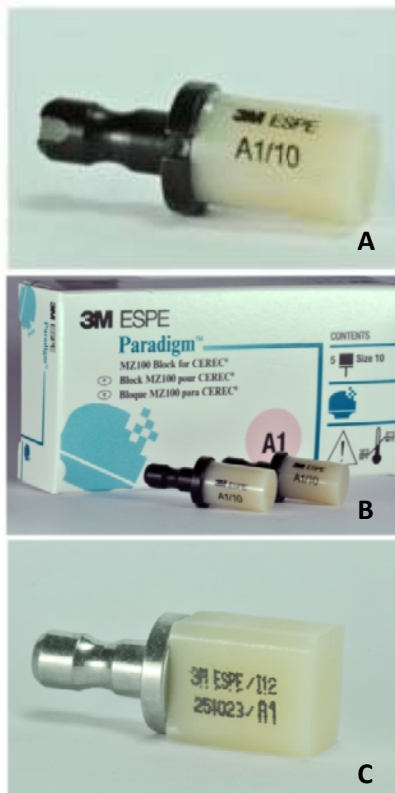


Fig. 4: *Materiais restauradores utilizados para a construção dos pilares e restaurações. Blocos de resina composta MZ100 (A, B). Bloco de cerâmica Paradigm C (C).*

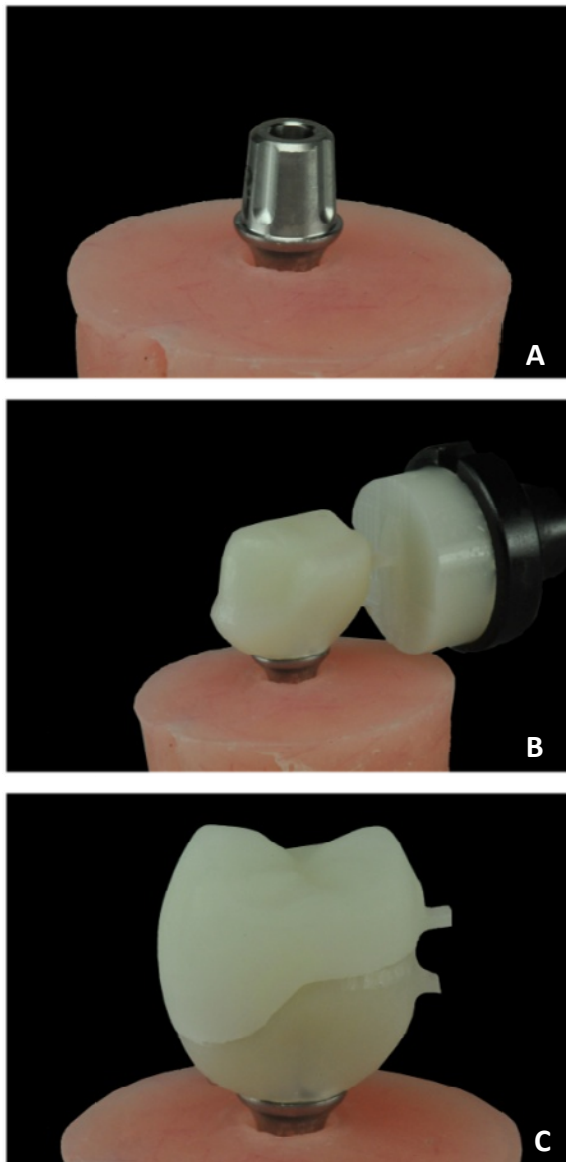


Fig. 5: Pilar metálico sólido (Pilar CM Universal Curitiba, Brasil) (A). Mesoestrutura frezada para onlay sobre pilar metálico (B). Restauração de resina composta MZ100 posicionada sobre pilar híbrido de metal e resina composta (C).

MONTAGEM DO PILAR

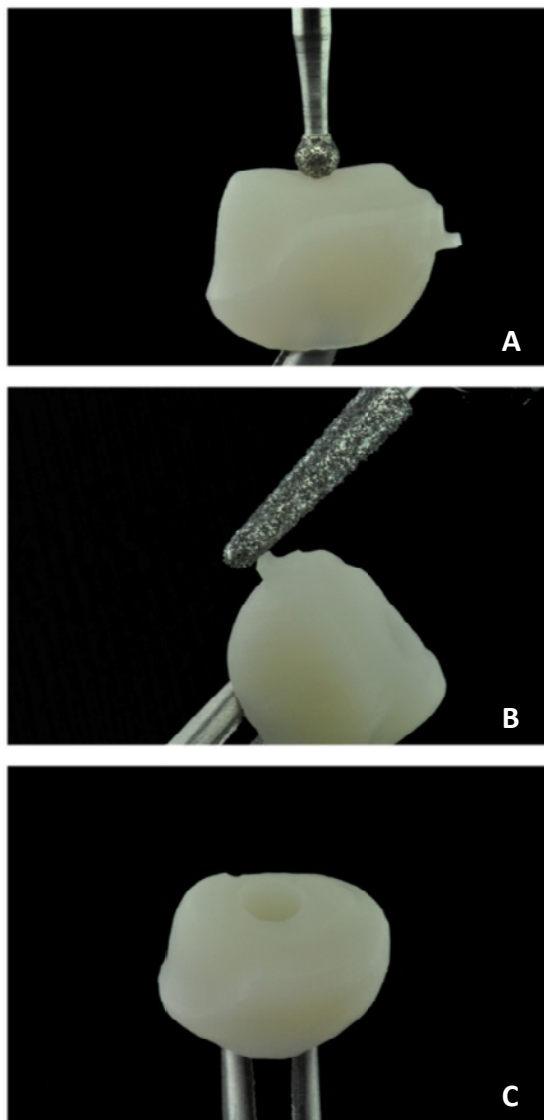


Fig. 6: Realização de um orifício de acesso para apertamento do parafuso (A) e remoção do *sprue* (B), com brocas diamantadas. Configuração final da mesoestrutura (C).

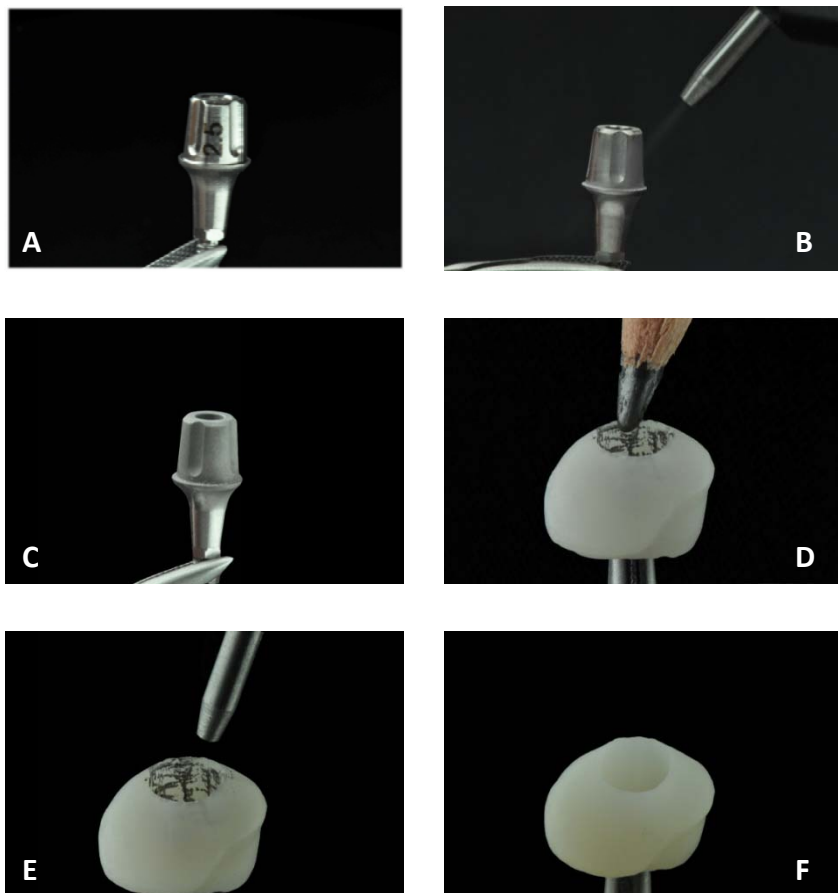


Fig. 7: Jateamento do pilar metálico (A, B e C) e da mesoestrutura (D, E e F) com óxido de alumínio modificado com sílica $27\mu\text{m}$ (Cojet; 3M-ESPE). Observar marcação da superfície interna da mesoestrutura com grafite (D).

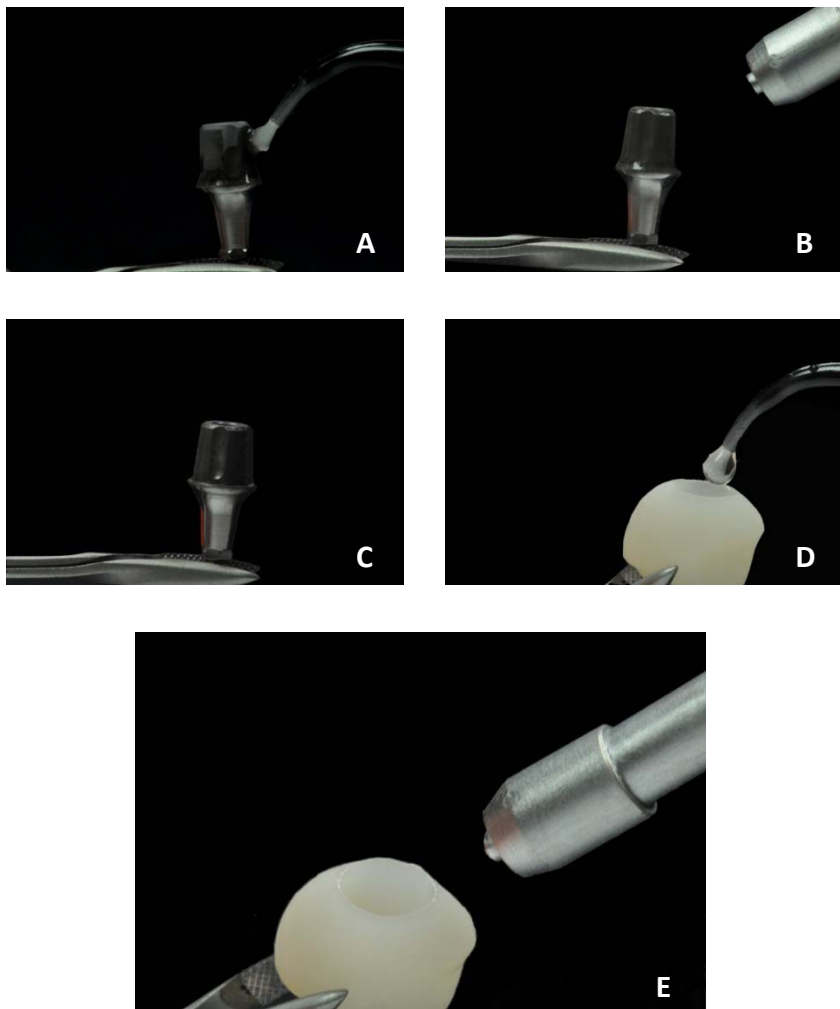


Fig. 8: Aplicação desilano (Silane, Ultradent, South Jordan, UT) e secagem do pilar metálico (A,B e C) e da mesoestrutura (D,E).

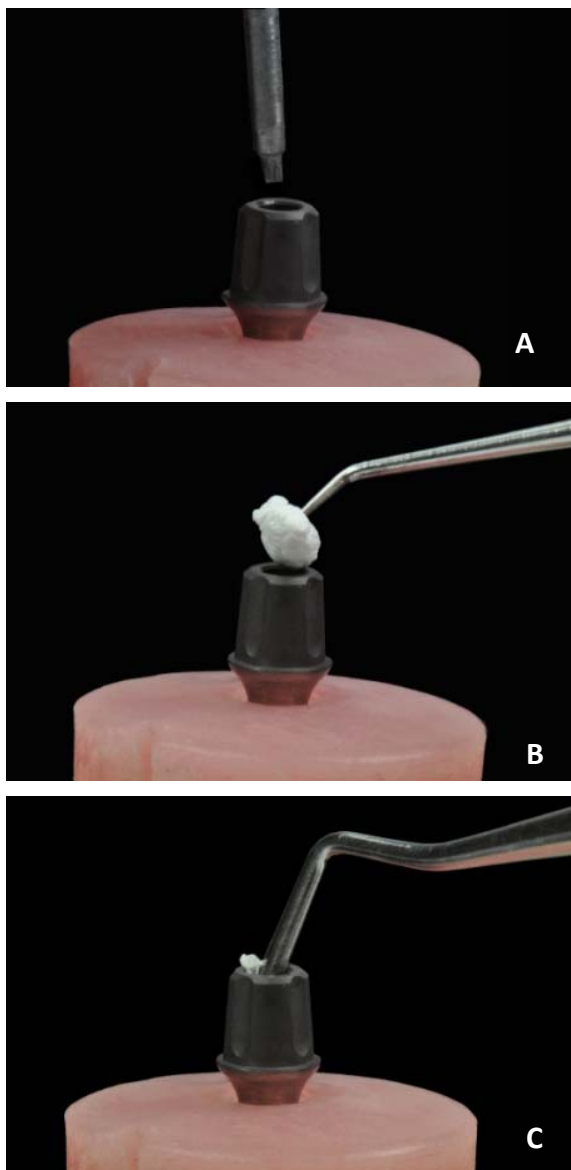


Fig. 9: Por conveniência e para facilitar a precisão de posicionamento durante o assentamento, o pilar metálico foi assentado e parafusado no interior do análogo do implante e o orifício de acesso ao parafuso foi preenchido com uma fita teflon.

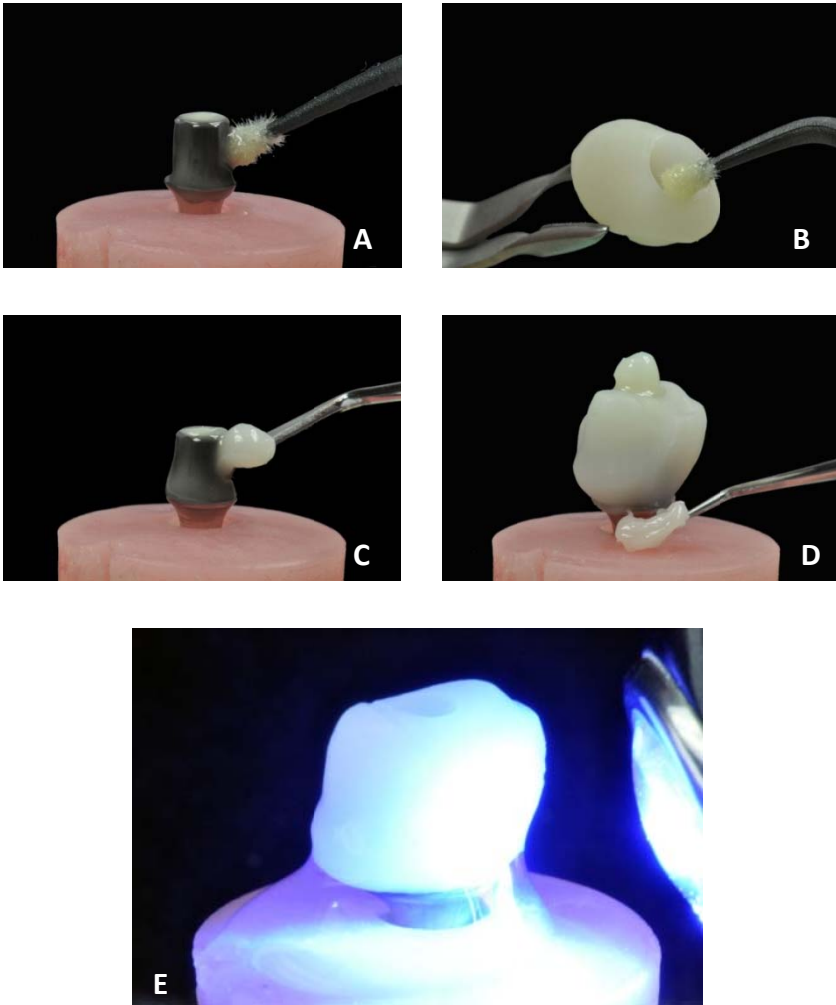


Fig. 10: As duas partes (pilar metálico e mesoestrutura) foram aderidas usando adesivo resinoso (Optibond FL – frasco 2; Kerr, Orange, CA) (A, B) e resina composta restauradora pré-aquecida (Filtek Z100; 3M-ESPE) (C). Após a remoção dos excessos de resina composta (D) todas as superfícies foram fotoativadas (E) por 60s.

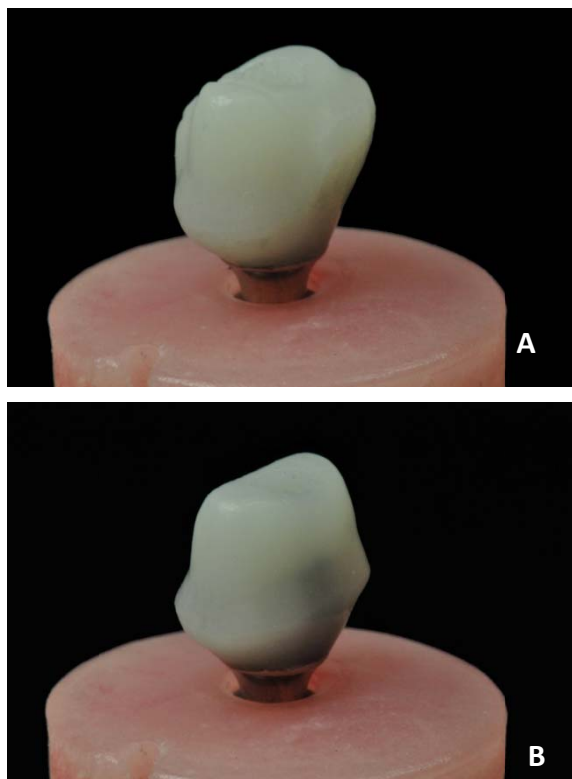


Fig. 11: Configuração final do pilar híbrido de metal e resina composta para onlay (A) e coroa (B).

ASSENTAMENTO DO PILAR E CIMENTAÇÃO ADESIVA DA RESTAURAÇÃO

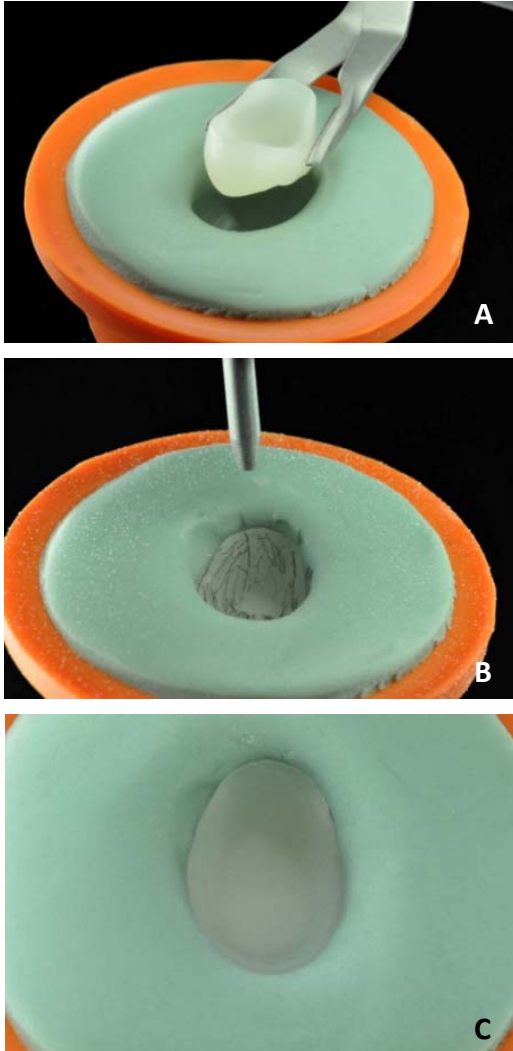


Fig. 12: Base de silicóna utilizada para proteger a restauração cerâmica (A). Jateamento com óxido de alumínio 50µm (B). Peça jateada (C).

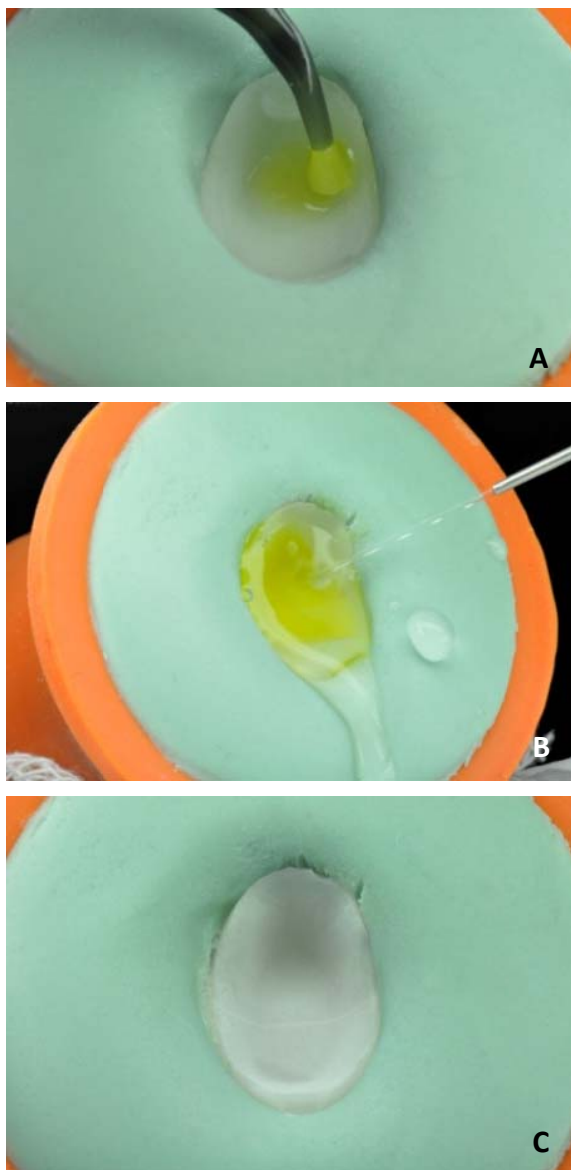


Fig. 13: Condicionamento com ácido hidrofúorídrico a 9%(A). Lavagem com água por 20s (B). Peça condicionada (C).

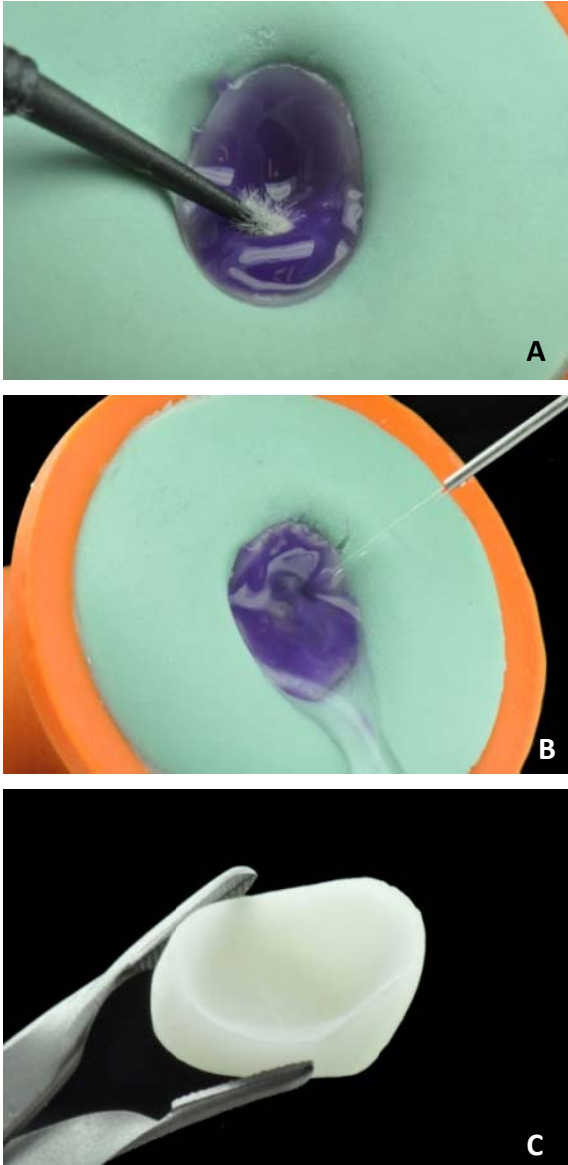


Fig. 14: Limpeza pós-condicionamento com ácido fosfórico a 35% (A).
Lavagem com água por 20s (B). Peça condicionada (C).

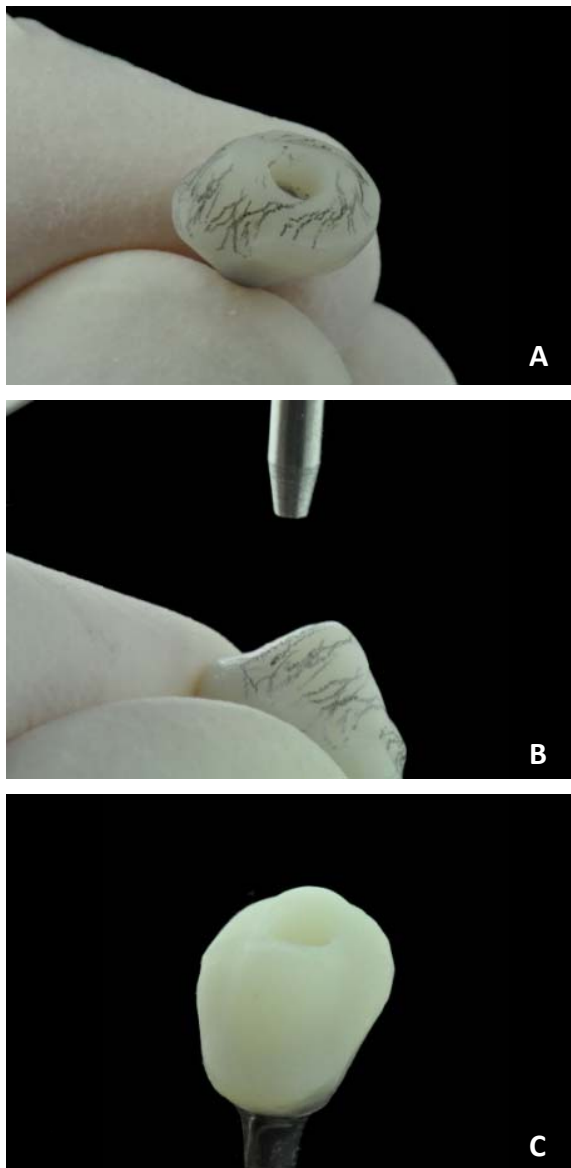


Fig. 15: Jateamento da mesoestrutura com óxido de alumínio 50 μ m (A, B e C).
Observar marcação da área a ser jateada com grafite (A).

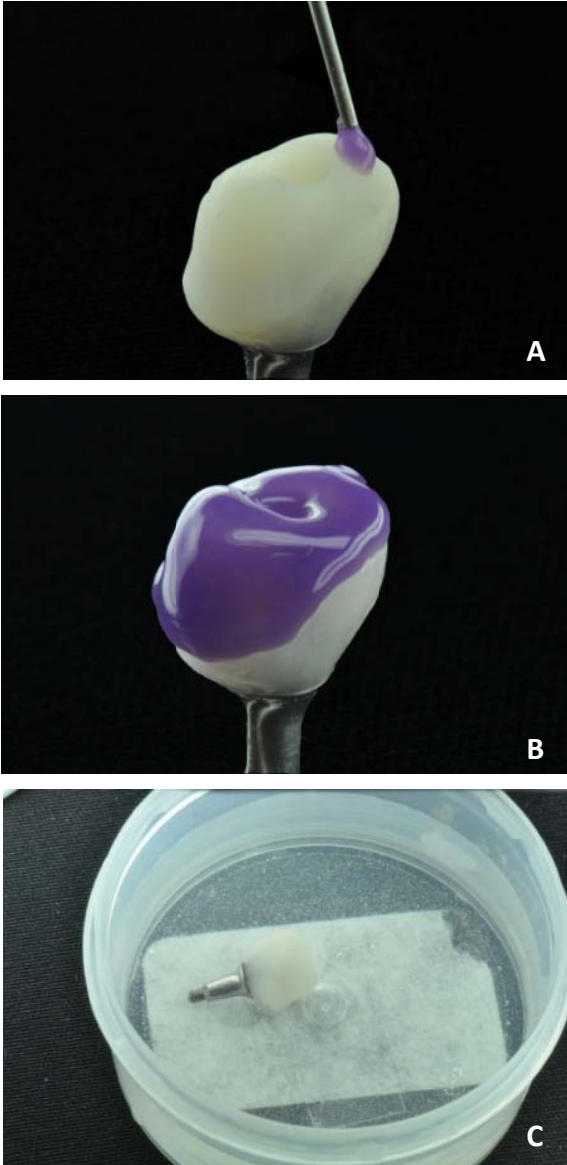


Fig.16: Condicionamento com ácido fosfórico a 35% (A, B). Imersão do pilar e restauração em um banho ultrassônico por 2,5min (C).

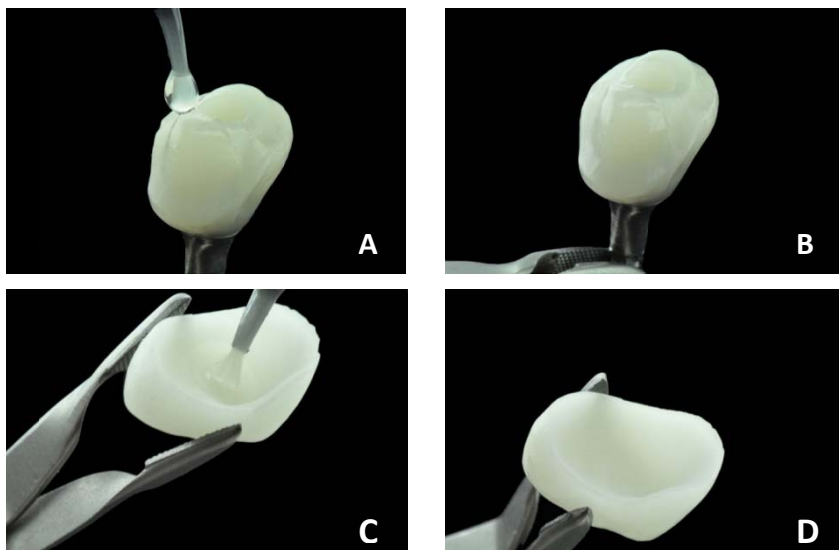


Fig.17: Aplicação do silano na mesoestrutura e superfície interna da restauração cerâmica (Silane; Ultradent) (A, B, C e D).

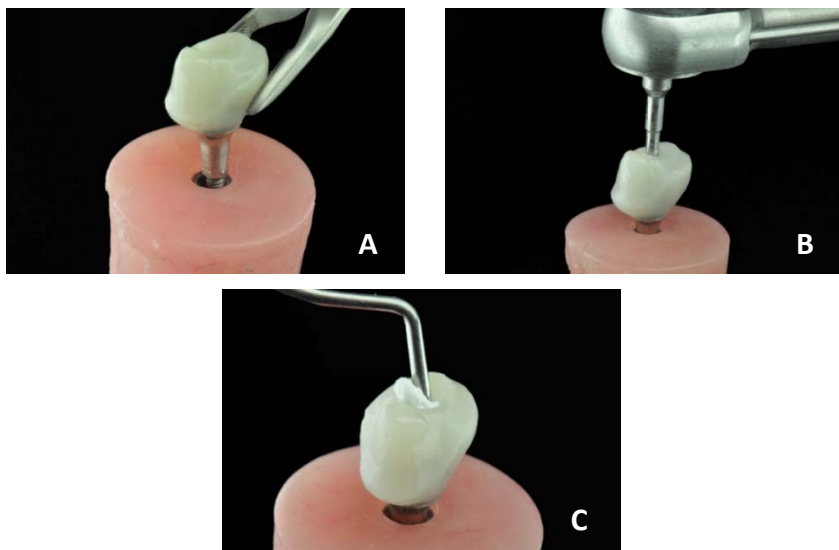


Fig.18: Inserção do pilar híbrido de metal e resina composta em um implante tipo cônico (A). Torque de 15N/cm aplicado ao parafuso do pilar (B). Cobertura do parafuso do pilar com fita de teflon (C).

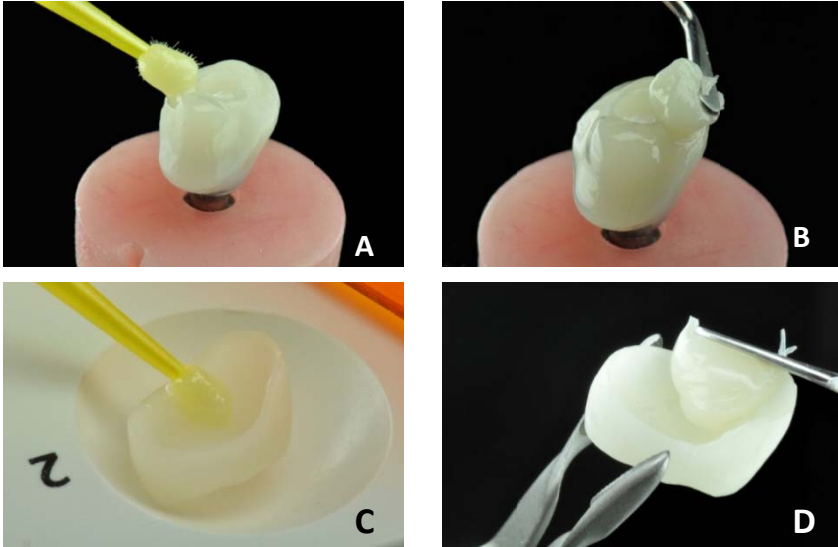


Fig.19: Aplicação do adesivo (Optibond FL – frasco 2; Kerr) (A, C) e resina composta pré-aquecida para restauração (Filtek Z100; 3M-ESPE) (B, D) ao pilar e restauração.

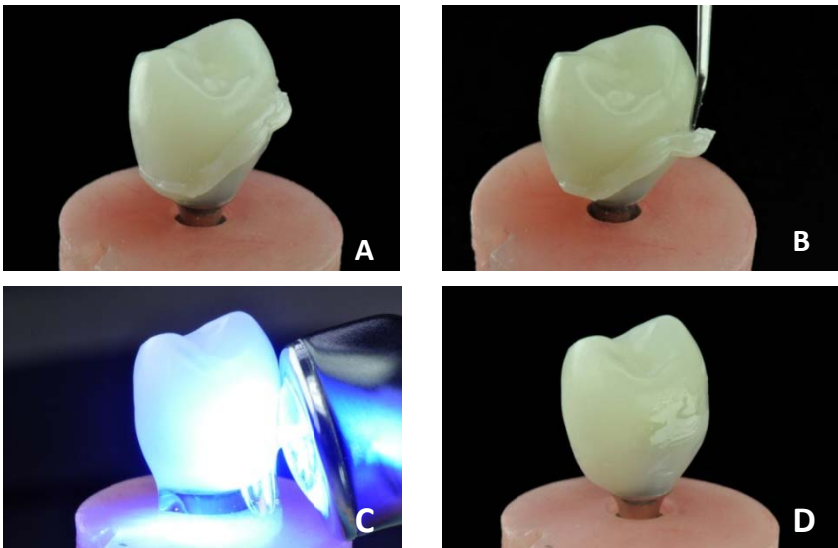


Fig. 20: Restauração cimentada (A). Remoção dos excessos (B). Fotoativação. Observar as margens da restauração cobertas com uma barreira de oxigênio (K-Y Jelly) (C). Restauração final após remoção dos excessos e fotoativação (D).

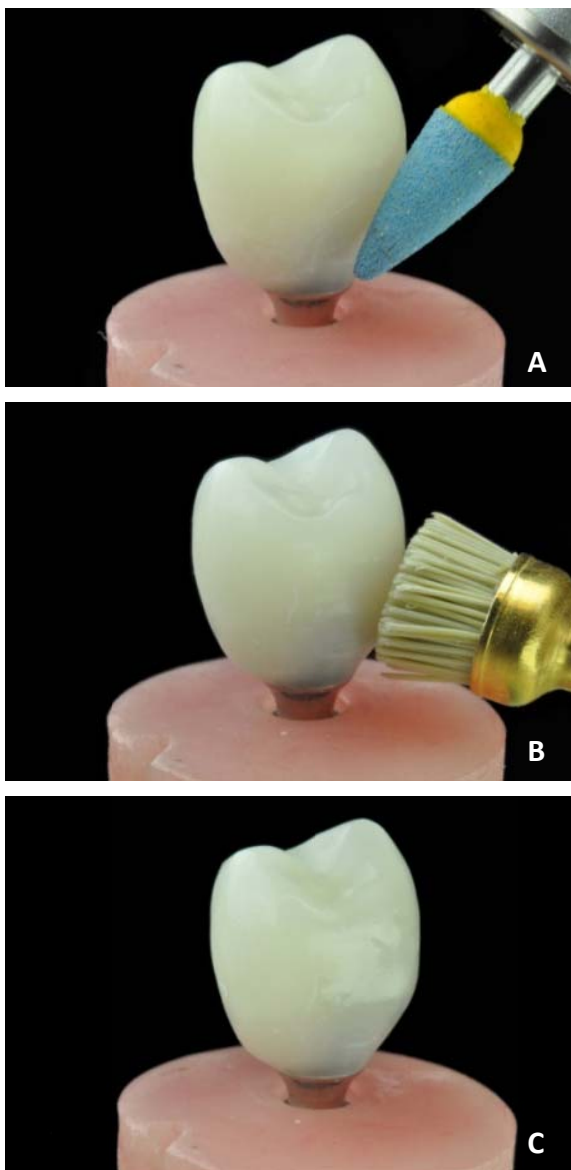


Fig. 21: Acabamento e polimento (A, B). Restauração finalizada (C).

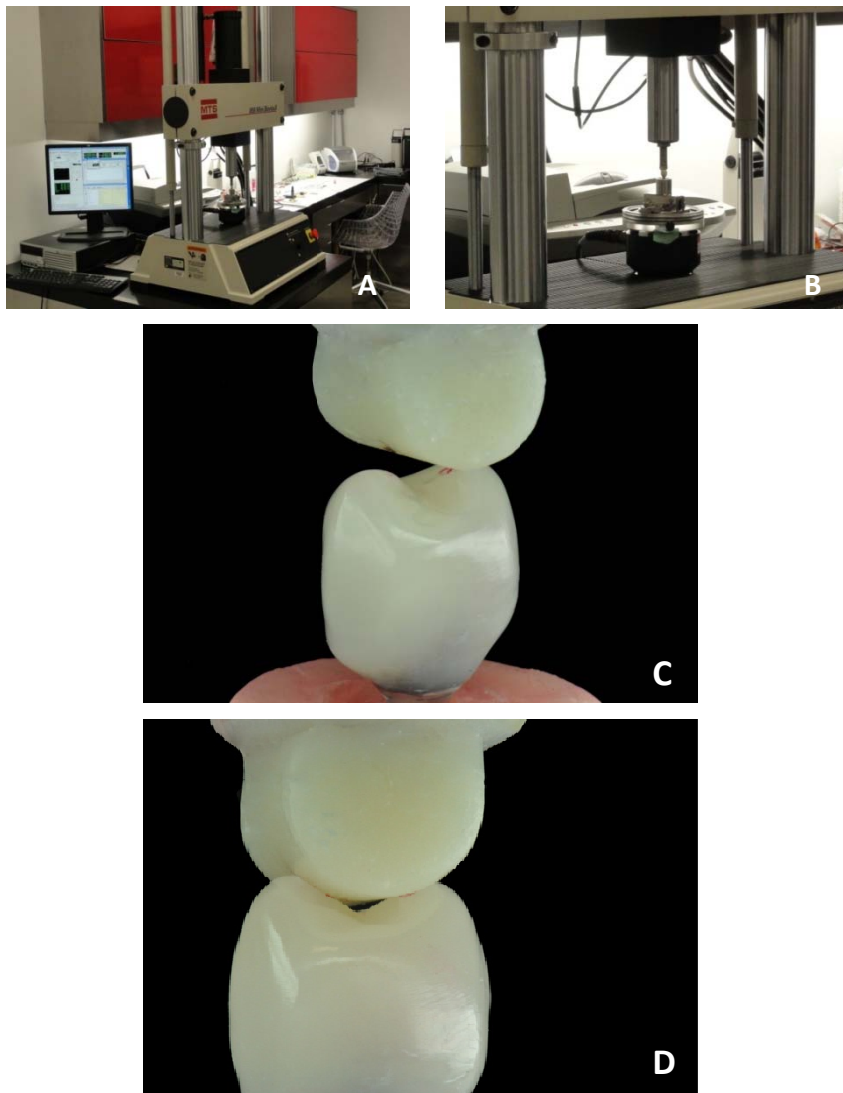


Fig. 22: Máquina servo-hidráulica (Mini Bionix II; MTS Systems), (A, B). Vista aproximada do cilindro de carga e do espécime (C, D)

ANEXO B
DEMAIS TRABALHOS REALIZADOS
DURANTE O DOUTORADO

ARTIGOS PUBLICADOS

Autores: Leão, M.P.; Granato, R.; Oderich, E.; Boff, L.L.; Buttendorf, A.R.; Bianchini, M.A.

Título: Avaliação da satisfação dos pacientes reabilitados por implantes osseointegráveis.

Revista: ImplantNews, v.6, p.417-421, 2009.

Autores: Boff, L.L.; Oderich, E.; Cardoso, A.C.; Magne, P.

Título: Retrofitting a tooth-supported crown with an implant and abutment: a clinical report.

Revista: The Journal of Prosthetic Dentistry, v.103, p.262-266, 2010.

Autores: Magne, P.; Oderich, E.; Boff, L.L.; Cardoso, A.C.; Belser, U.C.

Título: Fatigue resistance and failure mode of CAD/CAM composite resin implant abutments restored with type III composite resin and porcelain veneers.

Revista: Clinical Oral Implants Research, v.22, p.1-7, 2011.

ARTIGOS SUBMETIDOS E ACEITOS PARA PUBLICAÇÃO (no prelo)

Autores: Oderich, E.; Boff, L.L.; Simon, R.;Cardoso, A.C.; Magne, P.

Título: Optimized placement of angled abutments for external hex implant platforms.

Revista: The International Journal of Prosthodontics, Maio/2011.

Autores: Magne, P.; Boff, L.L.; Oderich, E.; Cardoso, A.C.

Título: CAD/CAM adhesive restoration of molars with a compromised cusp: effect of fiber-reinforced immediate sealing and cusp overlap on fatigue strength.

Revista: The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry, 2011.

ARTIGOS SUBMETIDOS À PUBLICAÇÃO

Autores: Magne, P; Paranhos, MP; Hehn, J; Oderich, E.; Boff, LL.

Título: Selective masking for thin indirect restorations: can the use of opaque resin affect the dentin bond strength of immediately sealed preparations?

Revista: The Journal of Adhesive Dentistry

Autores: Oderich, E.; Boff, L.L.; Granato, R.; Ferreira, C.F.; Faggion, C.M.; Bianchini, M.A.

Título: Evaluation of pain experience in dental implant therapy.

Revista:The Journal of Oral Pain

ARTIGOS EM FASE DE ELABORAÇÃO

Autores: Magne, P.; Oderich, E.; Boff, L.L.; Silva, M.; Cardoso, A.C.

Título: Evaluation of the loss coefficient of teeth and adhesive CAD/CAM composite and ceramic implant-supported restorations: influence of abutment material and preparation design.

Autores: Magne, P.; Oderich, E.; Boff, L.L.; Cardoso, A.C.

Título: Fatigue strength and failure mode of repaired bonded restoration on custom metal composite resin implant abutments.

Autores: Magne, P.; Oderich, E.; Boff, L.L.; Paranhos, M.P.; Cardoso, A.C.

Título: Fatigue resistance and failure mode of anterior adhesive implant supported restorations - Influence of implant abutment material selection.

PUBLICAÇÃO DE *ABSTRACT* EM ANAIS DE EVENTO CIENTÍFICO

Autores: Silva, M.; Oderich, E.; Boff, L.L.; Magne, P.

Título: Can implant restorations be more biomimetic?

Revista: The Explorer - The Journal of Student Dental Research of the Herman Ostrow School of Dentistry of USC, v. 1, p. 47, 2011.

Autores: Ribas, P.A.; Oderich, E.; Boff, L.L.; Cardoso, A.C; Lopes, D.K.; Sella, G.C.; Souza, J.G.O.; Stares, S.A.

Título: Novo dispositivo para instalação de pilares protéticos angulados em implantes dentários.

Revista: Brazilian Oral Research, v.23, p. 246, 2009.

Autores: Ely, L.B.; Boff, L.L.; Oderich, E.; Bianchini, M.A.; Lucchiari-Junior, N.; Pereira-Neto, A.R.L.; Cordero, E.B; Sella, G.C.

Título: Avaliação da experiência à dor nas cirurgias de primeiro e segundo estágio de implantes dentários em 115 pacientes.

Revista: Brazilian Oral Research, v.23, p. 247, 2009.

PAINÉIS

Autores: Silva, M; Oderich, E; Boff, L.L.; Magne, P.

Título: Can implant restorations be more biomimetic?*

Evento: Research Day of the Herman Ostrow School of Dentistry of USC

Local: The Herman Ostrow School of Dentistry of USC - Los Angeles

Data: 9 de Fevereiro de 2011.

**Trabalho premiado em 1º lugar na categoria "*Most Innovative Research*" e 2º lugar na categoria "*Clinical Research*".

Autores: Ribas, P.A.; Oderich, E.; Boff, L.L.; Cardoso, A.C.

Título: Novo dispositivo para instalação de pilares protéticos angulados.

Evento: 7º Encontro de Mestres - Conexão Sistema de Implantes

Data: 20 de Agosto de 2010.

Local: Grand Hyatt Hotel, São Paulo – SP.

Autores: Ribas, P.A.; Oderich, E.; Boff, L.L.; Cardoso, A.C; Lopes, D.K.; Sella, G.C.; Souza, J.G.O.; Stares, S.A.

Título: Novo dispositivo para instalação de pilares protéticos angulados em implantes dentários.

Evento: 26ª Reunião da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica

Data: 11 de Setembro de 2009.

Local: Hotel Vacance, Águas de Lindóia - SP.

Autores: Ely, L.B.; Boff, L.L.; Oderich, E.; Bianchini, M.A.; Lucchiari-Junior, N.; Pereira-Neto, A.R.L.; Cordero, E.B; Sella, G.C.

Título: Avaliação da experiência à dor nas cirurgias de primeiro e segundo estágio de implantes dentários em 115 pacientes.

Evento: 26ª Reunião da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica

Data: 11 de Setembro de 2009.

Local: Hotel Vacance, Águas de Lindóia - SP.

