

FACULDADE SETE LAGOAS

VICTOR PADILHA DE MENEZES

**SOLDAGEM EM IMPLANTODONTIA  
REVISÃO DE LITERATURA**

Vitória  
2016

VICTOR PADILHA DE MENEZES

**SOLDAGEM EM IMPLANTODONTIA**  
**REVISÃO DE LITERATURA**

Monografia apresentada ao curso de Especialização Lato Sensu da Faculdade Sete lagoas, como requisito parcial para conclusão do Curso de Especialização em Implantodontia do CIODONTO. Área de concentração: Especialização em Implantodontia.

Orientador: Levingstom Rubens Sousa Rocha

Vitória  
2016

Menezes, Victor Padilha

Soldagem em Implantodontia / Victor Padilha de Menezes –  
2016.

44 f.

Orientador: Levingstom Rubens Sousa Rocha

Monografia – CIODONTO

1. Implante dentário. 2. Soldagem . I. Rocha, Levingstom  
Rubens Sousa. II. CIODONTO. III. Título.

FACULDADE SETE LAGOAS

Monografia intitulada "SOLDAGEM EM IMPLANTODONTIA" de autoria do aluno Victor Padilha de Menezes, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

Prof. Dr. – Orientador Levingstom Rubens Sousa Rocha

---

Prof. Dr. – Orientador Felipe Assis Rocha

---

Prof. Dra. – Orientadora Julia Rocha Moraes

Vitória 24/06/2016

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente ao meu grandioso Deus.

Ao meu pai Gilmar Padilha de Menezes, que não mais esta entre nós, e minha mãe Rosely Z. Padilha, minha grande guerreira.

A minha amada esposa Kharen, pela sua cumplicidade, amor, apoio, parceria e eterna compreensão em todos os momentos.

Ao meu irmão Leonardo pelo carinho, amor, amizade e paixão que tenho por ele, uma das minhas maiores felicidades.

Ao meu tio João Carlos Padilha, meu espelho e exemplo como profissional na odontologia.

Aos meus familiares e amigos.

## **AGRADECIMENTOS**

A todos do corpo docente que contribuíram para minha formação e aprendizado, serei eternamente grato.

Aos amigos do curso, em especial Felipe e Décio, obrigado pelos momentos felizes de convivência. A amizade de vocês fez a diferença.

Ao meu professor e amigo Levingstom Rubens Sousa Rocha.

Aos professores Amadeus, Rafael, Diogo, Felipe pela troca de experiências.

Meus agradecimentos!

## RESUMO

Em Implantodontia, o assentamento passivo de uma infra-estrutura metálica, esta diretamente ligado ao sucesso clínico. Por este motivo soldagem em implantodontia é de extrema relevância. Este estudo propõe-se a realizar uma revisão de literatura sobre soldagem em prótese fixa em implantodontia para responder aos seguintes objetivos: Identificar se existem diferenças significantes entre diferentes métodos de soldagem em infra-estruturas de próteses implanto-suportadas, e compreender qual melhor método para sua aplicabilidade clínica, avaliando em sua resistência flexural.

Palavras-chaves: Soldagem. Lasers. Implantes dentários. Soldagem odontológica.

## ABSTRACT

In implantology , the liability settlement infra - metal structure, is directly linked to clinical success. For this reason welding implant is extremely important . This study aims to carry out a welding on literature review in fixed prosthesis in implant dentistry to meet the following objectives : To identify if there are significant differences between different welding methods in infrastructure - implant-supported prosthesis structures , and understand what best method for its clinical applicability , evaluating their flexural strength .

Keywords: Welding. Lasers. Dental Implants. Dental soldering.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 OBJETIVO .....</b>	<b>10</b>
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Soldagens .....</b>	<b>12</b>
<b>3.2 Brasagem .....</b>	<b>14</b>
<b>3.3 Soldagem à Laser.....</b>	<b>15</b>
<b>3.4 Relação entre resistência flexural e tipos de soldagem .....</b>	<b>18</b>
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Durante a confecção de próteses fixas, convencionais ou sobre implantes, pode ser necessário um processo de soldagem, que vem sendo apontada como uma opção viável para a otimização da qualidade da adaptação das próteses, visto que o processo tradicional de fundição é susceptível ao aparecimento de defeitos e imperfeições de fabricação (Peçanha, 2009).

A distorção gerada por cada fator individualmente pode resultar numa distorção que cause tensão interna significativa dentro do complexo prótese/implante. Com isso torna-se difícil obter uma boa adaptação das peças protéticas, principalmente as mais extensas, quando as estruturas são fundidas em uma única peça, seja pela contração de solidificação da liga ou por falta de paralelismo entre os retentores. Assim, a desadaptação de uma prótese fundida em monobloco, aumenta à medida que a extensão desta prótese também aumenta. Por esta razão faz-se necessário o emprego da soldagem, já que as próteses parciais fixas unidas pela soldagem proporcionam melhor adaptação se comparadas às apresentadas por fundições de uma só peça com extensão semelhante (Pegoraro, 2002).

Sabe-se, portanto, que um assentamento passivo absoluto das peças protéticas é dificilmente encontrado e geralmente leva-se em consideração uma adaptação biologicamente aceitável. Os materiais utilizados em próteses dentárias devem ser biocompatíveis e apresentar propriedades mecânicas e resistência à corrosão adequadas.

Para assegurar uma melhor adaptação final da peça protética, recomenda-se que componentes pré-fabricados sejam utilizados. Entre os componentes pré-fabricados disponíveis no mercado encontram-se os cilindros de titânio, os cilindros de ouro e os cilindros de cobalto-cromo. Como todas as restaurações protéticas dentárias são submetidas a estresses térmicos, químicos ou mecânicos, além de estarem em contato direto com os fluidos bucais, a escolha de um material de má qualidade, pode resultar em próteses com pouca longevidade, devido à sua má adaptação.

As fundições de próteses fixas em peça única são técnicas sensíveis que apresentam certo grau de distorção (Schiffleger et al., 1985). Quando a adaptação clínica da infra-estrutura com o pilar intermediário do implante não é obtida inicialmente em uma peça fundida em monobloco, o seccionamento e a soldagem é uma estratégia comum para melhorar esta adaptação. A técnica de soldagem apresenta a vantagem de trabalhar com segmentos da prótese, os quais permitem melhor adaptação, favorecendo assim a distribuição de forças ao redor do implante minimizando traumas ou falhas na prótese (Torsello et al., 2008). A utilização da soldagem convencional por brasagem tem sido realizada e indicada em próteses fixas convencionais, ou seja, sobre dentes, a longo período, e tem demonstrado ser um procedimento clínico e laboratorial impreciso, porém aceitável (Pegoraro, 2002). Neste âmbito, o uso de outros procedimentos de soldagem, como a solda por energia Laser, tem aumentado e tem sido indicado para uniões de infra-estruturas na Odontologia nos últimos anos (Chai, Chou, 1998; Pegoraro, 2002).

## **2 OBJETIVO**

O objetivo do presente trabalho é, por meio de uma revisão de literatura comparar os diferentes tipos de soldagem de próteses sobre implante em respeito aos critérios de resistência, distorção e reprodutibilidade.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 Soldagens

Blustein (1976) relatou que muitos são os tipos de soldagem empregados para fins odontológicos: solda a ponto, soldagem por brasagem a maçarico, infravermelha, a forno, elétrica, TIG (Tungsten Inert Gás) e Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). O autor ainda mencionou que dentre os problemas associados à soldagem estão incluídos a oxidação das faces a serem unidas, a porosidade na junta e o superaquecimento do local de união durante processo de soldagem, sendo este último causado pelas altas temperaturas a que são submetidas as juntas até que a solda flua e preencha todo espaço a ela destinado.

American Welding Society (1981) o processo de brasagem também chamado de soldagem oxigás ou soldagem por chama direta, produz coalescência dos metais pelo aquecimento das partes a serem soldadas através de uma chama, havendo a necessidade de outro tipo de liga chamada liga de solda, que serve para unir entre si duas ou mais peças metálicas, seja do mesmo metal ou não a uma temperatura maior que 450°C e menor que o ponto de fusão do metal base. Esse processo de soldagem data do século XIX. Foi o cientista francês Le Châtelier que, em 1895, observou que quando o acetileno queima com o oxigênio produz uma chama que atinge a temperatura aproximada de 3000°C. O processo de soldagem oxiacetilênico foi explorado comercialmente a partir do século XX, quando foram desenvolvidos processos de produção de acetileno e de oxigênio. Além do acetileno, existem outros combustíveis usados neste processo, são eles: hidrogênio com uma temperatura máxima de chama ( $T_m$ ) de 2480°C, o propano e o butano com uma  $T_m$

de 2830°C. O processo de soldagem oxigás apresenta as seguintes vantagens: baixo custo, equipamento portátil, permite fácil controle de operação e não necessita de energia elétrica. Entre as desvantagens podem ser apontadas as seguintes: exige soldador hábil, conduz a um superaquecimento e apresenta riscos de acidente com os cilindros de gases.

Wiskott et al. (1997), por sua vez, relataram que para soldar é preciso tempo, calor e/ou pressão, pois com o calor a continuidade se estabelece por fusão, semelhante a uma fundição localizada.

Shillingburg et al. (1998) definiram como características principais para uma boa soldagem os seguintes requisitos: a) resistência a corrosão; b) ponto de fusão da liga de solda abaixo do ponto de fusão do metal base cerca de 38° a 65°C; c) ausência de porosidade, pois a porosidade gera tensões fragilizando a estrutura; d) resistência da solda deve ser tão forte quanto a liga utilizada; e) boa fluidez e escoamento: uma boa fluidez diminui a chance de superaquecimento da liga.

Dinato (1999) descreveu que, em Odontologia, a soldagem é frequentemente empregada para união de próteses parciais fixas convencionais, próteses sobre implantes, materiais em ortodontia, encaixes e reparos de próteses parciais removíveis. A principal preocupação é soldar os segmentos sem que ocorram desuniões.

Pegoraro et al. (2002) realizaram estudo investigando o desajuste marginal de retentores de próteses fixas metalocerâmicas soldadas e fundidas em um só bloco. Para isso, utilizaram um modelo padrão que simulava uma situação clínica em que os seis dentes anteriores inferiores precisavam receber contenção por meio de prótese devido a problemas periodontais. Os corpos de prova foram

preparados para serem fundidos com liga de Ni-Cr (Durabond): no primeiro, cinco conjuntos foram fundidos em um só bloco, e, no segundo foram obtidas quinze fundições individuais para cada troquel e distribuídas em três subgrupos. Assim, foram feitas soldagens com um ponto de solda de cada vez, com dois pontos de solda de cada vez e, depois, outro ponto de solda, unindo as duas partes previamente soldadas, e com cinco pontos de solda de uma única vez. A avaliação da desadaptação marginal foi realizada em um microscópio comparador, e os resultados mostraram que: o número de retentores e a extensão da prótese foram responsáveis por uma maior desadaptação marginal dos retentores, sendo que o número foi o fator mais importante. Também foi relatado que a desadaptação marginal dos conjuntos soldados com dois ou três retentores ou fundidos em uma só peça foi maior que os retentores onde os pontos de solda foram realizados de uma só vez.

### **3.2 Brasagem**

Willis & Nicholls (1980), em estudo realizado para determinar a distorção induzida na soldagem dental, foi confeccionado um modelo de laboratório para quantificar a distorção causada pela técnica de soldagem foi o de duas coroas individuais unidas por um ponto de solda. A amostra tinha quarenta coroas unitárias e vinte junções de solda. Quatro distâncias para a área de soldagem foram avaliadas: 0; 0,15; 0,30 e 0,45mm. A distância da fenda foi medida num microscópio comparador da Nikon. O método usado para se medir as distorções requeria determinação precisa das coordenadas x, y e z de seis pontos de medidas. Com base nos resultados encontrados, os autores concluíram que: a) a distorção linear identificada na fase de inclusão é devida à expansão do revestimento para o

processo de soldagem; b) a distorção linear identificada na fase de soldagem ocorre por causa da contração da solda; e c) as distorções rotacionais medidas foram mínimas.

Marques (1991) descreveu que o termo brasagem engloba processos de união que produzem a coalescência dos metais por meio do aquecimento a uma temperatura adequada e mediante a adição de um metal cujo ponto de fusão é inferior à temperatura solidus do metal da base. Esse metal adicional, mediante o fenômeno denominado capilarização, preenche a junta. O autor ainda relatou que a brasagem pode ser “forte” (*brazing*), quando o ponto de fusão do metal de adição é superior a 450°C, ou “fraca” (*soldering*), quando o ponto de fusão do metal adicional é inferior a 450°C. Na brasagem, o metal da base nunca é levado a fusão, fato esse que a diferencia da soldagem.

### **3.3 Soldagem à Laser**

Sjogren et al. (1988) analisaram barras de titânio soldadas a Laser, com diferentes intensidades, tempos e frequências de processamentos. Foram avaliadas a resistência a fratura, extensão da área soldada e porcentagem de alongamento dessas amostras e comparadas com os valores correspondentes das barras de titânio não soldadas e com as barras de ouro tipo III, com dimensões similares soldadas convencionalmente. O tipo de fratura foi avaliado por meio de análise fotográfica da fratura. Os resultados revelaram que os espécimes soldados a Laser produziram valores para as propriedades estudada, mais favoráveis que os obtidos na soldagem convencional.

Chai&Chou (1998) em seus estudos avaliaram as propriedades mecânicas de barras de titânio comercialmente puro (Ti cp) em diferentes condições de soldagem a Laser variando duração da incidência do feixe e voltagem (nível de energia). As propriedades estudadas foram: resistência à tração, resistência ao escoamento e porcentagem de alongamento. A voltagem foi o único fator significativo a influenciar na resistência à tração e na resistência ao escoamento nas uniões soldadas. A duração do feixe não foi um fator significativo para esses dois fatores. Os autores afirmaram que, se as corretas condições de voltagens e duração do feixe forem seguidas as uniões soldadas não serão mais frágeis ou perderão características mecânicas como elasticidade em relação à liga original.

Jemt et al. (2000) avaliaram clinicamente e radiograficamente o desempenho de 68 pacientes, que receberam próteses fixas implanto-suportadas. Trinta e oito pacientes receberam próteses fixas com estruturas de titânio e soldadas a Laser, trinta pacientes receberam estruturas fundidas convencionalmente. Foram coletadas informações clínicas e radiográficas durante dois anos, não foi observada nenhuma fratura das estruturas ou dos componentes de implante e, com a mesma frequência, ocorreu fratura da resina em ambos os grupos. Um padrão similar de reação óssea foi verificado nos dois grupos, sem apresentar diferença no nível ósseo ou na perda óssea. Os autores concluíram que os pacientes tratados com próteses implanto-suportadas fabricadas com estruturas de titânio e soldadas a Laser, em maxilas edêntulas, apresentaram resultados comparáveis aos de pacientes tratados com estruturas fundidas convencionalmente, após dois anos em função.

Souza et al. (2000), em seu estudo sobre soldagem, relataram que a soldagem a LASER aplicada na Prótese Dentária utiliza o equipamento Laser de Nd:YAG, de 1064 nm de comprimento de onda, com proteção por fluxo de argônio.

Dentre as muitas vantagens descritas desse processo podem ser elencadas:

- a) O uso de feixe de alta energia, colimado e focado em área muito pequena (na faixa de alguns décimos de milímetro até  $\pm 2$  mm), fator determinante na menor extensão da zona afetada pelo calor (ZAC);
- b) Calor gerado próximo ao necessário para fundir o metal, colaborando para uma reduzida ZAC e minimizando distorções na peça;
- c) Possibilidade de realização de soldas em lugares de difícil acesso, bem como diretamente no modelo;
- d) Pode ser realizada com ou sem a adição de material, dependendo da proximidade das partes a serem soldadas;
- e) Pode ser realizada em proximidade de áreas recobertas por cerâmica ou resina.

Em contrapartida, as desvantagens da soldagem a Laser incluem:

- a) Limitação quanto à profundidade de solda;
- b) A peça (ou o modelo com a peça a ser soldada) é sustentada manualmente durante o procedimento de soldagem, assim considerado de uma perspectiva da focalização adequada do feixe;
- c) Alto custo do equipamento;
- d) Fragilização (aumento na dureza) e formação de porosidades no cordão de solda, devidos à rápida solidificação do metal fundido, que apresenta velocidade de resfriamento da ordem de  $10^3$ °C/s;

- e) Limitação quanto à soldagem em materiais de alta refletividade e alta condutividade térmica (por exemplo, o ouro, em relação ao comprimento de onda empregado).

Baba et al. (2004) realizaram estudo laboratorial sobre a resistência mecânica de uma liga de Co-Cr após ser submetida a solda a Laser. Para isso, utilizaram corpos de prova com 0,5 e 1mm de espessura, que foram seccionados e soldados, sendo posteriormente submetidos ao teste de flexão para avaliar a região soldada. Observaram que, em condições apropriadas, a soldagem a Laseraumentou a resistência da junção na liga de Co-Cr. Afirmaram, também, que, por causa da energia do Laserser concentrada em uma pequena área, ocorrem poucos efeitos de aquecimento e oxidação na área ao redor do ponto soldado.

### **3.4 Relação entre resistência flexural e tipos de soldagem**

Huling & Clark (1977) avaliaram as distorções de pontes parciais fixas (PPF's), em relação aos seguintes procedimentos: soldagem a Laser, soldagem convencional e fundição em peça única (monobloco). As PPF'S de três elementos foram realizadas, utilizando-se um modelo que simulava a ausência de um segundo pré-molar, onde o primeiro pré-molar e o primeiro molar foram preparados de modo a receber uma prótese parcial fixa, as infra-estruturas foram enceradas e fundidas em liga de ouro e Co-Cr, e as medidas foram realizadas em quatro pontos predeterminados no modelo (mesiovestibular, distovestibular, distolingual e mesiolingual). Os autores relataram que a precisão da adaptação das PPF's foi significativamente superior nos procedimentos de soldagem a Lasere fundição em peça única, quando comparados à soldagem convencional. O procedimento de soldagem a Laserfoi o que apresentou os melhores resultados. Embora tenha sido

realizado em um modelo que simulava as condições dentárias e não em próteses sobre implantes, a metodologia aplicada e as medições foram as mesmas utilizadas nesse trabalho e vêm a demonstrar que, mesmo em relação às próteses fixas convencionais sobre dentes, esse tipo de soldagem tem apresentado melhores resultados.

Anusavice et al. (1985), por meio do teste de flexão por apoio em três pontos em máquina de ensaio universal, avaliaram a resistência de juntas soldadas a maçarico em ligas de Ni-Cr, utilizando espécimes de secção retangular (5 x 5 mm) com 25 mm de comprimento. Foram representadas soldagens com duas condições de espaçamento (0,25 mm e 0,51 mm) comparadas ao material íntegro e com número de amostras por grupo de cinco (n=5). A tensão de flexão foi calculada empregando-se a carga no início da deformação plástica ou no ponto de fratura, a de menor valor. Obtiveram-se tensões de flexão em corpos de prova íntegros variando entre 444 MPa e 1125 MPa, e, soldados a maçarico, variando de 197 MPa a 758 MPa.

Schiffleger et al. (1985) relataram algumas vantagens da construção de uma prótese parcial fixal em bloco único (monobloco), por exemplo, permitir uma avaliação imediata da adaptação, proporcionar uma elevada resistência do conector, além de resultar em ganho de tempo, visto que não há necessidade de soldagem. Esses benefícios, no entanto, parecem ser mais evidentes em próteses parciais fixas de 3 elementos, conforme os autores observação microscopicamente em sua amostra de próteses parciais fixas de 3, 4 e 5 elementos. Houve uma melhora de 50% na adaptação das fundições depois que a secção da estrutura metálicas, além de ter havido menor distorção nas próteses de elementos e maior das de 5 elementos.

Hulterström & Nilsson (1994) avaliaram 66 pacientes, que receberam próteses fixas sobre implantes com infra-estruturas fabricadas em Co-Cr, por um período de um a três anos. Não foram observadas complicações que poderiam ser atribuídas ao material utilizado, reafirmando a indicação de que o Co-Cr é um material conveniente para infra-estruturas de próteses fixas implanto-suportadas.

Chaves et al. (1998) realizaram o teste de flexão por apoio em três pontos em 20 espécimes de 20 mm de comprimento e 3 mm de diâmetro em ligas de paládio e uma liga de ouro-paládio, soldadas por três métodos: maçarico, infravermelho e forno. Os testes foram realizados em máquina universal de ensaios mecânicos a uma velocidade de 0,25 mm/min, com distância entre os apoios da base de 12,5 mm e com número de amostras por grupo de dez (n=10), tendo obtido tensões de flexão médias entre 755,48 MPa e 902,4 MPa. A carga utilizada para o cálculo da tensão de flexão correspondeu ao ponto no limite de proporcionalidade (antes do ponto inicial de deformação não linear) ou ao ponto de falha/fratura, o de menor valor, representados em gráfico de carga *versus* movimento do cutelo.

Jemt & Lekholm (1998) realizaram um estudo em animais, utilizando uma técnica fotográfica de medição 3D para medir a distorção em infra-estruturas sobre três implantes e o osso ao redor dos implantes osseointegrados após o aperto das infra-estruturas com desadaptação sobre os implantes. Quatro coelhos foram utilizados e instalados três implantes em cada animal na parte proximal da tíbia. Após um período de oito semanas de cicatrização, uma infra-estrutura de titânio foi conectada com uma desadaptação no pilar central. Fotografias tridimensionais foram realizadas antes e após o aperto do pilar central, o que induziria uma pré-carga calculada de 246Ncm. Medidas e comparações da topografia das infra-estruturas e do osso circundante, antes e após o aperto do pilar central, indicaram uma complexa e

inconsistente deformação. Medidas da desadaptação das infra-estruturas mostraram resultados em torno de 177 $\mu$ m (variando entre 100 $\mu$ m e 300 $\mu$ m). Após aperto do pilar central, todos os três casos mostraram movimentos verticais da plataforma do implante se aproximando em direção à infra-estrutura, em uma magnitude de 123 $\mu$ m (variando entre 60 $\mu$ m a 200 $\mu$ m). A presença de alterações flexurais no osso ao redor dos implantes como uma resposta à desadaptação confirma o consenso clínico de que complicações em termos de reabsorções ósseas e possível perda da osseointegração podem vir a ocorrer, em decorrência desse processo. No entanto os autores não relataram que essa reabsorção óssea aconteceu.

Souza et al. (2000) estudaram a microestrutura e dureza de uma liga de Ni-Cr unidas por brasagem e a Laser, tendo constatado que na brasagem o metal base e o cordão de solda apresentam microestruturas distintas, enquanto na soldagem a Laser foram verificadas três regiões: o cordão de solda, a zona afetada pelo calor (ZAC) e o metal base.

Hart & Wilson (2006) avaliaram as juntas de Ti soldadas em *cantilevers* de próteses implanto-suportadas, utilizando as soldagens TIG e Laser e material de adição (Ti cp grau 2). Essas juntas foram submetidas a teste de resistência à flexão e de resistência à fadiga. Os autores constataram que a resistência das juntas em *cantilevers* soldadas a Laser foi melhorada mediante o uso de material de preenchimento. Os autores ainda afirmaram que a soldagem TIG, com eficiente fluxo de argônio, pode ser usada em situações nas quais se exige uma alta resistência na junta.

Rocha et al. (2006) avaliaram a resistência à flexão em Ti cp e em ligas de Co-Cr e Ni-Cr, submetidos aos processos de soldagem Laser (sem e com material de adição, fio de Ti cp de 0,4 mm de diâmetro) e TIG, comparando-os com

o material íntegro. Para as soldagens Laser, sem adição, os parâmetros utilizados foram 6,58 KJ/cm<sup>2</sup> e 10 ms, para Ti, e, 7,49 KJ/cm<sup>2</sup> e 12 ms, para as ligas de Ni-Cr e Co-Cr, enquanto que naquelas com adição o parâmetro foi 2,3 KJ/cm<sup>2</sup> e 8 ms para todos os materiais. Os parâmetros empregados na soldagem TIG foram 10 V, 15-20 A e 12 s. Para o Ti cp se observou resistência à flexão de  $1302 \pm 27$  MPa em corpos de prova íntegros,  $1069 \pm 187$  MPa em soldados a Laser,  $1609 \pm 90$  MPa em soldados a TIG e  $1224 \pm 27$  em soldados a Laser com adição de material. Para as ligas de Ni-Cr e Co-Cr o resultado foi, respectivamente,  $1488 \pm 176$  MPa e  $2654 \pm 64$  MPa para íntegros,  $460 \pm 276$  MPa e  $464 \pm 70$  MPa para soldagem Laser,  $1759 \pm 559$  MPa e  $2665 \pm 281$  MPa para soldagem TIG, e,  $1370 \pm 81$  MPa e  $1492 \pm 197$  MPa para soldagem Laser com adição de material. Assim, os autores constataram que o grupo TIG apresentou a maior resistência e que os grupos Laser foram inferiores aos demais, sendo que o grupo Laser com adição apresentou melhores resultados que o grupo Laser.

Silva (2007) em seu estudo avaliou a resistência flexural entre três métodos de soldagem diferentes: Chama Direta a maçarico, método TIG - Tungstênio gás inerte (Soldadora NTY - Kernit, Brasil) e o método de solda a Laser (Soldadora Desktop - Dentaurum, Alemanha) comparando a um grupo controle (Monobloco). O estudo revelou que não houve diferença estatística entre os grupos soldados, existindo somente diferença entre os grupos de teste para o grupo controle em monobloco, e o método TIG produz resultado semelhante ao Laser e a chama direta.

Simamoto Junior et al. (2008) compararam o ajuste e desajuste vertical e horizontal na interface implante/pilar em prótese fixa de 3 elementos, quando os elementos protéticos são submetidos a 2 tipos de soldagem: solda a laser ou

brasagem. Dois modelos mestres com implantes foram posicionados de forma alinhada (reta) e desalinhada (arco). Doze modelos de trabalho foram divididos em quatro grupos: solda laser/arco; brasagem/arco; solda laser/reta e brasagem/reta, para comparação da qualidade do ajuste nos processos de solda a laser e por brasagem. As estruturas foram avaliadas, através de microscopia eletrônica, na interface pilar/implante, verificando a qualidade da adaptação tanto na horizontal quanto na vertical. Os autores concluíram que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os dois processos de soldagem, quando avaliados o ajuste da interface pilar/implante para prótese fixa de pequena extensão. A técnica a laser pode ser mais eficaz em situações que exija maior número de pontos a serem soldados, pois se trata de uma técnica promissora com menores chances de erros devido a sua automatização e exclusão de etapas inerentes a técnica de brasagem.

Silva et al. (2008) estudaram a influência da soldagem a Laser e eletro erosão na adaptação de estruturas implanto-suportadas de Ti. Foram confeccionadas 20 estruturas com *abutments* UCLA calcináveis sobre cinco implantes paralelos, a partir de um modelo mestre. Esses foram divididos em quatro grupos: a) grupo controle; b) grupo com aplicação de eletro erosão; c) grupo com amostras soldadas a Laser; d) grupo com amostras soldadas a Laser e submetidas à eletro erosão. O ajuste passivo entre o *abutment* UCLA e o implante foi analisado microscopicamente. Constatou-se que a soldagem a Laser melhora na adaptação marginal, associada ou não à eletro erosão. Os autores concluíram que estruturas clinicamente inaceitáveis depois de fundidas podem mostrar adaptação precisa após serem seccionadas e submetidas à soldagem a Laser. A solda a Laser e a eletro erosão causam efeito similar na melhoria de adaptação marginal quando utilizadas

isoladamente, mas há uma melhora superior nesta adaptação quando as duas técnicas estão associadas.

Srimaneepong et al. (2008) avaliaram a força de torção, ductilidade e comportamento de fratura de amostras fundidas em liga de Ti-6Al-7Nb comparadas com amostras de Ti cp e liga de Co-Cr, soldadas à Laser com dois diferentes parâmetros de soldagem (220V ou 260V). Para cada liga metálica foram fundidos 45 corpos de prova e radiografados para detecção de bolhas e porosidades internas. Os espécimes dos grupos experimentais foram seccionados ao meio, soldados e submetidos ao teste de torção. As superfícies da fratura de todos os espécimes fraturados, inclusive dos grupos controle, foram observadas por meio de MEV, tendo constatado que os grupos controle (intactos) e aqueles soldados utilizando liga de Ti-6Al-7Nb e Ti cp apresentaram imagens características de ductibilidade enquanto as amostras soldadas utilizando liga de Co-Cr apresentaram imagens mais planas características de fraturas frágeis. Nenhum dos grupos soldados à Laser utilizando liga de Ti-6Al-7Nb e Ti cp fraturou na região da junção. A força máxima de torção destes grupos foi equivalente àquela obtida pelos grupos controles. De modo diferente, os espécimes dos grupos soldados à Laser composto de liga de CoCr exibiram fratura frágil e menores valores de força máxima de tensão de torção. Os autores concluíram que a resistência mecânica da liga fundida de Ti-6Al-7Nb soldada à Laser é suficiente para aplicações clínicas.

Torsello et al. (2008) em seus estudos compararam a adaptação marginal de infra-estruturas de titânio sobre cinco a nove implantes confeccionadas por meio de cinco métodos diferentes: técnica da cera perdida com pilares de plástico; infra-estruturas em titânio soldadas a Laser com *coppings* pré-fabricados; ponte fixa sobre implante Procera; Sistema Cresco Ti; e CAM Structure precision milled bar. Foram

realizadas, então, três reabilitações de arco edêntulo em cada um dos cinco grupos. Os resultados obtidos de acordo com o método de confecção das infra-estruturas foram os seguintes: técnica da cera perdida  $78\mu\text{m}$  ( $\pm 48\mu\text{m}$ ); *coppings* pré-fabricados  $33\mu\text{m}$  ( $\pm 19\mu\text{m}$ ); ponte sobre implante Procera  $21\mu\text{m}$  ( $\pm 10\mu\text{m}$ ); sistema Cresco de Ti  $18\mu\text{m}$  ( $\pm 8\mu\text{m}$ ); e CAM StructSURE precisionmilled bar  $27\mu\text{m}$  ( $\pm 15\mu\text{m}$ ). Concluíram que os procedimentos em que houve análise computadorizada demonstraram muito boa precisão, com nenhuma diferença significativa entre eles, porém melhor precisão em relação aos outros métodos. Por sua vez, o grupo em que ocorreu a utilização de pilares pré-fabricados e soldagem a Laser apresentou significante melhor adaptação do que o grupo onde foi realizada a técnica da cera perdida.

Peçanha (2009) realizou um trabalho comparando a precisão da adaptação marginal de infra-estruturas, fundidas em Co-Cr, após serem submetidas à soldagem a laser e soldagem convencional. O autor concluiu que o procedimento de soldagem a laser de estruturas fabricadas em liga de Co-Cr possibilita uma maior precisão de adaptação destas infra-estruturas se comparado com os procedimentos de soldagem convencional.

Barbi et al. (2010) investigaram o efeito da energia de emissão dos métodos de soldagem convencional e soldagem a Laser sobre a resistência da junta de liga em cobalto-cromo (Co-Cr). Foram preparados dois tipos de placas de Co-Cr, cujas áreas centrais foram seccionadas transversalmente, e as superfícies seccionadas foram posicionadas uma contra a outra. As juntas foram então soldadas em vários níveis de energia com o uso dos dois métodos de soldagem e os espécimes foram então submetidos ao teste de tração até a ocorrência de fratura. Os autores constataram que a força necessária ( $1.087\text{N}$  e  $1.078\text{N}$ , respectivamente) para fraturar os espécimes de  $0,5\text{ mm}$  de espessura soldados a Laser não foi

significativamente diferente quando foram empregadas as correntes de 270 A e 300 A em relação aos espécimes de controle que não foram soldados a Laser. Contudo, os autores observaram que a força demandada (1.292 N) para romper os espécimes de 1 mm que receberam dupla soldagem a Laser numa corrente de 270 A foi significativamente maior do que as demais. Sendo assim, os autores concluíram que os resultados sugerem que a soldagem a Laser em condições apropriadas melhorou a resistência da junta das ligas em cobalto-cromo.

Khorram et al. (2010) estudaram a influência da potência do Laser, velocidade de soldagem e posição do ponto focal na soldagem a Laser da liga Ti6Al4V. Utilizando uma máquina de laser Optimo de CO<sub>2</sub>, com gás argônio como proteção, os autores soldaram 20 espécimes. Os parâmetros de soldagem geométrica foram medidos em microscópio óptico e software analisador de imagens. Concluiu-se que a velocidade de soldagem e a potência do laser afetam significativamente a profundidade da penetração do laser. Os autores ainda relataram que o aumento da potência do Laser aumenta a entrada de calor, gerando maior fusão dos materiais e, conseqüentemente, maior profundidade de penetração. Em relação à velocidade de soldagem, seria o inverso. Sendo assim, para se obter o máximo de profundidade de penetração do laser, a potência deverá ser aumentada e a velocidade de soldagem diminuída durante o processo de soldagem. A largura da zona de soldagem também sofre influência da potência do laser e velocidade da soldagem. Quanto menor a velocidade de soldagem e maior potência do laser, maior entrada do calor, mais volume de metal fundido, maior largura da zona de soldagem. Em relação à posição do ponto focal do laser, os resultados mostraram influência insignificante sobre o processo de soldagem.

Buratto (2011) realizou um estudo em que comparou a soldagem clássica (chama direta) com a soldagem a Laser. O autor relatou que, na soldagem clássica, é necessário material de revestimento para compensar as distorções de expansão e contração da liga durante o processo de soldagem, ao passo que na soldagem a Laser não há necessidade desse material. A energia aplicada se faz em uma região muito restrita. Como a estrutura é condutora de calor, o resfriamento é quase imediato e o aquecimento global das partes é muito menor daquele gerado pela chama aberta. No processo de soldagem por laser obtém-se uma união sem (ou quase sem) incorporação de material de acréscimo resultando em uma estrutura igual ao um monobloco. A necessidade do preenchimento será inevitável quando duas partes de uma estrutura a serem soldadas estiverem muito distantes. Para obter todas as vantagens com o Laser, é preciso preparar a junta de soldagem aproximando as superfícies. Na soldagem com chama não basta fundir a solda, é preciso orientá-la, fornecendo energia às superfícies. Esse procedimento produz uma alteração tanto no material de preenchimento como nas superfícies, podendo formar compostos intermediários mais fracos. Para evitar que isso ocorra, deve-se deixar o bloco de soldagem resfriar naturalmente. A soldagem por laser é menos complicada, mas problemas de trincas ou empenamentos podem acontecer, já que, mesmo o disparo da emissão de energia sendo em uma área restrita, irá ocorrer fusão da liga metálica com grande e rápida variação de temperatura na região de impacto (alta velocidade de resfriamento). O autor, por meio de experimentos em que manteve o diâmetro do feixe laser em 0,4 mm e variou a energia de bombeamento (Amperes) e o tempo de aplicação (milissegundos), concluiu que o aumento da potência de bombeamento aumenta o diâmetro da região de impacto para uma mesma regulagem de diâmetro de foco e que quanto maior o tempo de

aplicação do disparo, maior o diâmetro da “poça” de solda, pois mais metal será fundido por disparo, causando maior distorção. A verificação de microtrincas indica excesso de potência ou tempo do pulso.

Nuñez-Pantoja et al. (2011), em estudos avaliou a possibilidade de visualização de porosidade interna em radiografias periapicais de uniões soldadas a laser, confeccionadas em estruturas de titânio (Ti) comercialmente puro (cp), em diferentes situações de soldagem. Foram confeccionados halteres em resina acrílica, com diâmetros centrais de 1,5; 2,0; e 3,5 mm, por meio de uma matriz metálica bipartida. Os halteres em resina foram fundidos em Ti cp e após acabamento e polimento, seccionados em duas partes iguais. As partes foram alinhadas e fixadas de tal forma que as distâncias entre elas fossem 0,0 e 0,6 mm. A combinação entre as variáveis (distância de soldagem e diâmetro dos halteres) gerou seis grupos (n=10). A soldagem a laser foi realizada com as seguintes especificações: 360V/8ms (1,5 e 2,0 mm) e 380V/9ms (3,5 mm), com foco e frequência regulados em zero, em um aparelho de soldagem a laser Desktop-F. As uniões obtidas receberam acabamento, polimento e foram submetidas à análise radiográfica com exposição à radiação (90 KV, 15 mA, 0,6 seg e 10 a 13 mm de distância) utilizando filme periapical. As radiografias foram analisadas visualmente quanto à presença de porosidade nas uniões soldadas, e os dados obtidos, submetidos ao teste Qui-Quadrado (5%). Com isso, verificou-se ser possível visualizar porosidade interna nessas uniões. Em corpos de prova de menores diâmetros, 1,5 e 2,0 mm, a incidência é maior quando a distância é 0,6 mm. Entretanto, em corpos de prova de 3,5 mm, a incidência é alta para ambas as uniões, não diferindo estatisticamente entre si.

Mansano (2011) em estudo foi comparar o grau de rotação de parafusos de titânio (grau 5), durante testes de torque, re-torque e os valores de destorque (Ncm), sobre infra-estruturas fundidas em monobloco, soldadas com solda TIG e solda Convencional, a partir de *abutments* tipo UCLA com cinta usinada em Co-Cr. Foram obtidos 10 corpos de prova para cada grupo e 60 parafusos de titânio (Grau 5- *Titanium Fix*) foram usados para os testes. Obteve-se então a medição do ângulo criado durante o aperto e re-aperto dos parafusos, sendo o re- aperto realizado após 10 minutos do aperto inicial, ambos sob torque de 30Ncm. Após o procedimento de re-aperto, o valor de destorque era imediatamente aferido e anotado em Ncm, possibilitando avaliar a quantidade de torque retido pelo parafuso após o procedimento, sendo esta sequência realizada 3 vezes para cada corpo de prova. Os resultados revelaram que durante os procedimentos de torque (aperto), os parafusos empregados em infra-estruturas fundidas em monobloco apresentaram um maior grau de rotação ( $56,12^\circ$ ), quando comparados aos parafusos empregados em infra-estruturas segmentadas e fundidas separadamente soldadas com solda TIG valor médio de ( $43,2^\circ$ ) e solda Convencional com valor médio ( $35,7^\circ$ ), sendo a diferença entre os grupos estatisticamente significativa em todos os grupos para o momento torque;  $p < 0,05$ . Durante o momento re-torque, o ângulo formado na cabeça dos parafusos também foi sempre maior para o grupo monobloco ( $15,55^\circ$ ), comparado aos grupos solda TIG ( $10,15^\circ$ ) e solda Convencional ( $9,85^\circ$ ), sendo que diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre os grupos monobloco em relação aos grupos soldados, e não havendo diferença estatística entre os grupos soldados,  $p < 0,05$ . Os valores médios de destorque (quantidade de torque retido durante o aperto dos parafusos) foram maiores para o grupo solda TIG (26,77Ncm) em relação aos grupos monobloco (26,55Ncm) e grupo solda Convencional

(25,10Ncm) respectivamente, porém sem diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Tanto para o momento de torque quanto para o momento de re-torque, infra- estruturas do grupo Monobloco permitiram maior rotação dos parafusos dos *abutments*, quando comparados com os grupos Soldados. Na análise dos valores de destorque, estatisticamente os grupos foram considerados semelhantes.

Kumar et al. (2012) avaliaram em seu estudo a eficácia de soldadura a laser e soldadura convencional sobre a resistência à tracção e de resistência à tracção máxima da liga de cobalto-crómio. As amostras foram preparadas com duas ligas de cobalto-cromo disponível no comércio (Wironium mais e liga DIADUR). As amostras foram seccionadas e os fragmentos quebrados foram apensados utilizando técnicas de soldagem convencionais e Laser. As juntas soldadas foram submeti- de tracção e testes de resistência à tração; e microscopia eletrônica de varredura para avaliar as características de superfície no local soldada. Tanto na soldadura a laser, bem como a técnica de soldadura convencional, as amostras de liga DIADUR apresentaram valores menores quando testado para a resistência à tracção e à tracção final, quando comparado com amostras de liga Wironium. Sob o microscópio eletrônico de varredura, o laser juntas soldadas mostrar solda uniforme e piscina molt contínua por toda a superfície com menos porosidade do que os convencionalmente con- juntas soldadas. Soldagem a laser é um método vantajosas de conectar ou reparação de estruturas de metal fundido protéticos.

Pereira (2012) avaliou o uso da densidade óptica e de um teste mecânico de resistência à flexão de 3 pontos quanto à rigidez do material e a tensão de flexão, a fim de verificar o comportamento dos sistemas de soldas odontológicas convencional e TIG testadas nas angulações de 90°, 45° e 22,5° de secções das porções a serem soldadas. Os sistemas foram comparados, tendo sido utilizado um

grupo fundido em monobloco (controle), e outro feito em uma liga de Co-Cr. Os grupos foram comparados entre si quanto à densidade óptica, rigidez, tensão de flexão.

Silva et al. (2012) avaliaram o efeito de diferentes parâmetros de solda Plasma (PL) verificando a resistência flexural de barras de liga de titânio (Ti-6Al-4V). Quarenta espécimes de Ti-6AL-4V e dez espécimes de liga de Ni-Cr foram preparados (40 X 3,18mm) e divididos em 5 grupos (n=10). As barras de liga titânio do grupo controle não foram seccionadas e nem submetidas a processo de soldagem. Os grupos PL10, PL12 e PL14, continham barras de Ti seccionadas e soldadas com uma corrente de 3A por períodos de 10, 12 e 14ms, respectivamente. O grupo constituído de barras de liga de Ni-Cr foram soldados pelo processo de Brasagem convencional. Em seguida as barras foram submetidas ao teste de flexão de três pontos e os valores obtidos em N foram convertidos em resistência flexural (MPa). Diferença estatística foi verificada entre os grupos avaliados, com os maiores valores para o grupo controle. Não foram encontradas diferenças entre os grupos de solda Plasma. O grupo Ni-Cr apresentou os menores valores de resistência flexural embora tenha sido estatisticamente semelhante ao grupo PL14. Não houve diferença significativa na profundidade de penetração entre os grupos de solda Plasma ( $p=0,05$ ). Três espécimes representativos foram aleatoriamente selecionados para serem avaliados por meio de MEV. A composição das regiões soldadas foi verificada por meio de espectroscopia por energia dispersiva.

Takayama et al. (2012) avaliaram os efeitos da taxa de fluxo de gás argônio sobre a resistência e porosidade em junções soldadas à Laser em placas fundidas em Ti e liga de Co-Cr. As placas de cada metal foram aproximadas e soldadas com fluxo de gás argônio de 0 (zero), 5 e 10L / min para a liga de Co-Cr e

5 e 10L / min para o Ti. Após a soldagem os espécimes foram submetidos ao teste não destrutivo para avaliação de poros internos por meio de microtomografia. Após o teste de tração, foi feita avaliação da superfície com sonda eletrônica de microanálise com raios-X e teste de microdureza Vickers. Houve uma diferença significativa na proporção de porosidade de acordo com a taxa de fluxo de gás argônio na área soldada. Imagens em 3D das áreas soldadas dos espécimes mostrou que a porosidade ocorreu próximo ao centro da área soldada em liga de Co-Cr, mas ficou distribuída por toda a área quando soldada em Ti. Solda à Laser da liga de Co-Cr foi muito pouco influenciada pela blindagem de argônio. Em contraste, para o Ti, a resistência conjunta dos espécimes soldados foi afetada pela taxa do fluxo de argônio. Os resultados sugerem que existe uma possibilidade de que a força de soldadura seja reduzida com um fluxo excessivo, embora esta taxa do fluxo tenha impedido a oxidação.

Piveta et al. (2013) avaliaram a característica metalúrgica do titânio comercialmente puro sem solda e submetido aos processos de soldagem a laser e TIG. Três grupos foram formados I: soldagem a laser; II: soldagem TIG, e III: sem solda. Os corpos de prova do grupo I e II foram seccionados ao meio e soldados por TIG e por laser, respectivamente; o grupo III foi mantido sem corte e sem solda, como controle. Pelos resultados obtidos nas micrografias, o titânio comercialmente puro apresentou uma morfologia de grãos equiaxiais da fase  $\alpha$ , o cordão de solda a laser apresentou estrutura martensítica e, na TIG, microestrutura Widmanstätten. A microestrutura martensítica é condizente com a alta taxa de resfriamento proveniente do processo de soldagem a laser. As estruturas martensítica e Widmanstätten são mais refinadas quando comparadas à microestrutura do metal base.

Pedrazini et al. (2013) avaliaram a qualidade de processos laboratoriais aplicados em ligas de titânio. Oito padrões em cera foram fundidos com o uso da técnica de arco voltaico. Três barras, após fundidas, foram cortadas em três pontos gerando nove pontos de solda com a técnica a laser. Todas as amostras foram analisados a olho nú e em aumento de 50x, 100x e 200x usando microscopia eletrônica - análise metalográfica. Todas as amostras apresentaram boa fundição, sem soluções de continuidade, sem falhas como vazios, bolhas, trincas, porosidades e inclusões. Os nove pontos de soldas a laser não apresentaram falhas de união, trincas ou vazios e comparando estes resultados com achados anteriores, houve melhora na qualidade dos processos. Conclui-se que a boa qualidade observada nesta investigação dos processos laboratoriais do titânio se deve tanto a melhora na curva de aprendizagem dos técnicos, observação dos protocolos laboratoriais como também correção dos possíveis defeitos nos equipamentos utilizados como também ao controle estatístico do processo (CEP).

Machado (2013) avaliou o efeito de diferentes desenhos de junções e dos processos de soldagem Tungsten Inert Gas (TIG) e Laser, na resistência flexural de barras de liga de Ti-6Al-4V. Os corpos de prova foram submetidos a ensaio mecânico e os dados obtidos foram analisados estatisticamente. Constatou-se que os grupos TX30 e TX45 apresentaram valores de tensão máxima de flexão semelhantes ao grupo controle. Os demais grupos experimentais resultaram em valores significativamente menores que o grupo controle. Quando foram comparados tipo de solda, verificou-se que a solda TIG resultou em tensão máxima de flexão significativamente maior que a solda Laser, independentemente do tipo de junção. Para o fator área soldada as junções com desenho em X resultaram em valores significativamente maiores que a junção I para ambos os processos de

soldagem. Na comparação das áreas soldadas, entre os dois processos de soldagem, o processo TIG resultou em valores significativamente maiores de área soldada quando empregado o tipo de junção I e significativamente menores para o tipo X30. Para o tipo de junção X45 não houve diferença estatística. As imagens obtidas por meio de MEV demonstraram maior presença de poros nas superfícies de fratura soldadas à Laser e aspectos sugerindo presença de ductibilidade nas superfícies soldadas a TIG. O autor concluiu que o emprego da soldagem TIG e do desenho de junção em X resultam em maiores valores de resistência flexural, sendo estas mais indicadas para soldagem de barras de liga de Ti-6Al-4V de 3,18 mm de diâmetro, quando altos valores de resistência flexural são requeridos.

Atoui et al. (2013) avaliaram a resistência à tração e à flexão de soldas feitas com gás inerte de tungstênio (TIG) em amostras de titânio comercialmente puro (Ti CP) em comparação com a solda a laser (n=10): sem solda (controle), solda TIG (10V, 36A, 8 s) e solda com laser de Nd:YAG (380 V, 8 ms). As amostras foram radiografadas e submetidas aos testes de resistência à tração e à flexão em máquina de ensaios mecânicos à velocidade de 1mm/min com célula de carga de 500 kgf aplicada na interface soldada ou no ponto médio das amostras controle. Espécimes não-soldados apresentaram resistência à tração (controle=605,84±19,83) (p=0,015) e resistência à flexão (controle=1908,75) (p=0,000) significativamente maiores que os soldados com TIG ou laser. Não houve diferença estatisticamente significativa (p>0.05) entre os tipos de solda no teste de resistência à tração (TIG=514,90±37,76; laser=515,85±62,07) nem no teste de resistência à flexão (TIG=1559,66; laser=1621,64). As resistências à tração e à flexão foram similares quando as amostras foram soldadas com TIG e a laser.

Araújo Filho et al. (2014), em seu trabalho, investigaram, por meio da fotoelasticidade, a distribuição de tensões geradas por implantes interconectados por barra metálica fundida, seccionada e soldada a laser. Foram obtidos, a partir de moldes de silicone, seis modelos fotoelásticos contendo os conjuntos implantes/pilares/barras cortadas e indexadas, evitando tensões que pudessem advir de alterações dimensionais promovidas pela polimerização da resina acrílica utilizada para a indexação das barras. No polariscópio observou-se ausência de tensões nos modelos. Posteriormente, as barras foram soldadas a laser no laboratório e reposicionadas nos modelos fotoelásticos, avaliando-se vinte e cinco pontos ao longo dos corpos dos implantes e região inter-implantar, sob duas condições: após torque de 20 Ncm e sob carregamento de 2 KgF. Na primeira condição, os gradientes de tensão cisalhante máxima foram praticamente nulos em todos pontos avaliados, havendo uniformidade nos padrões de franjas desenvolvidos nos seis modelos, sugerindo simetria na adaptação entre os componentes do sistema e que o processo de soldagem a laser pode influenciar positivamente no nível de tensões gerados, constituindo-se em procedimento técnico-sensitivo. Com aplicação de carga externa, observou-se que os padrões de tensão se distribuíram uniformemente, por não ter ocorrido tensão após o processo de soldagem a laser

Erdogan et al. (2015) em seu estudo prepararam 72 amostras dividindo em 2 grupos soldadas a prata e outro soldados a laser. Quatro amostras foram escolhidos de cada subgrupo para estudar as alterações morfológicas em suas superfícies por microscopia eletrônica de varredura (MEV). Cada grupo foi dividido em quatro grupos, onde as amostras foram submersas em enxaguatório bucal contendo fluoreto de sódio (NaF), anti-séptico bucal contendo fluoreto de sódio + álcool (NaF + álcool), anti-séptico bucal contendo clorexidina (CHX), ou saliva

artificial (AS) por 24 horas e removidos depois disso. Subsequentemente, a libertação de íões metálicos a partir das amostras foi medida com espectrometria de massas com plasma (ICP-MS). A libertação de íões metálicos entre as soluções e os métodos de soldadura foram comparados. O Kruskal-Wallis e análise de variância (ANOVA), foram utilizados para as comparações entre os grupos, e post hoc de Dunn teste de comparação múltipla foi utilizada para as duas comparações grupo. O nível de libertação de íões metálicos a partir de amostras de solda de prata foi maior do que a partir de amostras de soldagem a laser. Além disso, maiores quantidades de níquel, cromo e ferro foram liberados da solda de prata. No que diz respeito às soluções anti-séptico bucal, as menores quantidades de íões metálicos foram liberados em CHX, e as maiores quantidades de íões metálicos foram liberados em NaF + álcool. MEV estavam de acordo com estas conclusões. A soldagem a laser deve ser preferido sobre solda de prata. CHX pode ser recomendada para pacientes que tenham soldadas aparelhos por motivos ortodônticos.

Bertrand & Poulon-Quintin (2015) estudaram o efeito da formação de pulso sobre a prevenção de defeitos internos durante a soldagem a laser para duas ligas dentais usados principalmente em prótese dentária. Mancha única, cordões de solda, e soldas com 80% de sobreposição foram realizados em Co-Cr-Mo e placas elenco Pd-Ag-Sn com um dopado com neodímio pulsada ítrio alumínio granada (Nd: YAG). Um procedimento de soldagem específico usando parâmetros adaptados para cada liga foi concluída. Todas as possibilidades de pulso foram testados: a) a forma de impulso quadrado como uma configuração padrão, b) um declive ascendente para o aquecimento gradual, c) um declive descendente para retardar o processo de arrefecimento e, d) um combinação de subida e descida. A otimização da forma de pulso é suposto produzir soldas sem defeitos (rachaduras, poros,

vazios). Pd-Ag-Sn foi altamente sensível à fissuração a quente, e Co-Cr-Mo foi mais sensível para vazios e pequenas porosidades (às vezes combinados com rachaduras). Usando uma rampa de arrefecimento lento permitiu um melhor controle sobre o processo de solidificação para as duas ligas sempre prevenção de defeitos internos. Um declive rápido deve ser preferido para as ligas de Co-Cr-Mo, devido ao seu feixe de laser de baixa reflectividade. Ao contrário, para a liga de Pd-Ag-Sn, subindo de forma lenta deve ser preferido porque esta liga tem um feixe de laser de alta reflectividade.

## 4 DISCUSSÃO

A restauração de uma perda dentária mediante prótese implanto-suportada tornou-se uma modalidade de tratamento bem consolidada da Odontologia devido às suas vantagens e, principalmente, ao seu elevado grau de sucesso. A soldagem em odontologia se tornou um processo rotineiro e comum, como solução para o perfeito assentamento e adaptação de peças protéticas, especialmente as mais extensas (Marques, 1991; American Welding Society, 1991).

A literatura e estudos relacionados a soldas e suas resistências é bem vasta e discutida. Essa preocupação é justificada devido à susceptibilidade de diversas falhas durante seu processo, que é muito questionado. A importância de uma adaptação passiva nas próteses sobre implante tem sido discutida na literatura por muitos autores (Willis, Nicholls, 1980; Silva et al., 2008; Torsello et al., 2008; Sinamoto et al., 2008; Barbi, 2010; Pegoraro et al., 2002).

Essa etapa da confecção de uma prótese é utilizada com frequência como uma solução para o mais perfeito possível assentamento das próteses, principalmente aqueles que envolvem muitos elementos dentários (Wiskott et al., 1997; Anusavice, 1985). Todavia, a soldagem não está isenta de apresentar falhas ou defeitos, sejam eles de natureza técnica/processual ou humano, podendo comprometer significativamente a resistência flexural da solda e dos componentes de uma restauração implanto-suportada e, conseqüentemente, gerando fraturas das restaurações durante a mastigação (Schiffleger et al., 1985).

A desadaptação marginal em infra-estruras é uma problemática muito discutida entre os autores citados nesse trabalho, e autores estudaram e avaliaram a fundição de infra-estruras fundidas em monobloco, comprovando o seu elevado

índice de desadaptação (Hulling, Clark, 1977; Schiffleger et al., 1985; Jemt, Lekholmu, 1998; Sinamoto-Júnior et al., 2008). Este estudo excluiu esse método de avaliação baseados nesses resultados.

A liga de Co-Cr , considerando que atualmente essa liga alternativa tem ocupado cada vez mais espaço na prática laboratorial, e clinica devido ao custo reduzido e adequado comportamento mecânico para as necessidades odontológicas. Em seus estudos laboratoriais vários autores (Blustein, 1976; Hulterstrom, 1994; Shillinburg, 1998; Dinato, 1999; Pegoraro, 2002; Baba, 2004; Srimaneepong, 2008; Barbi, 2010; Pereira, 2012) fazem essa indicação, relatando que o custo de infra-estruturas metálicas pode ser reduzido, utilizando-se ligas não nobres. O Co-Cr é uma liga metálica não nobre, de grande conveniência para infra-estruturas de próteses fixas, em casos em que não há problemas estéticos, preferivelmente, nos casos de mandíbula totalmente edêntula (Hulterström, Nilsson, 1994), e vem aumentando ano a ano. Estudos como o de Souza (2000), Baba (2004) e Burato (2011) também demonstraram que características aceitáveis de adaptação e capacidade de soldagem podem ser obtidas utilizando o Laser nesse tipo de liga.

Os maiores fatores que levam a um aumento de distorção das infra-estruturas durante sua confecção, são os processos de fundição e soldagem. Dentre eles, pode-se considerar que a espessura do material a ser soldado é um fator crítico para a obtenção de uma soldagem a Laser adequada. Neste trabalho, como forma de padronização da área de soldagem foram utilizadas barras com 2mm e meio de diâmetro. As condições de calibração da máquina também se apresentam como importante fator para o sucesso desse tipo de soldagem. Trabalhos de Huling(1977) e Sjogren et al. (1988) também regulam e calibram a soldadora a laser

para conseguir melhores resultados, citam em seus estudos. Para isso foram utilizados potência, tempo de duração do pulso, frequência e foco de acordo com o tipo da liga e sua espessura para soldagem Chai&Chou (1998) e Khorram et al. (2010) em seus estudos usaram diferentes condições de soldagem a laser, variando duração de incidência do feixe de voltagem. No presente estudo essas condições foram padronizadas para conseguir uma melhor soldagem a laser.

Um dos testes mais utilizado tem sido o teste de resistência flexural sob cargas compressivas aplicadas em pontos específicos da estrutura protética. Segundo Anusavice et al. (1985), Dinato (1999), Rocha (2006), Silva (2008) e Pereira (2012) esse teste simula de forma satisfatória a condição clínica das próteses sob cargas compressivas provenientes da mastigação.

A liga de Co-Cr é frequentemente utilizada para a fabricação de infra-estruturas metálicas de próteses dentárias, e a união dos múltiplos componentes de uma prótese dentária mediante um método de soldagem se faz necessária. No presente estudo, avaliou-se a influência de três métodos de soldagem, brasagem (chama direta), solda a laser e soldagem elétrica, sobre a resistência flexural de infra-estruturas protéticas de Co-Cr (Barbi, 2010).

O método de soldagem avaliado neste estudo influenciou significativamente a resistência flexural das infra-estruturas protéticas, o que está em concordância com outros estudos que utilizaram o mesmo teste de resistência flexural adotado no presente estudo (Jemt et al., 2000; Barbi, 2010; Buratto, 2011; Pereira et al., 2012; Silva et al., 2012; Machado, 2013).

A padronização do espaço a ser soldado permitiu que o efeito de distorção gerado, realizando apenas um ponto de solda, pudesse ser melhor

avaliado, evitando-se assim, a incorporação de mais variáveis ao trabalho como por exemplo, a soldagem de uma PPF de vários segmentos subsequentes. Além disso, permitiu verificar a viabilidade e as possíveis vantagens em se utilizar a soldagem a Laser em comparação com a utilização da soldagem convencional, mesmo em infra-estruturas de menor complexidade, assim equiparados com outros autores Huling (1977), Souza (2000), Peçanha (2009), Mansano(2011), Nuñez-Panjota et al. (2011), Kumar et al. (2012), Piveta et al. (2013), Araujo Filho (2014), Erdogan (2015) e Bertrand &Poulon-Quintin (2015).

As ligas de ouro produzem próteses com boas qualidades de soldagem e com relativa facilidade (Wiskott et al., 1997; Chaves et al., 1998). Entretanto, a utilização cada vez mais frequente de próteses metalo-cerâmicas implicou em um decréscimo do uso de ouro, particularmente em próteses extensas, tanto pelo custo do ouro quanto pelas limitações mecânicas deste material.

Podemos perceber que na literatura analisada há uma grande tendência de pesquisas em relação ao titânio, devido às suas excelentes qualidades mecânicas e biológicas (Willis et al., 1980; Sjogren et al., 1988; Hart, Wilson, 2006;Silva, 2007; Torselloet al., 2008). Entretanto foi verificado que estas ligas também apresentam algumas dificuldades em relação à aplicação de cerâmica sobre este metal, pois a sua alta oxidação limita fortemente o uso de vários sistemas cerâmicos. Dessa forma optamos por estudar a resistência das ligas de Co-Cr em virtude da sua grande utilização no rol odontológico.

A técnica convencional de soldagem utiliza chama direta através do maçarico de gás/oxigênio e necessita da aplicação do fluxo para minimizar a oxidação do metal, porém estes dois fatores podem ocasionar defeitos de vários tipos nas juntas soldadas, como por exemplo, a inclusão de gases ou a inclusão do

próprio fluxo principalmente em juntas com grande espessura devido a incapacidade de dissolução deste fluxo pela chama (Anusavice et al., 1985).

Os resultados avaliados durante a realização do trabalho, juntamente com a respectiva análise estatística mostram ter havido diferença apenas entre o grupo de solda a laser, ficando o grupo de solda convencional e solda mista com o maior valor de média de resistência à flexão.

Os resultados da resistência flexural das infra-estruturas de Co-Cr sob soldagem convencional em comparação com aqueles obtidos para a soldagem a Laser no presente estudo não concordam com alguns estudos (Barbi et al., 2004; Simamoto Junior et al., 2008), os quais sugerem que a soldagem a Laser em condições apropriadas melhorou a resistência das juntas das ligas em Co-Cr (Barbi et al., 2004), ou não foram diferentes (Simamoto Junior et al., 2008), ou ainda que a soldagem a Laser pode ser mais eficaz em situações que exija maior número de pontos a serem soldados (Simamoto Junior et al., 2008).

A maior resistência flexural das infra-estruturas de Co-Cr soldadas pelo método chama direta observada no presente estudo está em concordância com resultados de outros estudos (Hart, Wilson, 2006; Rocha et al., 2006).

O que se observa na prática e o que se compara na literatura é a dificuldade em conseguir um padrão de qualidade para todas as peças soldadas. Os maiores valores mensurados mais altos relacionados ao grupo chama direta e mista pode ser explicado pelo fato de ser um grupo preparado para a pesquisa, onde havia um grande critério com a qualidade de confecção dos espécimes.

## 5 CONCLUSÃO

Considerando as informações obtidas no presente trabalho podem-se enumerar as seguintes conclusões :

Em respeito à resistência;

- a) o procedimento de soldagem a laser de estruturas implanto-retidas fabricadas em liga de Co-Cr mostrou resistência diminuída comparada a Soldagem convencional, mista e TIG.
- b) após fixação com eletro-solda , não diminui a resistência da soldagem.
- c) os métodos de soldagem convencional e mista apresentaram valores de resistência superiores em alguns trabalhos por se tratar de uma técnica que depende muito do TPD e por se tratar do trabalho ser avaliado por meio de um estudo.

Em respeito à distorção;

- a) O procedimento de soldagem a laser de estruturas implanto-retidas fabricadas em liga de Co-Cr mostrou distorção diminuída comparada a Soldagem convencional e mista.
- b) a técnica de soldagem convencional mostrou maior distorção em relação à soldagem TIG, plasma, e laser.

## REFERÊNCIAS<sup>1</sup>

American Welding Society. Introdução a la metalurgia de la soldadura. Buenos Aires: Geminis; 1981.

Anusavice KJ, Okabe T, Galloway SE, Hoyt DJ, Morse PK. Flexure test evaluation of presoldered base metal alloys. *J Prosthet Dent*. 1985 Oct;54(4):507-17.

AraújoFilho GC, Gomes VL, Araújo CA, Godoy MHR, Youssef MN. Distribuição das tensões geradas por implantes interconectados com barra dolder, após solda a laser. *ProsthLab Sci*. 2014 jul-set;3(12):274-280.

Atoui JA, Felipucci DNB, Pagnano VO, Orsi IA, Nóbilo MAA, Bezzon OL. Tensile and flexural strength of commercially pure titanium submitted to laser and tungsten inert gas welds. *Braz Dent J*. 2013;24(6):630-4.

Baba N, Watanabe I, Liu J, Atsuta M. Mechanical strength of laser-welded cobalt-chromium alloy. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2004 May 15;69(2):121-4.

Barbi FCL. Avaliação in vitro do efeito de três métodos de soldagem no desajuste marginal de estruturas em cobalto-cromo utilizados em próteses sobre implantes [dissertação]. Maringá: Centro de Ciências da Saúde, Universidade Estadual de Maringá; 2010. 70f.

Bertrand C, Poulon-Quintin A. Temporal shaping pulso: um parâmetro chave para a soldagem a laser de ligas dentárias. *Lasers Med Sci*. 2015 jul;30(5):1457-1464.

Blustein R, DePaul BM, Barnhart RC Jr, Green KA. A reliable technique of post soldering of nonprecious ceramic units. *J Prosthet Dent*. 1976 July;36(1):112-4.

Buratto LF. Soldagem com laser x soldagem clássica (chama aberta). *Rev Apdesp*. 2011;26(158):20-9.

Chai T, Chou CK. Mechanical properties of laser-welded cast titanium joints under different conditions. *J Prosthet Dent*. 1998 Apr;79(4):477-83.

---

Chaves M, Vermilyea SG, Papazoglou E, Brantley WA. Effects of three soldering techniques on the strength of high-palladium alloy solder joints. *J Prosthet Dent.* 1998 June;79(6):677-84.

Dinato JC. Determinação da resistência a flexão de ligas odontológicas, utilizadas em prótese parcial fixa soldadas por basagem e a laser [dissertação]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos; 1999.

Erdogan AT, Nalbantgil D, Ulkur F, Sahin F. Metal ion release from silver soldering and laser welding caused by different types of mouthwash. *Angle Orthod.* 2015 July;85(4):665-72.

Hart CN, Wilson PR. Evaluation of welded titanium joints used with cantilevered implant-supported prostheses. *J Prosthet Dent.* 2006 July;96(1):25-32.

Huling JS, Clark RE. Comparative distortion in three-unit fixed prostheses joined by laser welding, conventional soldering, or casting in one piece. *J Dent Res.* 1977;56(2):128-34.

Hulterström M, Nilsson U. Cobalt-chromium as framework material in implantsupported fixed prostheses: a 3-year follow-up. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;9:449-54.

Jemt T, Henry P, Lindén B, Naert I, Weber H, Bergström C. A comparison of laser-welded titanium and conventional cast frameworks supported by implants in the partially edentulous jaw: a 3-year prospective multicenter study. *Int J Prosthodont.* 2000 July-Aug;13(4):282-8.

Jemt T, Lekholm U. Measurements of bone and frame-work deformations induced by misfit of implant superstructures. A pilot study in rabbits. *Clin Oral Implants Res.* 1998 Aug;9(4):272-80.

Khorram A, Yazdi MRS, Ghoreishi M, Moradi M. Usando abordagem ANN para investigar a Soldagem Geométrica da liga de titânio Ti6Al 4V. *Int J Engineering Technol.* 2010 Oct;2(5):42-5.

Kumar SM, Sethumadhava JR, Manita G. Effects of conventional welding and laser welding on the tensile strength, ultimate tensile strength and surface characteristics

of two cobalt-chromium alloys: a comparative study. J Indian Prosthodont Soc. 2012 June;12(2):87-93.

Machado AR. Efeito do desenho de junções e tipo de solda na resistência flexural de barras de liga de Ti-6Al-4V [dissertação]. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia; 2013.

Mansano RAS. Análise comparativa do grau de rotação de parafusos para sistema UCLA em estruturas fundidas em monobloco, soldadas com solda TIG e solda Convencional [tese]. Bauru: Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo; 2011.

Marques PV. Tecnologia da soldagem. Belo Horizonte. ESAB; 1991.

Nunez-Pantoja JMC, Takahashi JMFK, Nóbilo MAA, Consani RLX, Mesquita MF. Análise radiográfica de uniões soldadas a laser executadas no titânio comercialmente puro fundido, em diversas situações clínicas simuladas. Braz Dent Sci. 2011 jul-dez;14(3/4):12-7.

Peçanha MM. Estudo comparativo da desadaptação marginal de infra-estruturas metálicas para próteses sobre implantes, após soldagem a laser e soldagem convencional [dissertação]. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências da Saúde, Vitória, 2009.

Pedrazini MC, Oliveira RAF, Fabiano S, Montagner AM, Wassall T. Avaliação da qualidade de processos laboratoriais aplicados nas próteses em titânio: fundição a plasma e soldagem a laser - análises metalográficas. RGO, Rev Gaucha Odontol. 2013 abr-jun;61(2):221-6.

Pegoraro RA, Pegoraro LF, Valle AL, Bonfante G. Avaliação do desajuste marginal de retentores soldados e fundidos em um só bloco. Rev Fac Odontol Bauru. 2002 abr-jun;10(2):89-97.

Pereira LV. Estudo da densidade óptica e da resistência à flexão de três pontos em corpos-de-prova fundidos com a liga metálica High Bond® (Co-Cr), com secções vertical 90°, diagonal 45° e diagonal 22,5°, soldados pelas técnicas convencional e TIG [dissertação]. Araçatuba: Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Paulista; 2012.

Piveta ACG, Ricci WA, Montandon AAB, Nagle MM. Análise metalográfica do titânio puro submetido à soldagem laser Nd:YAG e TIG. Rev Odontol UNESP. 2013 jan-fev;42(1):1-6.

Rocha R, Pinheiro AL, Villaverde AB. Flexural strength of pure Ti, Ni-Cr and Co-Cr alloys submitted to Nd:YAG laser or TIG welding. Braz Dent J. 2006;17(1):20-3.

Schiffleger BE, Ziebert GJ, Dhuru VB, Brantley WA, Sigaroudi K. Comparison of accuracy of multiunit one-piece castings. J Prosthet Dent. 1985 Dec;54(6):770-6.

Shillingburg Junior H, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett SE. Fundamentos de prótese fixa. 3a ed. São Paulo: Santos; 1998.

Silva J. Avaliação da resistência flexural entre diferentes métodos de soldagem: chama direta - TIG - laser [dissertação]. Ribeirão Preto: Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo; 2007. 109p.

Silva JPL, Fernandes Neto AJ, Raposo LH, Novais VR, Araujo CA, Cavalcante LA, et al. Effect of plasma welding parameters on the flexural strength of Ti-6Al-4V alloy. Braz Dent J. 2012;23(6):686-691.

Silva TB, Arruda Nobilo MA, Pessanha Henriques GE, Mesquita MF, Guimaraes MB. Influence of laser-welding and electroerosion on passive fit of implant-supported prosthesis. Stomatologija. 2008;10(3):96-100.

Simamoto Júnior PC, Novais VR, Nóbilo MAA, Barbosa GAS. Influência do tipo de soldagem na qualidade da adaptação de infra-estrutura protética: análise por microscopia eletrônica de varredura. Arq Odontol. 2008;44(1):23-9.

Sjögren G, Andersson M, Bergman M. Laser welding of titanium in dentistry. Acta Odontol Scand. 1988 Aug;46(4):247-53.

Souza PCRD, Dinato JC, Beatrice CRS, Guastaldi AC, Bottino MA. Soldagem na odontologia: estudo de uniões soldadas empregando laser e brasagem. Rev Assoc Paul Cir Dent. 2000 nov-dez;54(6):470-5.

Souza PCRD, Dinato JC, Bottino MA, Guastaldi AC. Brazing and laser welding of a Ni-Cr alloy. Braz Dent Sci. 2000;3(2):7-16.

Srimaneepong V, Yoneyama T, Kobayashi E, Doi H, Hanawa T. Comparative study on torsional strength, ductility and fracture characteristics of laser-welded alpha+beta Ti-6Al-7Nb alloy, CP Titanium and Co-Cr alloy dental castings. *Dent Mater.* 2008 June;24(6):839-45.

Takayama Y, Nomoto R, Nakajima H, Ohkubo C. Effects of argon gas flow rate on laser-welding. *Dent Mater J.* 2012;31(2):316-26.

Torsello F, di Torresanto VM, Ercoli C, Cordaro L. Evaluation of the marginal precision of one-piece complete arch titanium frameworks fabricated using five different methods for implant-supported restorations. *Clin Oral Implants Res.* 2008 Aug;19(8):772-9.

Willis LM, Nicholls JI. Distortion in dental soldering as affected by gap distance. *J Prosthet Dent.* 1980 Mar;43(3):272-8.

Wiskott HW, Macheret F, Bussy F, Belser UC. Mechanical and elemental characterization of solder joints and welds using a gold-palladium alloy. *J Prosthet Dent.* 1997 June;77(6):607-16.