

# ANÁLISE COMPARATIVA DAS ALTERAÇÕES DIMENSIONAIS DE ÁREAS SOLDADAS

## COMPARATIVE EVALUATION OF DISTORTION ON JOINTS SOLDERED BY TWO METHODS

**Adilson Hideki UENO**

Doutor em Reabilitação Oral pela FOB - USP.

**Paulo Martins FERREIRA**

Doutor em Reabilitação Oral pela FOB - USP. Professor Doutor do Departamento de Prótese da FOB - USP. Master em Periodontia - Boston University.

**José Henrique RUBO**

Professor Doutor do Departamento de Prótese da FOB - USP.

O presente trabalho buscou avaliar a alteração dimensional em uma liga à base de Ni-Cr, provocada pelo processo de soldagem a arco elétrico com proteção de argônio (TIG), em comparação com os resultados obtidos a partir da técnica convencional a maçarico. Dez juntas foram soldadas de acordo com o método correspondente para cada processo e a mensuração das distorções causadas pelas duas técnicas de soldagem foi feita pela diferença entre o assentamento das peças antes e após a obtenção das juntas soldadas. Entre as duas técnicas de soldagem avaliadas, a solda TIG promoveu melhor assentamento da peça soldada quando comparado aos resultados obtidos com soldagem convencional a maçarico.

**UNITERMOS:** Prótese fixa; Soldagem; Ligas de NiCr.

## INTRODUÇÃO

As ligas metálicas vêm sendo utilizadas desde o início deste século nos trabalhos protéticos e restauradores em Odontologia. A partir da década de 70, houve o surgimento das chamadas ligas alternativas. Muitos passaram a se dedicar ao estudo dessas ligas, principalmente porque do ponto de vista comercial, surgia a possibilidade da diminuição dos custos de confecção dos trabalhos protéticos.

O crescimento do uso das ligas não nobres fez com que se buscasse um maior conhecimento dos fatores que geravam dificuldades no seu manuseio: menor peso específico<sup>5</sup>, baixa condutibilidade térmica<sup>16</sup>, compatibilidade com os revestimentos de fundição<sup>10</sup>, acabamento, polimento e soldagem<sup>5,23</sup> e compatibilidade com os diversos sistemas cerâmicos<sup>12</sup>.

BAGLEY<sup>1</sup>, em 1979, comentou que ainda haveria a necessidade de se desenvolver uma técnica de soldagem satisfatória para as ligas não nobres. Dentre os problemas associados à soldagem dessas ligas estão incluídos a oxidação das faces a serem

unidas pela solda, a porosidade na junta e o superaquecimento da junta durante processo de soldagem, sendo este último causado pelas altas temperaturas necessárias para que a solda flua e preencha todo espaço a ela destinado.

O estudo e o desenvolvimento da obtenção de juntas soldadas em Odontologia vem se aprimorando com a incorporação de conhecimentos de outras áreas como a mecânica<sup>22,13</sup>, a engenharia<sup>7</sup> e a metalurgia<sup>2,4,20</sup>. Esse intercâmbio tem possibilitado a incorporação de novas técnicas e equipamentos como alternativas à técnica convencional a maçarico.

Dentro desse rol de novas possibilidades, destacam-se as soldas a laser<sup>8</sup>, a infravermelho<sup>3,11</sup>, elétrica<sup>24</sup> e a solda a arco elétrico em atmosfera de gás inerte – TIG (Tungsten Inert Gas)<sup>19</sup>. Todos esses métodos apresentam vantagens em relação ao método convencional a maçarico no que diz respeito à resistência da junta soldada e vários estudos têm buscado quantificar as alterações dimensionais causadas por cada um desses métodos<sup>19</sup>.

De acordo com PHILLIPS<sup>14</sup>, as ligas com alto

conteúdo de níquel se caracterizam por dissolver quantidades consideráveis de gases formados durante a soldagem, produzindo porosidade nas juntas de solda. Nitrogênio, monóxido de carbono, dióxido de carbono e oxigênio são considerados os grandes responsáveis pela formação dessas porosidades.

Dessa forma, juntas livres de porosidades seriam obtidas através da escolha da técnica correta que não apresentasse a possibilidade dessa contaminação. Uma técnica recomendada pela American Welding Society para as ligas à base de níquel seria o arco elétrico com proteção de gás inerte (TIG – Tungsten Inert Gas)<sup>9</sup>.

O argônio, devido às suas características não reativas, é o responsável pela proteção contra a oxidação, isto é, impede que tanto a liga de solda quanto do metal a ser soldado entrem em contato com o oxigênio durante o processo de soldagem.

UENO<sup>18</sup>, em 1994, avaliou a resistência ao dobramento de juntas soldadas pelo método convencional a maçarico e o processo TIG. Os corpos de provas foram fundidos com uma liga à base de Ni-Cr e soldados com a liga de solda recomendada pelo fabricante e verificou que o arco elétrico com proteção de argônio produziu juntas que atingiram os maiores valores, provavelmente como resultado de uma quase que total ausência de porosidades e inclusões. As juntas soldadas pelo processo TIG também apresentaram uma menor variabilidade nos resultados, indicando uma maior confiabilidade do método. Dessa maneira, o autor pôde relacionar a qualidade das juntas soldadas pelo processo TIG com a proteção que o gás inerte, no caso o argônio teria propiciado, impedindo a oxidação dos metais durante a soldagem.

## PROPOSIÇÃO

O trabalho tem por objetivo avaliar as alterações dimensionais provocadas pelo processo de soldagem a arco elétrico com proteção de argônio e comparar os resultados com os obtidos a partir da técnica convencional a maçarico, utilizando-se uma liga à base de Ni-Cr (Verabond 2). Para isso, dois grupos experimentais foram idealizados:

Grupo I: junta em corte vertical com faces paralelas e soldagem convencional a maçarico.

Grupo II: junta em corte vertical com faces paralelas e soldagem a arco elétrico com proteção de argônio – processo TIG.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Levando-se em consideração a aplicação clínica que têm esses processos, a análise foi feita utilizando-se corpos de provas semelhantes a próteses fixas com dois pilares e uma barra cilíndrica na região do pântico.

Para permitir uma padronização, os corpos de provas foram confeccionados a partir de um dispositivo metálico, composto de dois pilares simulando dentes preparados para coroas totais (Figura 1). Esse mesmo dispositivo também serviu para a fixação das peças a serem soldadas pelos dois métodos e para as medidas de alteração dimensional antes e após a soldagem.



FIGURA 1- Dispositivo de ensaios

Foram então confeccionados, sobre o dispositivo, os padrões de resina acrílica para a obtenção dos corpos de provas fundidos. Sobre esses casquetes era fixado um cilindro de acrílico com 4,0 mm de diâmetro e 25,0 mm de comprimento. O cilindro também era unido aos casquetes com resina acrílica e seccionado em seu ponto central com um disco diamantado com a espessura conhecida de 0,20 mm (Figura 2).

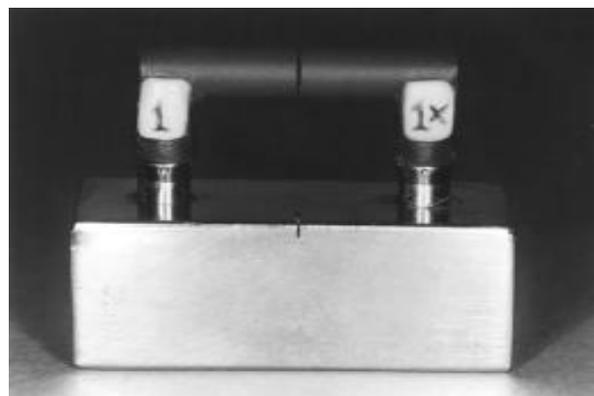


FIGURA 2- Padrões de reserva acrílica

Era então feita a inclusão em revestimento e respectivo aquecimento do conjunto. Após a fundição, os corpos de provas eram adaptados aos respectivos pilares e procedia-se a primeira leitura de desadaptação dos casquetes fundidos (Figuras 3a e 3b) no microscópio comparador. Feita a leitura, os corpos de provas eram posicionados sobre o dispositivo metálico e fixados em posição para soldagem utilizando-se resina acrílica Duralay.

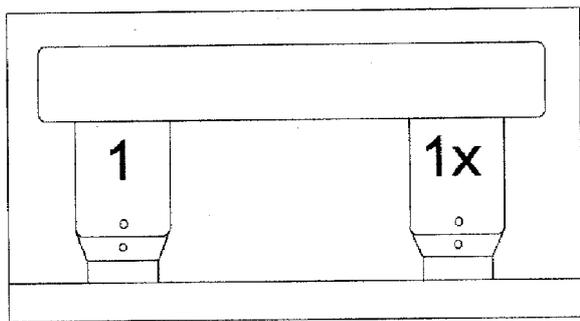


FIGURA 3a- Marcações circulares feitas nos casquetes e nos munhões protéticos

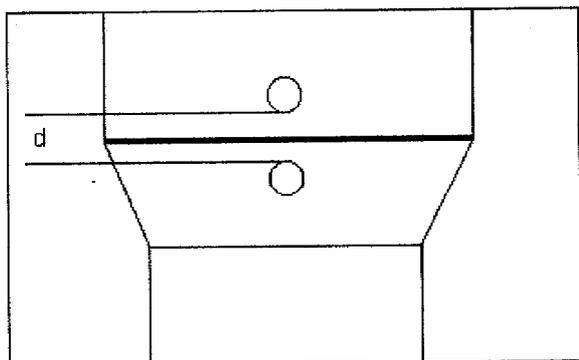


FIGURA 3b- Medida da distância entre as bordas das marcações

Na inclusão para soldagem das peças do grupo I – (técnica com maçarico) foi usado revestimento para alta fusão (termocast) manipulado com água destilada numa proporção de 6ml de água para 40g de pó. Dez blocos de revestimento contendo os corpos de provas a serem soldados foram colocados em um forno para anéis e aquecidos até 940°C. A soldagem foi realizada segundo a técnica convencional com um maçarico para solda (Draeger – Labor Dental – São Paulo) com um orifício de 1,0 mm de diâmetro. De acordo com as orientações do fabricante, a mistura butano-propano/oxigênio foi regulada para 11 lb/pol<sup>2</sup> e 17 lb/pol<sup>2</sup> respectivamente.

Os corpos de provas do grupo II (TIG), foram

incluídos da mesma forma que os do grupo de soldagem a maçarico, só diferindo pelo fato do revestimento ter sido manipulado com 100% de líquido especial à base de sílica coloidal. A soldagem a arco elétrico foi realizada com um aparelho de solda “TIG” (Tungsten Inert Gas) modelo SOLTIG 350 Ac/Dc (White Martins – São Paulo) regulada para trabalhar em baixa corrente alternada, a 5 amperes, determinando a formação de um arco de aproximadamente 7,0 mm. Para isso, o aparelho foi montado com um eletrodo de tungstênio de 1/16” centralizado no interior de um bocal cerâmico de 4,0mm de diâmetro, por onde se dava a vazão de gás argônio. O tempo de pré-fluxo e pós-fluxo de argônio foi estipulado para 2,0 segundos.

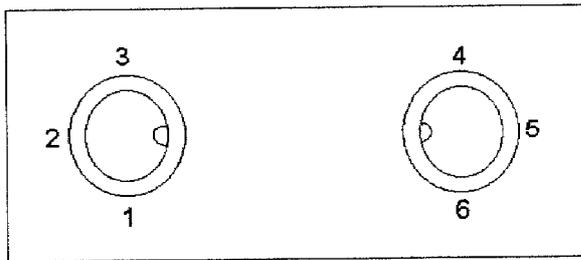


FIGURA 4- Eletrodo posicionado para soldagem pelo processo TIG

Os corpos de provas devidamente incluídos nos blocos de revestimento de acordo com a técnica já descrita eram aquecidos em um forno de anéis até atingir a temperatura de 980°C e assim permaneciam até o momento de serem soldados. A mesa de solda para o processo TIG consistia de uma plataforma de alumínio com 0,5 m<sup>2</sup> onde era conectado o pólo positivo. O pólo negativo era conectado ao eletrodo de tungstênio da máquina de solda TIG.

Cada bloco de revestimento contendo um conjunto a ser soldado era retirado do forno e levado à plataforma de soldagem. Pelo fato do revestimento não ser condutor, era usado um fio de aço com 20 cm de comprimento e 2,0 mm de diâmetro para conectar as partes a serem soldadas à plataforma metálica e conseqüentemente ao pólo positivo da máquina de solda (Figura 4).

Todas as peças soldadas pelos dois métodos, sofriam um resfriamento natural até a temperatura ambiente. Após o resfriamento, era feita a



**FIGURA 5-** Numeração das faces visualizadas durante as leituras de desajuste cervical

desinclusão das peças da maneira convencional e uma limpeza com jatos de óxido de alumínio de 50 mm a 80 lb/pol<sup>2</sup>. As peças eram então assentadas no dispositivo de medições e levadas ao microscópio para as medições pós-soldagem.

A avaliação da alteração dimensional das juntas soldadas foi feita pela comparação da desadaptação dos casquetes metálicos nos pilares antes e após a soldagem através de marcas estrategicamente posicionadas tanto nos casquetes quanto no dispositivo metálico (fig 3a e 3b). Para tanto, foram feitas marcações circulares com uma broca esférica ½ em alta rotação, que era introduzida até aproximadamente metade do diâmetro da sua ponta ativa a aproximadamente 0,5 mm da margem do ombro, nos três quadrantes onde havia um acesso direto para as leituras no microscópio. Esses pontos foram numerados de um a seis, de acordo com a sua posição, sendo marcados no sentido horário a partir da face frontal do pilar esquerdo (Figura 5).

## RESULTADOS

As diferenças entre as medidas iniciais antes e após soldagem, para os dois grupos, encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Os resultados foram submetidos a análise estatística, tendo-se observado diferenças estatisticamente significantes entre as medidas de desadaptação causadas pelos dois métodos, para todos os locais de mensuração, com exceção do local 5, como demonstra a Tabela 3

As evidências de um melhor assentamento dos corpos de prova soldados pelo processo TIG manifestam se inclusive pelos valores negativos nas médias de desadaptação obtidas nos locais de mensuração de números 1, 2 e 3 (Gráfico 1).

## DISCUSSÃO

Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos com a finalidade de obtenção de juntas mais resistentes e mais precisas. Todos os métodos propostos visam conseguir resultados melhores em relação àquele que tem sido usado desde os primórdios da história da prótese fixa, que é a soldagem a maçarico.

Entretanto, surge um impasse quanto a aplicação dessas técnicas e mesmo o custo de alguns equipamentos torna-se impraticável para a maioria dos profissionais que trabalham na confecção dessas próteses, muito embora os resultados sejam nitidamente superiores quando comparados com a solda convencional.

Foi com essa preocupação que se buscou, através desse trabalho, avaliar o método de soldagem a arco elétrico com proteção de gás inerte (TIG) na soldagem (TIG) de próteses fixas. De acordo com PHILLIPS<sup>14</sup> a solda TIG seria indicada para a soldagem de ligas com alto teor de níquel, em função do controle da oxidação e da geração e aplicação de calor. Além disso, o custo do equipamento representa algo em torno de 10% do valor de um equipamento de soldagem a laser.

Uma vez que a resistência das juntas obtidas pelo processo TIG já tenha sido verificada em um estudo anterior por UENO<sup>18</sup> em 1994, havia a necessidade de avaliar, pela mesma técnica, a precisão das peças soldadas. Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que a adaptação das peças unidas pela solda TIG foi compatível com a obtida nos trabalhos realizados para as outras técnicas alternativas ao maçarico.

Entretanto, seria errado afirmar que a solda TIG gera um menor grau de distorção durante o processo. Na realidade, o que se pôde notar na fase inicial do trabalho, é que a solda TIG promove uma maior contração da solda quando comparada ao maçarico, fato esse que foi controlado pela manipulação do revestimento com 100% do líquido especial, uma solução baseada no trabalho de THOUPOS et al.<sup>15</sup>, em 1995.

Trabalhos como os de WILLIS; NICHOLLS<sup>21</sup>, em 1980, já previam esse tipo de compensação, uma vez que todas as juntas soldadas costumam apresentar uma tendência a contração pela solidificação da liga de solda.

Nossos resultados com a adição de líquido especial à base de sílica coloidal na manipulação do revestimento fosfatado visando uma maior expansão de presa foram também comprovadas pelos trabalhos de LEWIS et al.<sup>10</sup>, em 1977. Da

TABELA 1- Diferença entre os valores (em milímetros) da desadaptação pós/pré solda para o Grupo solda a maçarico

Face Corpo de Prova	1	2	3	4	5	6
1	0,354	0,374	0,448	0,429	0,410	0,386
2	0,020	0,115	0,064	0,019	0,009	0,024
3	0,162	0,226	0,217	0,111	0,067	0,099
4	0,040	0,102	0,126	0,040	0,046	0,064
5	0,091	0,108	0,120	0,046	0,028	0,073
6	0,071	0,118	0,146	-0,012	-0,011	0,018
7	0,327	0,380	0,424	0,286	0,237	0,277
8	0,093	0,136	0,144	0,105	0,120	0,137
9	0,037	0,081	0,107	0,083	0,043	0,079
10	0,102	0,136	0,166	0,070	0,134	0,165
—						
X	0,129	0,177	0,196	0,117	0,108	0,132
Dp	0,118	0,111	0,132	0,136	0,128	0,117
Mín	0,020	0,081	0,064	-0,012	-0,011	0,018
Max	0,354	0,380	0,448	0,429	0,410	0,386

TABELA 2- Diferença entre os valores (em milímetros) da desadaptação pós/pré solda para o Grupo solda TIG

Face Corpo de Prova	1	2	3	4	5	6
1	-0,043	-0,020	0,026	-0,009	0,017	0,061
2	-0,004	0,034	0,060	-0,012	-0,009	-0,010
3	-0,025	0,017	-0,021	0,023	0,032	0,020
4	0,019	0,019	-0,001	0,015	0,006	0,028
5	0,010	-0,021	0,022	0,003	0,010	0,012
6	-0,006	0,008	-0,010	0,007	0,018	0,013
7	0,048	0,010	0,004	0,018	0,020	0,018
8	0,037	-0,009	-0,045	0,020	0,066	0,045
9	-0,032	-0,022	-0,019	0,011	0,098	-0,022
10	-0,020	-0,036	-0,051	0,005	-0,016	0,031
—						
X	-0,001	-0,002	-0,003	0,008	0,024	0,019
Dp	0,029	0,022	0,033	0,011	0,034	0,024
Mín	-0,043	-0,036	-0,051	-0,012	-0,016	-0,022
Max	0,048	0,034	0,060	0,023	0,098	0,061

mesma forma, a influência da variação na concentração de líquido especial, determinando uma expansão do revestimento na razão direta da

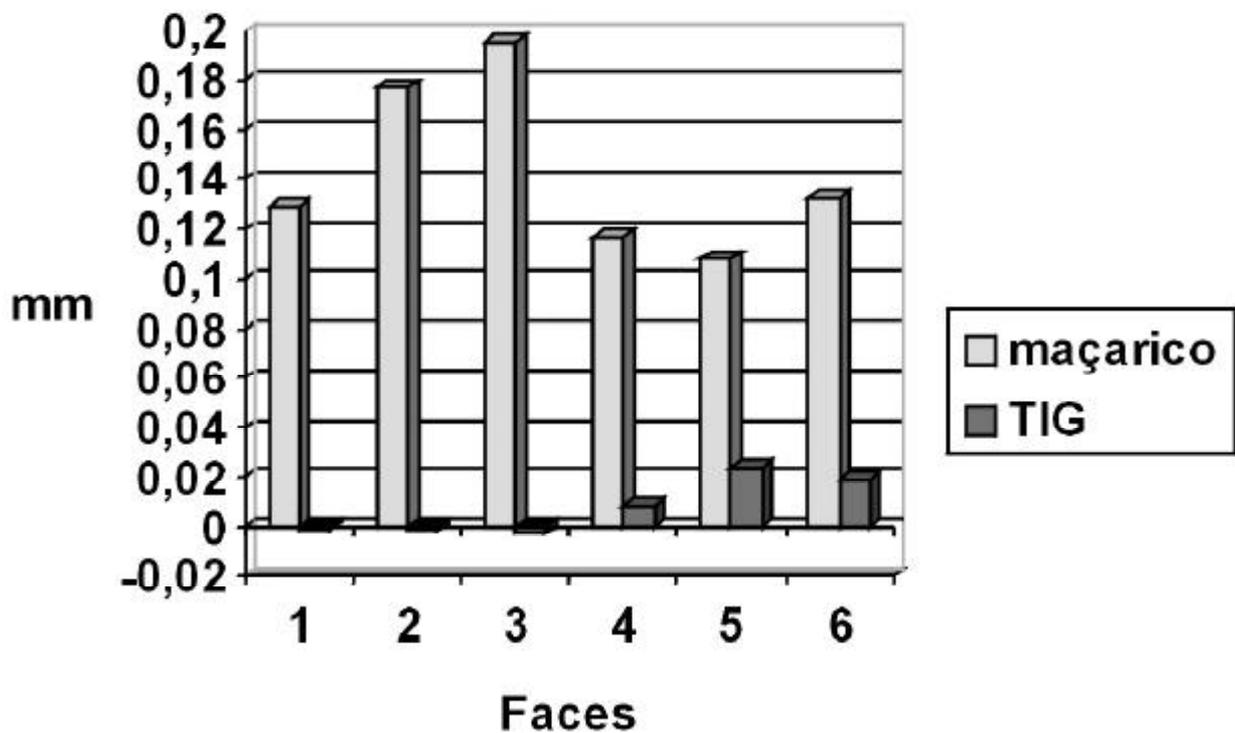
quantidade de líquido especial foi verificada por GARLAPO et al.<sup>6</sup>, em 1983.

**TABELA 3-** Teste "t" para comparação entre a solda a maçarico e a solda TIG nos 6 locais analisados

Local	Convencional		TIG		"t"	p
	x -	dp	x -	dp		
1	0,1297*	0,1183*	-0,0016*	0,0299*	3,402*	0,003*
2	0,1776*	0,1119*	-0,0020*	0,0226*	4,974*	0,0001*
3	0,1962*	0,1325*	-0,0035*	0,0336*	4,619*	0,002*
4	0,1322*	0,1170*	0,0196*	0,0241*	2,979*	0,008*
5	0,1083	0,1285	0,0242	0,0343	1,998	0,061
6	0,1177*	0,1360*	0,0081*	0,0117*	2,537*	0,020*

\*diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ )

\*\* nível de significância 5%



**GRÁFICO 1-** Comparação da desadaptação pós-soldagem dos grupos solda a maçarico e solda TIG

## CONCLUSÕES

Através dos métodos utilizados, condições experimentais empregadas descritas e de acordo com os resultados obtidos neste estudo entendemos poder concluir que:

1. Entre as duas técnicas de soldagem avaliadas, a solda pela técnica TIG apresentou maior contração da junta e conseqüentemente uma maior alteração dimensional quando comparada com o método convencional a maçarico.

2. A solda pela técnica, TIG permite um melhor assentamento da peça soldada quando comparados

os seus resultados com os da soldagem convencional a maçarico, desde que a quantidade de líquido especial utilizado na manipulação do revestimento para a soldagem seja de 100%.

3. A solda pela técnica, TIG, desde que utilizada da maneira descrita, pode produzir juntas soldadas com uma precisão satisfatória.

## ABSTRACT

The present study was performed to evaluate the dimensional changes caused by the soldering process

using a Tungsten inert gas welding (TIG) and comparing the results with those obtained with the conventional soldering technique. One nickel-chromium have been used, alloy for the samples. Ten joints were soldered according to correspondent method for each soldering process and the measurement of distortions caused by the techniques was performed using the differences between sitting of copings before and after the soldering process. TIG process showed a better sitting of the piece when compared to the conventional blow-torch soldering.

UNITERMS: Partial dentures; Soldering; NiCr alloys.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- BAGLEY, J.L. State of the industry: part I. Survey on materials. **Dent. Lab.**, v.54, n.1, p.16-22, Jan. 1979.
- 2- BARAN, G.R. The metallurgy of Ni-Cr alloys for fixed prosthodontics. **J. prosth. Dent.**, v.50, n.5, p. 639-50, Nov. 1983.
- 3- CARLBERG, T.; WICTORTIN, L. Soldering of dental alloys under vacuum by IR-heating. **Dent. Mat.**, v.2, n.6, p. 279-83, Dec. 1986.
- 4- CHENG, A. C, et al. Investigation of stiffness and microstructure of joints soldered with gas-oxygen torch and infrared methods. **J. prosth. Dent.** v.72, n.1, p. 8-15, July 1994.
- 5- DUNCANSON, M.G. Non previous metal alloys for fixed restorative dentistry. **Dent. Clin. N. Amer.**, v.20, n.2, p. 423-33, Apr. 1976.
- 6- GARLAPO, D. A., et al. Spacial changes occurring in fixed partial dentures made as one piece castings. **J. prosth. Dent.**, v.49, p. 781-5, 1983.
- 7- HAWBOLT, E.B.; MCENTEE, M.I. Effects of fatigue on a soldered base metal alloy. **J. dent. Res.**, v.62, n.12, p. 1226-8, Dec. 1983.
- 8- HULING, J. S.; CLARK, R. E. **J. dent. Res.**, v.56, n.2, p.128-34, Feb. 1977.
- 9- KEARNS, W.H., ed. Metals and their weldability. In: \_\_\_\_\_ **Weldinghandbook**. 7 ed. Miami, American Welding Society, s.d., v.4.
- 10- LEWIS, A.J. et al. The influence of the refractory investment on the development of porosity in cast structures. **Aust. dent. J.**, v.22, n.6, p. 455-7, Dec. 1977.
- 11- LIMA VERDE, M. A. R.; STEIN, R. S. Evaluation of soldered connectors of two base metal ceramic alloys, **J. prosth. Dent.**, v.71, n.4, p.339-44, Apr. 1994.
- 12- MUNFORD, G.; RIDGE, A. Dental porcelain. **Dent. Clin. N. Amer.**, v.15, n. 1, p.33-42, Jan. 1971.
- 13- PERDIGON, G.J.; VAN EEPOEL, E.F. Minimizing solder joint warpage in fixed partial denture construction. **J. prosth. Dent.**, v.7, n.2, p. 244-9, Mar. 1957.
- 14- PHILLIPS, A.A., ED. Fundamentals of welding. In: \_\_\_\_\_ **Weldinghandbook**. 6. ed. Miami, American Welding Society, s.d. Cap. 1.
- 15- THOUPOS, G. A, et al. Connecting implant framework segments. **Implant Dent.**, v.4, p.97-9, 1995.
- 16- TOWNSEND, L. W. A., et al. Soldering nonnoble alloys. **J. prosth. Dent.**, v.50, n.1, p. 51-3, July 1983.
- 17- TYLMAN, S.D. **Theory and practice of crown and fixed partial prosthodontics**. 6. ed. Saint Louis, Mosby, 1970.
- 18- UENO, A. H. **Avaliação da resistência ao dobramento de juntas soldadas por dois métodos: arco elétrico em atmosfera de argônio e convencional a maçarico, em liga de metal não nobre à base de NiCr**. Bauru, 1994, 124p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo.
- 19- WANG, R. R.; WELSCH, G. E. Joining titanium materials with tungsten inert gas welding, laser welding, and infrared brazing. **J. prosth. Dent.**, v.74, n.5, p.521-30, 1995.
- 20- WICTORIN, L.; FREDRIKSSON, H. Microstructure of the solder-casting zone in bridge of dental gold alloys. **Odont. Rev.**, v.27, n.3, p. 187-96, 1976.
- 21- WILLIS, L. M.; NICHOLLS, J. I. Distortion in dental soldering as affected by gap distance. **J. prosth. Dent.**, v. 43, p.272-8, 1980.
- 22- WISKOTT, H. W. A., et al. Fatigue resistance of soldered joints. A methodological study. **Dent. Mater.**, v.10, n. 3, p. 215-20, May 1995
- 23- YOUNG, A. C. The technic of soldering. **Dent. Rays**, v.14, p.39-42, 1939.
- 24- ZOIDS, P. C., et al. The effect of soldering, electrowelding, and cast-to procedures on the accuracy of fit of cast implant bars. **Impl. Dent.**, v.5, n.3, p.163-8, 1996.

Endereço para correspondência:  
Faculdade de Odontologia de Bauru  
Departamento de Prótese  
Vila Universitária  
Al. Octávio Pinheiro Brisola, 9-75  
17012-901 BAURU S.P.