

**PROPRIEDADES MECÂNICAS E DISTORÇÕES DE PRÓTESES DENTÁRIAS TIPO BRANENMARK  
CONFECCIONADAS COM SOLDAGEM TIG AUTÓGENA**  
**MECHANICAL PROPERTIES AND DISTORTIONS OF BRANENMARK DENTAL PROSTHESES  
MADE WITH AUTOGENOUS TIG WELDING**

Josivan Lopes de Moraes Júnior<sup>1</sup>

Francisco Edson Nogueira Fraga<sup>2</sup>

<sup>[1]</sup> Universidade Federal Rural do Semiárido; josivan.junior70498@alunos.ufersa.edu.br

<sup>[2]</sup> Universidade Federal Rural do Semiárido; nfraga@ufersa.edu.br

**RESUMO**

Próteses dentárias fixas do tipo Branemark estão sendo cada vez mais utilizadas na odontologia pelos seus benefícios em seus pacientes, no que diz respeito tanto à qualidade de vida proporcionada pela prótese fixa, quanto pela autoestima. As metodologias para baratear e tornar próteses fixas mais acessíveis à população estão atreladas à diminuição do preço de confecção, sendo o método de confecção por conformação e soldagem TIG do Titânio F67, um dos mais baratos, mas que ainda não possui uma metodologia clara e disseminada. Sendo assim, a análise desses processos, com relação a solda TIG em titânio, foi feita e averiguada numa situação crítica de mastigação, utilizando parâmetros diferentes, para averiguar se essas próteses possuem a resistência necessária para essa aplicação, utilizando ensaio destrutivo de tração, além de averiguar se a reprodutibilidade das propriedades mecânicas realmente acontece na prática. Também foi realizada uma medição de distorção da junta soldada, pois entende-se que para aplicação em prótese dentária, distorções elevadas podem significar a perda do material, ou até mesmo causar dor ao paciente. Para as três análises as respostas foram positivas, tanto na situação crítica de mastigação, quanto na replicabilidade, analisada por métodos estatísticos de amostras e averiguação de distorções da junta soldada.

**Palavras-chave:** Próteses dentárias; Titânio F67; Solda TIG; ensaio de tração; distorção.

**ABSTRACT**

Branemark type fixed dental prostheses are being increasingly used in dentistry for their benefits in their patients, regarding both the quality of life provided by the fixed prosthesis, and the self-esteem. The methodologies to make fixed prosthesis cheaper and more accessible to the population are related to the decrease of the manufacturing price, being the manufacturing method by conformation and welding TIG of titanium F67 one of the cheapest, but that still does not have a clear and disseminated methodology. Thus, the analysis of these processes, regarding TIG welding in titanium, was done and verified in a critical situation of mastication, using different parameters, to check if these prostheses have the necessary strength for this application, using destructive traction test, besides checking if the reproducibility of the mechanical properties really happens in practice. A distortion measurement of the welded joint was also performed, because it is understood that for application in dental prosthesis, high distortions can mean the loss of the material, or even cause pain to the patient. For the three analyses, the answers were positive, both in the critical situation of mastication, and in the replicability, analyzed by statistical methods of samples and investigation of distortions in the welded joint.

**Keywords:** Dental prosthesis; Titanium F67; TIG welding; tensile testing; distortion

---

**1. INTRODUÇÃO**

Segundo Calvani [1], existe uma crescente procura por próteses dentárias permanentes, por conta de suas vantagens em relação a próteses removíveis. No entanto, as próteses permanentes protocolo clássica desenvolvida por Branemark [2] possui um valor alto, em comparação com outros métodos de próteses *overdenture* (removível),

justamente pela sua técnica de fabricação mais complexa, que exige várias etapas, sendo uma delas a confecção da prótese em si, por meio de uma fresadora automática. Uma alternativa para baratear o processo de fabricação e torná-la mais acessível à população é a confecção por meio da conformação e soldagem do material de base, titânio.

A confecção dessas próteses a partir da soldagem de diversas partes, e não a partir de um bloco de material de base (como nas fresadoras), faz com que o processo de fabricação das próteses permanentes tipo protocolo seja barateado, por conta do menor gasto de material, além do custo de investimento da máquina fresadora que é bem mais cara que uma máquina de solda. No entanto, esta técnica ainda é relativamente nova e não existe na bibliografia quais devem ser os parâmetros e procedimentos de soldagem utilizados para realização desses processos para obtenção das próteses soldadas, notadamente para se obter uniões soldadas com a necessária resistência mecânica e garantindo as tolerâncias de forma requeridas para este elemento.

Em experiência anterior, quando da realização do trabalho intitulado “Procedimento de ensaio para juntas soldadas em barras de titânio tipo Protocolo Branemark” [3], cujo objetivo foi criar um procedimento para ensaiar juntas soldadas para a aplicação das próteses dentárias, os autores constataram uma escassez de trabalhos tratando da soldagem juntas de liga de titânio para a aplicação na produção de próteses tipo protocolo.

Além disso, segundo Rocha [4], o implante possui hastes inclinadas para diminuir o momento na estrutura em balanço da prótese dentária e, em caso de não conformidade com a angulação das hastes implantadas no paciente, o procedimento, para ajuste em caso de não conformidade da peça fabricada, é feito a partir do próprio paciente, que irá informar se está sentindo algum desconforto. Dessa forma, um procedimento padrão de soldagem poderia ser proposto para alcançar propriedades geométricas do implante de maneira a melhorar a eficácia da fabricação, prevenindo possíveis erros do operador.

De modo que, no presente trabalho, se propõe contribuir com um estudo experimental sobre a obtenção de próteses protocolo permanente por soldagem de ligas de Titânio ASTM F67 com o processo TIG autógeno, estudando a influência que a corrente possui na resistência da junta soldada, para que se obtenha as propriedades mecânicas para a aplicação requerida destes componentes.

## 2. REVISÃO TEÓRICA

### 2.1. Titânio ASTM F67

A Norma da *American Society for Testing and Materials* ASTM F67 – “*Standard Specification for Unalloyed Titanium, for Surgical Implant Applications*” [5] caracteriza química, mecânica e metalurgicamente o titânio puro forjado a ser utilizado na manufatura de implantes cirúrgicos. Nessa Norma o titânio comercialmente puro é dividido em quatro graus de pureza, que varia de 98 a 99,5% de pureza como disposto na Tabela 1.

Tabela 1: Composição dos graus de Titânio F67. [5] (adaptado).

| Elemento         | Composição, % (massa/massa) |                      |                      |                      |
|------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                  | Grau 1<br>UNS R50250        | Grau 2<br>UNS R50400 | Grau 3<br>UNS R50550 | Grau 4<br>UNS R50700 |
| Nitrogênio, máx. | 0,03                        | 0,03                 | 0,05                 | 0,05                 |
| Carbono, máx.    | 0,08                        | 0,08                 | 0,08                 | 0,08                 |
| Hidrogênio, máx. | 0,015                       | 0,015                | 0,015                | 0,015                |
| Ferro, máx.      | 0,20                        | 0,30                 | 0,30                 | 0,50                 |
| Oxigênio, máx.   | 0,18                        | 0,25                 | 0,35                 | 0,40                 |
| Titânio          | Restante                    | Restante             | Restante             | Restante             |

Como se pode observar, a pureza do titânio comercialmente puro (cp), é dado pelo máximo teor de impurezas aceitos, como nitrogênio, carbono, hidrogênio, ferro e oxigênio, e a partir dessas impurezas, diferentes propriedades do material são esperadas. Por exemplo, segundo Callister [6], inclusões de nitrogênio aumentam a dureza e a resistência ao desgaste do material e, portanto, o Titânio F67 Grau 4 é o mais duro dentre os quatro e o que possui maior resistência ao atrito, enquanto que o Grau 1 possui uma maior ductibilidade. Segundo a Sandinox, empresa fornecedora de titânio para aplicações odontológicas desde 1985, os titânios mais utilizados para essa finalidade são o de Grau 2 e Grau 4, dentre estes, o Grau 4 é o mais utilizado para próteses por possuir uma maior resistência a tração, bem como os outros graus, inerte a corrosão causada por fluidos humanos.

## **2.2. Soldagem TIG autógena**

Dentre as possibilidades para confecção de próteses dentárias, vários autores como Berg et. al [7], Wang e Welsch [8], Roggensack et. al [9], realizaram experimentos relacionadas a soldagem de titânio para aplicações em próteses, comparando tipos de soldagem que trouxessem melhores resultados de resistência mecânica para tais aplicações, os três estudaram principalmente a soldagem a laser, no entanto, Wang e Welsch [7] incluíram a soldagem sob proteção de gás inerte em suas comparações e, segundo os autores, que realizaram teste de dureza Vickers e de tração, constataram que a resistência foi maior para as hastes soldadas sob gás inerte, seguidas pelas hastes soldadas a laser e brasagem.

Neo et al. [10], Morais Júnior e Fraga [3], realizaram experimentos relacionados as propriedades da junta soldada de titânio com soldagem a laser e com TIG e compararam com o material base. Os corpos de prova soldados a arco de tungstênio obtiveram resultados melhores de força de rendimento e módulo de elasticidade quando comparados com o material de base e com solda a laser, mas a resistência a flexão dos espécimes de grupo de controle (sem solda) foram superiores ao soldado por arco elétrico de tungstênio, que por sua vez se saiu melhor que a soldagem a laser.

De forma objetiva, trabalhos anteriores comprovaram a eficácia da soldagem TIG para aplicações em próteses dentárias e, além de melhores propriedades mecânicas, a máquina inversora TIG, mesmo as construídas para essa aplicação específica, possuem custo muito inferior quando comparado com todo equipamento utilizado para realização de soldagem laser.

## **2.3 Energia de soldagem**

O processo de soldagem por TIG pode ser tanto feita com corrente contínua quanto corrente alternada, sendo esse possuindo duas polaridades, polaridade direta (CC-), quando os elétrons no arco fluem do polo negativo no eletrodo para o polo positivo que está na peça, e polaridade inversa (CC+), quando acontece o oposto com relação ao caminho percorrido pelos elétrons [11].

Cada polaridade tem suas próprias características. Segundo Brito [11], a polaridade direta faz com que os cordões sejam mais profundos e estreitos, além de uma maior velocidade e menor distorção no metal base, menos concentradores de forças, menor fissurações a quente, quando comparado com a polaridade inversa, sendo o calor maior gerado na peça em comparação com a temperatura do eletrodo. Por outro lado, a polaridade inversa, utilizada em casos especiais, o calor se concentra mais no eletrodo de Tungstênio e proporciona uma soldagem larga e com baixa profundidade.

Dessa forma, o mais indicado para soldagem TIG em titânio seria com a polaridade direta (CC-), buscando o maior aquecimento da poça de fusão, já que não haverá material de adição, e também para garantir a menor distorção possível, tendo em vista que para aplicações em próteses a tolerância de forma é extremamente requisitada.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

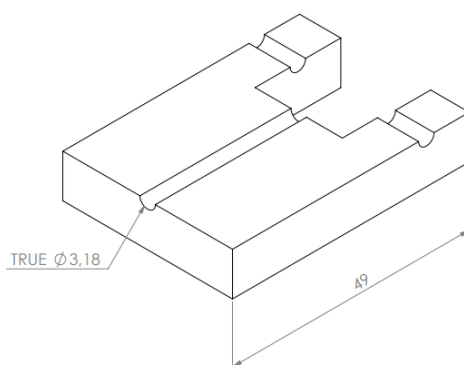
#### 3.1. Soldagem dos Corpos de Prova

A metodologia de confecção de corpos de provas, bem como a metodologia de testes de tração para os mesmos seguirá a mesma de Moraes Júnior e Fraga [3], que soldaram os corpos de prova em “T”, pois seria o mais aproximado de uma situação de extrema necessidade de resistência, tendo em vista que as próteses possuem partes em balanço (*cantiléver*) em suas extremidades, e esses são lugares de interesse já que é onde ocorre a mastigação e a maior probabilidade de rompimento, justamente pela porção em balanço da prótese.

Todos os corpos de provas foram confeccionados em uma máquina de solda Máquina TIG A/ F WSE250 AC/DC 220v, da marca WW Soldas, que possui alta frequência, isto é, não necessita haver toque entre os eletrodos para abrir arco elétrico, e o eletrodo de tungstênio afiado como ponta de lápis.

Foram confeccionados 10 corpos de provas, sendo 5 corpos de provas confeccionados a 20A de corrente, e 5 corpos de prova confeccionados a 30 A. Além disso, para garantir que os corpos de provas foram confeccionados da forma mais precisa, foi utilizado um gabarito para colocar as hastes próximas uma da outra, como demonstrado na Figura 1. Esses mesmos corpos de prova possuem dimensões de 3,18mm de diâmetro em suas hastes, com comprimento de 25mm na haste menor e 80mm na haste maior, como presente na Figura 2. Os CP's não passaram por nenhuma espécie de tratamento após as soldagens.

Figura 1: Gabarito para soldagem dos CP's.



Fonte: Autoria Própria (2022).

#### 3.2 Ensaio Mecânico de Tração

A metodologia de ensaio desenvolvida pelos autores também será aproveitada, já que em seus experimentos os corpos de prova alcançaram os resultados esperados. Esse ensaio consiste na utilização de uma luva que proporciona à máquina de tração a possibilidade de realizar tração pura em uma junta “T”, o que não seria possível utilizando as garras convencionais de uma máquina de ensaio de tração. Os ensaios de tração foram realizados no laboratório de ensaios da UFERSA, com o auxílio de um técnico, o qual configurou a máquina para uma velocidade de ensaio de 3mm/min. Outro dado importante para ressaltar é quanto de comprimento útil foi deixado utilizado na máquina de

ensaios, já que a garra superior necessita de uma área de contato razoável para não haver escorregamentos, e por isso, foi deixado 40mm de comprimento útil no ensaio, que é o comprimento do corpo de prova entre as garras da máquina de ensaio de tração, enquanto 40mm foi utilizado para ser segurado pela garra, como disposto na Figura 2 a) e 2 b).

Figura 2: Corpo de prova em escala; corpo de prova com comprimento útil na máquina de ensaio.



Fonte: Autoria própria (2022).

Pode se observar pela Figura 2 b) que a garra, tanto superior quanto inferior, foram ajustadas, por rotação, para que houvesse apenas tração pura, isto é, sem deflexões do corpo de prova, visando o melhor resultado possível para o ensaio de tração.

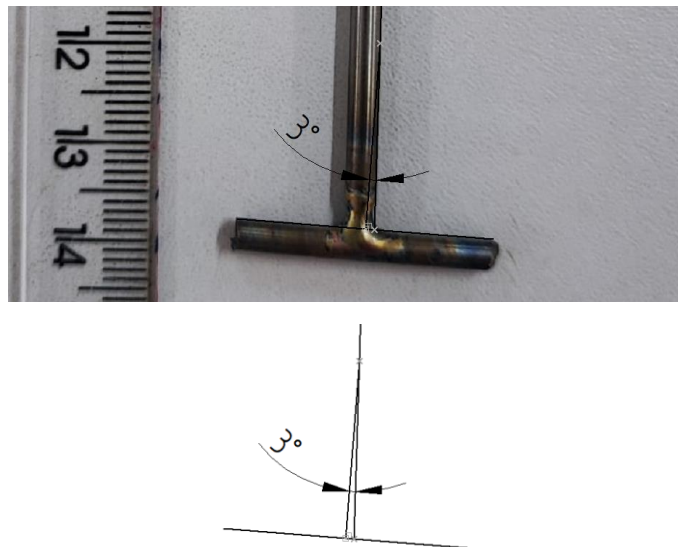
### 3.3. Análise Estatística para Reprodutibilidade

Após os ensaios e obtenção dos resultados, foi feita uma análise estatística, para averiguar a precisão dos dados obtidos e, dentro das condições apresentadas nesse trabalho, se a reprodutibilidade desses resultados será de fato preservada, com um número de corpos de provas relativamente baixas, já que foram confeccionados apenas 5 para cada parâmetro.

### 3.4. Medição de Distorção da Junta Soldada

Também foram analisadas as distorções na junta soldada com auxílio de uma ferramenta CAD, onde foram traçadas retas por cima das imagens dos corpos de prova, e retas ortogonais a esta para medir a distância, em graus, de uma reta e outra, como demonstrado pela Figura 3. Em todos os corpos de prova foram feitas essas medições, para que se pudesse avaliar quais efeitos dos parâmetros de soldagem teriam em provocar distorções ou se até mesmo não há efeito prático na distorção a utilização de correntes entre 20 e 30A.

Figura 3: Medição de distorção na junta soldada em um corpo de prova realizada em CAD.



Fonte: Autoria Própria (2022).

Como se pode ver pela Figura 3, foram feitas medições sem casas decimais, devido à escolha do método de medição por software, por isso, para diminuir as incertezas de medições, todos os resultados foram arredondados sem casas decimais.

### 3.5. Materiais

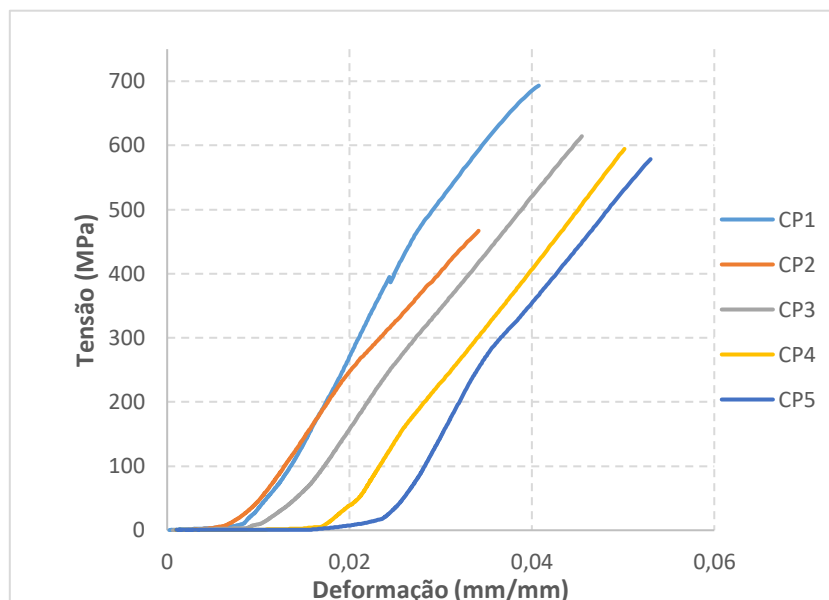
Foi utilizado para confecção dos corpos de prova o Titânio ASTM F67 Grau 4, com o formato em “T”, sendo a haste menor com comprimento de 25,4mm e o maior com 80mm, ambos com 3,18mm de diâmetro.

Para a máquina de solda foi utilizado um eletrodo de tungstênio afiado tipo ponta de lápis, com angulação aproximada de 60°.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

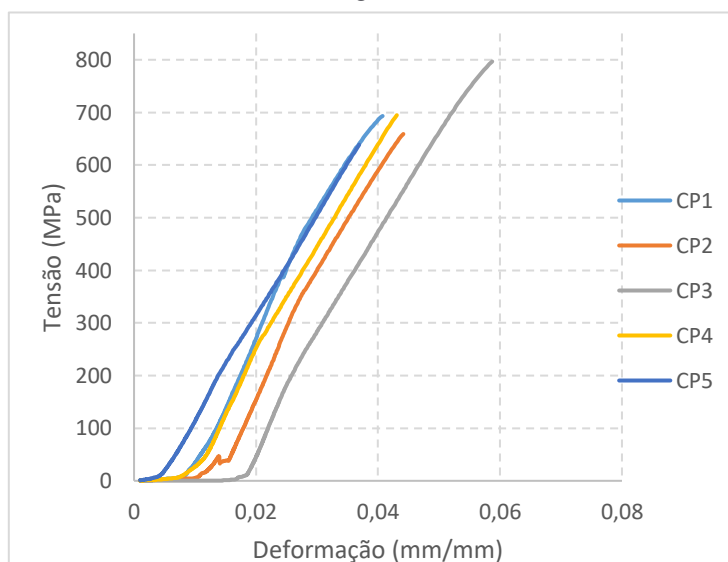
Os resultados do ensaio de tração estão dispostos nos Gráficos 1 e 2, os quais apresentam, respectivamente, os resultados dos 5 Corpos de Prova a 20A e os 5 a 30A, que estão com a mesma escala para facilitar a comparação entre esses dois grupos.

Gráfico 1: Soldagens realizadas com 20A.



Fonte: Autoria Própria (2022).

Gráfico 2: Soldagens realizadas com 30A.



Fonte: Autoria Própria (2022).

Os corpos de prova soldados com corrente de 20A tiveram uma média de 544,2 MPa, suportado antes da falha, com uma deformação máxima entre 0,03 e 0,05 mm/mm, o que é esperado para uma junta soldada não possuir uma grande ductibilidade. Outro ponto a ser observado é que o CP 2 dos corpos de 20A, obteve uma tensão de ruptura abaixo da média dos demais, sendo que o mesmo foi soldado da mesma forma que os outros, ou seja, não deveria ter uma discrepância nesse sentido, com a tensão de ruptura abaixo de 500 MPa, mas essa é uma fonte de erro que pode vir de vários pontos, como, por exemplo, um erro cometido pelo soldador nesse corpo de prova, uma variação na corrente da máquina de solda, ou até mesmo defeitos de microestruturas produzidas na ZAC.

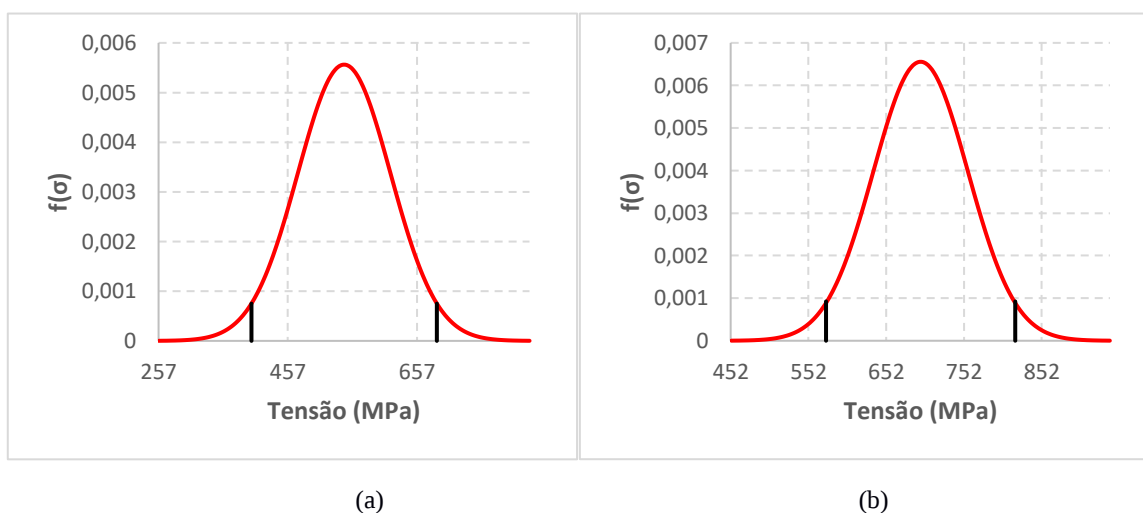
Os corpos de prova soldados com corrente de 30A tiveram uma média de 696,4 MPa, com uma deformação final entre 0,04 e 0,06 mm/mm, demonstrando a baixa ductibilidade da junta soldada, quando comparadas ao material de base. Esses corpos de prova obtiveram uma menor dispersão, os gráficos estão mais próximos, isso pode ter acontecido pois esses corpos de prova foram soldados por último, depois de todos os corpos de prova de 20A, sendo

assim, é provável que o soldador tenha aprimorado a técnica de solda, o que resultou em comportamentos parecidos no ensaio de tração.

Analisando os dois resultados – de cada corrente, em valores absolutos, as soldagens realizadas com 30A apresentaram uma maior resistência, bem como uma maior ductibilidade quando comparados com os corpos de prova de 20A, já que houve uma diferença de 22% em comparação com as médias de tensão suportadas.

O tratamento estatístico realizado das amostras ensaiadas, com o número de 5 observações para cada experimento, demonstra que, seguindo os parâmetros deste trabalho, em 95% das vezes, serão encontradas tensões de ruptura entre 574 e 818 MPa para as soldagens realizadas com 30 A, e, para as soldagens de 20 A, entre 400 e 688 MPa, como demonstrado nos Gráficos 3a e 3b, onde são apresentadas as curvas gaussianas para essas amostras. O que significa que, mesmo uma soldagem realizada com uma corrente de 20 A, em uma hipótese em que a junção entre as hastes apresente o mínimo de resistência para as condições, que seria por volta de 257 MPa, com 4 desvios padrões abaixo da média, ainda assim, suportaria o esforço de uma mastigação de um ser humano adulto, que é de aproximadamente 863 N de força, o que geraria uma tensão de 109 MPa nessa estrutura *cantiléver* produzida em próteses dentárias do tipo *overdenture* de Brannenmark.

Gráfico 3: a) Distribuição normal das amostras de 20 A. b) Distribuição normal das amostras de 30 A.



Fonte: Autoria Própria (2022).

É necessário dizer que o soldador foi qualificado para realizar os corpos de provas, com outros corpos de prova que serviram de treino, além da experiência prévia do soldador com solda TIG para pequenos diâmetros como o proposto dessa aplicação, e o gabarito foi confeccionado para diminuir a possibilidade de erros. Por isso, os métodos estatísticos utilizados foram feitos eximindo o erro humano, pois houve uma preocupação com a influência que o erro humano poderia causar, fato esse comprovado pela confecção do gabarito e dos corpos de prova de testes, disponibilizados previamente para treinamento do soldador.

Com relação às distorções, a maior obtida foi no primeiro corpo de prova de 20A (Figura 2a), com 3 graus de distorção, e as outras quatro amostras obtiveram resultados de distorções menores, sendo duas com 0 grau de distorção e outras duas com 1 grau de distorção, com média entre os 5 corpos de prova de 1 grau.

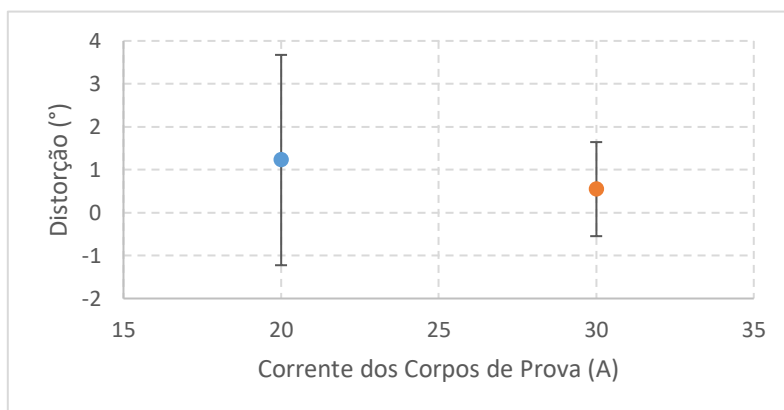
Já nos corpos de prova de 30A, foi observado uma menor média de distorção entre os corpos de prova, de 0,4 graus, pois duas obtiveram 1 grau de distorção e outras três com 0 de distorção.

Olhando para números exatos, os corpos de prova de 30A se saíram melhor em distorções, pois obtiveram uma menor média, mas é preciso analisar que apenas uma amostra de 20A elevou a média, por ser uma amostra pequena

de corpos de prova. Sendo assim, olhando-se para a moda dos valores, tanto os corpos de prova de 20A quanto o de 30A, conseguiram mais resultados com 0 e 1 grau de distorção.

Uma análise estatística dos desvios padrões dessas distorções foram realizadas e o Gráfico 4 de erro foi plotado, para que fique mais claro a relação entre as correntes de soldagem, a distorção dos corpos de prova de cada corrente e a relação entre ambos os grupos de corpo de prova, o grupo de 20A e 30A.

Gráfico 4: Médias das distorções dos grupos de CP's.



Fonte: Autoria Própria (2022).

No Gráfico 4, os pontos são as médias de distorções de cada grupo de corpos de prova, e as barras de erro são uma padronização, de dois desvios padrões da média de cada grupo, tanto para cima quanto para baixo, para que se possa analisar a proximidade dos resultados, mesmo com dois desvios padrões para cada. É possível notar que o intervalo dos corpos de prova soldados a 30A estão contidos no intervalo dos corpos de prova de 20 A.

## 5. CONCLUSÃO

Dados os resultados dos experimentos realizados nesse trabalho, foi possível concluir que todas as juntas soldadas, tanto os corpos de prova soldados com 20A quanto os soldados com 30A, atingiram os resultados mínimos para tal aplicação, sem defeitos visuais de soldagem, sem mordeduras, também sem respingos ou falta de fusão.

O método de soldagem pensado, que culminou na criação de um gabarito para soldar essa junta, fez com que fosse possível obter as juntas com um controle considerável de distorção, e que também facilitou o trabalho do soldador, diminuindo as possibilidades de erro humano.

Os corpos de prova que obtiveram um melhor resultado no ensaio de tração foram os corpos de provas soldados com o parâmetro de 30A de corrente, que apresentaram também uma menor variação de resultados tanto com relação à resistência, como também com relação à ductibilidade da junta soldada. Os resultados foram considerados satisfatórios, pois conseguem suprir a necessidade e demanda da aplicação para próteses dentárias do tipo Branemark.

Os corpos de prova de 30A também obtiveram melhores resultados no que diz respeito às distorções nas juntas soldadas, apesar de não ser concreta a relação entre esse parâmetro de soldagem as distorções, visto que as distorções dos corpos de prova de 20A também obtiveram bons resultados.

Com relação à replicabilidade dos experimentos, apesar de ser considerada uma amostra pequena, cinco corpos de provas para cada variação de parâmetro, foi visto que dentre os 10 corpos de prova nenhum falhou antes de atingir o mínimo proposto para aplicação de próteses dentárias.

Tendo em vista esses resultados, é possível afirmar que a soldagem TIG autógena manual para confecção de juntas como a apresentada cuja geometria está presente nas próteses dentárias, apresentam uma confiabilidade boa, para os parâmetros de corrente entre 20 e 30A, pois demonstra resultados tão bons quanto os alcançados por uma

soldagem à laser, automática, o que possibilita a utilização desse método de confecção de próteses dentárias de forma mais simples e barata.

#### REFERÊNCIAS

- [1] CALVANI, L., MICHALAKIS, K., HIRAYAMA, H. The influence of full-arch implant-retained fixed dental prostheses on upper lip support and lower facial esthetics: preliminary clinical observations. *Eur J Esthet Dent*. 2007; 2(4): 420-8.
- [2] ADELL, R., LEKHOLM, U., ROCKLER, B., BRANEMARK P-I. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg*. 1981; 10 (6): 387-416.
- [3] MORAIS JR, JOSIVAN L.; FRAGA, F. E. N. Procedimento de ensaio para juntas soldadas em barras de titânio tipo protocolo Branemark. *Revista Eletrônica de Engenharia Mecânica e Engenharia Elétrica (R4EM)*, on, v. 2, ed. 1, 2020. doi <https://doi.org/10.21708/issn27635325.v2n1.a9601.2020>. disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/r4em/article/view/9601>. acesso em: 19 jun. 2022.
- [4] ROCHA, R.; PINHEIRO, A.L.; VILLAVERDE, A.B. Flexural strength of pure Ti, Ni-Cr and Co-Cr alloys submitted to Nd:YAG laser or TIG welding. *Braz Dent J*, v.17, n. 1, p. 20-23, Epub 2006 May 2, 2006.
- [5] ASTM F67-13(2017), Standard Specification for Unalloyed Titanium, for Surgical Implant Applications (UNS R50250, UNS R50400, UNS R50550, UNS R50700), ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017, [www.astm.org](http://www.astm.org).
- [6] CALLISTER JR., W. D.; RETHWISCH, D. G. *Ciência e Engenharia dos Materiais: Uma Introdução*. LTC, v. 8º Edição, 2012. CHERNIK, G. G.
- [7] BERG, E.; WAGNERE, W.C.; DAVIK, G.; DOOTZ, E.R. Mechanical properties of laser-welded cast and wrought titanium. *J Prosthet Dent*., v. 74, n. 3, p. 250-7, Sep 1995.
- [8] WANG, R.R.; WELSCH, G.E. Joining titanium materials with tungsten inert gas welding, laser welding, and infrared brazing. *J Prosthet Dent*., v. 74, n. 5, p. 521-530, Nov. 1995.
- [9] ROGGENSACK M, WALTER MH, BÖNING KW. Studies on laser- and plasmawelded titanium. *Dent Mater*., v. 9, n. 2, p. 104-107, 1993.
- [10] NEO, T.K.; CHAI, J.; GILBERT, J.L., WOZNIAK, W.T., ENGELMAN, M.J. Mechanical properties of titanium connectors. *Int J Prosthodont*., v. 9, n. 4, p. 379- 393, Jul-Aug.1996.
- [11] BRITO, J. D. *Manual de Soldagem ao arco elétrico*. SENAI – SP – 1984.