

FERNANDA DE SOUZA HENKIN

AVALIAÇÃO DA FORÇA DE UNIÃO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE
SOLDAGEM PARA USO EM ORTODONTIA

Dissertação apresentada como parte dos requisitos obrigatórios para obtenção de grau de Mestre em Odontologia, área de concentração Ortodontia e Ortopedia Facial pelo Programa de Pós-graduação da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

ORIENTADORA: Profa. Dra. Luciane Macedo De Menezes

Sumário

RESUMO	3
ABSTRACT	4
1. INTRODUÇÃO	5
2. CONCLUSÃO.....	7
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8

RESUMO

Introdução: Durante o tratamento ortodôntico, frequentemente são utilizados dispositivos e aparelhos auxiliares que requerem soldagem para a sua confecção. Além do processo de soldagem convencional à prata, diferentes métodos – potencialmente mais biocompatíveis - podem ser utilizados. A resistência mecânica destas soldas é fundamental para seu sucesso e deve ser avaliada. **Objetivo:** Revisar os métodos de soldagem disponíveis para uso em Ortodontia e avaliar a força de união das soldas à tração em soldas ponto, prata, *laser* e TIG. **Materiais e Métodos:** 40 segmentos de fio de aço inoxidável de 0,8mm (Morelli, Sorocaba/SP, Brasil) foram soldados entre si através das técnicas de soldagem elétrica, à prata, a *laser* e TIG, sendo realizadas 10 soldagens para cada técnica. Foi realizado ensaio de tração por meio de uma máquina de ensaios universal (Emic DL-2000), utilizando célula de carga de 1000 N e velocidade de 10 mm/min. **Resultados:** O grupo de soldagem à prata apresentou a maior média de resistência à tração (532,1N), seguido pelos grupos *laser* (419,8N), ponto (301,1N) e TIG (216,3N) respectivamente. Houve diferença significativa entre os grupos, e partir do teste post-hoc de Dunn identificou-se que esta diferença ocorreu entre os grupos *laser* e ponto ($p=0,046$), *laser* e TIG ($p=0,016$), ponto e prata ($p=2,5e-05$) e prata e tig ($p=4,6e-06$). **Conclusões:** A força de união de soldagens a *laser* pode ser comparável com à de soldagens à prata e apresenta-se como boa alternativa para uso em Ortodontia. As técnicas de soldagem a ponto e a TIG apresentaram força de união comparáveis e significativamente inferiores aos das soldagens a *laser* e à prata.

Palavras-chave: Soldagem. Ortodontia. Soldagem em Odontologia.

ABSTRACT

Introduction: During orthodontic treatment, the use of appliances and devices that require welding procedures is often needed. Besides conventional silver soldering, different joining methods – with potentially higher biocompatibility – can be used. The mechanical strength of the welded areas is critical for their success, and must be evaluated. **Objective:** To review the joining methods for orthodontic purpose and evaluate the strength – by tensile strength measurements – of Silver Soldering, Spot, laser and TIG welding. **Materials and Methods:** 40 stainless steel wire segments with 0.8 mm diameter (Morelli, Sorocaba/SP, Brasil) were joined by means of silver soldering, spot, laser and TIG welding. For each joining method, 10 specimens were produced. Tensile strength test was performed 24 hours after welding by means of a universal testing machine (Instron Corporation, Canton, USA) using a cell load of 1000 N with a crosshead speed of 10 mm/minute. **Results:** The highest tensile strength mean values was obtained by silver soldering (532.1N), followed by laser (419.8N), spot (301.1N) and TIG (216,3N) welding. Statistically significant differences were observed between the groups, and the Dunn post-hoc test revealed difference between laser and spot welding ($p=0.046$), laser and tig ($p=0.016$), spot and silver ($p=2.5e-05$) and silver and TIG ($p=4.6e-06$). **Conclusions:** The strength of the laser joints are comparable to the Silver soldering joints, and represent a favorable alternative for orthodontic use. The spot and TIG welding methods presented comparable and significantly lower strengths in relation do laser and silver soldering methods.

Keywords: Welding. Orthodontics. Dental Soldering.

INTRODUÇÃO

Durante o tratamento ortodôntico, frequentemente são utilizados dispositivos e aparelhos que requerem soldagem para a sua confecção. A resistência mecânica destas soldagens é fundamental para seu sucesso, já que quebras nos aparelhos não apenas podem retardar o tratamento ortodôntico como podem lesionar os tecidos e/ou causar acidentes como aspiração e deglutição dos fragmentos gerados (BOCK, BAILLY e FUHRMANN 2009). Ao exemplo dos arcos linguais e dos aparelhos disjuntores, fios metálicos são soldados a anéis ortodônticos tradicionalmente pelo método de solda à prata, que apesar de largamente utilizado em Ortodontia, tem despertado considerações negativas em relação à sua biocompatibilidade e suscitado o interesse por métodos alternativos como soldagens a ponto, a *laser* e a *Tungstein Inert Gas (TIG)* (BOCK et al. 2008b; SANTOS et al. 2011).

A soldagem à prata utiliza uma liga para unir outros metais ou ligas (HURT 2012). De acordo com o Registro Internacional de Químicos potencialmente tóxicos, do Programa do Meio Ambiente das Nações Unidas, íons metálicos presentes na solda de prata podem ser liberados na cavidade bucal em decorrência do processo de corrosão. Estes íons são potencialmente perigosos e estão incluídos na lista de substâncias que podem ser de grande risco para a vida humana. (FREITAS et al. 2009)

Existe grande preocupação sobre o risco a que os pacientes são submetidos com a presença desta soldagem na cavidade bucal, e o potencial citotóxico destas soldagens têm sido demonstrado através de diferentes estudos. (SOLMI et al 2004; SESTINI et al. 2006; VANDE, HANSSENS e WEHRBEIN, 2007; FREITAS et al. 2009; FREITAS, OSHIMA e MENZES 2011; GONÇALVES et al. 2014)

Além da solda a ponto, atualmente o ortodontista dispõe das técnicas de soldagem a *TIG* e a *laser (laser beam welding)*. A soldagem a *laser* começou a ser utilizada nos laboratórios de Ortodontia em 2002. (HEIDEMANN et al. 2002; HURT 2012) Consiste em um processo baseado na fusão de dois materiais através de um feixe de *laser* que fornece uma fonte de calor concentrado com proteção local de um gás inerte - geralmente argônio ou uma mistura de gases inertes (argônio e hélio). Em Odontologia, o *laser* mais utilizado para unir

metais utiliza cristal de Nd:YAG dopado com neodímio, (BOCK, BAILLY e FUHRMANN 2009) que emite comprimento de onda de 1064 nm. Esta soldagem é realizada em um equipamento controlado pelo tempo de aplicação da luz (pulso), pela corrente e pelo diâmetro do feixe de *laser*. (HEIDEMANN et al. 2002; FORNAINI et al. 2009; HURT 2012)

A soldagem a *laser* apresenta uma série de vantagens em relação à soldagem à prata. O calor gerado confina-se a uma região mais estreita, o que diminui problemas de distorções do metal e torna possível soldar muito próximo de resinas e porcelanas, com menor risco de danos ao material. (FORNAINI et al. 2009) Além disso, por permitir a união de metais sem adição de liga, diminui a corrosão galvânica presente na soldagem convencional. (HURT, 2012)

A soldagem a *TIG* é uma técnica em que uma união é obtida através do aquecimento de materiais utilizando um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo de tungstênio e a peça a ser soldada. O eletrodo e a área a ser soldada recebem proteção local de um gás inerte - geralmente argônio ou uma mistura de gases inertes (argônio e hélio) – que previne oxidações dos metais envolvidos. (WANG e WELSCH, 1995; ROCHA et al. 2006; BOCK, BAILLY e FUHRMANN 2009) Assim como a soldagem a *laser*, as uniões formadas pela soldagem a *TIG* apresentam menor corrosão galvânica. (BOCK, BAILLY e FUHRMANN 2009)

Ainda, as vantagens das soldagens *TIG* e a *laser* podem ser descritas como: ausência de liga, foco pequeno e cobertura de argônio que previne oxidação ao redor da zona de união. (SOLMI et al. 2004; SESTINI et al. 2006) Devido às suas vantagens, as soldagens a *laser* e a *TIG* podem ser vantajosas para uso em Ortodontia, porém estudos comparando propriedades mecânicas dos diferentes métodos de soldagem são escassos na literatura, e existe pouca informação em relação à resistência destas uniões.

Levando-se em consideração o risco biológico do uso da solda à prata e a possibilidade de substituição desta por métodos alternativos de soldagem, este estudo propõe-se a avaliar a resistência das soldagens a ponto, a *laser*, à prata e a *TIG* em Ortodontia.

CONCLUSÃO

1. A revisão da literatura evidencia que o método de soldagem à prata, consagrado na prática ortodôntica, possui limitações. Além da dificuldade técnica, estudos têm revelado a baixa biocompatibilidade de estruturas obtidas através desta técnica. Atualmente, novos métodos com menor risco biológico estão disponíveis para confecção de aparelhos, sendo eles as soldagens a *TIG* e a *Laser*. Estas técnicas representam boas alternativas para os ortodontistas, tendo o potencial de gerar estruturas resistentes e mais biocompatíveis.
2. A força de união de soldagens a *Laser* pode ser comparável com à de soldagens à prata e apresenta-se como boa alternativa para uso em Ortodontia.
3. As técnicas de soldagem a ponto e a *TIG* apresentaram força de união comparáveis e significativamente inferiores aos das soldagens a *Laser* e à Prata.

REFERÊNCIAS

1. Anusavice K. Ligas Trabalhadas e Trefiladas. In: Elsevier, editor. Philips, Materiais Dentários 2005. p. 607.
2. Anusavice K. Fundição Odontológica e Soldagem de Ligas. In: Elsevier, editor. PHILIPS, Materiais Dentários. 11a ed. 2005. p. 573-83.
3. Bishara SE. Oral lesions caused by an orthodontic retainer: a case report. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics. 1995;108(2):115-7.
4. Bock JJ, Bailly J, Fuhrmann RA. Effects of different brazing and welding methods on the fracture load of various orthodontic joining configurations. Journal of orthodontics. 2009;36(2):78-84.
5. Bock JJ, Bailly J, Gernhardt CR, Fuhrmann RA. Fracture strength of different soldered and welded orthodontic joining configurations with and without filling material. Journal of applied oral science : revista FOB. 2008;16(5):328-35.
6. Bock JJ, Fraenzel W, Bailly J, Gernhardt CR, Fuhrmann RA. Influence of different brazing and welding methods on tensile strength and microhardness of orthodontic stainless steel wire. European journal of orthodontics. 2008;30(4):396-400.
7. Clébio Domingues da Silveira-Júnior MGdC, Letícia Resende Davi, Flávio Domingues das Neves, Verediana Resende Novais and Paulo César Simamoto-Júnior Welding Techniques in Dentistry 2012.
8. Correr Sobrinho LN, DF; Mendonça, MR; Consani, RLX; Sinhoretí, MAC. Estudo comparativo da resistência à tração de soldas de prata e super micro ponto, utilizadas em ortodontia. Revista da Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo. 1997;2(1):7.
9. Fernandes DA, GM; Fernandes, AFC; Mendes, AM; Quintão, CCA. Soldagem em Ortodontia (Parte 2): soldagem autógena. Revista Clínica de Ortodontia Dental Press. 2007;6(5):6.
10. Fernandes DF, AFC; Silva, ACP, MA; Gravina, MA; Mendes, AM; Quintão, CCA. Soldagem em Ortodontia: parte I: soldagem à prata e a ouro - uma abordagem clínico-metalúrgica. Revista Clínica de Ortodontia Dental Press. 2007;6(4):8.
11. Fornaini C, Bertrand C, Bonanini M, Rocca JP, Nammour S. Welding in the dental office by fiber-delivered laser: a new technique. Photomedicine and laser surgery. 2009;27(3):417-23.
12. Fraga AFDS, Márcio Luiz; De Almeida Filho, Edson; Guastaldi, Antonio Carlos. Estudo Comparativo de Juntas Soldadas a TIG e Laser Empregando-se Ti com Pureza Comercial Utilizado em Prótese sobre Implantes. Soldagem & Inspecao. 2007;12(3):7.

13. Freitas MP, Oshima HM, Menezes LM. Release of toxic ions from silver solder used in orthodontics: an in-situ evaluation. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics.* 2011;140(2):177-81.
14. Freitas MP, Oshima HM, Menezes LM, Machado DC, Viezzer C. Cytotoxicity of silver solder employed in orthodontics. *Angle Orthod.* 2009;79(5):939-44.
15. Goncalves TS, Menezes LM, Trindade C, Machado Mda S, Thomas P, Fenech M, et al. Cytotoxicity and genotoxicity of orthodontic bands with or without silver soldered joints. *Mutation research Genetic toxicology and environmental mutagenesis.* 2014;762:1-8.
16. Green J. Stainless Steel in orthodontics. *J Am Dent Assoc.* 1945;32(14):5.
17. Heidemann J, Witt E, Feeg M, Werz R, Pieger K. Orthodontic soldering techniques: aspects of quality assurance in the dental laboratory. *Journal of orofacial orthopedics = Fortschritte der Kieferorthopadie : Organ/official journal Deutsche Gesellschaft fur Kieferorthopadie.* 2002;63(4):325-38.
18. Hurt AJ. Digital technology in the orthodontic laboratory. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics.* 2012;141(2):245-7.
19. Kiminami; CS, Castro; WBd, Oliveira. MFd. Soldagem e corte. *Introdução aos processos de fabricação de produtos metálicos.* Edgar Blucher Ltda.; 2013. p. 135-75.
20. Krishnan V, Kumar KJ. Weld characteristics of orthodontic archwire materials. *Angle Orthod.* 2004;74(4):533-8.
21. Lopes MB CLS, Consani S, Sinhoretti MA, Cangiani MB. . Resistência à fadiga de solda de prata e solda elétrica a ponto utilizadas em ortodontia. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial.* 2000;5(6):5.
22. Ntasi A, Al Jabbari Y, Mueller WD, Eliades G, Zinelis S. Metallurgical and electrochemical characterization of contemporary silver-based soldering alloys. *Angle Orthod.* 2014;84(3):508-15.
23. Parker J. An improved soldering technic. *Angle Orthod.* 1960;30:4.
24. 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. *Brazilian dental journal.* 2006;17(1):20-3.
25. Santos RLd, Pithon MM, Nascimento LEAG, Martins FO, Romanos MTV, Nojima MdCG, et al. Citotoxicidade de soldas elétricas a ponto: estudo in vitro. *Dental Press J Orthod.* 2011;16(3):57-9.

26. Santos Rogério Lacerda dos PMM, Nascimento Leonard Euler A. G., Martins Fernanda Otaviano, Romanos Maria Teresa Villela, Nojima Matilde da Cunha G. Citotoxicidade de soldas elétricas a ponto: estudo in vitro. . Dental Press J Orthod. 2011;16(3):3.
27. Sestini S, Notarantonio L, Cerboni B, Alessandrini C, Fimiani M, Nannelli P, et al. In vitro toxicity evaluation of silver soldering, electrical resistance, and laser welding of orthodontic wires. European journal of orthodontics. 2006;28(6):567-72.
28. Silveira-Júnior CDd, Castro MGd, Davi LR, Neves FDd, Novais VR, Simamoto-Júnior PC. Welding Techniques in Dentistry2012 2012-11-21.
29. Solmi R, Martini D, Zanarini M, Isaza Penco S, Rimondini L, Carinci P, et al. Interactions of fibroblasts with soldered and laser-welded joints. Biomaterials. 2004;25(4):735-40.
30. Soteriou D, Ntasi A, Papagiannoulis L, Eliades T, Zinelis S. Decomposition of Ag-based soldering alloys used in space maintainers after intra-oral exposure. A retrieval analysis study. Acta odontologica Scandinavica. 2014;72(2):130-8.
31. International Organization for Standardization. Dentistry- Brazing Materials [ISO 9333:2006]. Geneva: International Organization for Standardization; 2006.
32. Vande Vannet B, Hanssens JL, Wehrbein H. The use of three-dimensional oral mucosa cell cultures to assess the toxicity of soldered and welded wires. European journal of orthodontics. 2007;29(1):60-6.
33. Wang RR, Welsch GE. Joining titanium materials with tungsten inert gas welding, laser welding, and infrared brazing. The Journal of Prosthetic Dentistry. 1995;74(5):521-30.
34. Wilkinson J. Soldering stainless steel. Angle Orthod. 1963;33:6.