

# DETERMINAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS MECÂNICAS ATRAVÉS DE ENSAIOS ESTÁTICOS DE TORQUE DE INSERÇÃO E REMOÇÃO DE IMPLANTES DENTÁRIOS

Ricardo Luiz Ciuccio, Faculdade SENAI – Roberto Simonsen, [ricardo.ciuccio@sp.senai.br](mailto:ricardo.ciuccio@sp.senai.br)

Théo Peres Colferai, Universidade de São Paulo, [theo@bioconect.com.br](mailto:theo@bioconect.com.br)

Hamilton DelMonaco, Bioconect Implantes Médicos e Odontológicos, [hamilton@bioconect.com.br](mailto:hamilton@bioconect.com.br)

Gilson de Oliveira, Bioconect Implantes Médicos e Odontológicos, [producao@bioconect.com.br](mailto:producao@bioconect.com.br)

Jorge Eduardo Pastarini, Bioconect Implantes Médicos e Odontológicos, [producao@bioconect.com.br](mailto:producao@bioconect.com.br)

**Resumo.** Os implantes com conexão hexagonal externa (HE) são até hoje os sistemas mais utilizados. A grande vantagem do sistema HE é a sua simplicidade e previsibilidade adquiridas durante anos de casuísticas favoráveis. Uma característica importante do sistema HE é a grande variedade de componentes protéticos que facilitam a escolha da solução adequada para cada caso. O objetivo principal deste estudo é determinar os valores máximos de inserção e remoção de implantes dentários. O ensaio foi aplicado por uma máquina universal com capacidade máxima de 10KN, dotada de instrumentos que permitiu registrar o torque de inserção e o torque de remoção do implante em relação ao bloco de fixação. Este trabalho apresenta os resultados de ensaios estáticos de torque de inserção e remoção de implantes dentários, obtidos a partir de testes experimentais. Os resultados obtidos serão utilizados cientificamente para o desenvolvimento desse implante dentário, visando à melhoria contínua neste processo de desenvolvimento de produtos.

**Palavras-chave:** biomecânica, resistência mecânica, implantes, ensaio de torque, validação de projeto.

## 1. INTRODUÇÃO

Durante a década de 1960, após exaustivos ensaios, o cientista sueco Per-Ingvar Branemark, constatou que o titânio em contato com o tecido ósseo, integrava-se com facilidade devido ao seu alto grau de biocompatibilidade. Essa descoberta foi um marco na odontologia, principalmente na reabilitação de paciente edêntulo parcial ou total.

A perda de um elemento dentário causa o comprometimento da estética e da função do sistema estomatognático (Citeau, 2005). Atualmente, o implante dentário é objeto de estudo de vários pesquisadores para inovar seu design e técnicas de aplicação, a fim de otimizar suas propriedades físico-químicas e mecânicas (Reis, 2008). Porém, quando alguns aspectos biomecânicos não são observados podem surgir complicações protéticas que levam à falha e insucessos mecânicos dos sistemas (Pye, 2009). Durante a mastigação é criado um carregamento complexo formado por tensões normais e cisalhantes, forças verticais, horizontais e inclinadas complementadas por diferentes momentos.

Neste contexto, os ensaios mecânicos são essenciais para prever a aplicação clínica com segurança. Os objetivos dos ensaios mecânicos são quantificar as propriedades dos materiais explicando a relação entre a resistência mecânica e seu processamento (Elias, 2007).

Os implantes BIO-HE são produzidos em titânio comercialmente puro de acordo com todas as normas e regulamentações nacionais e internacionais. O titânio é utilizado em implantes em função de ser um metal que possibilita reação tecidual favorável, estabilidade química dos componentes, estimula a atividade celular na formação da matriz óssea, tem elevada resistência à corrosão e não provoca reações de hipersensibilidade ou imunológicas.

O implante teve sua geometria externa projetada de acordo com perfis de implantes já consagrados, minimizando assim a criação de novos instrumentos para a inserção do implante.

A instalação de implantes imediatamente após a exodontia pode ajudar a manter a crista óssea, obter o posicionamento ideal do implante do ponto de vista protético, e talvez, melhor oportunidade para osseointegração devido ao potencial de cicatrização do sítio de extração.

A superfície dos implantes deve ser caracterizada quanto à composição química, topografia e bioatividade, uma vez que estas propriedades influenciam na osseointegração. A qualidade do acabamento superficial dos implantes influencia na osseointegração, sendo importante a combinação das propriedades físicas, químicas, mecânicas e micro estruturais. O sucesso da técnica de implantes osseointegráveis é diretamente influenciado por fatores biomecânicos como: a densidade óssea na área de implantação, a natureza da interface osso implante, as propriedades dos materiais dos implantes e próteses, o padrão da superfície do implante (propriedades de micro-travamento), o projeto do implante (propriedades de macro travamento) e as condições oclusais, ou seja, da quantidade, qualidade e frequência das cargas aplicadas sobre o implante (Misch, 2005).

## 2. Materiais e Métodos

A metodologia empregada está baseada numa pesquisa científica de caráter exploratório, desenvolvida a partir de testes experimentais. O ensaio estático de inserção e remoção de implantes dentários foi realizado de acordo com as

normas técnicas ASTM F543 e ASTM F1839. Os critérios de aceitação considerados foram os especificados na norma técnica ASTM F543. O objetivo destes métodos de ensaio é fornecer metodologias e meios de avaliação consistentes tanto para produtores quanto para usuários. Dentro da família de produtos, foram analisados cinco implantes dentários BIO-HE fabricada pela BIOCONNECT, identificados como IM-023585-1 a família de produtos com maior restrição a sua aplicação, devido as suas características dimensionais serem mais críticas, conforme Figura (1).



Figura 1. Corpo de prova (implante).

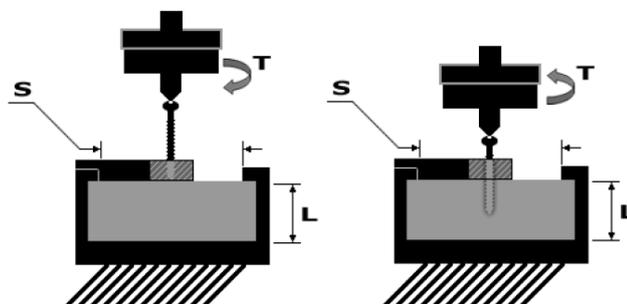
Nas amostras de implantes dentários ensaiados foi utilizado como matéria-prima o titânio comercialmente puro grau IV de acordo com a norma ASTM F67 Tabela (1). O titânio é atualmente considerado o material de melhor escolha para a confecção dos implantes osseointegrados devido a sua ótima biocompatibilidade.

Tabela 1. Composição química do titânio comercialmente puro grau IV, conforme ASTM F67.

N	C	H	Fe	O	Ti
0,03	0,10	0,0125	0,30	0,25	Balanço

Para cada ensaio, o implante dentário foi inserido em um bloco de material padrão, que desempenha a função de substituto ósseo, com dimensões nominais iguais a (35x40x180)mm. O material escolhido para o bloco é a espuma rígida de poliuretano grau 40 PCF, de acordo com a norma técnica ASTM F1839.

Os ensaios estáticos de torque/remoção foram executados nas dependências da Universidade de São Paulo dentro do departamento de materiais do IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares e visam determinar os valores de torque máximo de inserção e remoção do implante dentário. Os implantes foram fixados seguindo a esquemática da Figura (2).



(a) – inserção (b) – remoção  
 Figura 2. Ensaio de torque de (a) inserção/ (b) remoção de implante dentário.

Anteriormente à inserção do parafuso, foi aberto pré-furo de  $\varnothing 2,75$  mm, sem pré-rosqueamento, e mantendo uma distancia de aproximadamente 36 mm entre furos. Para a inserção do parafuso foi utilizado uma bucha, fabricada em poliuretano e de acordo com a norma técnica ASTM F1839, que serve de guia centralizador e garante a perpendicularidade entre a superfície superior do bloco e o eixo longitudinal do implante dentário. O bloco de teste foi ajustado no dispositivo de ensaio, fixado em uma das extremidades da máquina de ensaio. A aplicação da torção é realizada através da chave (bit). Os parâmetros usados nos ensaios estáticos de torque e remoção estão representados na Tabela (2).

Tabela 2. Parâmetros utilizados nos ensaios.

Numero de Amostras	5 implantes dentários
Temperatura	20,0 ±5,0°C
Velocidade do ensaio	5 RPM
Altura do bloco – “L”	35 mm
Profundidade de inserção – “H”	4,40 mm
Espaço de pressão – “S”	33,0 ± 0,25mm
Carga axial	1,14 kgf

Equipamento de ensaio	Brasvalvulas (BMEB 10 60 200 10/AT FPS)
Transdutor de torque	2 Nm
Transdutor de força	5 kgf
Encoder	1000 pulsos

Para efeito de comparação tomou-se como referência os valores de torque de escoamento para a análise dos resultados. Todo material quando submetido a um carregamento externo sofre modificações na sua microestrutura; essas modificações podem causar deformações irreversíveis ou em certos casos levar à ruptura do material (Passos, 2006).

Até certo nível de torque aplicado, o material trabalha no regime linear elástico, isto é, segue a lei de Hooke e a deformação linear específica é proporcional ao esforço aplicado. Acima de certo valor de torque, os materiais começam a se deformar plasticamente, ou seja, ocorrem deformações permanentes. O ponto no qual estas deformações permanentes começam a se tornar significativas é chamado de limite de escoamento. Durante a deformação plástica, o torque necessário para continuar a deformar um metal aumenta até um ponto máximo, chamado de torque máximo. A deformação angular correspondente à fratura é chamada de ângulo de ruptura. Assim, é possível obter a curva torque-ângulo de rotação Figura (3), que varia conforme o material analisado (Wiedenhof, 2007).

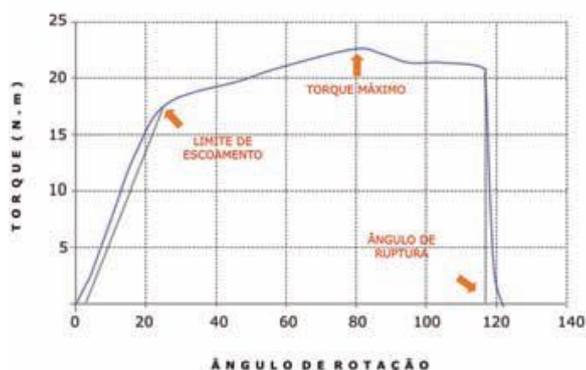


Figura 3. Curva típica de ensaios de torque máximo e ângulo de ruptura [16].

### 3. Resultados e Discussão

Na Fig. (4) são apresentados os implantes dentários submetidos ao ensaio estáticos torque de inserção/Remoção de implantes dentários. Não houve falha dos parafusos durante os ensaios.



Figura 4. Corpos de prova após ensaio de torção/remoção.

Para a análise estatística dos implantes dentários foram considerados como unidade de análise e o nível de significância foi estabelecido em 5%. Os dados foram expressos em média e desvio padrão. A Tabela (3) apresenta os resultados do ensaio estático de torque/remoção dos implantes dentários.

Tabela 3. Resultados dos ensaios de torque e remoção dos implantes dentários.

Amostra	Torque Máximo de Inserção (Tmax)	Torque Máximo de Remoção (Tmax)
01	0,238	0,228
02	0,306	0,299
03	0,277	0,278
04	0,253	0,235
05	0,262	0,275
<b>Média</b>	<b>0,267</b>	<b>0,263</b>

<i>Desvio Padrão</i>	<i>0,026</i>	<i>0,030</i>
<i>Incerteza (U)</i>	<i>0,024</i>	<i>0,028</i>

O ensaio estático de torque de inserção e remoção foi conduzido com velocidade de 5 RPM e a curva de torque (Nm) x Ângulo (°) foi obtida, para cada um dos implantes dentários, conforme Figura (5).

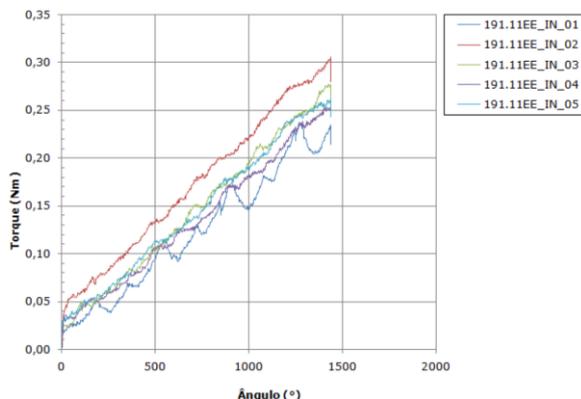


Figura 5. Curvas Torque (Nm) x Ângulo (°) obtidas nos ensaios de inserção.

Na sequencia, o sentido de rotação da máquina é invertido e realiza-se a remoção do implante dentário, novamente registrando-se a curva Torque (Nm) x Ângulo (°), conforme Figura (6).

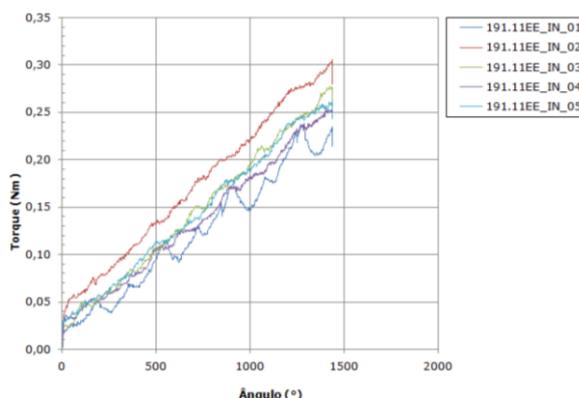


Figura 6. Curvas Torque (Nm) x Ângulo (°) obtidas nos ensaios de remoção.

O desenvolvimento e análise de um sistema de implante envolvem aspectos multidisciplinares que vão desde a escolha da matéria-prima, da geometria, das especificações técnicas, dos processos de fabricação, dos ensaios de validação e do uso clínico propriamente dito.

Os resultados obtidos são relacionados à resistência do parafuso implantado quando sujeito a tensões de tração ou quando fixado em ossos osteoporóticos ou de baixa qualidade. É uma medida da retenção do parafuso [3].

Os valores encontrados na Tabela (3) mostram que estão muito próximos, portanto sem diferença estatisticamente significativa. Os valores de Torque máximo de inserção (em Nm) foram de, respectivamente (média ± desvio) = 0,267 ± 0,026. O torque de inserção (TI) parâmetro importante para evitar a falha do implante dentário durante a sua inserção. Ele deve ser muito menor do que o torque de escoamento [12].

Os valores de Torque máximo de remoção (em Nm) foram de, respectivamente (média ± desvio) = 0,263 ± 0,030. O torque de remoção (TR) parâmetro importante para evitar a falha do implante dentário durante a sua remoção. Ele deve ser muito menor do que o torque de escoamento.

Os métodos biomecânicos de investigação em implantodontia consistem em sua maior parte na análise do estado de equilíbrio do corpo, ou seja, os ensaios realizados mostram que este parâmetro está diretamente relacionado com os torques de inserção e remoção e com a tendência ao arrancamento durante e após a implantação (Kliauga, 2008).

#### 4. Conclusão

Dentro da metodologia empregada neste estudo e com base na análise dos dados é possível concluir que os implantes dentários foram aprovados conforme a norma técnica ASTM F543-02.

Os ensaios estáticos de torque de inserção atestaram valores de torque máximo de inserção na ordem de 0,267 Nm, valor muito inferior ao torque de escoamento.

Os ensaios estáticos de torque de remoção atestaram valores de torque máximo de inserção na ordem de 0,263 Nm, valor muito inferior ao torque de escoamento.

O dimensionamento é adequado para o nível de tensão encontrado durante a maioria dos procedimentos cirúrgicos.

Os implantes da família BIO-HE apresentam alta resistência ao torque de escoamento uma vez que o torque máximo para inserção recomendado pelo fabricante é de 0,8 Nm.

## 5. REFERÊNCIAS

- Citeau, A. et al. In vitro biological effects of titanium rough surface obtained by calcium phosphate grid blasting. *Biomaterials*, 26: 157-165, 2005.
- Reis, AC; Shimano, AC; Neto, DDR; Valente, MLCV. Influência da forma e da superfície de implantes no seu torque de inserção e resistência ao arrancamento. Projeto de pesquisa, 2008.
- Pye AD, Lockhart DEA, Dawson, MP, Murray CA, Smith AJ. A review of dental implants and infection. *Jornal of Hospital Infection*, 2009; 72: 104 e 110.
- Elias CN, Lopes HP. *Materiais dentários: ensaios mecânicos*. São Paulo: Santos; 2007. P. 1.
- ASTM F67-06 – Unalloyed Titanium for Surgical Applications (UNS R50250, UNS R50400, UNS R50550, UNS R50700), 2006.
- Schenk, R. K; Buser, D. – Osseointegration: a reality. *Periodontology*. 2000, 17:22-35.
- Misch, C.E., Suzuki, J.B., Misch-Dietsh, F.M., Bidez, M.W., 2005, “A positive correlation between occlusal trauma and peri-implant bone loss: literature support”, *Implant Dent*, Vol. 14, pp.108-16.
- ASTM F543-02 – Standard Specification and Test Methods for Metallic Medical Bone Screws, 2006.
- ASTM F1839 – Standard Specification for Rigid Polyurethane Foam for Use as a Standard Material for Testing Orthopedic Devices and Instruments.
- Passos L. *Apostila de ciência e tecnologia dos materiais*. Limeira: Faculdades Integradas Einstein de Limeira; 2006.
- Wiedenhof AG, Griza S, Amorin HJ, Strohaecker T. Análise de resistência de parafusos cirúrgicos canulados de aço inoxidável. *Anais del 8º Congresso Iberoamericano de Ingeniería mecânica*; 2007 Oct 23-25; Crusco, Peru.
- Kliauga, A.M. et al. Avaliação da resistência à torção em parafusos utilizados em implantes – um panorama brasileiro, 2008.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, principalmente ao Prof. Dr. Maurício e a empresa BioConect pelas amostras fornecidas para realização desta pesquisa.

## 7. ABSTRACT

*The implants with external hex connection (HE) are today the most widely used systems. The great advantage of the HE system is its simplicity and predictability acquired during years of favorable case series. An important feature of the system is the HE variety of prosthetic components that facilitate choosing the appropriate solution for each case. The aim of this study is to determine the maximum values of insertion and removal of dental implants. The test was applied by a universal machine with a maximum capacity of 10KN, equipped with instruments that permit register the insertion torque and implant removal torque relative to the mounting block. This paper presents the results of static tests of insertion torque and removal of dental implants, obtained from experimental tests. The results will be used scientifically to the development of this dental implant, with a view to continuous improvement in the process of product development.*

## 8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O(s) autor(es) é (são) os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.