

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/292144852>

# DISPOSITIVO PARA O ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO MICROTORQUE NA FIXAÇÃO IN VITRO DE PILAR PROTÉTICO

Article · November 2015

---

READS

15

1 author:



[Luís Cláudio Aranha](#)

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nuclea...

8 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE

# DISPOSITIVO PARA O ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO MICROTORQUE NA FIXAÇÃO IN VITRO DE PILAR PROTÉTICO

Luís Cláudio Aranha<sup>1</sup>, Cristiano Stefano Mucsi<sup>2</sup>, Francisco Carlos Ceoni<sup>3</sup>, Eduardo José Nogueira<sup>4</sup>, Jesualdo Luiz Rossi<sup>5</sup>

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP  
Av. Lineu Prestes, 2242 - Cidade Universitária - 05508-000, São Paulo - Brasil  
aranhaluis@usp.br

<sup>1</sup> Cirurgião dentista, Me, Dr. - Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais IPEN/USP-SP

<sup>2</sup> Físico, Me, Dr. - Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais IPEN/USP-SP

<sup>3</sup> Engenheiro elétrico, Me, aluno de doutorado - Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais IPEN/USP-SP

<sup>4</sup> Aluno de Graduação - Instituto Federal de São Paulo, aluno de iniciação científica - Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais IPEN/USP-SP

<sup>5</sup> Engenheiro de materiais, Me, PhD. - Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais IPEN/USP-SP

## RESUMO

Este artigo apresenta os desenvolvimentos de um protótipo de dispositivo que destina-se a realizar as medições de torque, na faixa abaixo de 100 Ncm - chamado micro-torque. O dispositivo destina-se a obtenção de dados para análise *in vitro* de torque e destorque de pilares protéticos em implantes dentários. Foram analisados dois sistemas diferentes de pilar e implante, sólido e indexado. A análise dos dados obtidos permitiu aos autores observar impressões digitais características ou assinaturas de sinal associadas com o tipo de pilar, bem como do próprio dispositivo. A correlação entre os fenômenos associados com as impressões digitais de sinal indicam que o protocolo desenvolvido para a medição pode ser estendido a outros sistemas de implante e pilar. As curvas de torque de inserção e remoção avaliadas neste estudo, com o dispositivo protótipo em desenvolvimento, facilitará a correlação entre a estabilidade pilares em pacientes reais e o comportamento dinâmico na função mastigatória.

Palavras-chave: micro-torque, implantes, pilar, extensometria.

## 1. INTRODUÇÃO

O controle do torque de fixação de elementos roscados (porcas, parafusos, etc.) constitui fator importante em equipamentos utilizados na indústria, pois, se adequadamente utilizados, garantem a repetibilidade dos apertos dos elementos de fixação, nas linhas de montagem de máquinas e equipamentos. Os equipamentos deste tipo já são amplamente

disponíveis e utilizados no mercado da automação. Por outro lado, há áreas em que apertos de elementos roscados devem ser realizados com igual cuidado, mas com valores muito baixos de torque, para evitar danos as partes, especialmente nos implantes dentários, pois neste caso, estes devem sofrer apertos em torques menores que 60 Ncm.

Este trabalho teve o objetivo de apresentar o processo de desenvolvimento de um protótipo de dispositivo para a medição de microtorque, para a inserção e retirada de elementos roscados, como os utilizados na área de implantes dentários. A opção pelo estudo de microtorque deve-se pela escassa literatura disponível, tornando o assunto bastante atrativo. Outrossim, este é um campo importante de estudo pois permitem a integração de diversas áreas de pesquisa, a saber: mecânica; controle; eletrônica de sinal; eletrônica de potência e; design de equipamentos.

O implante dentário é composto de duas partes, uma peça, chamada de implante, que pode ser cilíndrica ou cônica com roscas externas, com cavidade e roscas fêmeas internas, que irá se fixar ao osso como estrutura de suporte e sobre ele uma peça, pilar protético, que deve-se fixar ao implante de forma precisa e estável para suportar os esforços mastigatórios, veja Fig. 1a e Fig. 1b.

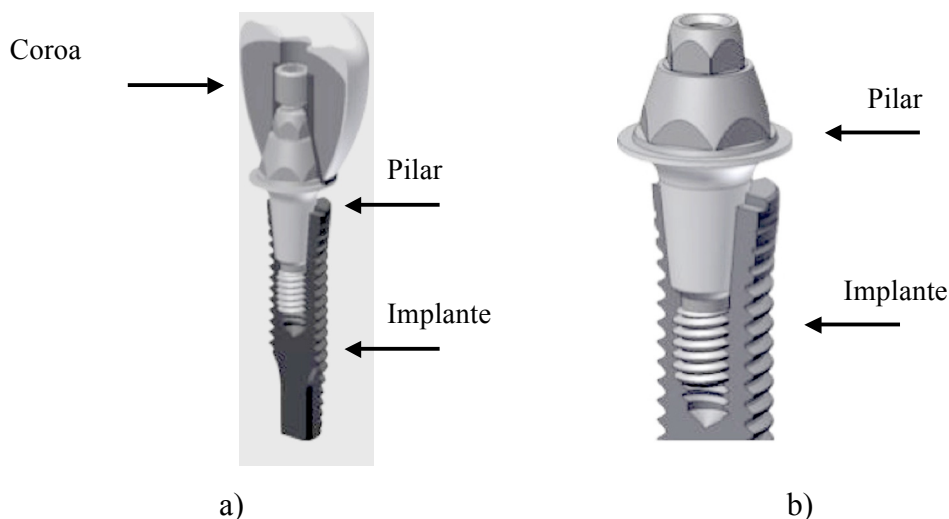


Figura 1. a) Ilustração das três partes da prótese dentária: implante, pilar e coroa dental. b) Uma ilustração em ampliação maior concentrando-se no detalhe a adaptação do dispositivo.

Estas estruturas são oferecidas no comércio especializado com uma variedade imensa de formas e dimensões; a escolha do tipo ou dimensão é realizada com base no planejamento pré-cirúrgico realizado pelo profissional levando-se em conta as condições do local eleito, o planejamento protético e nas orientações do fabricante.

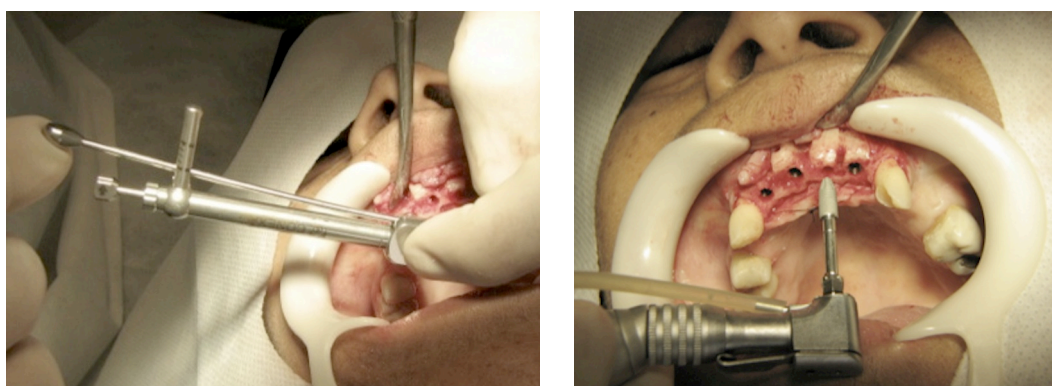
Na sua maioria, os implantes dentários osseointegrados são cilíndricos ou cônicos, o que influencia em muito no torque de instalação desse dispositivo levando-se em conta nessa

instalação as condições de densidade óssea no local de instalação, suas dimensões variam de 3,5 mm a 5,0 mm de diâmetro e em altura podem ir de 5 mm a 21 mm. O osso é constituído de uma camada medular, altamente irrigado, e uma camada externa, chamada cortical. O desempenho do implante dentário depende em especial da estabilidade desse dispositivo durante o processo de cicatrização, osseointegração, dentro dos fatores escolhidos pelo profissional. Para atingir essa tão importante estabilidade é importante o formato do implante e a técnica cirúrgica a ser utilizada. Lioubavina-Hack et al<sup>1</sup>, (2006) e Barewal et al<sup>2</sup>, (2003) afirmam que na falta dessa estabilidade ocorre a formação de uma cápsula de tecido mole ao redor do implante, prejudicando a sustentação do dente que receberá uma alta carga durante a mastigação. Atualmente foi observado que altos torques de inserção podem atrapalhar o processo cicatricial em especial torques acima de 60 Ncm. Em altos torques ocorre aquecimento local gerando desidratação das células e micro fraturas de osso medular que geram necrose óssea e falha de cicatrização.

No intuito de garantir longevidade a reabilitação dental através de implantes deve-se sempre respeitar as propriedades dos materiais envolvidos, nesse sentido o controle de torque é um instrumento importante nessa manutenção. As peças devem ser testadas pelas empresas e protocolos de instalação devem ser bem elaborados mantendo os valores de torque seguros dentro dos limites da liga utilizada.

Para isso os torquímetros devem mostrar valores reais. Em 2002, Standlee et al<sup>3</sup>. e Tan & Nicholls<sup>4</sup>, avaliaram o grau de imprecisão nos torquímetros utilizados na instalação de implantes. Os dados mostraram uma variação de 15% a 48% do torque desejado. Cirurgiões inexperientes tendem a sub-torquear enquanto os mais experientes tendem a sobre-torquear os parafusos. O fato de não atingir a pré-carga desejada diminui a chance de sobre-vida do sistema. Para tanto, os torquímetros devem ser aferidos periodicamente, contudo essa aferição é feita por um torquímetro digital que fornece um baixo número de dados para que se consiga a devida precisão no processo.

Norton<sup>5</sup> em 1999 e Elias<sup>6</sup> em 2006, concluíram que o destorque sempre é inferior ao torque de aperto, portanto se os valores não forem o mais próximo possível dos determinados, possíveis falhas poderão ocorrer. Para o controle de torque na instalação dos implantes é utilizado uma catraca de haste ou de estalo ou contra-ângulo e motor de implante com controle de torque, como mostrado nas Figs. 2a and 2b.



a)

b)

Figura 2. a) Catraca manual com haste de controle de torque. b) A peça de mão do contra-ângulo dental usado para inserção do implante.

Por isso, o controle do micro-torque é muito importante na implantodontia, se tornando um elemento chave de estudo, minimizando possíveis complicações. Figuras 3a-d mostram o correto manuseio dos instrumentos e micro torques de inserção, maximizando a função mastigatória e a estética nas reabilitações através de implante dentário osseointegrado (Sistema Anthogyr®). Para esta paciente ocorreu a reabsorção óssea e apical da raiz, conforme observado em tomografia computadorizada não mostrada neste artigo, o que indicou a reabilitação através de implante, sendo utilizado o próprio elemento dental como coroa provisória.



a)



b)



c)



d)

Figura 3. Protocolo de torques utilizado para uma cirurgia. a) Imagem antes da cirurgia / procedimento protético. b) A imagem da instalação em que o limite de torque especificado foi de 60 Ncm. c) Imagem de instalação do pilar, onde o torque foi de 25 Ncm. d) A imagem da coroa dentária provisória, onde o torque foi de 15 Ncm (o próprio dente extraído foi utilizado).

## **2. EXPERIMENTAL**

Os autores apresentam a metodologia aplicada para o desenvolvimento de um protótipo de dispositivo para ser utilizada nos estudos de micro-torque observada durante a inserção de implantes dentais e pilares protéticos durante experiências *in vitro*.

### ***O projeto***

O projeto dispositivo protótipo de medição de micro-torque foi planejado com as seguintes seções (Mucsi et al<sup>7</sup>, 2014): layout e design; projeto da barra de micro-torque e extensometria eletrônica; movimento linear preciso da barra de micro-torque; movimentação mecânica do suporte de amostra; passo do motor interface eletrônica programável.

### ***Layout e design***

O princípio de funcionamento do protótipo é simples. Um suporte de amostra é girado por meio de um motor de passo controlado electronicamente, isto enquanto o pilar é linearmente inserido no implante fixado ao suporte. O dispositivo do protótipo projetado e construído é mostrado na Fig. 4. Da esquerda para a direita pode-se ver o acionamento mecânico (motor de passo e engrenagens), o eixo de transmissão e rolamentos, uma junta flexível e um suporte de amostras. O eixo do aparelho foi alinhado do mandril a barra de micro-torque (que contém o strain gage) para uma precisão linear de 0,01 mm/m. A barra micro-torque é fixada a um trilho para rolamento linear de precisão, o que permite um movimento linear livre e preciso do pilar ou do implante. As características do dispositivo protótipo estão resumidas na Tab. 1 e o projeto pode aceitar modificações, tanto de hardware e software.

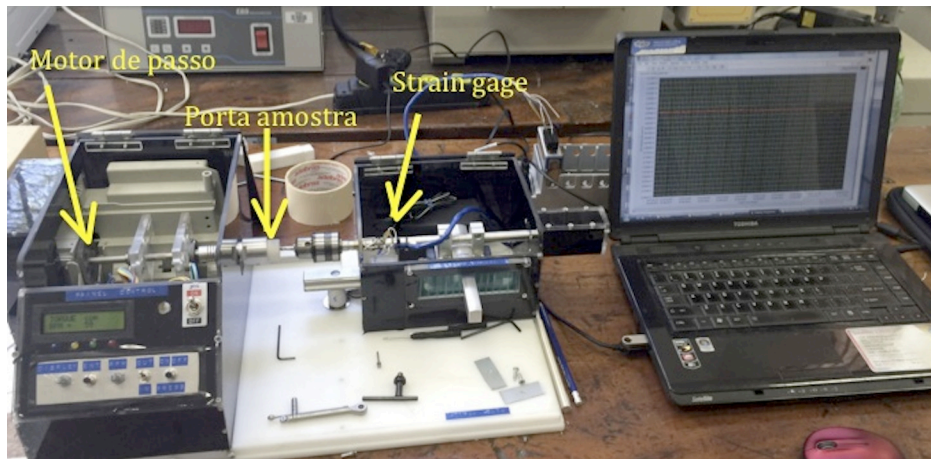


Figura 4. A imagem do dispositivo de protótipo que mostra as partes principais. A guia mecânica, o sensor de torque e de aquisição de dados.

Tabela 1. Principais características do dispositivo protótipo construído.

Descrição	Range
Range de microtorque	0 - 100 Ncm
RPM (controlado eletronicamente)	0 - 200 RPM CW / CCW
Micro controlador facilmente programável	Família Arduino Atmel
Alta precisão da peças	H7

CW - a favor do movimento do relógio; CCW contra o movimento do relógio

### *A barra micro-torque e os componentes eletrônicos de medição*

Durante o desenvolvimento do protótipo vários materiais e dimensões foram usados na construção da barra de micro-torque. Na Fig. 5 é mostrado strain gage colado a uma barra de micro-torque cilíndrica. Um mandril, que detém ferramenta ou chave de inserção e partes que suportam o sistema de medição, também podem ser vistos.

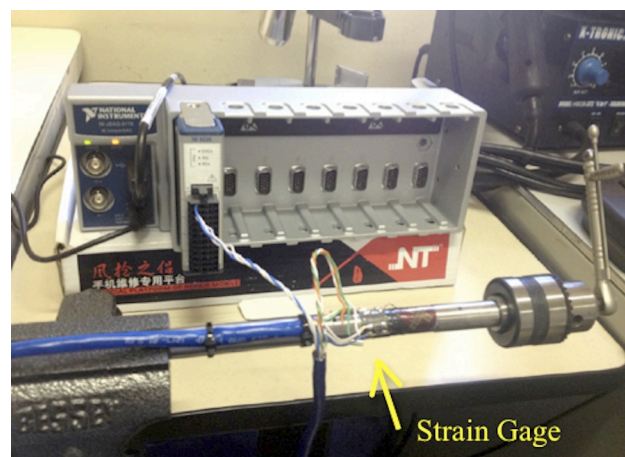


Figura 5. A barra de micro-torque cilíndrica utilizada e acessórios.

A liga de alumínio AlSi AA 5052 foi utilizada na construção do barra de micro-torque descrito neste artigo. O valor conhecido para o módulo de elasticidade da liga de alumínio é 70,0 GPa (Polmear<sup>8</sup>, 1989). Um esboço dos componentes da barra micro-torque é mostrado na Fig. 6.

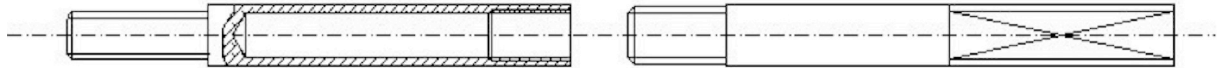


Figura 6. Um esboço do barra de micro-torque e componentes é mostrado. A peça é em duas partes, lado esquerdo é um tubo de alumínio de parede fina e um suporte maciço no lado direito.

### ***Strain gage***

Os extensômetros *strain gage* são amplamente utilizados para a determinação das deformações em estruturas, quer na indústria ou em pesquisa e desenvolvimento. O princípio de funcionamento do *strain gage* relaciona uma variação da resistência elétrica à tensão aplicada a ele. Em termos práticos, uma vez que o *strain gage* está ligado à superfície do material, vai responder a deformação aplicada ao material variando a sua resistência elétrica. Desde que a deformação e tensão estão linearmente relacionadas na porção elástica da curva de tensão x deformação, não é difícil relacionar uma resistência elétrica medida do *strain gage* com uma tensão aplicada ao material ao qual se encontra colado. Se a forma e dimensões da peça ou parte geométrica é conhecida, então a relação entre a resistência elétrica e força ou micro-torque a pode ser encontrada.

No protótipo em desenvolvimento no presente artigo, os autores determinaram o micro-torque de torção como uma função da resistência elétrica de um *strain gage* colado a uma barra cilíndrica, submetida a uma deformação cisalhante ou deformação angular.

### ***A ponte Wheatstone***

Desde que a variação da resistência elétrica nos *strain gages* em função da deformação mostra sinal de nível baixo, a medição é o melhor feita com uma ponte de Wheatstone. A ponte de Wheatstone é um circuito elétrico configurado com quatro resistências. Fazendo referência à Fig. 7, quando uma voltagem de entrada é aplicada aos pontos (A) e (C), duas condições diferentes são de interesse. Em primeiro lugar, quando todos

os resistores tem o mesmo valor, a voltagem através de pontos (B) e (D) é zero. Quando um dos resistores tem um valor diferente, a voltagem através de (B) e (D) é diferente de zero e é mais fácil de medir a níveis baixos do que os valores baixos de resistência. Na verdade os ohmímetros se baseiam na queda de voltagem através de uma resistência, quando uma corrente eléctrica é aplicada ao mesmo. Para tornar as coisas práticas, a extensometria por *strain gage* usa um *strain gage* como uma das resistências da ponte de Wheatstone. O resultado é que a força ou tensão é determinada em função de uma voltagem medida através da ponte de Wheatstone. Normalmente, a voltagem está dentro da gama milivolt e para fins de normalização é expressa em mV/V, em que V é a tensão de entrada aplicada a ponte de Wheatstone (Ceoni et al<sup>9</sup>, 2012).

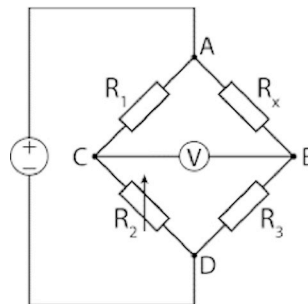


Figura 7. Desenho esquemático da ponte Wheatstone clássica mostrando seus componentes principais e pontos de medição.

### ***National Instruments instrumentos virtuais e hardware***

Devido à baixa nívelde voltagem observado na resposta do *strain gage* ao micro-torque aplicado, um chassis da National Instruments CompactDaq® foi escolhido para ser o sistema de aquisição de dados. Um módulo de um quarto de ponte NI 9235 de 8 canais permitiu atingir amostragens a 10 kS/s com resolução de 24 bits, ligado a um *strain gage* do tipo KFC-10-D16-11. O sistema de aquisição de dados foi completado com o ambiente gráfico de programação LabVIEW®. Um filtro de Bessel foi aplicado ao sinal de entrada a 1 MHz, que foi, em seguida, registrado em arquivo para análises posteriores.

### ***Barra de micro-torque com movimento linear preciso e acionamento mecânico do suporte de amostras***

A montagem mecânica do dispositivo proporciona um movimento linear da barra de micro-torque, por meio de uma guia linear. A rotação do suporte da amostra é realizada fixando-a à uma estrutura de base/amostra cilíndrica tipo tubo. O suporte de amostra é colocado na extremidade de um eixo acoplado por meio de uma junta flexível. Este eixo é

eixo suportado por rolamentos de precisão. Na outra extremidade do eixo um conjunto de engrenagens proporciona uma redução de 19,58:1 com a rotação de um motor de passo unipolar.

### ***Motor a passo e interface eletrônica programável***

Um microcontrolador Atmel AVR foi escolhido como o controlador de drive do motor de passo, interfaceado através de uma ponte de Schotky. A fim de completar o conjunto, foi desenvolvida uma aplicação que permite o controle da velocidade do motor e da sua orientação, bem como a capacidade de receber sinais externos do sistema de aquisição de dados. Uma tela LCD exibe as principais informações da operação.

### ***Teste e validação do dispositivo protótipo***

Para a validação do funcionamento e aplicabilidade do dispositivo em fase de desenvolvimento, o protocolo seguinte foi proposto e testado: definição do material do suporte de amostra e as suas dimensões; tipo de implante e protocolo de inserção; tipos de pilares; marcas e protocolos de inserção; procedimento de calibração - curva de micro-torque contra mV/V; torqueamento e detorqueamento dos pilares e os suas respostas características.

O poliacetal ou polioximetileno foi escolhido como material de suporte de amostras, devido à sua rigidez, baixo atrito e excelente estabilidade dimensional. Os nomes comerciais para o poliacetal incluem Delrin, Celcon, Ramtal, Duracon, Kepital e Hostaform entre outros. O suporte de amostras é de 22 mm de diâmetro e 20 mm de comprimento para cumprir com as necessidades de outros procedimentos experimentais há serem publicados. Os implantes que foram utilizados na parte experimental foram família "Pross Dabi Implantes" é são os mesmos usados em pacientes reais.

Foram utilizados dois tipos de pilares cônicos tipo Morse no procedimento experimental: pilar sólido e pilar indexado. A escolha foi feita para fornecer dados de torque em dois sistemas significativamente diferentes de pilares. As Figs. 1a e 1b contêm imagens das seções transversais do sistema. É importante notar que, no sistema de pilar sólido a superfície de contacto entre o pilar e o implante engloba o cone Morse produzindo uma fricção cisalhante entre eles, isto porque a ponta aparafusada do pilar é parte solidária do próprio cone. Para o pilar do sistema de indexado, no qual o parafuso é colocado através do cone, pressionando-o contra os implante. o atrito ocorre entre a rosca e o encosto do parafuso no pilar.

Um procedimento de calibração foi elaborado utilizando um conjunto de pesos com massas conhecidas. O procedimento consistiu em pendurar na ponta de uma barra com comprimento conhecido estes pesos. O ângulo de deflexão horizontal foi registrado para cada peso juntamente com o sinal gerado pelo *strain gage* da barra de micro-torque. A precisão dos dados experimentais foi utilizada para derivar a precisão da barra de micro-torque pelo método de propagação de incertezas. Os resultados estão resumidos na Tab. 2. O micro-torque aplicado e o sinal de medida são apresentados nas primeira e terceira colunas enquanto a segunda e quarta colunas contêm as incertezas derivadas para cada sinal medido, respectivamente.

Tabela 2. Torque aplicado em Ncm, contra o sinal do strain gage na barra de micro-torque mV/M.

Torque aplicado Ncm	Incerteza na medida de torque Ncm	Sigal medido mV/V (atribuído à deformação de cisalhamento barra de torque)	Incerteza no signal medido mV/V
13,19	0,19	0,0006540	0,000005
15,77	0,08	0,0006520	0,000005
23,82	0,12	0,0006410	0,000005
31,86	0,16	0,0006310	0,000005
39,95	0,20	0,0006205	0,000005
47,90	0,24	0,0006100	0,000005
56,03	0,28	0,0006010	0,000005
64,10	0,32	0,0005905	0,000005
72,15	0,36	0,0005805	0,000005
80,68	0,40	0,0005700	0,000005

Na Fig. 8 o micro-torque medido pelo *strain gage* em mV/V é plotado graficamente contra a micro-torque em Ncm aplicado na barra e é utilizado como uma curva de calibração para o dispositivo do protótipo, no momento das experiências. É importante notar que, se qualquer modificação geométrica é feita na barra micro-torque e as suas partes associadas uma nova calibração deve ser realizada.

Uma vez que o processo de calibração é executado e a relação entre o sinal medido micro-torque e é estabelecido, é possível iniciar a experimentação com pilares reais. Na curva da Fig. 8 deve ser notado que as barras de incerteza, tanto para o micro-torque aplicado e o sinal de *strain gage* não são mostrados devido ao seu pequeno valor.

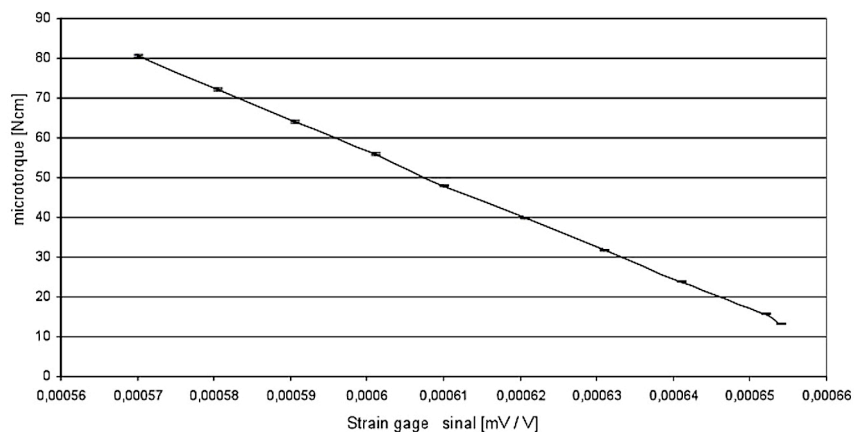
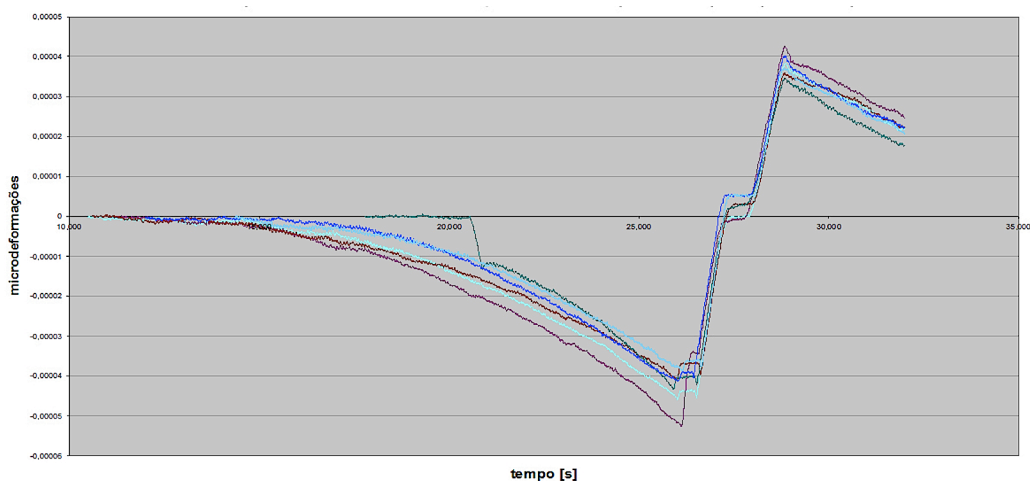


Figura 8. O sinal do *strain gage* de barra de micro-torque em mV/V, é representado graficamente contra o micro-torque em Ncm aplicado e foi utilizado como uma curva de calibração para o dispositivo do protótipo.

Por uma questão de investigação da evolução temporal do comportamento do micro-torque durante a inserção e remoção dos pilares para dentro e para fora do implante, dois conjuntos de experiências foram planejadas um para cada tipo de pilar. Os conjuntos de experimentos foram monitorados continuamente e torque e detorque de seis pilares sólidos e sete pilares indexados foram feitos. O micro-torque máximo aplicado foi de 20 Ncm ou 0,000645840 mV/V de sinal no *strain gage* da barra de micro-torque.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de dois conjuntos de experiências estão resumidos na Figs. 9 e 10. Foram analisadas as curvas de evolução no tempo decorrido com o micro-torqueamento e o micro-detorqueamento. Os resultados mostram claramente impressões digitais de sinal para cada tipo de sistema de pilares.

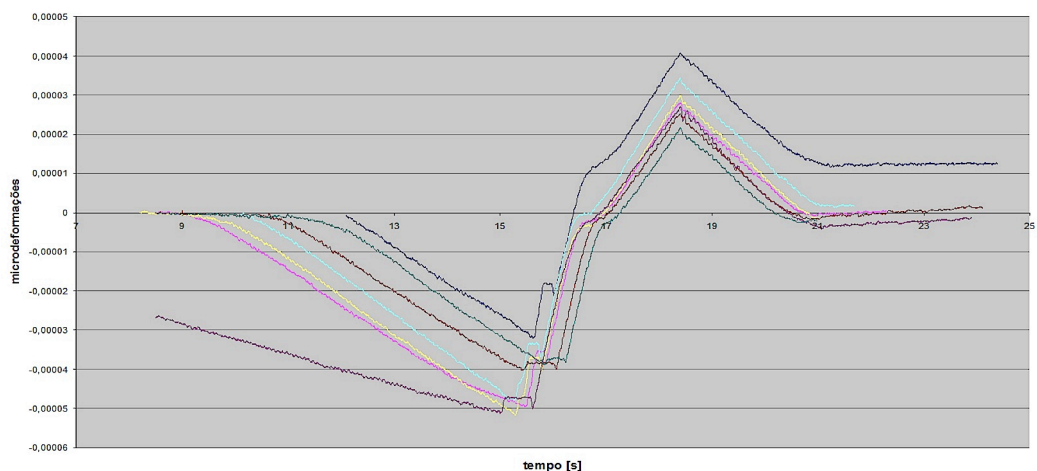


Quantidade	Valor	Quantidade	Valor
Sinal médio máximo do strain gage mV/V	-4,33634 E-05	Sinal médio máximo do strain gage mV/V	3,77092 E-05

Desvio padrão mV/V	4,9834 E-06	Desvio padrão mV/V	2,93986 E-06
Microtorque Ncm	-65,48	Microdetorque médio Ncm	56,94
Desvio padrão Ncm	7,52	Desvio padrão Ncm	4,44

Figura 9. Evolução das curvas de torque e destorque para o pilar tipo sólido. Os valores médios e o desvio-padrão são mostrados.

As discrepâncias observadas de microtorques máximos de inserção aplicados aos pilares, escolhido como 60 Ncm, é devido ao atraso de tempo para a inversão de rotação do pilar e não devido a qualquer falha do projecto. Para o sistema de pilares sólidos a discrepância do micro-torque foi de 11,5% e a discrepância do micro-detorque foi de 7,8%. Enquanto para o sistema de pilares indexados, a mesma discrepância foi de 12,0% e 12,9%, respectivamente.



Quantidade	Valor	Quantidade	Valor
Sinal médio máximo do strain gage mV/V	-4,60225 E-05	Sinal médio máximo do strain gage mV/V	2,71244 E-05
Desvio padrão mV/V	5,54089 E-06	Desvio padrão mV/V	4,27281 E-06
Microtorque médio Ncm	-69,49	Microdetorque médio Ncm	40,96
Desvio padrão Ncm	8,37	Desvio padrão Ncm	6,45

Figura 10. Evolução das curvas de torque e destorque para pilar tipo index. Os valores médios e o desvio-padrão são mostrados.

A partir da análise da curva mostrada na Fig. 11 para os pilares tipo sólido, os autores observaram que há um sinal de impressão digital típico para este tipo de encosto e que a curva pode ser dividida em três zonas diferentes. A zona de micro-torqueamento é caracterizada por um comportamento não linear entre micro-torque e tempo. Uma zona transitória que ocorre após a inversão sentido de rotação. E a zona destorqueamento. A não linearidade observada na zona de micro-torqueamento foi causada pelo atrito entre as duas superfícies cônicas do implante e pilar. A zona transiente tem o mesmo comportamento que a observada para o pilar indexado, o que indica que este comportamento é exclusivamente associado aos movimentos

intrínsecos dispositivo do protótipo, como mmelhor será visto adiante. No início há uma redução do micro-torque logo após o desligamento do movimento do motor de passo, e acredita-se estar associado a volta de passos do motor passo e a folga das engrenagens. Um período horizontal pode ser observado e representa o tempo entre a comutação do movimento micro-torqueamento até o início do movimento micro-destorqueamento. Segue-se duas linhas lineares que estão relacionados com o comportamento intrínseco do acoplamento elástico entre o eixo motor e o suporte de amostra, tal como explicado anteriormente, e é também uma característica do dispositivo de protótipo. A zona micro-destorqueamento da curva mostra um pico que está associado à remoção da interferência de fricção entre as superfícies de cone do implante e pilar seguido pelo detorqueamento final da ponta aparafusada do pilar.

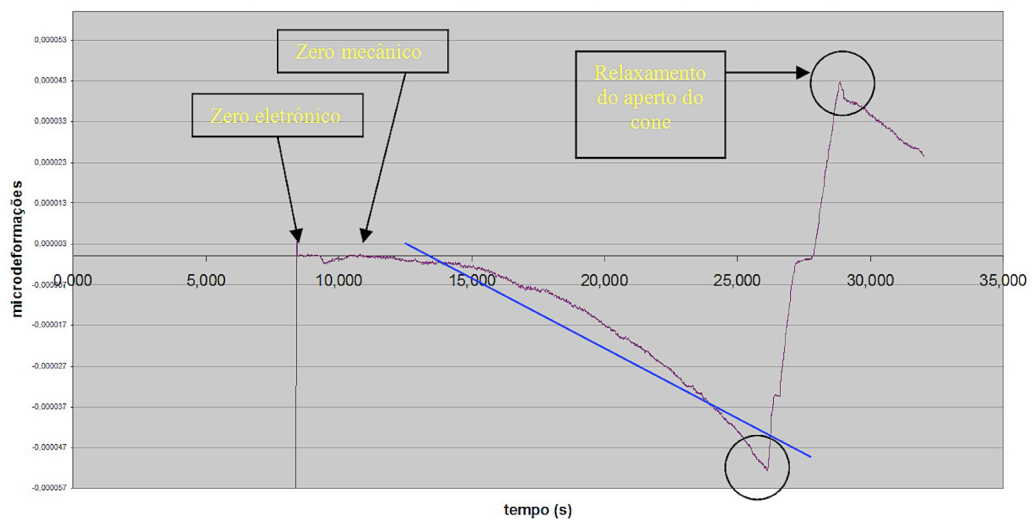


Figura 11. Impressão digital da evolução das curvas de torque e destorque para o pilar tipo sólido.

No sistema de pilares indexados, a curva mostrada na Fig. 12 apresenta a características de impressão digital de sinal. A zona transiente tem o mesmo comportamento observado no sistema pilares sólidos e de novo associadas com as características mecânicas do dispositivo de protótipo. A característica micro-torqueamento do pilar indexado é essencialmente linear e está associada ao micro-torqueamento de seu parafuso. A ligeira não-linearidade da zona de micro-torqueamento é devida ao esforço crescente necessário para inserir o pilar no implante, mas está longe de ser a não-linearidade observada no comportamento de encosto de aperto do pilar sólido. A zona de micro-detorqueamento não apresentam o pico característico observado no sinal característico dos pilares sólido. A curva é quase linear, porque o pilar permanece fixo no implante durante o micro-destorqueamento do parafuso, ao contrário do comportamento observado zona de micro-torque.

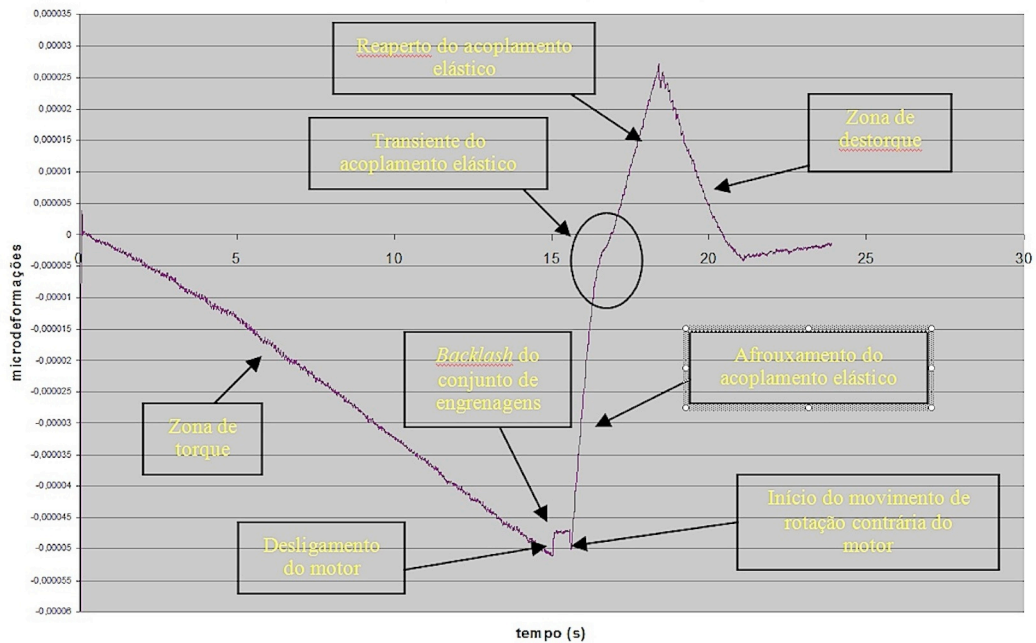


Figura 12. Impressão digital da evolução das curvas de torque e destorque para o pilar indexado.

#### 4. CONCLUSÃO

O projeto e construção de protótipo de dispositivo em fase de desenvolvimento e apresentado neste artigo, levou a um equipamento capaz medir o micro-torques para implante dentário e análise de inserção de pilares e avaliações de protocolos.

A reprodutibilidade foi avaliada e as medições mostraram uma elevada dependência da temperatura ambiente e do dispositivo. O sinal de impressão digital dispositivo é característica do conjunto indicando que o procedimento de calibração deve ser realizado após qualquer modificação geométrica ou mecânica.

O desenvolvimento do processo de medição, permitiu aos autores a análise da interação mecânica entre o implante e o pilar para dois sistemas diferentes. A correlação entre os fenômenos associados às impressões digitais de sinais indicam que o protocolo de medição desenvolvido pode ser estendido a outros sistemas de implantes/pilares e a outros fabricantes de sistemas.

Finalmente, a correlação entre a estabilidade dos pilares em pacientes reais e o comportamento dinâmico mastigatório, será facilitada com o dispositivo protótipo desenvolvido.

**AGRADECIMENTOS:** Os autore agradecem a CAPES e ao CNPq pelas bolsas de estudo outorgadas a Ceoni, F. C. e Nogueira E. J., respectivamente.

## REFERÊNCIAS

1. Lioubavina-Hack N, Lang NP, Karring T. Significance of primary stability for osseointegration of dental implants. *Clin Oral Implants Res.* 2006; 17:244-50.
2. Barewal RM, Oates TW, Meredith N, Cochran DL. Resonance frequency measurement of implant stability in vivo on implants with a sandblasted and acid-etched surface. *Int. J Oral Maxillofac Implants.* 2003; 18(5):641-51.
3. Standlee JP, Caputo AA, Chwu MJ, Sun TT. Accuracy of mechanical torque- limiting devices for implants. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.* 2002; 17(2):220-24.
4. Tan KB, Nicholls JI. The effect of 3 torque delivery systems on gold screw preload at the gold cylinder-abutment screw joint. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2002; 17(2):175-83.
5. Norton MR. Assessment of cold welding properties of the internal conical interface of two commercially available implant systems. *J. Prosthet Dent.* 1999; 81:159-66.
6. Elias CN, Figueira DC, Rios PR. Influence of the coating material on the loosening of dental implant abutment screw joints. *Mater. Sci. Eng. C. Mater. Biol. Appl.* 2006; 26: 1361-66.
7. Mucsi CS, Rossi JI, Jesus ERB, Aranha LC, Ceoni FC, Nogueira EJ. Desenvolvimentos de tecnologia e dispositivo para a medição de torque de fixação de elementos roscados. *Anais do CONCISTEC'14, 5º Congresso Científico da Semana Tecnológica - IFSP, 20-24 Oct. 2014, Bragança Paulista, SP, Brazil, 2014.*
8. Polmear IJ. *Light alloys, Metallurgy of the light metals.* 2<sup>nd</sup> Ed. New York, Chapman and Hall. 1989; p.3.
9. Cione FC, Rossi JL, Souza AC, Delijaicov S, Colosio MA. Residual stresses measurements using strain gages - aluminum wheels. *Mat. Sci. Forum.* 2012; vols. 727-28:1925-30.