



CATÓLICA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

UISEU

**COMPORTAMENTO DE DIFERENTES CHAVES DE TORQUE
USADAS EM PRÓTESE SOBRE IMPLANTES**

*Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para obtenção do
grau de Mestre em Medicina Dentária*

Jorge Daniel Almeida Macário

Viseu, 2022



CATÓLICA

FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

UISEU

COMPORTAMENTO DE DIFERENTES CHAVES DE TORQUE USADAS EM PRÓTESE SOBRE IMPLANTES

*Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para obtenção do
grau de Mestre em Medicina Dentária*

Jorge Daniel Almeida Macário

Orientador:

Prof. Doutor André Correia

Coorientador:

Mestre Filipe Araújo

Viseu, 2022

“Your talent determines what you can do. Your motivation determines how much you’re willing to do. Your attitude determines how well you do it.”

Lou Holtz

Dedicatória

Aos meus pais,

Pelo apoio e motivação destes cinco anos de aprendizagem, por colocarem os meus estudos em primeiro lugar, mesmo em momentos difíceis.

Por me cederem a oportunidade de estudar Medicina Dentária e, assim, completar um dos meus objetivos. Devo-vos a minha vida, obrigado!

Ao meu irmão, familiares e amigos,

Todos os que fizeram parte da minha vida e que me apoiaram constantemente e que acreditaram nas minhas capacidades!

Ao meu binómio, Camilo Cruz,

Por me acompanhar durante estes 5 anos, pelo apoio constante, pela equipa que formámos como alunos, como profissionais e como amigos. E pelas brincadeiras que nos manteve sempre unidos, mesmo nos momentos menos bons!

À Andrea Vázquez,

Por me ter motivado na realização deste trabalho e por ter estado sempre presente e disponível para qualquer dificuldade durante o meu percurso profissional e pessoal.

Agradecimentos

Ao meu orientador, **Professor Doutor André Correia**, pelo rigor e exigência. Pelos conhecimentos transmitidos que contribuíram para a minha progressão pessoal e profissional ao longo dos anos e para a realização deste trabalho.

Ao meu coorientador, **Mestre Filipe Araújo**, por acompanhar-me e incentivar-me ao longo deste trabalho. Pelos conhecimentos partilhados para a minha progressão pessoal e profissional.

Ao **Straumann Group**[®], nomeadamente **Straumann**[®] e **Medentika**[®], pelo material disponibilizado para a realização deste estudo.

À **minha família e amigos**, pelo apoio e incentivo que me acompanharam.

A todas as pessoas que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, um grande obrigado.

Resumo

Introdução: Os torquímetros, ou chaves de torque, são indispensáveis na reabilitação oral protética com implantes dentários. Existem vários tipos de torquímetros manuais, dos quais se destacam os *toggle-style* e os *spring-style*. O principal objetivo desta investigação foi analisar e avaliar o comportamento mecânico de dois torquímetros diferentes em prótese sobre implantes.

Materiais e Métodos: Para a realização deste estudo, foram utilizados dois torquímetros com sistemas dinamométricos diferentes, *spring-style* e *toggle-style*. O estudo para cada torquímetro foi efetuado em 3 mesas de trabalho, montadas cada uma com análogo, pilar *standard* reto e parafuso reto. Para cada torquímetro foram feitos 30 ciclos de aperto/desaperto para os valores pré-selecionados, 10, 20 N.cm e 35 N.cm., e anotado o valor medido por uma célula de medição de binário. Foi realizado um estudo estatístico descritivo e inferencial.

Resultados: Segundo a média, ambos os torquímetros apresentaram valores inferiores ao torque pré-selecionado, exibindo resultados significativamente diferentes. O mesmo se pode confirmar segundo a análise entre os dois sistemas *toggle-style* e *spring-style*, dado que ambos demonstraram ser significativamente diferentes. O *toggle-style* obteve sempre valores inferiores ao *spring-style*. No entanto, segundo a análise de variância, os dois torquímetros apresentaram semelhanças, tendo assim uma dispersão de torque similar.

Conclusão: Dentro das limitações deste estudo, podemos concluir que os dois torquímetros analisados apresentaram valores de torque inferiores aos pré-selecionados. Verificou-se também que o tipo de sistema mecânico do torquímetro também pode originar valores de torque distintos.

Palavras-Chave: Implantes dentários; Torque; Tensões mecânicas, Torquímetro

Abstract

Introduction: Torque wrenches are indispensable in a prosthetic oral rehabilitation with dental implants. There are several types of manual torque wrenches, of which *toggle-style* and *spring-style* stand out. The main objective of this research was to analyze and evaluate the mechanical behavior of two different torque wrenches used in a prosthetic oral rehabilitation with dental implants.

Materials and Methods: A laboratory study was carried out to test the mechanical behavior of two torque wrenches with different dynamometric systems, *spring-style* and *toggle-style*. For each torque wrench it was prepared 3 working tables with an analogue, straight standard abutment and straight screw. For each torque wrench, 30 tightening/loosening cycles were performed for the pre-selected values, 10, 20 N.cm and 35 N.cm, and recorded the value measured by a torque measurement cell. A descriptive and inferential statistical analysis was carried out.

Results: According to the average, both presented values lower than the pre-selected torque, showing significantly different results. The same can be confirmed according to the *toggle-style* and *spring-style* systems, since both proved to be significantly different. *Toggle-style* was always inferior to *spring-style*. However, according to the variance, the two torquemeters showed similarities, thus having a similar torque dispersion between them.

Conclusion: Within the limitations of this research, it can be concluded that the analyzed torque wrench systems presented inferior values to those pre-selected. Also, the type of dynamometric system can also give different torque values.

Keywords: Dental Implants; Torque; Mechanical stress; Torque wrench

Índice

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	SISTEMAS DE RETENÇÃO PROTÉTICA SOBRE IMPLANTES	4
1.2	CONCEITO MECÂNICO DE TORQUE	4
1.3	TORQUÍMETROS - DEFINIÇÃO	6
1.3.1	<i>Conceito de torque aplicado à reabilitação oral com implantes dentários</i>	7
1.3.2	<i>Tipos de torquímetros</i>	8
1.3.3	<i>Precisão dos torquímetros</i>	10
1.4	OBJETIVOS	11
2	MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1	CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	15
2.2	CARATERIZAÇÃO DA AMOSTRA	15
2.3	ENSAIO MECÂNICO DOS DIFERENTES TORQUÍMETROS	19
2.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	21
3	RESULTADOS	23
3.1	ENSAIO MECÂNICO	25
3.1.1	<i>Comparação dos torquímetros</i>	25
3.1.2	<i>Estatística inferencial</i>	27
4	DISCUSSÃO	31
4.1	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	36
5	CONCLUSÃO	39
5.1	CONCLUSÃO	41
6	REFERÊNCIAS	43
7	ANEXOS	47
7.1	ANEXO 1	49
7.2	ANEXO 2	52

Índice de Figuras

Figura 1 - Torquímetro do tipo toggle-style, da marca Medentika®.....	9
Figura 2 - Torquímetro do tipo spring-style, da marca Straumann®.....	9
Figura 3 - Mesas de trabalho com análogos, de Straumann® e de Medentika®, incluídos em estruturas com gesso tipo III	15
Figura 4 - Torquímetro toggle-style, parafuso protético, pilar reto (Medentika®) e chave de aperto.....	16
Figura 5 - Torquímetro spring-style, parafuso protético, pilar reto (Straumann®) e chave de aperto.....	16
Figura 6 - Torquímetro de bancada da PCE Instruments™, modelo PCE-CTT 2	17
Figura 7 – Material utilizado para a elaboração do estudo	18
Figura 8 - Esquema resumido do ensaio mecânico realizado no presente estudo.	20
Figura 9 - Comparação dos valores e da frequência dos valores de torque dos torquímetros. A. 1º ensaio. B. 2º ensaio. C. 3º ensaio.....	28

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Valores de torque, em N.cm, dos torquímetros toggle-style e spring-style após 30 apertos para os valores de torque 10, 20 N.cm e 35 N.cm	26
Tabela 2 - Dados obtidos após a aplicação do Independent-Sample T test para os torquímetros em estudo, relativamente à hipótese nula: " <i>Não há diferenças significativas entre os diferentes torquímetros, toggle-style e spring-style, para os mesmos valores de torque selecionados, independentemente do número de ciclos aplicados.</i> ", "Anexo 2"	27
Tabela 3 - One-Sample T test para as amostras relativamente ao valor pré-selecionado de cada ensaio, relativamente à hipótese nula: " <i>Não há diferenças significativas entre o valor de torque selecionado e os valores de torque obtidos independentemente do torquímetro testado e do número de ciclos aplicados</i> ", "Anexo 2"	29
Tabela 4 - Análise dos desvios padrões por meio do teste de Leven da hipótese nula: " <i>Não há diferenças significativas entre a dispersão dos valores de torque de ambos os torquímetros, toggle-style e spring-style</i> ", "Anexo 2"	30

Lista de Abreviaturas

ISO[®] - International Organization for Standardization[®]

FMD-UCP – Faculdade de Medicina Dentária da Universidade Católica Portuguesa

N.m – Newton por metro

N.cm – Newton por centímetro

1 INTRODUÇÃO

A reabilitação oral protética visa tratar o paciente desdentado, unitário, parcial ou total, com uma prótese que pode ser fixa ou removível. A maioria dos pacientes tem um grau de satisfação superior quando possuem prótese fixa em comparação com uma prótese removível, pelo facto de esta última ser mais afectada a problemas de suporte, estabilidade e retenção, particularmente no caso de desdentados totais. Por outro lado, uma prótese fixa, comparado com uma prótese removível, e dependendo do número de peças dentária a reabilitar, tem um custo mais elevado, pelo que não é acessível a todos os pacientes.⁽¹⁻³⁾

Na reabilitação com prótese fixa, e na ausência de dentes naturais que funcionem como dentes pilares, têm sido cada vez mais utilizados implantes dentários que funcionam como elementos de ancoragem/retenção da prótese.⁽⁴⁾

A implantologia é o termo utilizado para descrever a ciência que estuda a colocação de um material aloplástico biocompatível nos maxilares – o implante - que promove a retenção e o suporte da reabilitação com prótese dentária. Nos dias de hoje, a colocação de implantes é um tratamento dentário cada vez mais “comum”, e é uma opção ideal em pacientes com condições anatómicas propícias, com boa higiene oral, e com disponibilidade económica. Contudo, apesar de ser um tratamento com eficácia clínica e elevadas taxas de sucesso, não está isento de complicações, particularmente quando não é efetuado um correto diagnóstico e planeamento do mesmo.⁽⁴⁻⁸⁾

1.1 Sistemas de retenção protética sobre implantes

Na reabilitação protética, a retenção da prótese pode ser aparafusada ou cimentada. As vantagens e desvantagens destes dois sistemas tem sido um assunto muito discutido na literatura científica, tendo resultados díspares, pelo que o tipo de retenção da prótese é de livre eleição do operador, segundo as situações clínicas e preferências do mesmo.^(9, 10)

Por exemplo, nos casos em que o canal de acesso ao parafuso protético se encontra nas cúspides ou nos bordos incisais, as restaurações cimentadas são recomendadas, caso contrário este canal teria uma emergência em zona estética. No entanto, com os novos desenhos de chaves e parafusos que possibilitam a angulação do canal de acesso – sistemas de aparafusamento dinâmico – é cada vez mais possível aparafusar próteses em implantes angulados, sem comprometer a estética da reabilitação.^(11, 12) O aperto destes parafusos deve sempre respeitar os limites indicados pela marca comercial, pelo que deve ser sempre efetuado com recurso a uma torquímetro para garantir o aperto correto para que a coroa não desaperte e, de igual modo, não ultrapassar os limites mecânicos dos mesmos com um torque de aperto superior ao recomendado.⁽¹⁰⁾ As próteses aparafusadas têm a grande vantagem de poderem ser removidas sempre que necessário, p.ex., para alguma reparação da prótese, para reaperto de parafusos ou pilares protéticos, ou para a execução de uma correta higiene oral em consultório, sem a consequência de danificar a mesma (como pode acontecer nas próteses cimentadas).^(9, 10)

1.2 Conceito mecânico de torque

O torque é um parâmetro usado para medir a força de um movimento de rotação (torção), uma grandeza vetorial física. Um binário é um conjunto de forças, Vetores , que estão presentes quando se aperta o parafuso ou quando queremos confirmar o torque de inserção cirúrgica do implante. Quando apertamos o parafuso do implante, a mesma força de rotação que aplicamos é recebida na direção oposta da mesma. Este conjunto de forças opostas são importantes, uma vez que o módulo de elasticidade não é a mesma entre o osso

de contacto e o implante, ou entre o implante e o parafuso. Quando o limite do material com o módulo de elasticidade inferior é atingido pela força de torção, o material deforma ou fratura. As forças colocadas no torquímetro devem ser medidas com exatidão e precisão, Newton/centímetro (N.cm) em Medicina Dentária, uma vez que o sucesso do implante pode depender deste.^(13, 14)

Matematicamente, o torque depende de dois fatores, da força (F) e do braço do torquímetro, com a expressão $T = F \times Raio$. Normalmente, o braço do torquímetro encontra-se numa posição perpendicular em relação ao eixo de rotação parafuso, mas nem sempre se consegue obter uma posição perpendicular. Como anteriormente mencionado, pode haver pacientes que apresentem uma premaxila com muita angulação, que quando submetidos a uma reabilitação anterior fixa com implantes iria obrigar a que o parafuso de aperto da prótese fixa tivesse uma emergência vestibular com comprometimento estético. Uma solução que foi desenvolvida recentemente para evitar esta, é o uso de parafusos com um *design* especializado de forma a que se consiga obter um canal de acesso ao parafuso mais palatinizado que permita o aparafusamento da estrutura, e que designam por parafusos dinâmicos. Uma vez que o acesso do parafuso seja angulado, o torquímetro não se encontra a 90° em relação ao longo eixo do implante. Assim, o torque é expresso por $T = F \times Raio \times \sin(\alpha)$. Através desta expressão, quanto maior o comprimento do braço do torquímetro ($Raio$), maior é o torque, o que compensa a necessidade de uma força, (F) elevado no aperto do parafuso. Ao contrário da força e do raio, a angulação relativamente ao eixo de rotação do parafuso ($\sin(\alpha)$), esta pode interferir no aperto do mesmo, diminuindo o torque final.^(11, 12)

O torque exercido no parafuso também pode ser designado de pré-carga. A pré-carga é a primeira carga exercida no parafuso. Esta carga é determinada e recomendada pelos fabricantes de diferentes sistemas de implantes. A pré-carga tem como objetivo manter as roscas do parafuso firme e a cabeça do mesmo na base. Este alonga e coloca a haste e as roscas em tensão. Esta tensão que une a prótese e o implante, através de forças de aperto criadas pela recuperação elástica do parafuso, deve ser maior do que a força oposta que atua para a separação do implante da coroa. Esta é afetada por vários fatores: a magnitude do torque aplicado; o desenho da cabeça e da rosca e o número de

estrias da rosca do parafuso; a composição do metal; o diâmetro e a superfície do parafuso.⁽¹⁵⁻¹⁹⁾ Como componente favorável no aperto dos parafusos, segundo Jorn D. *et al.*⁽²⁰⁾, a saliva, um lubrificante natural, pode diminuir a fricção dos componentes protéticos e, por sua vez, diminuir deformações do implante, do parafuso e do pilar.

A velocidade do movimento do aperto e o tipo de movimento, se contínuo ou intermitente, também são fatores que podem influenciar os valores de torque obtidos. O recomendado é não realizar o movimento de aperto seguido, mas sim uma pequena pausa ao chegar aos 80% de torque desejado e, de seguida, os últimos 20%. Um estudo que analisou a velocidade do movimento, entre as velocidades rápido, médio e lento comprovou que a velocidade do movimento pode influenciar no torque obtido e concluiu que movimentos rápidos, com ou sem pausa, deviam ser evitados.⁽²¹⁾

1.3 Torquímetros - definição

O torquímetro, chave de torque ou chave dinamométrica, é um instrumento utilizado pelo Médico Dentista que permite o controlo do torque/binário quando este deve ser aplicado nas reabilitações orais com recurso a implantes dentários e seus componentes. Tem como função, em Medicina Dentária, apertar e medir o torque de parafusos protéticos e do implante dentário, uma vez que com um aperto manual o Médico Dentista não tem a percepção dos valores de forma quantitativa. Este sistema dinamométrico pode ser diferente de marca para marca, mas todos devem ser de fácil manuseamento e utilização em ambiente clínico. Tem a forma de alavanca, com marcações exatas de valores de torque, de modo a que sejam respeitadas as propriedades mecânicas dos materiais em que são utilizados.^(16, 17)

Os torquímetros manuais são dependentes da nossa força para apertar, ou seja, não têm nenhum sistema digital ou rotativo automático. Com isto, o torquímetro deve ter um sistema dinamométrico sensível à força que o operador utiliza no aperto e, em alguns modelos, ativar um bloqueador de força exercida, ou seja, quando atinge o valor de torque requerido ou crítico, o sistema impede a rotação da chave com valores maiores do que o selecionado. Por outro lado,

existem modelos de torquímetros em que apenas tem um sistema de medição do valor de torque que exercemos sem qualquer tipo de bloqueio de segurança, o que nos permite decidir, na hora do aperto, uma alteração de torque que inicialmente desejávamos, apesar de que essa alteração apenas pode ser realizada num sentido crescente.^(17, 22)

No entanto, torquímetros manuais também têm as suas desvantagens. Estes carecem na uniformidade do seu uso por diferentes operadores. Isto é, dependendo do operador e da sua experiência, torquímetros manuais são propensos a erros. Um estudo⁽²³⁾ para avaliar o torque gerado por torquímetros manuais, verificou que se obtiveram grandes intervalos de torque para 10, 20 N.cm e 32 N.cm, intervalando de 0,7 a 18,1 N.cm, de 1,4 a 33,7 N.cm e de 8,2 a 36,2 N.cm respetivamente. Para o torque requerido foram obtidos diferentes valores de torque exercidos. É de constatar que estes torquímetros deveriam ser calibrados de forma a diminuir desvios maiores do torque selecionado. ⁽¹⁵⁾

Para contornar as desvantagens dos torquímetros manuais, foram desenvolvidos dispositivos de torque eletrónicos capazes de fornecer bons resultados de fiabilidade e precisão. Estes exercem os valores de torque selecionados pelo operador, não sendo, portanto, dependentes da destreza e experiência do operador.⁽²²⁾

1.3.1 Conceito de torque aplicado à reabilitação oral com implantes dentários

O sucesso clínico de manter a conexão dos componentes protéticos depende, principalmente, do torque aplicado ao parafuso. O torque é diretamente proporcional às condições mecânicas necessárias para manter a prótese imóvel e oferecer a melhor estabilidade dos implantes e componentes protéticos. Mas devido às propriedades mecânicas dos componentes protéticos, existem limites de torque para não deformar permanentemente os componentes ou mesmo fraturar. Normalmente, os fabricantes indicam valores de torque recomendados para os seus produtos em função do desenho dos mesmos, e material em que são executados.⁽¹⁷⁾ Todos os materiais têm um módulo de elasticidade que varia dependendo da composição do mesmo. O torque

recomendado, teoricamente, é o necessário para atingir 75% do momento da sua deformação permanente. É estimado que, os valores recomendados de torque variam entre 20 N.cm e 35 N.cm para a maioria dos fabricantes. Siamos G. *et al.*⁽¹⁹⁾ concluíram, no seu estudo, que um torque maior que 30 N.cm é benéfico para a estabilidade do implante-pilar, visto que este é o objetivo do operador para obter a pré-carga adequada. Concluíram, também, que depois da primeira carga, ao passar 10 minutos, devia ser feito como rotina, na conexão do implante-pilar, um reaperto com o mesmo valor de torque inicialmente exercido para superar o relaxamento de incorporação, ou relaxamento de tensão (*embedment relaxation*).⁽¹⁹⁾

Uma vez que, existem vários tipos de parafusos com uma diversidade de composições metálicas e desenhos, foi registado na literatura um intervalo de valores de torque de aperto de 12,4 N.cm a 83,8 N.cm.⁽¹⁷⁾

Segundo a norma de *International Organization for Standardization ISO*[®] 6789-1, um certo desvio do valor de torque desejado é aceite. A recomendação standard do desvio máximo relativo dos instrumentos de torque pode ser de $\pm 6\%$, até $\pm 10\%$ na literatura dentária.⁽²¹⁾

1.3.2 Tipos de torquímetros

Atualmente, o Médico Dentista tem vários torquímetros com diferentes sistemas dinamométricos e com diferentes válvulas de segurança à sua disposição no mercado, a preços mais acessíveis do que torquímetros eletrónicos.

1.3.2.1 Toggle-Style – Clicker

O torquímetro *toggle-style*, *clicker* ou de estalo, é um dos mais utilizados, **Figura 1**. Consiste na seleção de um valor de torque, incorporado no interior do braço do torquímetro numa escala com marcação graduada dos valores de torque, e, após aplicar uma força que atinja o torque crítico, através de uma mola limitadora e uma dobradiça perto da zona onde se insere a chave, o braço dobra, bloqueando a ação de aperto do mesmo. Este torquímetro oferece ao Médico

Dentista uma percepção do valor crítico, que, pelo sistema de segurança, ajuda a não ultrapassar o nível de torque e sobreapertar o parafuso.^(22, 24, 25)



Figura 1 - Torquímetro do tipo *toggle-style*, da marca *Medentika*®

1.3.2.2 Spring-Style – Beam ou de Feixe

Torquímetro *spring-style*, beam, de feixe ou de deflexão, como o *toggle-style*, é um dos mais usados e dos mais sensíveis, **Figura 2**. O sistema dinamométrico encontra-se no exterior. A seleção do torque não é fixo, ou seja, não oferece a possibilidade de selecionar ou predefinir o valor de torque anteriormente à ação de aperto. Este dinamómetro possui uma haste metálica elástica que deflete consoante a quantidade de força exercida. À medida que apertamos o parafuso pela haste do dinamómetro, esta sofre uma curvatura, ou deflexão, dependendo do torque obtido. O objetivo deste sistema é apertar o parafuso até que a deflexão da haste se encontre com o valor da escala descrita que desejamos, uma vez que os valores indicados são os valores diretos e correspondidos à força exercida no parafuso. Este como não tem qualquer tipo de segurança ao atingir o valor crítico, depende totalmente da sensibilidade manual e visual do operador.^(24, 25)



Figura 2 - Torquímetro do tipo *spring-style*, da marca *Straumann*®

1.3.3 Precisão dos torquímetros

Com o passar do tempo, alguns materiais usados pelo Médico Dentista sofrem alterações. Um dos problemas relacionados com os torquímetros manuais é a descalibração do instrumento. Com a frequente utilização e com o tempo, estes instrumentos podem perder a precisão e requerem uma calibração.^(26, 27) A utilização da autoclave neste tipo de instrumentos também foi analisada de forma a verificar se o processo de esterilização influencia na precisão dos torquímetros. Segundo alguns estudos publicados^(26, 27), apesar de não serem suficientemente consistentes e esta relação necessitar de mais estudos, foram verificados resultados similares entre torquímetros novos e torquímetros sujeitos a sucessivo e cumulativo processo de esterilização

Vários estudos publicados⁽²⁸⁻³⁰⁾ pretenderam estudar a precisão dos vários torquímetros e, com o devido rigor, comparar os resultados com o tipo de torquímetro, segundo o seu sistema dinamométrico e o seu modelo, como também a velocidade de aperto. Para obter resultados, colocaram à prova mais de um tipo de torquímetro com valores de torque analisados individualmente. Contudo, todos os estudos afirmam que independentemente do modelo ou tipo de sistema dinamométrico, estes devem ser frequentemente calibrados, principalmente em instrumentos com mais de 3 anos de utilização.

1.4 Objetivos

O torque pode influenciar no insucesso da reabilitação protética com implantes devido a excessos ou insuficientes valores de torque efetuados no parafuso ou implante, e, uma vez que os torquímetros manuais estão também dependentes da destreza do Médico Dentista, verificar se têm um bom desempenho e fiabilidade pode ser um fator importante no momento de determinar a força exercida pelo operador para obtenção de bons resultados clínicos.

O objetivo geral deste trabalho foi analisar o comportamento mecânico de dois torquímetros (*toggle-style* e *spring-style*) utilizados na reabilitação implantossuportada. Como objetivos específicos pretendeu-se:

- Verificar se existe correspondência no aperto e respetivos valores de torques dos torquímetros usados na Clínica Dentária Universitária da FMD-UCP.
- Verificar se existe correspondência entre o valor de aperto e a escala descrita no próprio torquímetro submetido a teste, comparando com um torquímetro de bancada.
- Verificar se existem diferenças significativas entre os torquímetros submetidos a teste para os mesmos valores de torque seleccionados e ciclos aplicados.

De tal modo, foram formuladas as seguintes hipóteses nulas:

- H0: não há diferenças significativas entre os diferentes torquímetros, *toggle-style* e *spring-style*, para os mesmos valores de torque seleccionados, independentemente do número de ciclos aplicados.
- H0: não há diferenças significativas entre o valor de torque seleccionado e os valores de torque obtidos independentemente do torquímetro testado e do número de ciclos aplicados.
- H0: não há diferenças significativas entre a dispersão dos valores de torque de ambos os torquímetros, *toggle-style* e *spring-style*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do estudo

Estudo laboratorial, em ambiente pré-clínico dividido em duas fases. Numa primeira fase foram comparados valores de torque para dois torquímetros com mecânica diferente. Numa segunda fase os valores obtidos nos torquímetros foram analisados em comparação com o valor de torque medido num torquímetro de bancada (célula de carga calibrada).

2.2 Caraterização da amostra

Para a realização desta investigação, foram usados 8 análogos de implantes, 2 pilares *standard* retos e 6 parafusos (grupo Straumann®) para a elaboração de 6 mesas de trabalho, como representado na **Figura 7** de forma resumida.

Os análogos foram incluídos e fixados com gesso tipo III em estruturas, desenhadas em *software* e posteriormente elaboradas em liga de alumínio em laboratório próprio, **Figura 3**. A fixação dos análogos com gesso tipo III deve-se às suas propriedades de dureza e resistência elevadas que garante uma perfeita imobilização das peças incluídas, e a correta elaboração dos ensaios.



Figura 3 - Mesas de trabalho com análogos, de *Straumann*® e de *Medentika*®, incluídos em estruturas com gesso tipo III

Para apertar os pilares retos *standard* com o respectivo parafuso aos análogos foram selecionados dois torquímetros manuais, das marcas *Straumann*[®] e *Medentika*[®] (pertencentes ao *Straumann Group*[®]) e uma chave de aperto hexagonal, **Figura 4** e **Figura 5**. Os mesmos têm um uso frequente na Clínica Dentária Universitária superior a 2 anos. O torquímetro da *Straumann*[®] tem um sistema dinamométrico do tipo *spring-style*, enquanto que o da *Medentika*[®] tem um sistema dinamométrico do tipo *toggle-style*.



Figura 4 - Torquímetro *toggle-style*, parafuso protético, pilar reto (*Medentika*[®]) e chave de aperto



Figura 5 - Torquímetro *spring-style*, parafuso protético, pilar reto (*Straumann*[®]) e chave de aperto

Para medir de forma precisa e registar os valores de torque, foi também utilizado um torquímetro de bancada da *PCE Instruments*[™], modelo *PCE-CTT 2*. Este dispositivo tem a capacidade de medir as forças exercidas no parafuso com exatidão. Com uma precisão de 0,3%, a leitura é realizada com unidades de Newton/metro (N.m). A escala máxima é de 2 N.m e apresenta uma resolução de 0,001 N.m.



Figura 6 - Torquímetro de bancada da PCE Instruments™, modelo PCE-CTT 2

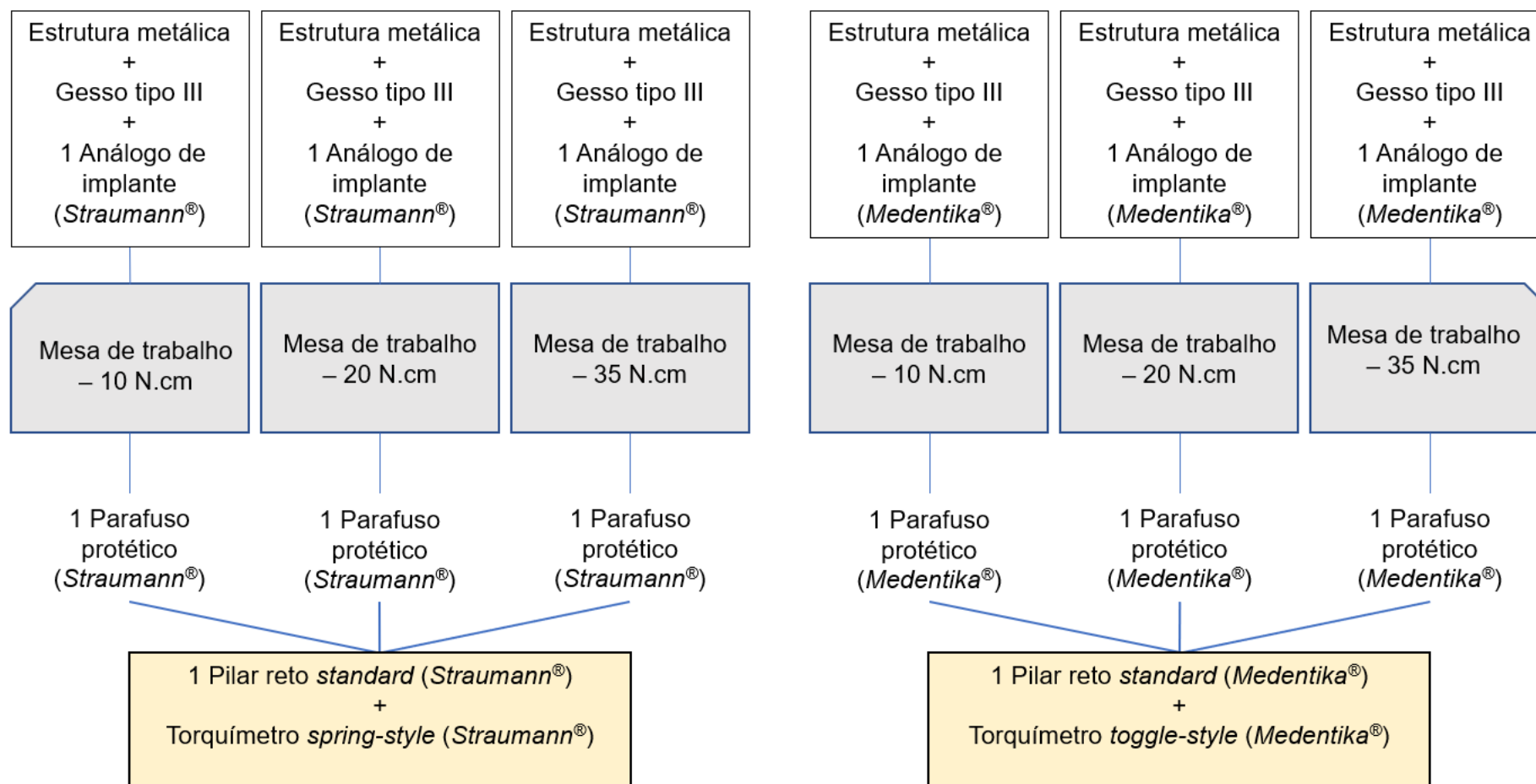


Figura 7 – Material utilizado para a elaboração do estudo

O torquímetro encontra-se certificado e calibrado (Anexo 1).

Como o torquímetro da *PCE instruments* regista valores usando como unidade o N.m (Newton/metro), foi necessário depois converter esses valores para N.cm (Newton/centímetro), pois os parafusos usados em implantologia na Medicina Dentária são apertados em N.Cm seguindo sempre as instruções do fabricante. Por exemplo, se o leitor do torquímetro de bancada registar um valor de 0,350 N.m, o valor em N.cm é 35,0 N.cm.

2.3 Ensaio mecânico dos diferentes torquímetros

Seguido da estabilização da mesa de trabalho no torquímetro de bancada, o parafuso foi apertado no mesmo com um torquímetro manual. Para cada torquímetro foram disponibilizadas 3 mesas de trabalho, dividindo assim em 3 ensaios. O primeiro ensaio para o valor pré-selecionado de 10 N.cm, o segundo ensaio para o valor pré-selecionado de 20 N.cm e o terceiro ensaio para o valor pré-selecionado de 35 N.cm, como representado na **Figura 8**.

Os valores de torque selecionados para este estudo foram valores recomendados pela maioria dos fabricantes, cujo valores intervalam entre 20 e 35 N.cm. No entanto, existem também, por exemplo *Neodent*[®], recomendações de 10 N.cm para o aperto de pilares de cicatrização e tampas de fecho. Assim, optámos por selecionar os valores de 10 N.cm, 20 N.cm e 35 N.cm no nosso estudo laboratorial.

Para cada valor de torque, 10, 20 N.cm e 35 N.cm, foi atribuído uma mesa de trabalho. Foram realizados 30 ciclos de aperto e desaperto em cada mesa de trabalho. Os parafusos protéticos foram apertados de forma a respeitar os valores descritos nos torquímetros para obter os valores 10, 20 N.cm e 35 N.cm, em adição, os apertos foram realizados de forma a cumprir um mínimo de quatro segundos de duração. O resultado de cada aperto detetado pela torquímetro de bancada foi registado. O ensaio mecânico terminou assim que cada torquímetro obteve 90 valores de torque de aperto.

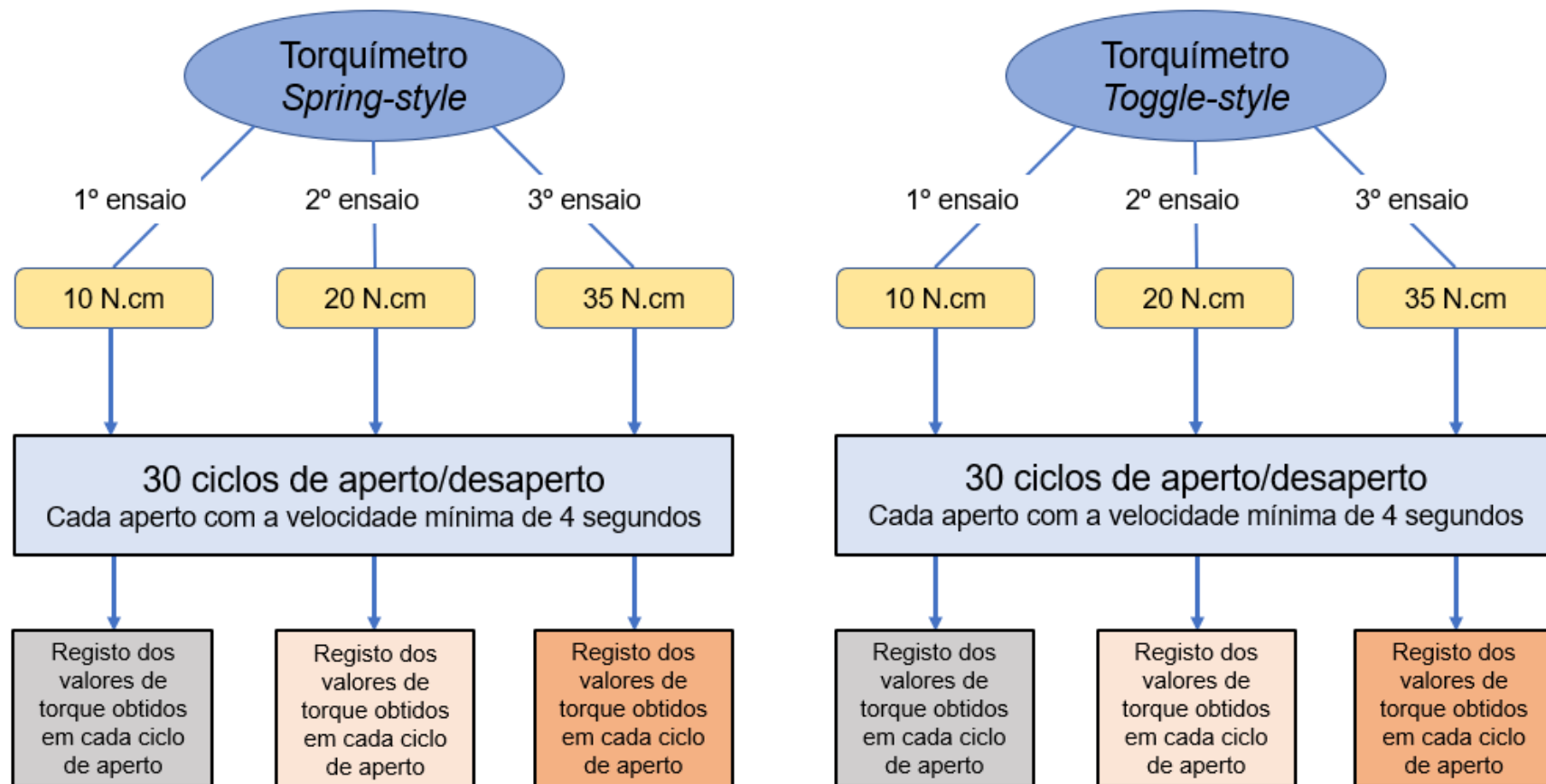


Figura 8 - Esquema resumido do ensaio mecânico realizado no presente estudo.

2.4 Análise estatística

Na recolha de dados, estes foram inseridos e organizados no programa *Microsoft Excel*[®] (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA). Para cada uma das variáveis quantitativas foi determinado o valor médio, como também o desvio-padrão e o valor máximo e mínimo, de maneira a permitir uma avaliação de cada amostra.

Os dados recolhidos foram, posteriormente, transferidos e as variáveis comparadas no programa *IBM SPSS*[®] (IBM Corporation, 2021, NY, USA).

Um 5% de nível de significância foi estabelecido, para que se considere que existem diferenças significativas entres as amostras, quando *p*-value for inferior a 5%, ou seja, $p < 0,05$.

Para comparar os torquímetros utilizados neste estudo recorreu-se ao *Independent-Samples T test*, com teste *Levene* incluído.

Para comparar o valor registado pela torquímetro de bancada com as amostras dos torquímetros do estudo foi aplicado o *One-Sample T test*.

3 Resultados

Os resultados apresentados seguem a ordem de procedimentos realizados, organizando-se assim em:

- Análise dos valores de torque: torque máximo e mínimo, média, desvio padrão dos 30 valores obtidos de cada valor de torque alvo (10, 20 N.cm e 35 N.cm) de cada torquímetro (*Straumann*[®] e *Medentika*[®])
- Comparação dos valores de torque obtidos dos torquímetros em teste.
- Comparação se os valores predefinidos usados nos torquímetros manuais, coincidem com os valores lidos/registados no torquímetro de bancada

3.1 Ensaio mecânico

3.1.1 Comparação dos torquímetros

Após o ensaio mecânico e recolha de dados de 30 apertos de cada torquímetro para cada valor de torque (10, 20 N.cm e 35 N.cm) (anexo 2) foram analisadas as médias, os desvios padrões, os mínimos e máximos, como representado na **Tabela 1**.

Pode-se observar que não se obtiveram valores semelhantes de torque entre os torquímetros utilizados. Os valores de aperto com o torquímetro *toggle-style* encontram-se sempre com valores abaixo dos valores do torquímetro *spring-style*, com pelo menos 1 N.cm de diferença ao comparar os valores máximos do torquímetro *toggle-style* com os valores mínimos do torquímetro *spring-style*.

No entanto, nenhum dos torquímetros atingiu o valor pré-selecionado de cada ensaio. Contudo o torquímetro *spring-style*, foi o torquímetro que apresentou uma média mais próxima do valor pré-selecionado de 10 N.cm com uma média de 8,8 N.cm e com um valor máximo de 9,7 N.cm obteve uma diferença de 0,3 N.cm de diferença em relação ao valor pré-selecionado.

Tabela 1 - Valores de torque, em N.cm, dos torquímetros *toggle-style* e *spring-style* após 30 apertos para os valores de torque 10, 20 N.cm e 35 N.cm

VALORES DE TORQUE DE APERTO						
	Torquímetro <i>spring-style</i>			Torquímetro <i>toggle-style</i>		
Valores de torque	1º Ensaio (10 N.cm)	2º Ensaio (20 N.cm)	3º Ensaio (35 N.cm)	1º Ensaio (10 N.cm)	2º Ensaio (20 N.cm)	3º Ensaio (35 N.cm)
Média	8,8	13,2	19,9	4,0	9,5	16,2
Desvio padrão	0,45	0,48	0,57	0,35	0,62	0,81
Valor Máximo	9,7	14,3	21,4	4,7	10,9	18,0
Valor Mínimo	7,8	12,0	19,1	3,4	8,3	15,0

O desvio padrão dos torquímetros foram similares entre os sistemas dinamométricos. O sistema *toggle-style* no primeiro ensaio obteve um desvio menor comparado com o *spring-style*. No entanto, no segundo e terceiro ensaios, o mesmo apresentou maior desvio padrão. De certo modo, ambos os torquímetros não ultrapassaram um desvio padrão de 1,0 N.cm.

À medida que o torque pré-selecionado foi aumentando, os valores obtidos manifestaram maior diferença entre os valores obtidos com os torquímetros e os valores pré-selecionados. Com uma diferença de 13,6 N.cm entre o valor máximo, 21,4 N.cm, e o pré-selecionado de 35 N.cm, no torquímetro *spring-style*, e uma diferença de 17,0 N.cm entre o valor máximo de 18,0 N.cm e 35 N.cm, no torquímetro *toggle-style*.

A média dos torquímetros e a sua diferença, manteve-se a mesma para o segundo e terceiro ensaio (20 N.cm e 35 N.cm), com uma diferença de 3,7 N.cm. Porém, no primeiro ensaio (10 N.cm) a diferença entre as médias dos torquímetros foi de 4,8 N.cm.

3.1.2 Estatística inferencial

De seguida, apresentamos os resultados da estatística inferencial efetuada para responder a cada uma das hipóteses nulas colocadas.

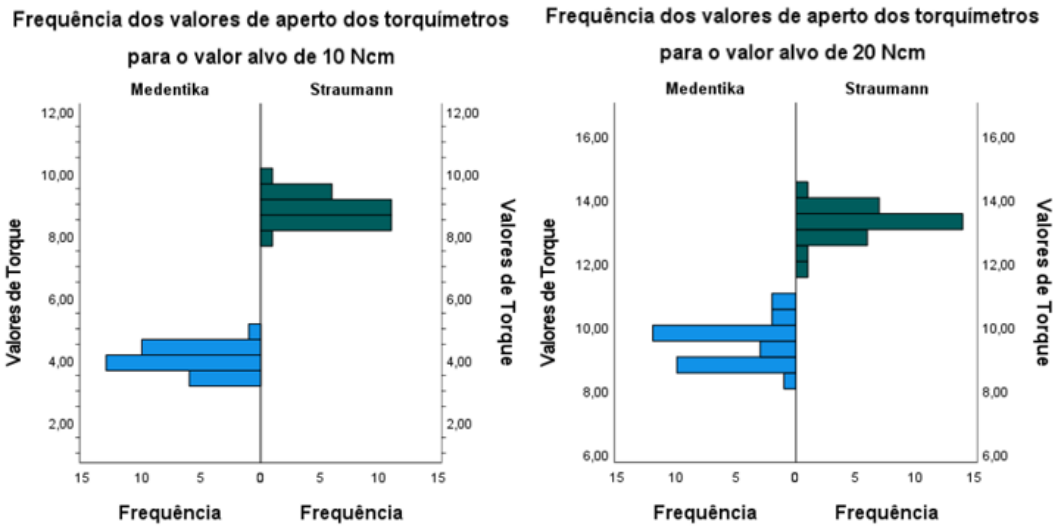
- **H0:** Não há diferenças significativas entre os diferentes torquímetros, toggle-style e spring-style, para os mesmos valores de torque selecionados, independentemente do número de ciclos aplicados.

Na **Tabela 2**, foi realizado um *Independent-Sample T test* para verificar se existem diferenças estatisticamente significativas entre os torquímetros, o qual podemos observar que para os três valores pré-selecionados (10, 20 N.cm e 35 N.cm), houve uma diferença significativa de $p < 0,05$, pelo que rejeita a H0. Existem diferenças significativas entre os valores de aperto dos torquímetros testados.

Tabela 2 - Dados obtidos após a aplicação do Independent-Sample T test para os torquímetros em estudo, relativamente à hipótese nula: "Não há diferenças significativas entre os diferentes torquímetros, toggle-style e spring-style, para os mesmos valores de torque selecionados, independentemente do número de ciclos aplicados.", "Anexo 2"

<i>Independent-Sample T test</i>		
Ensaio	<i>p-values</i>	Interpretação segundo H0
1º ensaio (10 N.cm)	<0,001	Rejeição H0
2º Ensaio (20 N.cm)	<0,001	Rejeição H0
3º Ensaio (35 N.cm)	<0,001	Rejeição H0

Podemos verificar, do mesmo modo, através **Figura 9**, a diferença marcante dos valores de aperto dos dois torquímetros em teste, sendo o sistema *toggle-style* o torquímetro com os valores mais baixos de torque registados.



C

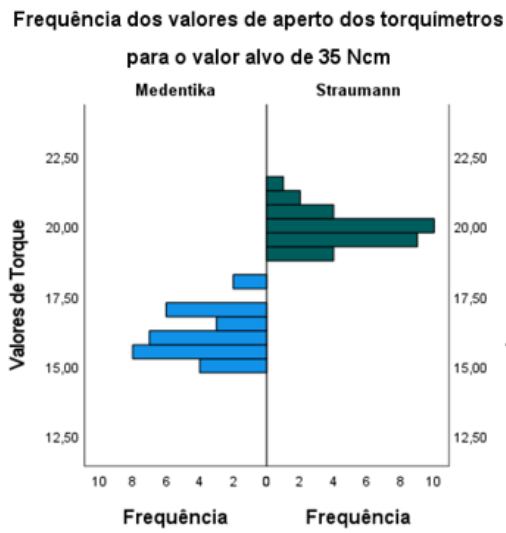


Figura 9 - Comparação dos valores e da frequência dos valores de torque dos torquímetros. A. 1º ensaio. B. 2º ensaio. C. 3º ensaio.

- **H0:** Não há diferenças significativas entre o valor de torque selecionado e os valores de torque obtidos independentemente do torquímetro testado e do número de ciclos aplicados.

Um *One-Sample T test* foi necessário para demonstrar se há diferenças significativas entre as amostras de cada torquímetro, de cada ensaio, e o valor definido como alvo (10, 20 N.cm e 35 N.cm) como representado da

Tabela 3. No entanto, H0 foi rejeitado para todos os ensaios de cada torquímetro, havendo, assim, diferenças significativas entre os valores de torque registados e os valores descritos nos torquímetros utilizado para este estudo.

Para que o valor de torque de aperto seja aceite, este tem de apertar com uma margem de erro de 10% do valor pré-selecionado de torque, assim, para um valor de 10 N.cm seriam aceitáveis valores de 9 N.cm a 11 N.cm, para um valor de 20 N.cm seriam aceitáveis valores de 18 N.cm a 22 N.cm e para um valor de 35 N.cm seriam aceitáveis valores de 31,5 N.cm a 38,5 N.cm. No entanto, apenas o torquímetro com o sistema dinamométrico *spring-style* no primeiro ensaio mecânico (10 N.cm) registou 12 apertos, representando 40% dos apertos, com valores dentro do intervalo teoricamente aceitável.

Tabela 3 - One-Sample T test para as amostras relativamente ao valor pré-selecionado de cada ensaio, relativamente à hipótese nula: “*Não há diferenças significativas entre o valor de torque selecionado e os valores de torque obtidos independentemente do torquímetro testado e do número de ciclos aplicados*”, “Anexo 2”

One-Sample T test			
Ensaio	Torquímetros	p-values	Interpretação segundo H0
1º ensaio (10 N.cm)	<i>Toggle-style</i>	<0,001	Rejeição H0
	<i>Spring-style</i>	<0,001	Rejeição H0
2º Ensaio (20 N.cm)	<i>Toggle-style</i>	<0,001	Rejeição H0
	<i>Spring-style</i>	<0,001	Rejeição H0
3º Ensaio (35 N.cm)	<i>Toggle-style</i>	<0,001	Rejeição H0

	Spring-style	<0,001	Rejeição H0
--	--------------	--------	-------------

- **H0:** Não há diferenças significativas entre a dispersão dos valores de torque de ambos os torquímetros, *toggle-style* e *spring-style*.

A qualidade de variâncias, através do teste de Levene, foi necessário de modo a verificar se há diferenças significativas entre os torquímetros para cada valor de torque ensaiado, 10, 20 N.cm e 35 N.cm, como representado na **Tabela 4**.

Tabela 4 - Análise dos desvios padrões por meio do teste de *Leven* da hipótese nula: "Não há diferenças significativas entre a dispersão dos valores de torque de ambos os torquímetros, *toggle-style* e *spring-style*", "Anexo 2"

Teste de <i>Levene</i>		
Valores submetidos a teste	<i>p</i> -values	Interpretação segundo H0
10 N.cm	0,130	Aceita-se
20 N.cm	0,103	Aceita-se
35 N.cm	0,070	Aceita-se

Segundo o teste *Levene*, **Tabela 4**, a diferença entre os torquímetros não é estatisticamente significativa, aceitando-se assim H0 (não há diferenças significativas entre a dispersão dos valores de torque de ambos os torquímetros, *toggle-style* e *spring-style*.), uma vez que apresenta *p*-values maiores do que 5%, isto é, $p > 0,05$. Sendo assim, os torquímetros submetidos a teste, apesar dos valores e da média serem significativamente diferentes, estes apertam num intervalo de erro semelhante.

4 Discussão

As reabilitações protéticas implantossuportadas são um meio terapêutico fiável. Contudo, existem várias razões pela qual estas reabilitações podem ser um insucesso ou apresentar desconforto para o paciente.

Nas reabilitações implantossuportadas nas quais as próteses são aparafusadas, estas podem disponibilizar vantagens, tais como, eficiência, fácil manuseamento, recuperável, sem cimento na zona periimplantar do tecido mole.⁽¹⁷⁾ No entanto, também existem desvantagens como a estética e ajustes oclusais das restaurações dos canais de emergência, a falta de simplicidade e o custo laboratorial.⁽³¹⁾

Uma desvantagem de grande importância nas próteses implantossuportadas que são aparafusadas é o desaperto dos parafusos protéticos. Vários estudos têm mostrado que este tipo de retenção protética tem uma grande propensão para o desaperto dos parafusos protéticos comparado com as cimentadas.⁽³¹⁾

Os torquímetros disponíveis no mercado para o aperto de parafusos protéticos não são todos iguais. Existe diferenças tanto no design como no sistema dinamométrico. São exemplos destes sistemas o *toggle-style* e *spring-style*.⁽²⁴⁾

Conforme explícito nos resultados deste estudo, nenhum dos torquímetros atingiu o torque exato dos torques alvo que foram predefinidos (10, 20 N.cm e 35 N.cm), **Tabela 1**. O mesmo se pode confirmar sobre a existência de diferença significativa entre os valores pré-selecionados e as amostras tal como apresentou a

Tabela 3. Diversos estudos^(25, 32, 33) relacionados com a precisão e exatidão de torquímetros também obtiveram resultados diferentes ao torque predefinido, sendo que no estudo de Vallee MC. *et al.*⁽³²⁾ todos os torques de aperto obtidos, de *toggle-style*, encontraram-se abaixo dos torques alvo o que corrobora os resultados obtidos neste estudo. Este fato de os valores de torque de aperto serem inferiores ao torque indicado no torquímetro de bancada pode ser

explicado pela suposição da possibilidade de os fabricantes quererem evitar o aperto excessivo dos parafusos protéticos, concedendo uma margem de erro.

Outros fatores, que segundo alguns estudos ⁽³⁴⁻³⁶⁾, podem influenciar o torque de aperto, são o tempo, o número de usos do torquímetro e da autoclavagem do mesmo. O frequente uso clínico destes materiais pode ser um motivo pelo qual o torque de aperto seja impreciso ou que tenha ligeiramente diminuído comparativamente a um torquímetro novo.

Durante o processo de esterilização os componentes dos materiais podem sofrer alterações devido a temperaturas muito altas, que por sua vez modifica o torque de aperto. Infelizmente, o número exato de esterilizações e uso dos torquímetros deste estudo é desconhecido, sabendo apenas que o seu uso é frequente com mais de dois anos. No entanto, é proposto por várias marcas comerciais que o torquímetro deve ser desmontado antes da esterilização e lubrificado, uma vez que pode aumentar corrosão dos componentes e, assim, afetar o torque final e a precisão.⁽³⁵⁾ Por outro lado a *International Organization for Standardization* (ISO[®]) tem como recomendação pela ISO[®] 6789-2:2017 que os torquímetros devem ser anualmente ou regularmente calibrados quando sujeitos a esterilizações frequentes.⁽³⁷⁾ A calibração dos torquímetros pode ser feita por algumas empresas de implantes, caso contrário deve-se contatar com o fabricante diretamente.^(28, 30) Os torquímetros utilizados neste estudo não têm sido calibrados regularmente segundo as normas ISO[®], o que apoia e justifica os valores obtidos neste estudo.

O operador que realizou o ensaio mecânico não tem experiência na área de reabilitação sobre implantes. Ao não ter experiência existe a possibilidade de o torque no momento de o aperto não estar no exato valor requerido na escala numérica descrita no torquímetro. Quando este se trata de um sistema dinamométrico *spring-style*, o qual não possui um sistema de segurança tipo click como o torquímetro *toggle-style* ou uma escala descrita de forma progressiva, dependendo da sensibilidade da destreza manual e visual e é subjetivo para o operador.⁽¹⁶⁾

Em adição, o inadequado manuseio dos torquímetros, desde a colocação da chave no parafuso protético, o apoio digital na cabeça do torquímetro para

manter a chave no parafuso protético, até à execução de força contínua na extremidade do braço respeitando os 4 segundos mínimos, uma vez que, segundo alguns estudos^(21, 28), a velocidade de aperto quando rápida pode diminuir o valor de torque principalmente nos torquímetros de tipo *toggle-style*. É fundamental constatar que um ângulo de 90° com o eixo dos componentes protéticos deve-se manter. No entanto o operador seguiu as instruções para um aperto adequado.

A combinação de alguns fatores anteriormente referidos pode ter interferido nos dados obtidos para que os mesmos tenham intervalado como valores inferiores aos torques alvo (10, 20 N.cm e 35 N.cm).

Com a análise estatística realizada para comparar os torquímetros utilizados neste estudo, resultou numa diferença significativa entre eles, **Tabela 2**. Apesar de ambos os torquímetros apresentarem valores consideravelmente inferiores ao torque alvo, ambas a médias das amostras dos diferentes sistemas dinamométricos foram diferentes. O torquímetro de *toggle-style* apresentou uma média inferior ao torquímetro *spring-style*, com uma diferença de média de 3,7 N.cm, para 20 e 35 N.cm, e de 4,8, para 10 N.cm. Contudo não se pode generalizar para a atividade clínica com os resultados obtidos neste estudo. Segundo o estudo de Sadr S. *et al.*⁽³⁸⁾, nem todos os torquímetros com um sistema *toggle-style* comportam-se da mesma forma. O seu estudo comparou o comportamento de três marcas comerciais diferentes antes e após 100 ciclos de esterilização com autoclave. O estudo obteve resultados diferentes entre eles. Um torquímetro diminuiu a média dos valores de aperto, um manteve a média e outro aumentou. Quanto ao torquímetro tipo *spring-style*, este, apesar de também apresentar uma média inferior ao torque alvo, obteve uma média superior ao sistema *toggle-style* e uma maior aproximação, entrando em concordância com este estudo. Esta diferença entre os dois sistemas foi confirmada em torquímetros novos sem nenhum uso por Vallee MC. *et al.*⁽³²⁾ obtendo 3 N.cm de diferença relativamente ao torque alvo, enquanto que *spring-style* manteve-se no intervalo de valores próximos ao pré-selecionado. Outro possível motivo seria relativamente ao tempo e frequência do uso e esterilização dos mesmos, no caso do uso e tempo clínico do torquímetro com o sistema *toggle-style* fosse maior do que do *spring-style*.

As variâncias dos torquímetros também foram comparadas para determinar se existe homogeneidade entre estes e se a precisão é igual. Conforme explicito nos resultados, **Tabela 4**, houve homogeneidade das amostras, isto é, ambos os torquímetros, apesar de médias diferentes, apresentaram variâncias semelhantes, o que se confirma que estes têm uma precisão semelhante. Dado estes resultados, caso os valores de aperto obtidos coincidissem com os valores pré-selecionados, era de esperar que os intervalos de valores de aperto variassem numa margem de erro mínima em relação aos valores alvo. Uma diferença significativa foi observada em vários estudos.^(25, 32, 39), que confirmam que existe uma maior precisão com os torquímetros de sistema *spring-style*, tendo um intervalo maior nos *toggle-style*. Este fenómeno não é influenciado pelo tempo e número de usos ou pelo número de esterilizações. No entanto estes fatores podem aumentar o intervalo de torque dos torquímetros, principalmente nos de tipo *toggle-style*. Contudo, apesar de não se verificar uma diferença significativa entre as variâncias dos torquímetros neste estudo, observou-se que com o aumento do torque alvo, foi diminuindo o nível de significância de $p=0,130$ a $p=0,070$. Ambos os torquímetros aumentaram o intervalo de torque conforme o aumento do torque alvo, mas, o sistema *toggle-style*, ampliou mais comparativamente com o sistema *spring-style*, estimando uma diferença de variância considerável se o torque alvo fosse maior do que 35 N.cm.

4.1 Limitações do estudo

Uma das limitações deste estudo que pode ter comprometido alguns dados segue-se na confecção das mesas de trabalho. Não foi utilizado nenhum método que assegurasse o posicionamento dos análogos dos implantes numa posição exata de 90° respetivamente à estrutura impressa pela impressora tridimensional e ao dinamómetro externo. A angulação do análogo pode ter consequências no torque de aperto. A escala descrita nos torquímetros é indicada para uma posição de 90° relativamente ao eixo do implante. Se uma angulação é confirmada, matematicamente, a expressão para o torque final é $T = F \times R \times \sin(\alpha)$, em que “ F ” é a força aplicada no torquímetro, “ R ” o comprimento do braço do torquímetro e “ $\sin(\alpha)$ ” a angulação relativamente ao eixo do

implante/análogo. Quanto maior o ângulo envolvido, maior a força necessária para atingir o torque de aperto requerido. Neste estudo, se houve alguma angulação dos análogos, o torque descrito nos torquímetros foi inferior aos torques alvos do estudo, e assim obtendo um torque inferior ao requerido.⁽¹²⁾

Uma outra limitação do estudo deve-se ao uso de torquímetros com uso clínico considerável. Para uma melhor comparação, os fatores tempo, número de usos e número de esterilizações deviam ser excluídos ao utilizar torquímetros novos, uma vez que estes fatores podem ter influenciado nos resultados deste estudo.

Para haver uma melhor comparação dos sistemas *toggle-style* e *spring-style* um número maior de torquímetros deveria ser usado e como também um maior número de ensaios para cada valor pré-selecionado para apresentar resultados mais consistentes.

A realização dos ensaios mecânicos não deveria ser realizada por um operador humano, uma vez que para um número elevado de apertos o operador pode ter expressado alguma fadiga manual ou psicológica no momento do aperto. Para contornar a situação, a utilização de um sistema automatizado ou indiretamente assistido poderá eliminar ou diminuir estes fatores.

O tempo de aperto foi de pelo menos quatro segundos, no entanto durante a realização do ensaio mecânico é possível que a velocidade do aperto não se mantivesse constante em todos os apertos e o mesmo pode ser diferente de operador para operador. Ou seja, para todos os apertos deveríamos ter usado a mesma velocidade de aperto, uma vez que os torquímetros de bancadas são sensíveis a este fator e, assim, evitar que este influenciasse nos valores de aperto obtidos. De forma a contornar esta limitação, um sistema automatizado ou indiretamente assistido seria necessário.

5 Conclusão

5.1 Conclusão

Dentro das limitações desta investigação, foi possível concluir que:

- os torquímetros deste estudo não atingiram o valor pré-selecionado dos ensaios mecânicos. No entanto, o torquímetro *spring-style* está mais próximo dos valores alvo comparado com *toggle-style*.
- dos sistemas testados, *toggle-style* e *spring-style*, o torquímetro que apresentou menor variância amostral e, assim, uma maior consistência dos valores de torque apesar de não haver uma diferença significativa entre estes foi o *spring-style*.
- Os torquímetros devem ser anualmente ou regularmente calibrados conforme as recomendações do fabricante para que os valores de aperto sejam iguais ou dentro dos 10% do pré-selecionado para que seja considerado aceitável.

6 Referências

1. Kern JS, Kern T, Wolfart S, Heussen N. A systematic review and meta-analysis of removable and fixed implant-supported prostheses in edentulous jaws: post-loading implant loss. *Clin Oral Implants Res.* 2016;27(2):174-95.
2. Peres MA, Lalloo R. Tooth loss, denture wearing and implants: Findings from the National Study of Adult Oral Health 2017-18. *Aust Dent J.* 2020;65 Suppl 1:S23-S31.
3. Ayuso-Montero R, Martori López E, Brufau de Barberá M, Ribera Uribe M. Prótesis removable en el paciente geriátrico. *Avances en Odontoestomatología.* 2015;31:191-201.
4. Oshida Y, Tuna EB, Aktoren O, Gencay K. Dental implant systems. *Int J Mol Sci.* 2010;11(4):1580-678.
5. Gowd MS, Shankar T, Ranjan R, Singh A. Prosthetic Consideration in Implant-supported Prosthesis: A Review of Literature. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2017;7(Suppl 1):S1-S7.
6. The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition. *J Prosthet Dent.* 2017;117(5S):e1-e105.
7. Jepsen S, Berglundh T, Genco R, Aass AM, Demirel K, Derks J, et al. Primary prevention of peri-implantitis: managing peri-implant mucositis. *J Clin Periodontol.* 2015;42 Suppl 16:S152-7.
8. Do TA, Le HS, Shen YW, Huang HL, Fuh LJ. Risk Factors related to Late Failure of Dental Implant-A Systematic Review of Recent Studies. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(11).
9. Silva GC, Cornacchia TM, de Magalhaes CS, Bueno AC, Moreira AN. Biomechanical evaluation of screw- and cement-retained implant-supported prostheses: a nonlinear finite element analysis. *J Prosthet Dent.* 2014;112(6):1479-88.
10. Assaf M, Gharbyeh AZA. Screw-retained crown restorations of single implants: A step-by-step clinical guide. *Eur J Dent.* 2014;8(4):563-70.
11. Swamidass RS, Kan JYK, Kattadiyil MT, Goodacre CJ, Lozada J. Abutment screw torque changes with straight and angled screw-access channels. *J Prosthet Dent.* 2021;125(4):675-81.
12. Hu E, Petrich A, Imamura G, Hamlin C. Effect of Screw Channel Angulation on Reverse Torque Values of Dental Implant Abutment Screws. *J Prosthodont.* 2019;28(9):969-72.
13. Hellingman C. Newton's third law revisited. *Physics Education.* 2000;27:112.
14. Serway R.A. JjJW. *Physics for scientists and engineers.* 6th ed. Brooks Cole. 2003;isbn 0-534-40842-7.
15. Alzahrani KM. Implant Bio-mechanics for Successful Implant Therapy: A Systematic Review. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2020;10(6):700-14.
16. L'Homme-Langlois E, Yilmaz B, Chien HH, McGlumphy E. Accuracy of mechanical torque-limiting devices for dental implants. *J Prosthet Dent.* 2015;114(4):524-8.
17. Misch CE. Principles for Abutment and Prosthetic Screws and Screw-Retained Components and Prostheses. In: *Dental Implant Prosthetics.* 2 ed Elsevier Mosby. 2015:724–52.
18. Piermatti J, Yousef H, Luke A, Mahevich R, Weiner S. An in vitro analysis of implant screw torque loss with external hex and internal connection implant systems. *Implant Dent.* 2006;15(4):427-35.
19. Siamos G, Winkler S, Boberick KG. Relationship between implant preload and screw loosening on implant-supported prostheses. *J Oral Implantol.* 2002;28(2):67-73.
20. Jorn D, Kohorst P, Besdo S, Rucker M, Stiesch M, Borchers L. Influence of lubricant on screw preload and stresses in a finite element model for a dental implant. *J Prosthet Dent.* 2014;112(2):340-8.
21. Wadhvani CPK, Frantz WT, Schoenbaum TR, Rosen PS, Nhan D, Chung KH. Effect of activation rate on output torque values from a dental implant toggle-style torque wrench. *J Prosthet Dent.* 2021.

22. Ko BD, Son K, Kang SH, Lee KB. Accuracy of different electronic torque drivers: A comparative evaluation. *J Adv Prosthodont.* 2019;11(6):350-7.
23. Goheen KL, Vermilyea SG, Vossoughi J, Agar JR. Torque generated by handheld screwdrivers and mechanical torquing devices for osseointegrated implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1994;9(2):149-55.
24. Neugebauer J, Petermoller S, Scheer M, Happe A, Faber FJ, Zoeller JE. Comparison of design and torque measurements of various manual wrenches. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2015;30(3):526-33.
25. Britton-Vidal E, Baker P, Mettenburg D, Pannu DS, Looney SW, Londono J, et al. Accuracy and precision of as-received implant torque wrenches. *J Prosthet Dent.* 2014;112(4):811-6.
26. Mahshid M, Saboury A, Fayaz A, Sadr SJ, Lampert F, Mir M. The effect of steam sterilization on the accuracy of spring-style mechanical torque devices for dental implants. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2012;4:29-35.
27. Yilmaz B, L'Homme-Langlois E, Beck FM, McGlumphy E. Effect of long-term steam autoclaving on changes in torque delivery of spring- and friction-type torque wrenches. *J Prosthet Dent.* 2016;115(6):718-21.
28. McCracken MS, Mitchell L, Hegde R, Mavalli MD. Variability of mechanical torque-limiting devices in clinical service at a US dental school. *J Prosthodont.* 2010;19(1):20-4.
29. Rajatihaghi H, Ghanbarzadeh J, Daneshsani N, Sahebalam R, Nakhaee M. The Accuracy of Various Torque Wrenches Used in Dental Implant Systems. *Journal of Dental Materials and Techniques.* 2013;2:38-44.
30. Wadhvani CPK, O'Brien R, Rosen PS, Chung KH. Testing and calibrating the mechanical-type toggle torque wrenches used in implant dentistry: A dental technique. *J Prosthet Dent.* 2020;123(3):403-7.
31. Schoenbaum T, Wadhvani C. Screw-Retained Versus Cement-Retained Restorations: Aesthetic Zone Options. *Dentistry today.* 2017;36.
32. Vallee MC, Conrad HJ, Basu S, Seong W-J. Accuracy of friction-style and spring-style mechanical torque limiting devices for dental implants. *The Journal of Prosthetic Dentistry.* 2008;100(2):86-92.
33. Albayrak H, Gumus HO, Tursun F, Kocaagaoglu HH, Kilinc HI. Accuracy of torque-limiting devices: A comparative evaluation. *J Prosthet Dent.* 2017;117(1):81-6.
34. Cehreli MC, Akça K, Tönük E. Accuracy of a manual torque application device for morse-taper implants: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004;19(5):743-8.
35. Mahshid M, Saboury A, Sadr SJ, Fayyaz A, Kadkhodazadeh M. The combined effect of dismantling for steam sterilization and aging on the accuracy of spring-style mechanical torque devices. *J Periodontal Implant Sci.* 2013;43(5):221-6.
36. Santos GC, Jr., Passos SP, Coelho Santos MJ. Accuracy of mechanical torque devices for implants used in Brazilian dental offices. *Int J Prosthodont.* 2011;24(1):38-9.
37. International Organization for S. ISO 6789-2:2017 Assembly tools for screws and nuts - Hand torque tools - Part 2: Requirements for calibration and determination of measurement uncertainty [Internet]. 2017 [cited 2021 Jun 6]. p. 41. Available from: <https://www.iso.org/standard/62550.html>.
38. Sadr SJ, Fayyaz A, Mahshid M, Saboury A, Ansari G. Steam sterilization effect on the accuracy of friction-style mechanical torque limiting devices. *Indian J Dent Res.* 2014;25(3):352-6.
39. Kazemi M, Rohanian A, Monzavi A, Nazari MS. Evaluation of the accuracy and related factors of the mechanical torque-limiting device for dental implants. *J Dent (Tehran).* 2013;10(2):112-8.

7 Anexos

7.1 Anexo 1

Documento de certificado e calibração do torquímetro de bancada.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of calibration

Número: TS21/21147

Number

Página 1 de 3 páginas

Page 1 of 3 pages

1999 Servincal S.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA Y CALIBRACIÓN

C/Kriptón 19 A - 47012 Valladolid. España

Tfno: +34 983 218 214

servincal@servincal.es

www.servincal.es

Servincal
Metrología y Calibración

OBJETO: TORCÓMETRO

Item

MARCA: PCE INSTRUMENTS

Mark

MODELO: PCE-CTT

Model

IDENTIFICACIÓN: Nº Serie: 40220091201

Identification

Código: --

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD CATOLICA PORTUGUESA

Applicant

ENTRADA DA CIRCUNVALÇÃO

3504 VISEU ,

FECHA/S CALIBRACIÓN: 09/11/2021

Date/s of calibration

Nº DE EXPEDIENTE: 29567

Expedient number

PRÓXIMA CALIBRACIÓN: (Establecida por el cliente)

Date Due

Signatario autorizado

Authorized signatory

Firmado digitalmente por: MANUEL PALAZUELOS JOSE ANTONIO - 09321575C
Motivo: Director Técnico de Servincal
Localización: Valladolid, España
Fecha y hora: 16.11.2021 12:37:11

José A. Manuel Palazuelos

Director Técnico

Fecha de emisión

Date of issue

10 de noviembre de 2021

Este certificado está firmado electrónicamente. Toda reproducción en papel se considerará una copia.

This certificate has been signed electronically. Any paper reproduction will be considered a copy.

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones recogidas en la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017.

Este documento garantiza la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales de los Instrumentos utilizados en el laboratorio para las calibraciones, así como la precisión metodológica de los procedimientos y las capacidades de medida del laboratorio.

Este certificado NO podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

This certificate is issued in accordance with the UNE-EN ISO/IEC 17025:2017.

This document assures traceability to national and international standards for instruments used in calibration laboratory, as well as methodological precision in procedures and the measurement capability of the laboratory.

This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory.

DATOS DEL EQUIPO A CALIBRAR

INSTRUMENTO: TORCÓMETRO
MARCA/MODELO: PCE INSTRUMENTS / PCE-CTT
IDENTIFICACIÓN: Nº Serie: 40220091201 Código: --
ALCANCE: 20,17 kgf.cm
RESOLUCIÓN: 0,01 kgf.cm
SOLICITANTE: UNIVERSIDAD CATOLICA PORTUGUESA
FECHA Recepción: 02/11/2021 FECHA/S Calibración: 09/11/2021

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

INSTRUMENTOS PATRÓN :	Nº SERIE:	Nº CERTIFICADO:
TORCÓMETRO	C.08.0370	185239
TERMOHIGROMETRO	181620943	SC21/7083
--	--	--
--	--	--
--	--	--

PROCEDIMIENTO: TS-PC-07-56

PROCESO DE MEDIDA:

La calibración se ha realizado tras dejar estabilizar el instrumento durante un periodo superior a 24 horas en condiciones de temperatura y humedad controladas.
El torcómetro ha sido calibrado en sentido horario , generando los momentos a través de patrones de masa y longitud, y tomando 5 valores repetidos a lo largo del alcance del equipo, como queda reflejado en las tablas siguientes.

TRAZABILIDAD:

La trazabilidad de las medidas efectuadas se refiere a nuestros patrones de referencia calibrados periódicamente en laboratorios nacionales o internacionales, acreditados o reconocidos por ENAC, o a través de laboratorios participantes en intercomparaciones del BIPM.

CONDICIONES AMBIENTALES:

TEMPERATURA (°C): 20 ± 2
HUMEDAD RELATIVA (%): < 60
PRESIÓN ABSOLUTA (PA):

LUGAR DE CALIBRACIÓN: Laboratorio Servincal

OBSERVACIONES:

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La Incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la Incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%. La Incertidumbre típica de medida se ha determinado conforme al Doc EA4/02.

Sentido horario:

<i>Nominal (kgf.cm)</i>	2,02	6,05	10,08	12,10	20,17
<i>Valores leídos (kgf.cm)</i>	2,01	6,05	10,09	12,11	20,18
	2	6,05	10,09	12,11	20,18
	2	6,05	10,09	12,11	20,18
	2,01	6,05	10,09	12,11	20,18
	2	6,04	10,08	12,1	20,17
<i>Valor medio (kgf.cm)</i>	2	6,05	10,09	12,11	20,18
<i>Desviación al nominal (%)</i>	0,83	0,01	0,06	0,08	0,06
<i>Incertidumbre del patrón (kgf.cm)</i>	1,5E-05	4,0E-05	8,1E-05	9,0E-05	1,5E-04
<i>Inc. resolución (kgf.cm)</i>	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029
<i>Inc. repetibilidad (kgf.cm)</i>	0,0024	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
<i>Incertidumbre combinada</i>	0,0038	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
<i>Grados efectivos de libertad</i>	23	38	38	38	38
<i>Factor de cobertura</i>	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13
<i>Incertidumbre expandida U (kgf.cm)</i>	0,008	0,007	0,007	0,007	0,007

Fecha de emisión: 10 de noviembre de 2021

Número de expediente: 29567

7.2 Anexo 2

Tabela de amostras dos torquímetros *toggle-style* e *spring-style*.

Torquímetro <i>Toggle-Style</i> - <i>Medentika</i>				Torquímetro <i>Spring-Style</i> - <i>Straumann</i>			
Nº do aperto	Valores testados			Nº do aperto	Valores testados		
	10 N.cm	20 N.cm	35 N.cm		10 N.cm	20 N.cm	35 N.cm
1	4,3	9,3	15,0	1	8,6	13,5	19,9
2	3,5	10,0	15,6	2	7,8	12,0	20,3
3	4,0	10,7	16,0	3	8,5	12,4	20,2
4	4,3	9,6	15,7	4	8,8	13,0	21,4
5	3,9	9,8	16,8	5	8,9	13,1	19,7
6	4,5	9,6	17,1	6	9,0	12,6	21,1
7	4,6	10,0	16,6	7	9,1	13,2	19,4
8	3,8	10,9	15,2	8	8,5	13,6	19,9
9	4,0	10,3	16,1	9	8,3	13,1	19,2
10	4,7	9,6	15,7	10	8,4	13,4	19,5
11	4,2	9,0	16,0	11	9,2	13,4	19,2
12	3,5	9,8	15,5	12	9,7	13,7	19,5
13	4,0	8,9	16,8	13	9,0	13,6	19,5
14	3,6	8,7	16,2	14	9,1	13,2	20,1
15	3,8	8,9	18,0	15	9,2	12,6	19,8
16	4,3	9,6	17,2	16	8,9	13,1	20,8
17	4,3	10,0	16,0	17	8,4	13,4	19,6
18	4,2	9,0	16,3	18	8,4	13,5	19,5
19	3,4	9,3	15,1	19	9,5	13,0	20,2
20	3,7	9,8	15,5	20	8,8	12,9	19,1
21	4,0	8,3	15,7	21	8,3	13,6	19,6
22	4,1	9,3	16,9	22	8,5	13,3	20,5
23	4,4	8,7	17,2	23	8,2	13,8	20,2
24	4,3	9,0	15,6	24	9,5	14,3	20,4
25	3,9	9,6	16,1	25	8,7	13,3	19,1
26	3,7	8,9	15,3	26	9,5	13,8	19,6
27	3,6	8,9	15,1	27	9,2	13,2	19,9
28	4,1	9,6	17,9	28	8,9	14,0	19,9
29	4,0	10,4	16,2	29	8,5	13,1	20,2
30	3,5	8,9	16,7	30	9,1	12,7	20,5