

# PROTÓTIPO DE UM DISPOSITIVO PARA COMPENSAÇÃO DA MOTRICIDADE DA MÃO

## PROTOTYPE OF A HAND MOTRICITY COMPENSATION DEVICE

L. M. Roseiro<sup>1,2</sup>, M. A. Castro<sup>1,3</sup>, M. A. Neto<sup>1</sup>, A. M. Amaro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CEMMPRE, Department of Mechanical Engineering, University of Coimbra  
augusta.neto@dem.uc.pt; ana.amaro@dem.uc.pt

<sup>2</sup>Coimbra Polytechnic - ISEC, Coimbra, Portugal, lroseiro@isec.pt

<sup>3</sup>Coimbra Polytechnic - ESTeSC, Coimbra, Portugal, [mac@estescoimbra.pt](mailto:mac@estescoimbra.pt)



### RESUMO

*As patologias associadas ao controlo muscular e à mobilidade das pessoas são cada vez mais frequentes, nomeadamente no que diz respeito aos membros inferiores e superiores, onde se inclui a motricidade da mão. Esta falta de controlo pode impedir, ou inibir, a realização de várias atividades da vida diária como, por exemplo, a necessidade de abrir ou fechar uma porta através de meios mecânicos tradicionais. O presente trabalho descreve o desenvolvimento e testes de manipulação o protótipo de um dispositivo destinado a ajudar indivíduos com restrições ao nível do controlo muscular da mão, em particular no gesto quotidiano de abrir e fechar uma porta. O conceito do dispositivo envolveu o desenvolvimento sequencial de três protótipos que foram desenvolvidos com recurso à modelação 3D e à impressão 3D FDM com PLA. O protótipo final do dispositivo foi avaliado por um grupo de voluntários, fisioterapeutas e terapeutas ocupacionais, de forma a estimar a sua funcionalidade, bem como a detetar aspetos de melhoria. A principal conclusão a retirar, após análise das respostas dos vários inquiridos, é que o protótipo desenvolvido apresenta um carácter inovador e funcional, podendo representar uma importante ajuda biomecânica no contexto dos utilizadores com necessidades deste tipo de compensação.*

### ABSTRACT

*Pathologies associated with muscle control and people's mobility are more and more frequent, particularly with regard to the lower and upper limbs, including hand motricity. This lack of control can prevent, or inhibit, the performance of various activities of daily living, for example, the need to open or close a door through traditional mechanical means. The present work describes the development of a device to help people with restrictions in terms of muscle control of the hand, particularly in the daily gesture of opening and closing a door. The device concept involved the sequential development of three prototypes that were developed using 3D modeling and 3D FDM printing with PLA. The final prototype of the device was evaluated by a group of volunteers, physiotherapists and occupational therapists, in order to estimate its functionality, as well as to detect aspects of future improvement. The main conclusion to be drawn, after analyzing the responses of the various respondents, The answers of the volunteers shows that the developed prototype can be considered as innovative and functional and can represent an important biomechanical aid in this context of application.*

## 1. INTRODUÇÃO

A mão humana é um mecanismo extraordinário repleto de complexidade e utilidade. Se por um lado, funciona como um excepcional recetor sensorial que permite obter informação precisa acerca dos objetos, como seja a sua forma, textura e temperatura, por outro permite a interação do ser humano com o mundo envolvente, possibilitando-lhe sentir, alcançar, segurar e manipular os objetos (Jones & Lederman, 2006). De acordo com Marzke (Marzke 2000), a mão foi o motor de um importante salto evolucionar da espécie humana uma vez que a sua modificação permitiu o uso de instrumentos e também a possibilidade de os manufaturar. A mão é fundamental para a realização de diversas atividades do quotidiano, profissionais e desportivas, cuja lesão compromete a sua concretização (Gaul, 1987; Burke *et al.*, 1991). De acordo com Siotos *et al.* (2018), as lesões na mão resultam em grandes custos no que concerne à assistência médica devido à falta de produtividade e incapacidade nas pessoas lesionadas. A mão permite agarrar diferentes tipos de objetos, com as mais variadas formas (Craig, T. and Schwarz, 1955), devido à forma como as diferentes estruturas, como músculos, tendões, ligamentos, ossos, nervos e vasos sanguíneos, se interligam e atuam sinergicamente. A funcionalidade da mão pode ficar comprometida parcial, ou totalmente quando surge uma lesão num dos seus componentes ou no sistema nervoso que a controla, como sucede por exemplo, pela ocorrência de um Acidente Vascular Cerebral (AVC). A incapacidade da utilização da mão na sua plenitude pode impedir a realização de tarefas simples do quotidiano associadas à motricidade da mão, tais como a preensão de objetos ou a utilização de componentes mecânicos, como por exemplo a manipulação de uma chave para abrir ou fechar uma porta. Identificam-se no mercado alguns sistemas mecânicos de compensação para auxílio de pessoas que apresentam limitações ao nível do movimento da mão. A maioria dos sistemas existentes tem por base a forma como o

utilizador segura o objeto, utilizando a preensão de precisão ou a preensão cilíndrica. A primeira é caracterizada pela disposição lateral do polegar em relação aos restantes dedos, o qual assume a função de fornecer a força necessária para segurar o objeto. Na segunda, toda a mão, inclusive a palma, segura o objeto, pelo que é considerado um tipo de pega mais firme (Strossen, 2009). Os dispositivos existentes para facilitar a preensão têm como principais desvantagens a forma da pega, que por vezes pode ser bastante complexa, o que faz com que só possa ser utilizado se a pessoa conseguir realizar o movimento de rotação com a mão, inibindo o seu uso por pessoas com problemas motores mais complexos ao nível da mão.

O presente trabalho pretende contribuir para o desenvolvimento de dispositivos que permitam auxiliar pessoas com dificuldades ao nível da motricidade da mão, em particular associados à preensão de pequenos objetos conjugada com a necessidade de movimentos de rotação. Assim, apresenta-se o protótipo de um dispositivo de compensação para apoio na manipulação de uma chave no processo de abertura e fecho da fechadura de portas.

## 2. DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

O trabalho desenvolvido envolveu uma identificação inicial dos dispositivos existentes no mercado, tendo sido clarificadas as suas limitações e os aspetos de melhoria a implementar. Assim, de modo a conferir ao utilizador um contacto total entre os dedos e a palma da mão, foi assente o desenvolvimento de um dispositivo com uma interface em forma cilíndrica.

Isto conduziu a uma base de trabalho com um corpo em forma cilíndrica, onde deveria ser introduzido todo o mecanismo de apoio à chave e ao seu movimento de rotação para abertura e fecho. Este mecanismo envolveu a introdução de um sistema mecânico seletor, do tipo roquete, com complemento de um prolongador e um elemento de bloqueio à chave. A Figura 1 mostra o sistema roquete que foi considerado, com o seletor numa das partes laterais, responsável por alterar o sentido de rotação.

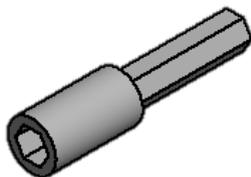


**Fig 1** - Exemplo de roquete (<https://ferramentas.pt>).

O prolongador (Fig. 2) foi inserido no sistema de modo a garantir uma distância suficiente entre os dedos e a peça metálica, para que não se verifique qualquer interferência, nem desconforto durante a rotação da peça metálica.

O elemento estrutural de bloqueio foi projetado em alumínio de modo a apresentar maior resistência mecânica. Este componente foi desenvolvido para fixação da chave numa posição fixa, tendo apenas um grau de liberdade, a rotação em torno do seu eixo longitudinal, Fig. 3. Este elemento tem uma extremidade sextavada, por forma a ser possível a sua inserção no prolongador, bem como uma ranhura, para fácil montagem da chave, que é fixa com recurso a dois parafusos.

Os três componentes referidos permitem a montagem que se representa na Fig. 4 e que mostram o dispositivo sem a chave bloqueada e sem o sistema de seleção de sentido de rotação.



**Fig 2** - Prolongador.



**Fig 3** - Componente de bloqueio da chave.



**Fig. 4** - Dispositivo montado com todos os componentes.

Conforme já referido, foram realizados três protótipos do dispositivo de forma a otimizar a sua funcionalidade. No primeiro dispositivo desenvolvido, que permitiu os primeiros testes funcionais, foi identificado um constrangimento na colocação do roquete no cilindro. Outro problema detetado foi o facto de a patilha responsável pelo sentido de rotação se encontrar do lado oposto da face do roquete exposta ao exterior. Para a resolução desta questão foi concebida uma nova base cilíndrica, com uma roda dentada pivotada que, ao rodar no interior do cilindro, permita mover a patilha do roquete. Deste modo, o utilizador passaria a ter a possibilidade de mudar o sentido de rotação do roquete, consoante a necessidade de abertura ou fecho da fechadura. Na Fig. 5 é possível observar-se a ranhura introduzida na base, de modo a colocar a roda dentada.

Este protótipo permitiu aferir a confortabilidade do utilizador ao segurar no cilindro, assim como a sua funcionalidade como dispositivo de compensação e veio colmatar os problemas detetados, permitindo a alteração do sentido de rotação da chave através da roda dentada criada. Contudo, a sua utilização dependia da utilização de pelo menos dois dedos (polegar e indicador), o que podia inviabilizar a utilização do mesmo por parte de pessoas com mobilidade mais reduzida da mão. Assim, foi necessário proceder a ajustes, que conduziu à conceção de um terceiro protótipo do dispositivo.

O terceiro protótipo do dispositivo envolveu a alteração do componente que permite fazer a mudança do sentido de rotação, tendo sido alterada a geometria da

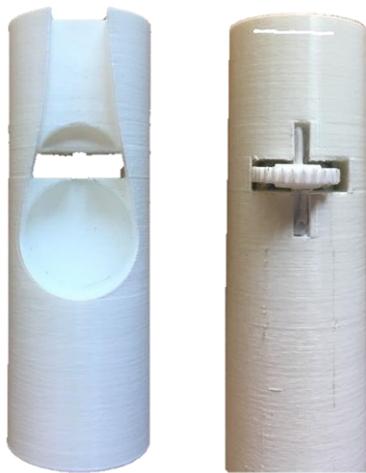


Fig. 5 - Corpo cilíndrico e roda dentada do segundo protótipo.

roda e incluído um seletor mecânico vertical (Fig. 6). Este componente alternador foi acoplado através de um veio excêntrico vertical, que funciona também como eixo de rotação quando o seletor, ao ser manipulado na extremidade superior, faz mover a roda, tirando partido da sua excentricidade. A ranhura da roda é acoplada à patilha seletora do roquete, promovendo assim a alteração de sentido.

Com estas alterações o utilizador pode manipular o alternador de sentido, o qual, tendo uma das extremidades no meio do gancho da roda, move a roda, movimentando a patilha.

A figura 7 mostra o corpo cilíndrico com a roda excêntrica e o seletor vertical já montados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação do dispositivo final projetado envolveu um grupo de treze fisioterapeutas e quatro terapeutas ocupacionais, que se voluntariaram para analisar as funcionalidades associadas ao conceito do dispositivo. O grupo de profissionais de saúde voluntários

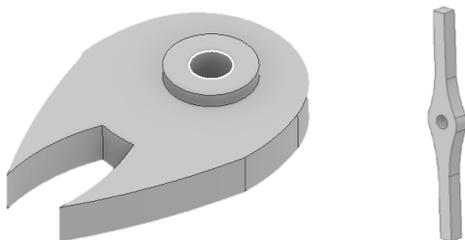


Fig. 6 - Roda do 3º dispositivo (esquerda) e seletor de sentido (direita).



Fig. 7 - Corpo cilíndrico com a roda e seletor vertical.

apresentava, em média, pelo menos 10 anos de experiência, oscilando entre 2 e 39 anos de experiência.

Foi elaborado um questionário com sete questões, com resposta possível numa escala de Likert simétrica de concordância, constituída por sete opções, sendo que a cada uma destas opções foi atribuído um valor numérico específico. Foi também solicitado que fossem sugeridas melhorias ao dispositivo em análise. Antes de responderem ao questionário, os profissionais de saúde utilizaram o dispositivo, de forma a analisar as suas características e funcionalidade.

As opções de resposta ao questionário foram as seguintes:

- Discordo totalmente (DT): O inquirido discorda completamente da afirmação feita. A esta opção foi atribuído o valor numérico 1;
- Discordo (D): O inquirido discorda da afirmação feita. A esta opção foi atribuído o valor numérico 2;
- Discordo parcialmente (DP): O inquirido discorda da afirmação feita, na sua globalidade, no entanto expressa algum tipo de concordância em determinados aspetos. A esta opção foi atribuído o valor numérico 3;
- Indeciso (I): O inquirido não tem o conhecimento necessário para expressar a sua opinião, ou verifica alguma ambiguidade na afirmação feita. A esta opção foi atribuído o valor numérico 4;

- Concordo parcialmente (CP): O inquirido concorda com a afirmação feita, na sua globalidade, no entanto expressa algum tipo de discordância em determinados aspetos. A esta opção foi atribuído o valor numérico 5;
- Concordo (C): O inquirido concorda com a afirmação feita. A esta opção foi atribuído o valor numérico 6;
- Concordo totalmente (CT): O inquirido concorda completamente com a afirmação feita. A esta opção foi atribuído o valor numérico 7.

As questões elaboradas e as respostas obtidas são apresentadas de modo gráfico, Fig. 8 - Fig. 14, com a seguinte discussão de resultados.

1ª questão - “O dispositivo é fácil de utilizar?”, Fig. 8. A concordância com esta questão foi de 77% dos voluntários.

2ª questão - “O dispositivo funcionou sem limitações?”, Fig. 9. Apesar de cerca de 77% dos inquiridos concordarem com esta questão, é necessário referir que três discordaram parcialmente, o que se traduz numa percentagem de discordância de 18%.

3ª questão - “O dispositivo realizou o que era suposto?”, Fig. 10. De acordo com esta figura, é possível verificar que o grupo de profissionais concluiu, quase por unanimidade, que o dispositivo realizou o que era suposto, verificando-se que apenas um dos inquiridos se mostrou indeciso perante esta afirmação. A percentagem de concordância ronda os 95%, em que 2 dos voluntários concordam totalmente, sendo este um dos pontos mais positivos do questionário.

4ª questão - “Conheço outros dispositivos semelhantes disponibilizados no mercado?”, Fig. 11. Nas respostas a esta questão observou-se uma grande disparidade nos resultados, em que cerca de 47% do conjunto de profissionais discordou com esta afirmação, 42% concordaram e 12% expressaram a sua indecisão. No entanto, os resultados permitem aferir aspetos inovadores associados ao conceito do dispositivo.

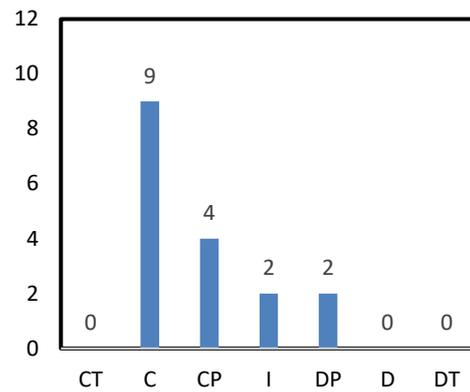


Fig. 8 - Respostas à 1ª questão.

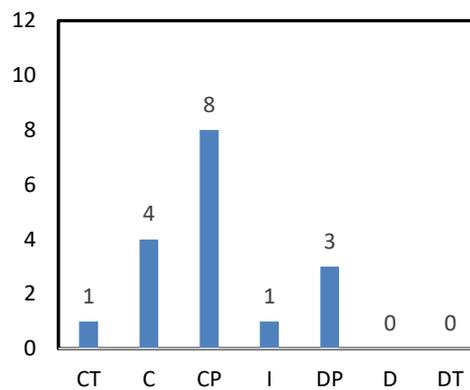


Fig. 9. Respostas à 2ª questão.

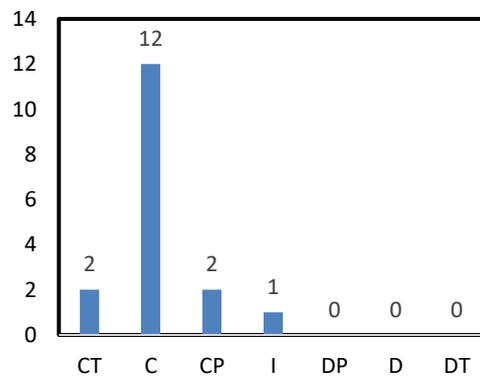


Fig. 10. Respostas à 3ª questão.

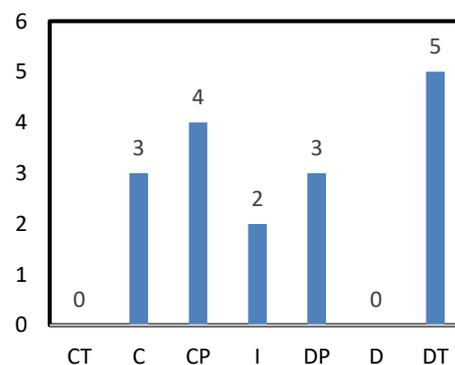


Fig. 11. Respostas à 4ª questão.

**5ª questão** – “Este dispositivo tem interesse para disfunções associadas ao movimento da mão?”, Fig. 12. No que diz respeito a esta questão observa-se que, sensivelmente, 82% dos inquiridos concordou com a afirmação, sendo possível referir que dois deles demonstraram que concordavam totalmente.

**6ª questão** – “O conceito do dispositivo é adaptado a outras aplicações e/ou limitações físico-motoras?”, Fig. 13. O objetivo desta questão foi o de verificar a possibilidade do dispositivo ser adaptado, ou modificado, para outro tipo de lesões nos membros, como por exemplo mobilidade reduzida nos membros superiores. Cerca de 70% dos profissionais de saúde concordou com esta questão.

**7ª questão** - “Recomendaria a utilização deste dispositivo?”, Fig. 14. Esta questão foi a qual os profissionais colocaram mais reticências, verificando-se que 30% se mostrou indeciso. No entanto, cerca de 70% recomendaria a utilização do dispositivo.

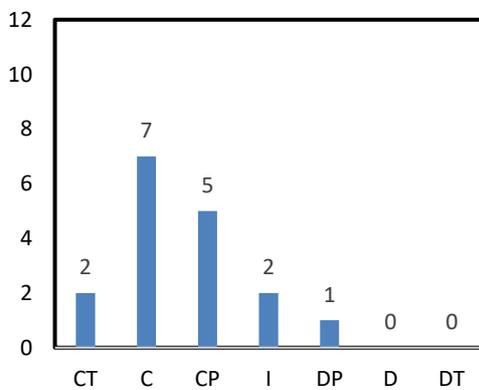


Fig. 12. Respostas à 5ª questão.

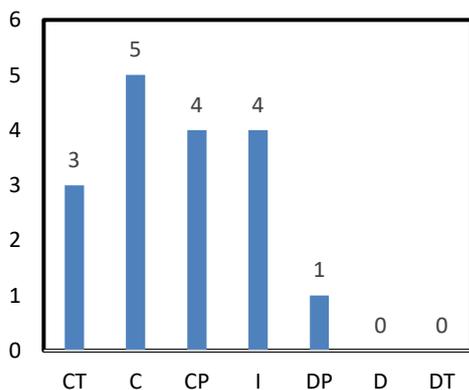


Fig. 13. Respostas à 6ª questão.

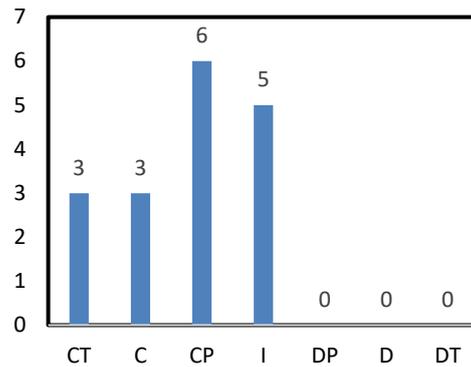


Fig. 14. Respostas à 7ª questão.

A nível de comentários podem-se destacar três grupos: geometria e material; funcionamento e utilidade.

(i) Geometria e material:

Melhorar o seletor de sentido; modificar a geometria da base; adequar a peça metálica de forma a poder ser utilizada para qualquer tipo de chave.

(ii) Funcionamento:

A necessidade de promover a rotação do punho nos dois sentidos pode constituir uma dificuldade associada à utilização do dispositivo.

(iii) Utilidade:

Seria indicado para pessoas com patologias a nível ortopédico ou reumatológico, podendo este dispositivo ser difícil de utilizar por pessoas que tenham a coordenação motora afetada. De igual modo, pessoas portadoras de uma condição cognitiva que impeça, ou dificulte, a rotação do punho, não poderiam usufruir deste mecanismo, uma vez que a rotação do pulso é necessária.

**4. CONCLUSÕES**

Tendo em conta os resultados obtidos com o teste de funcionalidade ao dispositivo, pode-se afirmar que o protótipo do dispositivo desenvolvido responde aos objetivos propostos. O carácter inovador do dispositivo foi realçado pelos 17 voluntários que o analisaram, tendo-se identificado algumas limitações e aspetos que devem ser melhorados de forma a abranger um grupo de pessoas com diferentes patologias.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por Fundos FEDER através do programa COMPETE - Programa Operacional Fatores de Competitividade - e por fundos nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, no âmbito do projeto UID/EMS/00285/2020 Os autores agradecem ao aluno José Mota por ter colaborado neste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Burke F. D., Dias, J. J., Lunn, P. G. and Bradley, M. "Providing care for hand disorders: Trauma and elective: The Derby Hand Unit Experience (1989–1990)," *J. Hand Surg. Br. Eur.* pp. 13–18, 1991.
- Craig, T. and Schwarz, R. "The anatomy and mechanics of the human hand." O&P Library, Artificial Limbs, 2(2), pp. 22 - 35, 1955.
- Gaul, J.S. Jr. "Identifiable costs and tangible benefits resulting from the treatment of acute injuries of the hand," *J. Hand Surg. Am.*, 12 (5), pp. 966–970, 1987.
- Jones, L. A. and Lederman, S. J. "Human Hand Function." Oxford University Press, USA. ISBN: 9780195173154, 2006
- Marzke, M. and Marzke, R. "Evolution of the human hand: Approaches to acquiring, analysing and interpreting the anatomical evidence." *Journal of Anatomy*, 197(1), 121-140. doi:10.1046/j.1469-7580.2000.19710121.x, 2000
- Siotos, C., Ibrahim, Z., Bai, J., Payne, R. M., Seal, S. M., Lifchez, S. D. and Hyder, A.A. "Hand injuries in low-and middle- income countries: systematic review of existing literature and call for greater attention.", 162, pp: 135-146, 2018
- Strossen, R. J. "Understanding Grip Strength," pp. 1–16, 2009.