

Design e desenvolvimento de um abridor de garrafas PET com enfoque ergonômico para usuários com dificuldade de preensão manual

Almeida, Mariana Anjos de*¹; Favoretto, Amanda Gomes¹; Checoni, Milene de Almeida Ribeiro¹; Carvalho, Thátia Cristina Passos de¹; Vasconcelos, Ana Beatriz²; Baleotti, Luciana Ramos²; Medola, Fausto Orsi¹

1 – Departamento de Design, Faculdade de Arquitetura Artes, Comunicação e Design (FAAC), UNESP Bauru, mariana.anjos@unesp.br, amanda.favoretto@unesp.br, milene.checoni@unesp.br, thatia.carvalho@unesp.br, fausto.medola@unesp.br

2 – Departamento de Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Faculdade de Filosofia e Ciências (FFC), UNESP Marília, ana.vasconcelos@unesp.br, luciana.baleotti@unesp.br

* - Correspondência: Av. Eng. Luís Edmundo Carrijo Coube, 14-01 - Núcleo Res. Pres. Geisel, Bauru - SP, 17033-360.

DOI 10.52050/9788579177156-32

RESUMO

Este relato técnico apresenta o desenvolvimento de um abridor de garrafas PET para pessoas com dificuldades de preensão manual, baseado em ergonomia, design universal, design centrado no usuário e fabricação digital. Os resultados incluem um dispositivo com geometria estrelada, área de contato ampliada, alça ajustável e indicação tátil em alto-relevo para orientação de uso. A modelagem virtual e a prototipagem 3D comprovaram a viabilidade técnica, gerando um protótipo leve e confortável. Testes preliminares indicaram facilidade de uso, boa aderência e redução da força necessária. Avaliações com usuários reais ainda são necessárias para validação completa.

Palavras-chave: preensão manual, tecnologia assistiva, impressão 3D.

ABSTRACT

This technical report presents the development of a PET bottle opener for individuals with reduced grip strength, based on ergonomics, universal design, user-centered design, and digital manufacturing. The results include a device with star-shaped geometry, enlarged contact area, adjustable strap, and raised tactile indicators for usage guidance. Virtual modeling and 3D prototyping confirmed the technical feasibility, producing a lightweight and comfortable prototype.

Preliminary tests indicated ease of use, good grip, and reduced required force. Evaluations with actual users are still necessary for complete validation.

Keywords: hand grip, assistive technology, 3D printing.

1. INTRODUÇÃO

A realização de Atividades de Vida Diária (AVDs) é essencial para a autonomia e qualidade de vida de indivíduos com condições que afetam a capacidade de preensão manual, ação fundamental para manipular objetos com as mãos. A força de preensão manual (FPM) reduzida é uma condição prevalente entre diferentes grupos da população brasileira, especialmente idosos. Em Curitiba, um estudo com 203 idosos revelou que 48,8% apresentavam FPM diminuída, com maior ocorrência entre mulheres (86,9%) e relação com a idade (Lenardt et al., 2016). Em Florianópolis, um estudo com 599 idosos (Confortin et al., 2018) encontrou que doenças crônicas como artrite e artrose estavam associadas à menor FPM entre mulheres, enquanto nos homens a FPM foi significativamente menor entre aqueles com diabetes. Além disso, observou-se uma tendência de declínio da FPM conforme aumentava o número de doenças crônicas, para ambos os sexos. Esses achados evidenciam a FPM como um importante indicador de capacidade funcional e alertam para a necessidade de atenção a esse fator em políticas públicas de saúde.

A dificuldade de preensão manual está associada a sintomas como dor, rigidez articular, redução da força muscular, deformidades nos dedos e diminuição da amplitude de movimento (Faria et al., 2013; Villa-Forte, 2023). No ato de abrir uma garrafa, por exemplo, é necessário realizar uma combinação de força de preensão (compressão da tampa entre os dedos e a palma da mão), torque (movimento de rotação), estabilidade articular e coordenação motora fina que, em indivíduos com limitações de preensão manual, pode representar uma demanda elevada de capacidades que pode resultar em dificuldade ou falhas na execução da tarefa (Arthritis Foundation, 2020). Esses desafios comprometem a independência e reforçam a importância de soluções acessíveis para a realização de atividades cotidianas com conforto e segurança.

A integração entre tecnologia assistiva e fabricação digital tem se mostrado uma solução para o desenvolvimento de dispositivos personalizados, acessíveis e de baixo custo. Ferramentas como impressoras 3D permitem a criação local de dispositivos adaptáveis a diferentes níveis de limitação. Muitos desses projetos são compartilhados gratuitamente em plataformas *open source*, como Thingiverse, Printables e MakerWorld, facilitando ajustes conforme necessidades individuais e o aprimoramento dos projetos.

Com a popularização das tecnologias digitais, o movimento “faça você mesmo” (DIY) e as práticas co-criativas têm impulsionado propostas mais flexíveis, alinhadas aos princípios do Design Universal (DU), que busca criar soluções acessíveis para o maior número possível de pessoas (Guffey, 2021). Complementando essa abordagem, o Design Centrado no Usuário (DCU), conforme Norman (2013), orienta o desenvolvimento de dispositivos levando em conta as capacidades, preferências e limitações específicas dos usuários finais, promovendo maior usabilidade, conforto e satisfação. Ambas as abordagens foram essenciais para orientar as decisões deste projeto.

Ao considerar que a AVD de abrir garrafas PET representa uma demanda funcional significativa para pessoas com dificuldades de preensão manual, observa-se que, embora exista uma ampla oferta de abridores adaptados em repositórios digitais, poucos foram avaliados quanto a critérios ergonômicos e funcionais para esse público, revelando uma lacuna no desenvolvimento. Este projeto tem como objetivo desenvolver um abridor de garrafas PET ergonômico e viável para impressão 3D, focado em usuários com limitações manuais. Para isso, definiu-se um conjunto de critérios ergonômicos que priorizam eficiência, acessibilidade, conforto, distribuição da força, estabilidade e facilidade de uso, resultando em uma solução acessível, de baixo custo e potencialmente replicável em redes colaborativas.

2. DESENVOLVIMENTO - MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho descreve o desenvolvimento de uma solução assistiva para abertura de garrafas PET, com base na metodologia do Duplo Diamante (Design Council, 2019), que estrutura o processo de design em quatro etapas: Descobrir, Definir, Desenvolver e Entregar. As duas primeiras etapas focam na compreensão e delimitação do problema; as duas últimas, na criação e entrega da solução, alternando momentos de exploração e síntese para orientar decisões centradas no usuário.

2.1. Análise de Similares - Etapa “Descobrir”

O desenvolvimento do projeto teve início com uma análise criteriosa de 15 modelos de abridores para garrafas PET padrão PCO-1881, disponíveis na plataforma Thingiverse (<https://www.thingiverse.com/>). A seleção foi guiada por dois critérios principais: popularidade (mínimo de 120 downloads) e potencial de uso para pessoas com limitações motoras. Durante essa triagem, observou-se que seis dos quinze modelos analisados (40%) compartilham similaridades no princípio funcional: apresentavam uma base interna cônica com ranhuras radiais

que se ajustam ao formato da tampa. Esse mecanismo permite a fixação firme da tampa, proporcionando o atrito necessário para sua rotação e consequente abertura com menor demanda de força aplicada.

Essa geometria, que atua como um encaixe progressivo por rosqueamento, mostrou-se recorrente entre os modelos analisados, o que sugere boa adequação na tarefa em questão. Com base nessa constatação, esse mecanismo-base foi adotado para o desenvolvimento do protótipo atual, com foco na otimização da ergonomia e na acessibilidade para pessoas com dificuldade de preensão manual.

2.2. Requisitos de Projeto - Etapa “Definir”

A definição do formato e das dimensões do abridor desenvolvido neste projeto foi fundamentada nos achados da pesquisa de Crawford, Wanibe e Nayak (2003). O estudo investigou como características geométricas de tampas, como diâmetro, altura e forma, influenciam a força de abertura exercida pelos usuários durante a ação de desrosquear e rosquear. Os resultados demonstraram que tampas com formato quadrado exigiram maior aplicação de torque em comparação às tampas circulares de mesmo diâmetro, ou seja, seus resultados indicam que o uso de geometrias com mais pontos de contato e superfícies amplas pode beneficiar especialmente usuários com força, amplitude de movimento (ADM) e/ou destreza manual reduzidas. Além disso, os autores observaram que, no caso das tampas circulares, o aumento do diâmetro e da altura, variando entre 20 mm e 50 mm, também favorecia a geração de torque.

Em complemento, o estudo de Cardim et al. (2024) avaliou diferentes modelos de abridores, incluindo um exemplar com o mesmo mecanismo-base adotado neste projeto. Os resultados demonstraram que esse dispositivo obteve algumas das maiores médias nos critérios de dificuldade de uso e conforto, indicando uma percepção menos favorável por parte dos participantes. Embora o design fosse considerado intuitivo, seu desempenho foi inferior. Os autores indicam que a avaliação negativa pode estar associada à limitada área de contato com a mão, resultando em sobrecarga localizada, sobretudo nos dedos, o que pode gerar desconforto ou dor em indivíduos com restrições funcionais.

É importante destacar que os modelos com o mesmo princípio funcional analisados neste estudo, incluindo o avaliado por Cardim et al. (2024), possuem diâmetro aproximado de 55 mm. Esse dado reforça a hipótese de que uma solução com um diâmetro maior, ampliando a área de contato, possa representar um aprimoramento ergonômico, reduzindo o esforço necessário para a execução do movimento de rotação.

Com base nessas informações, o desenvolvimento do presente projeto foi orientado por três requisitos essenciais: (1) a adoção de um formato não circular,

com arestas e múltiplos pontos de apoio, capaz de favorecer a aplicação de torque e distribuir melhor a força de contato na superfície palmar, reduzindo o esforço exigido; (2) a ampliação da área de contato com a mão, superando o diâmetro limitado de modelos anteriores (cerca de 55 mm), com o objetivo de proporcionar maior conforto e alavanca durante o giro; e (3) a incorporação de um sistema de fixação ajustável, projetado para garantir estabilidade mesmo em situações de preensão manual severamente comprometida. As diretrizes buscaram tanto superar as limitações dos modelos existentes quanto garantir viabilidade de fabricação via impressão 3D, com custos acessíveis ao público-alvo.

2.3. Concepção da Solução - Etapa “Desenvolver”

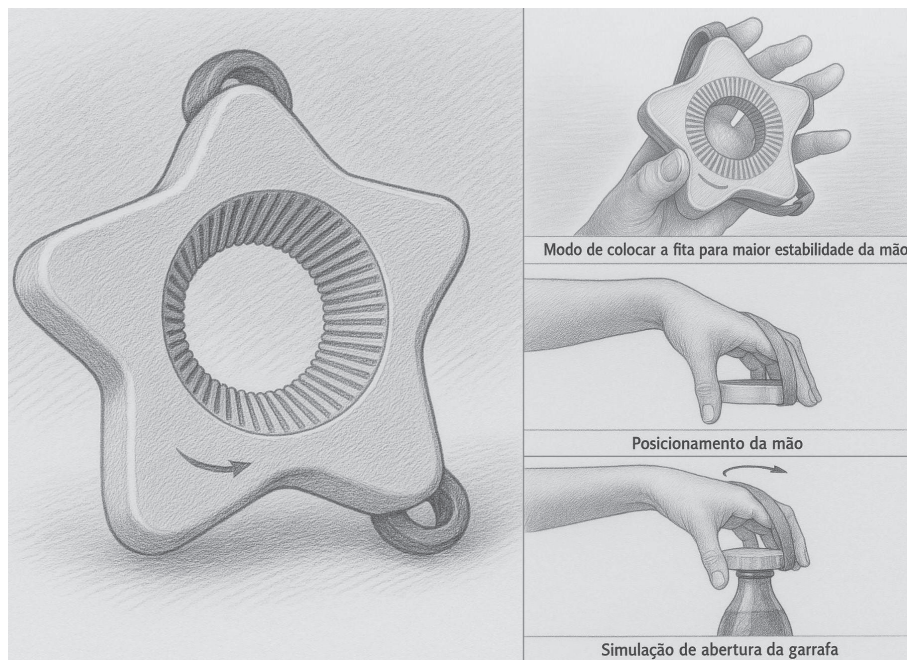
Com base nos requisitos definidos na etapa anterior, optou-se por um formato estrelado, cuja geometria com múltiplas arestas e pontos de apoio favorece a aplicação de torque e promove uma distribuição mais eficiente da força manual, minimizando o esforço concentrado nos dedos dos usuários.

A área principal de preensão, que correspondente às áreas mais próximas ao centro da estrela, foi dimensionada com um diâmetro de 75 mm, enquanto as pontas da estrela atingiram 120 mm de diâmetro, incorporando prolongamentos de 8 mm em duas das extremidades que apresentam arcos que atuam como passadores para fixação de uma fita de segurança. Esse recurso permite prender o dispositivo à mão do usuário, aumentando a estabilidade e o controle durante o uso, mesmo em casos de preensão manual severamente comprometida, uma vez que essa fita pode ser utilizada como alça ajustável, ampliando a segurança e a usabilidade.

Para facilitar a compreensão da direção correta de uso, foram inseridas setas em alto relevo nas superfícies externas do abridor, oferecendo uma indicação tátil da orientação de giro. Esse recurso foi pensado especialmente para usuários com deficiência visual, alinhando-se aos princípios do DU ao ampliar a acessibilidade e o potencial de uso por um público mais diverso.

A partir dessas definições técnicas, foi desenvolvido um conjunto de esboços (Figura 1) que detalham a solução final proposta. Os esboços abordaram a forma geral do abridor, sua relação com a mão durante o uso e o gesto de rotação necessário para a abertura da garrafa. Esse material gráfico serviu como guia direto para a modelagem tridimensional, consolidando visualmente os requisitos ergonômicos e funcionais definidos no projeto.

Figura 01 - Esboços detalhados do abridor e modo de uso



A modelagem tridimensional (Figura 2) foi realizada no software Inventor Professional 2024 (Autodesk Inc.), tomando como base o esboço definido na etapa anterior. O processo permitiu representar com precisão os detalhes técnicos do abridor, assegurando a coerência entre forma, função e requisitos ergonômicos. O modelo final apresenta diâmetro total de 120 mm, espessura de 14 mm e geometria otimizada para equilibrar leveza e resistência. Após a finalização da modelagem, o arquivo foi exportado em formato STL e enviado para impressão 3D na impressora Creality Ender 3 (Figura 3). O processo utilizou filamento PLA, camada de 0,2 mm, 20% de preenchimento e não exigiu o uso de suportes. A impressão foi concluída em aproximadamente 1 hora e 20 minutos, resultando em um protótipo com massa de 35g e custo estimado em R\$ 4,40. Após a impressão, foi realizado acabamento manual com lixa fina para remover rebarbas e proporcionar maior conforto no manuseio.

Figura 02 - Modelagem virtual da peça

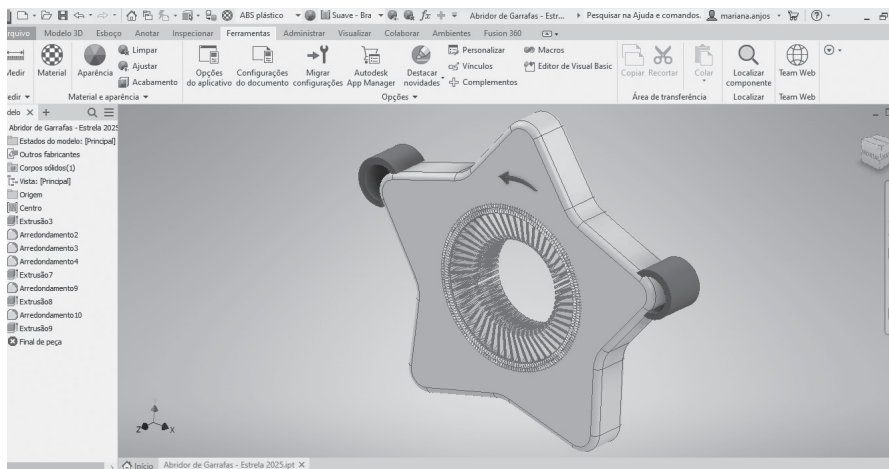
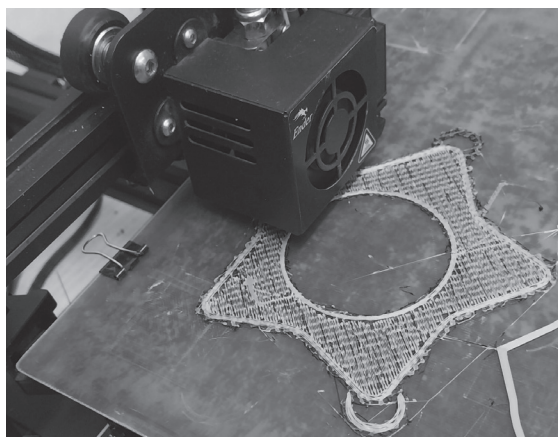


Figura 03 - Processo de prototipação por impressão 3D



3. RESULTADOS - ETAPA “ENTREGAR”

As Figuras 4 e 5 ilustram, respectivamente, o protótipo físico finalizado e a simulação de seu uso durante a abertura de uma garrafa PET. O modelo impresso apresentou fidelidade dimensional em relação à modelagem virtual, o que possibilitou a verificação da funcionalidade do mecanismo-base, da estabilidade durante o uso e da adequação ergonômica da solução.

Durante os testes preliminares realizados pela equipe de desenvolvimento, o abridor demonstrou boa aderência à tampa e facilidade de manuseio, permitindo a abertura da garrafa com aplicação reduzida de força. A geometria estrelada

favoreceu a distribuição do esforço ao longo da palma da mão, enquanto a alça de segurança contribuiu para maior controle do movimento em simulações de uso com apenas uma das mãos. A presença de setas em alto-relevo demonstrou potencial de orientação tátil eficaz, especialmente para pessoas com baixa visão.

O peso leve (35g), aliado ao diâmetro ampliado (120 mm nas pontas da estrela), à área central de preensão mais estreita (75 mm de diâmetro), à espessura de 14 mm e à empunhadura com múltiplos apoios (formato estrelado com cinco pontas), contribuiu para o conforto percebido durante os testes. O processo de fabricação foi simples, com custo reduzido e boa qualidade superficial após acabamento manual.

Apesar do bom desempenho nas análises iniciais feitas pela equipe, é essencial testar o protótipo com usuários finais de diferentes níveis de comprometimento na preensão manual. Esses testes validarão os critérios de acessibilidade, conforto, segurança e eficiência, além de indicar possíveis ajustes na geometria ou materiais para futuras versões. A ausência de diversidade nos perfis testados e a falta de avaliação em diferentes contextos ainda são limitações que devem ser superadas para garantir a eficácia do dispositivo.

Figura 04 - Protótipo físico finalizado

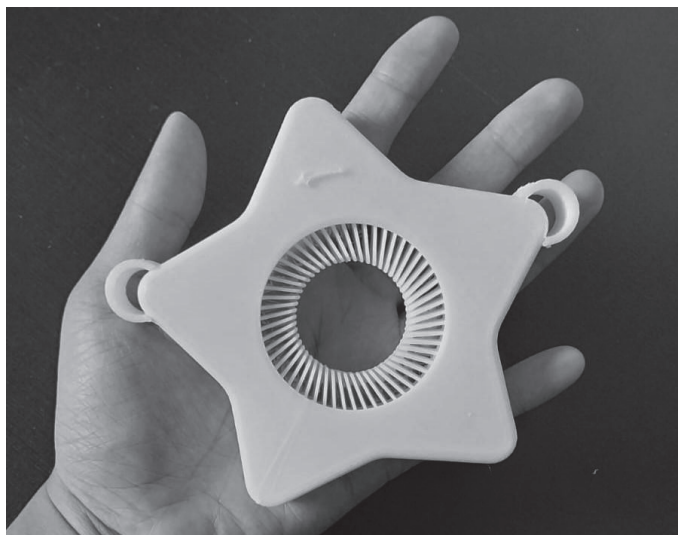
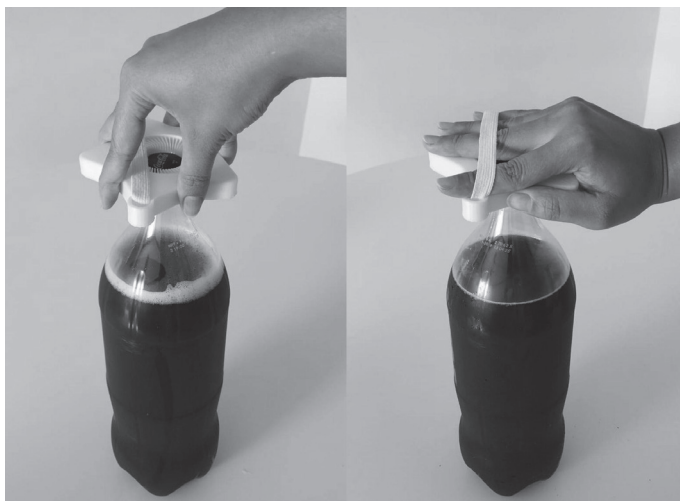


Figura 05 - Simulação de funcionamento



4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um abridor de garrafas PET voltado a usuários com dificuldades de preensão manual, com base nos princípios da ergonomia, DU, DCU e fabricação digital. A aplicação da metodologia Duplo Diamante permitiu uma abordagem estruturada, da identificação de necessidades à criação de uma solução funcional. O produto final, com formato estrelado, área de contato ampliada, sistema de fixação de segurança e indicação tátil, busca otimizar o uso por pessoas com destreza reduzida. Como contribuição, o estudo propõe um modelo acessível, de baixo custo e fácil fabricação, que pode inspirar projetos futuros voltados à autonomia funcional de pessoas com deficiência.

A fidelidade entre o modelo virtual e o protótipo físico confirmou sua viabilidade técnica. Contudo, a ausência de testes com usuários limita a validação do desempenho ergonômico e funcional. Como próximos passos, planeja-se realizar essas avaliações com indivíduos com diferentes níveis de comprometimento da função manual, a fim de orientar melhorias e ampliar o potencial de inclusão e independência proporcionado pelo dispositivo.

REFERÊNCIAS

ARTHRITIS FOUNDATION. Ease of use rigid packaging guide: bottles & bases. *Arthritis Foundation*, Atlanta, 2020. Disponível em: https://www.arthritis.org/getmedia/4955a129-1e41-49bf-9c32-2aa200fc14cf/ArthritisFoundation_Bottles_and_Bases-FINAL-Interactive.pdf. Acesso em: 22 abr. 2025.

CARDIM, A. B.; JULIO, M. S.; KOGATI, K. A.; ALMEIDA, M. A.; CASTRO, C. S. S.; PASCHOARELLI, L. C.; MEDOLA, F. O. Impressão 3D aplicada à melhora das atividades diárias de pessoas idosas: análise dos modelos open source de dispositivos auxiliares para abertura de garrafas PET. *Estudos Interdisciplinares sobre o Envelhecimento*, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 1–20, 2024. DOI: 10.22456/2316-2171.143056.

CONFORTIN, S. C.; DANIELEWICZ, A. L.; ANTES, D. L.; ONO, L. M.; D'ORSI, E.; BARBOSA, A. R. Associação entre doenças crônicas e força de preensão manual de idosos residentes em Florianópolis – SC, Brasil. *Ciência e Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 23, n. 5., 2018. DOI: 10.1590/1413-81232018235.19742016.

CRAWFORD, J. O.; WANIBE, E.; NAYAK, L. Ergonomic design of hand tools: an overview. *Ergonomics*, Abingdon, v. 46, n. 12, p. 1299–1313, 2003. DOI: 10.1080/00140130210162243.

DESIGN COUNCIL. *The Double Diamond: a universally accepted depiction of the design process*. Design Council, Londres, 2019. Disponível em: <https://www.designcouncil.org.uk/our-work/skills-learning/tools-frameworks/framework-for-innovation-design-councils-double-diamond/>. Acesso em: 11 abr. 2025.

FARIA, C. D. C. M.; TEIXEIRA-SALMELA, L. F.; BRITO, L. N. S.; COSTA, P. H. L. Avaliação da força de preensão manual e da função da mão em mulheres com artrite reumatoide. *Fisioterapia em Pesquisa*, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 58–65, 2013. DOI: 10.1590/1809-2950/17021426042019

GUFFEY, E. In the Wake of Universal Design: Mapping the Terrain. *Design Issues*, Cambridge, v. 37, n. 1, p. 76-82, 2021. DOI: https://doi.org/10.1162/desi_a_00629.

LENARDT, M. H.; CARNEIRO, N. H. K.; BETIOLLI, S. E.; BINOTTO, M. A.; RIBEIRO, D. K. M. N.; TEIXEIRA, F. F. R. Fatores associados à força de preensão manual diminuída em idosos. *Escola Anna Nery - Revista de Enfermagem*, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, 2016. DOI: 10.5935/1414-8145.20160082

NORMAN, D. A. *The design of everyday things: revised and expanded edition*. New York: Basic Books, 2013.

VILLA-FORTE, A. Introdução aos sintomas de doenças musculoesqueléticas. *Manual MSD*, Rahway, 2023. Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt/casa/dist%C3%BArios-%C3%B3sseos-articulares-e-musculares/sintomas-de-doen%C3%A7as-musculoesquel%C3%A9ticas/introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-sintomas-de-doen%C3%A7as-musculoesquel%C3%A9ticas>. Acesso em: 22 abr. 2025.