

Alternativa para a confecção de órteses no tratamento conservador da rizartrose utilizando impressão 3D

Percival, Diane Bernardes^{*1}; Castro, João Henrique Dayrell²; Damião, Leísa Silva³; Stoppa, Marcelo Henrique⁴

1 – Terapia Ocupacional, Uniasselvi, diane.percival@gmail.com

2 – Odontologia, Unicerrado, joaohdc@yahoo.com.br

3 – Odontologia, Unicerrado, isadcatalao@hotmail.com

4 – Eng. Mecatrônica-IMTEC, UFCAT, mhstopppa@ufcat.edu.br

*-Correspondência: Rua 27, 375, Margon I, Catalão, GO, Brasil, 75711-050.

DOI 10.52050/9788579177149-12

RESUMO

A rizartrose demanda órteses para tratamento conservador, porém, as convencionais apresentam alto custo e desafios de acesso, limitando o tratamento. O objetivo do estudo foi apresentar uma metodologia alternativa e acessível para fabricação de órteses para rizartrose por meio de manufatura aditiva de extrusão de filamento em PLA, utilizando programas gratuitos. Partiu-se da digitalização de molde 2D, processado com ferramentas *on-line* e CAD (Projeto Auxiliado por Computador) livre para criar um modelo 3D com padrão Voronoi, que foi impresso em PLA e moldado. Obteve-se uma órtese funcional, mais leve, ventilada e com custo de material 96% inferior ao tradicional. Concluiu-se ser uma abordagem viável que democratiza o acesso a órteses, beneficiando as áreas da Saúde, Engenharia, Design e Tecnologia Assistiva ao baratear e facilitar a produção personalizada.

Palavras-chave: órtese, rizartrose, impressão 3D.

ABSTRACT

Rhizarthrosis requires orthoses for conservative treatment; however, conventional ones have high costs and access challenges, limiting treatment. The study's objective was to present an alternative and accessible methodology for manufacturing rhizarthrosis orthoses through filament extrusion additive manufacturing in PLA, using free software. The process started with the digitalization of a 2D mold, which

was processed with online tools and free CAD to create a 3D model with a Voronoi pattern, which was then printed in PLA and molded. The result was a functional, lighter, ventilated orthosis with a material cost 96% lower than the traditional one. It is concluded that this is a viable approach that democratizes access to orthoses, benefiting the fields of Health, Engineering, Design, and Assistive Technology by making customized production cheaper and easier.

Keywords: Orthoses, Rhizarthrosis, 3D Printing.

1. INTRODUÇÃO

O Estado garante a saúde como direito universal (BRASIL, 2013). Apesar da Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e avanços constitucionais (como no Brasil em 1988) terem ampliado direitos, a América Latina enfrenta desafios na inclusão laboral e social desse grupo. Países como o Brasil oferecem Reabilitação Profissional para promover a inserção no trabalho (SANTOS, 2017).

Dentre os problemas que carecem de reabilitação, essencialmente de mãos, destaca-se a rizartrorse, que é uma artrose degenerativa que afeta a articulação trapeziometacarpiana (TMC) do polegar, sendo a frouxidão ligamentar e o estresse mecânico seus principais fatores predisponentes (Colditz & Koekebakker, 2010; Egan & Brousseau, 2007).

No Brasil, sua prevalência varia entre 6% e 12% da população adulta, com maior incidência em mulheres pós-menopáusicas. Os sintomas incluem dor na base do polegar durante movimentos de preensão e manuseio de objetos (O'Brien & Giveans, 2013).

Segundo Eaton & Littler (1973), a rizartrorse é classificada em quatro estágios. Os estágios I e II são caracterizados por dor intensa, redução do espaço articular e esclerose óssea, onde se emprega tratamento conservador. E os estágios III e IV que apresentam degeneração avançada, osteófitos e comprometimento articular adjacente carecendo de tratamento cirúrgico (Egan & Brousseau, 2007).

Os pacientes com rizartrorse frequentemente apresentam limitações funcionais em atividades cotidianas, como escrita, abertura de potes e uso de torneiras, podendo desenvolver compensações articulares (Weiss *et al.*, 2000).

Órteses são dispositivos externos que visam modificar, proteger ou auxiliar a função do sistema musculoesquelético, podendo imobilizar, corrigir deformidades ou melhorar a estabilidade durante atividades diárias (Assumpção, 2006; Mertz, 2013). No tratamento da rizartrorse, são utilizadas nos estágios I e II da Rizartrorse, órteses curtas (dorsais ou ventrais), cuja seleção depende das necessidades individuais do paciente (Souza, 2006).

De acordo com Marinho *et al.* (2020), em um estudo realizado com pacientes onde aplicou-se a avaliação pela Escala Visual Analógica (EVA), 83,3% dos casos apresentaram redução de dor, por meio de órteses no tratamento de rizartrose e reabilitação do polegar.

Entretanto, a confecção de órteses personalizadas enfrenta desafios, como alto custo de materiais (termoplásticos) e barreiras institucionais, limitando seu acesso (Almeida *et al.*, 2016). Como alternativa, a impressão 3D (Manufatura Aditiva) tem se destacado por oferecer órteses leves, customizáveis e de menor custo, utilizando programas de modelagem tridimensional.

Miranda *et al.* (2022) realizaram um estudo com o objetivo de analisar os tratamentos tradicionais em comparação às novas tecnologias terapêuticas, como as impressões de órteses em 3D, produzidas a partir de PLA. Como matéria-prima, empregou-se o Ácido Polilático (PLA). Este termoplástico apresenta faixa de fusão entre 180 a 220°C, enquanto sua transição vítrea ocorre entre 55 e 60°C, temperatura ideal para moldagem direta no paciente, afetando apenas a porção amorfa do material e conferindo flexibilidade adequada.

A produção de órteses permite adaptação individualizada, pois o material, aquecido a 60°C, é modelado diretamente no paciente para ajuste preciso e conforto. Elas mantêm suas propriedades mesmo com líquidos, o que, junto às outras características, permite aos pacientes continuar suas atividades diárias e minimizar limitações funcionais.

A Manufatura Aditiva (conhecida popularmente por impressão 3D) baseada na Fabricação por Filamento Fundido (FFF) é uma das técnicas mais utilizadas em impressão 3D. Segundo Dunck (2021), essa tecnologia se destaca pela acessibilidade de custo e pela facilidade de operação, sendo amplamente adotada no mercado. O processo consiste na deposição de material termoplástico derretido, camada por camada, até a criação do objeto tridimensional completo.

Esse processo começa com a criação de um modelo digital utilizando programa CAD (Desenho Assistido por Computador), o qual é depois processado em um programa de planejamento de processo (popularmente conhecido por fatiador) gerando o arquivo com os comandos a serem executados pela impressora 3D. Segundo Neto (2017), as etapas envolvidas são: desenvolvimento do modelo virtual, divisão em camadas digitais, fabricação para obtenção do objeto impresso.

Como aplicabilidade da FFF à saúde, Castro e Stoppa (2018) investigaram o uso dessa tecnologia no campo odontológico, especialmente na criação de protótipos que auxiliam no planejamento de cirurgias, proporcionando uma visualização detalhada da anatomia do paciente, o que contribui para a diminuição de erros e aumentando a previsibilidade dos resultados.

Por outro lado, tradicionalmente a fabricação das órteses utiliza termoplásticos de baixa temperatura moldados diretamente no paciente, método que apresenta limitações como desconforto durante o processo, custo elevado e baixa adesão ao tratamento (Rodrigues; Cavalcanti; Galvão, 2011).

Neste contexto, este trabalho apresenta uma forma alternativa para a confecção de órteses no tratamento conservador da rizartrose utilizando Manufatura Aditiva, especificamente com o uso de impressão 3D de PLA. No pré-processamento dos arquivos para impressão, são utilizados programas de fácil acesso e sites *on-line*, amplificando a acessibilidade das ferramentas para uso da metodologia proposta.

2. DESENVOLVIMENTO

A elaboração de órteses inicia-se com avaliação detalhada do paciente, incluindo histórico clínico, análise goniométrica, avaliação de força, sensibilidade e atividades de vida diária (Belkin & Yasuda, 2005). A mão, composta por 27 ossos articulados com complexo sistema ligamentar e muscular (Sauron, 2003), requer atenção especial quanto à posição funcional durante a confecção, considerando aspectos como supinação e pronação.

A escolha do material baseia-se nas características do paciente e no diagnóstico. Termoplásticos devem apresentar adaptação aos contornos anatômicos (conformabilidade); manutenção da forma após aquecimento (resistência ao estiramento); capacidade de remodelagem (memória); resistência à deformação (rigidez) e coesão entre partes (autoaderência) (Assumpção, 2006).

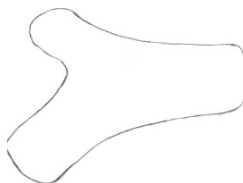
Materiais com espessura entre 2,4 mm e 3,2 mm são selecionados conforme a necessidade de rigidez. Embora os termoplásticos de baixa temperatura sejam os mais utilizados por permitirem moldagem direta, seu alto custo limita o acesso. Alternativas como PVC apresentam custo reduzido, mas exigem equipamentos específicos (Gradim e Paiva, 2018).

O processo de fabricação tradicional compreende: (a) criação de molde bidimensional considerando referências anatômicas (Assumpção, 2006); (b) transferência das medidas para termoplástico; (c) corte com instrumentos específicos; (d) aquecimento em água a 70–75 °C (Coppard & Lynn, 2001); (e) modelagem direta no paciente com cuidados para evitar pontos de pressão (Belkin & Yasuda, 2005); (f) ajuste de bordas e aplicação de sistemas de fixação (velcro, rebites) e (g) avaliação contínua durante o tratamento (Coppard, 2001).

3. RESULTADOS

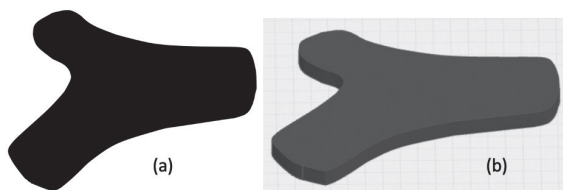
Considerando o processo descrito no final da última seção, parte-se do item (a), ou seja, da utilização do molde dimensional (Fig. 1) que deve ser escaneado de modo a criar um modelo digitalizado. É importante que se utilizem técnicas que preservem as dimensões originais do modelo.

Figura 1 - Molde bidimensional do paciente



Caso necessário, pode ser utilizado um programa para eliminação do fundo da imagem, preservando apenas o traçado do molde. Neste trabalho, utilizou-se o site <https://www.iloveimg.com/pt/remove-fundo>. Na sequência, utilizando um editor de imagens deve ser preenchido todo o traço, preferencialmente de preto, conforme a Fig. 2a. Para isto foi utilizado o programa PaintBrush® nativo do Windows®.

Figura 2 - (a) Traço do molde preenchido de preto; (b) Sólido do molde gerado a partir do SVG no Tinkercad



O próximo passo é exportar esta imagem como arquivo extensão JPG e utilizar o site <https://convertio.co/pt/image-converter/> para convertê-lo para extensão SVG.

Aqui foi utilizado o programa CAD livre Tinkercad (www.tinkercad.com) para geração do modelo virtual que será confeccionado por impressão 3D. Importa-se o arquivo SVG, oriunda da Fig. 2a de modo que é gerado o sólido conforme a Fig. 2b.

Este sólido deve ser duplicado onde uma das partes será a borda da órtese (Fig 3a) e a outra será aplicado ao padrão Voronoi (Fig. 3b). Para criação deste padrão utilizou-se o site <https://voronoi-editor.web.app/> onde foram escolhidas

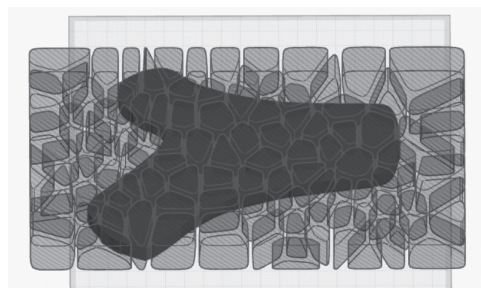
100 células com formato cúbico com 5mm entre células. O próprio site já permite a exportação do arquivo em formato SVG.

Figura 3 - Padrão Voronoi utilizado para criação da órtese



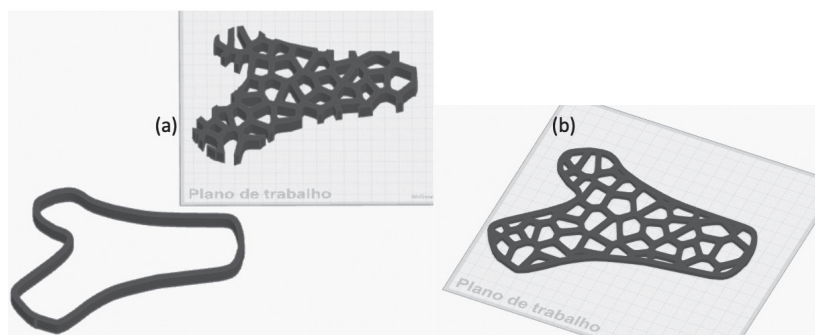
Ao importar o arquivo SVG do Voronoi, é criado um sólido que deve ser ajustado para uma espessura maior que o padrão existente e colocado no formato “orifício” (vazado) e adequadamente alinhado ao sólido maciço (Fig. 4).

Figura 4 - Geração do padrão Voronoi interno da órtese



A união dos dois sólidos (borda e Voronoi) (Fig. 5a) resulta na órtese plana final (Fig. 5b). Basta agora exportar este sólido como objeto STL.

Figura 5 - Finalização da construção do modelo 3D da órtese

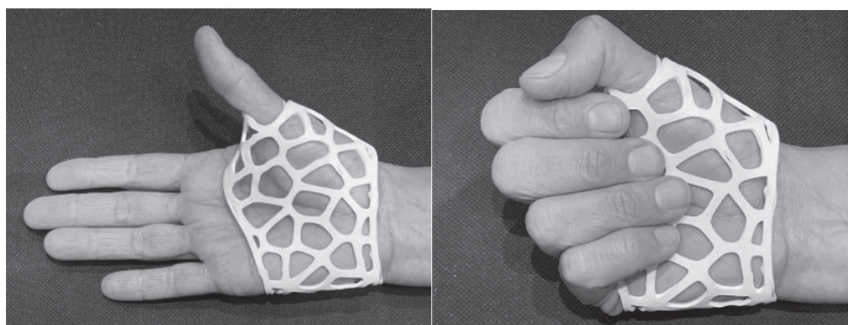


Então o arquivo STL da órtese gerada passou por processo de fatiamento onde foi utilizado o programa CURA, no qual as configurações principais foram:

altura de camada 0.3mm, 6 linhas de parede e 50% de preenchimento para uma impressora Ender3 da Creality. O filamento usado foi o PLA *Speed Premium* branco da 3DLAB a uma temperatura de 195° para o extrusor e 60° para a mesa. O tempo de impressão foi de 55 minutos e a quantidade de material utilizado foi 13 gramas.

Após a finalização da impressão, a órtese foi colocada em água quente a uma temperatura de 65°C e moldada na mão de uma das autoras deste trabalho, conforme exibe a Fig. 6.

Figura 6 - Órtese final impressa em 3D



É interessante ressaltar que a órtese impressa é mais leve que a produzida em material termoplástico tradicional, sendo 43,75% da massa desta. Além disso, o padrão Voronoi pela sua peculiaridade geométrica permite uma maior ventilação para a pele do paciente, proporcionando maior conforto e leveza.

Outro aspecto interessante é o fator econômico. Considerando que uma placa de termoplástico de 46 cm x 61 cm x 2,4 cm custa cerca de R\$380,00 em lojas especializadas, e a área (aproximadamente 234 cm²) para confecção da órtese custaria cerca de R\$32,00. Por outro lado, considerando o PLA utilizado para a órtese impressa, considerando que o Kg do PLA custa cerca de R\$95,00, o custo de produção (14 g) fica em torno de R\$1,33, ou seja, algo em torno de 4% do custo com o material tradicional.

Então, este trabalho traz não apenas uma metodologia alternativa para a construção de órteses por meio de impressão 3D, que pode servir pelo menos para fins didáticos na área da saúde, mas também uma possibilidade de redução de custos no processo produtivo. A contribuição mais relevante é o pré-processamento que não carece de programas proprietários e nem de hardware de grande desempenho, se colocando como uma estratégia que pode aumentar a acessibilidade de quem usa ou produz órteses.

Ademais, outros testes precisam ser efetuados, com relação às características mecânicas, conforto do usuário, durabilidade do material dentre outros aspectos, que ficam como propostas de continuidade da pesquisa.

4. CONCLUSÕES

O presente estudo teve como propósito apresentar uma metodologia alternativa e acessível para a confecção de órteses destinadas ao tratamento conservador da rizartrose, utilizando a Manufatura Aditiva, especificamente a impressão 3D com filamento PLA, e empregando programas de fácil acesso e ferramentas *on-line* para o pré-processamento dos arquivos. Confirma-se que os objetivos foram plenamente alcançados, uma vez que a metodologia proposta foi detalhadamente descrita e executada, resultando na produção de uma órtese funcional em PLA, demonstrando a viabilidade do processo desde a digitalização de um molde bidimensional até a impressão e moldagem final na mão do usuário.

As contribuições práticas deste trabalho para os usuários de Tecnologias Assistivas são particularmente relevantes no que tange à democratização do acesso e à melhoria da experiência de uso. A significativa redução de custos de material – onde a órtese impressa custou aproximadamente 4% do valor do material termoplástico tradicional – combinada com a utilização de programas gratuitos e ferramentas *on-line* de manipulação intuitiva, diminui expressivamente as barreiras financeiras e tecnológicas. Para o usuário final, isso se traduz na possibilidade de acesso a uma órtese mais leve (43,75% da massa da tradicional) e com maior ventilação devido ao padrão Voronoi, características que promovem maior conforto e, conseqüentemente, potencializam a adesão ao tratamento da rizartrose. Esta abordagem não apenas viabiliza a produção em contextos com recursos limitados, mas também oferece uma alternativa que pode ser mais rapidamente personalizada às necessidades individuais.

Para o desenvolvimento e aperfeiçoamento futuro desta Tecnologia Assistiva, sugere-se a realização de estudos clínicos comparativos com um grupo de pacientes diagnosticados com rizartrose, a fim de avaliar objetivamente a eficácia da órtese impressa em 3D na redução da dor (utilizando escalas para aferir a intensidade da dor, como a EVA – Escala Visual Analógica), na melhora da função da mão e no nível de satisfação do usuário, além da durabilidade e aspectos de segurança em relação às órteses confeccionadas pelo método tradicional. Recomenda-se, ainda, investigações aprofundadas sobre as propriedades mecânicas do PLA e de outros filamentos alternativos, como sua resistência à fadiga e durabilidade em uso contínuo, além da exploração de diferentes designs e padrões de preenchimento que possam otimizar a relação entre rigidez estrutural, leveza e conforto. Para ampliar o alcance e impacto

desta tecnologia, sugere-se a criação de um repositório de modelos digitais de órteses e o desenvolvimento de guias de boas práticas para customizá-las e imprimi-las.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEG e CNPq pelo apoio financeiro que contribuíram para a realização e divulgação do presente estudo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. H. T. Q.; PONTES, T. B.; ROSSI, J. R. L.; SANTOS-COUTO-PAZ, C. C.; MACDERMID, J. C.; MATHEUS, J. P. C. Órteses para o paciente com osteoartrite do polegar: o que os terapeutas ocupacionais no Brasil indicam? *Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo*, SP, v. 27, p. 289-296, 2016.

ASSUMPÇÃO, T. S. Órteses: princípios básicos. In: FREITAS, P. P. (Org.). *Reabilitação da mão*. São Paulo: Atheneu. p. 539-553, 2006.

BELKIN, J.; YASUDA, L. Ortótica. In: PEDRETTI, L. W.; EARLY, M. B. *Terapia ocupacional capacidades práticas para as disfunções físicas*. 5ª ed. São Paulo: Roca p. 557-95, 2005.

BRASIL. Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República. Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. *Viver sem Limite - Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência*. Brasília: Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência, 2013.

CASTRO, J. H. D.; STOPPA, M. H. Prototipagem 3D aplicada a cirurgias de implantes dentários. *HOLOS*, Natal, v. 34, n. 8, p. 49-58, 2018.

COLDITZ, J.; KOEKEBAKKER, N. A new splint design for the thumb CMC joint. *Maastricht-Airport: Nea International* by, 2010.

COPPARD, B. Anatomical and Biomechanical Principles of Splinting. In: B.M. COPPARD and H. LOHMAN, eds, *Introduction to Splinting: A clinical-reasoning & problem-solving approach*. Second Edition. St Louis, MO.: Mosby, Inc., pp. 34-72, 2001.

COPPARD, B.M. and LYNN, P. Introduction to Splinting. In: B.M. COPPARD and H. LOHMAN, eds, *Introduction to Splinting: A clinical reasoning & problem-solving approach*. Second Edition. St Louis, MO.: Mosby, Inc., pp. 1-33, 2001.

DUNCK, D. A. S. DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO AUXILIAR PARA REALIZAÇÃO DE TAREFAS ADMINISTRATIVAS POR PESSOAS COM DEFICIÊNCIA DE MEMBRO SUPERIOR. 2021. *Dissertação (Mestrado em Gestão Organizacional)* - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

EATON, R.; LITTLER, J. Ligament reconstruction for the painful thumb carpometacarpal joint. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, Needham, v. 55, n. 8, p. 1655-1666, 1973.

- EGAN, M. Y.; BROUSSEAU, L. Splinting for osteoarthritis of the carpometacarpal joint: a review of the evidence. *The American Journal of Occupational Therapy*, Bethesda, v. 61, n. 1, p. 70-78, 2007.
- GRADIM, L. C. C.; PAIVA, G. Modelos de órteses para membros superiores: uma revisão da literatura. *Cadernos Brasileiros De Terapia Ocupacional*, São Carlos, v. 26, n. 2, p. 479-488, 2018.
- MARINHO, F. D.; SANTOS, P. M. dos; NARDI, S. M. T.; SIME, M. M.; COUTINHO, G. C. Uso de órtese impressa em 3D e tratamento terapêutico ocupacional na rizartrose. *Cadernos Brasileiros De Terapia Ocupacional*, São Carlos, v. 28, n. 4, p. 1151-1164, 2020.
- MIRANDA, J. C. T.; BARROS, L. N. de; MARCON, H. B. APLICAÇÃO DE ÓRTESES EM IMPRESSÃO 3D PARA TRAUMAS NAS FALANGES DOS MEMBROS SUPERIORES. In: SEMANA MÉDICA DA UNIVÁS, n. 52, 2022, Pouso Alegre. *Anais eletrônicos da 52ª Semana Médica da Univás*. Pouso Alegre: Univás, 2022.
- NETO, G. F. Modelagem e Desenvolvimento de Prótese de Mão Mecatrônica com Acionamento Individual de Dedos. 2017. Dissertação (Mestrado em Modelagem e Otimização) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.
- WEISS, S.; LASTAYO, P.; MILLS, A.; BRAMLET, D. Prospective analysis of splinting the first carpometacarpal joint: an objective, subjective and radiographic assessment. *Journal of Hand Therapy*, Philadelphia, v. 13, n. 3, p. 218-226, 2000.
- RODRIGUES, A. V. N.; CAVALCANTI, A.; GALVÃO, C. Órteses e próteses. In: *Terapia ocupacional – Fundamentação e prática*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.
- SAURON, F. N. Órteses para membro superiores. In: TEIXEIRA, E *et al.* *Terapia Ocupacional na Reabilitação Física*. São Paulo: Roca, p. 265-96, 2003.
- O'BRIEN, V. H.; GIVEANS, M. R. Effects of a dynamic stability approach in conservative intervention of the carpometacarpal joint of the thumb: a retrospective study. *Journal of Hand Therapy*, 26(1), 44-52, 2013.
- ASSUMPCÃO, T. S. Órteses: princípios básicos. In P. P. Freitas. *Reabilitação da mão* (pp. 539-553). São Paulo: Atheneu, 2006.