



## ***Impacto da tecnologia de impressão 3D nas cirurgias ortopédicas: revisão de literatura***

Clarice Terranova Agostinho, Loiane Loah Martins Pinto, Lucas Badinelli Vaucher, Márcio Júnior Azevedo Reis, Kaê Mazareli Rodrigues, Haryanne Mabel Oliveira Vieira, Eduarda Baraldi Calixto, Rodrigo Monteiro Castanheira, Aline Stroparo, Manuela Prudencio Vieira, Daniel de Mattos da Silva, Matheus Silva Pinheiro Bezerra, Stefani Soares da Silva, Marcus Paulo Parente de Alencar, Bruna Alves Brito e Laryssa Loá Martins Pinto



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n9p3141-3152>

Artigo recebido em 27 de Julho e publicado em 17 de Setembro

### **ARTIGO DE REVISÃO**

#### **RESUMO**

Este artigo tem por objetivo realizar revisão da literatura atual sobre o Impacto da tecnologia de impressão 3D nas cirurgias ortopédicas, focando na personalização de implantes, planejamento cirúrgico e benefícios. A revisão integrativa de literatura, baseada em artigos científicos, de 2014 a 2024, revela que a impressão 3D tem aprimorado significativamente a precisão e a eficácia em procedimentos cirúrgicos. Estudos mostram que implantes e guias impressos em 3D oferecem maior exatidão, reduzindo o tempo operatório e melhorando a recuperação dos pacientes em comparação com métodos convencionais. A tecnologia tem sido aplicada com sucesso em múltiplos tipos de cirurgias ortopédicas e na reconstrução de grandes defeitos cranianos, demonstrando benefícios como redução de custos operacionais e maior acessibilidade. Assim, a impressão 3D continua a revolucionar a medicina, proporcionando tratamentos mais precisos e menos invasivos, com perspectivas promissoras para sua adoção e desenvolvimento futuro.

**Palavras-chave:** Impressão 3D. Cirurgias Ortopédicas. Precisão Cirúrgica. Avanços Tecnológicos. Benefícios.

# Impact of 3D printing technology on orthopedic surgeries: a literature review

## ABSTRACT

This article aims to review the current literature on the impact of 3D printing technology on orthopedic surgeries, focusing on implant customization, surgical planning and benefits. The integrative literature review, based on scientific articles from 2014 to 2024, reveals that 3D printing has significantly improved the precision and effectiveness of surgical procedures. Studies show that 3D printed implants and guides offer greater accuracy, reducing operative time and improving patient recovery compared to conventional methods. The technology has been successfully applied in multiple types of orthopedic surgeries and in the reconstruction of large cranial defects, demonstrating benefits such as reduced operating costs and greater accessibility. Thus, 3D printing continues to revolutionize medicine, providing more precise and less invasive treatments, with promising prospects for its future development and adoption.

**Keywords:** 3D printing. Orthopedic Surgeries. Surgical Precision. Technological Advances. Benefits.

**Autor correspondente:** Clarice Terranova Agostinho [clariceterranova.faculdade@gmail.com](mailto:clariceterranova.faculdade@gmail.com)

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).





## **INTRODUÇÃO**

Segundo BADIALI, G. *et al.*, dispositivos projetados e produzidos com o auxílio de sistemas computadorizados (CAD/CAM), conhecidos como Implantes Específicos para o Paciente (PSIs), estão se tornando cada vez mais comuns na área da cirurgia ortognática. Estudos recentes indicam considerável melhora na precisão dos procedimentos, ao se efetivar, inicialmente, estudos virtuais para, somente depois, transferir o planejamento virtual para o paciente, efetivamente. Vários pesquisadores já mencionaram e comprovaram a eficácia do uso de PSIs em procedimentos de osteotomias e reposicionamento maxilar. No entanto, a utilização de PSIs para osteotomia sagital bilateral (BSSO) foi abordada por limitado número de estudiosos; e, mais recentemente, investigada em pesquisas de Savoldelli, Li, Suojanen e Brunso. Essa abordagem parece suprir a necessidade de reproduzir com precisão os movimentos complexos e parcialmente descontrolados do segmento condilar. Além disso, são escassas as informações sobre a aplicação de PSIs em cirurgias ortognáticas que envolvem maxila e mandíbula, conjuntamente. No entanto, a questão relacionada às possíveis imprecisões na fixação dos dispositivos CAD/CAM nas estruturas maxilares e mandibulares ainda carece de investigações mais aprofundadas.

Hussam, Hassanin e Ibrahim, que buscaram diferentes formas de fazer cranioplastia em pessoas com grandes defeitos cranianos, apresentaram estudo no qual utilizam modelos impressos em 3D, a partir de tomografia computadorizada de cortes finos, utilizando modelos preenchidos com algodão macio, envolvidos em bolsa plástica estéril, que são usado para moldar o implante de forma intra operatória. Ato contínuo, realizam a fixação do implante com miniplacas e parafusos, após a exposição cirúrgica do defeito craniano. No estudo, a técnica foi aplicada em seis pacientes, sem complicações relacionadas e apresentaram resultados radiológicos e estéticos satisfatórios, mostrando que a abordagem é simples, segura, econômica e reprodutível, determinando grande avanço na área.

Segundo os resultados do trabalho de JO, W.-L. *et al.*, sugere-se que as placas impressas em 3D podem facilitar a redução mais fácil e precisa de fraturas pélvicas. Para



chegar a essa conclusão, realizaram-se estudos comparando a redução de fraturas pélvicas em dois grupos: (1) usando placas personalizadas impressas em 3D (grupo 3DP) e (2) usando placas convencionais (grupo CP), ajustadas manualmente. Dessa forma, foi possível que se analisassem cinco modelos representativos de fratura pélvica e se realizassem comparações entre eles. No grupo 3DP, as placas foram adaptadas virtualmente e impressas em 3D, enquanto no grupo CP, as placas foram contornadas manualmente por cirurgião experiente. As medições mostraram que o grupo 3DP apresentou redução mais precisa, com menores distâncias entre a superfície do osso e da placa ( $P = 0,008$ ) e menores variações de comprimento e ângulo.

LONGEAC, M. *et al.* investigaram o uso de tecnologias avançadas de planejamento cirúrgico virtual e impressão 3D para tratar fraturas complexas do complexo zigomático-maxilar. No processo, foram comparados dois grupos: um que utilizou planejamento pré-operatório com modelagem e moldagem das placas de titânio, em modelos 3D, e outro no qual as placas foram moldadas diretamente no paciente durante a cirurgia. Os principais achados incluem restauração significativamente melhor do volume orbital (variação de 0,4mL no grupo com planejamento 3D contra 2,1mL no grupo controle) e projeção mais simétrica do zigoma (0,1cm versus 0,2cm). Portanto, esses resultados demonstram e implicam que o uso de modelos 3D melhora a precisão e a simetria nas reconstruções, confirmando a relevância dessa tecnologia no aprimoramento dos tratamentos de traumas faciais.

A investigação feita por López-Torres, I.I., *et al.* explorou o uso de impressão 3D para criar implantes específicos para espécies animais, visando a melhorar a pesquisa sobre infecções periprotéticas. Tendo como objetivo projetar implante específico para o joelho de coelhos e utilizar softwares de modelagem 3D, a partir de imagens de tomografia, o implante de aço inoxidável foi feito e inserido em 15 coelhos. Notou-se que todos os animais exibiram imediata hiperflexão do membro operado, no pós-operatório. Some-se a isso o fato de puderam aplicar carga total de peso a partir do 5º dia, após a cirurgia. Portanto, os resultados mostraram estabilidade pós-operatória e formação de biofilme na superfície dos implantes, demonstrando que esse design específico estimula a rápida recuperação do animal, tornando-o ideal para o estudo da fisiopatologia com o intuito de estabelecer possíveis alvos terapêuticos para infecção



protética.

O trabalho realizado por SINHA, P. *et al.*, teve como objetivo avaliar a aplicação de templates 3D impressos de segmentos curtos para auxiliar no reparo de fraturas mandibulares complexas. A pesquisa utilizou dados de tomografia de três pacientes e desenvolveu modelos específicos para seis locais de fratura, tendo como resultados que o uso dos templates 3D permitiu a pré-moldagem das placas de fratura, economizando tempo intraoperatório (entre 5 e 7 minutos por segmento) e reduzindo significativamente os custos cirúrgicos, com estimativas de economia de até \$350 (aproximadamente R\$ 2.000) por segmento. Além disso, o custo para produzir template 3D foi inferior a \$20, em comparação aos \$2.200 de um modelo completo.

WEIDERT, S. *et al.* apresentou técnica prática para o uso da impressão 3D, em cirurgias de fraturas acetabulares, onde introduziu novo método de filtragem de superfície que reduziu o tempo de impressão em 65%. Assim, a média de tempo de operação foi reduzida, além de reduzir também o tempo e o custo de impressão, em comparação com a literatura atual. Portanto, os autores alegam que os baixos custos e o fácil manuseio do fluxo de trabalho de impressão 3D tornam o procedimento utilizável em quase todos os ambientes hospitalares voltados para cirurgias destinadas às fraturas acetabulares.

O estudo de WURM, M. C. *et al.* investigou a precisão de ajuste de placas de reconstrução de titânio pré-dobradas e seu impacto na articulação temporomandibular (ATM), em comparação com placas ajustadas intraoperatoriamente. Avaliaram-se 40 pacientes, divididos em dois grupos: um com placas pré-dobradas e outro com placas convencionais. Assim, foi possível confirmar que as placas pré-dobradas apresentaram precisão significativamente maior na reconstrução do maxilar inferior, especialmente em casos de defeitos ósseos complexos ( $p = 0,022$  e  $p = 0,048$ ). No entanto, em relação à posição condilar da ATM, não se percebeu diferença significativa entre os dois métodos ( $p = 0,867$ ).

Já no ensaio clínico de YANG, W. *et al.*, que comparou e avaliou a eficácia de placas cirúrgicas específicas para o paciente, impressas em 3D, em reconstruções oncológicas de cabeça e pescoço, os principais achados indicam que as placas 3D proporcionaram



maior precisão na reconstrução, com desvio absoluto de 1,5 mm, em comparação aos 2,1 mm nas placas convencionais ( $p = 0,003$ ), além de demonstrar melhor alinhamento dos ângulos mandibulares e enxertos ósseos.

Por fim, no relato de caso fornecido por ZHOU, X. *et al.* observou-se o uso da impressão 3D combinada com a osteossíntese minimamente invasiva percutânea de placas (MIPO) e técnicas toracoscópicas para tratar fraturas cominutivas de costelas. Sendo assim, o modelo 3D da fratura foi impresso com base em tomografia computadorizada, permitindo que a placa de metal fosse moldada com precisão ao formato da costela, antes da cirurgia. A técnica resultou em maior precisão, redução no tempo operatório e minimização de lesões ao paciente.

## **METODOLOGIA**

Refere-se a estudo de revisão integrativa de literatura, exploratória e descritiva, com abordagem qualitativa. Foi realizada pesquisa eletrônica de artigos científicos nos bancos de dados do Google Acadêmico e Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde (BVS); pesquisou-se, também, junto a base de dados Scientific Electronic Library Online (Scielo).

Utilizou-se como critério para filtragem mais específica o uso do operador booleano “AND”, para seleção das produções em que ocorresse a presença dos termos “Cirurgias ortopédicas”, “Impressão 3D” e “Medicina”. Para a seleção dos artigos foram utilizados critérios de inclusão: artigos científicos em português, inglês e espanhol, online, gratuitos, disponíveis na íntegra e publicados, no período de 2014 a 2024. Além disso, como critério de exclusão: artigos fora do intervalo estabelecido e que não estivessem disponíveis na íntegra, bem como os que não convergissem com a temática e objetivos de estudo. A triagem dos artigos foi realizada pela leitura dos títulos e resumos, sendo selecionados para leitura completa aqueles que atenderam aos critérios. As informações relevantes sobre a aplicação da impressão 3D nas cirurgias ortopédicas foram extraídas e comprovadas qualitativamente.



É importante destacar que a submissão deste projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa não foi obrigatória, uma vez que não envolve a participação direta de seres humanos, em conformidade com a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), que estabelece diretrizes éticas específicas para as ciências humanas e sociais.

## **RESULTADOS**

Estudos recentes demonstram a eficácia da tecnologia de impressão 3D em procedimentos cirúrgicos personalizados, especialmente em cirurgias crânio-maxilofaciais e ortopédicas. Badiali et al. (2020) validaram sistema específico para cirurgias bimaxilares com enfoque na mandíbula, destacando a precisão no posicionamento do ramo e dos implantes, o que resultou em relevante aumento na exatidão dos procedimentos. De forma semelhante, Sinha et al. (2018) mostraram que modelos 3D personalizados para reparo de fraturas mandibulares foram eficazes, principalmente ao reduzir o tempo cirúrgico e melhorar a precisão de encaixe dos implantes. Wurm et al. (2019) investigaram a acurácia dos implantes pré-moldados em cirurgias crânio-maxilofaciais e concluíram que as placas personalizadas impressas em 3D ofereceram maior precisão, em comparação com métodos convencionais, com impacto positivo na saúde da articulação temporomandibular. No entanto, não houve diferenças significativas em relação à precisão da osteotomia, perda sanguínea, tempo operatório ou duração da internação hospitalar entre os grupos avaliados.

No campo da neurocirurgia, a impressão 3D também tem sido aplicada na reconstrução de grandes defeitos cranianos. Metwali et al. (2021) apresentaram técnica personalizada para cranioplastia, mostrando que o uso de implantes customizados melhora a estética e a funcionalidade pós-operatória, sendo solução mais acessível e precisa para esses pacientes.

No campo ortopédico, a impressão 3D tem sido amplamente explorada na personalização de placas e implantes. Yang et al. (2020) compararam placas cirúrgicas impressas em 3D com métodos convencionais na reconstrução oncológica de cabeça e pescoço, encontrando maior precisão e redução no tempo operatório com as placas



personalizadas. Jo *et al.* (2023) analisaram o desempenho estrutural de placas pélvicas personalizadas impressas em 3D, concluindo que essas soluções ofereciam maior estabilidade e resistência quando comparadas às placas convencionais. Em outro estudo, Longeac *et al.* (2021) relataram o sucesso da impressão 3D no planejamento cirúrgico e tratamento de fraturas do complexo zigomático-maxilar, permitindo redução precisa da fratura e melhor posicionamento do implante.

O planejamento cirúrgico virtual, aliado à impressão 3D, permite maior controle e precisão. Stokbro *et al.* (2018) demonstraram que placas personalizadas impressas aumentaram significativamente a acurácia cirúrgica em experimentos *in vitro*, sugerindo vantagens claras sobre as técnicas convencionais. Da mesma forma, Weidert *et al.* (2020) mostraram que é viável realizar cirurgias de fraturas acetabulares no dia seguinte ao planejamento com guias impressos, apresentando resultados clínicos positivos após um ano.

A impressão 3D tem demonstrado ser tecnologia promissora e revolucionária no campo cirúrgico, permitindo soluções específicas para cada paciente que melhoram a precisão e os resultados clínicos. Estudos consistentes mostram que implantes e guias personalizados impressos em 3D superam os métodos convencionais, proporcionando melhor recuperação dos pacientes e aumentando a eficácia dos procedimentos cirúrgicos.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este estudo destaca o impacto significativo das tecnologias de impressão 3D na área da ortopedia, comprovando a eficácia e os benefícios dessa abordagem no planejamento cirúrgico e na personalização de implantes. Logo, os principais achados sugerem que o uso de dispositivos personalizados, projetados e produzidos por meio de tecnologias CAD/CAM, melhora a precisão em cirurgias ortopédicas complexas, reduz o tempo operatório, minimiza lesões e acelera a recuperação dos pacientes. Assim, a revisão integrativa mostrou que, em diferentes contextos cirúrgicos, a impressão 3D tem desempenhado papel crucial na otimização dos resultados, como em cirurgias





crânio-maxilofaciais, pélvicas e de fraturas de costelas. Ademais, em procedimentos envolvendo fraturas complexas, os templates e implantes impressos em 3D permitem redução mais precisa e eficiente, proporcionando tratamento menos invasivo e personalizado.

Além disso, a tecnologia tem o potencial de reduzir custos operacionais e aumentar a acessibilidade de técnicas avançadas em ambientes hospitalares - e a criação de guias e placas personalizadas demonstra clara superioridade em relação aos métodos convencionais, oferecendo maior acurácia na reconstrução e resultados funcionais e estéticos aprimorados.

Contudo, embora os benefícios sejam evidentes, o impacto dessas tecnologias na articulação temporomandibular (ATM) e em outros aspectos clínicos específicos ainda requer mais estudos. De todo modo, o avanço no uso de impressão 3D para cirurgias ortopédicas representa marco importante para a personalização do tratamento e a melhoria dos resultados cirúrgicos, com potencial para ser amplamente adotado em diversas especialidades. Ademais, o uso da impressão 3D em combinação com abordagens minimamente invasivas também se mostrou altamente eficaz em casos de fraturas complexas, como as de costelas cominutivas, reafirmando o valor dessas tecnologias na medicina personalizada.

Portanto, a impressão 3D continua a revolucionar a ortopedia, contribuindo para tratamentos mais precisos, rápidos e menos invasivos, com perspectivas promissoras para seu uso futuro, tornando-se, portanto, imprescindível o fomento de mais pesquisas e de investimentos para que ocorram mais avanços nessa área tão importante da medicina, beneficiando não apenas pacientes, mas também o sistema de saúde como um todo.

## **REFERÊNCIAS**

BADIALI, G. et al. Validation of a patient-specific system for mandible-first bimaxillary surgery: ramus and implant positioning precision assessment and guide design comparison. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, 7 ago. 2020.



HUSSAM METWALI; HASSANIN, M.; IBRAHIM, T. A Customized Technique of Cranioplasty for Patients with Large Skull Defects: A Technical Note. *World Neurosurgery*, v. 148, p. 110–114, 1 abr. 2021.

JO, W.-L. et al. Structural analysis of customized 3D printed plate for pelvic bone by comparison with conventional plate based on bending process. *Scientific Reports*, v. 13, n. 1, 29 jun. 2023.

LONGEAC, M. et al. Virtual surgical planning and three-dimensional printing for the treatment of comminuted zygomaticomaxillary complex fracture. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 122, n. 4, p. 386–390, set. 2021.

López-Torres, I.I., Sanz-Ruíz, P., León-Román, V.E. et al. 3D printing in experimental orthopaedic surgery: do it yourself. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 29, 967–973 (2019).  
<https://doi.org/10.1007/s00590-019-02415-5>

Patient-Specific Printed Plates Improve Surgical Accuracy In Vitro Stokbro, Kasper et al. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, Volume 76, Issue 12, 2647.e1 - 2647.e9.

SINHA, P. et al. A 3-Dimensional-Printed Short-Segment Template Prototype for Mandibular Fracture Repair. *JAMA Facial Plastic Surgery*, v. 20, n. 5, p. 373–380, 1 set. 2018.

STOKBRO, K.; BELL, R. B.; THYGESEN, T. Patient-Specific Printed Plates Improve Surgical Accuracy In Vitro. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 76, n. 12, p. 2647.e1–2647.e9, dez. 2018.

WEIDERT, S. et al. 3D printing method for next-day acetabular fracture surgery using a surface filtering pipeline: feasibility and 1-year clinical results. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, v. 15, n. 3, p. 565–575, 2 jan. 2020.

WURM, M. C. et al. The fitting accuracy of pre-bend reconstruction plates and their



impact on the temporomandibular joint. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, v. 47, n. 1, p. 53–59, 1 jan. 2019.

YANG, W. et al. Three-Dimensionally Printed Patient-Specific Surgical Plates Increase Accuracy of Oncologic Head and Neck Reconstruction Versus Conventional Surgical Plates: A Comparative Study. *Annals of Surgical Oncology*, v. 28, n. 1, p. 363–375, 22 jun. 2020.

ZHOU, X. et al. 3D printing and thoracoscopy assisted MIPO in treatment of long-range comminuted rib fractures, a case report. *Journal of Cardiothoracic Surgery*, v. 14, n. 1, 29 abr. 2019.