

## 15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

### Desenvolvimento de um modelo de porta-ferramentas ambientalmente sustentável para o processo de torneamento

João Victor Buosi de Souza Fontes<sup>1</sup>, Nathália Aparecida Soares da Cruz<sup>2</sup>, Renan Luis Fragelli<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Mecânica, Bolsista PIBIC, IFSP, Campus Itaquaquecetuba, [buosi.joao@aluno.ifsp.edu.br](mailto:buosi.joao@aluno.ifsp.edu.br).

<sup>2</sup>Graduanda em Engenharia Mecânica, Bolsista PIBITI, IFSP, Campus Itaquaquecetuba, [nathalia.cruz@aluno.ifsp.edu.br](mailto:nathalia.cruz@aluno.ifsp.edu.br).

<sup>3</sup>Professor EBTT, Área Mecânica, IFSP - Campus Itaquaquecetuba, [renan.fragelli@ifsp.edu.br](mailto:renan.fragelli@ifsp.edu.br).

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.05.05.00-3 – Processos de Fabricação

**RESUMO:** A busca contínua da indústria por peças usinadas com excelente acabamento superficial e precisão dimensional, mantendo custos competitivos e minimizando impactos ambientais, é influenciada por diversos fatores, como o uso de fluidos de corte, o material sendo usinado e as ferramentas de corte. Portanto, pesquisas para mitigar essas questões são cruciais. Neste contexto, a adoção de porta-ferramentas internamente refrigerados surge como uma opção promissora para reduzir ou eliminar a necessidade de fluidos de corte. Esta pesquisa teve como objetivos aprofundar o conhecimento sobre os porta-ferramentas refrigerados internamente existentes, desenvolver um novo modelo otimizado e produzir seu protótipo através da impressão 3D. Realizou-se uma revisão bibliográfica sobre o tema, seguida do desenvolvimento de um novo modelo baseado em trabalhos anteriores, utilizando software CAD de modelagem 3D para otimizar a capacidade de resfriamento da ferramenta de corte. Na terceira etapa, foi realizada a prototipagem rápida do modelo permitindo uma visualização detalhada. Desenvolveu-se um novo porta-ferramentas com uma nova proposta de circulação interna do fluido, respeitando os padrões empregados no mercado, resultando em um modelo aplicável. Além disso, também foi feita uma proposta inovadora da inclusão de Nanotubos de Carbono no núcleo de prata a fim de otimizar ainda mais a capacidade de transferência térmica.

**PALAVRAS-CHAVE:** refrigeração interna; porta-ferramentas; fluido de corte; usinagem; vida de ferramenta.

#### Development of an Environmentally Sustainable Toolholder Model for the Turning Process

**ABSTRACT:** The continuous pursuit by the industry for machined parts with excellent surface finish and dimensional accuracy, while maintaining competitive costs and minimizing environmental impacts, is influenced by various factors such as the use of cutting fluids, the material being machined, and the cutting tools. Therefore, research to mitigate these points is crucial. In this context, the use of internally cooled toolholders emerges as a promising option to reduce or eliminate the need for cutting fluids. This research had as goals deepening the understanding of existing internally cooled toolholders, developing a new optimized model, and producing a prototype through 3D printing. A literature review on the topic was conducted, followed by the development of a new model based on previous works, using CAD software to optimize the cooling capacity of the cutting tool. In the third stage, rapid prototyping of the model was performed, allowing for detailed visualization. A new tool holder was developed with an innovative internal fluid circulation proposal, adhering to industry standards, resulting in an applicable model. Additionally, an innovative proposal was made to include Carbon Nanotubes in the silver interface to further optimize thermal transfer capacity.

**KEYWORDS:** Internal cooling; Toolholder; Cutting fluid; Machining; Tool life.

#### INTRODUÇÃO

É de extrema importância para o cenário industrial buscar sempre a otimização de procedimentos e processos. A usinagem é fortemente conhecida por ser uma das principais operações utilizadas na produção de peças e ferramentas nas indústrias. Este processo está inserido em um contexto de busca de

melhorias contínuas. Dentre os pontos de atenção, destaca-se a utilização de fluidos de corte no controle de altas temperaturas presentes na ferramenta de corte ao se usinar um material, na lubrificação a baixas velocidades de corte, na proteção da máquina-ferramenta contra oxidação, além da limpeza da região de usinagem. Entretanto, existem pontos negativos desses tipos de fluidos, pois seu descarte incorreto é agressivo ao meio ambiente, o contato dos operadores pode ser prejudicial à saúde e, segundo Klocke e Eisenblätter (1997), os custos do processo podem aumentar em até 20% ao se utilizar tais fluidos. Dessa forma, busca-se reduzir ou eliminar a utilização desses fluidos. Algumas soluções têm se mostrado promissoras como por exemplo: usinagem à seco, refrigeração criogênica e também a utilização de sistema de refrigeração interna.

A refrigeração interna se mostra há muitos anos como uma solução promissora quanto a possibilidade de eliminar o uso de fluidos de corte. Jeffries e Zerkle (1970) propuseram o primeiro porta-ferramentas que utilizava esse sistema. Além deles, ao longo das últimas décadas vários outros estudos com resultados promissores surgiram, como Ghani (2013) que propunha a utilização de um heatpipe para refrigeração, Isik et al. (2017) que tinha como principal proposta canais internos de refrigeração, Fragelli (2021) que além de canais internos utilizava um corpo de prata para otimizar a transferência térmica e Barbosa et al. (2023) eu propunha uma geometria de canais internos e todo um sistema de circulação para o fluido refrigerante. A maioria dos trabalhos se concentram na última década e apresentam diferentes propostas de avanços para área com principal objetivo de eliminar a necessidade de uso dos fluidos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Para que se desenvolva um porta-ferramentas com geometria otimizada alguns procedimentos são realizados a fim de se garantir uma maximização da qualidade do mesmo.

A primeira ação realizada foi uma densa revisão bibliográfica utilizando a base de artigos sciencedirect da Elsevier para que se conhecesse os principais trabalhos e resultados de outros modelos de porta-ferramentas.

A fim de possibilitar o levantamento de novas soluções para este trabalho, foi realizado um “brainstorm” com professores e alunos de iniciação científica que fazem parte do grupo de pesquisa do IFSP-Campus Itaquaquecetuba em áreas relacionadas ao desenvolvimento de produto e processos de fabricação. O intuito dessa ação era discutir ideias já existentes e fomentar o levantamento de novas propostas para o porta-ferramentas a ser desenvolvido. As principais ideias do brainstorm foram:

- Porta-ferramentas bipartido
- Fluxo do fluido turbulento
- Fluido mais gelado
- Microfuros no núcleo de prata
- Núcleo de prata (com nanotubo de carbono ou grafeno)
- Geometria mais complexa (com mais canais).

Após a definição das características principais do novo modelo de Porta-ferramentas, iniciou-se a etapa de modelagem 3D do mesmo. Para isso, utilizou-se o software de desenho 3D Autodesk Inventor (licença estudantil).

Por fim, após o modelo 3D ter sido avaliado, passou-se para a etapa de prototipagem rápida do mesmo. Para isso, duas impressoras 3D foram utilizadas: GT Max 3D core H4 e GT Max 3D core A3. Elas são apresentadas na Figura 1. Por fim, para realizar a impressão utilizou-se o filamento de ABS da marca GT Max em diferentes cores, com 1,75 mm de espessura.

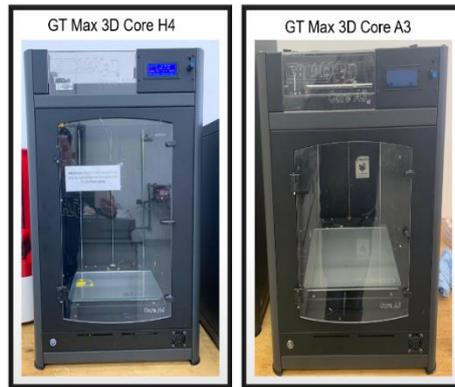


Figura 1. Impressoras 3D utilizadas na prototipagem.

Além da impressão do porta-ferramentas maciço, também optou-se por realizar uma impressão 3D em corte do mesmo, a fim de apresentar suas características internas, uma vez que o fluido refrigerante circula por canais internos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O principal resultado do trabalho foi o desenvolvimento de um novo modelo de porta-ferramentas com sistema de refrigeração interna. Além dele, os demais componentes que fazem parte do dispositivo também foram projetados (parafusos de fixação, pinos guias, esbarro da ferramenta e presilha). Além disso, como componente específico deste modelo, desenvolveu-se um núcleo de prata que contribui com a transferência térmica entre ferramenta de corte e fluido refrigerante. O Porta-ferramentas e seus componentes estão representados na Figura 2.

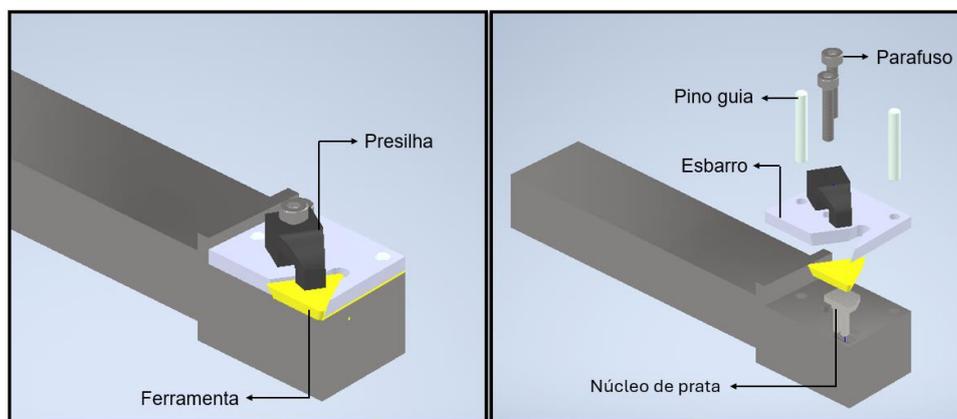


Figura 2. Novo modelo de porta-ferramentas desenvolvido.

Na Figura 3, é apresentado o esquema de funcionamento do Porta-ferramentas. Conforme indicado, o fluido entrará no corpo do porta-ferramentas através do canal de entrada numa temperatura abaixo de 20°C. Ao entrar em contato com o núcleo de prata, o mesmo absorverá energia térmica advinda da ferramenta de corte (aquecida pelo processo de usinagem) e seguirá seu fluxo pelo canal de saída do porta-ferramentas. É importante mencionar que para seu pleno funcionamento, o sistema de circulação do fluido será composto por bomba, reservatório e condensador, além do próprio Porta-ferramentas.

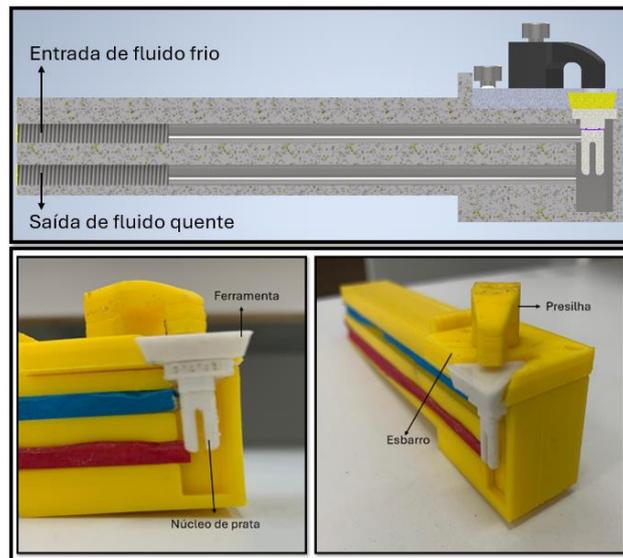


Figura 3. Sistema de circulação interna.

Também foi desenvolvido um núcleo de prata para otimizar a transferência térmica, esse núcleo de prata tem duas versões, uma com microfuros e uma sem microfuros. A versão que possui microfuros tem como objetivo a utilização de nanotubos de carbono, para uma maior otimização da transferência de calor. Esse núcleo de prata está exposto na Figura 4.

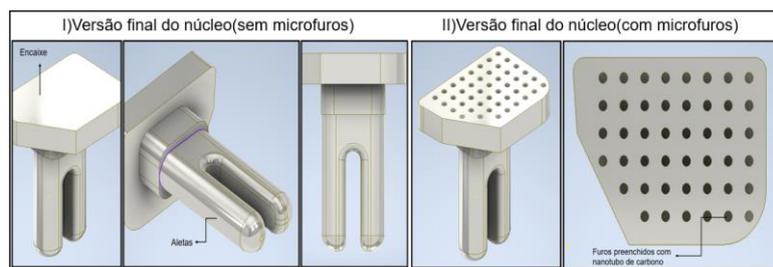


Figura 4. Duas versões finais desenvolvidas do núcleo de prata.

O modelo final de porta-ferramentas foi impresso em tamanho real. Na Figura 5, é apresentado o modelo final do corpo do porta-ferramentas.

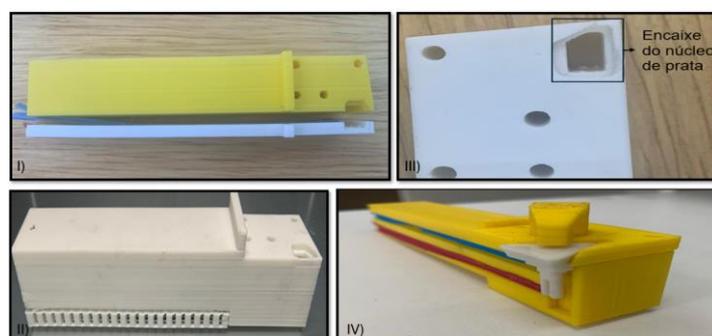


Figura 5. Impressões do porta-ferramentas. I) Duas faces em corte, II) porta-ferramentas maciço, III) encaixe do núcleo de prata, IV) Impressão com núcleo, ferramenta de corte, presilha e esbarro.

Além do desenvolvimento do modelo, também se deu atenção para o tipo de material que o porta-ferramentas seria construído, além do tipo de fluido refrigerante adotado. Neste caso, o material escolhido foi o aço AISI 4140 que possui propriedades interessantes e com alto nível de aplicabilidade no projeto do porta-ferramentas como sua resistência mecânica elevada, que por sua vez aumentava as possibilidades de canais de circulação interna sem que houvesse uma fragilização crítica do corpo do

porta-ferramentas. Também é importante mencionar que diversos modelos comerciais são produzidos com o AISI 4140. O fluido a ser utilizado, no caso de construção de um modelo real, será o Opteon SF-800, devido as suas propriedades físicas, além de estar alinhando com a legislação ambiental atual.

## CONCLUSÕES

Com esta pesquisa, foi possível desenvolver um modelo de porta-ferramentas com características promissoras para contribuir com a redução/eliminação do uso de fluido de corte. Também foram impressos modelos maciços e em corte do mesmo, a fim de contribuir com o entendimento de seu funcionamento e características internas. O material mais indicado, caso o modelo real fosse construído, é a o aço AISI-4140 por conta de suas propriedades. Além disso, também se escolheu o fluido refrigerante OPTeon-SF800 para circular pelos canais internos do porta-ferramentas e garantir a refrigeração da ferramenta de corte. Por fim, de forma inovadora, também foi proposta a utilização de nanotubos de carbono em microfuros presentes no núcleo de prata, com o objetivo de aumentar ainda mais a transferência térmica e, conseqüentemente, reduzir a temperatura da ferramenta de corte.

## CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

RLF e JVBSF contribuíram com a curadoria e análise dos dados. RLF, NASC e JVBSF contribuíram com a pesquisa e metodologia. RLF contribuiu com a administração do projeto e supervisão. RLF e JVBSF procederam com a metodologia, experimentos e atuaram na redação do trabalho. Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) - Campus Itaquaquecetuba e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## REFERÊNCIAS

BARBOSA et al. **Comparison of the performance of the internally cooled tool in closed circuit against standard PCBN tools in turning AISI D6 hardened**, 2023

FRAGELLI, R. L. **Desenvolvimento de um porta-ferramentas refrigerado internamente por meio de nanorefrigerante e análise da aplicação do efeito eletrohidrodinâmico**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, 2021.

GHANI, S. A. Design and analysis of the internally cooled smart cutting tools with the applications to adaptive machining. **Tese de Doutorado**. Brunel University, 2013.

ISIK, Y.; KUS, A.; COŞKUN, S.; ÖZDEMİR, K.; ÇAKIR, M. C. A novel approach to use internally cooled cutting tools in dry metal cutting. *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences*, v. 24, n. 3, p. 239-246, 2017.

JEFFRIES, N. P.; ZERKLE, R. D. Thermal analysis of an internally-cooled metal-cutting tool. **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, v. 10, p. 381-399, 1970.

KLOCKE, F.; EISENBLATTER, G. Dry Cutting. **Annals of the CIRP**, v. 46, p. 519-527, 1997.