

MÉTODOS DE REFRIGERAÇÃO NO TORNEAMENTO: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA COOLING METHODS IN TURNING: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS

Vitor Marcelo Costa Halcsik – Mestrado Profissional em Gestão de Sistemas Produtivos – CEETEPS

vitor.halcsik@cspso.sp.gov.br

Alexandre Formigoni – Mestrado Profissional em Gestão de Sistemas Produtivos – CEETEPS

a_formigoni@yahoo.com.br

Resumo

O objetivo desta pesquisa é apresentar uma bibliometria para avaliar a produção científica sobre métodos de refrigeração no torneamento. Devido à legislação, a indústria metalmeccânica vem buscando produzir de forma sustentável, reduzindo o uso de fluídos de corte, substituindo-os por métodos menos agressivos ao meio ambiente e à saúde dos colaboradores. Nesse contexto, algumas opções se tornam atraentes, dentre elas a da mínima quantidade de fluído lubrificante, minimum quantity lubrication (MQL) e a refrigeração por jato de ar comprimido resfriado. Dentre os métodos avançados são opções que oferecem baixo custo podendo ser utilizadas em empresas de pequeno porte do ramo metalmeccânico. Com a proposta de criar um sistema híbrido que mistura os dois métodos, torna-se necessário entender os processos envolvidos através de uma análise das publicações científicas. Para a bibliometria deste artigo foram determinadas diferentes strings de busca para alcançar o maior número de resultados. A plataforma escolhida foi a Google Scholar, no idioma inglês, no período de 2005 a 2020. Os resultados obtidos foram filtrados, por duplicidade, disponibilidade, títulos e palavras-chave. Foram selecionados 148 artigos que após a leitura dos resumos foram selecionados quanto a aderência ao tema, resultando em 27 artigos utilizados como base para as análises qualitativas e quantitativas.

Palavras-chaves: Bibliometria; Torneamento; MQL; Tubo de vórtice; Sustentável.

Abstract

The goal of this research is to present a bibliometry to check scientific production on cooling methods in turning. Due to increasingly restrictive legislation, the metal mechanical industry is seeking to produce sustainably, reducing the use of cutting fluids, replacing them by less aggressive methods for the environment and the health of employees. In this context, some options become attractive, between them the minimum amount of lubricating fluid, MQL and cooled compressed air jet refrigeration. Among the advanced methods are options that offer low cost and may be used in companies with a small size of the mechanical metal branch. With the proposal to create a hybrid system that mix the two methods, it is necessary to understand the processes involved through an analysis of scientific publications. For the bibliometry of this article different search strings were determined to achieve the greatest number of results. The chosen platform was Google Scholar, in the english language, in the period from 2005 to 2020. The results obtained were filtered, for duplicity, availability, titles, and keywords. Resulting in 148 articles that after reading abstracts were selected as to adherence to the theme, resulting in 27 articles used as the basis for qualitative and quantitative analysis.

Keywords: Bibliometry; Turning; MQL; Vortex tube; Sustainable.

Introdução

As indústrias de manufatura metalmecânica enfrentam grande pressão para utilização de métodos mais sustentáveis e com menos riscos à saúde, sem deixarem de ser competitivas. Dessa forma a utilização de técnicas mais avançadas na refrigeração dos processos de usinagem oferecem tanto métodos mais amigáveis, quanto redução dos custos de manufatura.

Uma opção é a usinagem a seco que elimina a utilização de líquido refrigerante e representa uma grande fonte de impactos ao meio ambiente sendo partes importantes

dos custos de manufatura, podendo chegar a 17%. (BRAGA, *et al.*, 2002; TASDELEN, 2008).

Como a eliminação total dos fluídos de corte nem sempre é possível, então busca-se reduzir ao mínimo sua utilização, chamado de MQL (*minimum quantity lubrication*), técnica que também é conhecida como NDM (*near dry machining*) ou usinagem quase seca, onde usa-se apenas uma pequena quantidade de fluído, associado a um jato de ar comprimido, formando uma névoa. (DAVIM, 2008; KLOCKE, 2011).

Através da bibliometria pretende-se recolher informações para a formação de uma base teórica, de modo a desenvolver um dispositivo de refrigeração para torneamento, associando os métodos MQL e o por jato de ar comprimido e resfriado.

Para Guedes e Borschiver (2005), a bibliometria proporciona uma análise quantitativa da produção científica sobre determinado tema e qualitativa da importância destas produções quanto ao número de citações recebidas, visando minimizar a subjetividade inerente à indexação e recuperação de informações, produzindo conhecimento em uma determinada área.

Este artigo foi estruturado de forma a apresentar os conceitos para o processo de torneamento e os métodos de refrigeração propostos, seguido da descrição da metodologia utilizada na obtenção dos dados bibliométricos e da apresentação dos resultados quantitativos e qualitativos encontrados.

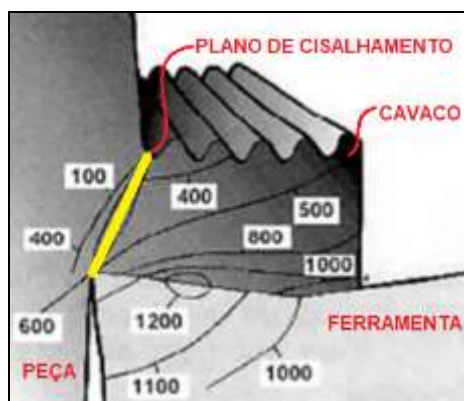
Revisão da Literatura

Segundo Ferraresi (1970), o torneamento é definido como um processo de usinagem de peças de revolução com a utilização de ferramentas monocortantes que se deslocam em sentido coplanar ao eixo da peça, enquanto ela gira em torno de seu próprio eixo. Ainda conforme Ferraresi (1970) a usinagem é o processo de fabricação que confere à peça forma, dimensão ou acabamento, ou uma combinação destes, através da remoção de cavacos, caracterizados por parte do material removido pela ferramenta.

No torneamento, o cavaco é gerado durante o movimento efetivo de corte, quando a ferramenta entra em contato com a peça. Nesta região conhecida como interface peça-cavaco- ferramenta, as forças envolvidas provocam deformações plásticas cisalhantes,

rompendo parte do material que desliza sobre a ferramenta causando atrito na sua superfície, isto gera energia térmica capaz de elevar a temperatura até 1200°C em alguns pontos da interface, conforme ilustrado na Figura 1. (DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2010).

Figura 1 - Distribuição típica da temperatura em uma ferramenta de metal duro.



Fonte: Autor, adaptado de DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2010.

O custo de produção na usinagem depende da taxa de remoção de material, isto significa que quanto mais material removido menor o custo, porém, isto implica em maiores temperaturas na interface peça-cavaco-ferramenta, o que diminui a vida da ferramenta, podendo até causar seu colapso. (MACHADO, *et al.*, 2009).

Uma forma de se evitar isso é a aplicação de fluídos de corte, que além de refrigerar, lubrificam a interface, removem os cavacos da região de corte e protegem a superfície da peça contra oxidação (FERRARESI, 1970). A refrigeração nos processos de usinagem possibilita que se trabalhe com maiores taxas de remoção de material, facilitando o controle da temperatura na região de corte, podendo até aumentar a vida da ferramenta. Isto se deve às características dos modernos fluídos de corte, que além de proporcionarem uma troca de calor mais eficiente, lubrificam a interface permitindo menos atrito e um acabamento melhor da peça. (MACHADO, *et al.*, 2009).

Existem diversas formas de aplicação do fluído de corte, sendo os mais conhecidos: jorro de baixa pressão, jato de alta pressão e a atomização. O primeiro é o mais utilizado por ser o mais simples. O segundo é o mais eficiente, porém, requer mais investimento, por ser mais complexo, necessitando de bombas de diversos estágios e

tanques de grande capacidade. O terceiro consiste no fornecimento do fluído na condição de névoa, contendo ar comprimido e partículas do lubrificante. (MACHADO, *et al.*, 2009).

A atomização, objeto deste estudo, recebe diferentes nomes de acordo com os autores da literatura pesquisada, MQL (*minimum quantity lubrication*) ou mínima quantidade de lubrificante (mais usada), NDM (*near dry machining*) ou usinagem quase seca, MQCL (*minimum quantity cooling lubrication*) ou resfriamento por mínima quantidade de lubrificante e MQF (*minimum quantity fluids*) ou mínima quantidade de fluídos.

A MQL é definida como aplicação da mistura de uma pequena quantidade de líquido lubrificante e ar comprimido, na forma de *spray*, névoa ou aerossol, diretamente na região de corte e neste método, o óleo é consumido no processo, em vez de coletado, filtrado e reutilizado. Os sistemas MQL usam vazões de óleo muita baixa, da ordem de 5 a 200 ml/h, enquanto os meios convencionais usam vazões acima de 15 L/min, dependendo da operação, da ferramenta, do material e equipamento. (STEPHENSON e AGAPIOU, 2016).

Para Youssef e El-Hofy (2008) o MQL é considerado uma alternativa ecológica e uma promissora solução intermediária entre a refrigeração convencional e a usinagem a seco, porém, advertem que para o uso do sistema é necessário o enclausuramento da máquina devido à dispersão da névoa e do ruído causado pela vazão da linha de ar comprimido.

Existem diversos sistemas MQL disponíveis no mercado, dos mais simples aos mais sofisticados, dependendo do fabricante. Alguns deles para produzir a atomização utilizam o efeito Venturi (Figura 2, c, e), outros o conceito de pulverização (Figura 2, b) e outros usam válvulas de pulso que liberam uma certa quantidade de fluído em um determinado intervalo de tempo (Figura 2, a, d).

Figura 2 – Sistema MQL empresa Eximport (A), empresa SKF (B), empresa Quimatic (C), empresa Accu-Lube (D), empresa Lubtech (E).



Fonte: Autor (imagens retiradas da internet).

Como a proposta é o desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo com tecnologia híbrida, misturando o método MQL a um sistema que produza ar comprimido resfriado, optou-se por utilizar um sistema com tubo de vórtice, devido a sua simplicidade de construção.

O Tubo de vórtice foi inventado por acidente em 1928 pelo estudante de física francês, George Ranque, usa ar comprimido como fonte de energia, não possui partes móveis e produz ar quente em uma extremidade e ar frio em outra, tanto o volume, quanto a temperatura desses fluxos de ar são ajustáveis por uma válvula na saída de ar quente (Figura 3) e podem atingir temperaturas tão baixas quanto -46°C e tão altas quanto 127°C . (PADWARI, *et al.*, 2015).

Figura 3 - Separação do fluxo de ar comprimido em fluxo quente e frio.



Fonte: Autor, adaptado de PADWARI, HABIB, *et al.*, 2015

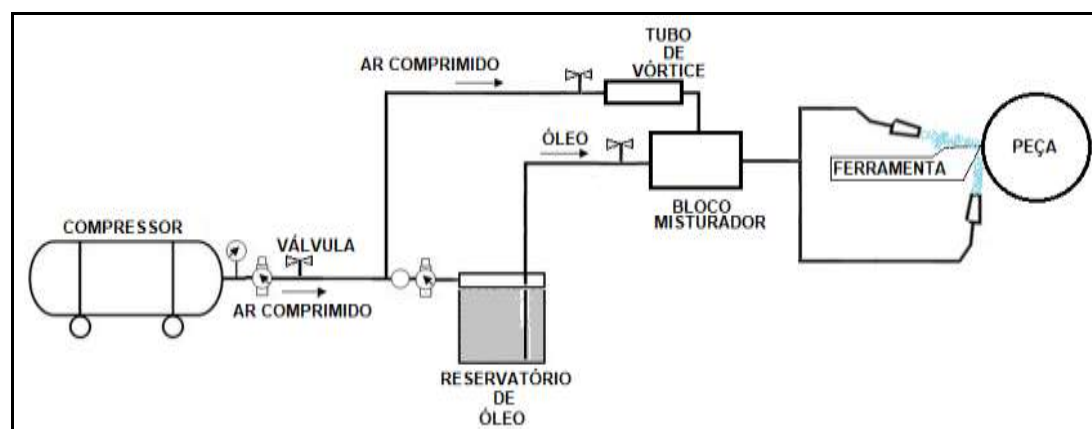
A entrada de ar comprimido é tangencial ao gerador de vórtice interno, criando um fluxo de ar rotativo de alta velocidade, como um tornado, que percorre o tubo. A válvula

na extremidade quente do tubo permite que parte do ar aquecido escape e outra parte retorne pelo tubo como um segundo vórtice por dentro do maior. Esse vórtice interno perde calor e escapa pela outra extremidade como ar frio. (PADWARI, *et al.*, 2015; DUSPARA, *et al.*, 2013).

A vazão e a temperatura em um tubo de vórtice são interdependentes, ou seja, quando a válvula de ajuste na extremidade quente é aberta, o fluxo de ar frio diminui e a temperatura também, acontecendo o inverso quando a válvula é fechada, porém, se a válvula for totalmente aberta ou fechada não haverá divisão no fluxo e sem a divisão não há alteração na temperatura. Portanto, é necessário um ajuste preciso para obter uma porcentagem entre 60% a 80% para produzir a combinação ideal entre vazão e queda de temperatura a fim de obter a máxima capacidade de resfriamento. (DUSPARA, *et al.*, 2013).

O dispositivo proposto usará o fluxo de ar frio injetado em um bloco misturador projetado para criar o efeito Venturi, provocando a sucção de uma pequena porção de óleo com a vazão controlada entre 50ml/h e 80ml/h com a finalidade de atomizar o óleo em partículas mínimas e assim produzir a névoa, que será direcionada por bocais flexíveis à interface peça-cavaco-ferramenta no ponto de deslizamento e à região entre o flanco da ferramenta e a peça que conforme a literatura são os pontos de maior influência da refrigeração, conforme Figura 4.

Figura 4 - Diagrama desmontagem para o sistema de refrigeração proposto.



Fonte: Autor.

Procedimentos Metodológicos

A pesquisa foi realizada estabelecendo um recorte da produção científica entre os anos de 2005 e 2020, com o objetivo de coletar dados para análise bibliométrica. Fez-se o uso da *Google Scholar* e as *strings* de busca foram: *Turning AND Minimum quantity lubrication* OR MQL, retornando um total de 8.390 resultados, que foram filtrados com as *strings*: NOT *Grinding, Milling, Drilling, Nanofluid, High Speed*, retornando um total de 1.120 resultados.

Foram exportados para o *software* ENDNOTE, onde foram filtrados através da busca dos termos: *Near Dry Machining, Minimum Quantity Lubrication, MQL, MQCL, CAMQL, Turning, Cooling, vortex tube, Ranque-Hilsch*, retornando 611 resultados que após a verificação do idioma e acesso ao texto, resultaram em 148 artigos, destes foram lidos os resumos e selecionados conforme a aderência ao tema, resultando em 27 artigos.

Foi verificada a rede colaboração entre os autores e a relevância dos periódicos segundo classificação no Qualis-Periódicos da Plataforma Sucupira, sistema usado para classificar a produção científica.

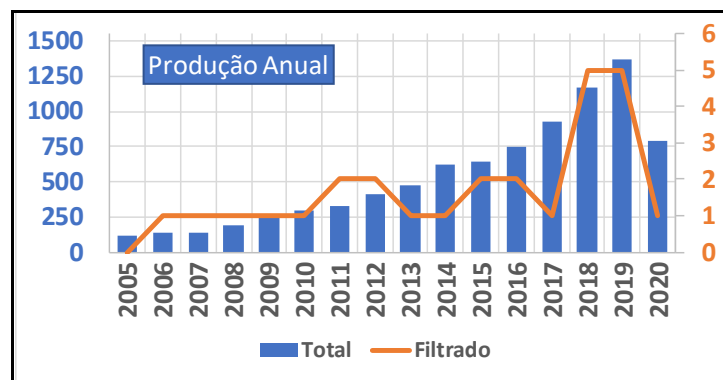
Para avaliar a qualidade da produção científica foram levantados os índices “h-index” dos autores dos 27 resultados (artigos) obtidos. Criado pelo professor Jorge Hirsch da Universidade da Califórnia em 2005, o “h-index” oferece uma medida aproximada, estabelecendo um parâmetro de avaliação do autor através de uma relação entre o número de publicações com o número de suas citações, no caso de um índice “h” ser “N”, significa que um autor tem no mínimo “N” artigos publicados e estes receberam pelo menos “N” citações cada um. (DA SILVA, 2018).

Foram listadas todas as referências usadas nos artigos de modo a verificar os autores e as obras mais citadas e conhecer a rede de colaboração entre os pesquisadores.

Discussões e Resultados

Na Figura 5, é possível observar a evolução da produção dos artigos na base *Google Scholar*, conforme as *strings* definidas sem e com a aplicação dos filtros já mencionados e nota-se crescimento no interesse pelo tema “Torneamento sob o método MQL”.

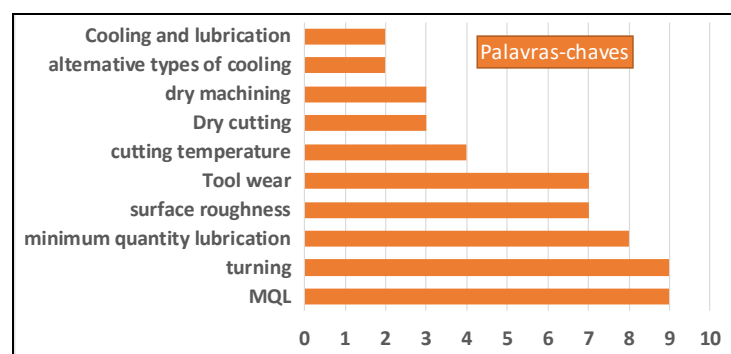
Figura 5 - Artigos publicados durante o recorte temporal.



Fonte: Google Scholar, 2020, elaborado pelo autor.

Para uma melhor compreensão do tema, com o *software* ENDNOTE foram verificadas as palavras-chaves, mas utilizadas, sendo selecionadas as 10 com maior ocorrência, demonstradas na Figura 6.

Figura 6 - Palavras-chaves mais encontradas.



Fonte: Google Scholar, 2020, elaborado pelo autor.

Para avaliar a relevância das publicações, foram listados entre os 27 artigos, os 10 com mais citações na comunidade acadêmica no período do recorte temporal, tabela 1.

Tabela 1 - Artigos com mais citações na comunidade acadêmica.

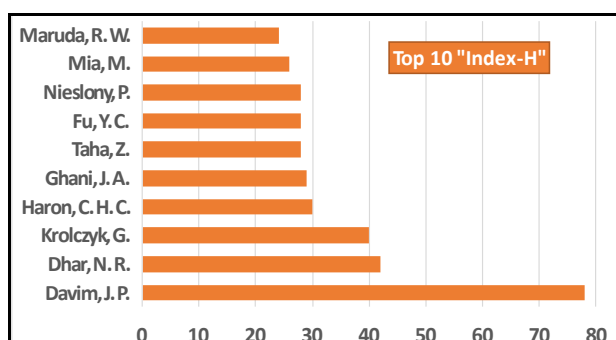
Citações	Títulos	Ano	Periódico	Autores
452	Effect of minimum quantity lubrication (MQL) on tool wear and surface roughness in turning AISI-4340 steel	2006	Journal of Materials Processing Technology	Dhar, N. R.; Kamruzzaman, M.; Ahmed, M.

398	Cooling techniques for improved productivity in turning	2009	Int. Journal of Machine Tools and Manufacture	Sharma, V. S. Dogra, M.; Suri, N. M.
178	Refrigerated cooling air cutting of difficult-to-cut materials	2007	Int. Journal of Machine Tools and Manufacture	Su, Y., <i>et al.</i>
150	Minimum quantity lubrication-MQL turning of AISI 4140 steel alloy	2013	Journal of Cleaner Production	Hadad, M Sadeghi, B
83	An approach to cleaner production for machining hardened steel using different cooling-lubrication conditions	2018	Journal of Cleaner Production	Mia, M., <i>et al</i>
62	Experimental study on turning of TC9 titanium alloy with cold water mist jet cooling	2011	Int. Journal of Machine Tools and Manufacture	An, Q. L.; Fu, Y. C. Xu, J. H.
49	Structural and microhardness changes after turning of the AISI 1045 steel for minimum quantity cooling lubrication	2017	Journal of Materials Engineering and Performance	Maruda, R.W. Krolczyk, G. Michalski, M.
36	A review of cryogenic cooling in high speed machining (HSM) of mold and die steels	2010	Scientific Research and Essays	Ahmad-Yazid, A. Taha, Z.; Almanar, I.P.
35	Hybrid cooling-lubrication strategies to improve surface topography and tool wear in sustainable turning of Al 7075-T6 alloy	2019	The Int. Journal of Advanced Manufacturing Technology	Gupta, M.K., <i>et al</i>
35	Influence of Ranque-Hilsch vortex tube and nitrogen gas assisted MQL in precision turning of Al 6061-T6	2018	Precision Engineering	Mia, M., <i>et al.</i>

Fonte: Google Scholar, 2020, elaborado pelo autor.

Os 27 artigos selecionados possuem na média cerca de 3 autores, sendo o máximo de 7 autores em um artigo. Para criar o gráfico de relevância dos autores quanto ao índice “index-H” foram coletados os índices dos 76 autores listados, Figura 7. Optou-se pelos perfis no *Google Scholar*, por conter a maioria dos autores dos artigos pesquisados. Evitou-se o uso de mais de uma fonte, devido a divergência entre as fontes disponíveis.

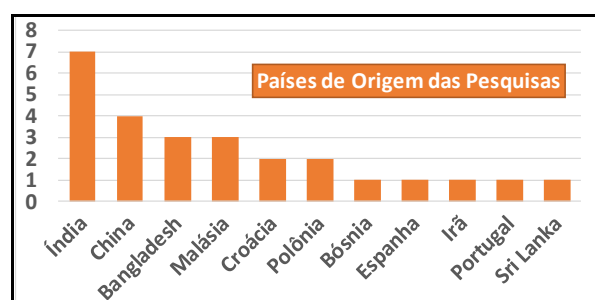
Figura 7 - Principais autores em relação ao “Index-H”.



Fonte: Google Scholar, 2020, elaborado pelo autor.

Lendo os 27 artigos foi possível identificar os países de origem das pesquisas. Os resultados se concentram nos países asiáticos, demonstrado na Figura 8. A Índia é o maior com cerca de 25% dos artigos estudados. Isso pode ser explicado pelo grande crescimento industrial, tanto da Índia, como da China, o que proporciona oportunidades de estudos nos diversos campos inerentes à manufatura, dentre eles a usinagem.

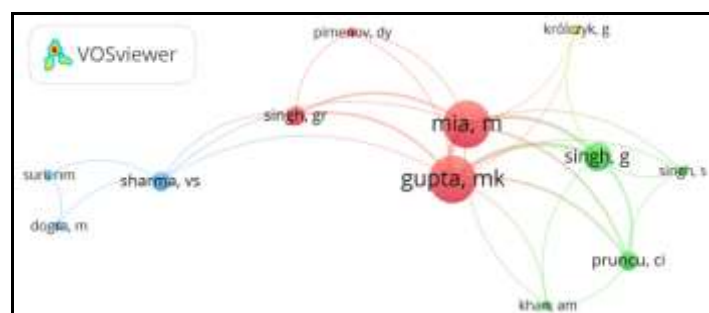
Figura 8 - Países de origem das pesquisas.



Fonte: Google Scholar, 2020, elaborado pelo autor.

Através do VOSviewer, foi possível identificar uma rede de colaboração de autores, que pode ser explicada pela proximidade das localidades de origem das pesquisas, Figura 9.

Figura 9 - Mapa da rede de colaboração entre autores.

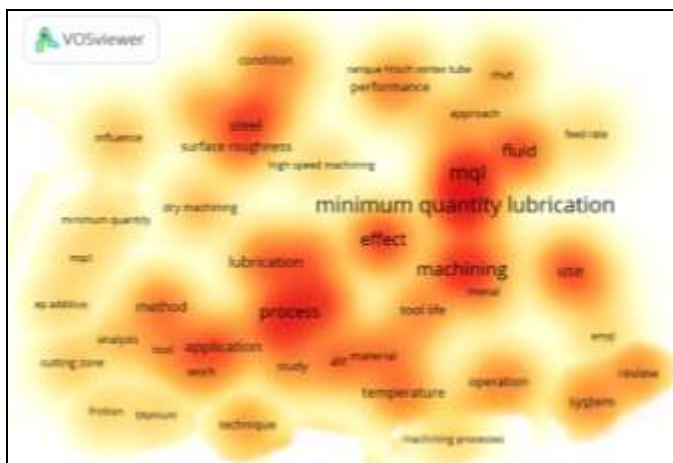


Fonte: VOSviewer, 2020, elaborado pelo autor.

Ainda com o VOSviewer foram obtidos os termos mais utilizados nos resumos (Figura 10). Termos como: MQL (*minimum quantity lubrication*) e *machining* aparecem mais de 20 vezes e termos como: *effect*, *process*, *fluid* e *cooling*, mais de 15 vezes. O mapa

mostra a preocupação dos autores com os efeitos de resfriamento do método MQL durante a usinagem.

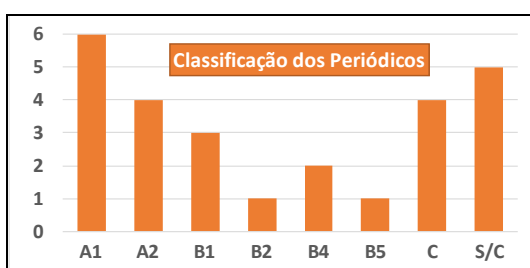
Figura 10 - Palavras mais usadas nos resumos



Fonte: VOSviewer, 2020, elaborado pelo autor.

A Figura 11 apresenta a classificação dos artigos, segundo o seu Qualis da Plataforma Sucupira.

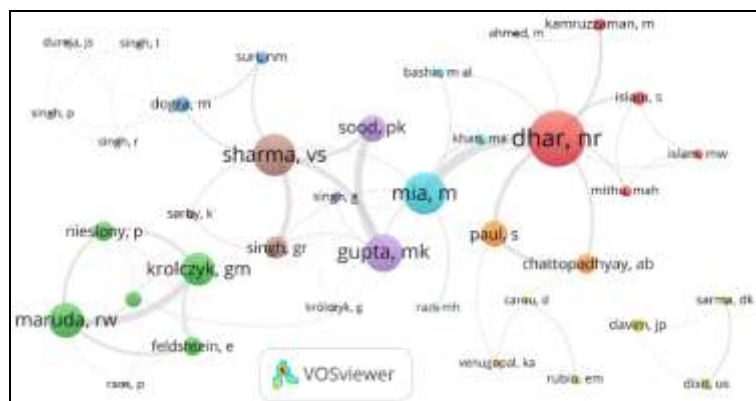
Figura 11 - Classificação Qualis dos periódicos.



Fonte: Qualis-Plataforma Sucupira (2013-2016), elaborado pelo autor.

Para identificar a base de dados dos autores, foram listadas todas as referências, levantada a rede de colaboração dos autores (Figura 12) e relacionadas as 10 obras com maior ocorrência, apresentadas na Tabela 2.

Figura 12 - Mapa da rede de colaboração entre autores das referências.



Fonte: VOSviewer, 2020, elaborado pelo autor

Tabela 2 - Principais referências.

	Títulos	Ano	Periódicos	Autores
10	Dry cutting	1997	CIRP annals	Klocke, F. Eisenblätter. G.
10	Dry machining and minimum quantity lubrication	2004	CIRP annals	Weinert, K., et al.
8	Cooling techniques for improved productivity in turning	2009	Int. Journal of Machine Tools and Manufacture	Sharma, V. S., et al.
7	On temperatures and tool wear in machining hypereutectic Al–Si alloys with vortex-tube cooling	2007	Int. Journal of Machine Tools and Manufacture	Liu, J. Chou, Y. K.
7	Refrigerated cooling air cutting of difficult-to-cut materials	2007	Int. Journal of Machine Tools and Manufacture	Su, Y., et al.
6	A review of cryogenic cooling in machining processes	2008	Int. Journal of Machine Tools and Manufacture	Yildiz, Y. Nalbant, M.
6	A study on droplets sizes, their distribution and heat exchange for minimum quantity cooling lubrication (MQCL)	2016	Int. Journal of Machine Tools and Manufacture	Maruda, R.W., et al.
6	Beneficial effects of cryogenic cooling over dry and wet machining on tool wear and surface finish in turning AISI 1060 steel	2001	Journal of Materials Processing Technology	Paul, S.; Dhar, N. R., Chattopadhyay, A. B.
6	Key improvements in the machining of difficult-to-cut aerospace superalloys	2005	Int. Journal of Machine Tools and Manufacture	Ezugwu, E. O.
6	The influence of minimum quantity of lubrication (MQL) on cutting temperature, chip, and dimensional accuracy in turning AISI-1040 steel	2006	Journal of Materials Processing Technology	Dhar, N. R., et al.

Fonte: Google Scholar, 2020, elaborado pelo autor.

Conclusões

Este estudo bibliométrico permite concluir que o tema abordado, apesar de não ser uma novidade, ainda é relevante a ponto do índice de pesquisas se manter crescente. Foi possível observar uma concentração de trabalhos na Ásia, mesmo

desconsiderando países como Japão e Coreia do Sul, devido à pouca produção científica sobre o tema no idioma inglês, observa-se também a formação de redes de colaboração entre diversos autores e instituições.

Considerando as dificuldades encontradas, em face do contexto atual, conclui-se que os objetivos da pesquisa foram alcançados. Através dos processos de análise bibliométrica, montou-se uma base de conhecimento, para nortear o desenvolvimento do dispositivo proposto. Sugere-se uma bibliometria com o mesmo tema, porém, em outros idiomas como o português e espanhol, para levantar a produção científica nos países da América Latina.

REFERÊNCIAS

BRAGA, D. U. *et al.* Using a minimum quantity lubricant (MQL) and a diamond coated tool in the drilling of aluminum–silicon alloys. **Journal of Materials Processing Technology**, n. 122, 2002. 127-138.

DA SILVA, E. C. BIBLIOMETRIA E ANÁLISE DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE IIOT NA INDÚSTRIA 4.0. **XXV SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, Bauru, 7-9 nov. 2018.

DAVIM, J. P. **Machining**: fundamentals and recent advances. Londres: Springer, 2008.

DINIZ, A. E.; MARCOSNDES, F. C.; COPPINI, N. L. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. 7^a. ed. [S.l.]: Artliber, 2010

DUSPARA, M. *et al.* Application of vortex tube for tool cooling. **Journal of Production Engineering**, Ljubljana, v. 16, p. 41- 44, 2013

FERRARESI, D. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. 14^a. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1970.

GROOVER, M. P. **FUNDAMENTALS OF MODERN MANUFACTURING, Materials, Processes and Systems**. 4^a. ed. Hoboken: JOHN WILEY & SONS, INC., 2010.

GUEDES, V. L. S.; BORSCHIVER, S. BIBLIOMETRIA: UMA FERRAMENTA ESTATÍSTICA PARA A GESTÃO DA INFORMAÇÃO E DO CONHECIMENTO, EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO, DE COMUNICAÇÃO E DE AVALIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA. **VI Cinform - Informação, Conhecimento e Sociedade Digital**, Salvador, 14-17 jun. 2005. 1-18. Disponível em: <http://www.cinform-anteriores.ufba.br/vi_anais/docs/VaniaLSGuedes.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2020.

KLOCKE, F. **Manufacturing Process 1: cutting**. Londres: Springer, 2011.

MACHADO, A. R. *et al.* **Teoria da Usinagem dos Metais**. 1^a. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

PADWARI, A. U. *et al.* Thermal Investigation of Vortex Generated Green Coolant on Surface Texture for Drilling Process. **Procedia Engineering**, Dhaka, v. 105, p. 808-813, jan. 2015.

STEPHENSON, D. A.; AGAPIOU, J. S. **Metal cutting theory and practice**. Boca Raton: CRC Press, 2016.

TASDELEN, B.; WIKBLOM, T.; EKERED, S. Studies on minimum quantity lubrication (MQL) and air cooling at drilling. **Journal of Materials Processing Technology**, n. 200, 2008. 339-346.

YOUSSEF, H. A.; EL-HOFY, H. **Machining technology: machine tools and operations**. [S.l.]: CRC Press, 2008.