

Estudo bibliométrico de publicações científicas sobre sistemas MES (Manufacturing Execution System)

RICARDO CARUSO VIEIRA
USP - Universidade de São Paulo
rcarusov@yahoo.com.br

CESAR ALEXANDRE DE SOUZA
USP - Universidade de São Paulo
calesou@usp.br

Área temática: Operações

Tema: Excelência em Operações

Título: Estudo bibliométrico de publicações científicas sobre sistemas MES (Manufacturing Execution System)

Resumo: Desde a década de 1990, empresas de desenvolvimento de software e instituições normativas da área de automação industrial apresentam o MES (Manufacturing Execution System) como o sistema que supriria a lacuna entre os sistemas de negócio, especialmente o ERP (Enterprise Resource Planning), e os sistemas de automação industrial, trazendo melhorias na apuração de custos, gestão da produção e qualidade. Esse artigo investiga como este tema foi abordado pela literatura científica da área de administração de empresas usando a bibliometria, que permite a análise quantitativa de autores, artigos e periódicos mais relevantes. A partir de consultas à base *Scopus*, foi constituída uma amostra de 1.124 documentos, que permitiram a identificação de regiões geográficas e autores de maior produção. Dentre essas pesquisas, foi retirada uma segunda amostra restringindo apenas a assuntos da área da administração, totalizando apenas 105, que sofreram uma nova análise mais detalhada. Foi possível observar uma produção bastante concentrada na China e Alemanha, com grupos de pesquisa bastante desconectados. Além disso, apesar dos primeiros artigos datarem da década de 90, a maior parte dos estudos ainda são de caráter inicial, com propostas teóricas e estudos de caso de primeiras implantações.

Palavras-chave: gestão de produção, manufacturing execution system, análise bibliométrica

Title: Bibliometric study of scientific publications on MES (Manufacturing Execution System)

Abstract: Since the 1990s, software development companies and regulatory institutions of the industrial automation field is presenting the MES (Manufacturing Execution System) as the system that would fill the gap between business systems, especially the ERP (Enterprise Resource Planning), and the industrial automation systems, improving the costs calculation, production and quality management. This article investigates how this issue was addressed by the business administration scientific literature using bibliometrics, that allows the quantitative analysis of more relevant authors, articles and journals. From the Scopus database, it was extracted a sample of 1,124 documents, which identifies the more productive geographic regions and authors. Among these studies, a second sample was taken querying only the administration area, resulting in only 105, which provides a new and more detailed analysis. A fairly concentrated production in China and Germany was observed, with very disconnected research groups. In addition, although the first articles date back to the 90s, most of the studies are still in initial character, with theoretical proposals and first deployments case studies.

Key-words: production management, manufacturing execution system, bibliometric analysis

1. INTRODUÇÃO

Na gestão de operações de manufatura, o controle do custo frequentemente é tido como foco central, tendo como principal medição o resultado operacional (Hansen, 2006). Melhoria de desempenho e aumento da produtividade sempre foram os principais motivadores dos investimentos em sistemas de informações, que se provaram eficazes na maioria das companhias (Aral, Brynjolfsson, & Wu, 2006).

Este cenário, associado a pressões regulatórias e competitivas, levou as companhias industriais a adotarem largamente, nos últimos 25 anos, sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*), que integram funções antes desempenhadas por softwares distintos, como planejamento, finanças, produção e vendas (Saenz de Ugarte, Artiba, & Pellerin, 2009).

No mesmo período, os processos industriais também foram alvos de grandes investimentos tecnológicos com a adoção de automação industrial e robótica. Segundo Gomes (2004), entre os motivos para estes investimentos por empresas brasileiras, estão a busca por redução de custos operacionais, como mão de obra no chão de fábrica e paradas de manutenção, maximização da segurança operacional e do trabalho, diminuição de desvios de qualidade e aumento da produtividade.

Apesar disto, a adoção de tecnologias que trocam informações entre sistemas de gestão e sistemas de automação ainda é bastante rara. Como afirma Scholten (2007), pensando em gestão fabril, o ERP só tem valor se alimentado com dados atualizados, que normalmente já existem nos sistemas de chão de fábrica, mas se restringem ao uso operacional. Ao contrário disto, são inseridos manualmente aumentando a chance de erros e atrasando o acesso dos demais usuários às informações.

Os sistemas *Manufacturing Execution System* (MES) surgiram na década de 90 para suprir a citada lacuna, oferecendo conectividade com sistemas de negócio e sistemas de controle de alta velocidade, servindo não só para integração, mas também como apoio à gestão da produção. Suas implantações são comumente relacionadas a melhorias de processos produtivos, redução de perdas e aumento de capacidade de entrega (Hwang, 2006).

O objetivo deste trabalho é verificar como os sistemas MES foram explorados pela literatura científica, qual a proporção dessas análises dedicada à avaliação dos impactos na área de negócios e, ainda, o perfil das pesquisas e dos grupos de estudos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O termo *Manufacturing Execution System* foi introduzido pela empresa de consultoria American Manufacturing Research, em 1991, para identificar um sistema complementar ao ERP e MRP II (*Manufacturing Resource Planning*) que permitisse o monitoramento das operações de chão de fábrica em tempo real (Lee, Hong, Katerattanakul, & Kim, 2012).

Conforme Deuel (1994), o MES foi criado como resposta ao fracasso da grandiosa arquitetura proposta pelo *Computer Integrated Manufacturing* (CIM) da década anterior, que propunha a integração de numerosos sistemas e fornecedores, resultando em projetos de alto custo e sistemas de difícil manutenção.

A literatura define o MES como um sistema que integra os sistemas de planejamento com os sistemas de controle, presentes no chão de fábrica (Hwang, 2006; Lee et al., 2012; Saenz de Ugarte et al., 2009; Valckenaers & Van Brussel, 2005). A definição de suas funcionalidades, arquitetura e limites de atuação, porém, não apresenta consenso.

Hwang (2006) o caracteriza como um sistema de coleta e análise de dados de materiais, produtos semiacabados, produtos finais, tempo de máquinas e custos em tempo real, permitindo o monitoramento do *work in process* (WIP).

Uma definição estendida pode ser vista em Deuel (1994) descrevendo-o como um sistema de informação em tempo real que tem por funções o planejamento de ordens de produção e a gestão de materiais, de equipamentos e trabalho, da qualidade, das operações e da conformidade regulatória.

Ao contrário das propostas anteriores, alguns trabalhos apontam o MES como um sistema inteligente, responsável pela otimização dos fluxos produtivos, reagindo em tempo real a atrasos e falhas de equipamentos (Huang, Zhang, Chen, & Newman, 2008; Valckenaers & Van Brussel, 2005).

Essa diversidade de abordagens pode ser verificada, também, nos sistemas comerciais oferecidos pelas empresas desenvolvedoras de software. Com isso, algumas tentativas de padronização foram conduzidas por associações profissionais e normativas, sendo as duas mais populares a Manufacturing Enterprise Solutions Association (MESA) e a The International Society of Automation (ISA) (Saenz de Ugarte et al., 2009).

A MESA define um modelo com onze funcionalidades de gestão industrial que devem ser executadas integradas aos sistemas ERP e de Controle. Embora seja um modelo influente, muitas vezes é visto como uma descrição das funcionalidades oferecidas pelos softwares cujos fornecedores são associados da instituição, e não as necessárias para a gestão industrial (Scholten, 2007).

A ISA, através de sua norma S95, propõe um framework bastante detalhado que amplia a proposta da MESA e se baseia na arquitetura de Purdue (Williams, 1994), para descrever modelos de dados e interações entre o sistema MES e o ERP (Scholten, 2007; Saenz de Ugarte et al., 2009), apresentado a seguir.

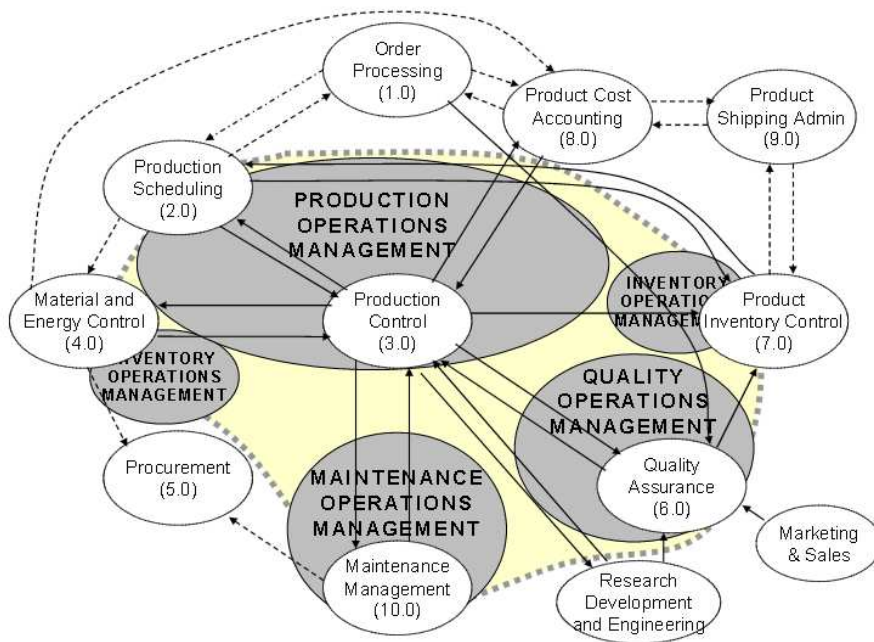


Figura 1. Modelo de gestão de operações S95, baseado na arquitetura de Purdue

Fonte: reproduzido de ANSI ISA-95.00.03 (2005). Enterprise Control System Integration Part 3 : Activity Models of Manufacturing Operations Management. Instrumentation, Systems and Automation Society (p. 19)

3. METODOLOGIA

A bibliometria é um conjunto de leis e princípios empíricos que contribuem para estabelecer os fundamentos teóricos da ciência da informação (Guedes & Borschiver, 2005). Utiliza parâmetros estatísticos para a medição da produção científica de determinados temas, publicações, autores e regiões, medindo, também, a sua difusão.

A base dessa técnica são as chamadas três leis clássicas (Araújo, 2006): Lei de Bradford, que trata da produtividade de periódicos, Lei de Lodka, sobre a produtividade de autores e Lei de Zipf, que trata da frequência de uso de palavras. De acordo com a lei de Bradford, dado um determinado tópico de pesquisa, podemos determinar um conjunto de periódicos que concentra um número maior de artigos sobre o tema e que formam um núcleo de maior relevância. Bastante semelhante a esta, a Lei de Lodka indica que pode ser encontrado um grupo de poucos pesquisadores que produzem, numa determinada área, mais do que um outro grupo grande de pesquisadores, estes supostamente de menor prestígio. A Lei de Zipf estuda a distribuição da frequência de determinadas palavras em textos científicos.

As três leis propõem funções de dispersão para seus objetos. Embora a aplicabilidade dessas funções em situações reais seja muitas vezes refutada pela literatura (Araújo, 2006; Guedes & Borschiver, 2005), seus conceitos fundamentais de que a produção científica apresenta pontos de concentração, que merecem mais atenção dependendo do assunto estudado, são bastante aplicados.

Outra ferramenta importante da bibliometria é a análise de citações (Moran, Souza, Boaventura, Marinho, & Fischmann, 2010). É usada para avaliar a relevância de uma determinada obra e é responsável pela construção de redes que conectam pesquisadores e

periódicos entre si. Ela é base para a métrica do fator de impacto, que avalia um periódico com base no número de citações que apontam para seus artigos e para o conceito de colégios virtuais: pesquisadores que, mesmo não pertencendo a uma mesma instituição, compartilham seus materiais por meio de citações.

Moran et al. (2010) propõem um procedimento de sete passos para a pesquisa bibliométrica, de acordo com a figura abaixo.

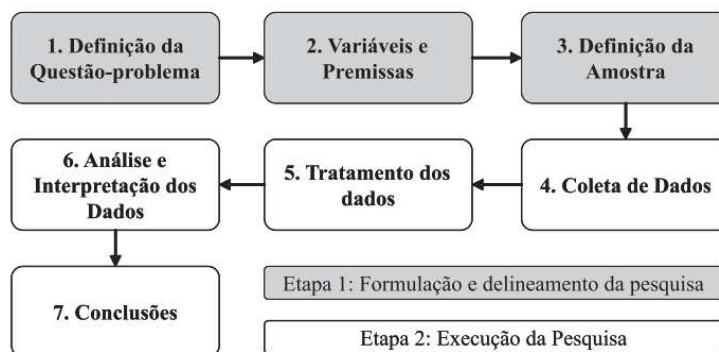


Figura 2. Procedimento para pesquisa bibliométrica

Fonte: Moran, M. R., Souza, F. F. D. A., Boaventura, J. M. G., Marinho, B. D. L., & Fischmann, A. A.

(2010). Alianças estratégicas: uma análise bibliométrica da produção científica entre 1989 e 2008 (p. 71)

Nele, temos os passos divididos em duas grandes etapas: a formulação e delineamento da pesquisa, responsável pelo alinhamento da pesquisa a seus objetivos e, execução da pesquisa, com do trabalho quantitativo e sua análise.

Este artigo terá como questão-problema: *Quais são os autores, artigos e periódicos mais relevantes da área de administração que tratam de Manufacturing Execution System (MES)?*.

A relevância será medida de acordo com as variáveis propostas pela bibliometria, como produção científica e número de citações, considerada por Guedes & Borschiver (2005) um indicador válido de influência de uma determinada fonte.

4. DEFINIÇÃO E COLETA DE DADOS

Considerados os repositórios de publicações científicas mais abrangentes da atualidade (Archambault, Campbell, Gingras, & Larivière, 2009; Moran et al., 2010), o Web of Science (2015), da Thompson Reuters e o Scopus (2015), da Reed Elsevier, são as bases de dados mais usadas para análises bibliométricas e comparações entre países e instituições.

Em estudo conduzido por Archambault et al. (2009), as duas bases apresentam uma alta correlação para estudos de número de artigos e impacto. Apesar disso, elas diferem em escopo e volume de dados, sendo necessária uma análise específica para o assunto a ser investigado de modo a apontar a mais adequada.

Realizando a busca pela expressão "Manufacturing Execution System" nos campos título, palavras-chave e resumo, em ambas as bases e restringindo o resultado a artigos publicados e a papers de conferências (Conference Paper no Scopus e Meeting no Web of Science) retornaram 375 resultados no Web of Science (2015) e 1.124 no Scopus (2015). Dada a alta correlação entre as bases e a diferença de volume de documentos sobre o tema, optou-se pela realização desse estudo usando exclusivamente a base do Scopus (2015).

Para a construção dos filtros, foram consideradas as seguintes definições dos componentes da pergunta-problema:

- área da administração de empresas: Documentos que estejam classificados na base do Scopus (2015) nas categorias (Subject Area) *Business, Management and Accounting e Economics, Econometrics and Finance*;
- que tratam de MES: Documentos contendo a expressão "Manufacturing Execution System", grafado entre aspas que na base do Scopus (2015) busca as três palavras juntas e na sequência, nos campos título (title), resumo (abstract) ou palavras-chave (keywords).

Toda a pesquisa foi realizada no dia 13 de junho de 2015, sem restrições às datas de publicação.

5. ANÁLISE DOS DADOS

Os dados coletados foram analisados usando as contagens e ferramenta de análise próprias do Scopus (2015), com exceção do diagrama da rede de fontes e ~~autores~~, autores onde foi usada a ferramenta ScienceScape (2015) com dados exportados em CSV (*Comma-Separated Values*).

Foram realizadas duas consultas à base. A primeira selecionando todos os documentos científicos que tratam de MES, sem restrição por assunto, para se ter uma visão geral das características dessa produção. Depois, sobre este grupo, aplicado o filtro de assunto, analisando os documentos sobre Administração.

5.1. Primeiro Filtro

Para o primeiro filtro, foi usada a seguinte expressão:

TITLE-ABS-KEY ("Manufacturing Execution System")

AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp"))

Foram retornados 1.124 documentos, publicados entre 1992 e 2015. O ano com o maior número de publicações foi 2012, com 101 itens. O gráfico abaixo mostra a distribuição da produção no tempo.

Documents by year

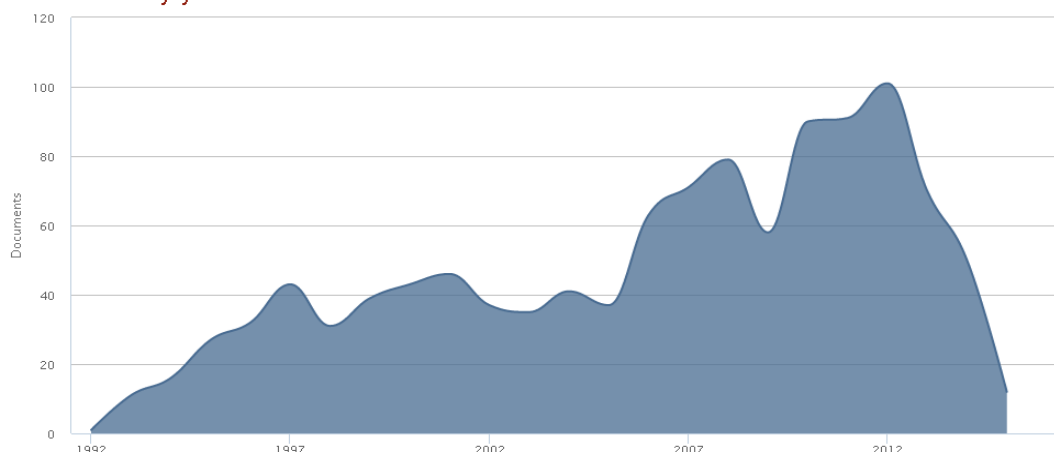


Figura 2. Frequência de publicações por ano do primeiro filtro

Fonte: Scopus: Analyze search results

Os primeiros trabalhos do início da década de 1990 coincidem com os primeiros usos do termo MES.

O autor com maior produção, 18 publicações, é Paul Valckenaers pesquisador da Universidade Católica de Leuven, na Bélgica. Com artigos e papers publicados entre 2005 e 2013, a maioria de seus trabalhos são focados na aplicação de algoritmos de controle de produção e arquiteturas para implantá-los. Ele é seguido por Fantien Cheng com 15 publicações, da National Cheng Kung University de Taiwan, cujo trabalho trata do desenvolvimento de sistemas MES, na maioria para a indústria de semicondutores.

Os 10 autores com maior produção podem ser vistos no gráfico abaixo:

Documents by author

Compare the document counts for up to 15 authors

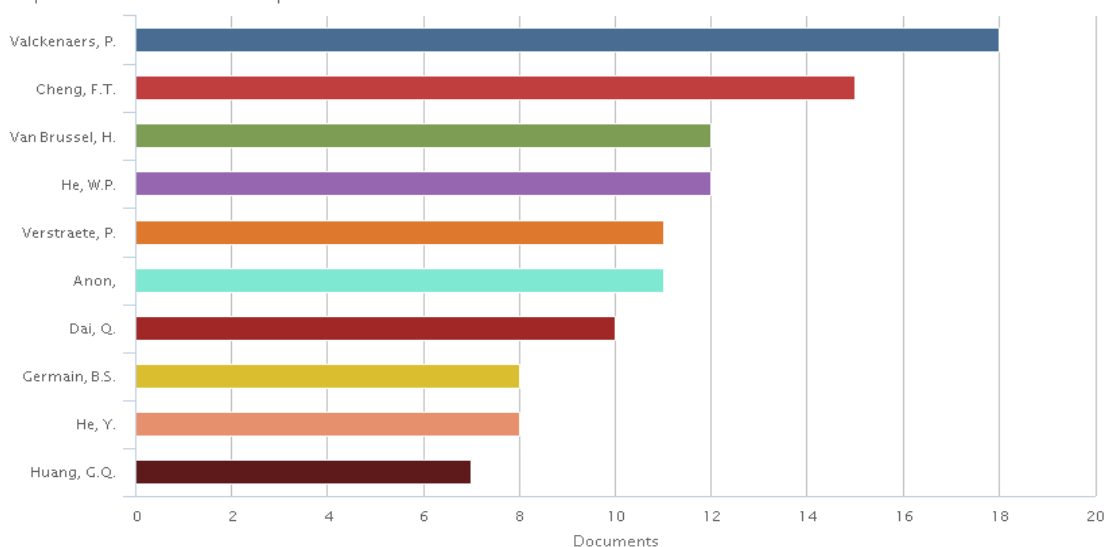


Figura 3. Frequência de publicações por autor do primeiro filtro

Fonte: Scopus: Analyze search results

Ao analisar a produção de diversos países, a distribuição se mostrou bastante heterogênea: 300 dos documentos são da China, representando quase 30% do total, seguida dos Estados Unidos, com 186 e Alemanha com 109. O Brasil é o 12º país com 10 publicações, junto com a Índia, Holanda e a Áustria, conforme gráfico abaixo:

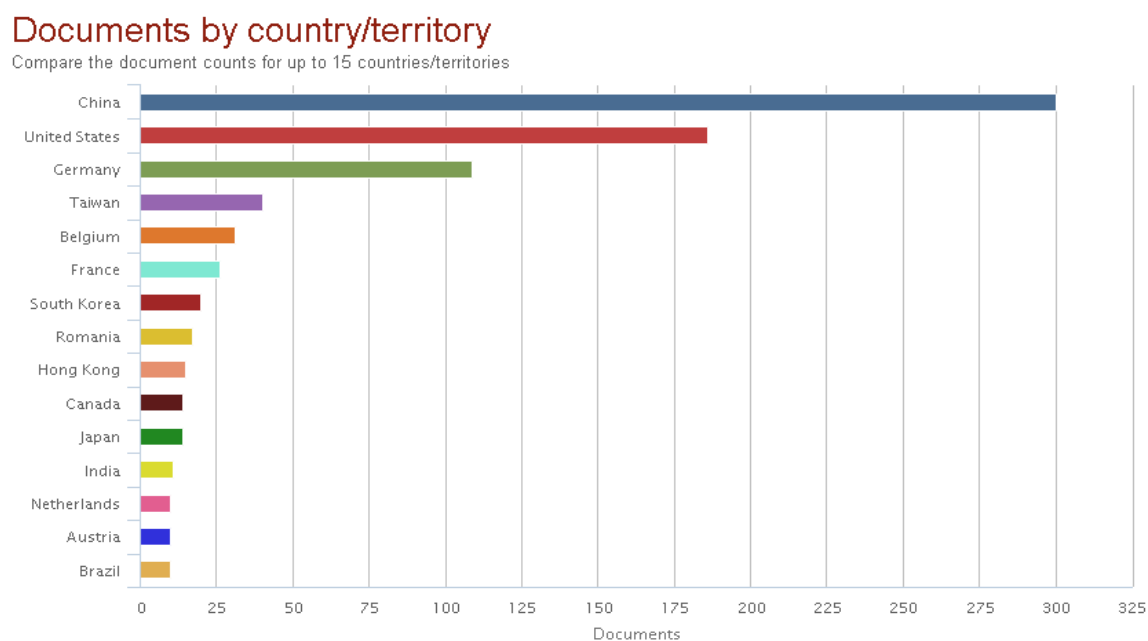


Figura 4. Frequência de publicações por país do primeiro filtro

Fonte: Scopus: Analyze search results

O tema mostrou ter uma produção considerável, mas bastante voltada para seus aspectos tecnológicos. O gráfico abaixo mostra a distribuição de assuntos, com engenharia representando 71,1% e ciência da computação 33,7%.

Documents by subject area

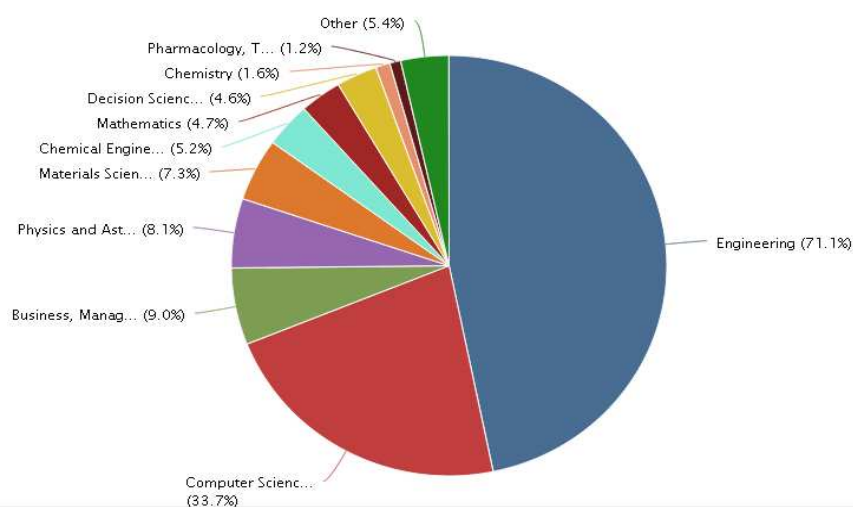


Figura 5. Frequência de publicações por assunto do primeiro filtro

Fonte: Scopus: Analyze search results

5.2. Segundo Filtro

Para o segundo filtro, foi acrescentada a cláusula de assunto, com a seguinte expressão:

TITLE-ABS-KEY ("Manufacturing Execution System")

AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp"))

AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "BUSI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ECON"))

Com este acréscimo, o número de documentos se reduziu para 105. Apesar de ser menor, este lote apresenta uma distribuição no tempo semelhante à anterior, com itens entre 1993 e 2005, porém com o ano de maior produção, 2008, com 13, bastante produtivo também no primeiro filtro, seguido de 2012 e 2013, com 12. O gráfico com esta distribuição pode ser visto abaixo:

Documents by year

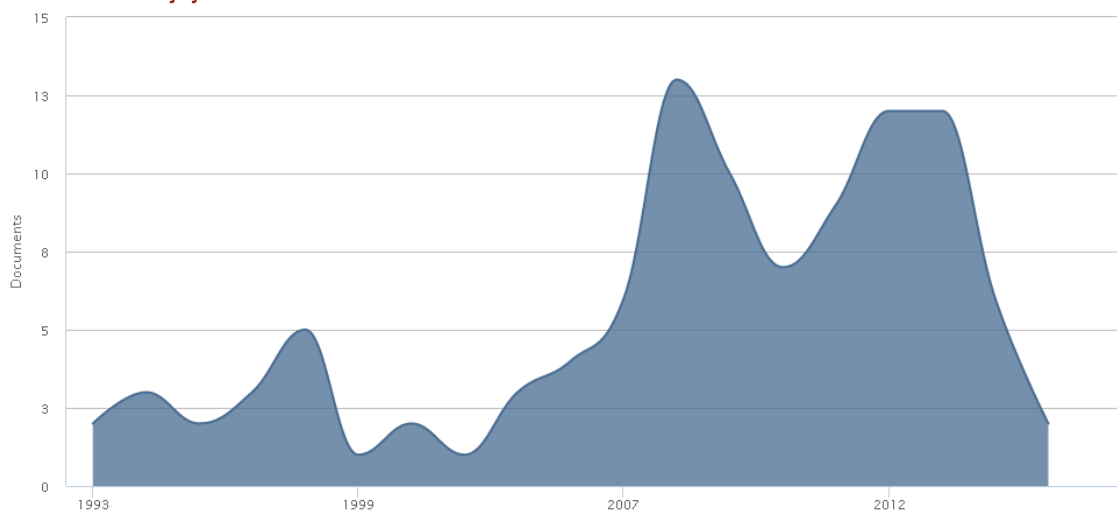


Figura 6. Frequência de publicações por ano do segundo filtro

Fonte: Scopus: Analyze search results

Os autores com maior produção neste segundo filtro não coincidem com os do anterior. O primeiro, com 7 artigos, é Rainer Deisenroth, da empresa de desenvolvimento de softwares MPDV Mikrolab GmbH, da Alemanha. Seus artigos tratam do uso de TI, MES e sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP) para aumento de produtividade e redução de energia na produção industrial.

Bernard Cruycke é o segundo, com 5 artigos. Ele é da empresa Itema SpA, fabricante de maquinaria para indústria têxtil, da Itália. Apesar de serem publicados em diferentes *journals*, e apresentarem resumos diferentes, os cinco artigos têm o mesmo título *Energy monitoring - A must for textile companies* (um deles em francês, *Un must pour les entreprises textiles!*) e foram publicados em 2008. Os 10 autores com maior produção podem ser vistos no gráfico abaixo.

Documents by author

Compare the document counts for up to 15 authors

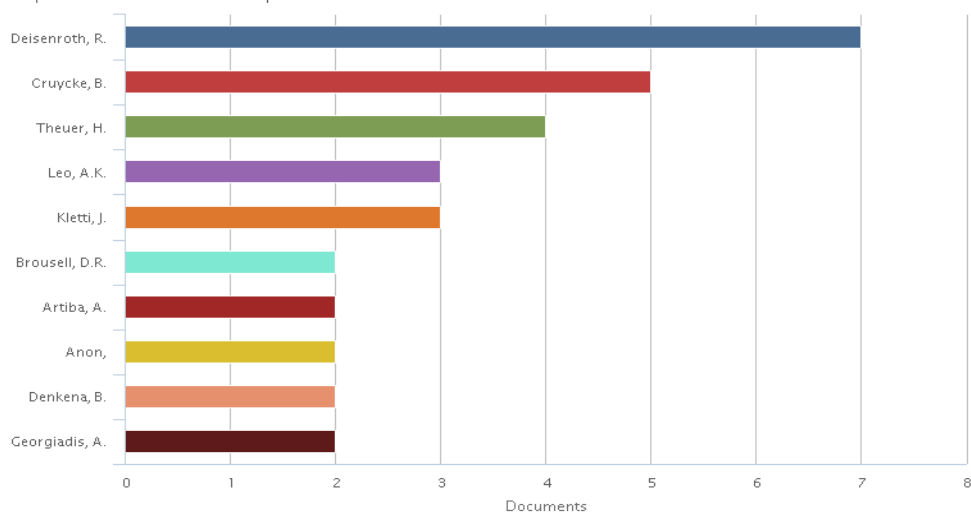


Figura 7. Frequência de publicações por autor do segundo filtro

Fonte: Scopus: Analyze search results

Embora os três países que mais produziram tenham sido os mesmos do primeiro filtro, a Alemanha, neste caso, foi a primeira, com 26 trabalhos, seguida pela China com 16 e os Estados Unidos com 7, conforme gráfico:

Documents by country/territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories

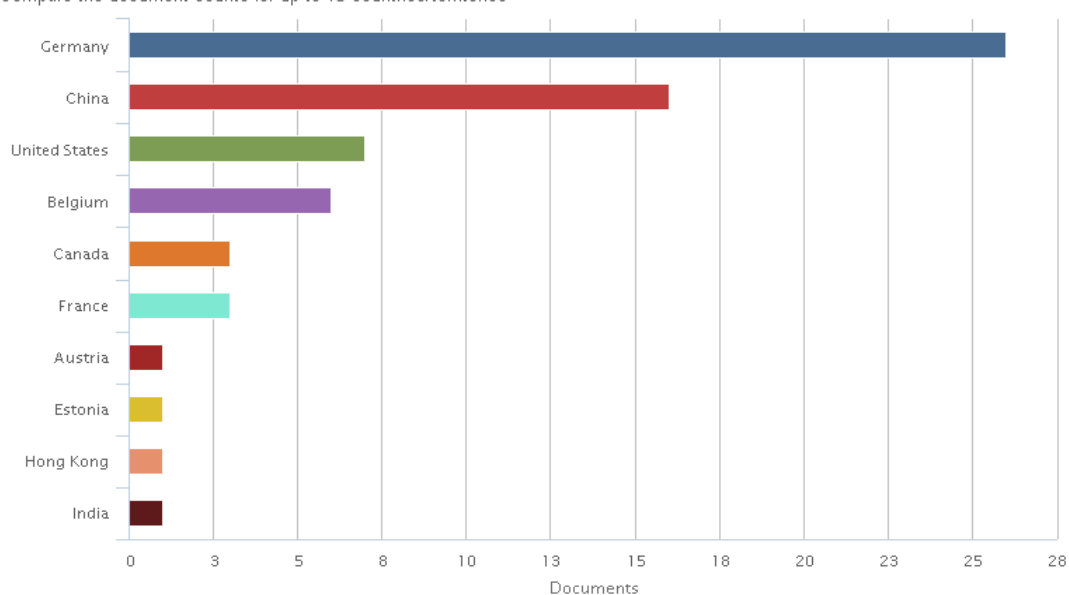


Figura 8. Frequência de publicações por país do segundo filtro

Fonte: Scopus: Analyze search results

Ao observar as 10 instituições com maior produção, nota-se uma presença maior de empresas desenvolvedoras de software sobre as universidades e centros de pesquisa. As quatro universidades presentes são Universitat Postdam, da Alemanha, École Polytechnique de Montréal, do Canadá, Tsinghua University, da China e Institut Supérieur de Mécanique de Paris, da França.

Documents by affiliation

Compare the document counts for up to 15 affiliations

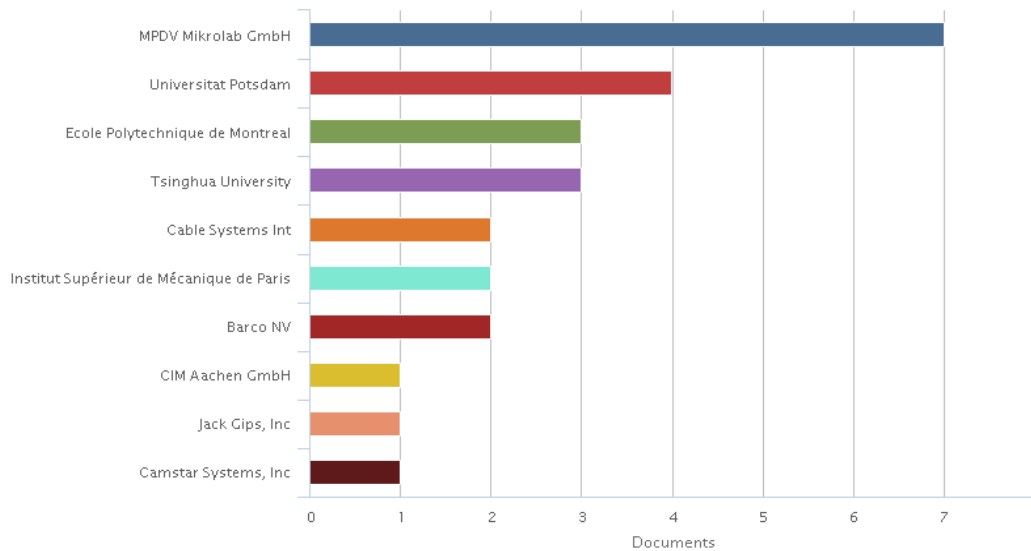


Figura 9. Frequência de publicações por afiliação do segundo filtro

Fonte: Scopus: Analyze search results

Dos 105 documentos, 23 foram publicados pelo alemão *Productivity Management*. São artigos publicados entre 2005 e 2015, com apenas 4 autores afiliados à Universitat Postdan e, os demais, a empresas.

A fonte com artigos somando o maior número de citações é a *International Journal of Production Research*, journal inglês fundado em 1960, o único entre as sete fontes mais produtivas que possuem o índice de impacto IPP, calculado pelo Scopus, diferente de zero. O IPP é o número de citações, em um ano, de artigos publicados nos três anos anteriores, dividido pelo número de artigos publicados nos três anos anteriores (Scopus, 2015). O valor do IPP para o *International Journal of Production Research* em 2013, mais recente disponível, é 1.822.

As 7 fontes com maior produção podem ser vistas na tabela abaixo, com seis *journals* e uma conferência:

Tabela 1

Fontes com Maior Produção

Fonte	Tipo	País	Documentos	Citações
Productivity Management	Journal	Alemanha	23	2
Annual International Conference Proceedings American Production and Inventory Control Society	Conference	EUA	7	0
Managing Automation	Journal	EUA	7	0
International Journal of Production Research	Journal	Inglaterra	6	23
Pps Management	Journal	Alemanha	4	0
ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb	Journal	Alemanha	4	0
Textile World	Journal	EUA	4	1

Seguem os cinco artigos com o maior número de citações:

Tabela 2

Artigos mais Citados

Cit.	Documento	Autores	Ano	Fonte
42	Finding optimal material release times using simulation-based optimization	Homem-de-Mello, T. Shapiro, A. Spearman, M. L.	1999	Management Science
37	Manufacturing execution system - A literature review	De Ugarte, B. S. Artiba, A. Pellerin, R.	2009	Production Planning and Control
17	Manufacturing Process Management: Iterative synchronisation of engineering data with manufacturing realities	Fortin, C. Huet, G.	2007	International Journal of Product Development
13	Data model design for manufacturing execution system	Zhou, B. -H. Wang, S.-J. Xi, L. -F.	2005	Journal of Manufacturing Technology Management
12	A method to align a manufacturing execution system with Lean objectives	Cottyn, J. Van Landeghem, H. Stockman, K. Derammelaere, S.	2011	International Journal of Production Research

O primeiro, *Finding optimal material release times using simulation-based optimization*, é o mais antigo dos cinco e apresenta uma proposta de algoritmo de controle de produção que objetiva a liberação de materiais o mais tarde o possível, mantendo a flexibilidade da fábrica. Essa proposta é testada por meio de simulação numérica.

Entre os 25 artigos que apresentam pelo menos uma citação, 19 são propostas de modelos teóricos, sendo 7 destes complementados pela descrição de um exemplo de implantação. Os 6 artigos restantes são duas *surveys* sobre o uso de TI na manufatura, um levantamento bibliográfico, uma pesquisa de mercado, uma descrição de um módulo comercial de MES para gestão de energia e um estudo de caso.

6. CONCLUSÃO

A produção científica sobre *Manufacturing Execution System* se mostrou bastante volumosa, mas, extremamente focada em temas de tecnologia, com apenas 9% dos documentos publicados em veículos com assuntos relacionados à administração de empresas. Em uma análise mais detalhada, verifica-se que mesmo este grupo aborda com mais frequência assuntos relacionados à escolha de algoritmos ou arquitetura de sistemas do que impactos em negócios.

Embora as datas de publicação das matérias se estendam por mais de duas décadas, a grande maioria é de estudos iniciais com propostas de novos modelos teóricos e estudos de caso, mostrando um caráter ainda exploratório na abordagem do tema.

A existência de alguns núcleos de pesquisa também foi observada. São, tanto geográficos, com concentração de trabalhos da Alemanha e China, quanto de publicações como *Productivity Management* e o *International Journal of Production Research*. Estes núcleos, porém, se mostram bastante desconectados. A falta de colaboração entre eles pode ser vista como um dos motivos da aparente imaturidade das pesquisas sobre o tema e pode gerar o desenvolvimento de conceitos não convergentes e, também, a duplicação de esforços de investigação.

Deve-se ressaltar, porém, que este trabalho não apresenta um mapeamento definitivo da produção científica internacional. A base Scopus, apesar de apresentar grande abrangência, não atinge a produção científica de alguns países e nela predominam documentos produzidos na língua inglesa (Moran et al., 2010). O foco em artigos e papers de congressos exclui textos contidos em livros, dissertações e teses, que também podem apresentar produção científica relevante.

Os dados mostraram que as oportunidades futuras para trabalhos sobre MES sob a ótica da administração de empresas são diversas. Impactos organizacionais da implantação desse sistema ainda devem ser explorados, investigando-se, por exemplo, alterações na gestão de custos e as possíveis interações, tanto entre áreas de negócio, como no trabalho das equipes de operação. São raras, ainda, abordagens utilizando as novas teorias de sistemas de informações provenientes da sociologia, economia e psicologia, assim como a busca de modelos que abranjam não só o ERP e o MES, mas também outros sistemas presentes nas fábricas como PLM (Product Lifecycle Management), LIMS (Laboratory Information Management System) ou PIMS (Process Information Management System).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANSI ISA-95.00.03 (2005). Enterprise Control System Integration Part 3 : Activity Models of Manufacturing Operations Management. Instrumentation, Systems and Automation Society.
- Araújo, C. A. (2006). Bibliometria : evolução histórica e questões atuais. *Em Questão*, 12(1), 11–32.
- Archambault, É., Campbell, D., Gingras, Y., & Larivière, V. (2009). Comparing bibliometric statistics obtained from the web of science and Scopus. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(7), 1320–1326.
<http://doi.org/10.1002/asi.21062>
- Deuel, a. C. (1994). The benefits of a manufacturing execution system for plantwide automation. *ISA Transactions*, 33(2), 113–124. [http://doi.org/10.1016/0019-0578\(94\)90042-6](http://doi.org/10.1016/0019-0578(94)90042-6)
- Guedes, V. L. S., & Borschiver, S. (2005). Bibliometria : Uma Ferramenta Estatística Para a Gestão Da Informação E Do Conhecimento , Em Sistemas De Informação , De Comunicação E De. *CINFORM - Encontro Nacional de Ciência Da Informação*, 1–18.
<http://doi.org/BIBLIOMETRIA: UMA FERRAMENTA ESTATÍSTICA PARA A GESTÃO DA INFORMAÇÃO E DO CONHECIMENTO, EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO, DE COMUNICAÇÃO E DE AVALIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA>
- Huang, G. Q., Zhang, Y. F., Chen, X., & Newman, S. T. (2008). RFID-enabled real-time wireless manufacturing for adaptive assembly planning and control. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 19(6), 701–713. <http://doi.org/10.1007/s10845-008-0121-5>
- Hwang, Y. D. (2006). The practices of integrating manufacturing execution systems and Six Sigma methodology. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 31(1-2), 145–154. <http://doi.org/10.1007/s00170-005-0164-0>
- Lee, S. M., Hong, S. G., Katerattanakul, P., & Kim, N. R. (2012). Successful implementations of MES in Korean manufacturing SMEs: an empirical study. *International Journal of Production Research*, 50(7), 1942–1954. <http://doi.org/10.1080/00207543.2011.561374>
- Moran, M. R., Souza, F. F. D. A., Boaventura, J. M. G., Marinho, B. D. L., & Fischmann, A. A. (2010). Alianças estratégicas: uma análise bibliométrica da produção científica entre 1989 e 2008 doi:10.5007/2175-8077.2010v12n27p63. *Revista de Ciências Da Administração*, 12(27), 63–85. <http://doi.org/10.5007/2175-8077.2010v12n27p63>
- Saenz de Ugarte, B., Artiba, a., & Pellerin, R. (2009). Manufacturing execution system – a literature review. *Production Planning & Control*, 20(6), 525–539.
<http://doi.org/10.1080/09537280902938613>

Valckenaers, P., & Van Brussel, H. (2005). Holonic manufacturing execution systems. *Cirp Annals-Manufacturing Technology*, 54(1), 427–432.

Williams, T. J. (1994). Computers in industry, 24, 141–158.