



SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO EM MÁQUINAS PARALELAS IDÊNTICAS: UMA CONTRIBUIÇÃO BIBLIOMÉTRICA

Talita Mariana Pinho Schimidt

Universidade Federal do Paraná
Rua Prefeito Lothário Meissner, 632, CEP 81531-980, Jardim Botânico, Curitiba, Paraná
talitapschimidt@gmail.com

Cassius Tadeu Scarpin

Universidade Federal do Paraná
Rua Prefeito Lothário Meissner, 632, CEP 81531-980, Jardim Botânico, Curitiba, Paraná
cassiusts@gmail.com

Nathália Cristina Ortiz da Silva

Universidade Federal do Paraná
Rua Prefeito Lothário Meissner, 632, CEP 81531-980, Jardim Botânico, Curitiba, Paraná
ncosilva2@gmail.com

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliométrica e analisar os resultados encontrados nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*. Esta pesquisa trata de problemas de sequenciamento da produção em máquinas paralelas idênticas com o objetivo de minimizar o *makespan*. Analisou-se a distribuição quanto ao número de publicações ao longo dos anos, quais os periódicos mais influentes na área de sequenciamento de produção, quais os trabalhos mais citados e, por fim, realizou-se uma análise por meio de redes de cocitação, em uma amostra de 158 artigos pertencentes a estas bases. A partir do estudo realizado foi possível identificar trabalhos que compõem a base teórica para o assunto tratado, bem como apontar caminhos ainda pouco explorados sobre o tema de pesquisa.

PALAVRAS CHAVE. Sequenciamento, Máquinas Paralelas Idênticas, Bibliometria.

Programação Matemática.

ABSTRACT

This paper aims to perform a bibliometric review and to analyze the results found in the Web of Science and Scopus databases. This research deals with production scheduling problems in identical parallel machines in order to minimize the makespan. We analyzed the distribution of the number of publications over the years, which the most influential journals in the production scheduling area, which the most cited papers and, finally, we performed an analysis of cocitation networks, in a sample of 158 papers that they belong to these databases. From the study carried out it was possible to identify papers that they make up the theoretical basis for the subject approached, as well as pointing ways not so much explored about the research theme.

KEYWORDS. Scheduling, Identical Parallel Machines, Bibliometric Review.

Mathematical Programming.



1. Introdução

O processo de Planejamento e Controle de Produção (PCP) possui extrema importância no mercado atual. Este procedimento é responsável por gerenciar as atividades de um sistema produtivo, no qual o ambiente fabril enfrenta o desafio do aumento da demanda, contraposto ao menor ciclo de vida dos produtos e a oferta de empresas concorrentes, buscando ainda garantir a qualidade do produto e atendendo às necessidades de seus clientes [Hatami et al. 2015].

Em PCP, a programação da produção é responsável pela organização de quanto e quando produzir, de modo a reduzir os custos de produção sem afetar a demanda exigida pelos clientes [Allahverdi et al. 2014]. O sequenciamento representa uma das decisões mais importantes da programação da produção e tem sido amplamente estudada em pesquisas recentes [Jiang e Tan 2016]. Nele, busca-se uma ordem de execução das tarefas em determinada máquina e o momento em que este sequenciamento deve ser realizado. Sequenciamento em uma única máquina, em máquinas paralelas, *flow shop*, *open shop* e *job shop* são os cinco ambientes de produção comumente encontrados na literatura.

Um sequenciamento em máquinas paralelas é considerado uma generalização do problema de uma única máquina e pode ser classificado como máquinas paralelas idênticas [Li et al. 2016], [Baptiste et al. 2017], uniformes [Yeh et al. 2015] e não-relacionadas [Rabadi et al. 2006], [Zheng e Wang 2016]. No presente trabalho, apresenta-se uma Revisão Bibliométrica aplicada aos problemas de sequenciamento em máquinas paralelas idênticas.

Nos problemas aplicados em casos reais, o sequenciamento em máquinas paralelas é frequentemente utilizado em procedimentos de decomposição para sistemas de múltiplos estágios [Seeanner e Meyr 2013], [Ferreira et al. 2009], [Boonmee e Sethanan 2016], assim como pode ser aplicado em problemas reais em indústrias químicas, siderúrgicas, entre outras [Wang e Cheng 2015].

O objetivo desta pesquisa é analisar a produção científica referente aos problemas de sequenciamento da produção em máquinas paralelas idênticas por meio de uma Revisão Bibliométrica realizada em duas bases de dados (*Web of Science* e *Scopus*), de modo a explorar a teoria bibliométrica e análise de redes de citação dos principais artigos da amostra.

O restante deste artigo está dividido da seguinte forma: a Seção 2 fornece uma Revisão Bibliográfica referente aos conceitos fundamentais que norteiam este trabalho. A Seção 3 apresenta a metodologia utilizada para obter-se a amostra da pesquisa. Na seção 4 realiza-se a apresentação e a análise dos resultados obtidos. As considerações finais e sugestões para trabalhos futuros são realizadas na Seção 5.

2. Revisão Bibliográfica

Os modelos de sequenciamento têm sido amplamente utilizados como ferramentas de tomada de decisão para lidar com diversos problemas reais que ocorrem em sistemas de produção e de serviços [Leung et al. 2012]. Dentre os ambientes produtivos frequentemente encontrados na literatura, este trabalho trata dos problemas de produção em máquinas paralelas idênticas. Considera-se que em um ambiente de máquinas paralelas idênticas, todas as tarefas possam ser processadas em qualquer máquina disponível [Pinedo 2008].

Além de analisar as classificações dos ambientes produtivos, é possível avaliar indicadores que otimizem a programação da produção. Um problema de sequenciamento de produção não almeja apenas minimizar os custos do sistema como também busca um melhor atendimento, sem perder os prazos estabelecidos. Um dos principais critérios de otimização a ser avaliado é o *makespan*, ou seja, é o instante de término de processamento da última tarefa que está sendo executada na última máquina a finalizar o sistema de produção [Baker e Trietsch 2009]. No trabalho de [Li et al. 2016], a minimização do *makespan* está ligada a condição de que o custo total do sequenciamento não seja superior a um valor limite. [Ranjbar et al. 2012] utilizaram tempos de processamento estocásticos para encontrar o *makespan* em um modelo de máquinas paralelas idênticas, de forma que a data de entrega das tarefas tenha sido pré-



estabelecida pelos clientes. O objetivo, neste caso, é encontrar um sequenciamento que maximize o nível de serviço, sem exceder a data estipulada.

Muitos trabalhos recentes abordam problemas de sequenciamento de produção nos quais é necessária a avaliação de mais do que um critério de otimização. [Zarandi e Kayvanfar 2015] adotaram a política *just-in-time* para o problema de máquinas paralelas idênticas, no qual são realizadas a minimização do custo total de atraso e de antecipação e, por outro lado, do *makespan*. No trabalho de [Liang et al. 2013], minimizam-se o *makespan* e o atraso total. Já para [Ovacik e Uzsoy 1993], a minimização é realizada em relação ao *makespan* e ao *lateness* (atraso) máximo.

O problema de sequenciamento em máquinas paralelas idênticas com o objetivo de minimizar o *makespan* é considerado NP-Hard [Nait Tahar et al. 2006]. Sendo assim, muitas vezes precisamos de métodos alternativos, como heurísticas e meta-heurísticas, à metodologia exata, como os modelos de Programação Linear, para a resolução dos problemas abordados. Os trabalhos de [França et al. 1994] e [Jiang e Tan 2016] trazem abordagens heurísticas para a resolução de problemas de sequenciamento em máquinas paralelas idênticas. Já em [Tang e Luo 2006] e [Min e Cheng 1999], meta-heurísticas são utilizadas para obter-se soluções próximas às ótimas em um tempo computacional significativamente menor.

3. Metodologia

A abordagem metodológica utilizada é de revisão da literatura, tendo como base a teoria e ferramentas bibliométricas e análise de redes. Para que fosse possível alcançar os objetivos propostos, o protocolo de pesquisa foi realizado em quatro etapas: 3.1) Definição das palavras-chave e base de dados; 3.2) Seleção dos artigos que irão compor o portfólio de pesquisa; 3.3) Análise bibliométrica dos artigos que compõem a amostra e análise de redes de cocitação dos artigos da amostra. A Figura 1 ilustra o processo realizado até se chegar à amostra final de trabalhos a serem analisados (etapas 3.1 e 3.2).

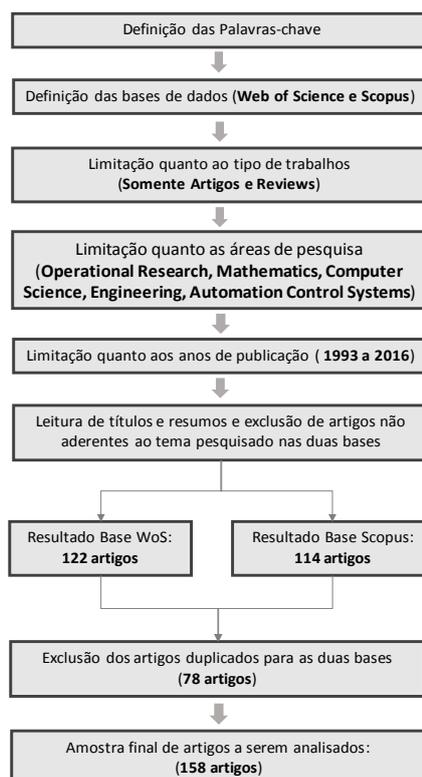


Figura 1 - Processos realizados até se chegar a amostra final de artigos

Fonte: Os autores (2017)



3.1. Definição de palavras-chave e seleção das bases de dados

O objetivo desta pesquisa é abordar trabalhos que realizam a atividade de sequenciamento da produção em um ambiente de máquinas paralelas idênticas e que possuem o objetivo de minimizar o *makespan*. Sendo assim, para que fosse possível abranger uma amostra que representasse essa classe de problemas de produção, a busca de palavras-chave foi realizada de acordo com três importantes configurações para a classificação dos Problemas de Programação da Produção.

De acordo com a classificação do ambiente de produção, buscou-se pelo ambiente desejado “*Identical parallel machin**” para que a amostra abrangesse todas as suas variações. Utilizando o conector *NOT*, excluiu-se os outros possíveis ambientes produtivos (*Job Shop*, *Flow Shop* e *Open Shop*), sendo possível limitar o ambiente a máquinas paralelas idênticas. A segunda característica utilizada na busca é quanto a atividade que se realiza no ambiente de produção, buscando então por sequenciamento da produção (*Scheduling*) e excluindo dimensionamento de lotes (*Lot-sizing*), em todas as formas que podem aparecer na pesquisa. Já a terceira classe de palavras-chave foi pesquisada de acordo com a função objetivo (*Makespan*), como pode-se observar na Tabela 1.

Tabela 1 – Palavras-chave utilizadas na busca

	Característica do Ambiente de Produção	Atividades a serem realizadas	Função Objetivo
	Identical parallel machin*	Scheduling	
Palavras-chave pesquisadas	Job Shop	Lotsizing	Makespan
	Flow Shop	Lot-sizing	
	Open Shop	Lot sizing	

Fonte: Os autores (2017)

No que concerne a seleção das bases de dados para realização da pesquisa, foram selecionadas as bases que possuem maior volume de publicação para o tema em estudo em seu banco de dados. Portanto, a busca foi realizada nas bases *ISI – Web of Science (WoS)*, integrante do grupo *Thomson Scientific* e *Scopus*, integrante do grupo *Elsevier*.

3.2. Seleção dos artigos que irão compor o portfólio de pesquisa

Além da escolha das duas bases de pesquisa, restringiu-se a amostra quanto aos tipos de trabalhos, áreas de pesquisa e ano de publicação do trabalho (Figura 1). A primeira limitação foi realizada com o objetivo de se analisar apenas artigos publicados em periódicos e *reviews* já existentes sobre o tema. Foram selecionadas as áreas de pesquisa que têm foco em Pesquisa Operacional e limitou-se a trabalhos que foram publicados de 1993 (primeiro ano de publicação da amostra) até o ano de 2016. Por fim, após a leitura de títulos e resumos dos trabalhos encontrados para as duas bases, foram excluídos trabalhos não aderentes ao tema de pesquisa.

Realizou-se tratamento de dados na amostra final de cada base e, excluindo-se artigos duplicados, chegou-se a uma amostra final de 158 artigos.

3.3. Análise Bibliométrica e Análise em Redes

De acordo com [Pilkington e Meredith 2009], a bibliometria pode ser definida como o emprego de padrões de escrita, publicações e de literatura pela aplicação de diversas análises estatísticas. Outra definição de análise bibliométrica apresentada por estes mesmos autores é: “a técnica de investigação que tem por fim a análise do tamanho, crescimento e distribuição da bibliografia num determinado campo do conhecimento”. Além disso as leis bibliométricas fazem



uso da análise matemática e estatística de dados para investigar e quantificar a produção científica sobre determinado assunto [Bufrem e Prates 2005].

Outra ferramenta que auxilia na identificação de bases teóricas para um determinado assunto são as análises em redes sociais. Trata-se de uma técnica interdisciplinar desenvolvida sob forte influência da Matemática, com a Teoria dos Grafos e da Ciência da Computação. O estudo bibliométrico vem se estabelecendo como ferramenta fundamental de estudo de interação entre autores e temas relacionados, como as redes de citações e de cocitações [Otte e Rousseau 2002]. Seu uso se justifica, quando por meio desta, torna-se possível identificar um conjunto de autores e suas respectivas ligações, acerca de determinado tema ou área.

A rede de cocitação verifica o grau de ligação entre dois ou mais artigos pelo número de documentos que os citam [Araújo 2006]. Esta análise tem como premissa fundamental que, quanto mais dois documentos são cocitados conjuntamente, maior é a probabilidade de que tenham conteúdos relacionados [Spinak 1996]. Isto posto, se justifica à medida que possibilita a identificação de grupos de ciência acerca de um tema em estudo, estabelecidos por conjuntos de autores que frequentemente se referenciam.

O tratamento bibliométrico dos registros coletados foi realizado em duas etapas, sendo estas:

Etapa I] Estatística descritiva. Foi possível, a partir dos dados coletados nas duas bases, construir um gráfico que apresenta a evolução das publicações acerca do tema em pesquisa ao longo dos anos, artigos e autores mais citados sobre o assunto.

Etapa II] Análise de redes sociais. Foram construídas redes de cocitação para as amostras das duas bases, com o objetivo de identificar bases teóricas e grupos de autores que publicam sobre o assunto abordado pela pesquisa. Para organização dos registros coletados nas duas bases, fez-se uso do software *Bibexcel* [Persson et al. 2009] e para a construção das redes utilizou-se o software *Pajek* [Batagelj 1998].

4. Análise dos Resultados

A primeira análise descritiva realizada foi quanto à evolução das publicações ao longo dos anos. Esta análise busca identificar tendências de crescimento ou declinação no desenvolvimento de estudos na área que trata de Problemas de Produção, que ocorrem em um ambiente classificado como Máquinas Paralelas Idênticas (Figura 2).

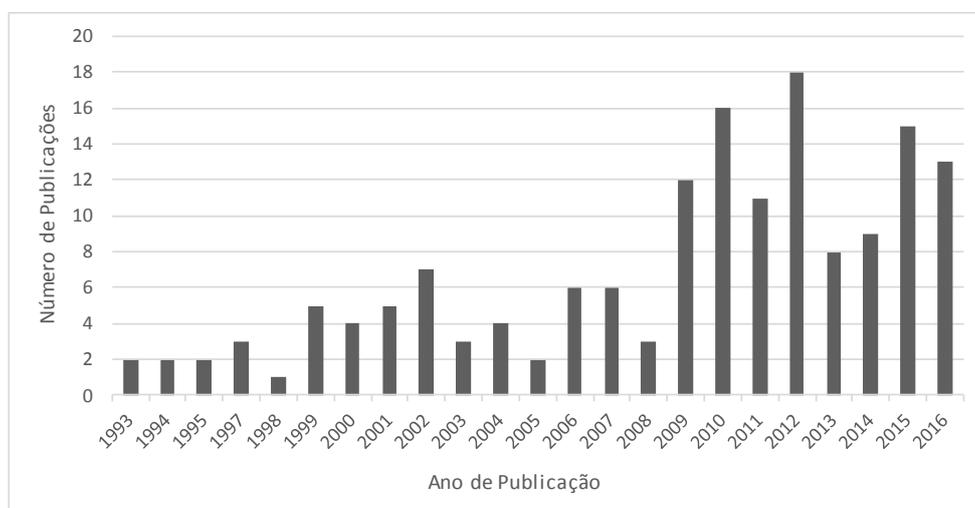


Figura 2 - Evolução das publicações da amostra ao longo dos anos

Fonte: Os autores (2017)

Como as primeiras publicações da amostra ocorreram no ano de 1993, pode-se observar que se trata de um tema de estudo recente quando comparado a outros assuntos de Pesquisa



Operacional. Os dois trabalhos publicados neste ano tratam de abordagens heurísticas de resolução para o problema de pesquisa, com o objetivo de minimizar o *makespan* [Sawik 1993], [Chen 1993].

Além disso, o ano que tem maior número de publicações é o ano de 2012, que possui 18 trabalhos publicados, seguido do ano de 2010, que possui 16. Verifica-se também o crescimento quanto ao número de publicações da amostra para os anos mais recentes, como observa-se a partir do ano de 2009.

Outra análise descritiva importante é quanto a distribuição de artigos publicados por periódicos, que pode destacar revistas relevantes para a pesquisa de trabalhos que se enquadram no mesmo escopo. Esta análise foi realizada separadamente para as duas bases e seus resultados podem ser observados nas Figuras 3 e 4. Para as amostras de ambas as bases, a revista que possui maior número de publicação é a *Computers and Operations Research*, com respectivamente 14 artigos para a *Web of Science (WoS)* e 8 para a *Scopus*.

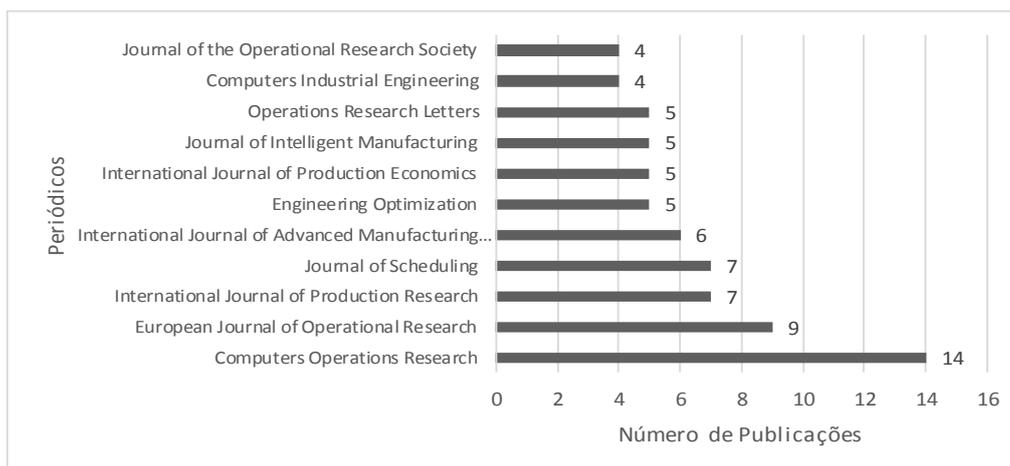


Figura 3 - Distribuição das publicações da amostra pelos principais periódicos para a base *WoS*.
Fonte: Os autores (2017)

De acordo com a amostra da base *Web of Science*, verificou-se que os periódicos *European Journal of Operational Research*; *International Journal of Production Research* e *Journal of Scheduling* estão na segunda, terceira e quarta posição (3ª e 4ª posição empatados com 7 publicações) quanto ao número de publicações. Vale ressaltar que essas três revistas possuem fator de impacto, segundo a base estatística *Journal Citation Reports (JCR)*, superior a 1, sendo que dentre estas a *European Journal of Operational Research* possui o maior fator de impacto.

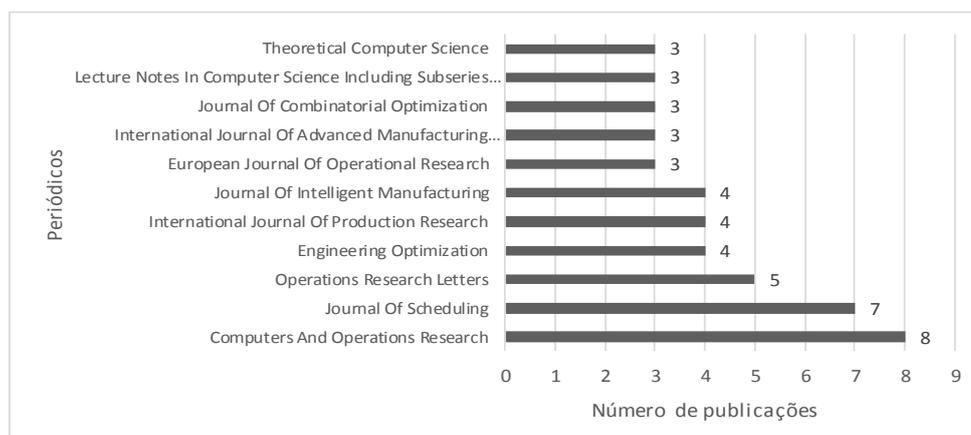


Figura 4 - Distribuição das publicações da amostra pelos principais periódicos para a base *Scopus*.
Fonte: Os autores (2017)



Já para a base de dados *Scopus*, as revistas que se encontram na segunda e terceira posição são *Journal of Scheduling* e *Operations Research Letters*, com 7 e 5 artigos publicados, respectivamente. Verifica-se que o periódico *Journal of Scheduling* está entre as primeiras revistas que mais publicam sobre o tema em ambas as bases. Esse fato se dá devido ao escopo ser específico da área de sequenciamento da produção.

A análise de citações, em geral, se baseia na ideia de que autores citam documentos que consideram ser importantes para a sua própria investigação. No entanto, é interessante a ressalva de que: um artigo muito citado pode ser um artigo instigante, chamativo, ao mesmo tempo em que pode ser, conforme [Pilkington e Meredith 2009], uma citação negativa (citando uma referência como um mau exemplo). Diante deste contexto, analisou-se os dez artigos mais citados da amostra para as duas bases de dados. Para ambos os casos, o artigo mais citado trata-se de um *review* sobre problemas de sequenciamento em máquinas paralelas idênticas publicados até o ano de 2001, especificamente com o objetivo de minimizar o *makespan* [Mokotoff 2001].

Observa-se nas Tabelas 2 e 3 que o resultado atingido para as duas bases, quanto ao número de citações, foi o mesmo para os 6 trabalhos mais citados da amostra.

Tabela 2 – Trabalhos mais citados da amostra para a base *WoS*

Artigo	Autor	Ano	Núm.de citações
Parallel machine scheduling problems: A survey	Mokotoff, E	2001	104
Multiprocessor scheduling with rejection	Bartal, Y; Leonardi, S; Marchetti-Spaccamela, A; Sgall, J; Stougie, L	2000	93
Better bounds for online scheduling	Albers, S	1999	72
A genetic algorithm for minimizing the makespan in the case of scheduling identical parallel machines	Min, L; Cheng, W	1999	44
An optimal algorithm for preemptive on-line scheduling	Chen, B; vanVliet, A; Woeginger, GJ	1995	44
Parallel machine scheduling problems with a single server	Kravchenko, SA; Werner, F	1997	39
Scheduling problems with multiple maintenance activities and non-preemptive jobs on two identical parallel machines	Sun, Kaibiao; Li, Hongxing	2010	35
Minimizing total tardiness of orders with reentrant lots in a hybrid flowshop	Choi, SW; Kim, YD; Lee, GC	2005	34
An efficient heuristic approach for parallel machine scheduling with job splitting and sequence-dependent setup times	Yalaoui, F; Chu, CB	2003	32
Scheduling parallel machines with a single server: some solvable cases and heuristics	Abdekhodae, AH; Wirth, A	2002	31

Fonte: Os autores (2017)

Os artigos [Bartal et al. 2000] e [Albers 1999] tratam da configuração de sequenciamento *online*. Sendo que para o primeiro destes, apresenta-se uma nova característica do problema em que as tarefas podem ser rejeitadas, adquirindo certa penalidade. Já no trabalho de [Albers 1999], aplica-se um algoritmo para o sequenciamento em máquinas paralelas idênticas, encontrando o melhor limitante inferior para o problema abordado.

Observou-se que os outros artigos presentes nas Tabelas 2 e 3 tratam, em sua maioria, sobre diferentes abordagens de resolução para o sequenciamento no ambiente de máquinas paralelas. Vale ressaltar que muitos trabalhos que estão entre os mais citados utilizam abordagens heurísticas e meta-heurísticas, fato este que se dá, provavelmente, à dificuldade de resolução do problema abordado [Min e Cheng 1999], [Lee et al. 2006], [Abdekhodae e Wirth 2002], [Yalaoui e Chu 2003].

Com o objetivo de identificar bases teóricas sobre as quais os artigos da amostra foram desenvolvidos e a relação que estes têm entre si, construiu-se uma rede de cocitação para cada base, a partir dos dados coletados (Figura 5 e Figura 6). Formando assim um conjunto de artigos, sobre assuntos semelhantes, que podem ser referenciados como base teórica sobre o tema.



Tabela 3 – Trabalhos mais citados da amostra para a base *Scopus*

Artigo	Autor	Ano	Núm.de Citações
Parallel machine scheduling problems: A survey	Mokotoff, E.	2001	131
Multiprocessor scheduling with rejection	Bartal, Y., Leonardi, S., Marchetti-Spaccamela, A., Sgall, J., Stougie, L	2000	109
Better bounds for online scheduling	Albers, S.	1999	79
A genetic algorithm for minimizing the makespan in the case of scheduling identical parallel machines	Min, L., Cheng, W.	1999	72
An optimal algorithm for preemptive on-line scheduling	Chen, B., van Vliet, A., Woeginger, G.J.	1995	52
Parallel machine scheduling problems with a single server	Kravchenko, S.A., Werner, F.	1997	44
A scheduling algorithm for flexible flow lines with limited intermediate buffers	Sawik, T.J.	1993	41
Scheduling parallel jobs to minimize the makespan	Johannes, B.	2006	40
An efficient heuristic approach for parallel machine scheduling with job splitting and sequence-dependent setup times	Yalaoui, F., Chu, C.	2003	37
A simulated annealing approach to makespan minimization on identical parallel machines	Lee, W.-C., Wu, C.-C., Chen, P.	2006	35

Fonte: Os autores (2017)

Observa-se nas Figuras 5 e 6 que existem diferentes tamanhos de vértices. Os pesos destes vértices variam de acordo com o número de vezes que este artigo foi citado pelo artigo correspondente ao vértice que está ligado a ele. Para a base de dados *WoS*, as redes foram construídas para os trabalhos que foram cocitados por pelo menos 7 artigos da amostra. Já para a base *Scopus*, devido a um número menor de cocitação por artigos, as redes foram construídas para os trabalhos que foram cocitados por pelo menos 3 artigos da amostra.

A partir da construção das redes foi possível verificar que existem trabalhos em comum para as duas bases, que podem ser considerados como referências no estudo da área de Sequenciamento da Produção.

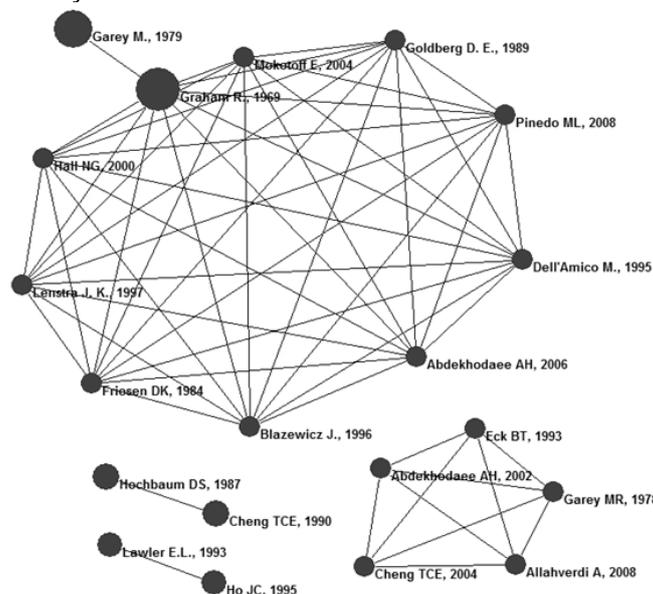


Figura 5 – Rede de Cocitação para a base de dados *WoS*

Fonte: Os autores (2017)

A rede de cocitação gerada pela amostra da base *WoS* apresenta 4 diferentes *clusters* de trabalhos publicados. O maior destes grupos é composto por 11 trabalhos, que servem como base teórica para entendimento do sequenciamento da produção, que variam desde trabalhos mais



antigos como [Graham 1969], até trabalhos mais recentes, consagrados na área, como o livro de sequenciamento da produção de [Pinedo 2008].

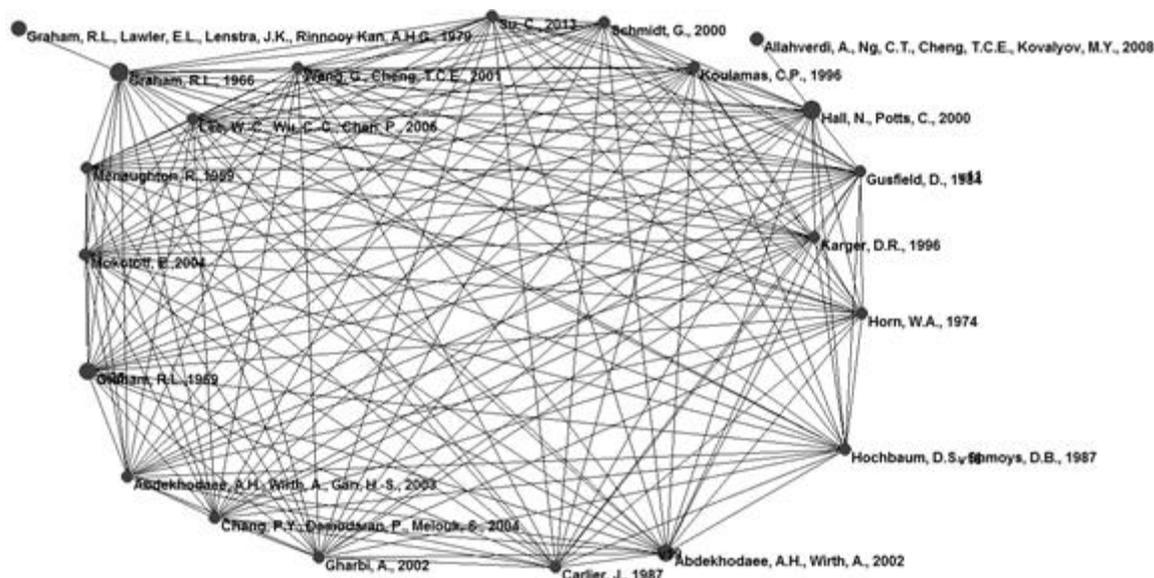


Figura 6– Rede de Cocitação para a base de dados Scopus
Fonte: Os autores (2017)

A rede de cocitação gerada pela amostra da base Scopus possui características diferentes quanto à quantidade de citações por artigo, como pode ser observado nos tamanhos dos vértices. Porém, se trata de uma rede que possui homogeneidade quanto aos trabalhos cocitados, uma vez que não há divisão de acordo com temas e autores que se citam entre si. Neste caso, trabalhos que recebem um peso maior devido ao número de vezes que foram citados são: [Graham 1966], [Graham 1969], [Graham et al. 1979] e [Abdekhodae e Wirth 2002]. O trabalho de [Graham 1979], por exemplo, propõe uma notação clássica quanto à classificação dos problemas de PCP.

5. Conclusões

O presente trabalho realizou uma avaliação dos principais resultados sobre programação da produção encontrados nas amostras selecionadas nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*. O número de publicações ao longo dos anos, os principais periódicos referentes ao assunto abordado, os artigos mais citados e a rede de cocitações dos trabalhos contidos na amostra são alguns dos critérios avaliados na pesquisa realizada. Tais análises averiguam quais os principais campos de estudo para pesquisas futuras relacionadas ao tema de sequenciamento em máquinas paralelas idênticas com o objetivo de minimizar o *makespan*.

Para ambas as bases de dados foi possível verificar que o número de trabalhos referentes a este tema aumentou ao longo dos anos, sendo 2012 o ano com maior número de publicações. Outra característica observada nas duas bases de dados refere-se aos periódicos que mais publicam sobre o assunto tratado. A revista *Computers and Operations Research* possui o maior número de publicações nas duas bases analisadas, com 14 artigos para a *Web of Science* e 8 para a *Scopus*. O periódico *Journal of Scheduling* também apresentou um número considerável de publicações, já que seu escopo trata especificamente de problemas de sequenciamento.

Em relação aos trabalhos mais citados da amostra, constatou-se que o trabalho de [Mokotoff 2001] foi o mais citado para as duas bases de dados. Este trabalho apresenta uma *review* sobre o tema de estudo até o ano de 2001 e pode apresentar pontos ainda pouco explorados na literatura. Ao analisar a rede de cocitações, verificou-se que o trabalho de [Graham et al. 1979] é referência no estudo de PCP por apontar as notações clássicas dessa área.



Como trabalhos futuros, sugere-se a realização de uma Revisão Sistemática sobre o tema, considerando que se trata de um assunto com ampla área de pesquisa, que permite explorar os métodos de resolução frequentemente encontrados em trabalhos correlatos e revela diversas áreas de aplicação.

Referências

- Abdekhodae, A. H., e Wirth, A. (2002). Scheduling parallel machines with a single server: some solvable cases and heuristics. *Computers and Operations Research*, 29, 295–315.
- Albers, S. (1999). Better bounds for online scheduling. *SIAM – Journal on Discrete Mathematics*, 29, 459–473.
- Allahverdi, A., Aydilek, H., e Aydilek, A. (2014). Single machine scheduling problem with interval processing times to minimize mean weighted completion time. *Computers and Operations Research*, 51, 200–207.
- Araújo, C. A. (2006). Bibliometria: evolução história e questões atuais. *Em Questão*, 12(1), 11–32.
- Baker, K. R., e Trietsch, D. (2009). *Principles of Sequencing and Scheduling*. John Wiley & Sons, Inc.
- Baptiste, P., Rebaine, D., e Zouba, M. (2017). FPTAS for the two identical parallel machine problem with a single operator under the free changing mode. *European Journal of Operational Research*, 256(1), 55–61.
- Bartal, Y., Leonardi, S., Marchetti-Spaccamela, A., Sgall, J., e Stougie, L. (2000). Multiprocessor scheduling with rejection. *SIAM – Journal on Discrete Mathematics*, 13, 64–78.
- Batagelj, V., e Mrvar, A. (1998). Pajek – program for large network analysis. *Connections*, 47–57.
- Boonmee, A., e Sethanan, K. (2016). A GLNPSO for multi-level capacitated lot-sizing and scheduling problem in the poultry industry. *European Journal of Operational Research*, 250(2), 652–665.
- Bufrem, L., e Prates, Y. (2005). O saber científico registrado e as práticas de mensuração da informação. *Ciência Da Informação*, 34(2), 9–25.
- Chen, B. (1993). A Better heuristic for preemptive parallel machine scheduling with batch setup times. *Society for Industrial and Applied Mathematics*, 22(6), 1303–1318.
- Chen, B., van Vliet, A., Woeginger, G. J. (1995). An optimal algorithm for preemptive on-line scheduling. *Operations Research Letters*, 18, 127–131.
- Choi, S.-W., Kim, Y.-D., e Lee, G.-C. (2005). Minimizing total tardiness of orders with reentrant lots in a hybrid flowshop. *International Journal of Production Research*, 43, 2149–2167.
- Ferreira, D., Morabito, R., e Rangel, S. (2009). Solution approaches for the soft drink integrated production lot sizing and scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 196(2), 697–706.
- França, P. M., Gendreau, M., Laporte, G., e Müller, F. M. (1994). Composite heuristic for the identical parallel machine scheduling problem with minimum makespan objective. *Computers and Operations Research*, 21(2), 205–210.
- Graham, R. L. (1966). Bounds for Certain Multiprocessing Anomalies. *Bell System Technical Journal*, 45, 1563–1581.
- Graham, R. L. (1969). Bounds on Multiprocessing timing anomalies. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 3(1), 143–150.
- Graham, R. L., Lawler, E. L., Lenstra, J. K., e Rinnooy Kan, A. H. G. (1979). Optimization and Approximation in Deterministic Sequencing and Scheduling: a Survey. *Annals of Discrete Mathematics*, 5, 287–326.
- Hatami, S., Ruiz, R., e Andrés-Romano, C. (2015). The distributed parallel machine and assembly scheduling problem with eligibility constraints. *International Journal of Production Management and Engineering*, 3, 13–23.
- Jiang, D., e Tan, J. (2016). Scheduling with job rejection and nonsimultaneous machine available



- time on unrelated parallel machines. *Theoretical Computer Science*, 616, 94–99.
- Johannes, B. (2006). Scheduling parallel jobs to minimize the makespan. *Journal of Scheduling*, 9, 433–452.
- Kravchenko, S. A., e Werner, F. (1997). Parallel machine scheduling problems with a single server. *Mathematical and Computer Modelling*, 26, 1–11.
- Lee, W.-C., Wu, C.-C., e Chen, P. (2006). A simulated annealing approach to makespan minimization on identical parallel machines. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 31, 328–334.
- Leung, J. Y. T., Lee, K., e Pinedo, M. L. (2012). Bi-criteria scheduling with machine assignment costs. *International Journal of Production Economics*, 139(1), 321–329.
- Li, K., Zhang, X., Leung, J. Y.-T., e Yang, S.-L. (2016). Parallel machine scheduling problems in green manufacturing industry. *Journal of Manufacturing Systems*, 38, 98–106.
- Liang, Y.-C., Hsiao, Y.-M., e Tien, C.-Y. (2013). Metaheuristics for drilling operation scheduling in Taiwan PCB industries. *International Journal of Production Economics*, 141(1), 189–198.
- Min, L., e Cheng, W. (1999). A genetic algorithm for minimizing the makespan in the case of scheduling identical parallel machines. *Artificial Intelligence in Engineering*, 13(4), 399–403.
- Mokotoff, E. (2001). Parallel machine scheduling problems: A survey. *Asia - Pacific Journal of Operational Research*, 18(2), 193–243.
- Nait Tahar, D., Yalaoui, F., Chu, C., e Amodeo, L. (2006). A linear programming approach for identical parallel machine scheduling with job splitting and sequence-dependent setup times. *International Journal of Production Economics*, 99(1–2), 63–73.
- Otte, E., e Rousseau, R. (2002). Social Network Analysis: a powerful strategy, also for the information sciences. *Journal of Information Science*, 28(6), 441–453.
- Ovacik, I. M., e Uzsoy, R. (1993). Worst-case error bounds for parallel machine scheduling problems with bounded sequence-dependent setup times. *Operations Research Letters*, 14(5), 251–256.
- Persson, O., Danell, R., e Schneider, J. W. (2009). How to use Bibexcel for various types of bibliometric analysis. *Celebrating Scholarly Communication Studies*, 9–24.
- Pilkington, A., e Meredith, J. (2009). The evolution of the intellectual structure of operations management – 1980-2006: a citation/co-citation analysis. *Journal of Operations Management*, 27, 185–202.
- Pinedo, M. L. (2008). *Scheduling - Theory, Algorithms, and Systems*. Springer.
- Rabadi, G., Moraga, R.J., e Al-Salem, A. (2006). Heuristics for the unrelated parallel machine scheduling problem with setup times. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 17, 85–97.
- Ranjbar, M., Davari, M., e Leus, R. (2012). Two branch-and-bound algorithms for the robust parallel machine scheduling problem. *Computers and Operations Research*, 39(7), 1652–1660.
- Sawik, T. J. (1993). A scheduling algorithm for flexible flow lines with limited intermediate buffers. *Applied Stochastic Models and Data Analysis*, 9(2), 127–138.
- Seeanner, F., e Meyr, H. (2013). Combining the principles of variable neighborhood decomposition search and the fix & optimize heuristic to solve multi-level lot-sizing and scheduling problems. *Computers and Operation Research*, 40(1), 303–317.
- Spinak, E. (1996). *Diccionario Enciclopédico de Bibliometría, Cienciometría e Informetría*.
- Sun, K., e Li, H. (2010). Scheduling problems with multiple maintenance activities and non-preemptive jobs on two identical parallel machines. *International Journal of Production Economics*, 124, 151–158.
- Tang, L., e Luo, J. (2006). A new ILS algorithm for parallel machine scheduling problems. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 17(5), 609–619.
- Wang, X., e Cheng, T. C. E. (2015). A heuristic for scheduling jobs on two identical parallel machines with a machine availability constraint. *International Journal of Production Economics*, 161, 74–82.



- Yalaoui, F., e Chu, C. (2003). An efficient heuristic approach for parallel machine scheduling with job splitting and sequence-dependent setup times. *IIE Transactions*, 35(2), 183–190.
- Yeh, W.-C., Chuang, M.-C., e Lee, W.-C. (2015). Uniform parallel machine scheduling with resource consumption constraint. *Applied Mathematical Modelling*, 39, 2131–2138.
- Zarandi, M. H. F., e Kayvanfar, V. (2015). A bi-objective identical parallel machine scheduling problem with controllable processing times: a just-in-time approach. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 77(1–4), 545–563.
- Zheng, X.-I., e Wang, L. (2016). A two-stage adaptive fruit fly optimization algorithm for unrelated parallel machine scheduling problem with additional resource constraints. *Expert Systems with Applications*, 65, 28–39.