



PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO EM AMBIENTES *FLOW SHOP* ENVOLVENDO CONSIDERAÇÕES DE *SETUP*

MIYATA, Hugo Hissashi, IC, Fecilcam, CNPq, Engenharia de Produção Agroindustrial,
Fecilcam, hugomiyata7@hotmail.com

MORAIS, Márcia de Fátima (OR), Fecilcam, marciafmorais@yahoo.com.br

BOIKO, Thays J. P. (CO-OR), Fecilcam, thaysperassoli@bol.com.br

INTRODUÇÃO

Esta pesquisa integra uma linha de estudos do Grupo de Estudos e Pesquisa em Processos e Gestão de Operações (GEPPGO) denominada “Pesquisa Operacional e Sub-linha Pesquisa Operacional Aplicada à Programação da Produção”, do Departamento de Engenharia de Produção (DEP), da Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão (FECILCAM).

Financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) a presente pesquisa tem como objetivo investigar métodos heurísticos disponíveis na literatura especializada para Problemas de Programação da Produção em Sistemas *Flow Shop* envolvendo considerações de *setup*, de modo a identificar o atual estado da arte.

O artigo aqui apresentado está estruturado em cinco seções. A primeira seção apresenta a contextualização, o objetivo e a justificativa desta pesquisa; o referencial teórico acerca da programação da produção está contida na segunda seção; na terceira seção podem ser vistas a metodologia utilizada; a quarta seção apresenta os resultados e discussões da pesquisa e; na seção cinco está localizada as considerações finais, sendo as referências utilizadas também nesta seção.

REFERENCIAL TEÓRICO

PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO E PROBLEMAS DE PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO

A Programação da Produção, uma das funções executadas pelo **PPCP** tem a função de decidir em que ordem as tarefas estabelecidas nas Ordens de Produção vão ser executadas nas máquinas disponíveis, sendo que cada tarefa possui um conjunto de operações que precisam ser seguidas.

Um problema de programação segundo Moccellini (2005) pode ser definido como um problema de n tarefas $\{J_1, J_2, \dots, J_j, \dots, J_n\}$ que devem ser processadas em m máquinas



$\{M_1, M_2, \dots, M_k, \dots, M_m\}$ que estão disponíveis. O processamento de uma tarefa J_j em uma máquina M_k é denominado operação (op_{kj}). Existe um tempo de processamento p_{kj} associado a cada operação. Cada tarefa J_j possui uma data de liberação l_j (*release date*), a partir da qual a tarefa pode ser executada, e uma data de entrega d_j (*due date*), referente à data em que a tarefa deve estar concluída.

Os problemas de Programação da Produção são classificados de acordo com os sistemas de produção, por tipo de posicionamento do processo de produção, onde ocorrem, segundo Boiko e Morais (2009). Assim, podem ser classificados conforme segue em: Máquina Única; Máquinas Paralelas; *Flow Shop* Tradicional; *Flow Shop* Permutacional; *Flow Shop* Híbrido ou com Máquinas Múltiplas; *Job Shop* Tradicional; *Job Shop* Híbrido ou com Máquinas Múltiplas; *Open Shop*; e Por Projeto.

As principais medidas ou critérios de desempenho utilizados nos métodos de solução para programação da produção, de acordo com Maccarthy e Liu (1993) e Allahverdi, Cheng e Kovalyov (2008) são orientadas à Duração da Programação, aos Tempos de Fluxos das Tarefas, aos Atrasos e Número de Tarefas Atrasadas, aos Adiantamentos das Tarefas, aos Tempos de Espera das Tarefas nos Sistemas, aos Tempos e Custos de *Setup*, aos Custos de Estoques e Custos de Transporte.

Dentre as diversas hipóteses consideradas nos Problemas de Programação da Produção estão os tempos de *Setup*. Tempo de *Setup* é o tempo requerido para preparar uma máquina ou um processo para processar uma tarefa e/ou lote de tarefas. Isto inclui, de acordo com Morais (2008), o tempo para obter ferramentas, posicionar o trabalho no processo de materiais, limpeza, recolocação de ferramental, posicionamento de acessórios, ajuste de ferramentas e inspeção de materiais. O *Setup* pode ser classificado de acordo com a dependência da seqüência adotada, quanto a ser *Setup* das máquinas para tarefas ou para lotes de tarefas e quanto à 'antecipabilidade'.

Quanto à dependência da seqüência, o *Setup* pode ser classificado, segundo Allahverdi; Gupta e Aldowaisan (1999) e Cheng, Gupta e Wang (2000): a) *Setup* dependente da seqüência de execução, e; b) *Setup* independente da seqüência de execução. Quanto a ser *Setup* das máquinas para as tarefas ou para lotes de tarefas, o *Setup* é classificado, conforme Allahverdi, Gupta e Aldowaisan (1999) e Cheng, Gupta e Wang (2000): a) *Setup* para tarefas, e; b) *Setup* para lotes de tarefas. Segundo a "antecipabilidade", o *Setup* pode ser classificado, segundo Cheng, Gupta e Wang (2000) em: a) *Setup* antecipatório, e; b) *Setup* não-antecipatório.

Os métodos de solução para problemas de Programação da produção, segundo Morais (2008) são classificados em duas grandes categorias: Métodos de solução ótima; e Métodos Heurísticos.



Métodos de solução ótima geram uma programação ótima de acordo com o critério de desempenho adotado, enquanto os métodos heurísticos consistem de critérios racionais para escolher um bom caminho entre vários possíveis, sem se preocupar em atingir todas as possibilidades ou a solução ótima.

METODOLOGIA

Esta pesquisa, caracterizada como uma pesquisa tipo *survey*, classifica-se quanto aos fins como descritiva, explicativa e exploratória e quanto aos meios, como bibliográfica. O método de abordagem adotado foi o qualitativo-quantitativo.

A busca por trabalhos para Revisão de Literatura foi realizada a nível nacional e internacional, considerando os sistemas de produção *Flow Shop* Híbrido com tempos de *Setup* dependentes e independentes da seqüência de execução de tarefas e/ou lotes de tarefas. Mais de 30 periódicos brasileiros e internacionais, nas áreas de Pesquisa Operacional, Administração, Gestão da Produção e Ciências Aplicadas, consultados individualmente, considerando os sistemas de produção *Flow Shop* Híbrido com tempos de *Setup* dependentes e independentes da seqüência de execução de tarefas e/ou lotes de tarefas, também serviram de fontes para esta investigação.

Posteriormente realizou-se uma análise quantitativa dos trabalhos, de modo a identificar e indicar potenciais áreas para pesquisas, bem como fornecer direções para pesquisas futuras em Problemas de Programação da Produção em ambientes *Flow Shop* Híbrido com considerações de *Setup*.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

TRABALHOS REALIZADOS EM *FLOW SHOP* HÍBRIDO COM CONSIDERAÇÕES DE *SETUP*

A nível de Brasil métodos de solução para o Problema de Programação da Produção (PPP) em sistemas de produção *Flow Shop* Híbrido (FSH) com tempos de *Setup* dependentes da seqüência de execução das tarefas e/ou do lote de tarefas foram encontrados em Fuchigami (2005), Moccellini e Silva (2005) e Morais (2008).

A nível Internacional estudos envolvendo o desenvolvimento de métodos para o PPP em sistemas de produção FSH com tempos de *setup* dependentes da seqüência de execução das tarefas e/ou do lote de tarefas foram realizados por Liu e Chang (2000), Oguz, Janiak e Lichtenstein (2001), Sethanan (2001), Kurz e Askin (2003), Lin e Liao (2003), Kurz



e Askin (2004), Pugazhendhi *et al.* (2004), Andrés *et al.* (2005), Jungwattanaki *et al.* (2005), Logendran, Szocek e Barnard (2006), Ruiz e Maroto (2006), Zandieh, Ghomi e Hussein (2006), Naderi *et al.* (2008), Ruiz, Sivrikaya-Serifoglu e Urlings (2008), Abiri, Zandieh e Talebi (2009), Jabbarizadeh, Zandieh e Talebi (2009), Jungwattanaki *et al.* (2009), Naderi *et al.* (2009), Trabiz, Zandieh e Vaziri (2009), Yaurima, Burtseva e Tcheeernykh (2009) e Behnamian, Zandieh e Fatemi Ghomi (2010).

Em relação aos métodos de solução para o Problema de Programação da Produção PPP em sistemas de produção FSH com Tempos de *Setup* independentes da sequência de execução de tarefas e/ou lotes, a nível de Brasil, foram encontrados apenas 2 trabalhos que tratam do estudo e desenvolvimento de métodos de solução, disponíveis em Fuchigami e Moccellini (2006), Fuchigami e Moccellini (2007).

A nível Internacional estudos envolvendo o desenvolvimento de métodos para o PPP em sistemas de produção FSH com tempos de *setup* dependentes da sequência de execução das tarefas e/ou do lote de tarefas foram realizados por Gupta e Tunc (1994), Kim, Kang e Lee (1997), Li (1997), Cheng e Kovalyov (1998), Huang e Li (1998), Botta-Genoulaz (2000), Allaoui e Artiba (2004), Cheng, Kovalyov e Chakhlevice (2004), Logendran, Carson e Hanson (2005), Low (2005), Zhang *et al.* (2005), Akrami, Karimi e Hosseini (2006), Torabi, Ghomi e Karimi (2006), Jenabi *et al.* (2007), Quadt e Kuhn (2007), Xuan e Tang (2007) e Mahdavi *et al.* (2008)

ANÁLISE DOS TRABALHOS REALIZADOS EM *FLOW SHOP* HÍBRIDO COM CONSIDERAÇÕES DE *SETUP*

Métodos para o Problema de Programação da Produção em Sistema de Produção *Flow Shop* Híbrido (FSH) com Tempos de *Setup* dependentes e independentes da sequência de execução de tarefas e/ou lotes de tarefas foram encontrados em 49 publicações.

Métodos de solução para o Problema de Programação da Produção (PPP) em sistemas de produção *Flow Shop* Híbrido (FSH) com tempos de *Setup* dependentes da sequência de execução de tarefas e/ou lote de tarefas foram encontrados em 30 publicações (61,3% do total de trabalhos investigados) dos quais 3 trabalhos, ou seja, 10% são a nível de Brasil. Métodos de solução para o Problema de Programação da Produção (PPP) em sistemas de produção *Flow Shop* Híbrido (FSH) com Tempos de *Setup* independentes da sequência de execução das tarefas e/ou dos te de tarefas foram encontrados em 19 publicações (38,7% do total de trabalhos investigados), dos quais apenas 2 trabalhos, ou seja, 10,52% dos trabalhos são a nível de Brasil.



A nível de Brasil foram encontrados apenas 5 trabalhos que tratam do Problema de Programação da Produção em FSH com tempos de *Setup* dependentes da sequência de execução de tarefas, totalizando apenas 10,20% dos trabalhos identificados em toda a literatura investigada, isto é, 49 trabalhos.

Quanto aos trabalhos que tratam de PPP em FSH com Tempos de *Setup* dependentes da sequência, 83,33% dos trabalhos abordam *Setups* dependentes da execução de tarefas e 16,66% dos trabalhos abordam *Setups* dependentes da execução de lotes de tarefas, verificando-se que nenhum dos trabalhos, a nível de Brasil, investiga o PPP em FSH com tempos de *Setup* dependentes e/ou independentes da execução de lotes de tarefas.

Do total de 30 trabalhos que abordam o desenvolvimento de métodos para PPP em Sistemas FSH com Tempos de *Setup* dependentes da sequência de execução tanto de tarefas quanto de lotes de tarefas, foram encontrados trabalhos com funções objetivo monocritério, bicritério e tricritério. A tabela 1 a seguir mostra o quantitativo da aplicação destas funções nos trabalhos investigados.

Tabela 1 – Porcentagem de Aplicação dos tipos de função objetivo nos trabalhos que consideram os tempos de *setup* dependentes da sequência

Tipo de Função-Objetivo	Porcentagem de Aplicação
Monocritério	73,33%
Bicritério	23,33%
Tricritério	3,33%

Em relação aos critérios de desempenho adotados nos trabalhos que consideram os tempos de *setup* dependentes da sequência, dos 30 trabalhos investigados, a tabela 2 a seguir mostra o percentual da aplicação dos critérios de desempenho nos trabalhos investigados.

Tabela 2 – Porcentagem de aplicação dos diferentes critérios de desempenho nos trabalhos com tempos de *setup* dependentes da sequência

Critério de Desempenho	Porcentagem de Aplicação
Makespan	60%
Atraso Máximo das Tarefas	3,33%
Tempos de Fluxo Ponderados	3,33%
Tempo Médio de Fluxo	3,33%
Tempos de <i>Setup</i>	3,33%
<i>Makespan</i> e Atraso das Tarefas	16,66%
Atrasos e Adiantamentos das Tarefas	3,33%
Custos e Tempos de <i>Setup</i>	3,33%
<i>Makespan</i> , Atrasos e Adiantamentos das Tarefas	3,33%

Quanto aos trabalhos que tratam de PPP em FSH com Tempos de *Setup* independentes da sequência, 42,11% dos trabalhos abordam *Setups* dependentes da



execução de tarefas e 57,89% dos trabalhos abordam *Setups* dependentes da execução de lotes de tarefas, também verificando-se que a nível de Brasil, nenhum trabalho investiga o PPP em FSH com tempos de *Setup* independentes da execução de tarefas ou lotes de tarefas.

Do total de 19 trabalhos que abordam o desenvolvimento de métodos para PPP em Sistemas FSH com Tempos de *Setup* independentes da seqüência de execução tanto de tarefas quanto de lotes de tarefas, também foram encontrados trabalhos que apresentam função-objetivo monocritério, bicritério, tricritério e multicritério. A tabela 3 a seguir mostra o percentual da aplicação destas funções nos trabalhos investigados.

Tabela 3 – Porcentagem de Aplicação dos tipos de função objetivo nos trabalhos que consideram os tempos de *setup* independentes da seqüência

Tipo de Função-Objetivo	Porcentagem de Aplicação
Monocritério	63,15%
Bicritério	26,31%
Tricritério	5,27%
Multicritério	5,27%

Em relação aos critérios de desempenho adotados nos métodos de solução, verificou-se que 19 trabalhos tratam os tempos de setup independentes da seqüência. A tabela 4 mostra o percentual da aplicação dos critérios de desempenho nos trabalhos investigados.

Tabela 4 – Porcentagem de aplicação dos diferentes critérios de desempenho nos trabalhos com tempos de *setup* independentes da seqüência

Critério de Desempenho	Porcentagem de Aplicação
Makespan	47,36%
Duração Média da Programação	5,27%
Atraso Máximo das Tarefas	5,27%
Tempo Total de Fluxo	5,27%
Espera e Adiamento Ponderados das Tarefas	5,27%
Data de Término e Tempo de Espera Ponderado	5,27%
Tempo Total de <i>Setup</i> e Tempo Médio de Fluxo	10,52%
Tempo Total de <i>Setup</i> , Custo de Transporte e Custo de Estoque	5,27%
<i>Makespan</i> , Atrasos das Tarefas, Adiantamentos das Tarefas e Tempo de Fluxo das Tarefas	5,27%

Em relação aos tipos de máquinas paralelas, do total dos 49 trabalhos analisados, 79,5% dos trabalhos investigam FSH com Máquinas Paralelas Idênticas, 16,3% dos trabalhos investigam Máquinas Paralelas não-relacionadas, 2,1% tratam de Máquinas Paralelas Uniformes e 2,1% dos trabalhos apresentam Máquinas Paralelas Dedicadas.

Em relação ao enfoque do(s) método(s) de solução propostos, desses 49 trabalhos investigados, verificou-se que 77,56% dos trabalhos tratam do desenvolvimento de métodos



heurísticos, 18,36% dos trabalhos tratam do desenvolvimento de métodos heurísticos e métodos de solução ótima, e apenas 4,08% dos trabalhos abordam somente o desenvolvimento de métodos de solução ótima.

Quanto às restrições adicionais incorporadas nos métodos, verificou-se grande variedade das mesmas, destacando a adoção de estágio dominante, identificado em 12,28% dos trabalhos investigados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da pesquisa mostram que os estudos direcionados ao desenvolvimento de métodos para a Programação da Produção em sistemas de produção *Flow Shop* Híbrido cresceram consideravelmente no decorrer da última década. Porém, pode-se perceber a pequena quantidade de trabalhos disponíveis na literatura especializada, a nível de Brasil, que tratam do desenvolvimento de métodos de solução para Problemas de Programação da Produção (PPP) em sistemas *Flow Shop* Híbridos (FSH), que consideram o *Setup* separado dos tempos de processamento e dependentes da sequencia. Isto mostra uma deficiência de pesquisas na área de *Scheduling* no Brasil, para este típico específico de sistema de produção, ficando claro que ainda existe um vasto campo para pesquisas em PPP em sistemas FSH, em especial, a nível de Brasil.

Notou-se uma predominância no desenvolvimento de métodos para PPP em sistemas FSH, que consideram o *Setup* separado dos tempos de processamento, dependentes e independentes da seqüência da execução de tarefas e/ou lotes de tarefas com funções-objetivo monocritério orientados à minimização do *Makespan*, bem como a utilização de máquinas paralelas idênticas.

Sugere-se para trabalhos futuros, o desenvolvimento de novos métodos de solução para o Problema de Programação da Produção em sistemas *Flow Shop* Híbridos, que consideram o *Setup* separado dos tempos de processamento, dependentes e independentes da seqüência, com novas restrições adicionais e critérios de desempenho incorporadas ao problema, uma vez que muitas restrições adicionais e critérios de desempenho não foram explorados nos métodos disponíveis na literatura.

REFERÊNCIAS

ABIRI, M.B.; ZANDIEH, M. e TABIRIZ, A.A. A Tabu Search Approach to Hybrid Flow Shops Scheduling with Sequence-Dependent Setup Times. **Journal of Applied Sciences**, 9, n.9, p.1740-1745, 2009.



AKRAMI, B., KARIMI, B. e MOATTAR-HOSSEINI, S.M. Two metaheuristic methods for the common cycle economic lot sizing and scheduling in flexible flow shops with limited intermediate buffers: The finite horizon case. **Applied Mathematics and Computation**, 183, p.634–645, 2005.

ALLAHVERDI, A., GUPTA, J.N.D. e ALDOWAISAN, T. A review of scheduling research involving setup considerations. **Omega - The International Journal of Management Science**, 27, p. 219-239, 1999.

ALLAHVERDI, A., CHENG, T. C. E. e KOVALYOV, M. Y. A survey of scheduling problems with setup times or costs. **European Journal of Operational Research**, 187, p. 985–1032, 2008.

ALLAOUI, H. e ARTIBA, A. Integrating simulation and optimization to Schedule a hybrid flow shop with maintenance constraints. **Computers and Industrial Engineering**, 47, p.431-450, 2004.

ANDRÉS, C., ALBARRACÍN, J.M., TORMO, G., VICENS, E. e GARCÍA-SABATER, J.P. Group technology in a hybrid flowshop environment: a case study. **European Journal of Operational Research**, 167, p.272-281, 2005.

BEHNAMIAN, J., FATEMI-GHOMI, S.M.T. e ZANDIEH, M. Multi-phase covering Pareto-optimal front method to multi-objective scheduling in a realistic hybrid flowshop using a hybrid metaheuristic. **Expert Systems with Applications**, 36, n.8, 2009.

BEHNAMIAN, J., ZANDIEH, M. e FATEMI-GHOMI, S. M. T. Due windows group scheduling using an effective hybrid optimization approach. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 46, n. 5-8, p.721-735, 2010.

BOIKO, T. J. P. e MORAIS, M. F. **A atividade de programação da produção sobre a ótica da Pesquisa Operacional: uma abordagem teórico conceitual**. Anais...Encontro Tecnológico, 6, Campo Mourão – PR, 2009.

BOTTA-GENOULAZ, V. Hybrid flow shop scheduling with precedence constraints and time lags to minimize maximum lateness. **International Journal of Production Economics**, 64, p.101-111, 2000.

CHENG, T.C.E., KOVALYOV, M.Y. e CHAKLEVICH, K. N. Batching in a two-stage flowshop with dedicated machines in second stage. **IIE Transactions**, 36, p.87-93, 2004.

CHENG, T. C. E.; GUPTA, J. N. D. e WANG, G. A review of flowshop scheduling research with setup times. **Production and Operations Management**. 9, no.3, p.262-282, 2000.

CHENG, T.C.E.; KOVALYOV, M.Y. An exact algorithm for batching two part types in a mixed shop: Algorithms and Complexity. **International Journal of Production Economics**, 55, p.53-56, 1998.

FUCHIGAMI, H. Y. e MOCCELLIN, J. V. **Estudo da influência da programação do primeiro estágio em sistemas flow shop híbridos com tempos de setup independentes da seqüência de processamento das tarefas**. Anais...Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 38. Poços de Caldas, MG, 2006.



FUCHIGAMI, H.Y. e MOCCELLIN, J.V. **Análise de desempenho de regras de prioridade para programação em flow shop com múltiplas máquinas e tempos de setup independentes da seqüência.** Anais...Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 27, Foz do Iguaçu – PR, 2007

FUCHIGAMI, H.Y. **Métodos heurísticos construtivos para o problema de programação da produção em sistemas Flow Shop híbridos com tempos de preparação das máquinas assimétricos e dependentes da sequência.** 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2005.

GUPTA, J.N.D. e STAFFORD Jr. Flowshop scheduling research after five decades. **European Journal of Operational Research.** 169, p. 699-711, 2006.

GUPTA, J.N.D. e TUNC, E.A. Scheduling a two-stage hybrid flowshop with separable setup and removal times, **European Journal of Operational Research.** 77, p.415-428, 2006.

HUANG, W. E LI, S. A two-stage hybrid flowshop with uniform machines and setup times. **Mathematical and Computer Modeling,** 27, n.2, p.27-45, 1998.

JABBARIZADEH, F., ZANDIEH, M. e TALEBI, D. Hybrid flexible flowshops with sequence-dependent setup times and machine availability constraints. *Computers & Industrial Engineering*, 57, n. 3, p.949-957, 2009.

JENABI, M., GHOMI, S.M.T. F.; TORABI, S.A. e KARIMI, B. Two hybrid meta-heuristics for the finite horizon ELSP in flexible flow lines with unrelated parallel machines. **Applied Mathematics and Computation,** 186, n.1, p. 230-245, 2007.

JUNGWATTANAKI, J., REODECHA, M., CHAOUVALITWONGSE, P. e WERNER, F. An evaluation of sequencing heuristics for flexible flow shop scheduling problems with unrelated parallel machines and dual criteria. **Otto-Von-Guericke,** Universitat Magdeburg, Preprint, 28. n.5, p.1-23, 2005.

JUNGWATTANAKI, J., REODECHA, M., CHAOUVALITWONGSE, P. e WERNER, F. Algorithms for flexible flow shop problems with unrelated parallel machines, setup times, and dual criteria. **Introduction Journal Advanced Manufactory Technology,** 37, p.354–370, 2008.

JUNGWATTANAKI, J., REODECHA, M., CHAOUVALITWONGSE, P. e WERNER, F. A comparison of scheduling algorithms for flexible flow shop problems with unrelated parallel machines, setup times, and dual criteria. **Computers and Operations Research,** 36, n.2, p.358-378, 2009.

KIM, J.S., KANG, S.H e LEE, S.M. Transfer Batch Scheduling for a Two-stage Flowshop with Identical Parallel Machines at Each Stage. **Omega - The International Journal of Management Science,** 25, n.5, p. 547-555, 1997.

KURZ, M.E. e ASKIN, R.G. Comparing scheduling rules for flexible flow lines. **International Journal of Production Economics,** 85, p.371-388, 2003.

KURZ, M.E. e ASKIN, R.G. Scheduling flexible flow lines with sequence-dependent setup times. **International Journal of Operational Research,** 159, p.66-82, 2004.



- LI, S. (1997), A hybrid two-stage flowshop with part family, batch production, and major and minor set-ups. **European Journal of Operational Research**, 102, p.142-156, 1997.
- LIN, H.T. e LIAO, C.J. A case study in a two-stage hybrid flow shop with setup time and dedicated machines. **International Journal of Production Economics**, 86, p.133-143, 2003.
- LIU, C. e CHANG, S. Scheduling flexible flow shops with sequence-dependent setup effect. **IEEE Transactions on Robotics and Automation**, 16, n.x, p.408-419, 2000.
- LOGENDRAN, R., CARSON, S. e HANSON, E. Group scheduling in flexible flow shops. **International Journal of Production Economics**, 96, p.143-155, 2005.
- LOGENDRAN, R.; SZOEKE, P. e BARNARD, F. Sequence-dependent group scheduling problems in flexible flow shops. **International Journal of Production Economics**, 102, n.1, p.66-86, 2006.
- LOW, C. Simulated annealing heuristic for flow shop scheduling problems with unrelated parallel machines. **Computers & Operations Research**, 32, p.2013-2025, 2005.
- MACCARTHY, B.L. e LIU, J.Y. Addressing the gap in scheduling research: a review of optimization and heuristic methods in production scheduling. **International Journal of Production Research**, 31, n.1, p. 59-79, 1993.
- MAHDAVI, I.; MOJARAD, M.S.; JAVADI, B.; TAJDIN, A. A genetic approach for solving a hybrid flow shop scheduling problem. **Proceedings of Industrial Engineering and Engineering Management**, 2008.
- MOCCELLIN, J.V e SILVA, P.P. **Estágios dominantes flexíveis em sistemas de produção flow shop híbridos**. Anais...Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 37, Gramado, RS, 2005.
- MOCCELLIN, J.V. **Técnicas de Seqüenciamento e Programação de Operações em Máquinas**. 74p, Publicação Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2005.
- MORAIS, M.F. **Métodos Heurísticos Construtivos para Redução do Estoque em Processo em Ambientes de Produção Flow Shop Híbridos com Tempos de Setup Dependentes da Seqüência**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2008.
- NADERI, B., KHALILI, M., TAGHAVIFARD, M.T. E ROSHANA EI, V. A variable neighborhood search for hybrid flexible flowshops with setup times minimizing total completion time. **Journal of Applied Sciences**, 8, n.16, p.2843-2859, 2008.
- NADERI, B., ZANDIEH, M., BALAG, A.K.G. E ROSHANA EI, V. An improved simulated annealing for hybrid flowshops with sequence-dependent setup and transportation times to minimize total completion time and total tardiness. **Expert systems with Applications**, 36, n.6, p.9625-9633, 2009.
- OGUZ, C., JANI AK, A. E LICHTENSTEIN, M. Metaheuristic algorithms for hybrid flowshop scheduling problem with multiprocessor tasks. **Proceedings of the 4th Metaheuristics International Conference**, p.477-481, 2001.



PUGAZHENDHI, S., THIAGARAJAN, S., RAJENDRAN, C. E ANANTHARAMAN, N. Generating non-permutation schedules in flowline-based manufacturing systems with sequence-dependent setup times of Jobs: a heuristic approach. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 23, p.64-78, 2004.

QUADT, D. E KUHN, H. Conceptual framework for lot-sizing and scheduling of flexible flow lines. **Introduction Journal of Production Research**, 43, n.11, p.2291–2308, 2005.

QUADT, D. E KUHN, H. Batch scheduling of jobs with identical process times on flexible flow lines. **Introduction Journal of Production Economics**, 105, p. 385–401, 2005.

RUIZ, R. E MAROTO, C. A genetic algorithm for hybrid flowshops with sequence dependent setup times and machine eligibility. **European Journal of Operational Research**, 169, p.781-800, 2006.

RUIZ, R., SIVRIKAYA-SERIFOGLU, F. E URLINGS, T. An evolutionary approach to realistic hybrid flexible flowshop scheduling problems. **Computers & Operations Research**, 35, p.1115-1175, 2008.

SETHANAN, K. Scheduling flexible flowshops with sequence dependent setup times. Tese (Doutorado em Decision Sciences and Production System) - **College of Engineering and Mineral Resources**, West Virginia University, Morgantown, 2001.

SOUZA, A. B. D. E MOCCELLIN, J. V. **Metaheurística híbrida Algoritmo Genético Buscatabu para a programação de operações flow shop**. Anais...Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 22, Viçosa - MG, 2000.

TABRIZ, A.A, ZANDIEH, M. E VAZIRI, Z. A Novel Simulated Annealing Algorithm to Hybrid Flow Shops Scheduling with Sequence-Dependent Setup Times. **Journal of Applied Sciences**, 9, n.10, p.1943-1949, 2009.

TANG, L. E ZHANG, Y. Heuristic Combined Artificial Neural Networks to Schedule Hybrid Flow Shop with Sequence Dependent Setup Times. **Lecture Notes in Computer Science**. 3496, p. 788-793, 2005.

TORABI, S.A., FATEMI-GHOMI, S.M.T E KARIMI, B. A hybrid genetic algorithm for the finite horizon economic lot and delivery scheduling in supply chains. **European Journal of Operational Research**, 173, p.173–189, 2007.

YANG, W. E LIAO, C. Survey of scheduling research involving setup times. **International Journal of Systems Science**, 30, n.2, p. 143-155, 1999.

YEURIMA, V., BURTSEVA, L. E TCHERNYKH, A. Hybrid flowshop with unrelated machines, sequence-dependent setup time, availability constraints and limited buffers. **Computers & Industrial Engineering**, 56, n. 4, 1452-1463, 2009.

XUAN, H. E TANG, L. Scheduling a hybrid flowshop with batch production at the last stage. **Computers & Operations Research**, 34, p.2718 – 2733, 2007.

ZANDIEH, M., FATEMI GHOMI, S.M.T E MOATTAR HUSSEINI, M. An immune algorithm approach to hybrid flow shops scheduling with sequence dependent setup times. **Applied Mathematics and Computation**, 180, 111-127, 2006.



ZANDIEH, M., DORRI, B. E KHAMSEH, A. R. Robust metaheuristics for group scheduling with sequence-dependent setup times in hybrid flexible flow shops. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 43, n.7-8, p. 767-778.