

INTERFERÊNCIA DO ÍNDICE DE AUTOMAÇÃO NO LEAD TIME E NA MÃO-DE-OBRA DIRETA, EM PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE FIOS DE FIBRAS DESCONTÍNUAS CURTAS

Luís Henrique Rodrigues

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Universidade Anhembi Morumbi

Resumo. Neste trabalho procurou-se fazer uma avaliação da interferência dos índices de automação no lead time e na utilização de mão-de-obra direta em processos de fabricação de fios têxteis a partir de fibras descontínuas curtas. Dois indicadores foram definidos: um denominado *Quociente do Ciclo de Fabricação*, que relaciona o *Tempo de Ciclo do Processo* (atividade que agrupa valor ao produto) com o *lead time* (tempo de travessamento). Um outro indicador denominado *Índice de Mão-de-Obra por Máquina* traduz a quantidade de mão-de-obra direta aplicada ao processo. Os dados para os cálculos destes indicadores são retirados dos mapas do fluxo de valor dos processos. O comportamento destes dois índices será observado conforme a alteração do nível de automação implantados nos processos. Com o aumento do índice de automação aplicado ao processo observa-se uma tendência de crescimento do quociente do ciclo de fabricação, ou seja, menor *lead time* em relação ao tempo de ciclo de fabricação, e uma indefinição de tendência da quantidade de mão-de-obra direta aplicada às atividades de transformação de forma e fluxo de materiais.

Palavras-chave: automação, lead time, mão-de-obra, processo têxtil de fiação.

1. INTRODUÇÃO

Até bem pouco tempo atrás (início da década de 90), a indústria têxtil brasileira operava em uma situação confortável e de certa acomodação devido a políticas nacionais protecionistas e subsidiadoras. A palavra competir estava associada a preço, calculado acrescentando-se uma margem de lucro sobre os custos operacionais. A abertura do mercado e o corte de subsídios alteraram a situação. Os preços passam a ser ditados pelo mercado e o lucro torna-se uma função da melhor administração de custos.

O fenômeno da globalização dos mercados e a internacionalização das operações representam fatores determinantes no recrudescimento da concorrência entre empresas. A sua introdução e/ou permanência na arena competitiva têm levado as organizações a realizarem mudanças radicais na forma de pensar e conceber seus sistemas. Nesse ambiente, ganham destaque algumas dimensões competitivas como flexibilidade, desempenho nas entregas (rapidez de entrega), custo e qualidade, sem mencionar a capacidade da organização em inovar em produtos e/ou serviços.

É reconecidamente comprovada a importância da manufatura como colaboradora fundamental para a manutenção da competitividade da empresa. Competitividade esta que pode ser traduzida em flexibilidade, qualidade, rapidez de processamento, confiabilidade e principalmente custo. Para tanto a manufatura investe nos processos de adicionamento de valor, a de tecnologia, procura recriar o jogo competitivo através da evolução e revolução nos processos.

A indústria têxtil de fiação de fibras descontínuas curtas não foge a esta regra mundial e tem se empenhado na transformação, modernização e automatização de seus processos de manufatura, reconhecendo o seu papel estratégico principalmente para a redução dos custos de seus produtos.

Os estoques de matérias primas, materiais em processo e produtos acabados e o tempo de fluxo destes materiais no processo estão de certa forma relacionados com o custo do produto oriundo do sistema de manufatura.

A automatização dos processos de manufatura, para fabricação de fios fiados vem com um apelo na certeza da diminuição de alguns destes desperdícios e indiretamente colaborar com a diminuição dos custos de fabricação tornando a manufatura mais enxuta.

Em contra partida é bom lembrar a observação de Smith [1993] que é bem possível dispor de uma verdadeira fábrica moderna (automatizada) que quase não exige nenhuma atenção por parte dos poucos operadores e, no entanto o fio produzido por essa fábrica ter produção mais cara do que aquele produzido numa outra menos sofisticada, com emprego de maior quantidade de mão de obra (menor automatização).

Smith [1993] também afirma que quando os índices salariais são altos e as taxas de juros são baixas, a automação tem toda a probabilidade de ser lucrativa. Quando os índices salariais são baixos e as taxas de juros são altas, isso tem menor probabilidade de acontecer.

Na indústria de fiação as matérias primas (fibras) representam de 50% a 60% do custo total de fabricação, daí a necessidade de se reduzir estoques e diminuir o *lead time* do processo, pois o custo financeiro do material parado é muito alto.

Este trabalho tem o objetivo de estudar a interferência dos índices de automações aplicado aos processos de fabricação de fios de fibras descontínuas curtas, nos níveis de desperdícios focados no seu *lead time* (tempo de processamento dos materiais entre as atividades), assim como o emprego de mão-de-obra direta nas atividades que compõem o processo de fabricação.

Por hipótese espera-se que nos processos de fabricação, com um índice de automação maior resulte em um *lead time* menor, assim como na diminuição do emprego de mão-de-obra direta.

Para identificar os recursos utilizados no processo de fiação lançou-se mão da técnica de mapeamento do fluxo de valor descrito por Rother e Shook [1998]. Para a mensuração dos índices de automação dos vários processos de chão de fábrica estudados baseou-se na tese desenvolvida por Agostinho [1995].

Outros dois índices foram desenvolvidos no modelo proposto, que serão relacionados com o nível de automação dos processos de manufatura estudados. O primeiro é o resultado de um quociente entre o tempo de ciclo do processo de manufatura, atividades que agregam valor ao produto, e o *lead time* (tempo de atravessamento do material, este tempo é calculado baseando-se nos dias de estoques de materiais em processo). Um outro índice identifica quanto de mão-de-obra operacional (mão-de-obra direta) está sendo empregada por máquina instalada no processo.

2. AUTOMAÇÃO

O conceito de automação remonta a milênios. Os Gregos, buscando libertarem-se do trabalho rotineiro e da fadiga, conceberam dispositivos que poderiam assumir certas tarefas.

Automação é um termo freqüentemente utilizado nos dias atuais principalmente quando sua aplicação está relacionada a processos de manufatura. A palavra automação é a síntese de duas outras palavras de origem grega *auto-matos* e carrega exatamente o significado de agir por si próprio, uma ação sem necessidade de influência humana.

A palavra automação foi usada pela primeira vez no início dos anos 50 para designar movimentação automática de materiais. À medida que a tecnologia de automação progrediu, o termo foi usado num senso mais abrangente [Black, 1998].

Dentro de um processo de fabricação em um sistema de manufatura o grau de automação está baseado nos atributos humanos que foram mecanizados ou automatizados.

Segundo Agostinho [1995] devemos separar os conceitos de **mecanização** e **automação** ou **automatização**.

Automação ou automatização:

É o conjunto de atributos tecnológicos destinados à substituição ou auxílio ao esforço mental humano.

Mecanização:

É o conjunto de atributos tecnológicos destinados à substituição dos atributos físicos do homem (energia, sentidos, etc.).

À medida que a máquina em um processo de fabricação assume atributos humanos em níveis mais elevados há uma maior intensidade de automação.

Num contexto industrial pode-se definir a automação como uma tecnologia que se ocupa do uso de sistemas mecânicos, eletrônicos à base de computadores na operação e controle da produção.

Para a indústria têxtil pode-se citar que no início do século XIX estabeleceu-se um novo modo de produção através da energia a vapor (**mecanização**). Pela primeira vez a movimentação e operação das máquinas passaram a ser executadas sem a necessidade da força humana. O tecelão, por exemplo, tornou-se simplesmente o supervisor de operações de tecelagem. Ele tinha que responder quanto a ocorrências operacionais como descarregamento da lançadeira, ruptura de fios, etc. Cedia a ele detectar a causa, resolver o problema e reiniciar a operação normal.

Com a presença da eletrônica, o resultado foi a minimização da presença do tecelão nas operações de fabricação do tecido. Aparelhos específicos para as atividades do processo de manufatura substituíram, gradualmente, a observação, o julgamento e a ação do tecelão, substituindo o esforço mental do mesmo (**automação**).

2.1. Classificação da Automação nos Processos de Manufatura

Na Figura (1) Groover, et al. [1988] classifica a automação industrial em três classes: fixa, programável e flexível. A automação **fixa** é usada quando o volume de produção é muito elevado sendo, portanto, adequado projetar equipamento especializado para processar o produto de modo muito eficiente e a elevadas taxas de produção. A automação **programável** é usada quando o volume de produção é relativamente baixo e há uma variedade de produtos a serem fabricados. Neste caso o equipamento de produção é projetado para ser adaptável a variações na configuração do produto.

Groover, et al. [1988] menciona uma terceira categoria de automação entre a fixa e a programável chamada de automação **flexível**. Os sistemas flexíveis possuem algumas das características tanto da automação fixa quanto da programável. Uma das características que distinguem a automação flexível da programável é que com esta os produtos são produzidos em lotes. Quando um lote é completado o equipamento é programado para processar o próximo lote. Com a automação flexível, diferentes produtos podem ser produzidos ao mesmo tempo no mesmo sistema de fabricação.

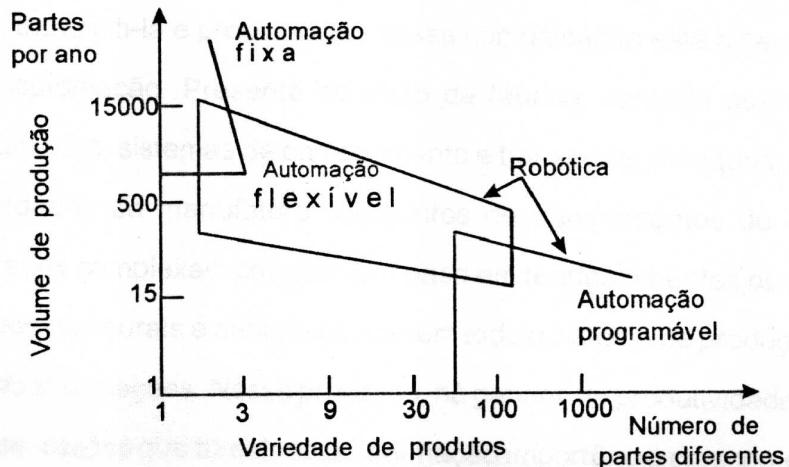


Figura 1: Relação entre automação fixa, programável e flexível em função do volume de produção e variedade de produtos [Groover, et al., 1988].

Agostinho [1995] agrupa os tipos de automações em dois grupos, mantendo-se a mesma terminologia, e faz uma relação com os atributos humanos que são substituídos quando da implantação de uma ou outra automação.

Automação fixa ou rígida: quando o atributo humano decorrente ao seu esforço mental é substituído por equipamentos mecânicos.

Automação programável ou flexível^A: quando o atributo humano decorrente ao seu esforço mental é substituído por um programa de instruções residente em um computador.

2.2. Índice de Automação

Define-se como **Índice de Automação^B** a relação:

$$i_A = \frac{n_A}{n_T} \quad (1)$$

onde:

i_A = índice de automação, que poderá ser rígida (i_{A_R}) ou programável (i_{A_P}).

^A Sabe-se, atualmente, que uma automação programável não significa necessariamente que ela seja flexível. Desta forma adaptou-se a definição de Agostinho [1995] para automação programável.

^B Agostinho, 1995.

n_A = número de atividades do homem, substituídas por dispositivos ou equipamentos de automação, que poderá ser rígida (n_{A_R}) ou programável (n_{A_P}).

n_T = número total de atividades exercidas pelo homem.

Pode-se afirmar que:

$$0 \leq i_A \leq 1$$

Portanto, nas condições limites, pode-se dizer que:

$i_A = 0 \rightarrow$ todas as atividades são exercidas pelo homem (ausência de automação).

$i_A = 1 \rightarrow$ todas as atividades são substituídas pelos dispositivos de automação exercidas pelo homem.

Para efeito de modelagem do nível de automação do chão de fábrica do sistema de manufatura Fig. (2), convenciona-se que o índice de automação será **positivo**, quando a substituição das atividades do homem for exercida através de automação programável e será **negativo**, quando a substituição das atividades do homem for substituída por automação rígida.

Esquematicamente tem-se:

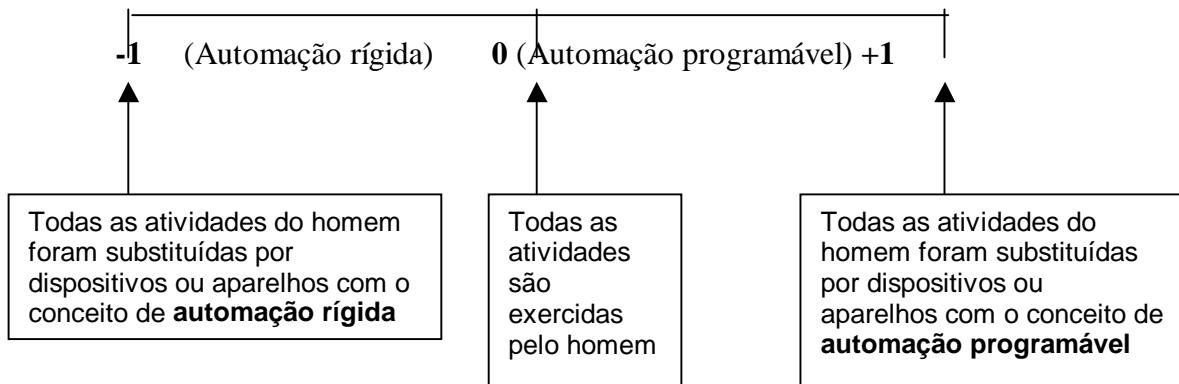


Figura 2: Escala de automações rígida e programável [Agostinho, 1995].

3. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

O mapeamento do fluxo de valor^c é muito utilizado no universo de ferramentas da produção enxuta. Esta ferramenta introduzida por Rother e Shook [1998], é um método de modelagem relativamente simples, com um procedimento para construção de um cenário de manufatura.

O mapeamento do fluxo de valor, Fig (3), ajuda a enxergar e entender os fluxos de material e de informação na medida em que o produto segue o seu percurso no processo de manufatura, identificando o *lead time* (tempo de processamento), estoque de materiais, mão-de-obra empregada, o número de máquinas empregadas em cada atividade de manufatura, o tempo de ciclo de produção, o tempo útil de ocupação de cada máquina e sua capacidade de produção.

^c Entende-se por fluxo de valor o conjunto de todas as atividades, em um processo de fabricação em chão de fábrica, que ocorrem desde o armazenamento da matéria prima até a expedição para entrega ao consumidor do produto final.

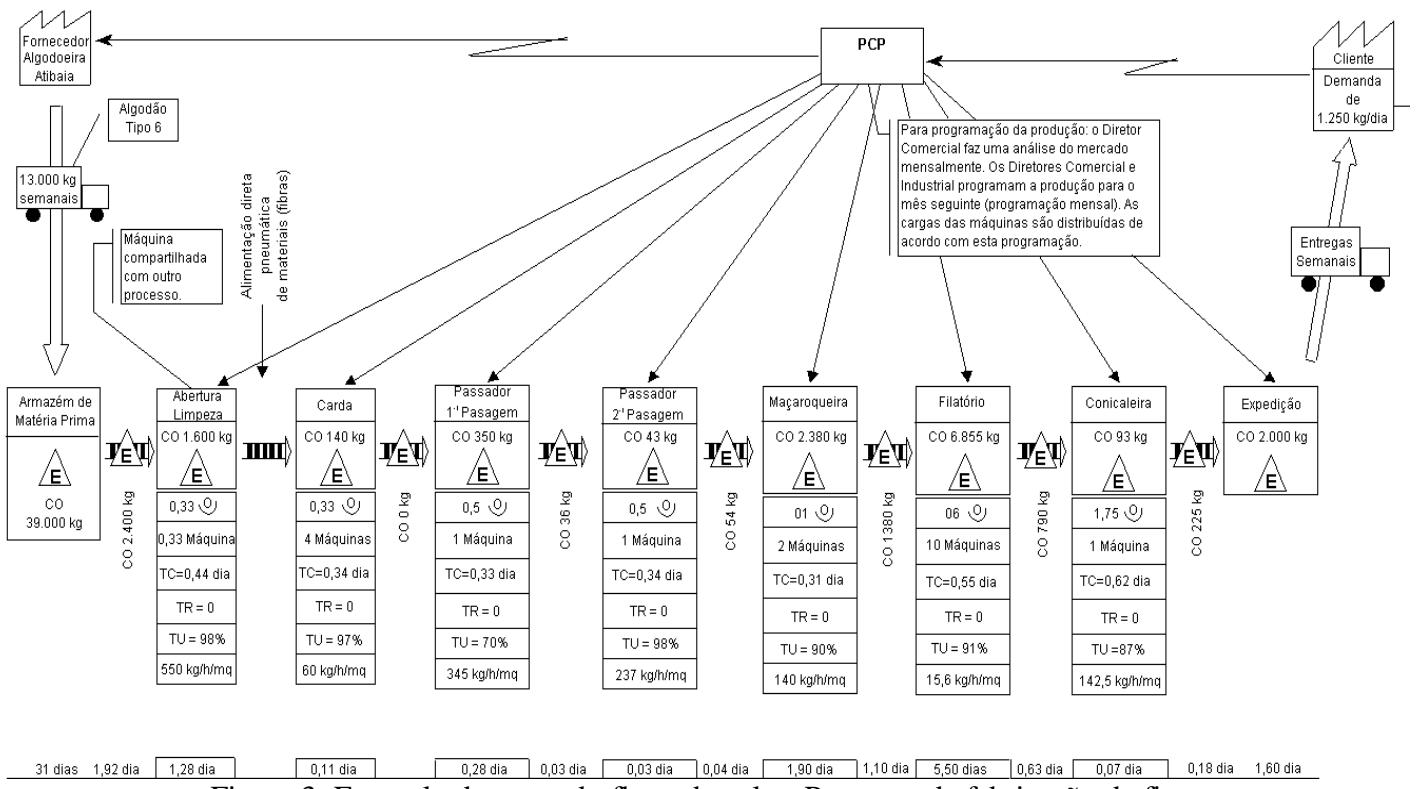


Figura 3: Exemplo de mapa do fluxo de valor. Processo de fabricação de fios.

Para este trabalho adotou-se como definição de *lead time* o tempo que os materiais levam para atravessar o processo de fabricação, da primeira atividade de transformação à última. O *lead time* do processo é a somatória dos tempos em que o material (fibras) está sendo movimentado pela fábrica ou simplesmente na fila de espera para ser manufaturado (em estoque).

4. DETERMINAÇÃO DO QUOCIENTE DO CICLO DE FABRICAÇÃO (QCF)

Para avaliar o *lead time* do processo de fabricação em relação ao tempo de ciclo de fabricação do processo, definiu-se um quociente do ciclo de fabricação (QCF), apresentado pela equação:

$$Quociente\ de\ Ciclo\ de\ Fabricação\ (QCF) = \frac{Tempo\ de\ Ciclo\ do\ Processo\ (TCP)}{Lead\ Time\ do\ Processo} \quad (2)$$

O tempo de ciclo do processo (TCP) equivale ao tempo total de transformação dos materiais nas várias atividades. O tempo de ciclo do processo é o tempo em que os produtos intermediários (materiais) estão, de fato, sendo trabalhados (transformação de forma e característica), são os recursos de manufatura que realmente agregam valor ao produto final.

O *lead time* do processo é a somatória dos tempos em que o material (fibras) está sendo movimentado pela fábrica ou simplesmente na fila de espera para ser manufaturado, em estoque.

O indicador do quociente do ciclo de fabricação (QCF) mensura o tempo real de agregação de valor ao produto no processo de manufatura em relação ao *lead time* (tempo em que o material leva para atravessar todo o processo).

Quanto maior o quociente do ciclo de fabricação maior é o tempo destinado no processo à transformação física do material nas atividades, isto é, maior é o tempo de agregação de valor ao produto, menor é o *lead time*, ou seja, o tempo em que o material é transportado ou estocado.

5. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE MÃO-DE-OBRA POR MÁQUINA (IMO_M)

O emprego da mão-de-obra no processo foi definido em um indicador denominado Índice de Mão-de-Obra por Máquina (IMO_M) e o seu cálculo é obtido a partir da divisão da mão-de-obra total empregada no processo e o número de máquinas alocadas no respectivo processo, ou seja:

$$IMO_M = \frac{\text{Mão de Obra Total Empregada no Processo}}{\text{Número de Máquinas no Processo}} \quad (3)$$

Este índice tem variação direta com o custo da mão-de-obra empregada no processo de fabricação e quanto menor o índice, menor o desperdício de mão-de-obra para atuar nas atividades agregando valor ao produto.

6. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado em seis processos de fabricação de fios a partir de fibras descontínuas curtas (sistema de fiação cardada).

O critério de escolha das empresas baseou-se nos diferentes níveis de automações de seus processos de manufatura e a partir daí, em visita a cada uma delas, identificou-se, através de questionários, as automações implantadas nas máquinas das atividades de transformações e no fluxo de materiais.

Nestas visitas também se mapeou o fluxo de valor do processo de fabricação quantificando o nível de utilização de mão-de-obra, os estoques de matérias primas, materiais em processo e produtos acabados, a capacidade de produção das máquinas empregadas nas atividades, o tempo de utilização das máquinas e tempo de ciclo de cada atividade.

A automação empregada em todos os processos estudados é classificada como rígida, pois os atributos humanos utilizados nas operações das atividades de transformação de forma e características e no fluxo de materiais são substituídos por dispositivos ou equipamentos mecânicos que não necessitam de programas sofisticados de instruções em computadores.

A Tabela (1) faz um resumo ordenado dos indicadores obtidos nos seis processos estudados, tendo como referência a ordem crescente do índice de automação rígida.

Os Gráficos (1) e (2) mostram as tendências de variações do quociente do ciclo de fabricação e da aplicação da mão-de-obra, quando da variação do índice de automação rígida aplicada nos processos de manufatura de fios fiados cardados a partir de fibras curtas (sistema algodão).

Tabela 1: Resumo dos indicadores.

Indicadores	Processo III	Processo VI	Processo II	Processo IV	Processo V	Processo I
Índice de Automação Rígida (i_{AR})	0,22	0,24	0,30	0,30	0,34	0,41
Quociente do Ciclo de Fabricação (QCF)	0,22	0,14	0,37	0,68	0,97	0,42
Índice de Mão-de-Obra por Máquina (IMO_M)	0,54	0,55	0,70	0,82	0,49	0,43

Gráfico 1: Variação do quociente do ciclo de fabricação em relação ao índice de automação rígida do processo.

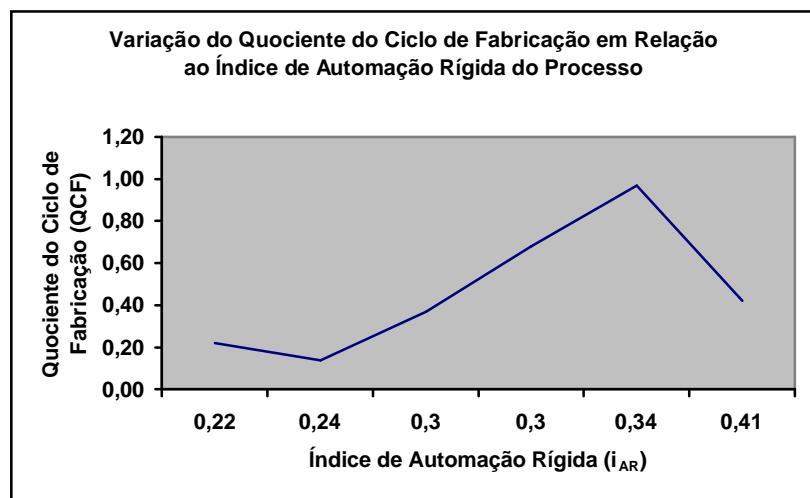
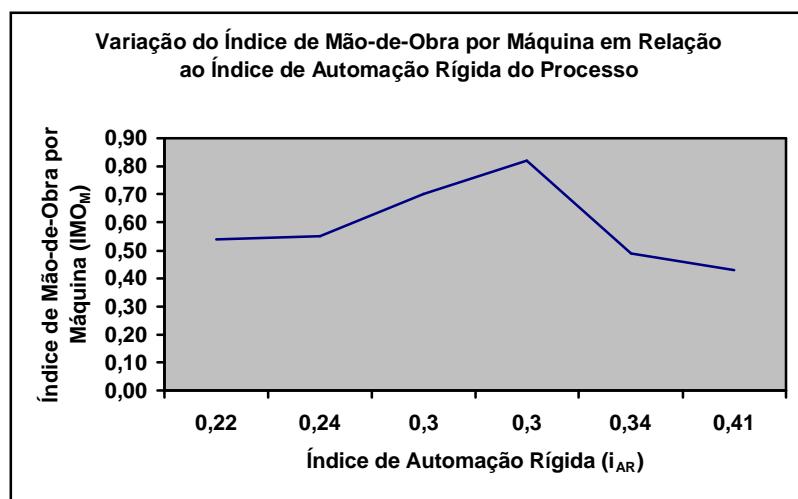


Gráfico 2: Variação do índice de mão-de-obra por máquina em relação ao índice de automação rígida do processo.



7. CONCLUSÕES

As conclusões deste trabalho são analisadas com base nos resultados registrados da Tabela (1) e nos Gráficos (1) e (2).

Observa-se que com o aumento do índice de automação há uma tendência de melhoria do quociente do ciclo de fabricação (QCF), mostrado no Gráfico (1), ou seja, o tempo de ciclo nas atividades, que agrega valor ao produto final, em relação ao *lead time* é maior. Isto mostra um tempo menor de espera dos materiais para serem transformados, passando mais rápido pelo processo. Reduzir o *lead time* requer a eliminação do estoque entre atividades do processo.

A exceção se faz ao processo I onde o índice de automação é o maior entre os processos estudados, mas o seu quociente do ciclo de fabricação não é o menor, indicando alguma ineficiência na utilização desta automação. O investimento em automação requer uma estratégia no planejamento da produção, para produzir apenas a demanda para atender o cliente. Há a necessidade de se adotar uma política de estoque no processo para não se produzir a mais, antes ou mais rápido, eliminando o excesso de produção e consequentemente o desperdício de recursos da manufatura.

Quanto à mão-de-obra, não ficou caracterizado uma tendência relacionando o índice de automação e o emprego de mão-de-obra direta no processo de manufatura, Gráfico (2). Encontrou-se para o mesmo índice de automação valores diferentes de mão-de-obra (comparação feita entre os processos II e IV). Tem-se também processo com índice de automação maior e índice de mão-de-obra maior (processos III e V) e processo com índice de automação maior utilizando uma quantidade menor de mão-de-obra (processos I e V).

8. AGRADECIMENTOS

Este trabalho não seria concluído se não fosse a ajuda de diversas pessoas às quais gostaria de agradecer:

Ao meu orientador, Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho, que me mostrou as melhores direções para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos profissionais das empresas, que direta ou indiretamente contribuíram com esta pesquisa, são eles: Gabriel F. de Matos – Paramount Têxteis, Neuler Barbosa – Maliber, Antônio Curiel e Nivaldo Alves Santana – Minasa Trading, Cláudio Mazzetto Filho – Rieter, Mário Luiz Miranda – Marzoli e Sávio, Edson Basseto – Electro Jet, Eduardo Coeli – Rocha & Coeli e Pedro Ruffin Pinhel – Plano 1.

9. REFERÊNCIAS

- Agostinho, Oswaldo Luiz, 1995, “Integração Estrutural dos Sistemas de Manufatura como Pré-Requisito de Competitividade”. Tese de Livre Docência. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp.
- Batocchio, Antônio, 1991, “Um Modelo de Índice de Automação Relacionado à Flexibilidade e a Produtividade dos Sistemas de Manufatura”. Tese de Doutorado. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp.
- Black, T. J., 1998, “O Projeto da Fábrica com Futuro”. Tradução de Gustavo Kannenberg. Porto Alegre: Editora Bookman, 279 p.
- Garcia, Odair L., 1994, “Avaliação da Competitividade da Indústria Têxtil Brasileira”. Tese de Doutorado. Campinas: Instituto de Economia, Unicamp.

- Groover, M. P. et al., 1998, “Robótica: Tecnologia e Programação”. Tradução de David Maurice Savatovsky. São Paulo: McGraw Hill.
- Kuen, Bernd., 2000, “Automatización del Transporte y Asseguramiento de la Calidad en la Hilandería”. International Textile Bulletin, Hilandería, p.33-38, v.4.
- Maluf, Luiz F., 1991, “Contribuição da Automação Industrial e das Novas Técnicas de Manufatura na Competitividade da Indústria Brasileira a Nível Internacional. Uma Análise da Reserva de Mercado”. In: IV Congresso Nacional de Automação Industrial: Tecnologias Emergentes. Anais. São Paulo: EPUSP, p.133 -140.
- Napoli Junior, Sylvio T., 2001, “Indústria Brasileira de Fiação de Fibras Curtas: Aspectos Tecnológicos para Torna-la Competitiva em Tempos de Globalização”. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Escola Politécnica, USP, 2001.
- Rother, Mike; Shook, John, 1998, “Aprendendo a Enxergar – Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício”. Tradução de José Roberto Ferro e Telma Rodriguez, versão original 1.1, Lean Institute Brasil, 96 p.
- Rother, Mike; Harris, Rick, 2002, “Criando Fluxo Contínuo”. Tradução de Nilton Marchiori e Carlos Lobo, versão 1.0, Lean Institute Brasil, 103 p.
- Smith, Phillip A., 1993, “Modernos Métodos de Fiação do Algodão”. Revista Têxtil, n.1. São Paulo: p.148-152.
- Trebbi, I., 1990, “Comparación Entre el Perfil de Exigencias y la Realidad, para Una Hilandería Automatizada”. ITB Hilandería, v.1, p.35-44.
- Vassiliadis, S. G., 1996, “Automation and the Textile Industry”. Eurotex Head Office. Portugal: Universidade do Minho, 115 p.
- Womack, James P.; Jones, Daniel T., 1998, “A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine o Desperdício e Crie Riqueza”. 5^a ed., Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscilla Martins Celeste. Rio de Janeiro: Editora Campus.

INTERFERENCE OF THE AUTOMATION INDEX IN THE LEAD TIME AND IN THE DIRECT LABOUR, IN THE MANUFACTURING PROCESS OF SHORT DISCONTINUOUS FIBER THREADS

Luís Henrique Rodrigues

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Universidade Anhembi Morumbi

Abstract: This research focused on evaluating the interference of the automation registers in the lead time and the use of direct manual work and the lead time concerning manufacturing processes of textile threads by using short discontinued fibers. Two indicators were established: one named *Quotient of the Manufacturing Cycle*, which relates the cycle timing of the process (activity that aggregates value to the product) with its lead time. The other named *registration of Manual Work in a Specific Machine* translates the amount of direct manual work applied to the process. The data for the calculation of these indicators are extracted from the processes value flow maps. The behavior of these indicators will be observed following the alteration of the automation levels used in the processes. As the automation indicator applied to the process raises, one may observe a tendency of fabrication cycle quotient raise, meaning less lead time as compared to the fabrication cycle timing, and a no definition tendency of direct manual work amount applied to the form and flow transformation activities.

Keywords: automation, lead time, manual work, yarn textile processes.