

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**Interferência do Índice de Automação no Lead  
Time e na Mão-de-Obra Direta, em Processos de  
Fabricação de Fios de Fibras Descontínuas  
Curtas**

**Autor: Luís Henrique Rodrigues**  
**Orientador: Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO**

# **Interferência do Índice de Automação no Lead Time e na Mão-de-Obra Direta, em Processos de Fabricação de Fios de Fibras Descontínuas Curtas**

**Autor: Luís Henrique Rodrigues**  
**Orientador: Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho**

Curso: Engenharia Mecânica  
Área de Concentração: Processos de Fabricação

Dissertação de mestrado acadêmico apresentada à comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Campinas, 2004  
SP - Brasil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO**

**Interferência do Índice de Automação no Lead  
Time e na Mão-de-Obra Direta, em Processos de  
Fabricação de Fios de Fibras Descontínuas  
Curtas**

Autor: **Luís Henrique Rodrigues**

Orientador: **Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho**

---

**Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho, Orientador**  
**DEF/FEM/UNICAMP**

---

**Prof. Dr. Antonio Batocchio**  
**DEF/FEM/UNICAMP**

---

**Prof. Dr. Alexandre Augusto Massote**  
**UNIFEI/São Bernardo do Campo**

Campinas, 14 de janeiro de 2004.

**Dedicatória:**

Dedico este trabalho a toda minha família e em especial à minha esposa que tanto me incentivou.

## **Agradecimentos**

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

Ao meu orientador, 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 - Arquitetura.

Você pode fazer tudo que sempre sonhou.  
Não permita que as dúvidas apareçam;  
afaste-as de sua mente.  
Você é forte e capaz;  
é corajoso e também determinado.  
Você tem tantos motivos para dar certo,  
tantas coisas a seu favor  
e tantas oportunidades à sua frente!  
Não minimize sua grande capacidade,  
nem impeça que seus sonhos  
aconteçam de verdade.  
Reconheça suas forças.  
Adote uma atitude positiva.  
Confie em seu poder de pensar afirmativamente.  
Mantenha o controle.  
Acima de tudo, pense que pode,  
acredite que pode  
e tudo com certeza vai se realizar.

Barbara J. Hall

## **Resumo**

RODRIGUES, Luís Henrique, *Interferência do Índice de Automação no Lead Time e na Mão-de-Obra Direta em Processos de Fabricação de Fios de Fibras Descontínuas Curtas*, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2004, 124 p. Dissertação.

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 agrega valor ao produto) com o *lead time* (tempo de atravessamento). 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 de Processo, Fluxo de Valor, Quociente do Ciclo de Fabricação, Processo Têxtil de Fiação.

## **Abstract**

RODRIGUES, Luís Henrique, *Interferência do Índice de Automação no Lead Time e na Mão-de-Obra Direta em Processos de Fabricação de Fios de Fibras Descontínuas Curtas* Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2004, 124 p. Dissertação.

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.

### *Words key*

- Processes Automation, Value Flow, Quotient of the Manufacturing Cycle, Yarn Textile Processes.

## Índice

Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas	x
Lista de Gráficos	xv
Nomenclatura	xx
Capítulo 1: Introdução.	1
Capítulo 2: Estado da Arte.	7
2.1. Introdução.	7
2.2. A Indústria Têxtil Brasileira: suas origem e desenvolvimento.	
Um breve histórico mercadológico.	8
2.3. Competitividade, custo de manufatura e automação.	11
2.4. Definição de sistema de manufatura.	23
2.4.1. Conceitos gerais de sistemas.	23
2.4.2. Processos de manufatura.	25
2.4.3. Cadeia de valores.	29
2.5. Automação.	32
2.6. Índice de automação.	39

2.7. Mapeamento do fluxo de valor.	42
2.8. Considerações.	44
Capítulo 3: Proposta do Modelo.	47
3.1. Introdução.	47
3.2. Estrutura da cadeia produtiva têxtil.	48
3.2.1. Fluxograma de fabricação de fios de fibra curta cardado.	49
3.2.2. Atividades do processo de fabricação.	50
3.3. Análise do estágio atual de automação em fiação – sistema de chão de fábrica.	55
3.3.1. Automações em atividades de transformações no processo de fabricação.	56
3.3.2. Automações em fluxo de materiais no processo de fabricação.	59
3.4. Classificação do processo de fabricação de fios têxteis no sistema de chão de fábrica.	62
3.5. Determinação do índice de automação.	66
3.6. Determinação do quociente do ciclo de fabricação.	67
3.7. Determinação do índice de mão-de-obra por máquina.	69
3.8. Modelo proposto.	70
3.9. Considerações.	73
Capítulo 4: Estudo de Caso.	75
4.1. Introdução.	75
4.2. Aderência do modelo aos processos.	77
4.2.1. Processo I.	77
4.2.2. Processo II.	82
4.2.3. Processo III.	88
4.2.4. Processo IV.	94
4.2.5. Processo V.	99
4.2.6. Processo VI.	105

Capítulo 5: Conclusões Finais	114
Referências Bibliográficas	117

## **Lista de Figuras**

2.1: Relação entre fatores de competitividade	13
2.2: Composição dos custos	14
2.3: Inovação tecnológica e variação de horas de trabalho de mão-de-obra ao longo do tempo	22
2.4: Representação de um sistema de manufatura	23
2.5: Relações entre sistemas de negócios	24
2.6: Classificação da organização da produção segundo o volume de produção	28
2.7: Cadeia de valores genérica	31
2.8: Relação entre automação fixa, programável e flexível em função do volume de produção e variedade de produtos	37
2.9: Escala de automações rígida e programável	42
3.1: Estrutura da cadeia produtiva têxtil	49
3.2: Fluxos de processos em manufatura de fios 100% algodão ou misturas com outras fibras. Fiação curta cardada	50
3.3: Abridor de fardos	51
3.4: Linha de mistura e limpeza	51

3.5: Cardas	52
3.6: Passadores	52
3.7: Banco	53
3.8: Banco	53
3.9: Filatório com troca automática de espula	53
3.10: Conicaleira	54
3.11: Retorcedeira	55
3.12: Sistema chão de fábrica: fiação algodão cardado	62
4.1: Mapa do fluxo de valor do processo I	78
4.2: Mapa do fluxo de valor do processo II	83
4.3: Mapa do fluxo de valor do processo III	89
4.4: Mapa do fluxo de valor do processo IV	95
4.5: Mapa do fluxo de valor do processo V	100
4.6: Mapa do fluxo de valor do processo VI	106

## **Lista de Tabelas**

2.1: Investimentos em Maquinarias (US\$ Milhões)	18
2.2: Renovação das Máquinas (Idade Média)	18
2.3: Mudanças Observadas Após Implantação de Automação e Novas Técnicas Organizacionais	21
2.4: Substituição dos atributos humanos conforme o grau de automação	33
2.5: Classificação dos níveis de automação	34
2.6: Características das automações fixa e programável	38
3.1: Estágio de automação das maquinarias e equipamentos têxteis de fiação: atividades de transformação e transporte de materiais	61
3.2: Operações de mão-de-obra nas atividades dos processos de fiação	65
4.1: Automações aplicadas no Processo I	79
4.2: Quantidade de operações de mão-de-obra utilizadas nas atividades do processo I	80
4.3: Automações aplicadas no Processo II	84
4.4: Quantidade de operações de mão-de-obra utilizadas nas atividades do processo II	85
4.5. Automações aplicadas no Processo III	90
4.6: Quantidade de operações de mão-de-obra utilizadas nas atividades do processo III	91
4.7: Automações aplicadas no Processo IV	96

4.8: Quantidade de operações de mão-de-obra utilizadas nas atividades do processo IV	97
4.9: Automações aplicadas no Processo V	101
4.10: Quantidade de operações de mão-de-obra utilizadas nas atividades do processo V	102
4.11: Automações aplicadas no Processo VI	107
4.12: Quantidade de operações de mão-de-obra utilizadas nas atividades do processo VI	108
4.13: Resumo dos indicadores	111

## **Lista de Gráficos**

3.1: Variação do tempo de agregação de valor ao produto em relação ao quociente do ciclo de fabricação	68
4.1: Variação do quociente do ciclo de fabricação em relação ao índice de automação rígida do processo	112
4.2: Variação do índice de mão-de-obra por máquina em relação ao índice de automação rígida do processo	112

## **Nomenclatura**

### *Abreviações*

**ABIT** – Associação Brasileira da Indústria Têxtil

**ABRAVEST** – Associação Brasileira do Vestuário

**ABRAFAS** – Associação Brasileira de Fibras Artificiais e Sintéticas

**IEMI** - Instituto de Estudos e Marketing Industrial

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**CDI** - Conselho de Desenvolvimento Industrial

**SUDENE** – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

**JIT** – Just In Time

**TI** – Tecnologia da Informação

$i_A$  - Índice de Automação

$i_{A_R}$  - Índice de Automação Rígida

$i_{A_P}$  – Índice de Automação Programável

$n_A$  - Número de atividades do homem, substituídas por dispositivos ou equipamentos de automação

$n_T$  - Número total de atividades exercidas pelo homem

$n_{A_R}$  - Número de atividades do homem, substituídas por dispositivos de automação rígida

**$n_{Ap}$**  - Número de atividades do homem, substituídas por dispositivos de automação programável

**QCF** – Quociente do Ciclo de Fabricação

**IMO<sub>M</sub>** – Índice de Mão-de-Obra por Máquina

**TCP** – Tempo de Ciclo do Processo

**TC** – Tempo de Ciclo em Cada Atividade

**D<sub>P</sub>** - Demanda do produto no processo e que deverá ser produzido pela máquina que compõe a atividade

**P<sub>M</sub>** - Capacidade de produção da máquina

**TU** – Tempo de Utilização

**PAC** – Sigla da fibra de acrílico

**CO** – Sigla da fibra de algodão

**N<sub>m</sub>** – Título Métrico

**N<sub>e</sub>** – Título Inglês

## **Definição**

### *Lead Time*

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).

## **Capítulo 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.

As fronteiras nacionais deixaram de ser um obstáculo à concorrência de empresas estrangeiras mais eficientes e ágeis. As empresas da era da informação concorrem com as melhores empresas do mundo [Kaplan e Norton, 1997].

É reconhecidamente 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 adição de valor, a de tecnologia, procura recriar o jogo competitivo através da evolução e revolução nos processos.

Diante disto as empresas vêm despendendo consideráveis esforços e recursos no sentido de promover a melhoria contínua do processo de manufatura e assim garantir uma sólida posição no seu mercado.

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. Os seus dimensionamentos errados ou em excesso contribuem para um aumento dos desperdícios gerados nos processos de transformação no chão de fábrica.

O objetivo é eliminar o desperdício dentro de qualquer indústria, o que irá assegurar a competição na fabricação. As indústrias não serão competitivas a menos que reconheçam que o desperdício é algo que não acrescenta valor ao produto [Ritzman, Krajewski, Moura, 1996].

Ohno [1997] (criador do Sistema Toyota de Produção) identificou alguns fatores de desperdícios, são eles:

- As filas de materiais esperando para serem processados, que ocupam espaço e aumentam o tempo de ciclo de manufatura (aumento do inventário).

- O excesso de produção, que requer estocagem, registros e movimentações de materiais extras.
- O tempo de espera de um operador enquanto uma máquina trabalha.
- A movimentação de material, preparações de máquinas e produção de peças defeituosas.

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 no Capítulo 3, 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.

As razões de se ter escolhido o segmento têxtil para este trabalho se sustentam na importância econômica desta indústria no mercado mundial e nos investimentos em automações das unidades fabris deste segmento, principalmente a partir do início da década de 90, com a abertura das fronteiras comerciais brasileiras, com o objetivo de habilitar as empresas têxteis nacionais a fazerem parte do mercado competitivo mundial, que se mostrou bastante agressivo com entrada de produtos importados. A maior parte destes investimentos se destina à aquisição de equipamentos e maquinarias mais modernos e eficientes (importados em sua maioria).

A indústria têxtil é a quarta maior atividade econômica do mundo, depois da agricultura, turismo e informática, à frente das indústrias químicas, automotivas, de maquinarias, bélica, etc<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Esta afirmação consta do relatório de pesquisa sobre competitividade da indústria têxtil elaborado pelas consultorias Gherzi Têxtil Organization e Servatex e solicitada pelas ABIT, ABRVEST e ABRAFAS em 1999.

Considerando-se que a automação da manufatura de fios têxteis de algodão (fiação cardada) é um “movimento” em implantação e em evolução no Brasil, a investigação deste trabalho ficará restrita a uma amostra pequena de processos, ficando próxima ao estudo de caso, refletindo mais as tendências do que efetivamente os resultados de uma situação consolidada.

Dentro dos vários sistemas industriais têxteis escolheu-se a fabricação de fios a partir de fibras descontínuas curtas (também conhecida como sistema algodão de fiação) devido a sua importância histórica e econômica dentro do parque industrial têxtil nacional.

As fiações foram as mais pressionadas a investirem em modernização já que os seus produtos são commodities, de baixo valor agregado e cujo fator principal de competitividade é preço, tanto no mercado doméstico como no externo. Para competir em preço em seus fios, estipulado pelo mercado, as empresas são pressionadas a reduzirem seus custos de fabricação.

Além deste capítulo introdutório, este trabalho é composto do Capítulo 2, que relata o estado da arte envolvido no desenvolvimento do trabalho, descrevendo um histórico da origem e desenvolvimento mercadológico da indústria têxtil brasileira, desde as primeiras unidades fabris no século XIX até a década de 90 e discorrendo sobre conceitos de automação, classificações de sistemas e processos de manufatura, *lead time* de fabricação, cadeia de valores e mapeamento do fluxo de valor.

No Capítulo 3 propõe-se um modelo para estudar a interferência do grau de automação aplicado ao processo de fabricação de fios no *lead time* (tempo de atravessamento dos materiais no processo) e na utilização de mão-de-obra direta, definindo-se dois indicadores: quociente do ciclo de fabricação (QCF), que relaciona o tempo de ciclo do processo com o *lead time* e índice de mão-de-obra por máquina (IMO<sub>M</sub>). Faz-se, também, uma descrição da estrutura da cadeia produtiva têxtil focando as atividades que compõem a manufatura de fios a partir de fibras descontínuas curtas, como se classifica o

tipo de arranjo físico das maquinarias e qual a classe de automação (rígida ou programável) aplicada ao processo de fabricação dos fios.

O Capítulo 4 é destinado ao estudo de caso em seis processos de manufatura de fios de fibras descontínuas curtas, com aplicação do modelo proposto. Para cada processo desenha-se o mapa do fluxo de valor e calculam-se os índices de automação, o quociente do ciclo de fabricação e o índice de mão-de-obra por máquina, nas atividades de transformação de forma e fluxo de materiais. No final do capítulo apresentam-se dois gráficos, que demonstram as tendências de variações do quociente do ciclo de fabricação e da aplicação da mão-de-obra, quando da variação do índice de automação.

As conclusões finais e as propostas para trabalhos futuros são expostas no Capítulo 5.

## **Capítulo 2**

### **Estado da Arte**

#### **2.1. Introdução**

Neste capítulo faz-se um relato sobre as confortáveis fronteiras protecionistas do mercado para os produtos têxteis, ocasionando durante este período um desinteresse por parte das empresas do setor por investimentos em novas tecnologias, incluindo as automações dos processos de manufatura no chão de fábrica.

Este cenário começou a mudar a partir do início da década de 90, com a abertura do mercado nacional para produtos importados, pois os preços destes produtos eram muito mais competitivos. As empresas se viram pressionadas a reduzirem seus custos de fabricação, com atuação nos processos de manufatura eliminando ou reduzindo seus desperdícios.

As empresas de produtos commodities, com baixo valor agregado, que competem principalmente em preço, foram as mais pressionadas e dentro deste perfil encontram-se os fabricantes de fios de algodão (fiações).

Os conceitos tratados neste capítulo envolvem a aplicação de automações nas atividades de transformação de forma do processo de manufatura e no fluxo de materiais e a sua interferência na redução de estoques, no fluxo mais rápido dos materiais e na utilização de mão-de-obra operacional. Para tanto se faz um levantamento do estado da arte

abordando as definições de sistema de manufatura, processo, classificação do arranjo físico das máquinas no chão de fábrica, *lead time* (tempo de atravessamento), atividades de transformação de forma e característica e fluxo de materiais no processo de manufatura, índices de automações (rígida e flexível) e mapeamento do fluxo de valor.

## **2.2. A Indústria Têxtil Brasileira: sua origem e desenvolvimento. Um breve histórico mercadológico.**

Talvez poucos saibam que o processo de industrialização no Brasil teve seu início com a indústria têxtil.

As primeiras unidades, voltadas à produção de tecidos populares de algodão e sacarias, surgiram em meados do século XIX na Bahia, Minas Gerais e Rio de Janeiro [Serra, 1996].

Em 1844, esboçou-se a primeira política protecionista brasileira, quando foram elevadas as tarifas alfandegárias para a média de 30%, fato que provocou protestos de várias nações européias. A medida propiciou realmente um estímulo à industrialização, especialmente para o ramo têxtil, que foi o pioneiro deste processo.

O processo de industrialização do setor têxtil foi lento e levou de 1844 a 1913, mas por volta de 1864 o país já apresentava uma cultura têxtil algodoeiro, com mão-de-obra abundante e um mercado consumidor em crescimento. Desta forma, neste ano, funcionavam no Brasil 20 fábricas, com cerca de 15.000 fusos e 385 teares. Menos de 20 anos depois, ou seja, em 1881, aquele total crescia para 44 fábricas, 60.000 fusos e gerando cerca de 5.000 empregos. Nas décadas seguintes houve uma aceleração no processo de industrialização e, às vésperas da Primeira Guerra Mundial, contava-se com 200 fábricas que empregavam 78.000 pessoas [IEMI, 2001].

Segundo dados do IBGE, em 1919, na indústria têxtil havia 105.116 trabalhadores, o que representava 38.1% do contingente empregado nas indústrias de transformação.

Em 1929, a grande crise que se abateu sobre a economia mundial foi um reinício de nova oportunidade de crescimento da indústria brasileira, a exemplo do que havia ocorrido durante a primeira Guerra. A capacidade de importação foi drasticamente reduzida, levando praticamente todos os países a adotarem políticas de substituição dos importados pela produção interna das mercadorias necessárias ao seu abastecimento.

O número de operários ocupados no ramo têxtil triplicou no período de 1920 a 1940 devido à Segunda Guerra Mundial, com a substituição dos produtos importados por fabricação interna. A participação do setor têxtil no produto industrial era de 23,1%, o que bem demonstrava o nível de pujança alcançado no período [IEMI, 2001].

Todavia, terminado o conflito mundial, novamente o setor retornou à situação anterior. De uma média anual de cerca de 24 mil toneladas de tecidos de algodão exportados no período de 1942 a 1947, diminuiu-se para 1.596 toneladas em 1951. Os investimentos foram travados e o obsolescência do equipamento em uso ficou patente.

A segunda metade dos anos 50 marca, todavia, o início da base industrial brasileira em processo acelerado, com ênfase nos setores mais dinâmicos e não tradicionais.

Os sistemas de manufatura até meados da década de sessenta tinham processos não automatizados, sendo operados manualmente ou com máquinas com recursos limitados de flexibilidade e produtividade [Di Domenico, 1994].

Nesta fase, o setor têxtil, por influência sistêmica do desenvolvimento industrial da época, também começou a passar por grandes transformações. É assim que, a partir de 1970, incentivos fiscais e financeiros administrados pelo CDI – Conselho de Desenvolvimento Industrial, Órgão do Ministério da Indústria e Comércio, possibilitou um movimento de fortes investimentos em modernização e ampliação da indústria têxtil nacional, com vista, principalmente, ao aumento das exportações brasileiras de produtos têxteis.

Nesta mesma época a estratégia adotada pelas grandes empresas dos países avançados (início dos anos setenta) foi a redução de custos pela modernização dos equipamentos e das plantas [Serra, 1996].

Ainda segundo Serra [1996], as transformações que começaram então a tomar corpo foram estimuladas pela percepção dos países industrializados de que as únicas formas de neutralizar as vantagens do baixo custo do trabalho dos países de industrialização recente (a indústria têxtil brasileira era parte integrante) seria a intensificação da automação e a adoção de novos e mais eficientes métodos de produção e distribuição, principalmente quando o produto é commodity e que compete principalmente em custo.

A partir de 1993, porém, nossas vendas externas novamente regrediram, agora por conta das novas e profundas transformações ocorridas na economia e na política brasileiras, tais como a abertura do mercado interno aos fornecedores externos, iniciada em 1990, eliminação de entraves burocráticos às importações, redução das tarifas aduaneiras, etc., que ocasionaram o fechamento de muitas empresas e obrigaram o setor a investir fortemente na sua modernização para reduzir custos e poder competir com os produtos importados [IEMI, 2001]<sup>2</sup>.

Do início da década de 90 em diante, com a quebra das barreiras comerciais as empresas foram cada vez mais sendo pressionadas, pelo meio exterior (mercado consumidor), a melhorarem continuamente seus produtos e/ou serviços. Pode-se dizer que a crescente globalização e a internacionalização da economia mundial têm implicado às indústrias têxteis condições cada vez mais duras em termos das necessidades competitivas nos mercados regionais, nacional e mundial.

---

<sup>2</sup> Parte deste histórico foi extraído pelo IEMI do trabalho produzido pela SUDENE e publicado em 1970, sob o título “A Indústria Têxtil no Nordeste”.

### **2.3. Competitividade, custo de manufatura e automação**

Cada vez mais liberal e sem fronteiras, o mundo desenvolvido atual elegeu a competitividade como garantia do seu nível de conforto e benefícios, para manter um status privilegiado. Esta tem como objetivo produzir melhor e com o menor custo possível [Vendrameto, 1994]. Esta estratégia é ainda mais importante quando focamos os produtos de baixo valor agregado pela manufatura.

O consumidor, por sua vez, está de forma incessante sendo estimulado a mudanças em suas preferências e comportamentos através de informações e condutas ditadas pelos meios científicos e tecnológicos, que com o passar das décadas estão progressivamente mais dinâmicos e inovadores e em intervalos de tempo menores. Isto quer dizer que o cliente está sempre esperando algum produto ou serviço inovador, que proporcione ao seu dia a dia maior conforto e facilidade no menor preço possível, ou seja o mercado espera que lhe sejam ofertados produtos cada vez mais diversificados e inovadores em intervalos de tempos reduzidos.

É importante salientar que os critérios utilizados pelo consumidor para dar preferência na compra de um ou outro produto são qualitativos. A empresa que pretende ser competitiva precisa captar estes critérios qualitativos, traduzi-los e transforma-los em ações práticas internas ao sistema de negócio e devolver ao meio exterior na forma de produtos e/ou serviços competitivos.

A necessidade de se ofertar produtos ao meio exterior, com constantes inovações tecnológicas e cada vez mais diversificados, exige que o chão de fábrica de um sistema de manufatura seja muito flexível à mudanças na fabricação de novos produtos, sem perder o foco na agilidade de entrega, ou seja, o chão de fábrica precisa se adaptar rapidamente às mudanças de fabricação de novos produtos sem que haja perdas dos padrões de qualidade, aumentos nos custos de manufatura e na agilidade de entrega (entregar rápido e sem atrasos).

A exigência destes anseios pelo mercado traduz à manufatura de forma a produzir no menor custo, com qualidade, com confiabilidade, com velocidade e flexibilidade.

Para Slack [1993] e Correa et al. [1996] a manufatura é a guardiã da competitividade para o todo da organização, o seu motor competitivo, *fazendo as coisas melhor*, ou seja:

Fazer certo – não cometer erros, fazer produtos que realmente são o que devem ser, produtos sem erros e sempre de acordo com as especificações de projeto, através desse conceito a manufatura dá uma vantagem de qualidade para a empresa.

Fazer rápido – fazer com que o intervalo de tempo entre o início do processo de manufatura e a entrega do produto ao cliente seja menor do que o da concorrência. Através disso a manufatura proporciona uma vantagem de velocidade.

Fazer pontualmente – manter a promessa de prazos de entrega. Isso significa estar apto a estimar datas de entrega com acuidade. Com isso a manufatura dá à empresa a vantagem da confiabilidade.

Mudar o que está sendo feito – ser capaz de variar e adaptar a operação de manufatura. Mudar o quanto seja necessário e com rapidez suficiente. Com isso, a função da manufatura dá à empresa a vantagem da flexibilidade.

Fazer barato – fazer produtos a custos mais baixos do que os concorrentes conseguem administrar. Com isso a manufatura dá à empresa uma vantagem de custo.

Melhorar a qualidade dos produtos, o tempo de entrega, a pontualidade de entrega e a flexibilidade operacional terão certamente impacto nos padrões internos de competitividade da empresa, mas a influência da redução dos custos no processo do sistema de manufatura é imediata e direta, sendo responsável por parte significativa do desempenho da empresa [Slack, 1993].

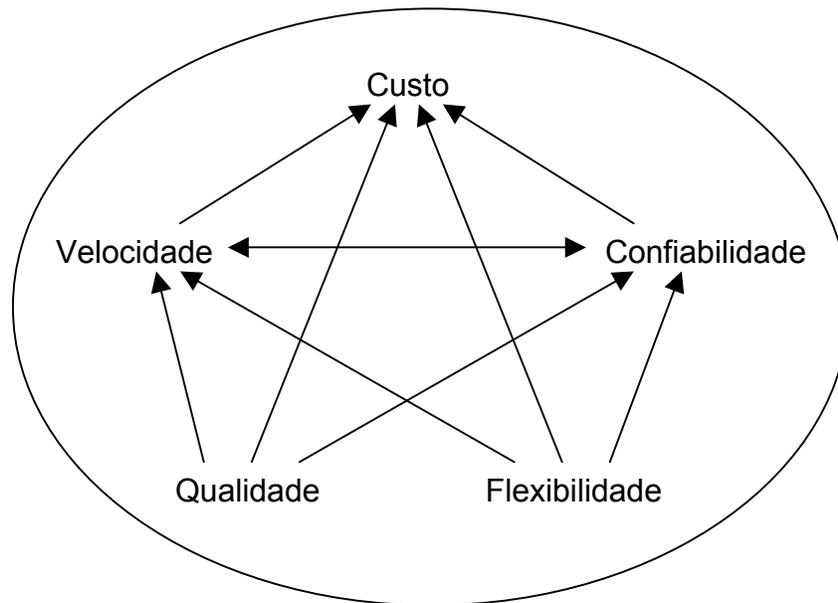


Figura 2.1: Relação entre fatores de competitividade [Slack, 1993]

Para manter ou obter vantagem competitiva, desde a qualidade até o custo, impõem-se procedimentos com alterações nos sistemas de produção e de gestão. [Vendrameto, 1994].

Segundo Slack [1993] fábricas produtivas e com baixo custo em manufatura tendem a ter, entre outros fatores, menos material em processo, passando obrigatoriamente por redução de estoques e ter fluxo mais rápido dos materiais, menores tempos de atravessamento.

Se o consumidor dos produtos quer baixo custo, qualidade superior e entregas dentro dos prazos. “Reduza custos eliminando perdas”. Perdas são vistas como qualquer coisa que não agrega valor e qualidade ao produto [Black, 1998].

Ainda de acordo com Black [1998], por perdas, entenda-se qualquer coisa além do mínimo de equipamentos, materiais, componentes e mão-de-obra (horas produtivas) que sejam essenciais para produzir. Materiais, pessoas e equipamentos são fatores

complementares na fabricação, que devem ser combinados corretamente de forma a atingir baixo custo, qualidade superior e entregas dentro do prazo. Custos de materiais incluem custos de capital e custos de estocagem e movimentação de materiais dentro do processo de fabricação do chão de fábrica.

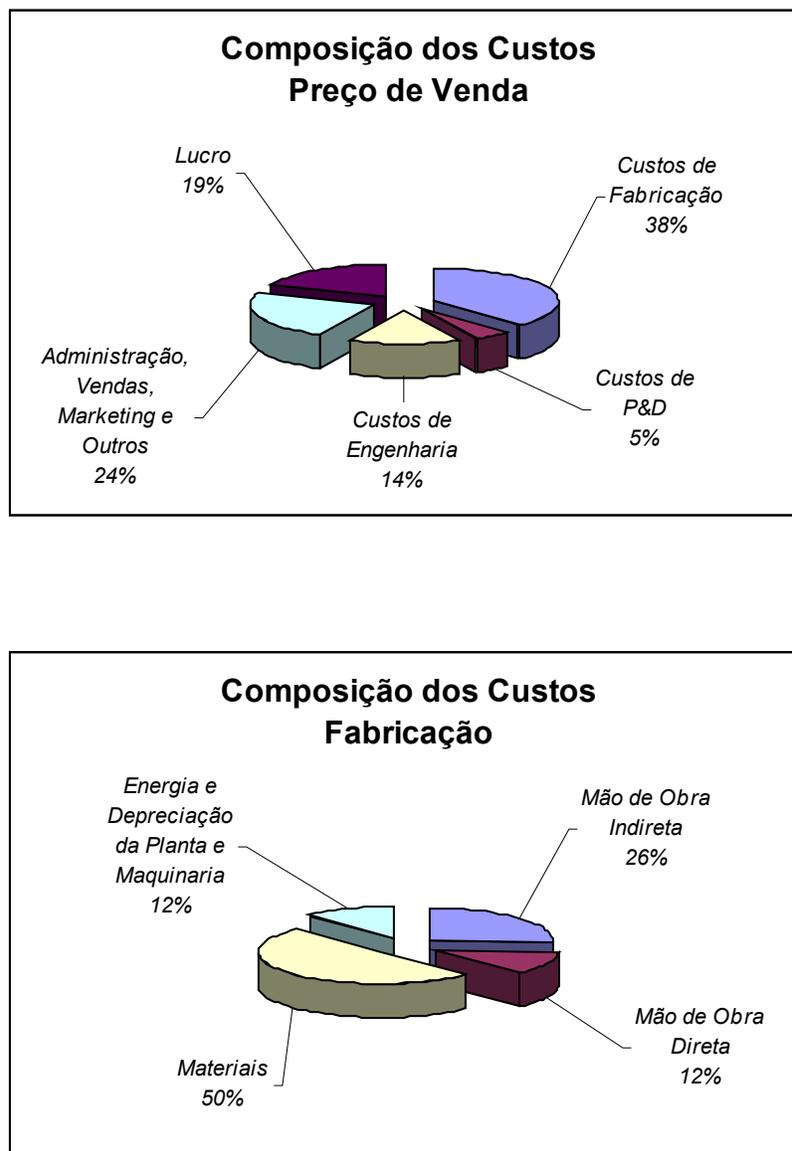


Figura 2.2: Composição dos custos.

Adaptado de Black [1998]

Segundo Black [1998] o custo de manufatura é o maior custo do preço de venda. O maior custo de manufatura é o custo de materiais. O custo de manufatura representa 40% do preço de venda e dentro deste custo 50% é de responsabilidade dos materiais (figura 2.2). Isto sugere ao processo de manufatura uma redução dos estoques e um curto tempo de atravessamento dos materiais.

O custo está no centro dos objetivos do sistema de manufatura como um atributo que causa impacto direto no resultado financeiro da organização, apesar de se entender que custo é uma lição de casa que a organização já teria que ter feito para estar competitiva.

Outra colocação merece ser feita. Quase por definição, pode-se dizer que numa fábrica automatizada os custos fixos são altos e os custos variáveis muito baixos [Smith, 1993].

O questionamento se faz sobre a viabilidade de se automatizar um processo de manufatura onde a possível redução dos custos variáveis é insignificante quando comparado ao alto investimento em tecnologia.

Para Porter [1990] existem dois tipos básicos de vantagem competitiva: liderança de custo e diferenciação. A vantagem de custo resulta-se na empresa obter um custo cumulativo da execução das atividades de valor mais baixo que a concorrência. Ainda segundo Porter [1990] o ponto de partida para a análise dos custos é definir a cadeia de valores de uma empresa. Uma análise dos custos significa examinar, portanto, os custos dentro destas atividades, e não os custos da empresa como um todo.

Para o segmento têxtil de fiação o produto (fio) é padronizado e o principal fator de concorrência é o preço, aumentando a pressão pela redução de custos de fabricação.

No chão de fábrica o sistema de manufatura pode contribuir significativamente com a redução dos custos de fabricação atuando na melhor gestão do fluxo de materiais, trabalhando os estoques e a movimentação.

Percurso rápido reduz custo. O material que se move rapidamente por uma operação despense menos tempo na forma de estoque, atrai menos despesas indiretas e torna as previsões mais fáceis; tudo isso tem possíveis efeitos sobre custos [Slack, 1993].

O *lead time* de produção, que segundo Correa et al. [1996], é o tempo que decorre desde o momento em que uma ordem de produção é colocada até que o material esteja disponível para uso, é composto pelos seguintes elementos:

- Tempo de tramitação da ordem de produção;
- Tempo de espera em filas;
- Tempo de preparação da máquina;
- Tempo de processamento;
- Tempo de movimentação

*Lead times* menores trazem tempos de atravessamento menores, estoques em processo menores, mais agilidade para responder a mudanças solicitadas pelo mercado, tempos de entregas menores aos clientes. Em termos de *time based competitiveness* (competitividade baseada em tempos), nunca é demais enfatizar a importância de reduzir tempos de atravessamento dos produtos no processo de fabricação [Correa et al., 1997].

Ser competitivo no chão de fábrica de um sistema de manufatura passa necessariamente pela adoção de técnicas de manufatura, para que possam se adaptar rapidamente às mudanças no projeto do novo produto e na demanda, aplicando programas de redução dos tempos de preparação das máquinas ou estações de trabalho (*setup*), reduzindo os inventários e conseqüentemente o seu custo correspondente, reduzindo os lotes de fabricação, reduzindo o ciclo de manufatura e diminuindo o manuseio dos materiais com a aplicação de tecnologias de automação.

Como forma de melhorar sua produtividade as empresas têxteis brasileiras estão buscando investimentos em novas maquinarias e automações do processo de manufatura. Entre os vários segmentos estão as fiações de fibras curtas, também denominado de processo de fiação sistema algodão.

A grande avalanche de modernidade ocorre a partir do início da década de 90 com a abertura do mercado e a queda das alíquotas de importação de manufaturados têxteis. Serra [1996] menciona em seu trabalho que a nova política industrial e de comércio exterior, anunciada em 1990, ampliou a liberalização comercial iniciada em 1988, através da retirada das proteções não tarifárias e da gradativa redução das tarifas de importação. Esta política significou, antes de tudo, a queda da proteção à indústria doméstica e sua maior exposição à concorrência internacional.

As empresas sentiram-se na necessidade de se modernizarem, cujo esforço significou a busca por menores custos de manufatura, melhoria da qualidade dos produtos, melhoria nos sistemas de gestão, com investimentos em tecnologias de manufatura e informação.

Esta modernização continua atualmente com investimentos conforme aponta a tabela 2.1 [ABIT, 2002], onde entre os anos de 1990 e 1999 o montante investido foi de US\$ 8,0 bilhões e a programação para o período de 2000 a 2008 é da ordem de US\$ 12,3 bilhões.

Apesar destes números Coutinho [1994] afirma que a principal limitação à ampliação da competitividade do complexo têxtil brasileiro é a ausência de mecanismos que promovam maiores capacitações tecnológicas e gerenciais para o conjunto de médias e pequenas empresas, inclusive iniciativas atenuadoras de suas desvantagens de escala, como o acesso cooperativo às informações de mercado, equipamentos de automação entre outras.

<i>Sub-setor</i>	<i>Período 1990 - 1999</i>	<i>Período 2000 - 2008</i>
Fibras de Algodão	1.900	1.500
Fibras Manufaturadas	400	1.410
Fios Fiados	1.800	1.272
Tecelagem Plana	2.000	1.114
Malharia	900	678
Beneficiamento	1.400	2.723
Confecções	1.600	3.426
Investimentos Gerais	-	165
<b>Total</b>	<b>8.000</b>	<b>12.288</b>

Tabela 2.1: Investimento em maquinarias (US\$ Milhões) [ABIT, 2002].

A tabela 2.2 dá a média da renovação do parque industrial têxtil brasileiro, mostrando a redução da idade média dos equipamentos e maquinarias instalados nos principais segmentos produtivos do setor.

<i>Segmentos</i>	<i>1990</i>	<i>2000</i>	<i>Varição</i>
Fiação	14,4	12,4	- 13,8%
Tecelagem	14,0	12,7	- 9,3%
Beneficiamento	15,5	12,6	- 18,5%
Malharia	9,7	10,0	+ 3,1%
Confecção	9,0	7,6	- 15,5%

Tabela 2.2: Renovação das máquinas (Idade Média) [IEMI, 2001].

A indústria têxtil brasileira de décadas atrás (antes da abertura do mercado à globalização) ao contrário do mercado mundial, através de um sistema político e econômico fechado, com tecnologias e metodologias estáticas incorporadas aos ambientes produtivos na forma de equipamentos e processos quase imutáveis, provocou contorno de paradigmas, resultando em médio prazo na obsolescência total do sistema [Napoli Júnior, 2001].

Ainda segundo Napoli Júnior [2001]: para que inovar, para que economizar, para que ser moderno, enfim se o lucro era certo e os custos mera formalidade, sendo tudo isto irrelevante, pois o consumidor brasileiro se incumbia de pagar toda a ineficiência, desperdícios e inércia e porque não, a irresponsabilidade do setor produtivo.

Luiz Fernando Maluf [1990, p.133] afirma que para que se possa penetrar nos mercados da Comunidade Econômica Européia, EUA-Canadá-México, Japão-Coréia-Austrália-Cingapura-Malásia, a nossa indústria deverá se esforçar cada vez mais para aumentar a produtividade, qualidade dos seus produtos e se nivelar aos padrões de exigência dos consumidores destes mercados. Um investimento em automação industrial, aliado a modificações estruturais e organizacionais na área de manufatura podem conferir aos nossos produtos diferencial tecnológico, qualidade e valor agregado que possam contribuir para nosso desempenho mercadológico.

Para os produtos commodities, é importante a implantação de uma logística capaz de compatibilizar os distintos fluxos de materiais e de informações sobre produção, estoque e movimento de produtos, eliminando os tempos mortos e garantindo a confiabilidade de prazos e condições de entrega [Coutinho, 1994].

Os benefícios da automação e das novas técnicas organizacionais e de gestão da manufatura (JIT, células de manufatura, círculos de controle de qualidade, gestão de custos, etc) são convergentes e implicam em elevação dos patamares de eficiência produtiva e conseqüentemente ganho de produtividade.

Alguns autores discordam com a implantação de tecnologias de automação com o intuito de redução dos custos de manufatura, Harmon [1993] é um deles e afirma: a tecnologia é uma armadilha, a automação raramente reduz o custo de fabricação.

Muitas vezes a aplicação de níveis elevados de automação nos processos de manufaturas visa uma maior produção, para aumentar a produtividade de uma máquina ou estação de trabalho, com o objetivo de diminuir o custo unitário dos produtos produzidos,

mas se esquece que o incremento da produção poderá criar estoques intermediários de materiais ou produtos entre as estações de trabalho (atividades) contribuindo para um aumento de custo do processo.

Uma alta utilização das maquinarias de um processo de manufatura poderá significar produção além do necessário definido pelo mercado, gerando inventários desnecessários, aumentando o custo e criando desperdícios.

Estoque em geral, trata-se da categoria de mais alto custo; o estoque consiste de todas as matérias primas, materiais comprados, estoque em processo e produtos acabados que ainda não foram entregues ao cliente.

O fundamental em um processo de manufatura é que os materiais ou produtos fluam por suas estações de trabalho no tempo e quantidade corretos de acordo com a necessidade do cliente interno ou externo. Isto provocará, indiretamente, o melhor custo de transformação.

Segundo Rother e Harris [2002] pode-se utilizar a automação para ajudar a obter um fluxo contínuo de material, mas, projetada e utilizada de forma errada, a automação também pode inibir o fluxo.

A eficiência dos processos de manufatura em chão de fábrica é alcançada através da máxima utilização das maquinarias. Este é o conceito que fundamenta o investimento em processos com *lay out* funcional.

Segundo Rother e Harris [2002] precisamos reavaliar esta visão. Os elementos físicos da produção são pessoas, máquinas e materiais. Há compensações entre estes elementos quando você projeta um processo. Se você tenta maximizar a utilização de um elemento, a utilização dos outros dois tende a declinar.

Um aumento do nível de automação não significa necessariamente a obtenção de fluxo de materiais pelo processo de manufatura e conseqüentemente diminuição de desperdícios.

Segundo Coutinho [1994], após uma pesquisa de avaliação de executivos de empresas brasileiras, com experiência na implantação de automação e novas técnicas organizacionais, as vantagens observadas estão demonstradas na tabela 2.3.

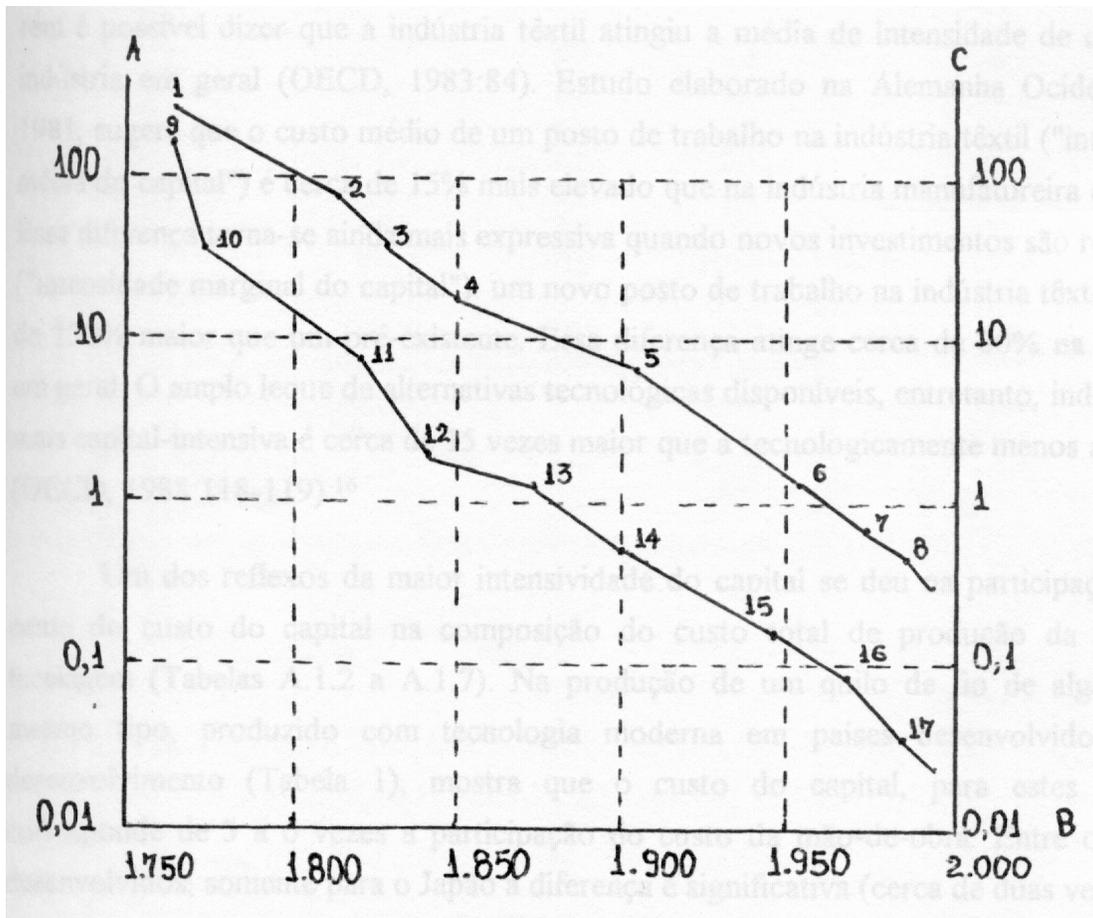
<b><i>Diminuição</i></b>	<b><i>Aumento</i></b>
Custos correntes	Qualificação da mão-de-obra
Custos do produto	Treinamento
Prazos de entrega	Qualidade do produto
Perdas de insumos	Nível tecnológico do produto
Estoques intermediários	Adequação do fornecedor a novas especificações
	Capacidade de produção
	Flexibilidade do processo
	Disponibilidade de informações

Tabela 2.3: Mudanças observadas após a implantação de automação e novas técnicas organizacionais [Coutinho, 1994].

No entendimento de Garcia [1994] em seu trabalho de pesquisa no segmento industrial têxtil de fiação e tecelagem, a redução drástica da utilização da mão-de-obra pouco qualificada é possibilitada pela automação das operações que absorvem grande parte do tempo de trabalho. O transporte entre cardas e passadeiras, por exemplo, pode ser realizado por robôs ou por monovias aéreas entre as etapas sucessivas. Outro fator importante na redução de custos está na minimização ou eliminação dos estoques intermediários de produtos semi-elaborados.

Garcia [1994] reforça a afirmação anterior com a apresentação de um gráfico (figura 2.3) mostrando que as inovações tecnológicas introduzidas nas maquinarias de fiação provocaram uma queda constante na quantidade de trabalho necessária ao longo do tempo. Em termos de processo de fabricação esta redução da mão-de-obra direta pode ser até mais

intensa, uma vez que ao aumento da produtividade física dos equipamentos vem se juntar a automação do transporte entre as operações e atividades do processo.



- A. Horas de trabalho por kg de fio, B. Ano, C. Horas de trabalho por 100 m de tecido,
- | <b>Tecelagem</b>                     | <b>Fiação</b>                      |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Tear manual                       | 9. Torno de Fiar                   |
| 2. Tear com lançadeira               | 10. "Spinning Jenny" de Hargreaves |
| 3. Tear mecânico                     | 11. "Spinning Jenny" melhorada     |
| 4. Tecelagem multitelar              | 12. Fiadora intermitente (mula)    |
| 5. Tear com troca de bobina Northrop | 13. Selfatina                      |
| 6. Tear automático                   | 14. Filatório de anéis             |
| 7. Tear a projéteis                  | 15. Filatório de anéis melhorado   |
| 8. Teares a jato                     | 16. Filatório de anéis automático  |
|                                      | 17. Filatório a rotores (OE)       |

Figura 2.3: Inovação tecnológica e variação de horas de trabalho de mão-de-obra ao longo do tempo [Garcia, 1994].

As novas tecnologias desenvolvidas nos últimos 30 anos aumentaram os níveis de produtividade da indústria têxtil mundial, um quilo de fio hoje exige um tempo de

fabricação de 1 a 3 minutos por operador contra 50 minutos, no início do século. Este progresso deveu-se, em parte, à melhoria da maquinaria de produção, porém mais ainda, à explosão da tecnologia da informação que possibilitou processos de fabricação automatizados, controles de qualidade e desempenho *on line*, níveis reduzidos de refugos e melhores utilizações da matéria prima, redução do tempo de *setup* das máquinas, produção personalizada, pequenos lotes de produção e redução do *lead time*<sup>3</sup>.

## 2.4. Definição de sistema de manufatura

### 2.4.1. Conceitos gerais de sistemas

O modelo mais usado para representar um sistema é o de entradas e saídas, conforme a figura 2.4.

Caracteriza-se um sistema definindo seus limites (o que está dentro dele e o que está fora) e seus processos (o que ele faz). Quando se estuda um negócio ou um processo industrial, começa-se por caracteriza-lo como um sistema, isto é, definindo quais são seus elementos próprios, quais os elementos em seu ambiente, suas entradas e saídas e as relações entre eles [Rios, 2002].

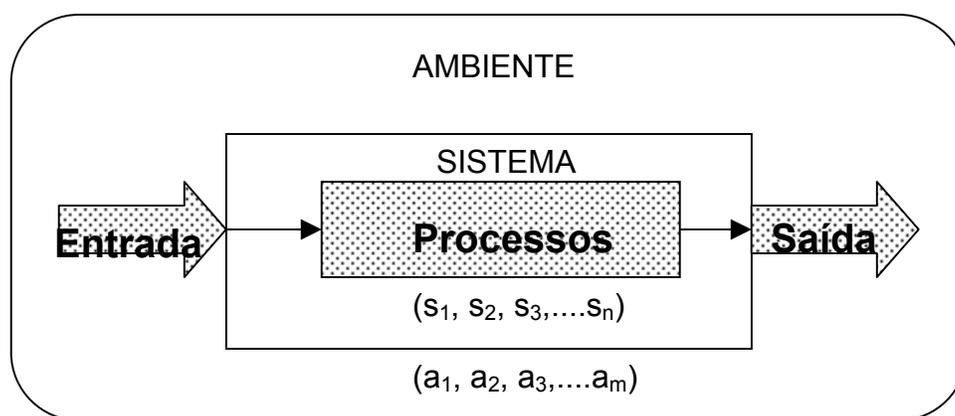


Figura 2.4: Representação de um sistema de manufatura. Adaptado de Muscat, 1998.

<sup>3</sup> Esta afirmação consta do relatório de pesquisa sobre competitividade da indústria têxtil elaborado pelas consultorias Gherzi Têxtil Organization e Servatex e solicitada pelas associações ABIT, ABRAVEST e ABRAFAS em 1999.

Dentro deste conceito geral, Agostinho [1995] estratifica o sistema de uma empresa (sistema de negócio) como sendo constituído por dois outros sistemas, são eles: sistema administrativo e sistema de manufatura (figura 2.5).

Por sua vez o sistema de manufatura é composto pela integração dos sistemas de engenharia, suporte, negócios e chão de fábrica.

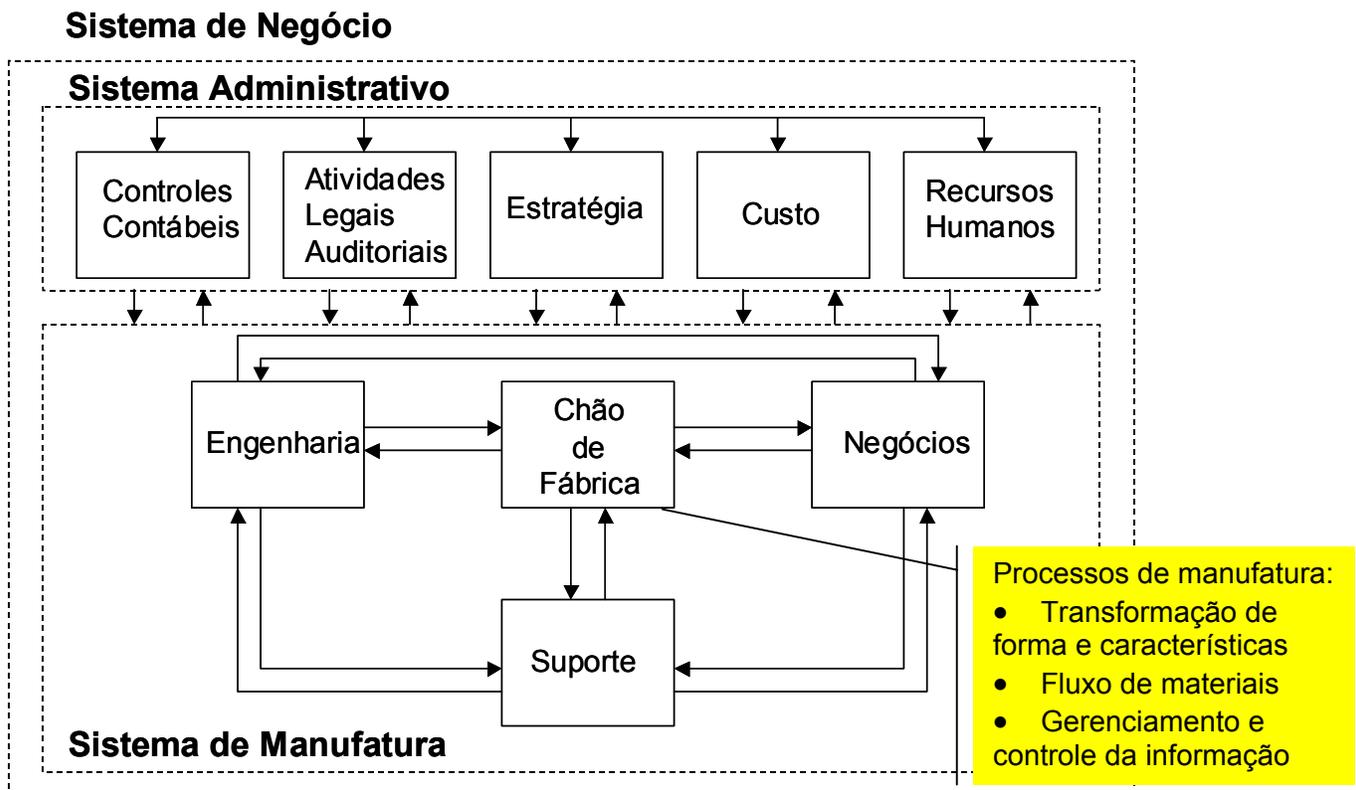


Figura 2.5: Relações entre sistemas de negócios. Adaptado do modelo proposto por Agostinho [1995].

Através dos processos de manufatura do sistema de chão de fábrica os materiais fluem entre as atividades de fabricação e suas formas e características se modificam pelas operações contidas nestas atividades.

As transformações físicas e a movimentação destes materiais são gerenciadas pela integração do fluxo das informações entre as atividades que compõem o processo de fabricação.

A produção é a obtenção de produtos através da interação dos recursos que entram no sistema pelos processos. A produção é realizada, fisicamente, pelos chamados sistemas de produção (ou sistemas de operações) [Muscat, 1998].

A produção é uma rede de processos e operações. No processo se dá a transformação da matéria prima em produto acabado, efetivado através de uma série de operações. Um processo é visualizado como o fluxo de materiais no tempo e no espaço, é a transformação da matéria prima em produtos semi-acabados e daí a produto acabado. Por seu turno, as operações podem ser visualizadas como o trabalho realizado para efetivar essa transformação, a interação do fluxo de equipamento e operadores no tempo e no espaço. A análise do processo examina o fluxo de materiais ou produto; a análise das operações examina o trabalho realizado sobre os produtos pelo trabalhador e pela máquina [Shingo, 1996].

A produção é uma operação de transformação física das matérias primas, convertidas em bens valorizados pelo mercado [Groover, 1981].

#### **2.4.2. Processos de Manufatura**

A título de definição, um processo é um conjunto de atividades estruturadas e medidas destinado a resultar num produto especificado para um determinado cliente ou mercado. Os processos são a estrutura pela qual uma organização faz o necessário para produzir valor para os seus clientes [Davenport, 1994].

Na mesma direção tem-se a definição de processo dada por Hammer e Champy [1994] como sendo um conjunto de atividades com uma ou mais espécies de entrada e que

cria uma saída de valor para o cliente. Hammer [2001] de forma simples também define processo como tudo aquilo que cria os resultados que a empresa fornece aos clientes.

São usados termos diferentes para identificar tipos de processos nos sistemas de manufatura e serviços.

Gaither e Frazier [2001] dividem os tipos de organizações dos processos nos sistemas de manufaturas em focalizado no produto, focalizado no processo ou manufatura celular.

A expressão focalizada no produto é usada para descrever um tipo de organização do processo de produção, onde os recursos são ordenados de acordo com o produto a ser produzido. A produção focalizada no produto é às vezes chamada de linha de produção ou produção contínua.

A expressão focalizada no processo é usada para descrever uma forma de produção na qual as operações são agrupadas de acordo com o tipo de processo. Os sistemas focalizados no processo são também chamados *job shop* ou funcional, porque os produtos se movem de departamento em departamento em lotes que comumente são determinados conforme os pedidos dos clientes.

A organização do chão de fábrica em células é chamada de manufatura celular. Produtos com características similares podem ser agrupados em famílias. Uma vez que os produtos com características similares são produzidos de maneira semelhante. As máquinas que compõem o processo são as mesmas e podem ser agrupadas em uma célula.

Slack et al. [1997] classifica e distribui os processos em tipos de arranjos físicos:

- Arranjo físico posicional, em que os materiais que sofrem as transformações físicas ficam estacionários, enquanto equipamentos, maquinarias, instalações e pessoas movem-se para o local de fabricação.

- Arranjo físico por processo, assim chamado porque as necessidades e conveniências dos recursos transformadores que constituem o processo dominam a decisão sobre o arranjo físico. Diferentes produtos terão diferentes necessidades de recursos, portanto, percorrerão diferentes roteiros de atividades.
- Arranjo físico celular é aquele em que os recursos transformados são pré-selecionados para movimentar-se em uma célula na qual todos os recursos transformadores necessários se encontram agrupados em uma seqüência operacional lógica.
- Arranjo físico por produto, que determina que os recursos produtivos transformadores sejam localizados segundo a melhor conveniência dos materiais ou produtos que estão sendo transformados fisicamente. Cada produto segue um roteiro predefinido no qual a seqüência de atividades requerida coincide com a seqüência na qual os processos foram arranjados fisicamente.

Batocchio [1992] e Lorini [1993] classificam o arranjo físico de máquinas e equipamentos no sistema de manufatura em: *lay-out* em linha, *lay-out* funcional e *lay-out* celular (de grupo).

O *lay-out* em linha trata do arranjo das máquinas na forma de uma linha de produção, cuja seqüência é adequada a determinado tipo de produto.

O *lau-out* funcional trata da modalidade de arranjo físico mais comum encontrada na maioria das instalações industriais de manufatura. Todas as máquinas de um mesmo tipo são dispostas juntas, constituindo-se assim num arranjo físico de especialização por atividade, porque as máquinas que realizam atividades semelhantes ficam agrupadas em uma mesma área física do chão de fábrica.

No *lay-out* celular as máquinas são agrupadas em grupos de tipos diversos destinadas a atender inteiramente a fabricação, não mais de um determinado produto, mas de uma família de produtos. Uma célula é composta de um processo completo para transformação física de um produto ou matéria prima.

Groover [1981] classifica a organização da produção em chão de fábrica em dois grupos:

- 1º) Segundo o volume de produção.
- 2º) Segundo a distribuição das máquinas e equipamentos no chão de fábrica.

Quanto ao volume de produção a fabricação se subdivide em:

- Produção trabalhando de acordo com a demanda do cliente.
- Produção por lotes.
- Produção em massa.

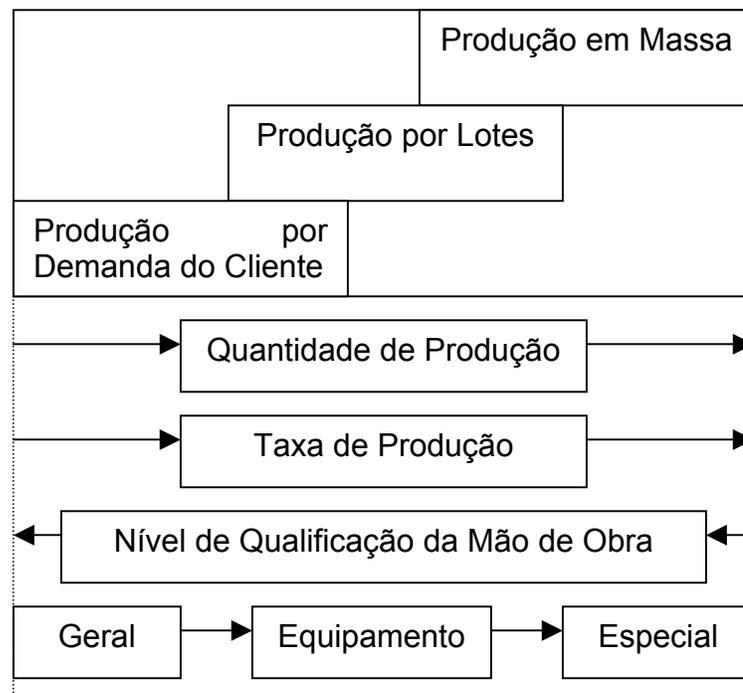


Figura 2.6: Classificação da organização da produção segundo o volume de produção.

Adaptado de Groover [1981, p.20]

Quanto à distribuição das máquinas:

- Disposição em posição fixa.
- Disposição por processo.
- Disposição por produto.

### **2.4.3. Cadeia de valores**

O valor só pode ser definido pelo cliente final. E só é significativo quando expresso em termos de um produto específico (um bem ou um serviço e, muitas vezes, ambos simultaneamente) que atenda às necessidades do cliente a um preço específico em um momento específico [Womack; Jones, 1998].

A competitividade das empresas nos anos 90 e para os anos 2000 está associada à habilidade de gerar valor ao cliente através de uma relação custo, qualidade e tempo eficaz. O macro processo empresarial de produção é, nas empresas manufatureiras, vital para a conquista de vantagens competitivas sustentáveis uma vez que, nestas organizações, cerca de 60% a 70% dos custos são incorridos nesse processo. Sabedores disto as empresas têm procurado promover avanços significativos nas tecnologias de produção alcançando, entre outros objetivos, redução dos estoques intermediários e de produtos acabados e automação para a qualidade e produtividade [Velo, 1995].

Black [1998] afirma que a agregação de valor e riqueza são gerados apenas pela transformação de materiais pela manufatura.

A cadeia de valores desagrega uma empresa nas suas atividades de relevância estratégica para que se possa compreender o comportamento dos custos e as fontes existentes e potenciais de diferenciação. Esta cadeia de valores pode ser desenhada em sistemas de valores distintos como: projeto, produção, marketing, na entrega e no suporte do produto da empresa [Porter, 1990].

Toda empresa é um conjunto de atividades que são executadas para projetar, produzir, comercializar, entregar e sustentar seu produto. Todas estas atividades podem ser representadas, fazendo-se uso de uma cadeia de valores [Porter, 1990].

Uma abordagem clara sobre cadeia de valores é feita por Hernandez, Cruz e Falcão [2000], que definem: cadeia de valor é a seqüência de transformações pelas quais passam os insumos do processo, ganhando gradativamente mais valor para o cliente. Os autores dividem a cadeia de valor em três classes, são elas: inovação, operações e serviços de pós-venda. A cadeia de valores focada nesta pesquisa está relacionada às operações no processo, que são as atividades em que ocorre a geração do produto (fio têxtil).

Segundo Davenport [1994] a análise de valor do processo é uma abordagem direta que envolve o estudo dos componentes e atividades dos processos, para compreender o seu fluxo. Tomando o processo existente como ponto de partida, documenta o tempo transcorrido e as despesas de cada atividade. As atividades que não acrescentam valor ao resultado de um processo (aos olhos dos clientes) tornam-se candidatas à eliminação.

Em termos competitivos, valor é o montante que os compradores estão dispostos a pagar por aquilo que uma empresa lhes fornece [Porter, 1990].

A cadeia de valores exhibe o valor total, e consiste em margem e atividades de valor. As atividades de valor são as atividades física e tecnologicamente distintas, através das quais uma empresa cria um produto valioso para os seus compradores. A margem é a diferença entre o valor total e o custo coletivo da execução das atividades de valor. Cada atividade de valor emprega insumos adquiridos, recursos humanos (mão de obra) e alguma forma de tecnologia para executar sua função [Porter, 1990].



Figura 2.7: Cadeia de valores genérica [Porter, 1990]

A subdivisão de atividades pode proceder até o nível de atividades cada vez mais estreita que são, até certo ponto, distintas. Cada máquina em uma fábrica, por exemplo, poderia ser tratada como uma atividade independente [Porter, 1990].

O fluxo de materiais em um processo de manufatura de um produto é composto de várias atividades em uma cadeia de valores. Este processo faz parte do sistema de manufatura.

A cadeia de valores não é uma coleção de atividades independentes, e sim um sistema de atividades interdependentes.

## 2.5. 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.

Segundo Aurélio Buarque de Holanda Ferreira em seu dicionário básico da língua portuguesa [Folha de São Paulo, 1995] automação é um *sistema automático pelo qual os mecanismos controlam seu próprio funcionamento, quase sem a interferência do homem.*

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.

A tabela 4.2 relaciona os vários graus de automação relacionando com os respectivos atributos humanos.

<b>Graus de Automação</b>	<b>Atributo Humano Substituído</b>	<b>Exemplos</b>
A (0)	<b>Nenhum:</b> alavanca, chave de fenda, roldana.	Ferramentas manuais, máquinas manuais.
A (1)	<b>Energia:</b> músculos substituídos.	Máquinas e ferramentas energizadas.
A (2)	<b>Destreza:</b> auto-alimentação.	Máquinas automáticas de ciclo único.
A (3)	<b>Diligência:</b> sem realimentação.	Repetição de ciclos. Torno copiador.
A (4)	<b>Julgamento:</b> realimentação posicional	Controladores de processo com auto-medição e auto-correção.
<b>A (5)</b>	<b>Avaliação:</b> controle por computador, análise dedutiva.	Robots de montagem.
A (6)	<b>Aprendizado:</b> pela experiência.	
A (7)	<b>Raciocínio:</b> apresenta intuição; relaciona causa e efeito.	
A (8)	<b>Criatividade:</b> originalidade; realiza projetos sem auxílio.	
A (9)	<b>Dominância:</b> supermáquinas comanda outras.	

Tabela 2.4: Substituição dos atributos humanos conforme o grau de automação [Agostinho, 1995; Black, 1998].

Segundo Agostinho [1995] entende-se que até o grau 1, a substituição dos atributos humanos é feita através da mecanização, enquanto que o grau 2 já envolve automação.

Nota-se que a substituição dos atributos humanos vai até o grau 5 e isto merece a citação de uma frase de Albert Einstein: “*Os computadores são incrivelmente rápidos, precisos e burros; os homens são incrivelmente lentos, imprecisos e brilhantes; juntos seu poder ultrapassa os limites da imaginação*”<sup>4</sup>.

Rothler e Harris [2002] classificam os níveis de automação em função das tarefas do operador para carga e descarga da máquina e transferência de materiais e do ciclo da máquina.

<b>Nível de Automação</b>	<b>Carga da Máquina</b>	<b>Ciclo da Máquina</b>	<b>Descarga da Máquina</b>	<b>Transferência de Materiais</b>
1	Operador	Operador	Operador	Operador
2	Operador	Automático	Operador	Operador
3	Operador	Automático	Automático	Operador
4	Automático	Automático	Automático	Operador
5	Automático	Automático	Automático	Automático

Tabela 2.5: Classificação dos níveis de automação [Rother e Harris, 2002].

A automação industrial tem sido identificada como sendo um catalisador importante e imprescindível, entre outros, para a obtenção de qualidade e competitividade dos produtos no mercado, principalmente quando tratamos de comércio exterior.

Os caminhos para um sistema produtivo moderno e eficiente passam cada vez mais por uma crescente necessidade de automatização dos sistemas de manufatura. Entre as razões que impõem um grau de automatização crescente podem ser destacadas a necessidade de se operar com máquinas mais flexíveis e versáteis, de alta produtividade e

<sup>4</sup> Esta frase foi retirada da página 6 do livro *Sistemas de Informação: O Alinhamento da Estratégia de TI com a Estratégia Corporativa* de Alexandre Reis Graeml.

integradas a sistemas de transporte e movimentação automáticos de materiais e uma busca crescente de eficiência e agilidade na manipulação de dados e informações do sistema de manufatura, através de sistemas computacionais específicos [Lorini, 1993].

Slack [1993] define o grau de automação de uma manufatura como sendo o equilíbrio entre a sua intensidade de capital e de mão-de-obra.

Segundo Slack [1993] a automação traz benefícios em custos e dois deles são usualmente citados: economiza custos de mão-de-obra direta e reduz a variabilidade no sistema de manufatura, mas também faz um alerta quanto ao emprego de automação de forma não estruturada: “A automação é tanto um risco como uma oportunidade”.

Com a automatização não há simplesmente uma eliminação de mão-de-obra e sim uma substituição. Segundo Vendrameto [1994] a execução de tarefas por máquinas automatizadas, baseadas em microprocessadores e circuitos integrados, muda o conhecimento e os procedimentos das pessoas envolvidas, exigindo outro grau de qualificação. [...] Funções anteriores são rebaixadas ou deixam de existir.

Segundo Vassilladis [1996] a redução do fator humano garante a estabilidade da qualidade do produto e em geral o baixo custo.

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 tecedura. Ele tinha que responder quanto a ocorrências operacionais como

descarregamento da lançadeira, ruptura de fios, etc. Cabia a ele detectar a causa, resolver o problema e reiniciar a operação normal.

Na segunda metade do século XX, com a entrada dos mecanismos eletrônicos resultou em outra reviravolta no desenvolvimento tecnológico, paralelamente à respectivos efeitos sociais [Vassilladis, 1996].

Dando-se continuidade ao exemplo acima citado, 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**).

A indústria têxtil como um tradicional nicho industrial oferece um ambiente onde muitas funções foram automatizadas e uma grande variedade de princípios, conceitos e aparelhos foram utilizados. Em adição a isso, a indústria têxtil combina os processos mecânico e químico. Esse campo integrado é uma boa área para aplicação [Vassilladis, 1996].

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.

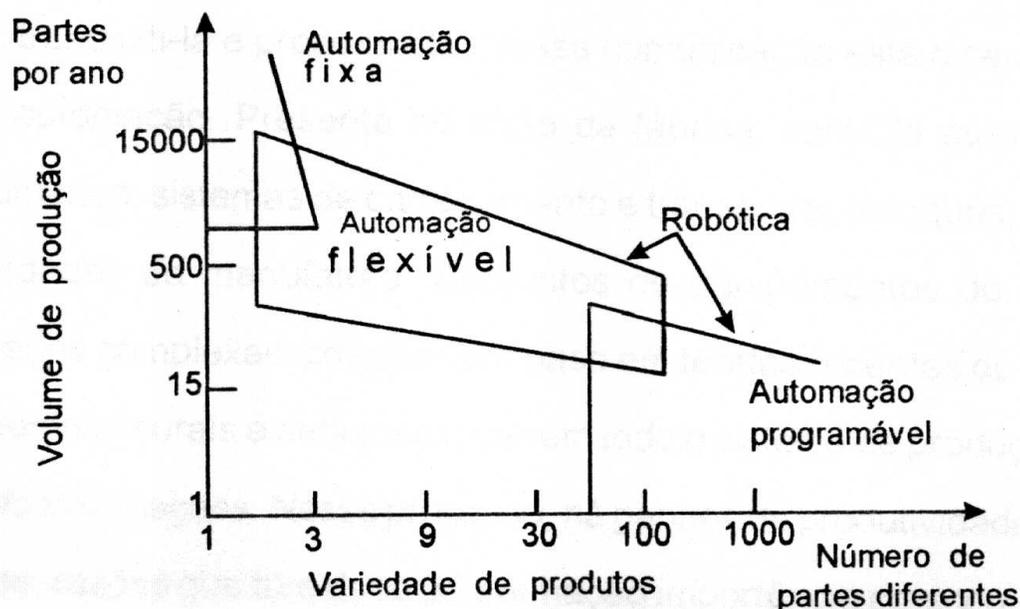


Figura 2.8: Relação entre automação fixa, programável e flexível em função do volume de produção e variedade de produtos [Groover, et al., 1988].

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<sup>5</sup>:** quando o atributo humano decorrente ao seu esforço mental é substituído por um programa de instruções residente em um computador.

<sup>5</sup> 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.

As automações fixa e programável são caracterizadas por:

<b><i>Automação Fixa</i></b>	<b><i>Automação Programável</i></b>
Custo elevado de investimento.	Custo de investimento elevado (maior que para a automação fixa).
Rítimo de produção elevado, apropriado a produtos de alta demanda, produção em massa.	Capacidade de modificação da seqüência das atividades no processo para diferentes produtos. A seqüência das atividades é controlada por um programa de computador. O sistema é programado e permite a alteração da seqüência das atividades no processo.
Processos com atividades seqüenciais e normalmente simples.	Flexibilidade, que permite ao sistema se adaptar à produção em pequenos lotes de diferentes produtos.
Baixa flexibilidade para modificações das atividades, quando da mudança de produtos. As alterações são normalmente difíceis e de alto custo.	Rítimo de produção baixo, quando comparado com a automação fixa.

Tabela 2.6: Características das automações fixa e programável [Groover, 1981].

Segundo Vendrameto [1994] a automação rígida só faz sentido para produção em larga escala, para componentes ou produtos previstos para longa duração no mercado. Para volume de produção relativamente baixo e com grande variedade de produtos utiliza-se a automação programável. Este tipo de automação devido à adaptabilidade do equipamento possibilita a produção econômica de pequenos lotes.

Groover [1981] menciona alguns fatores econômicos e sociais que incentivam a automatização dos processos de fabricação. Dentre as razões econômicas destaca-se o aumento da produtividade, a redução do custo da mão de obra, utilização mais eficiente das matérias primas devido ao seu alto custo, diminuição dos defeitos nos produtos, redução do *lead time* (tempo de processamento do produto) e redução do inventário ao longo do processo de fabricação.

Ainda de acordo com Vendrameto [1994] não se pode afirmar genericamente ser vantajosa a substituição de máquinas convencionais por máquinas automatizadas. A mão-de-obra, ao contrário do período fordiano, poderá reduzir-se em quantidade, enquanto este período pós-industrial exige um nível maior de qualidade e mais caro. E também, essa relação de custo pode não compensar a substituição de máquinas convencionais por máquinas automatizadas.

## 2.6. Índices de automação<sup>6</sup>

Na figura 2.5 foi proposto um modelo que represente o sistema de manufatura com seus quatro sistemas secundários: engenharia, chão de fábrica, negócios e suporte [Agostinho, 1995]. Há de se observar que cada sistema secundário é composto de um certo grau de automação, seja rígida ou programável.

Foi também visto anteriormente, na definição de automação, que esta substitui o esforço mental do homem, por um equipamento mecânico ou programa de computador, diminuindo a sua atuação em uma determinada atividade do processo.

Para que se possa definir corretamente os índices de automação e fazê-lo variar entre valores numéricos que possam ser analisados com certa facilidade, será necessário definir alguns conceitos fundamentais.

Assim, define-se como ausência de automação a situação na qual o homem perfaz, com seus atributos intelectuais, completamente uma determinada atividade.

Diante disso e para melhor quantificação da automação nas atividades, define-se como **Índice de Automação** a relação:

$$i_A = \frac{n_A}{n_T}$$

---

<sup>6</sup> Agostinho, 1995.

onde:

$i_A$  = índice de automação.

$n_A$  = número de atividades do homem, substituídas por dispositivos ou equipamentos de automação.

$n_T$  = 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.

Partindo-se das definições anteriores de automações rígida e programável, define-se:

$$i_{A_R} = \frac{n_{A_R}}{n_T}$$

Onde:

$i_{A_R}$  = índice de automação rígida.

$n_{A_R}$  = número de atividades do homem, substituídas por dispositivos de automação rígida.

$n_T$  = número total de atividades exercidas pelo homem.

$$-1 \leq i_{A_R} \leq 0$$

Da mesma maneira:

$$i_{A_P} = \frac{n_{A_P}}{n_T}$$

Onde:

$i_{A_P}$  = índice de automação programável.

$n_{A_P}$  = número de atividades do homem, substituídas por dispositivos de automação programável.

$n_T$  = número total de atividades exercidas pelo homem.

$$0 \leq i_{A_P} \leq 1$$

Para efeito de modelagem do nível de automação do chão de fábrica do sistema de manufatura, convencionou-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.

Esquemáticamente tem-se:

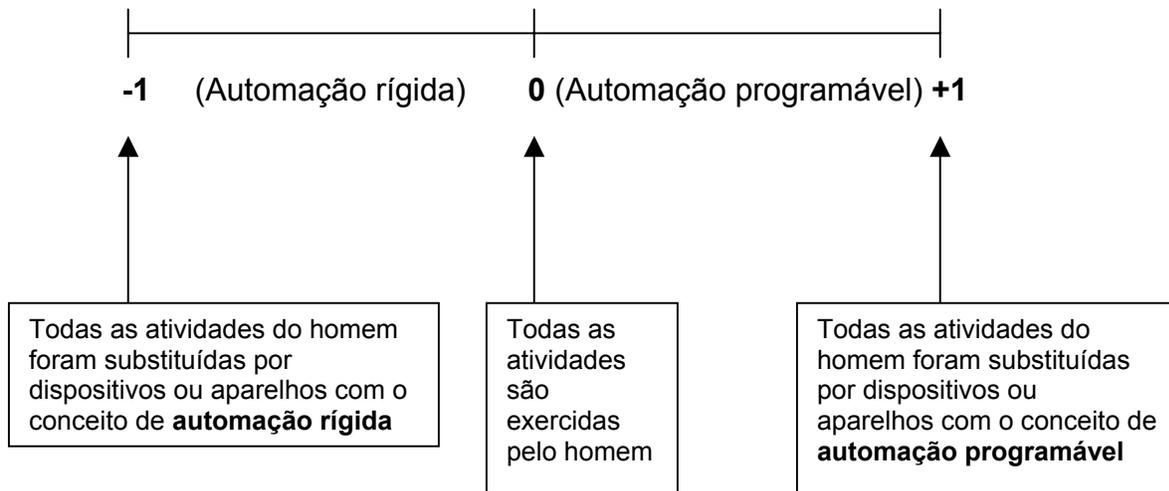


Figura 2.9: Escala de automações rígida e programável [Agostinho, 1995].

## 2.7. Mapeamento do fluxo de valor

O mapeamento do fluxo de valor<sup>7</sup> 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 é particularmente interessante para a redução contínua dos desperdícios. A idéia é obter com ela uma visualização clara dos processos de manufaturas e de alguns de seus desperdícios, bem como diretrizes de análise que auxiliem no projeto de otimização do fluxo e eliminação destes desperdícios.

O mapeamento do fluxo de valor 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

<sup>7</sup> 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.

manufatura. Pode-se estender o mapeamento do fluxo de valor além do processo de fabricação em um sistema de manufatura, mas este não é o foco deste estudo.

O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta que ajuda, entre outras coisas, a visualizar mais do que simplesmente o processo e sim enxergar o fluxo, identifica os desperdícios em tempo de processamento, estoque de materiais, recursos humanos, etc.

Pereira [2002] define que o mapeamento é um dos recursos utilizados para traçar um panorama mais preciso das operações produtivas reais. Trata-se de uma descrição real das atividades com marcação de sua territorialidade, mas sem a utilização de escalas. Assim tem-se a descrição das ações com suas conexões territoriais, mas não se tem noção da distância real das ligações entre as várias atividades que compõem o processo.

Este trabalho se limitará a utilizar esta ferramenta para desenhar o fluxo de materiais do estado atual, com coletas de informações no chão de fábrica de um processo de fabricação de fios de fibras descontínuas no sistema algodão cardado.

Uma importante fonte de desperdício é o excesso de produção, que significa produzir mais, antes, ou mais rápido do que é requerido pela atividade seguinte do processo de fabricação.

O excesso de produção causa todo tipo de desperdício, não somente excesso de estoque e dinheiro alocado naquele estoque [Womack, Jones, Roos, 1992].

O princípio de eliminação de desperdícios implica reconhecer que o desperdício é algo que não adiciona qualquer valor ao produto, sob a ótica do consumidor. Para um adequado entendimento deste princípio, valor é algo que se adiciona à matéria-prima e/ou materiais/partes adquiridas de terceiros (externos ou internos). Ou seja: ao serem transformados do estágio em que foram recebidos para um estágio mais elaborado, os produtos resultantes encontra alguém que deseja adquiri-lo [Nakagawa, 1993].

## 2.8. Considerações

A indústria têxtil brasileira ao longo dos anos teve o seu mercado interno estabelecido, sustentado por políticas de protecionismo às suas fronteiras comerciais e isto ocasionou um desinteresse das empresas em buscar novos investimentos em tecnologias de automação e a adoção de métodos de produção mais eficientes.

A partir da década de 90, com a quebra das barreiras comerciais brasileiras, para os produtos importados e a grande concorrência dos produtos têxteis por menores preços, as empresas nacionais se viram pressionadas a reduzirem seus custos de produção, eliminando ou reduzindo os desperdícios de recursos de manufatura.

A indústria de fiação de fibras curtas (sistema algodão), por fornecer um produto commodity e que compete no mercado primeiramente em preço, sentiu-se ainda mais pressionada a melhorar os seus processos de manufatura substituindo o obsoletismo de suas maquinarias de transformação e apostando em uma maior automação de seus processos.

A manufatura é o grande motor competitivo da empresa, desde que seus processos de fabricação não ocasionem desperdícios e conseqüentemente aumento de custo.

No escopo do Capítulo 2, a redução destes desperdícios, entre outros fatores, significa menos material em processo (redução de estoques), fluxo mais rápido dos materiais (menor tempo de atravessamento) e utilização reduzida de mão-de-obra operacional.

Como forma de reduzir os desperdícios as empresas estão destinando investimentos em novos equipamentos de automação do processo de manufatura. Entre os vários segmentos da indústria têxtil nacional estão as fiações de fibras curtas. Este fato é comprovado nos dados que demonstram a diminuição da idade média dos equipamentos e maquinarias do parque industrial têxtil, com a obtenção de tecnologias com comprovada melhoria e incremento em automação.

Alguns autores como Slack [1993], Garcia [1994] e Rother e Harris [2002] defendem que o investimento em automação industrial agrega mais valor ao produto, ganha-se mais eficiência produtiva e diminui o custo de manufatura.

Outros autores como Harmon [1993] e Vendrameto [1994] discordam da tese de se implantar tecnologias de automação com o intuito de redução dos custos de manufatura alegando que a tecnologia é uma armadilha, a automação raramente reduz o custo de fabricação, gerando inventários desnecessários, inibindo o fluxo dos materiais e criando desperdícios.

Quanto à mão-de-obra operacional, a sua redução está diretamente relacionada ao nível de automação dos processos.

É importante ressaltar que o foco da pesquisa está em avaliar o impacto da automação nos desperdícios do processo de fabricação limitando-se às atividades de transformação de forma e o fluxo dos materiais.

Entre várias definições pode-se adotar que processo de manufatura é um conjunto de atividades por onde fluem os materiais e que visa resultar num produto específico criando valor para os clientes.

Os processos em chão de fábrica são classificados de acordo com as organizações ou arranjos físicos das maquinarias e equipamentos nas atividades.

O importante é que o processo de manufatura tenha como meta realizar apenas atividades que agreguem valor ao produto, ou seja, eliminar ao máximo os desperdícios. Estes valores agregados dão ao sistema de negócio o estado competitivo.

A análise de valor do processo é uma abordagem que envolve o estudo das atividades de transformação de forma dos materiais e compreender o seu fluxo. Tomando o

processo existente no sistema de manufatura como ponto de partida, documenta-se o *lead time* (tempo de atravessamento), a mão-de-obra direta empregada, os estoques e o tempo de ciclo de cada atividade e do processo como um todo.

Pode-se medir o índice de automação aplicado a um processo de manufatura baseando-se nos atributos humanos que foram mecanizados ou automatizados. A automação pode ser agrupada em dois grupos: automação fixa ou rígida e automação programável ou flexível. A primeira decorre da substituição dos esforços mentais humanos por equipamentos mecânicos e a segunda é quando os atributos humanos são substituídos por programas de instruções residente em um computador.

Baseando-se em alguns processos de fiações de fibras curtas (sistema algodão), medindo-se o índice de automação das atividades de transformação de forma e do fluxo dos materiais e mapeando-se o fluxo de valor de cada um destes processos é possível realizar uma análise de como se comporta a variação do grau de automação entre os processo em relação à mão-de-obra operacional empregada, o *lead time* e o estoque de materiais.

## Capítulo 3

### Proposta do Modelo

#### 3.1. Introdução

Baseando-se nos conceitos de automações rígida e programável, explorados no Capítulo 2 deste trabalho, se identificará quais as classes de automações suportam este processo de fabricação, focando as atividades de transformação de forma dos materiais e o fluxo dos mesmos.

Neste capítulo também serão definidos dois indicadores, que ajudarão nas conclusões do trabalho, são eles:

Quociente do Ciclo de Fabricação (QCF), que relaciona o tempo de ciclo de fabricação com o *lead time* do processo

e o

Índice de Mão-de-Obra por Máquina ( $IMO_M$ ), que identifica a quantidade de mão-de-obra direta empregada no processo.

Descreve-se a estrutura da cadeia produtiva têxtil focando o fluxo e as atividades do processo de fabricação de fios de fibras curtas cardado, da abertura dos fardos de fibras à atividade final de enrolamento (conicaleira).

A partir daí faz-se uma análise atual dos dispositivos e equipamentos de automações disponíveis no mercado de máquinas têxteis mundial, para aplicações nos processos de fiações no que tangem a operação das máquinas e o fluxo de materiais.

Como continuidade no desenvolvimento do capítulo será definido em que tipo de processo de fabricação se classifica a fiação de fios cardados no sistema algodão, assim como o tipo de arranjo físico das maquinarias (*lay-out*) no chão de fábrica, que definem as atividades desta manufatura.

No final do capítulo apresenta-se uma metodologia de aplicação do modelo de pesquisa, para avaliar a interferência do índice de automação contido no processo (atividades de transformação de forma e fluxo de materiais) de fabricação, na utilização da mão-de-obra, no *lead time* (tempo de atravessamento do material no processo) e no tempo de ciclo do processo, ou seja, o tempo que se agrega valor ao produto.

### **3.2. Estrutura da cadeia produtiva têxtil**

Para uma melhor elucidação do segmento industrial têxtil, a figura 1.3 apresenta uma ilustração da estrutura de sua cadeia produtiva, na qual é possível observar a interação entre os segmentos fornecedores (equipamentos, produtos químicos, fibras e filamentos) e os sistemas de manufaturas (fios, tecidos planos, malhas e confeccionados).

## ESTRUTURA DA CADEIA PRODUTIVA TÊXTIL

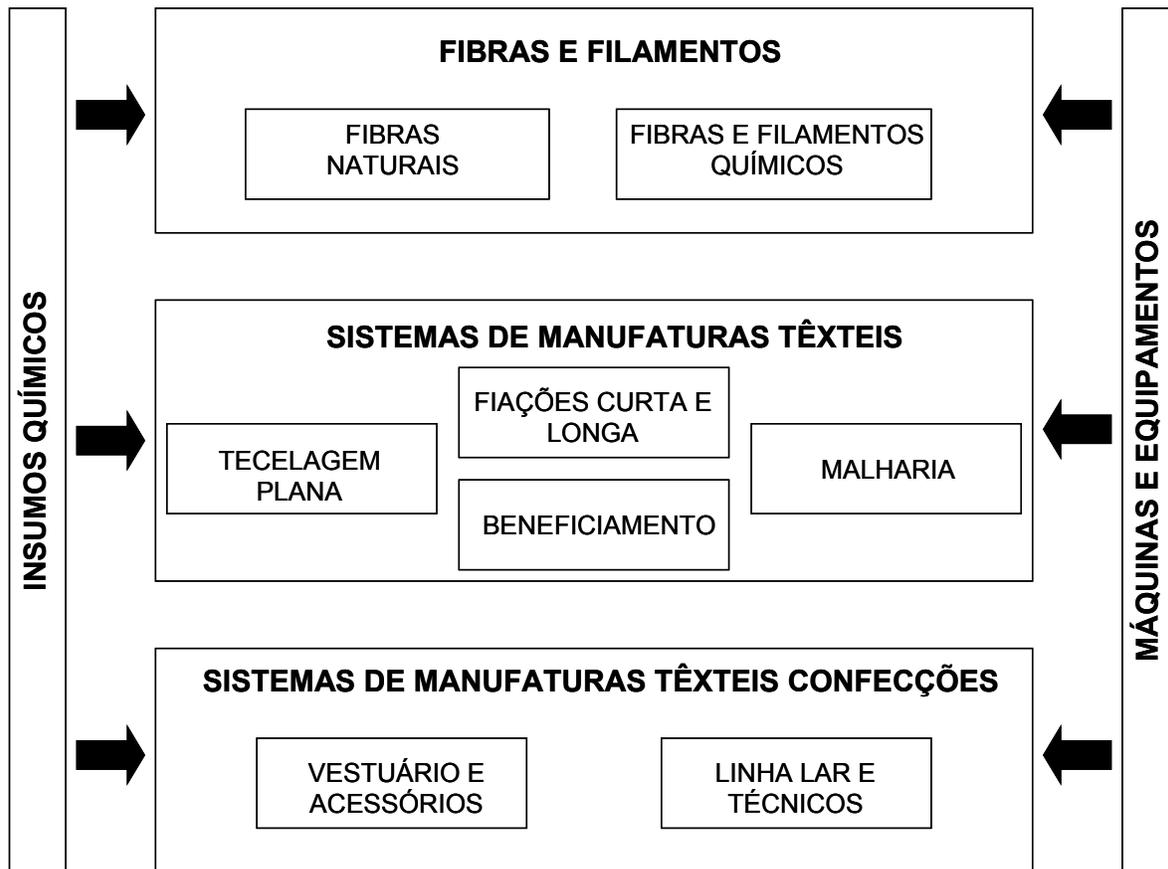


Figura 3.1: Estrutura da cadeia produtiva têxtil.

### 3.2.1. Fluxograma de fabricação de fios de fibra curta cardado

A figura 3.2 mostra cada etapa do processo de manufatura de fios cardados (fiação de fibras curtas), que será descrita, na seqüência, de forma genérica.

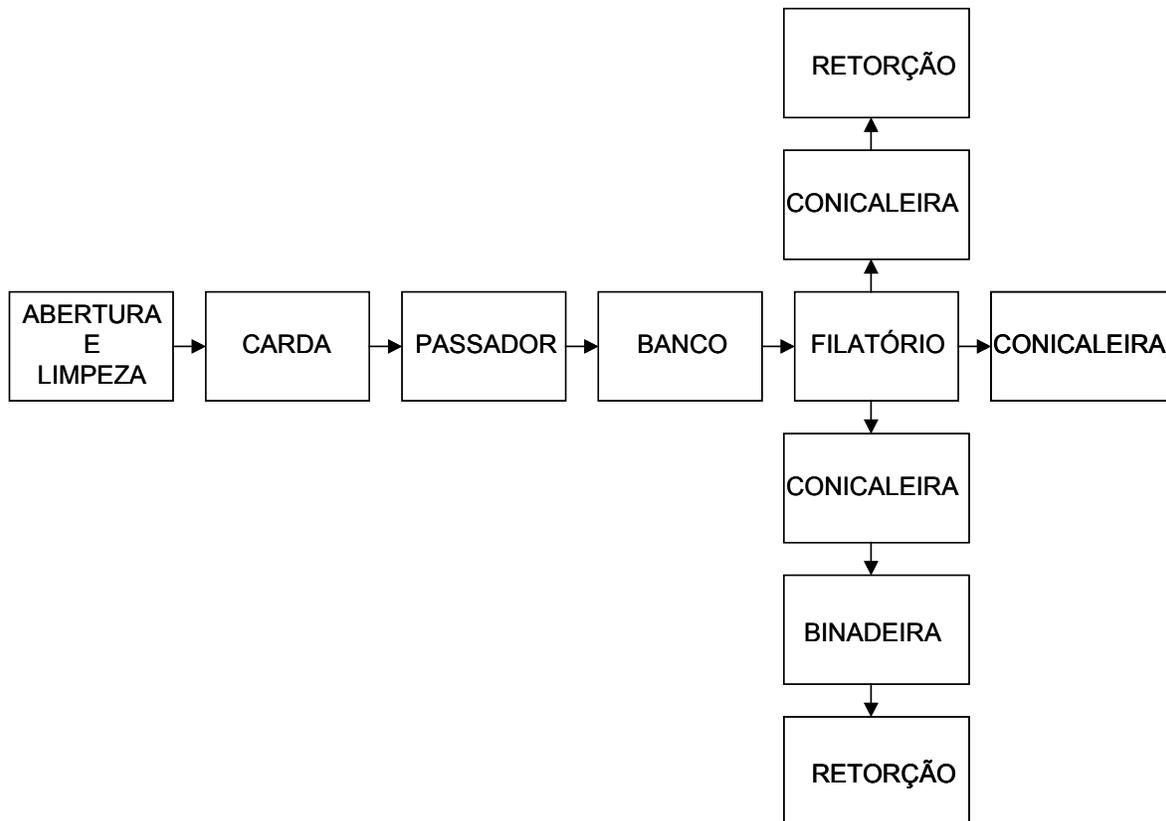


Figura 3.2: Fluxos de processos em manufatura de fios 100% algodão ou misturas com outras fibras. Fiação curta cardada.

A fiação de fibras descontínuas é um conjunto de atividades que compreendem o tratamento dos diversos materiais fibrosos sejam de origem natural ou química (artificiais ou sintéticas), até a sua transformação em fio.

O princípio de produção destes fios consiste em limpar as fibras, paralelizá-las em forma de mechas, que a sua vez são estiradas (afinadas) e torcidas para formar o fio.

### 3.2.2. Atividades do processo de fabricação

A abertura e limpeza do algodão prensado consistem na descompactação e retirada das principais impurezas, como caroços e cascas e formação de uma manta. Estas operações são efetuadas na sala de abertura por abridores e batedores.

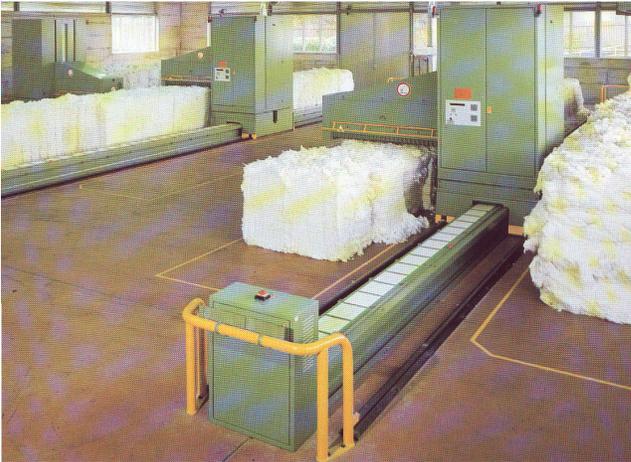


Figura 3.3: Abridor de fardos.



Figura 3.4: Linha de mistura e limpeza.

A carda é a segunda atividade do processo, que completa a limpeza e faz a primeira paralelização das fibras através da estiragem, formando uma mecha de fibras homogênea. A alimentação das fibras nas cardas, para as tecnologias mais modernas, é feita por fluxo de ar através de uma tubulação (alimentação direta).

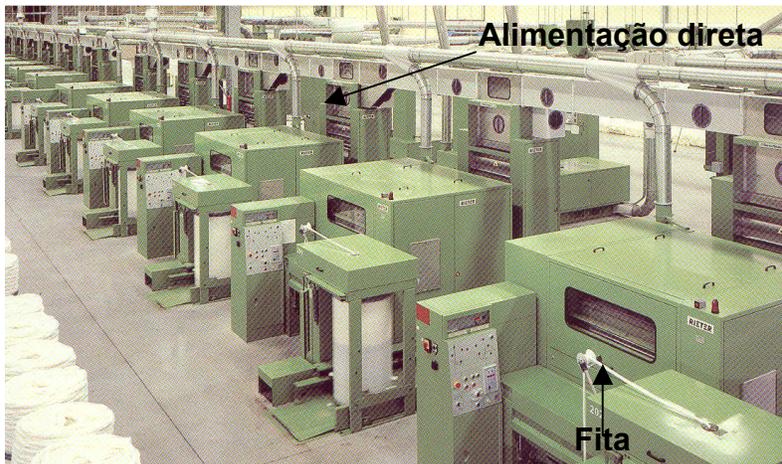


Figura 3.5: Cardas.

A paralelização e homogeneidade da mistura das fibras se completam no passador através da duplicação (dublagem) na entrada da máquina e da estiragem através do trem de estiragem. Na saída forma-se uma mecha de fibras bem mais regular.



Figura 3.6: Passadores.

Após o passador, as mechas de fibras (acondicionadas em latas) são alimentadas no banco ou maçarqueira, que sofrem nova estiragem, melhorando o paralelismo. Nesta máquina ocorre uma pequena torção das fibras, compactando-as em uma mecha mais fina denominada pavio. O pavio de fibras é acondicionado em pequenos tubos formando a maçaroca.



Figura 3.7: Banco ou Maçarqueira.



Figura 3.8: Latas com mechas.

As maçarocas são alimentadas no filatório ou *ring*. Os pavios passam por um sistema de estiragem que irá reduzir drasticamente a quantidade de fibras na secção transversal. Imediatamente após a saída das fibras do sistema de estiragem as mesmas são torcidas através da composição de dois elementos: anel e viajante. Com a torção das fibras há a formação do fio, que é enrolado em pequenos tubos denominados tubetes.

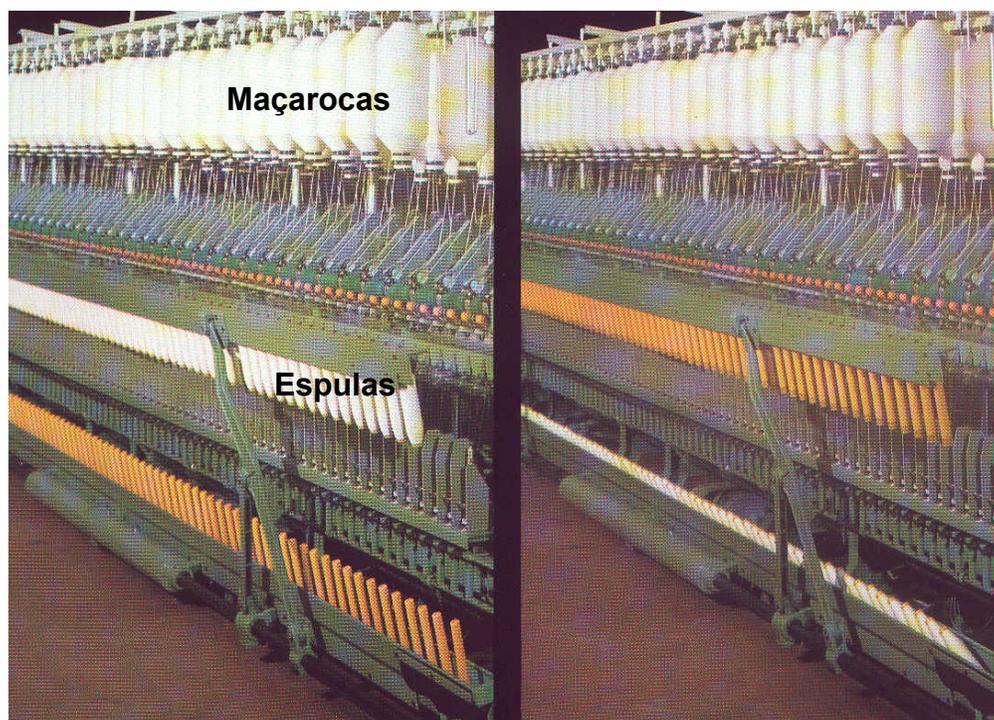


Figura 3.9: Filatório com troca automática de espulas.

As conicaleiras repassam os fios dos tubetes para os cones, que têm capacidade de acondicionar uma massa maior de fios. Um cone de fio de algodão tem uma massa aproximada de 2,5 kg.



Figura 3.10: Conicaleira.

Os processos de fiação convencional de fibras descontínuas produzem fios, que são geralmente designados por fios simples ou singelos, cuja característica essencial é o fato de as fibras componentes se encontrarem torcidas em espiral à volta do eixo do fio. É possível reunir dois ou mais fios simples, combinando-os por meio de torção de modo a produzir um fio retorcido com características bem diferentes. A máquina normalmente utilizada para produzir fios retorcidos é conhecida por retorceadeira<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Uma descrição detalhada de cada etapa do processo de fiação do sistema algodão cardado encontra-se no Manual de Engenharia Têxtil [Araújo, 1994].



Figura 3.11: Retorcedeira.

### **3.3. Análise do estágio atual de automação em fiação – sistema de chão de fábrica.**

Os computadores constituem hoje num dos recursos mais utilizados para o fluxo de informações dentro de um sistema de manufatura, auxiliando nas funções de gerenciamento, planejamento e controle, automatizando os sistemas de engenharia, suporte, negócios e chão de fábrica.

No chão de fábrica as automatizações controlam as operações ou atividades dos processos de transformação física dos materiais assim como no fluxo destes materiais em cada uma destas atividades.

Nesta análise serão abordados os níveis atuais em automação das máquinas de fiação responsáveis pela transformação dos materiais no processo de fiação cardada de fibras curtas (sistema algodão), assim como para o fluxo deste material (transporte) entre as atividades do processo.

Para o levantamento e descrição deste estágio foi pesquisado junto aos fornecedores de equipamentos e maquinarias de fiação os níveis atuais de automação oferecidos às indústrias têxteis deste segmento.

### **3.3.1. Automações em atividades de transformações no processo de fabricação**

- Linha de abertura

A retirada das camadas de fibras dos vários fardos que compõem a mistura é executada automaticamente mantendo-se a uniformidade da massa de fibras e a alimentação intermitente para não interromper o fluxo de materiais.

Regulagem automática do nível de eliminação das impurezas contidas na massa de fibras em função da quantidade de desperdício de material fibroso que se deseja, quando da ação mecânica de limpeza. Dispositivos de análise do material eliminado na limpeza, com identificação da eficiência da limpeza, os danos ocasionados às fibras e a perda de fibras boas.

O transporte da massa fibrosa desde o abridor até a alimentação das cardas, passando pelos pontos de limpeza e mistura, ocorre através de um fluxo unidirecional de ar por tubulações (alimentação direta).

- Cardas

A alimentação da manta de fibras nas cardas é direta e automática e trás progressos tecnológicos decisivos, garantindo a alimentação de uma manta com alta regularidade de massa. A alimentação do material se efetua diretamente desde a última máquina de abertura e limpeza de modo que não se necessita de uma máquina de alimentação especial. O controle do fluxo de material é automático e detectado por fotocélulas e de acordo com a produção da carda.

As cardas atuais possuem mudança automática das latas cheias por vazias (troca de latas), com movimentação rotacional ou linear. No instante em que a lata é completada a máquina desliga automaticamente efetuando a troca.

Na saída da carda há uma medição continuada da massa de fibras por comprimento de fita. Se houver uma variação acima ou abaixo da massa definida a máquina corrige automaticamente a velocidade de entrada e de saída (regulagem da uniformidade de mecha produzida).

- Passadores

A limpeza do trem de estiragem é feita automaticamente.

As máquinas possuem sistema autoregulador, com medição da massa de fibras e suas variações na entrada do passador antes do trem de estiragem. A variação da massa é imediatamente corrigida com alterações da frequência dos cilindros do trem de estiragem. O tempo de correção é da ordem de milisegundos e o comprimento de correção das mechas ocorre em centímetros. A tarefa desse dispositivo é eliminar todas as variações de massa contidas nas mechas de alimentação do passador.

Os passadores são equipados com sistemas de trocas automáticas das latas em sistema similar às cardas.

Quando do rompimento de uma mecha de fibras, tanto na entrada do passador quanto na saída, a máquina interrompe o seu funcionamento automaticamente.

- Maçaroqueiras

Nas maçaroqueiras a arriada das maçarocas da máquina pode ser manual ou automática. Na arriada manual a máquina apresenta as maçarocas cheias em posição para que o operador retire-as e alimente os fusos com tubos vazios e reinicie a produção. Nas maçaroqueiras automáticas estas arriadas são processadas automaticamente, após o complemento de uma carga de pavio nas maçarocas a máquina para e substitui todos os fusos com maçarocas cheias por tubos vazios reiniciando a produção automaticamente. Este

procedimento é realizado sem a presença do operador e consome um tempo aproximado de 5 minutos.

Após a arriada da máquina as maçarocas cheias são alimentadas automaticamente em uma linha que as transportará até os filatórios. Neste sistema não há a utilização de carrinhos de transporte e ausência de mão de obra operacional.

Quanto à emenda automática de pavios rompidos há pesquisas promovidas pelos fabricantes de máquinas, mas até agora esses dispositivos ainda não se encontram totalmente desenvolvidos.

- Filatórios

Os filatórios a anel têm sua automação concentrada nos dispositivos de descarga (arriada) automática e outros equipamentos destinados ao controle de processo. Na arriada automática o filatório retira as espulas cheias de fio dos fusos e substitui por espulas vazias. As espulas cheias são despejadas em uma caixa para serem transportadas manualmente até as conicaleiras.

Aproximemo-nos dos robôs de emendas de fios no filatório de anéis. Eles são conhecidos há muito tempo, mas não tiveram bom êxito quando instalados nas fábricas. Eram problemáticos, não confiáveis e apresentavam baixa eficiência. O primeiro robô para emendas de fios realmente convincente é o ROBOfil, da Rieter. Porém, como no caso dos outros, seu preço é muito alto e as aplicações econômicas do mesmo só podem ser conseguidas, se tanto, nos países altamente industrializados [Itma-Preview, 1995].

- Conicaleiras

As conicaleiras podem ser equipadas com um dispositivo para a limpeza automática das espulas, que eliminam os resíduos de fios.

As máquinas também são equipadas com um carro que executa o descarregamento do cone cheio e introduz um cone vazio na posição de enrolamento (troca automática de cones). Este carro percorre toda a extensão da máquina.

Para cada posição de enrolamento as conicaleiras possuem emendas automáticas das pontas dos fios provenientes da espula (desenrolamento) e do cone (enrolamento). Estes pontos de emenda podem ser através de nós, entrelaçamento das fibras (*splicer*) ou torção das fibras (*twinsplicer*).

Os defeitos de pontos grossos nos fios são eliminados automaticamente através dos purgadores eletrônicos.

### **3.3.2. Automações em fluxo de materiais no processo de fabricação**

As soluções em transporte de materiais nas fiações cardadas do sistema algodão são um importante passo para otimizar as operações manuais e assegurar a qualidade dos produtos ao longo do processo de fabricação. As alternativas de aplicações entre as atividades do processo são:

- Transporte de latas

Este transporte pode ser efetuado das cardas para os passadores. As latas cheias de fitas de fibras provenientes das cardas são transportadas por robôs ou por monovias aéreas a um setor de estoque intermediário, para alimentação dos passadores. As latas vazias provenientes dos passadores retornam às cardas por uma segunda linha de transporte.

O transporte de latas também se dá entre os passadores (primeira e segunda passagens) e dos passadores para a maçarocadeira.

- Transporte de maçarocas

O transporte automático de maçarocas se dá através de trilhos aéreos que interligam as maçaroqueiras aos filatórios. As maçarocas ficam circulando entre os filatórios, para que os operadores façam a alimentação dos fusos. Este sistema pode ser instalado tanto em maçaroqueiras de arriada automática como manual.

Esta operação de transporte permite que o operador, que trabalha nos filatórios, disponha de todo tempo para atender as rupturas de fios. Não há o deslocamento do operário para buscar maçarocas em um estoque intermediário, o fluxo de materiais entre as máquinas é o estoque intermediário..

- Transporte de espulas

Os fabricantes de máquinas oferecem sistemas excelentes para a entrega das espulas com fio descarregadas dos filatórios.

Os filatórios podem ser conectados às conicaleiras (*linking*), sendo assim as espulas cheias são transportadas através de trilhos para as posições de enrolamento nas conicaleiras e as espulas vazias retornam automaticamente aos filatórios. Este sistema garante a eliminação das grandes distâncias de transporte de materiais entre o filatório e a conicaleira.

Uma versão mais simples é o descarregamento automático das espulas cheias, pós a arriada do filatório, em carrinhos, para serem transportados manualmente até a conicaleira.

- Transporte de cones

Os cones enrolados nas conicaleiras poderão ser transportados automaticamente para o setor de embalagem ou para a alimentação das retorcedeiras, caso o produto final seja fio retorcido. Em ambos os processos o transporte se faz através dos suportes de cones em trilhos que percorrem a distância entre a conicaleira e a embalagem ou entre a conicaleira e a retorcedeira.

A alimentação dos cones nos suportes se faz manualmente ou com o emprego de um robô (*bobbin charging robot*).

Na tabela 3.1 faz-se um resumo do estágio atual de automação disponível para aplicação nas atividades de transformação de forma e característica e fluxo (transporte) dos materiais no processo.

Automações em Atividades de Transformação do Processo e Fluxo de Materiais	Atividades do Processo								
	Abertura	Linha de	Cardas	Passadores	Maçarocqueira	Filatório	Conicaleira	Biradeira	Retorcedeira
Retirada das camadas de fibras dos fardos.									
Análise do material eliminado na limpeza.									
Regulagem do nível de eliminação das impurezas.									
Alimentação direta de fibras.									
Controle automático do fluxo de materiais.									
Troca das latas cheias por vazias na saída da máquina.									
Transporte das latas cheias ou vazias.									
Regulagem da uniformidade da massa de fibras na mecha (Autorregulador).									
Limpeza do trem de estiragem da máquina.									
Parada da máquina quando da ruptura da mecha de fibras.									
Emenda de pavios rompidos.									
Alimentação de maçarocas na linha de transporte.									
Transporte das maçarocas cheias e vazias.									
Parada da máquina quando da ruptura do pavio de fibras.									
Arriada das maçarocas (trocar as maçarocas cheias por vazias).									
Arriada das espulas (troca de espulas cheias por vazias).									
Emenda de fios rompidos.									
Alimentação de espulas cheias em carrinho.									
Transporte das espulas cheias ou vazias.									
Limpeza das espulas.									
Troca automática de cones (cheios por vazios).									
Alimentação dos cones na linha de transporte.									
Transportar cones cheios ou vazios.									
Alimentar os fusos da conicaleira com espulas.									

Tabela 3.1: Estágio de automação das maquinarias e equipamentos têxteis de fiação: atividades de transformação e transporte de materiais.

### 3.4. Classificação do processo de fabricação de fios têxteis no sistema de chão de fábrica

A classificação do processo de fabricação de fios têxteis, a partir de fibras de algodão ou misturas de fibras, no sistema cardado, será definida considerando-se as características tecnológicas das atividades de transformação de forma e o fluxo dos materiais, ou seja, quais são as maquinarias dispensadas para a produção destes fios e de que forma os materiais fluem ao longo do processo composto por estas maquinarias.

Assim sendo o sistema de chão de fábrica fica representado na figura 3.12 como sendo:

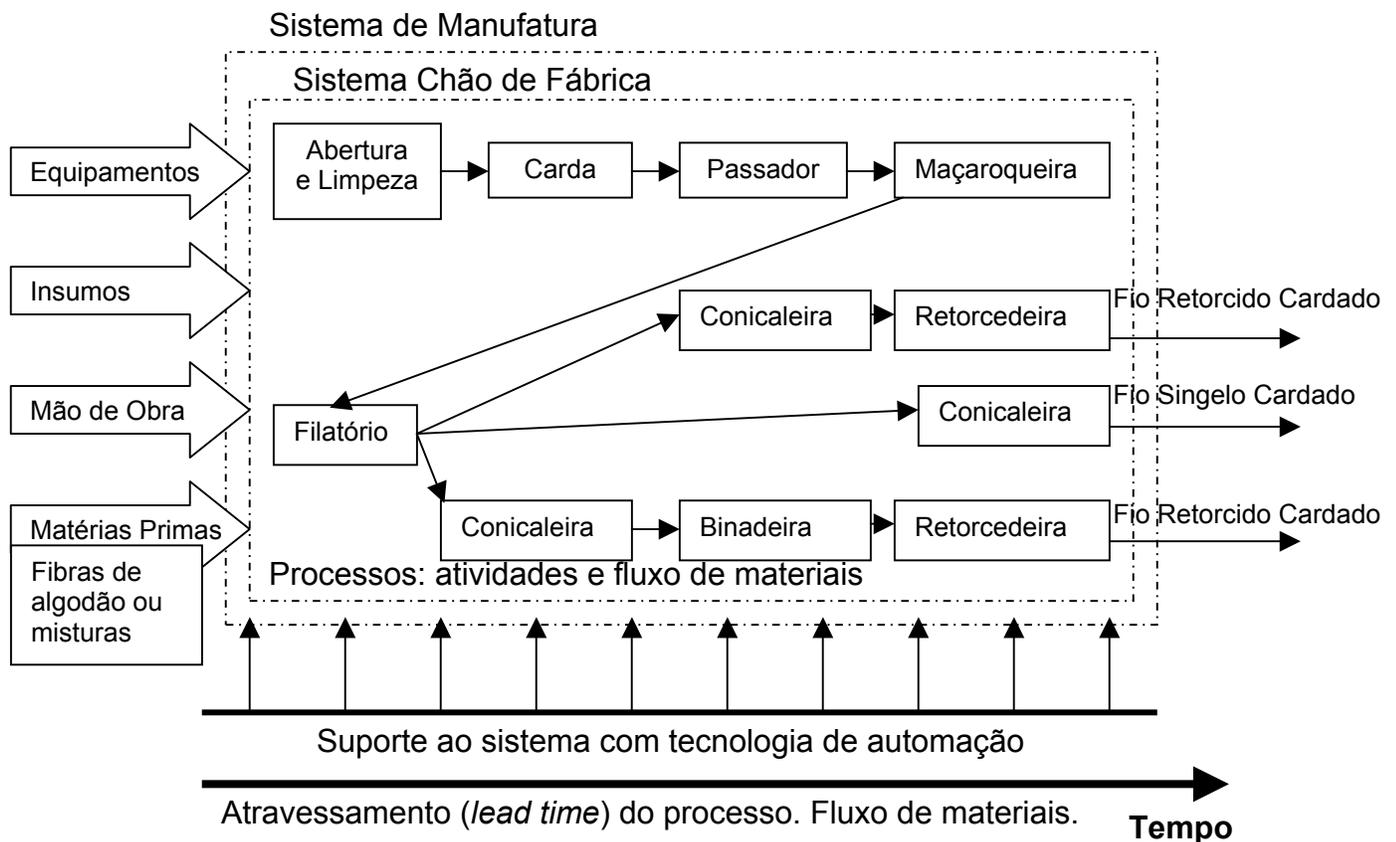


Figura 3.12: Sistema chão de fábrica: fiação algodão cardado.

O conjunto de atividades estruturadas que compõem o processo de fabricação de fios cardado do sistema algodão é funcional, ou seja, os materiais se movimentam de

atividade em atividade até a constituição do produto final. A produção é focalizada no processo e o arranjo físico é por processo. Todas as máquinas de um mesmo tipo (cardas, passadores, maçarqueiras, etc) são dispostas juntas, compondo um arranjo físico que privilegia a especialização por atividade. As máquinas que realizam atividades semelhantes ficam agrupadas em um espaço pré-definido no sistema chão de fábrica.

Ao longo de todo o processo de fiação existem muitas operações, entre atividades de transformações físicas e fluxo dos materiais, que podem ser automatizadas ou simplesmente mecanizado. O nível de automação ou mecanização depende de que atributo humano se está substituindo, quanto mais elevado o atributo maior o índice de automação. Em um ambiente industrial (chão de fábrica) a automação é uma tecnologia aplicada ao processo através de sistemas mecânicos e eletrônicos, a base de computadores, que substituirão diversas operações executadas com recursos humanos.

Se a análise dos níveis de automação de um processo de fabricação de fios têxteis for realizada quanto às operações de carregamento da máquina, ciclo da máquina, descarregamento da máquina e transferência de materiais entre atividades, concluiremos por hipótese que atualmente o nível máximo que se pode obter está entre 3 e 4, em limites que variam de 1 a 5<sup>9</sup>.

O fio têxtil por ser um produto *commoditie* o seu volume de produção em um processo de fiação é alto (produção em massa), a variedade de produtos é pequena (poucas trocas de produtos no processo) e há a utilização de maquinarias e equipamentos especiais, com atividades seqüenciais<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> Hipótese baseada em classificação dos níveis de automação feita por Rothler e Harris [2002], contida na tabela 2.5 do capítulo 2 desta pesquisa.

<sup>10</sup> Classificação determinada a partir de conceitos definidos por Groover [1981, p.20], abordado no capítulo 2, figura 2.6.

A automação empregada é classificada como fixa ou rígida, o atributo humano é substituído por dispositivos ou equipamentos mecânicos, sem a necessidade de implantação de programas sofisticados de instruções em computadores<sup>11</sup>.

No processo de fiação, estes atributos humanos são identificáveis nas operações exercidas pelo homem (recurso humano). A seguir relata-se quais são estas operações em cada atividade (estação de trabalho) do processo e entre as atividades (tabela 3.2).

---

<sup>11</sup> Afirmação suportada em definições de Agostinho [1995] sobre tipos de automações.

Operações	Atividades do Processo							
	Linha de Abertura	Cardas	Passadores	Maçaroqueira	Filatório	Conicaleira	Biradeira	Retorcedeira
Transportar os fardos para a linha de abertura.	1							
Retirar as cintas metálicas dos fardos.	1							
Posicionar os fardos na entrada da linha de abertura.	1							
Retirar as camadas de fibras dos fardos.	1							
Regular o nível de eliminação das impurezas.	1							
Retirar o rolo de mantas.	1							
Transportar as fibras para cardagem.	1							
Alimentar as fibras da abertura para a carda.		1						
Trocar as latas cheias por vazias na saída da máquina.		1	1					
Transportar as latas cheias ou vazias.		1	1	1				
Alimentar as latas nos passadores.			1					
Recolher as impurezas das máquinas.	1	1	1	1	1	1		
Limpar o trem de estiragem da máquina.			1	1	1			
Parar a máquina quando da ruptura da mecha de fibras.		1	1	1				
Parar a máquina quando da ruptura do pavio de fibras.				1				
Transportar as maçarocas cheias e vazias.				1	1			
Alimentar as latas nas maçaroqueiras.				1				
Arriar as maçarocas (trocar as maçarocas cheias por vazias).				1				
Arriar as espulas (trocar as espulas cheias por vazias).					1			
Alimentar os fusos das máquinas com maçarocas.					1			
Emendar fios rompidos.					1	1	1	1
Troca dos viajantes.				1	1			
Transportar as espulas cheias ou vazias.					1	1		
Alimentar os fusos da conicaleira.						1		
Retirar cones cheios das máquinas.						1	1	1
Limpar restos de fios das espulas.						1		
Transportar cones cheios ou vazios.						1	1	1
Alimentar os fusos das máquinas com cones cheios ou vazios.							1	1
Troca de parafina.						1		1
<b>Total de operações</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

Tabela 3.2: Operações de mão-de-obra no processo de fiação.

É importante observar que na tabela 3.2 estão relacionadas as operações nas atividades de transformação e fluxo de materiais no processo de fabricação.

### 3.5. Determinação do índice de automação<sup>12</sup>

Para medida do índice de automação do processo de fabricação no sistema chão de fábrica adotou-se para o modelo o seguinte quociente:

$$i_{A_R} = \frac{n_{A_R}}{n_T} \quad \text{(equação 1)}$$

Onde:

$i_{A_R}$  = Índice de automação rígida no processo

$n_{A_R}$  = número de operações executadas pelo homem, substituídas por dispositivos ou equipamentos de automação rígida.

$n_T$  = número total de operações exercidas pelo homem.

Sendo:

$$-1 \leq i_{A_R} \leq 0$$

$i_{A_R} = 0$  → significa ausência total de automação rígida, ou seja, todas as atividades no processo de fabricação do sistema de chão de fábrica são exercidas pelo homem.

---

<sup>12</sup> Este índice foi adotado a partir de estudos realizados por Agostinho [1995] e que são abordados no capítulo 2 deste trabalho. A conclusão em se aplicar o índice de automação rígida está fundamentada neste capítulo no item de classificação do processo de fabricação de fios têxteis.

$i_{A_R} = -1 \rightarrow$  significa que todas as atividades no processo de fabricação são executadas com aplicação de sistemas de automações rígidas. É importante salientar que este índice máximo é limitado pelo que o mercado oferece como tecnologia comprovada em equipamentos ou dispositivos de automação.

A mensuração do número de atividades do homem substituídas por dispositivos ou equipamentos de automação rígidas ( $n_{A_R}$ ) é determinado por análise da aplicação dos itens de automações nas atividades de transformações de formas e características e fluxo de materiais no processo de fabricação do sistema chão de fábrica.

### **3.6. Determinação do quociente do ciclo de fabricação<sup>13</sup>**

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:

$$\text{Quociente do Ciclo de Fabricação (QCF)} = \frac{\text{Tempo de Ciclo do Pr ocesso (TCP)}}{\text{Lead Time do Pr ocesso}}$$

**(equação 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 tempo em que o material leva para atravessar todo o processo, ou seja, o tempo em que o material fica parado esperando para ser receber algum valor.

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

O gráfico 3.1 mostra, qualitativamente, a variação do tempo destinado a agregar valor ao produto em relação ao quociente do ciclo de fabricação (QCF) em um processo de manufatura.

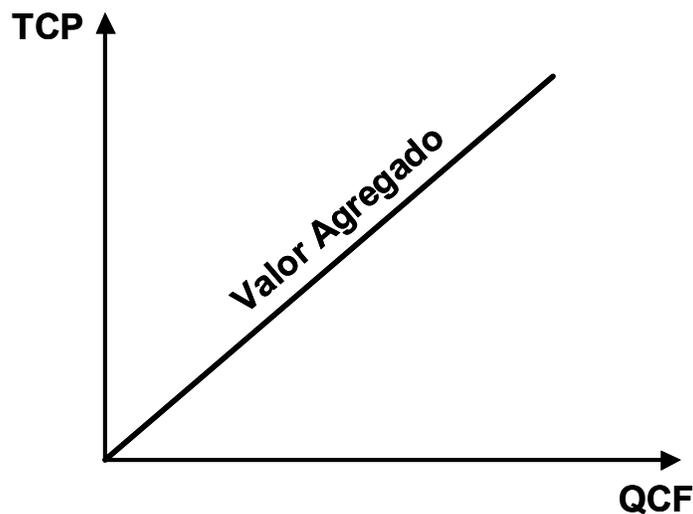


Gráfico 3.1: Variação do tempo de agregação de valor ao produto em relação ao quociente do ciclo de fabricação.

O tempo de ciclo do processo (TCP) é a somatória dos tempos de ciclo em cada atividade (TC), ou seja:

---

<sup>13</sup> Indicador definido nesta pesquisa.

$$\text{Tempo de Ciclo do Processo (TCP)} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{TC}_i \quad (\text{equação 3})$$

Para definir qual é o tempo de ciclo em cada atividade adotou-se a seguinte equação:

$$\text{TC} = \frac{D_p}{P_M \times \text{TU} \times N \times T} \quad (\text{equação 4})$$

onde se tem:

TC = Tempo de ciclo da atividade (em dias)

$D_p$  = Demanda do produto no processo e que deverá ser produzido pela máquina que compõe a atividade (em kg/dia). Esta demanda é identificada no mapa do fluxo de valor do processo.

$P_M$  = Capacidade de produção da máquina para um rendimento de 100% (em kg/h/máquina).

TU = Rendimento da máquina na atividade (em %).

N = Número de máquinas que compõe a atividade do processo.

T = Tempo de produção da atividade em um dia. Este tempo é identificado no mapa do fluxo de valor do processo como jornada de produção (em h).

### 3.7. Determinação do índice de mão-de-obra por máquina<sup>14</sup>

O emprego da mão-de-obra no processo foi definido em um indicador denominado Índice de Mão-de-Obra por Máquina ( $\text{IMO}_M$ ) 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:

---

<sup>14</sup> Indicador definido nesta pesquisa.

$$IMO_M = \frac{\text{Mão de Obra Total Empregada no Processo}}{\text{Número de Máquinas no Processo}} \quad \text{(equação 5)}$$

Os valores de mão-de-obra e de máquinas destinadas a cada processo são obtidos no mapa do fluxo de valor.

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.

### **3.8. Modelo proposto**

A metodologia para o desenvolvimento da pesquisa é composta de uma seqüência que engloba a identificação das atividades do processo de manufatura e o fluxo dos materiais, assim como as automações empregadas.

As atividades e fluxo dos materiais do processo são mostrados através do desenho de mapeamento do fluxo de valor, com mensuração da mão-de-obra empregada, a quantidade de máquinas envolvidas na atividade, o tempo útil de ocupação destas máquinas, sua capacidade de produção e o tempo de ciclo de cada atividade.

Com a utilização de uma tabela identificam-se as operações que foram automatizadas em cada atividade de transformação do processo e também para as operações responsáveis pelo fluxo dos materiais entre as atividades.

Dos dados obtidos do mapeamento do fluxo de valor e das tabelas indicadoras das operações automatizadas calculam-se o índice de automação do processo, o tempo de ciclo do processo e o índice de mão-de-obra por máquina.

Os passos do modelo estão descritos na seqüência.

**Passo 01:**

Identificar a estrutura da cadeia produtiva, com definição do fluxograma e das atividades de fabricação.

**Passo 02:**

Analisar o estado atual em automação dos processos de fabricação em chão de fábrica definido pela tecnologia mais recente, para as atividades de transformação e fluxo dos materiais.

**Passo 03:**

Classificação do tipo de automação (rígida ou flexível) aplicada no processo de fabricação, focando-se nas características tecnológicas das atividades de transformação de forma e o fluxo dos materiais.

**Passo 04:**

Quantificar as operações executadas pelo homem em cada atividade de transformação e no fluxo de materiais. Esta quantificação é definida para o processo com ausência de automação.

**Passo 05:**

Mapear o fluxo de valor do processo apontando os estoques de materiais, a mão-de-obra empregada nas atividades, o número de máquinas, o tempo útil de ocupação das máquinas, a capacidade de produção de cada máquina e a jornada de trabalho do processo.

**Passo 06:**

Quantificar o número de operações, nas atividades de transformação e no fluxo de materiais, executadas pelo homem, que são substituídas por dispositivos ou equipamentos de automação.

**Passo 07:**

Calcular o índice de automação do processo (**equação 1**).

**Passo 08:**

Calcular o tempo de ciclo de cada atividade – TC (**equação 4**), o tempo de ciclo do processo – TCP (**equação 3**) e o *lead time* (dado retirado do mapa do fluxo de valor).

**Passo 09:**

Calcular o quociente do ciclo de fabricação do processo - QCF (**equação 2**).

**Passo 10:**

Calcular o índice de mão-de-obra por máquina –  $IMO_M$  (**equação 5**).

A análise dos dados da pesquisa não se propõe a extrapolar os limites das empresas de fiação estudadas e fazer generalizações a respeito de todo o setor têxtil nacional. Assim tomou-se o cuidado de evitar que as conclusões fossem extrapoladas para todas as empresas têxteis, nos vários segmentos, do parque industrial brasileiro.

Na análise da proposta definida na pesquisa, procurou-se identificar critérios objetivos, para avaliar o nível tecnológico em automação, os estoques de materiais, o *lead*

*time* (tempo de atravessamento), o emprego de mão de obra e o tempo de ciclo de cada atividade componente dos processos de manufaturas industriais das empresas estudadas.

### 3.9. Considerações

As atividades de transformação de forma e característica do processo de fabricação de fios de fibras curtas cardado, que inicia com a abertura dos fardos de fibras e finaliza com o enrolamento dos fios na conicaleira, têm atualmente alguns pontos de automações de operações, que substituem a aplicação do recurso de mão-de-obra no processo. Estas automações também são empregadas para o transporte (fluxo) de materiais entre atividades.

As automações empregadas, tanto nas atividades de transformação de forma e característica como no fluxo dos materiais, são rígidas ou fixas, pois as tecnologias de automação que substituí os atributos humanos não necessitam de programas computacionais complexos e sofisticados. A partir desta conclusão definiu-se o índice de automação rígida ( $i_{A_r}$ ) como o indicador do nível de automação do processo de fabricação.

O quociente do ciclo de fabricação (QCF) é um indicador que relaciona o tempo de ciclo do processo de fabricação com o tempo de atravessamento (*lead time*) dos materiais por este processo, sendo que o *lead time* é a somatória dos tempos que os materiais consomem no transporte entre as várias atividades ou que ficam parados a espera de processamento.

A mensuração da mão-de-obra utilizada no processo ocorre através do índice de mão-de-obra por máquina ( $IMO_M$ ), que divide o total de mão-de-obra empregada no processo pelo número de máquina que compõe este processo.

A classificação do processo de fabricação de fios têxteis (algodão ou misturas), no sistema cardado é funcional, a produção é focalizada no processo e o arranjo físico é por processo. Todas as máquinas de uma determinada atividade são agrupadas em uma área, privilegiando o *lay-out* funcional.

Os fios têxteis de algodão ou misturas cardados são considerados como produtos commodities e seus processos são constituídos para produção em massa. As variações (trocas) de produtos são poucas, pois as maquinarias e equipamentos utilizados são especiais e específicos para produção de determinados fios.

## **Capítulo 4**

### **Estudo de Caso**

#### **4.1. Introdução**

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.

Neste capítulo se faz a aplicação da metodologia proposta no capítulo anterior em seis processos de fabricação de fios no sistema cardado de fibras curtas.

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.

Para cada processo serão apresentados:

- Mapa do fluxo de valor mostrando cada uma das atividades de transformação de forma e característica dos materiais. Na caixa de dados estão quantificados:
  - a mão-de-obra empregada nas operações para um turno de trabalho de 8h,
  - o número de máquinas,
  - o tempo de ciclo (TC) em dias para produção de 1.000 kg de fio e
  - o tempo útil de ocupação das máquinas (TU), em %.
  - a capacidade de produção de cada máquina em kg/h.
- Fluxo dos materiais, identificando os estoques de materiais no armazém de matéria prima, entre as atividades e na expedição.
- *Lead time*, determinado como sendo a somatória dos dias de estoque de materiais na atividade e entre as atividades do processo. Para o cálculo do *lead time* foram excluídos os estoques de materiais no armazém de matéria prima e na expedição, pois não foram analisadas as automações nestas atividades.
- Mão-de-obra por máquina.
- Tempo de ciclo do processo (TCP). O tempo de ciclo do processo é a somatória do tempo de ciclo (TC) das atividades. O tempo de ciclo das atividades foi calculado para a demanda de produto no processo.
- Número total de operações exercidas pelo homem no processo, quando da ausência de automação ( $n_T$ ).
- Número de operações executadas pelo homem que são substituídas por dispositivos ou equipamentos de automação rígida ( $n_{A_R}$ ).
- Quociente do ciclo de fabricação (QCF).
- Índice de automação rígida aplicada no processo ( $i_{A_R}$ ).

- Tabela preenchida com as automações implementadas em cada atividade do processo e no fluxo (transporte) de materiais. Desta tabela sairá o número de operações em que se utilizam dispositivos ou equipamentos de automação ( $n_{A_R}$ )
- Tabela contendo as operações em cada atividade, de onde será extraído o número total de operações exercidas pelo homem quando da ausência de automação ( $n_T$ ).

No final do capítulo relacionam-se os seis processos com os resultados dos respectivos índices de automações, quocientes dos ciclos de fabricações e quantificações da mão-de-obra por máquina.

A partir destes dados traçam-se dois gráficos que mostram a tendência de comportamento do quociente do ciclo de fabricação e da quantificação da mão-de-obra, quando da variação do índice de automação do processo.

## **4.2. Aderência do modelo aos processos.**

### **4.2.1. Processo I**

Fiação em processo cardado para fabricação de fios no título 1/30 Nm, com mistura de fibras de acrílico (PAC) e algodão (CO) na proporção de 50%/50%.

Produto: Fio no Título 1/30 Nm, 50% Acrílico e 50% Algodão.  
 Jornada de produção: 24 h/dia

Data do Mapeamento: 02/07/02

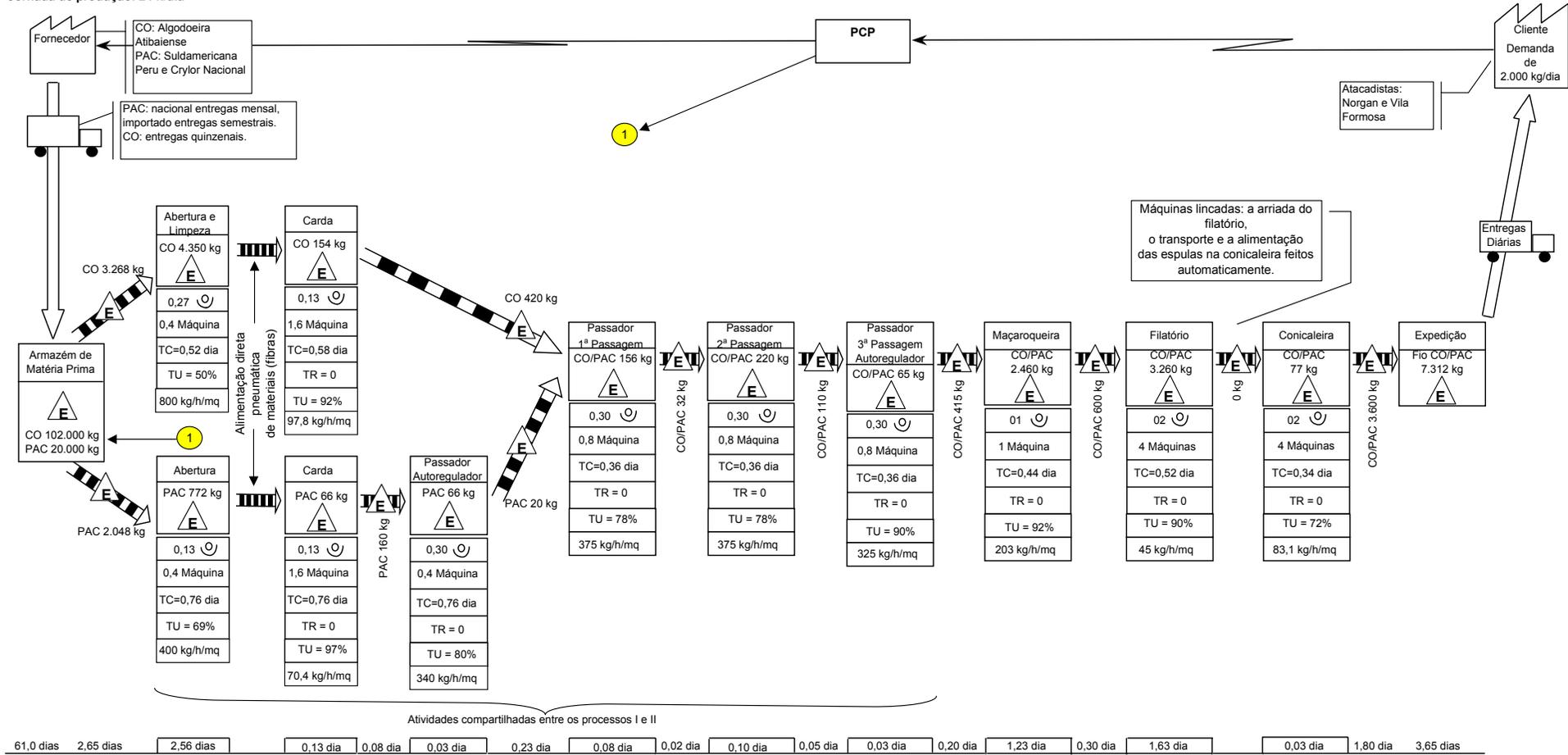


Figura 4.1: Mapa do fluxo de valor do processo I

A Tabela 4.1 aponta as automações implementadas em cada atividade do processo I e no fluxo (transporte) de materiais.

Automações em Atividades de Transformação do Processo e Fluxo de Materiais	Atividades do Processo I							
	Linha de Abertura	Cardas	Passadores	Maçaroqueira	Filatório	Conicaleira	Biradeira	Reforedeira
Retirada das camadas de fibras dos fardos.	1							
Análise do material eliminado na limpeza.								
Regulagem do nível de eliminação das impurezas.	1							
Alimentação direta de fibras.		1						
Controle automático do fluxo de materiais.		1						
Troca das latas cheias por vazias na saída da máquina.		1	1					
Transporte das latas cheias ou vazias.								
Limpeza do trem de estiragem da máquina.								
Parada da máquina quando da ruptura da mecha de fibras.		1	1	1				
Emenda de pavios rompidos.								
Alimentação de maçarocas na linha de transporte.				1				
Transporte das maçarocas cheias e vazias.				1				
Parada da máquina quando da ruptura do pavio de fibras.				1				
Arriada das maçarocas (trocar as maçarocas cheias por vazias).				1				
Arriada das espulas (troca de espulas cheias por vazias).					1			
Emenda de fios rompidos.								
Alimentação de espulas cheias em carrinho.								
Transporte das espulas cheias ou vazias.					1			
Limpeza das espulas.						1		
Troca automática de cones (cheios por vazios).						1		
Alimentação dos cones na linha de transporte.								
Transportar cones cheios ou vazios.						1		
Alimentar os fusos da conicaleira com espulas.						1		
<b>Total de Operações Automatizadas (A)</b>	2	4	2	5	2	4	0	0
<b>Número de Atividades (B)</b>	2	2	4	1	1	1		

Tabela 4.1: Automações aplicadas no Processo I.

Operações nas Atividades	Atividades do Processo I								
	Abertura	Linha de	Cardas	Passadores	Maçaroqueira	Filatório	Conicaleira		
Transportar os fardos para a linha de abertura.	1								
Retirar as cintas metálicas dos fardos.	1								
Posicionar os fardos na entrada da linha de abertura.	1								
Retirar as camadas de fibras dos fardos.	1								
Regular o nível de eliminação das impurezas.	1								
Retirar o rolo de mantas.	1								
Transportar as fibras para cardagem.	1								
Alimentar as fibras da abertura para a carda.			1						
Trocar as latas cheias por vazias na saída da máquina.			1	1					
Transportar as latas cheias ou vazias.			1	1	1				
Alimentar as latas nos passadores.				1					
Recolher as impurezas das máquinas.	1	1	1	1	1	1			
Limpar o trem de estiragem da máquina.				1	1	1			
Parar a máquina quando da ruptura da mecha de fibras.			1	1	1				
Parar a máquina quando da ruptura do pavio de fibras.					1				
Transportar as maçarocas cheias e vazias.					1	1			
Alimentar as latas nas maçaroqueiras.					1				
Arriar as maçarocas (trocar as maçarocas cheias por vazias).					1				
Arriar as espulas (trocar as espulas cheias por vazias).						1			
Alimentar os fusos das máquinas com maçarocas.						1			
Emendar fios rompidos.						1	1		
Troca dos viajantes.					1	1			
Transportar as espulas cheias ou vazias.						1	1		
Alimentar os fusos da conicaleira.							1		
Retirar cones cheios das máquinas.							1		
Limpar restos de fios das espulas.							1		
Transportar cones cheios ou vazios.							1		
Alimentar os fusos das máquinas com cones cheios ou vazios.									
Troca de parafina.							1		
<b>Total de Operações (C)</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>8</b>			
<b>Número de Atividades (B)</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>			

Tabela 4.2: Quantidade de operações de mão-de-obra utilizadas nas atividades do processo I.

Do mapa de fluxo de valor (figura 4.1) obtém-se:

O *Lead time*, que é o somatório dos dias de estoque de materiais na atividade e entre as atividades.

$$\text{Lead time} = 11,2 \text{ dias}$$

$$\text{Tempo de Ciclo do Processo (TCP)} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{TC}_i \text{ das atividades}$$

$$\text{TCP} = 4,66 \text{ dias}$$

A mão-de-obra total empregada no processo é o somatório da mão-de-obra em cada atividade.

$$\text{Mão-de-obra total empregada no processo} = 6,86 \text{ operadores}$$

O número de máquinas no processo é o somatório de máquinas das atividades

$$\text{Número de máquinas no processo} = 15,8 \text{ máquinas}$$

$$\text{IMO}_M = \frac{\text{Mão de Obra Total Empregada no Processo}}{\text{Número de Máquinas no Processo}} = \frac{6,86}{15,8}$$

$$\text{IMO}_M = 0,43 \text{ operador/máquina}$$

Com o tempo de ciclo do processo (TCP) e o *lead time* calcula-se o quociente do ciclo de fabricação (QCF):

$$\text{QCF} = \frac{4,66}{11,2} \Rightarrow \text{QCF} = 0,42$$

Da tabela 4.2 subtrai-se:

$$n_T = \sum_{i=1}^{i=n} C_i \times B_i \Rightarrow n_T = 75 \text{ operações}$$

Da tabela 4.1 tem-se:

$$n_{A_R} = \sum_{i=1}^{i=n} A_i \times B_i$$

$n_{A_R} = 31$  operações que foram substituídas por automações rígidas

Com  $n_T$  e  $n_{A_R}$  tem-se  $i_{A_R}$ , ou seja, o índice de automação rígida aplicada no processo:

$$i_{A_R} = \frac{n_{A_R}}{n_T}$$

$$i_{A_R} = \frac{31}{75} \Rightarrow i_{A_R} = -0,41$$

O sinal negativo identifica automação rígida.

#### 4.2.2. Processo II

Fiação em processo cardado para fabricação de fios no título 1/30 Nm, com mistura de fibras de acrílico (PAC) e algodão (CO) na proporção de 50%/50%.

Produto: Fio no Título 1/30 Nm, 50% Acrílico e 50% Algodão.  
 Jornada de produção: 24 h/dia

Data do Mapeamento: 02/07/02

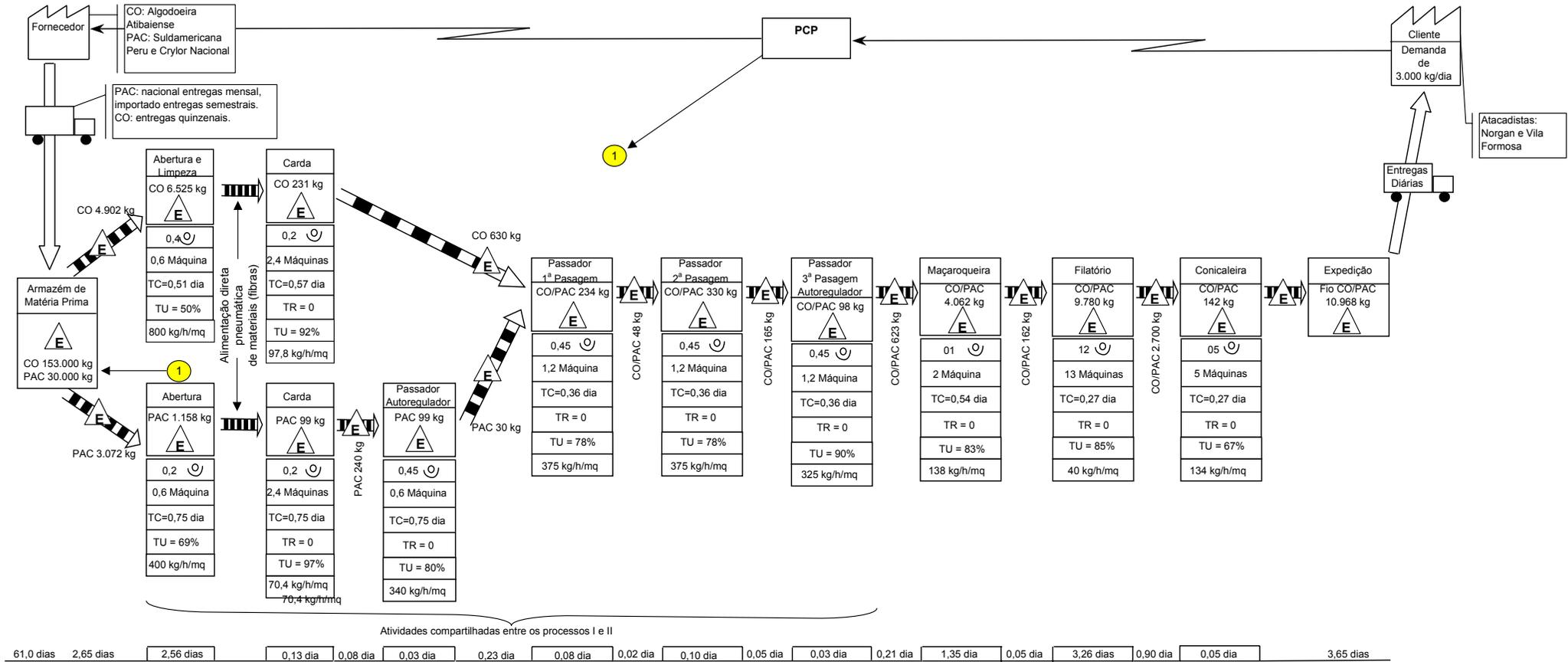


Figura 4.2: Mapa do fluxo de valor do processo II

A Tabela 4.3 aponta as automações implementadas em cada atividade do processo II e no fluxo (transporte) de materiais.

Automações em Atividades de Transformação do Processo e Fluxo de Materiais	Atividades do Processo II							
	Linha de Abertura	Cardas	Passadores	Maçaroqueira	Filatório	Conicaleira	Biradeira	Reforedeira
Retirada das camadas de fibras dos fardos.	1							
Análise do material eliminado na limpeza.								
Regulagem do nível de eliminação das impurezas.	1							
Alimentação direta de fibras.		1						
Controle automático do fluxo de materiais.		1						
Troca das latas cheias por vazias na saída da máquina.		1	1					
Transporte das latas cheias ou vazias.								
Limpeza do trem de estiragem da máquina.								
Parada da máquina quando da ruptura da mecha de fibras.		1	1	1				
Emenda de pavios rompidos.								
Alimentação de maçarocas na linha de transporte.								
Transporte das maçarocas cheias e vazias.								
Parada da máquina quando da ruptura do pavio de fibras.				1				
Arriada das maçarocas (trocar as maçarocas cheias por vazias).								
Arriada das espulas (troca de espulas cheias por vazias).								
Emenda de fios rompidos.								
Alimentação de espulas cheias em carrinho.								
Transporte das espulas cheias ou vazias.								
Limpeza das espulas.								
Troca automática de cones (cheios por vazios).								
Alimentação dos cones na linha de transporte.								
Transportar cones cheios ou vazios.								
Alimentar os fusos da conicaleira com espulas.								
<b>Total de Operações Automatizadas (A)</b>	2	4	2	2				
<b>Número de Atividades (B)</b>	2	2	4	1				

Tabela 4.3: Automações aplicadas no Processo II.

Operações nas Atividades	Atividades do Processo II								
	Abertura	Linha de	Cardas	Passadores	Maçaroqueira	Filatório	Conicaleira		
Transportar os fardos para a linha de abertura.	1								
Retirar as cintas metálicas dos fardos.	1								
Posicionar os fardos na entrada da linha de abertura.	1								
Retirar as camadas de fibras dos fardos.	1								
Regular o nível de eliminação das impurezas.	1								
Retirar o rolo de mantas.	1								
Transportar as fibras para cardagem.	1								
Alimentar as fibras da abertura para a carda.			1						
Trocar as latas cheias por vazias na saída da máquina.			1	1					
Transportar as latas cheias ou vazias.			1	1	1				
Alimentar as latas nos passadores.				1					
Recolher as impurezas das máquinas.	1	1	1	1	1	1			
Limpar o trem de estiragem da máquina.				1	1	1			
Parar a máquina quando da ruptura da mecha de fibras.			1	1	1				
Parar a máquina quando da ruptura do pavio de fibras.					1				
Transportar as maçarocas cheias e vazias.					1	1			
Alimentar as latas nas maçaroqueiras.					1				
Arriar as maçarocas (trocar as maçarocas cheias por vazias).					1				
Arriar as espulas (trocar as espulas cheias por vazias).						1			
Alimentar os fusos das máquinas com maçarocas.						1			
Emendar fios rompidos.						1	1		
Troca dos viajantes.					1	1			
Transportar as espulas cheias ou vazias.						1	1		
Alimentar os fusos da conicaleira.							1		
Retirar cones cheios das máquinas.							1		
Limpar restos de fios das espulas.							1		
Transportar cones cheios ou vazios.							1		
Alimentar os fusos das máquinas com cones cheios ou vazios.									
Troca de parafina.							1		
<b>Total de Operações (C)</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>8</b>			
<b>Número de Atividades (B)</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>			

Tabela 4.4: Quantidade de operações de mão-de-obra utilizadas nas atividades do processo II.

Do mapa de fluxo de valor (figura 4.2) obtém-se:

O *Lead time*, que é o somatório dos dias de estoque de materiais na atividade e entre as atividades.

Lead Time = 11,8 dias

Tempo de Ciclo do Processo (TCP) =  $\sum_{i=1}^{i=n} TC_i$  das atividades

TCP = 4,41 dias

A mão-de-obra total empregada no processo é o somatório da mão-de-obra em cada atividade.

Mão-de-Obra Total Empregada no Processo = 20,8 operadores

O número de máquinas no processo é o somatório de máquinas das atividades.

Número de Máquinas no Processo = 30,2 máquinas

$$IMO_M = \frac{\text{Mão de Obra Total Empregada no Processo}}{\text{Número de Máquinas no Processo}} = \frac{20,8}{30,2}$$

$IMO_M = 0,70$  operador/máquina

Com o tempo de ciclo do processo (TCP) e o *lead time* calcula-se o quociente do ciclo de fabricação (QCF):

$$QCF = \frac{4,41}{11,8} \Rightarrow QCF = 0,37$$

Da tabela 4.4 subtrai-se:

$$n_T = \sum_{i=1}^{i=n} C_i \times B_i \Rightarrow n_T = 75 \text{ operações}$$

Da tabela 4.3 tem-se:

$$n_{A_R} = \sum_{i=1}^{i=n} A_i \times B_i$$

$n_{A_R} = 22$  operações que foram substituídas por automações rígidas

Com  $n_T$  e  $n_{A_R}$  tem-se  $i_{A_R}$ , ou seja, o índice de automação rígida aplicada no processo:

$$i_{A_R} = \frac{n_{A_R}}{n_T}$$

$$i_{A_R} = \frac{22}{75} \Rightarrow i_{A_R} = -0,30$$

O sinal negativo identifica automação rígida.

Os processos I e II têm atividades compartilhadas compreendidas entre o armazém de matéria prima e o passador de terceira passagem, na proporção de 40% e 60% respectivamente. Nos mapas dos fluxos de valores dos dois processos este compartilhamento está considerado nos valores de mão-de-obra, número de máquinas, estoque de materiais entre as atividades e estoque de materiais na atividade.

### **4.2.3. Processo III**

Fiação em processo cardado para fabricação de fios no título Ne 24/1, com 100% de fibras de algodão (CO).

**Produto:** Fio no título Ne 24/1 Tecelagem 100% Algodão.  
**Jornada de produção:** 16 h/dia

**Data do Mapeamento:** 18/07/02

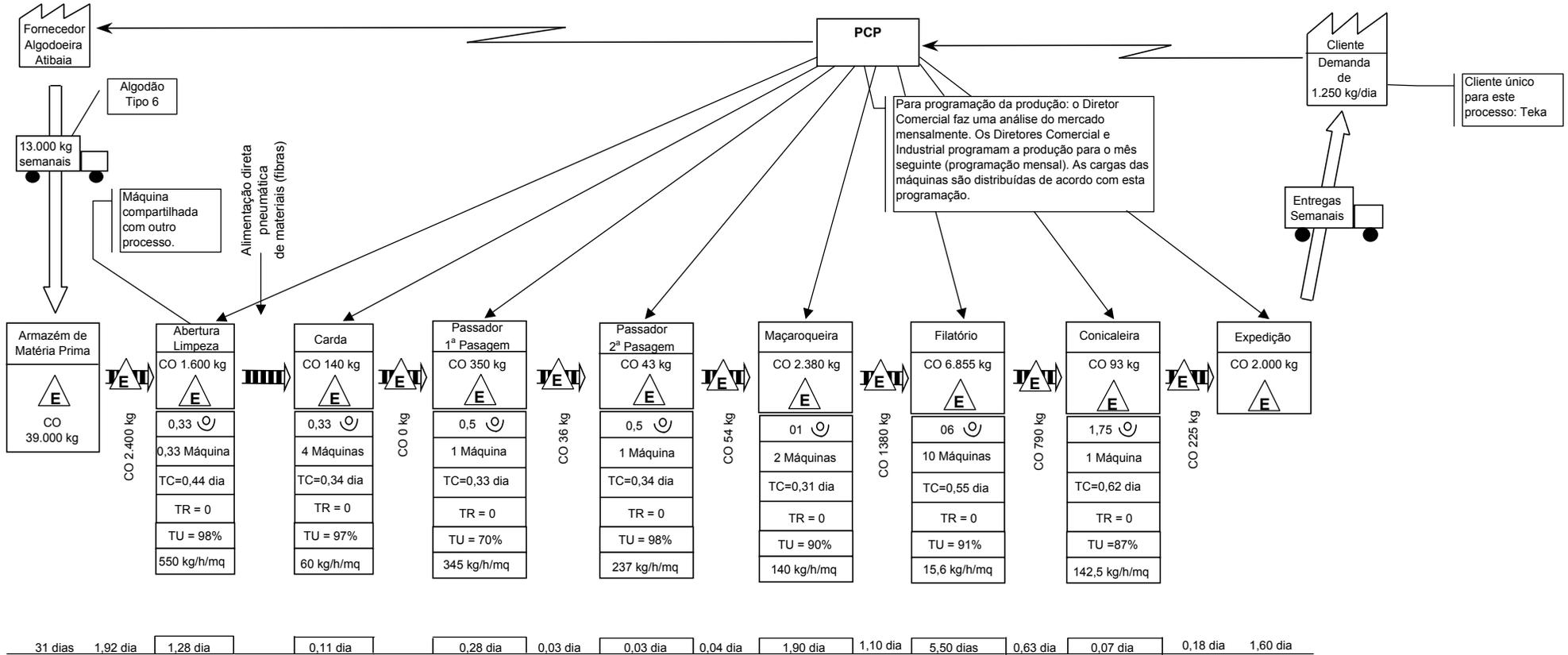


Figura 4.3: Mapa do fluxo de valor do processo III

A Tabela 4.5 aponta as automações implementadas em cada atividade do processo e no fluxo (transporte) de materiais.

Automações em Atividades de Transformação do Processo e Fluxo de Materiais	Atividades do Processo III							
	Linha de Abertura	Cardas	Passadores	Maçaroqueira	Filatório	Conicaleira	Biradeira	Reforedeira
Retirada das camadas de fibras dos fardos.								
Análise do material eliminado na limpeza.								
Regulagem do nível de eliminação das impurezas.								
Alimentação direta de fibras.		1						
Controle automático do fluxo de materiais.	1							
Troca das latas cheias por vazias na saída da máquina.			1					
Transporte das latas cheias ou vazias.								
Limpeza do trem de estiragem da máquina.								
Parada da máquina quando da ruptura da mecha de fibras.		1	1	1				
Emenda de pavios rompidos.								
Alimentação de maçarocas na linha de transporte.								
Transporte das maçarocas cheias e vazias.								
Parada da máquina quando da ruptura do pavio de fibras.				1				
Arriada das maçarocas (trocar as maçarocas cheias por vazias).								
Arriada das espulas (troca de espulas cheias por vazias).								
Emenda de fios rompidos.						1		
Alimentação de espulas cheias em carrinho.								
Transporte das espulas cheias ou vazias.								
Limpeza das espulas.								
Troca automática de cones (cheios por vazios).						1		
Alimentação dos cones na linha de transporte.								
Transportar cones cheios ou vazios.								
Alimentar os fusos da conicaleira com espulas.								
<b>Total de Operações Automatizadas (A)</b>	1	2	2	2		2		
<b>Número de Atividades (B)</b>	1	1	2	1		1		

Tabela 4.5: Automações aplicadas no Processo III.

Operações nas Atividades	Atividades do Processo III								
	Abertura	Linha de	Cardas	Passadores	Maçaroqueira	Filatório	Conicaleira		
Transportar os fardos para a linha de abertura.	1								
Retirar as cintas metálicas dos fardos.	1								
Posicionar os fardos na entrada da linha de abertura.	1								
Retirar as camadas de fibras dos fardos.	1								
Regular o nível de eliminação das impurezas.	1								
Retirar o rolo de mantas.	1								
Transportar as fibras para cardagem.	1								
Alimentar as fibras da abertura para a carda.			1						
Trocar as latas cheias por vazias na saída da máquina.			1	1					
Transportar as latas cheias ou vazias.			1	1	1				
Alimentar as latas nos passadores.				1					
Recolher as impurezas das máquinas.	1	1	1	1	1	1			
Limpar o trem de estiragem da máquina.				1	1	1			
Parar a máquina quando da ruptura da mecha de fibras.			1	1	1				
Parar a máquina quando da ruptura do pavio de fibras.					1				
Transportar as maçarocas cheias e vazias.					1	1			
Alimentar as latas nas maçaroqueiras.					1				
Arriar as maçarocas (trocar as maçarocas cheias por vazias).					1				
Arriar as espulas (trocar as espulas cheias por vazias).						1			
Alimentar os fusos das máquinas com maçarocas.						1			
Emendar fios rompidos.						1	1		
Troca dos viajantes.					1	1			
Transportar as espulas cheias ou vazias.						1	1		
Alimentar os fusos da conicaleira.							1		
Retirar cones cheios das máquinas.							1		
Limpar restos de fios das espulas.							1		
Transportar cones cheios ou vazios.							1		
Alimentar os fusos das máquinas com cones cheios ou vazios.									
Troca de parafina.							1		
<b>Total de Operações (C)</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>8</b>			
<b>Número de Atividades (B)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>			

Tabela 4.6: Quantidade de operações de mão-de-obra utilizadas nas atividades do processo III.

Do mapa de fluxo de valor (figura 4.3) obtém-se:

O *Lead time*, que é o somatório dos dias de estoque de materiais na atividade e entre as atividades.

Lead Time = 13,07 dias

Tempo de Ciclo do Processo (TCP) =  $\sum_{i=1}^{i=n} TC_i$  das atividades

TCP = 2,93 dias

A mão-de-obra total empregada no processo é o somatório da mão-de-obra em cada atividade.

Mão-de-Obra Total Empregada no Processo = 10,41 operadores

O número de máquinas no processo é o somatório de máquinas das atividades.

Número de Máquinas no Processo = 19,33 máquinas

$$IMO_M = \frac{\text{Mão de Obra Total Empregada no Processo}}{\text{Número de Máquinas no Processo}} = \frac{10,41}{19,33}$$

$IMO_M = 0,54$  operador/máquina

Com o tempo de ciclo do processo (TCP) e o *lead time* calcula-se o quociente do ciclo de fabricação (QCF):

$$QCF = \frac{2,93}{13,07} \Rightarrow QCF = 0,22$$

Da tabela 4.6 subtrai-se:

$$n_T = \sum_{i=1}^{i=n} C_i \times B_i \Rightarrow n_T = 50 \text{ operações}$$

Da tabela 4.5 tem-se:

$$n_{A_R} = \sum_{i=1}^{i=n} A_i \times B_i$$

$n_{A_R} = 11$  operações que foram substituídas por automações rígidas

Com  $n_T$  e  $n_{A_R}$  tem-se  $i_{A_R}$ , ou seja, o índice de automação rígida aplicada no processo:

$$i_{A_R} = \frac{n_{A_R}}{n_T}$$

$$i_{A_R} = \frac{11}{50} \Rightarrow i_{A_R} = - 0,22$$

O sinal negativo identifica automação rígida.

No mapa do fluxo de valor do processo III, os números fracionados de operadores e máquinas na abertura/limpeza, carda, passadores de primeira e segunda passagens e conicaleira, significam que estas atividades são compartilhadas com outros processos.

#### **4.2.4. Processo IV**

Fiação em processo cardado para fabricação de fios nos títulos Ne 10/1, 1/15 Nm e 1/28 Nm, com 100% de fibras de acrílico (PAC).

Data do Mapeamento: 19/02/03

Família de Produtos: Fios Ne 10/1, Nm 1/15 e Nm 1/28, 100% Acrílico.  
 Jornada de produção: 24 h/dia

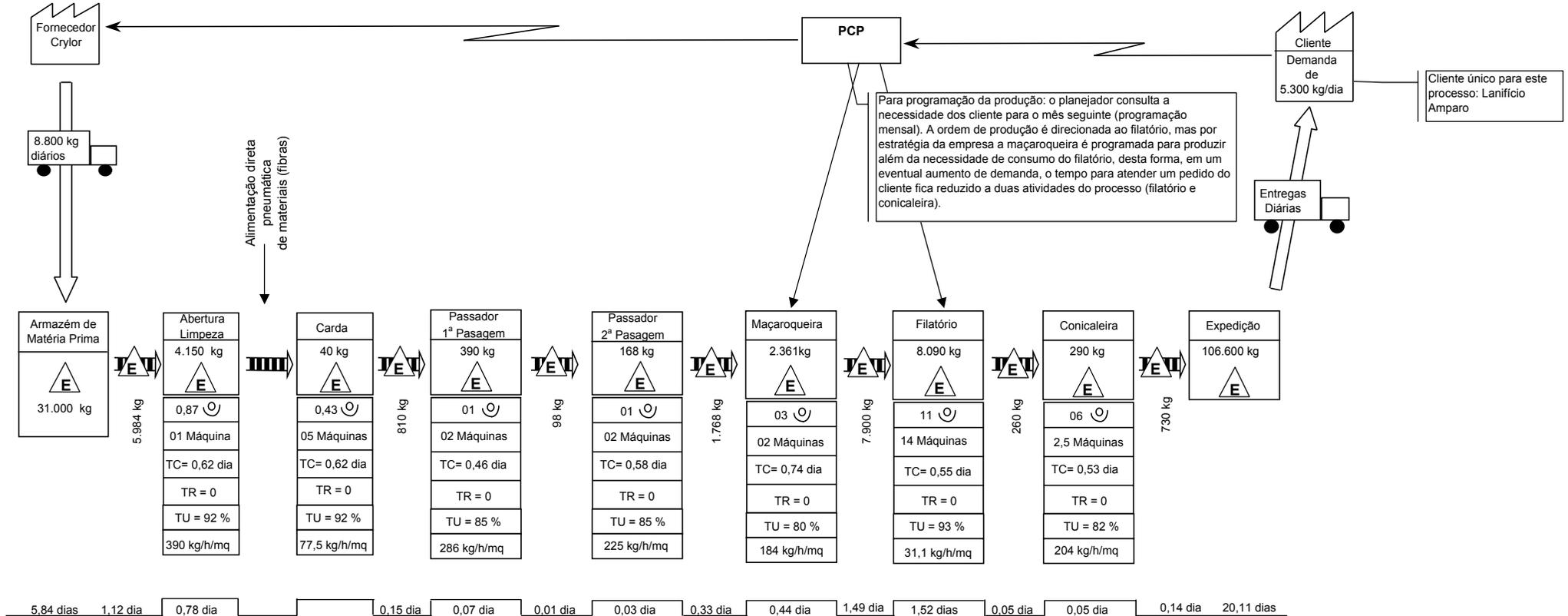


Figura 4.4: Mapa do fluxo de valor do processo IV

A Tabela 4.7 aponta as automações implementadas em cada atividade do processo e no fluxo (transporte) de materiais.

Automações em Atividades de Transformação do Processo e Fluxo de Materiais	Atividades do Processo IV							
	Linha de Abertura	Cardas	Passadores	Maçarqueira	Filatório	Conicaleira	Biradeira	Reforedeira
Retirada das camadas de fibras dos fardos.								
Análise do material eliminado na limpeza.								
Regulagem do nível de eliminação das impurezas.								
Alimentação direta de fibras.		1						
Controle automático do fluxo de materiais.	1							
Troca das latas cheias por vazias na saída da máquina.			1					
Transporte das latas cheias ou vazias.								
Limpeza do trem de estiragem da máquina.			1					
Parada da máquina quando da ruptura da mecha de fibras.		1	1					
Emenda de pavios rompidos.								
Alimentação de maçarocas na linha de transporte.								
Transporte das maçarocas cheias e vazias.								
Parada da máquina quando da ruptura do pavio de fibras.				1				
Arriada das maçarocas (trocar as maçarocas cheias por vazias).				1				
Arriada das espulas (troca de espulas cheias por vazias).								
Emenda de fios rompidos.						1		
Alimentação de espulas cheias em carrinho.								
Transporte das espulas cheias ou vazias.								
Limpeza das espulas.								
Troca automática de cones (cheios por vazios).						1		
Alimentação dos cones na linha de transporte.								
Transportar cones cheios ou vazios.								
Alimentar os fusos da conicaleira com espulas.								
<b>Total de Operações Automatizadas (A)</b>	1	2	3	4		2		
<b>Número de Atividades (B)</b>	1	1	2	1		1		

Tabela 4.7: Automações aplicadas no Processo IV.

Operações nas Atividades	Atividades do Processo IV								
	Abertura	Linha de	Cardas	Passadores	Maçarocadeira	Filatório	Conicaleira		
Transportar os fardos para a linha de abertura.	1								
Retirar as cintas metálicas dos fardos.	1								
Posicionar os fardos na entrada da linha de abertura.	1								
Retirar as camadas de fibras dos fardos.	1								
Regular o nível de eliminação das impurezas.	1								
Retirar o rolo de mantas.	1								
Transportar as fibras para cardagem.	1								
Alimentar as fibras da abertura para a carda.			1						
Trocar as latas cheias por vazias na saída da máquina.			1	1					
Transportar as latas cheias ou vazias.			1	1	1				
Alimentar as latas nos passadores.				1					
Recolher as impurezas das máquinas.	1	1	1	1	1	1			
Limpar o trem de estiragem da máquina.				1	1	1			
Parar a máquina quando da ruptura da mecha de fibras.			1	1	1				
Parar a máquina quando da ruptura do pavio de fibras.					1				
Transportar as maçarocas cheias e vazias.					1	1			
Alimentar as latas nas maçarocadeiras.					1				
Arriar as maçarocas (trocar as maçarocas cheias por vazias).					1				
Arriar as espulas (trocar as espulas cheias por vazias).						1			
Alimentar os fusos das máquinas com maçarocas.						1			
Emendar fios rompidos.						1	1		
Troca dos viajantes.					1	1			
Transportar as espulas cheias ou vazias.						1	1		
Alimentar os fusos da conicaleira.							1		
Retirar cones cheios das máquinas.							1		
Limpar restos de fios das espulas.							1		
Transportar cones cheios ou vazios.							1		
Alimentar os fusos das máquinas com cones cheios ou vazios.									
Troca de parafina.							1		
<b>Total de Operações (C)</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>8</b>			
<b>Número de Atividades (B)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>			

Tabela 4.8: Quantidade de operações de mão-de-obra utilizadas nas atividades do processo IV.

Do mapa de fluxo de valor (figura 4.4) obtém-se:

O *Lead time*, que é o somatório dos dias de estoque de materiais na atividade e entre as atividades.

Lead Time = 6,18 dias

Tempo de Ciclo do Processo (TCP) =  $\sum_{i=1}^{i=n} TC_i$  das atividades

TCP = 4,19 dias

A mão-de-obra total empregada no processo é o somatório da mão-de-obra em cada atividade.

Mão-de-Obra Total Empregada no Processo = 23,3 operadores

O número de máquinas no processo é o somatório de máquinas das atividades.

Número de Máquinas no Processo = 28,5 máquinas

$$IMO_M = \frac{\text{Mão de Obra Total Empregada no Processo}}{\text{Número de Máquinas no Processo}} = \frac{23,3}{28,5}$$

$IMO_M = 0,82$  operador/máquina

Com o tempo de ciclo do processo (TCP) e o *lead time* calcula-se o quociente do ciclo de fabricação (QCF):

$$QCF = \frac{4,19}{6,18} \Rightarrow QCF = 0,68$$

Da tabela 4.8 subtrai-se:

$$n_T = \sum_{i=1}^{i=n} C_i \times B_i \Rightarrow n_T = 50 \text{ operações}$$

Da tabela 4.7 tem-se:

$$n_{A_R} = \sum_{i=1}^{i=n} A_i \times B_i$$

$n_{A_R} = 15$  operações que foram substituídas por automações rígidas

Com  $n_T$  e  $n_{A_R}$  tem-se  $i_{A_R}$ , ou seja, o índice de automação rígida aplicada no processo:

$$i_{A_R} = \frac{n_{A_R}}{n_T}$$

$$i_{A_R} = \frac{15}{50} \Rightarrow i_{A_R} = -0,30$$

O sinal negativo identifica automação rígida.

#### 4.2.5. Processo V

Fiação em processo cardado para fabricação de fios nos títulos Ne 20/1, Ne 30/1, 1/30 Nm e 1/28 Nm, com 100% de fibras de acrílico (PAC).

Data do Mapeamento: 19/02/03

Família de Produtos: Fios Ne 20/1, Ne 30/1, Nm 1/30 e Nm 1/28, 100% Acrílico.  
 Jornada de produção: 24h/dia

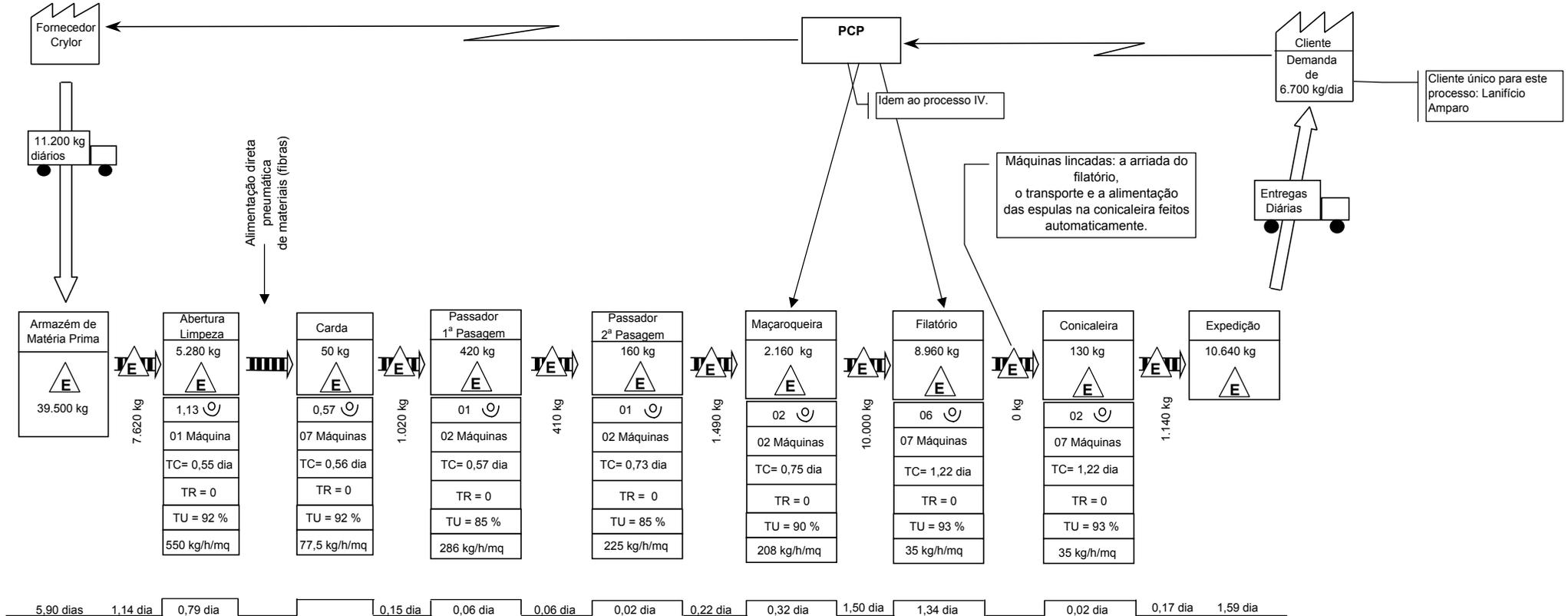


Figura 4.5: Mapa do fluxo de valor do processo V

A Tabela 4.9 aponta as automações implementadas em cada atividade do processo e no fluxo (transporte) de materiais.

Automações em Atividades de Transformação do Processo e Fluxo de Materiais	Atividades do Processo V							
	Linha de Abertura	Cardas	Passadores	Maçarqueira	Filatório	Conicaleira	Biradeira	Reforedeira
Retirada das camadas de fibras dos fardos.								
Análise do material eliminado na limpeza.								
Regulagem do nível de eliminação das impurezas.								
Alimentação direta de fibras.		1						
Controle automático do fluxo de materiais.		1						
Troca das latas cheias por vazias na saída da máquina.			1					
Transporte das latas cheias ou vazias.								
Limpeza do trem de estiragem da máquina.			1					
Parada da máquina quando da ruptura da mecha de fibras.		1	1					
Emenda de pavios rompidos.								
Alimentação de maçarocas na linha de transporte.								
Transporte das maçarocas cheias e vazias.								
Parada da máquina quando da ruptura do pavio de fibras.				1				
Arriada das maçarocas (trocar as maçarocas cheias por vazias).				1				
Arriada das espulas (troca de espulas cheias por vazias).					1			
Emenda de fios rompidos.						1		
Alimentação de espulas cheias em carrinho.								
Transporte das espulas cheias ou vazias.					1			
Limpeza das espulas.						1		
Troca automática de cones (cheios por vazios).						1		
Alimentação dos cones na linha de transporte.								
Transportar cones cheios ou vazios.								
Alimentar os fusos da conicaleira com espulas.						1		
<b>Total de Operações Automatizadas (A)</b>		3	3	2	2	4		
<b>Número de Atividades (B)</b>		1	2	1	1	1		

Tabela 4.9: Automações aplicadas no Processo V.

Operações nas Atividades	Atividades do Processo V								
	Abertura	Linha de	Cardas	Passadores	Maçarocadeira	Filatório	Conicaleira		
Transportar os fardos para a linha de abertura.	1								
Retirar as cintas metálicas dos fardos.	1								
Posicionar os fardos na entrada da linha de abertura.	1								
Retirar as camadas de fibras dos fardos.	1								
Regular o nível de eliminação das impurezas.	1								
Retirar o rolo de mantas.	1								
Transportar as fibras para cardagem.	1								
Alimentar as fibras da abertura para a carda.			1						
Trocar as latas cheias por vazias na saída da máquina.			1	1					
Transportar as latas cheias ou vazias.			1	1	1				
Alimentar as latas nos passadores.				1					
Recolher as impurezas das máquinas.	1	1	1	1	1	1			
Limpar o trem de estiragem da máquina.				1	1	1			
Parar a máquina quando da ruptura da mecha de fibras.			1	1	1				
Parar a máquina quando da ruptura do pavio de fibras.					1				
Transportar as maçarocas cheias e vazias.					1	1			
Alimentar as latas nas maçarocadeiras.					1				
Arriar as maçarocas (trocar as maçarocas cheias por vazias).					1				
Arriar as espulas (trocar as espulas cheias por vazias).						1			
Alimentar os fusos das máquinas com maçarocas.						1			
Emendar fios rompidos.						1	1		
Troca dos viajantes.					1	1			
Transportar as espulas cheias ou vazias.						1	1		
Alimentar os fusos da conicaleira.							1		
Retirar cones cheios das máquinas.							1		
Limpar restos de fios das espulas.							1		
Transportar cones cheios ou vazios.							1		
Alimentar os fusos das máquinas com cones cheios ou vazios.									
Troca de parafina.							1		
<b>Total de Operações (C)</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>8</b>			
<b>Número de Atividades (B)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>			

Tabela 4.10: Quantidade de operações de mão-de-obra utilizadas nas atividades do processo V.

Do mapa de fluxo de valor (figura 4.5) obtém-se:

O *Lead time*, que é o somatório dos dias de estoque de materiais na atividade e entre as atividades.

Lead Time = 5,79 dias

Tempo de Ciclo do Processo (TCP) =  $\sum_{i=1}^{i=n} TC_i$  das atividades

TCP = 5,60 dias

A mão-de-obra total empregada no processo é o somatório da mão-de-obra em cada atividade.

Mão-de-Obra Total Empregada no Processo = 13,7 operadores

O número de máquinas no processo é o somatório de máquinas das atividades.

Número de Máquinas no Processo = 28 máquinas

$$IMO_M = \frac{\text{Mão de Obra Total Empregada no Processo}}{\text{Número de Máquinas no Processo}} = \frac{13,7}{28}$$

$IMO_M = 0,49$  operador/máquina

Com o tempo de ciclo do processo (TCP) e o *lead time* calcula-se o quociente do ciclo de fabricação (QCF):

$$QCF = \frac{5,60}{5,79} \Rightarrow QCF = 0,97$$

Da tabela 4.10 subtrai-se:

$$n_T = \sum_{i=1}^{i=n} C_i \times B_i \Rightarrow n_T = 50 \text{ operações}$$

Da tabela 4.9 tem-se:

$$n_{A_R} = \sum_{i=1}^{i=n} A_i \times B_i$$

$n_{A_R} = 17$  operações que foram substituídas por automações rígidas

Com  $n_T$  e  $n_{A_R}$  tem-se  $i_{A_R}$ , ou seja, o índice de automação rígida aplicada no processo:

$$i_{A_R} = \frac{n_{A_R}}{n_T}$$

$$i_{A_R} = \frac{17}{50} \Rightarrow i_{A_R} = -0,34$$

O sinal negativo identifica automação rígida.

Nos processos IV e V as atividades de abertura/limpeza e carda são compartilhadas, apenas pela mão-de-obra, na proporção de 44% e 56% respectivamente. Os mesmos operadores assistem as atividades de abertura/limpeza e carda nos dois processos.

#### **4.2.6. Processo VI**

Fiação em processo cardado para fabricação de fios nos títulos Ne 26/1, Ne 30/1e Ne 12/1, com mistura de fibras de acrílico (PAC) e algodão (CO) na proporção de 50%/50%.

Data do Mapeamento: 19/02/03

Família de Produtos: Fios Ne 26/1, Ne 30/1 e Ne 12/1, 88% Algodão e 12% Acrílico.  
 Jornada de produção: 24 h/dia

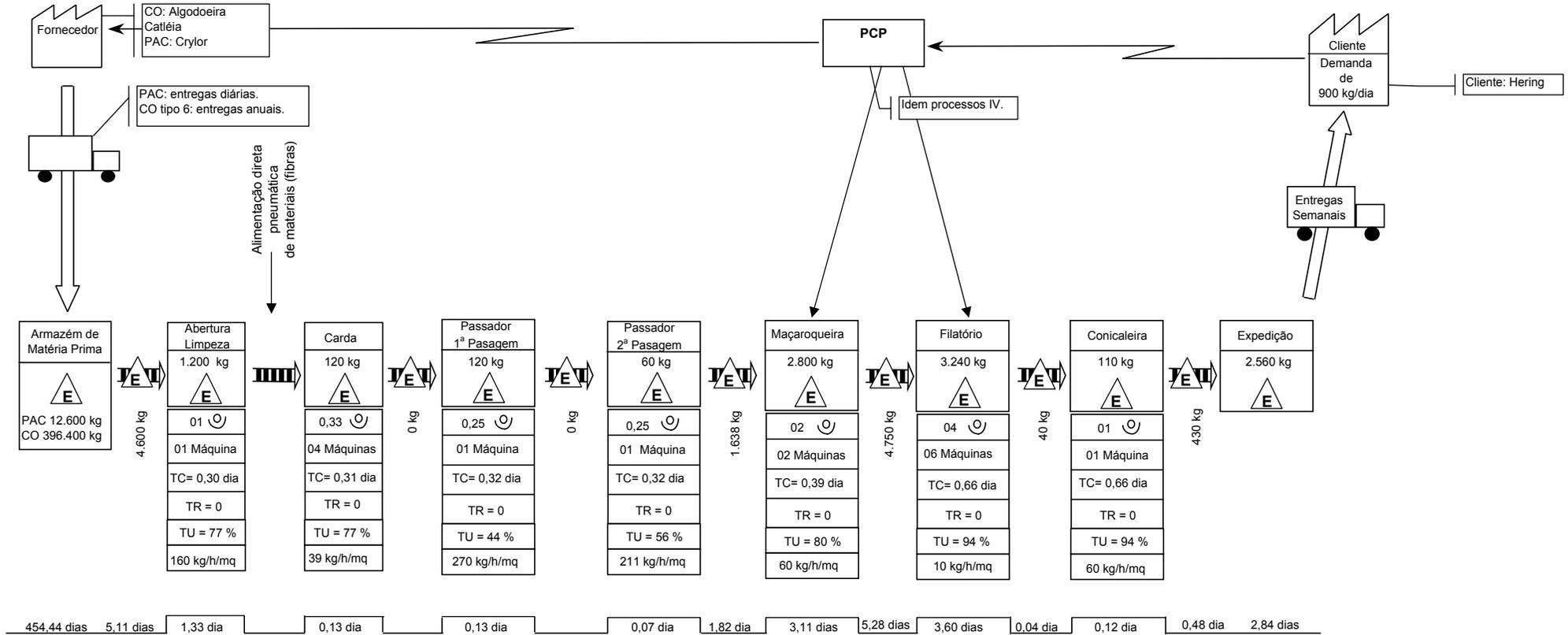


Figura 4.6: Mapa do fluxo de valor do processo VI

A Tabela 4.11 aponta as automações implementadas em cada atividade do processo VI e no fluxo (transporte) de materiais.

Automações em Atividades de Transformação do Processo e Fluxo de Materiais	Atividades do Processo VI							
	Linha de Abertura	Cardas	Passadores	Maçaroqueira	Filatório	Conicaleira	Biradeira	Reforedeira
Retirada das camadas de fibras dos fardos.								
Análise do material eliminado na limpeza.								
Regulagem do nível de eliminação das impurezas.								
Alimentação direta de fibras.		1						
Controle automático do fluxo de materiais.		1						
Troca das latas cheias por vazias na saída da máquina.			1					
Transporte das latas cheias ou vazias.								
Limpeza do trem de estiragem da máquina.			1					
Parada da máquina quando da ruptura da mecha de fibras.		1	1					
Emenda de pavios rompidos.								
Alimentação de maçarocas na linha de transporte.								
Transporte das maçarocas cheias e vazias.								
Parada da máquina quando da ruptura do pavio de fibras.				1				
Arriada das maçarocas (trocar as maçarocas cheias por vazias).								
Arriada das espulas (troca de espulas cheias por vazias).								
Emenda de fios rompidos.						1		
Alimentação de espulas cheias em carrinho.								
Transporte das espulas cheias ou vazias.								
Limpeza das espulas.								
Troca automática de cones (cheios por vazios).						1		
Alimentação dos cones na linha de transporte.								
Transportar cones cheios ou vazios.								
Alimentar os fusos da conicaleira com espulas.								
<b>Total de Operações Automatizadas (A)</b>		3	3	1		2		
<b>Número de Atividades (B)</b>		1	2	1		1		

Tabela 4.11: Automações aplicadas no Processo VI.

Operações nas Atividades	Atividades do Processo VI								
	Abertura	Linha de	Cardas	Passadores	Maçaroqueira	Filatório	Conicaleira		
Transportar os fardos para a linha de abertura.	1								
Retirar as cintas metálicas dos fardos.	1								
Posicionar os fardos na entrada da linha de abertura.	1								
Retirar as camadas de fibras dos fardos.	1								
Regular o nível de eliminação das impurezas.	1								
Retirar o rolo de mantas.	1								
Transportar as fibras para cardagem.	1								
Alimentar as fibras da abertura para a carda.			1						
Trocar as latas cheias por vazias na saída da máquina.			1	1					
Transportar as latas cheias ou vazias.			1	1	1				
Alimentar as latas nos passadores.				1					
Recolher as impurezas das máquinas.	1	1	1	1	1	1			
Limpar o trem de estiragem da máquina.				1	1	1			
Parar a máquina quando da ruptura da mecha de fibras.			1	1	1				
Parar a máquina quando da ruptura do pavio de fibras.					1				
Transportar as maçarocas cheias e vazias.					1	1			
Alimentar as latas nas maçaroqueiras.					1				
Arriar as maçarocas (trocar as maçarocas cheias por vazias).					1				
Arriar as espulas (trocar as espulas cheias por vazias).						1			
Alimentar os fusos das máquinas com maçarocas.						1			
Emendar fios rompidos.						1	1		
Troca dos viajantes.					1	1			
Transportar as espulas cheias ou vazias.						1	1		
Alimentar os fusos da conicaleira.							1		
Retirar cones cheios das máquinas.							1		
Limpar restos de fios das espulas.							1		
Transportar cones cheios ou vazios.							1		
Alimentar os fusos das máquinas com cones cheios ou vazios.									
Troca de parafina.							1		
<b>Total de Operações (C)</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>8</b>			
<b>Número de Atividades (B)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>			

Tabela 4.12: Quantidade de operações de mão-de-obra utilizadas nas atividades do processo VI.

Do mapa de fluxo de valor (figura 4.6) obtém-se:

O *Lead time*, que é o somatório dos dias de estoque de materiais na atividade e entre as atividades.

Lead Time = 21,22 dias

Tempo de Ciclo do Processo (TCP) =  $\sum_{i=1}^{i=n} TC_i$  das atividades

TCP = 2,96 dias

A mão-de-obra total empregada no processo é o somatório da mão-de-obra em cada atividade.

Mão-de-Obra Total Empregada no Processo = 8,83 operadores

O número de máquinas no processo é o somatório de máquinas das atividades

Número de Máquinas no Processo = 16 máquinas

$$IMO_M = \frac{\text{Mão de Obra Total Empregada no Processo}}{\text{Número de Máquinas no Processo}} = \frac{8,83}{16}$$

$IMO_M = 0,55$  operador/máquina

Com o tempo de ciclo do processo (TCP) e o *lead time* calcula-se o quociente do ciclo de fabricação (QCF):

$$QCF = \frac{2,96}{21,22} \Rightarrow QCF = 0,14$$

Da tabela 4.12 subtrai-se:

$$n_T = \sum_{i=1}^{i=n} C_i \times B_i \Rightarrow n_T = 50 \text{ operações}$$

Da tabela 4.11 tem-se:

$$n_{A_R} = \sum_{i=1}^{i=n} A_i \times B_i$$

$n_{A_R} = 12$  operações que foram substituídas por automações rígidas

Com  $n_T$  e  $n_{A_R}$  tem-se  $i_{A_R}$ , ou seja, o índice de automação rígida aplicada no processo:

$$i_{A_R} = \frac{n_{A_R}}{n_T}$$

$$i_{A_R} = \frac{12}{50} \Rightarrow i_{A_R} = -0,24$$

O sinal negativo identifica automação rígida.

A tabela 4.13 faz um resumo ordenado dos indicadores obtidos nos seis processos estudados, tendo como referência a ordem crescente do índice de automação rígida.

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

Tabela 4.13: Resumo dos indicadores.

Os gráficos 4.1 e 4.2 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).

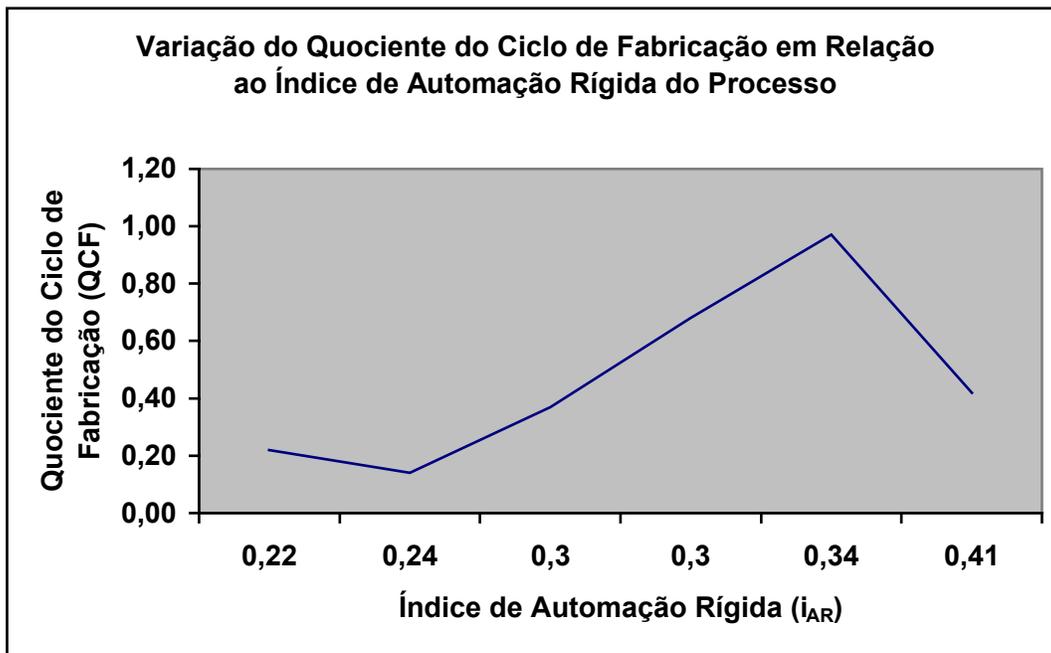


Gráfico 4.1: Variação do quociente do ciclo de fabricação em relação ao índice de automação rígida do processo.

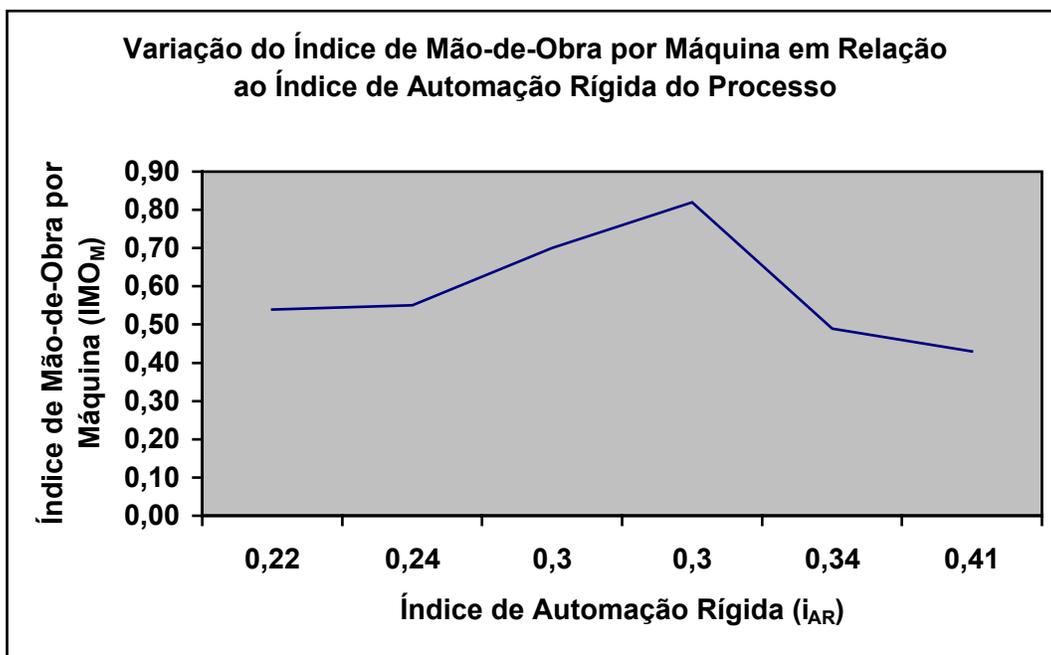


Gráfico 4.2: Variação do índice de mão-de-obra por máquina em relação ao índice de automação rígida do processo.

Com a aplicação do modelo proposto observa-se que com o aumento do índice de automação, em atividades de transformação dos materiais e no seu fluxo, aplicado ao processo de manufatura, indica uma tendência de melhoria do quociente do ciclo de fabricação (QCF), mostrado no gráfico 4.1, 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 conseqüentemente 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 4.2). 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).

## **Capítulo 5**

### **Conclusões Finais**

Um novo cenário de negócios está surgindo para as empresas brasileiras, e especificamente para a indústria têxtil. Este cenário se configurou a partir da última década do século XX e início do século XXI, levando as organizações a um processo de transformação, tanto em seus procedimentos, com o mercado, como em suas estruturas internas relacionadas à organização, processos e tecnologias. Focando especificamente a manufatura as transformações transcorreram no sentido de se reduzir os desperdícios, ou seja, às atividades que não agregam valor para os clientes.

O grande desafio que se apresenta às empresas brasileiras, inclusive as do segmento têxtil, no início deste século globalizado é a competitividade e para tanto há a necessidade de se buscar uma modernização do sistema de manufatura através da adoção de novas tecnologias, de novos métodos de gestão e da racionalização no emprego dos recursos de produção.

Para atingir seus novos objetivos em competitividade da manufatura, para o sistema de negócios como um todo, as empresas precisam identificar quais são os seus desempenhos atuais em termos de custo de produtos e de processo, qualidade de produtos, tempos de processos, utilização da mão-de-obra, implantação de novas tecnologias (inclui-se aqui as novas tecnologias de automação), etc.

Este trabalho se propôs verificar de forma focada qual é o comportamento, em termos de tempo de processo e utilização de mão-de-obra, para manufatura de fios têxteis de fibras descontínuas curtas, quando da aplicação das tecnologias em automação, isto é, a partir de processos com diferentes índices de automação, como se comportam os tempos de agregação de valor ao produto em relação ao tempo de estoque dos materiais espalhados no processo e como varia o emprego da mão-de-obra direta ao longo das atividades deste processo. Entende-se aqui como tempo de agregação de valor ao produto o tempo de ciclo de transformação dos materiais em sua forma em cada atividade do processo.

O índice que mede esta relação foi definido como quociente do ciclo de fabricação (QCF). Quanto menor este índice maior é o desperdício de materiais na forma de estoques espalhados no processo esperando para serem transformados nas atividades que agregam valor ao produto final.

No capítulo 2 do trabalho foram contempladas posições de autores que identificam a redução dos desperdícios nos processos de manufatura como melhoria do custo de fabricação e que o nível de automação dos processos vem colaborar com este objetivo, contribuindo com o estado competitivo dos sistemas de negócios frente ao mercado.

A polêmica se instala quando outros autores consideram o investimento em automação como uma armadilha no aumento dos estoques no processo e do custo de transformação.

Além destes posicionamentos conflitantes outros fatores colaboram para a resistência dos industriais têxteis quanto à implantação de sistemas de automação em processos de manufatura. O grande questionamento se dá quando se baliza esta mudança tecnológica aos custos de investimentos e o seu retorno, pois a automatização é em primeiro plano uma diminuição dos custos de fabricação via eliminação de mão-de-obra (custo direto).

Se a utilização maior que a necessária dos recursos de manufatura<sup>15</sup> é considerada desperdício e aumento de custo de fabricação, pode-se concluir que um aumento na implementação de tecnologias de automações em atividades de transformação e fluxo de materiais, nos processos de fabricação de fios têxteis a partir de fibras descontínuas curtas, tende ao decréscimo do custo de manufatura. A diminuição deste desperdício é percebida, principalmente, com os resultados obtidos no quociente do ciclo de fabricação, que relaciona o tempo de ciclo de fabricação e o *lead time* (tempo de atravessamento dos materiais no processo).

Diminuindo os desperdícios dos recursos de manufatura, diminui-se o custo de fabricação e conseqüentemente influencia em uma maior competitividade do sistema de negócio.

Como proposta para trabalhos futuros tem-se a avaliação da variação do tempo de retorno do investimento em automação em relação às alterações de custo no processo de manufatura não se considerando apenas a mão-de-obra direta e sim outros itens de custo como a redução dos estoques e a redução do tempo de processamento.

Uma outra proposta de trabalho é definir um modelo matemático que quantifique a mão-de-obra direta mínima necessária para operar um processo de manufatura, com nível de automação aplicado.

---

<sup>15</sup> Neste trabalho os recursos focados foram em estoque de materiais e emprego de mão-de-obra no processo de fabricação.

## Referências Bibliográficas

- [1] ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil. Disponível em: <http://www.abit.com.br> . Acesso em: 20 de set. 2002.
  
- [2] Agostinho, Oswaldo Luiz *Integração Estrutural dos Sistemas de Manufatura como Pré-Requisito de Competitividade*. Tese de Livre Docência. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp, 1995.
  
- [3] Agostinho, Oswaldo Luiz *Sistemas de Informações Aplicadas à Estratégia de Manufatura*. Apostila de Aula. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp, 2000, 127 p.
  
- [4] Agostinho, Oswaldo Luiz *Sistemas de Manufatura*. Apostila de Aula. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp, 2001, 335 p.
  
- [5] Almeida, Alcir R. C.; Brunstein, Israel *Gestão de Custos Florestais: Um Estudo de Caso Utilizando o Activity Based Costing*. *Gestão e Produção*, v.6, n.2, p. 127 – 140, ago. 1999.
  
- [6] Amenos, Feliu M. *Hilatura Del Algodón*. Terrassa, Barcelona: Universitat Plolitécnica de Catalunya, 1995.
  
- [7] Araujo, Mário *Manual de Engenharia Têxtil*. v.1, p.153-281, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1984.

- [8] Batocchio, Antônio *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, 1991.
- [9] Batocchio, Antônio *Tecnologia de Grupo*. Apostila. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp, 1992, 56 p.
- [10] Batocchio, Antônio *Planejamento do Processo e de Célula de Manufatura*. Apostila. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp, 1992, 150 p.
- [11] Bouer, G. *Atividades de Automação Industrial no Brasil. Simpósio Integração Indústria – Universidade para Automação: Experiência de Israel e do Brasil*. São Paulo, 1991. Anais. São Paulo: EPUSP, 1991.
- [12] Black, T. J. *O Projeto da Fábrica com Futuro*. Tradução de Gustavo Kannenberg. Porto Alegre: Editora Bookman, 1998, 279 p.
- [13] Branco, Rogério *Implantação de um Sistema de Custeio Baseado em Atividades em um Ambiente de Forjaria de uma Indústria de Autopeças*. Dissertação de Mestrado. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp, 1996.
- [14] Britto, J. *Modernização Produtiva e Evolução do Emprego e Qualificação Profissional na Indústria Têxtil*. In: VI Encontro Nacional de Estudos do Trabalho. Anais. Belo Horizonte: ABET, 1999, v.2.
- [15] Calado, Robisom D. *Mapeamento do Fluxo da Cadeia de Valor*. Trabalho de Graduação. Santa Bárbara D'Oeste: UNIMEPI, 2001.

- [16] Corrêa, Henrique L.; Gianesi, Irineu G. N.; Caon, Mauro *Planejamento, Programação e Controle da Produção – MRP II/ERP: Conceitos, Uso e Implantação*. São Paulo: Editora Atlas, 1997, 359 p.
- [17] Corrêa, Henrique L.; Gianesi, Irineu G. N. *Just In Time, MRP II e OPT Um Enfoque Estratégico*. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Editora Atlas, 1993, 183 p.
- [18] Costa, Luís Sérgio Salles; Caulliraux, Heitor M. (Org.) *Manufatura Integrada por Computador: Sistemas Integrados de Produção, Estratégia, Organização, Tecnologia e Recursos Humanos*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1995, 450 p.
- [19] Coutinho, Luciano; Ferraz, João C. *Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira*. Campinas: Editora da Universidade Estadual de Campinas, 1994, 472 p.
- [20] Davenport, Thomas H. *Reengenharia de Processos: Como Inovar na Empresa Através da Tecnologia da Informação*. Tradução de Waltensir Dutra. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1994, 379 p.
- [21] Di Domenico, Gino B. *Implementação de Um Sistema de Custos Baseado em Atividades em Um Ambiente Industrial*. Dissertação de Mestrado. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp, 1994.
- [22] Gaither, Norman; Frazier, Greg *Administração da Produção e Operações*. Tradução de José Carlos Barbosa dos Santos. 8<sup>a</sup> ed. São Paulo: Editora Pioneira Thomason Learning, 2001.
- [23] Garcia, Odair L. *Avaliação da Competitividade da Indústria Têxtil Brasileira*. Tese de Doutorado. Campinas: Instituto de Economia, Unicamp, 1994.
- [24] Graeml, Alexandre R. *Sistemas de Informação: O alinhamento da Estratégia de TI com a Estratégia Corporativa*. São Paulo: Editora Atlas, 2000, 136 p.

- [25] Groover, M. P. et al. *Robótica: Tecnologia e Programação*. Tradução de David Maurice Savatovsky. São Paulo: McGraw Hill, 1988.
- [26] Groover, Mikell P. *Automation et Systèmes de Production*. v.1. França: Hermes Publishing, Edição Francesa, 1981.
- [27] Guse, Rolf *Sistemas Flexíveis para el Flujo de Material en la Industria Textil*. International Textile Bulletin, Hilandería, 4/2000, p.40-42.
- [28] Hammer, Michael *A Agenda: O que as Empresas Devem Fazer para Dominar esta Década*. Tradução de Afonso Celso da Cunha Serra. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2001, 317 p.
- [29] Hammer, Michael; Champy, James *Reengenharia: Revolucionando a Empresa*. Tradução de Ivo Korylowski. 22<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1994, 189 p.
- [30] Harmon, Roy L. *Reinventando a Fábrica II: Conceitos Modernos de Produtividade na Prática*. Tradução de Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1993.
- [31] Hernandez, Carlos A. M.; Cruz, Cláudio S.; Falcão, Sérgio D. *Combinando o Balanced Scorecard com a Gestão do Conhecimento*. In: Caderno de Pesquisa em Administração, v.1, n.2. São Paulo: 2000.
- [32] IEMI – Instituto de Estudos e Marketing Industrial. *Brasil Têxtil: 1º Relatório do Setor Têxtil Brasileiro*, São Paulo: 2001.
- [33] ITMA-PREVIEW – *A Seleção do Processo de Fiação Adequado*. In: Conferência Internacional Têxtil/Confecção. Rio de Janeiro: SENAI/CETIQT, 1995, 13 p.

- [34] Kaplan, Robert S.; Norton, David P. *A Estratégia em Ação – Balanced Scorecard*. Tradução de Luiz Euclides Trindade Frazão Filho, 9<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1997, 344p.
- [35] Kuen, Bernd. *Automatización del Transporte y Asseguramiento de la Calidad en la Hilandería*. International Textile Bulletin, Hilandería, p.33-38, 4/2000.
- [36] Lorin, Flávio J. *Tecnologia de Grupo e Organização da Manufatura*. Florianópolis: Editora da UFSC, 1993, 105p.
- [37] Maluf, Luiz F. *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, 1991, p.133 -140.
- [38] Mariano, Márcia *Brasil Quer Aumentar Participação no Mercado Mundial de Têxteis*. Textília Têxteis Interamericanos, v.30, p.4-7, out/nov/dez, 1998.
- [39] Monden, Yasuhiro *Sistema Toyota de Produção*. Tradução de Antônia V. Pereira Costa et al. São Paulo: IMAM, 1984, 141 p.
- [40] Morais, José F. F. *Modernização e Competitividade Exigem Automação*. Textília Têxteis Interamericanos, v.14, p.42, set/out/nov, 1994.
- [41] Muniz, Suely; Serra, Neuza *Têxtil Paulista: Caminhos para a Modernização*. Textília Têxteis Interamericanos, v.10, p.4-10, out/nov/dez, 1993.
- [42] Muscat, Antônio R. N. *Produtividade, Qualidade e as Estratégias da Manufatura: Sistemas de Produção e Produtividade*. Apostila de Aula. São Paulo: Fundação Carlos Alberto Vanzolini, USP, 1998.

- [43] Nakagawa, Masayuki *Gestão Estratégica de Custos: Conceitos, Sistemas e Implementação*. São Paulo: Editora Atlas, 1993, 111 p.
- [44] Napoli Junior, Sylvio T. *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.
- [45] Nazareno, Ricardo R.; Rentes, Antônio F.; Silva, Alessandro L. *Implantando Técnicas e Conceitos da Produção Enxuta Integradas à Dimensão de Análise de Custo*. NUMA – Núcleo de Manufatura Avançada, 2002. 8 p. Disponível em: [http://www.numa.org.br/grupos\\_numa/grupo\\_gmo/itens/ferramprodexuta.htm](http://www.numa.org.br/grupos_numa/grupo_gmo/itens/ferramprodexuta.htm). Acesso em: 05 de set. 2002.
- [46] Ohno, Taiichi *O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala*. Tradução de Cristina Schumacher. Porto Alegre: Editora Bookman, 1997, 149 p.
- [47] Pereira, Diamantino *A nova Espacialidade do Trabalho: O Fordismo e a Produção Enxuta na Ford*. In: IV Colóquio Internacional de Geocrítica, Barcelona: 2002.
- [48] Porter, Michael E. *Vantagem Competitiva: Criando e Sustentando um Desempenho Superior*. Tradução de Elizabeth Maria de Pinto Braga. 9ª Reimpressão. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1990, 494 p.
- [49] RIETER Grupo Máquinas Textiles *Documentación para la Hilatura de Fibras Cortas*. Winterthur.
- [50] Rios, José A. D. *Organizações, Negócios e Gerência*. Apostila de Aula. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp, 2002, p.1-8.
- [51] Ritzman, Larry P.; Krajewski, Lee J.; Moura, Reinaldo A. *MRP, MRP II, MRP III: MRP + JIT com Kanban*, 2ª ed. São Paulo: IMAM, 1996, 260 p.

- [52] Rother, Mike; Harris, Rick *Criando Fluxo Contínuo*. Tradução de Nilton Marchiori e Carlos Lobo, versão 1.0, Lean Institute Brasil, 2002, 103 p.
- [53] Rother, Mike; Shook, John *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, 1998, 96 p.
- [54] Serra, Neusa *Tecnologia e Competitividade na Indústria de Máquinas Têxteis – Um Estudo Sobre Capacitação e Aprendizagem Tecnológica*. Tese de Doutorado. São Paulo: Escola Politécnica, USP, 1996.
- [55] Shingo, Shigeo *O Sistema Toyota de Produção: do Ponto de Vista da Engenharia de Produção*. Tradução de Eduardo Schaan, 2ª ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 1996, 291 p.
- [56] Slack, Nigel *Vantagem Competitiva em Manufatura*. Tradução de Sônia Maria Corrêa. 1ª ed., 2ª Tiragem. São Paulo: Editora Atlas, 1993, 193 p.
- [57] Slack, Nigel et. al. *Administração da Produção*. Tradução de Ailton Bonfim Brandão et. al., 1ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 1997, 726 p.
- [58] Smith, Phillip A. *Modernos Métodos de Fiação do Algodão*. Revista Têxtil, n.1. São Paulo: 1993, p.148-152.
- [59] Trebbi, I. *Comparación Entre el Perfil de Exigencias y la Realidad, para Una Hilandería Automatizada*. ITB Hilandería, 1/1990, p.35-44.
- [60] Vassiliadis, S. G. *Automation and the Textile Industry*. Eurotex Head Office. Portugal: Universidade do Minho, 1996, 115 p.

- [61] Veloso, Álvaro L. *Sistemas de Custos da Produção: A Gestão de Custos Fabril para a Competitividade*. in: do IV Congresso Internacional de Custos e II Congresso Brasileiro de Gestão Estratégica de Custos, v.2. Anais. Campinas: Instituto de Economia, Unicamp, 1995.
- [62] Vendrameto, Oduvaldo *Bases de Conhecimento para a Automação da Manufatura*. Tese de Doutorado. São Paulo: Escola Politécnica, USP, 1994.
- [63] Womack, James P.; Jones, Daniel T.; Roos, Daniel *A Máquina que Mudou o Mundo*. 12<sup>a</sup> ed., Tradução de Ivo Korylowski. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992, 347 p.
- [64] Womack, James P.; Jones, Daniel T. *A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine o Desperdício e Crie Riqueza*. 5<sup>a</sup> ed., Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscilla Martins Celeste. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998.