

MARIA ROSA NOGUEIRA

AUMENTO NA PRECISÃO DE INDICADORES DE PRODUÇÃO: UM
ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA TÊXTIL.

Trabalho de Graduação
apresentado ao Conselho de Curso de
Graduação em Engenharia de
Produção Mecânica da Faculdade de
Engenharia do Campus de
Guaratinguetá, Universidade Estadual
Paulista, como parte dos requisitos
para obtenção do diploma de
Graduação em Engenharia de
Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr Valério A. P. Salomon

Guaratinguetá
2013

N778a	Nogueira, Maria Rosa Aumento na precisão de indicadores de produção: um estudo de caso na indústria têxtil / Maria Rosa Nogueira – Guaratinguetá : [s.n], 2013. 69 f : il. Bibliografia: f. 66-68
	Trabalho de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2013. Orientador: Prof. Dr Valério Antonio Pamplona Salomon
	1. Produtividade 2. Controle de qualidade I. Título
	CDU 65.011.4

AUMENTO NA PRECISÃO DE INDICADORES DE PRODUÇÃO: UM ESTUDO
DE CASO NA INDÚSTRIA TÊXTIL.

Maria Rosa Nogueira

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO
DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA



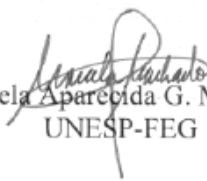
Prof. Dr. Francisco Alexandre de Oliveira
Coordenador

Banca examinadora:



Prof. Dr. Valério Antonio Pamplona Salomon
Orientador/UNESP-FEG

Prof. Dr. Messias Borges Silva
UNESP-FEG



Prof. Dra. Marcela Aparecida G. Machado de Freitas
UNESP-FEG

Junho de 2013

DADOS CURRICULARES

MARIA ROSA NOGUEIRA

NASCIMENTO 01.10.1986 – SÃO ROQUE / SP

FILIAÇÃO Ariovaldo Dimas Nogueira
 Rogéria Carlos Nogueira

2006/2013 Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista.

Dedico este trabalho à minha família, em especial aos meus pais Ariovaldo e Rogéria, e ao meu irmão Gustavo pelo apoio, incentivo e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço a minha família e meus amigos,

aos meus pais e irmão *Ariovaldo, Rogéria* e *Gustavo* que sempre incentivaram e apoiaram meus estudos,

ao *Enio Faria de Toledo Moraes* pelo carinho, compreensão e companheirismo dispensados durante os anos de graduação,

às minhas irmãs da república *Tá-Mar*, que tanto contribuíram para o meu crescimento pessoal, e pelo apoio nas horas boas e difíceis,

aos meus amigos e colegas de classe, pela amizade, dedicação e incentivo,

às funcionárias da Biblioteca do Campus de Guaratinguetá pela dedicação e presteza,

ao administrador *Edilson Assis* e aos meus colegas de trabalho pelas grandes idéias e pela contribuição direta ou indireta a este projeto,

ao meu orientador, *Prof. Dr. Valério A. P. Salomon* pela orientação e contribuição a este trabalho.

“Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, não há sucesso no que não se gerencia.”

William Edwards Deming

NOGUEIRA, M. R. Aumento na precisão de indicadores de produção: um estudo de caso na indústria têxtil. 2013. 69f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

RESUMO

O presente trabalho visa apresentar como aumentar a precisão dos indicadores de produtividade, tendo como meta aumentar a precisão das informações dos indicadores de desempenho e propor melhorias ao processo em questão; mais especificamente melhorar a visualização das informações desses indicadores para todos os níveis hierárquicos da empresa para que estes possam auxiliar nos processos de tomada de decisão e planejamento do processo produtivo. Inicialmente é feita uma análise da situação atual do processo a ser estudado buscando as fontes de perda de informação durante o processo produtivo. Em seguida é realizada uma análise específica sobre os pontos considerados críticos, assim são levantadas alternativas de melhorias para esses pontos. Esse projeto possui algumas ferramentas e metodologia específicas que guiam o desenvolvimento do trabalho as quais são exigência de qualquer projeto realizado na empresa.

PALAVRAS CHAVE: Informação. DMAIC. Produtividade.

NOGUEIRA, M. R. Increase the accuracy of productivity indicators: a case study in the textile industry. 2013. 69f. Graduate Work (Graduate in Industrial Mechanical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

ABSTRACT

This work deals with present how to increase the accuracy of productivity indicators, aiming to increase the information accuracy of performance indicators and propose improvements to the process in question, more specifically to improve the visualization of information from these indicators for all hierarchical levels of the company, and then make possible use them to assist in the processes of decision making and planning of the production process. We start with an analysis of the current process to be studied seeking sources of information losses during the production process. Afterwards, a specific analysis of the points considered critical, so alternatives are raised for improvements to these points. This project has some specific tools and methodologies that guide the development of work which are required of any project carried out in the company.

KEY WORDS: Information. DMAIC. Productivity.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema ilustrativo de produtividades locais e global no nível da empresa.	18
Figura 2 – Esquema de um sistema físico de produção.	25
Figura 3 – Relação entre OEE e as sete grandes perdas (Fonte: Ford Motor Company 1995).	27
Figura 4 – Arranjo físico funcional.	30
Figura 5 - Definição de estágios do contínuo e variação de processos produtivos (Fonte: CORRÊA; CORRÊA, 2009).	31
Figura 6 - Matriz produto-processo, baseada em Hayes e Wheelwright (1984). (Fonte: CORRÊA; CORRÊA, 2009).	32
Figura 7 – Aplicações de produtos da unidade Fios Industriais.	34
Figura 8 – Os símbolos usados nos diagramas de fluxo de processo para materiais (Fonte: SLACK et al., 2002).	35
Figura 9 – Diagrama do fluxo do processo de tela para pneu.	36
Figura 10 – Processo de estiragem horizontal.	37
Figura 11 – Cop (ou TBA) com fio singelo.	38
Figura 12 – Equipamento novo.	38
Figura 13 – Bobina (ou TBP) com fio singelo.	39
Figura 14 – Esquema ilustrativo dos processos de Pré-Torção Torção e da Máquina Cableadora.	39
Figura 15 – Bobina ou TBP com cordonel.	40
Figura 16 – Esquema do tear e sua cantre.	40
Figura 17 – Exemplo de máquina Cableadora operando.	42
Figura 18 – Exemplos de cantre descarregada de produção à esquerda, e carregada de produção à direita.	43
Figura 19 – Bobinas de fio singelo armazenadas em pallets (à esquerda) e em gaiolas (à direita).	44
Figura 20 - Exemplo de passamento correto à esquerda e de passamento incorreto à direita (gerador de bobinas de quebra) do fio singelo no Pote durante o processo de transformação em cableadoras.	45
Figura 21 - Exemplo de passamento correto à esquerda e de passamento incorreto à direita (gerador de bobinas de quebra) do fio singelo no Regulador durante o processo de transformação em cableadoras.	46
Figura 22 – Exemplo de passamento correto à esquerda de passamento incorreto à direita (gerador de bobinas de quebra) do fio singelo no Conjunto Tensor durante o processo de transformação em Cableadoras.	46
Figura 23 – Exemplo de falta de limpeza das máquinas.	47
Figura 24 – Exemplo de utilização correta dos Capeletes à esquerda e utilização para função inadequada dos Capeletes à direita.	47
Figura 25 – Exemplos de passamentos incorretos do fio desrespeitando as normas do procedimento.	47
Figura 26 – Exemplo de bobina com espira sobreposta.	48

Figura 27 – Exemplo de tubete com a superfície desgastada o que acarreta no rompimento do fio.	48
Figura 28 – Exemplo de utilização de bobina de quebra, neste caso com metragem maior do que as bobinas completas utilizadas.....	50
Figura 29 - Ficha de acompanhamento e mapa de quebras.	51
Figura 30 – Exemplo de parte da planilha de banco de dados.	52
Figura 31 – Exemplo de planilha com os dados padrões para as bobinas de quebra.....	52
Figura 32 – Gráfico de comparação entre os pesos médios reais (dados coletados) e teóricos (utilizados pela Empresa) para o Artigo1.	57
Figura 33 – Gráfico de comparação entre os pesos médios reais (dados coletados) e teóricos (utilizados pela Empresa) para o Artigo2.	59
Figura 34 – Gráfico de comparação entre os pesos médios (dados coletados) e teóricos (utilizados pela Empresa para o Artigo3.	61
Figura 35 – Máquina Cableadora.....	69

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 – Famílias e tipos de perdas segundo a Empresa.	28
Tabela 2 – Quantidade de Bobinas de Quebra do Artigo 1 coletadas, classificadas de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir.	55
Tabela 3 - Peso padrão das bobinas de quebra utilizado nos indicadores da Empresa para o Artigo1 de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir.	56
Tabela 4 – Peso médio real das bobinas de quebra do Artigo 1 de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir.	56
Tabela 5 – Quantidade de Bobinas de Quebra do Artigo2 coletadas, classificadas de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir.	57
Tabela 6 – Peso padrão das Bobinas de Quebra utilizados nos indicadores da Empresa para o Artigo 2 de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir. ...	58
Tabela 7 – Peso médio real das Bobinas de Quebra do Artigo 2 de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir.	58
Tabela 8 – Quantidade de Bobinas de Quebra do Artigo3 coletadas, classificadas de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir.	59
Tabela 9 – Peso padrão das Bobinas de Quebra utilizados nos indicadores da Empresa para o Artigo3 de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir	60
Tabela 10 – Peso médio real das Bobinas de Quebra do Artigo3 de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir.	60
Tabela 11 – Peso padrão ajustado das Bobinas de Quebra para o Artigo1 de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir.	64

LISTA DE SÍMBOLOS

Dtex	Parâmetro de diferenciação do fio na indústria têxtil.
OEE	Overall Equipment Effectiveness
Q_x	Perdas em unidades de produção.
T_x	Perdas em unidade de tempo.
DMAIC	Define-Measure-Analyse-Improve-Control

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	Contextualização.....	16
1.2	Objetivos.....	16
1.3	Justificativa.....	17
1.4	Método.....	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	O Conceito de Informação.....	20
2.2	Six Sigma e DMAIC.....	22
2.3	Produtividade de um Sistema Produtivo.....	23
2.4	OEE (Overall Equipment Effectiveness)	25
2.5	As grandes perdas segundo a empresa.....	27
2.7	Arranjo Físico	28
2.7.1	Arranjo físico funcional	29
2.8	Tipos de Processo Produtivo	30
2.9	Processo em lotes (batch)	32
2.10	Gestão de Estoque.....	33
3	ESTUDO DE CASO	34
3.1	Descrição da Organização	34
3.1.1	Gama de Produtos.....	34
3.1.2	Processo produtivo da tela de pneu	35
3.2	Pré Estudo.....	41
3.2.1	Equipamentos	41
3.2.2	Artigos produzidos	43
3.2.3	Organização do trabalho.....	43
3.3	Fase Define (Definir).....	44
3.3.1	Chegada da matéria prima na unidade industrial	44
3.3.2	Bobinas de Quebra	45
3.3.3	Estoque de material em processo (WIP)	52
3.4	Fase Measure (Medir).....	53
3.4.1	Bobinas de quebra	53
3.4.2	Estoque de material em processo (WIP)	54

3.5	Fase Analyse (Analisar).....	54
3.5.1	Bobinas de quebra	54
3.5.2	Estoque de material em processo (WIP)	61
3.6	Fase Improve (Melhorar e Implementar).....	62
3.7	Fase Control (Controlar).....	63
3.8	Discussão das Alternativas de Melhorias	63
4	CONCLUSÃO.....	65
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
	ANEXO A – Esquema de Funcionamento da Máquina Cableadora.....	69

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A mensuração e análise da produtividade são aplicadas para compreender problemas organizacionais. (ELORANTA; HOLMSTROM, 1998).

Segundo Rinaldi e Maçada (2002) a produtividade é um componente do sucesso e fator de competitividade das empresas, por isso se faz importante o seu monitoramento através de indicadores que apóiem decisões administrativas.

Para Ranieri e Santos (2002) o estabelecimento de metas de uma organização é fundamental para que a mesma possa se manter competitiva no mercado, exigindo um bom planejamento por parte da organização. Entretanto, fazer tal planejamento não é uma tarefa simples, devido à variedade de fatores a considerar, como: grande número de atividades realizadas, prioridades de execução, diversidades de fluxos de produção e informações, para cada tipo de produto a ser atendido. Sendo assim, tal estabelecimento de metas da organização deve estar alinhado com o negócio da mesma, juntamente com um planejamento e controle de suas capacidades, de forma a adequar da melhor maneira possível seus custos à sua demanda, suas máquinas e operadores.

O aumento continuado da produtividade acaba por gerar uma série de benefícios que atingem a empresa, os trabalhadores e a sociedade como um todo. Por isso o estudo dos indicadores, e o monitoramento da produtividade se tornam essenciais, pois são utilizados como ferramenta gerencial. O conhecimento dos indicadores e a medida da produtividade tanto servem para detectar problemas como para auxiliar no processo de tomada de decisão no dia-a-dia da empresa. (MARTINS; LAUGENI, 1998).

Para isto, torna-se fundamental estar em constante atualização com o sistema produtivo e seus indicadores, não possibilitando o processo de tomada de decisão ser baseado em uma fonte de dados defasada ou não condizente em relação à realidade.

Percebe-se a importância que os indicadores de desempenho e, a confiabilidade dos mesmos, tem na sustentabilidade dos negócios das organizações, visto que são essenciais para a real orientação no processo de tomada de decisão e de estratégia das organizações.

1.2 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo apresentar como aumentar a confiabilidade de indicadores de produtividade visando uma confiabilidade maior nos indicadores de desempenho e alinhamento dos dados com a realidade.

Este objetivo principal desdobra-se nos seguintes objetivos específicos:

- Aumento da confiabilidade dos dados em todos os níveis hierárquicos da empresa;
- Melhor visualização das capacidades produtivas dos processos de uma indústria têxtil;
- Auxílio na tomada de decisão e planejamento do processo produtivo em questão.

1.3 Justificativa

Segundo Oliveira (1999), uma tomada de decisão adequada significa que o decisor deve estar informado, ou seja, que tem as informações relevantes e apropriadas nas quais está baseada sua decisão. Os tomadores de decisão necessitam de mensurações adequadas para dar suporte aos processos decisórios. Como os indicadores são uma relação matemática que mede numericamente atributos de um processo ou de seus resultados, com o objetivo de comparar esta medida com metas numéricas preestabelecidas, eles são uma das formas de informação para auxiliar na tomada de decisão. Por isto, a medição deve ser realizada para permitir o monitoramento, o controle e o aperfeiçoamento do desempenho das organizações nos seus diversos níveis, pois as medidas permitem comunicar as expectativas de desempenho a todos os operários; conhecer o desempenho das organizações; identificar problemas e permitir soluções; auxiliar na tomada de decisão e re-planejamento. Portanto, os indicadores são utilizados principalmente para focar a atenção em áreas que necessitem de melhorias.

No processo produtivo da unidade industrial em questão - o qual será detalhado na subseção 1.4 a etapa final do processo produtivo é a *Tecelagem* a qual é abastecida única e exclusivamente pela matéria-prima proveniente do processo produtivo conhecido como *Torção*, e o problema identificado e originador deste trabalho é que nas planilhas dos indicadores de produtividade da empresa, as quais são utilizadas como fonte de apoio e suporte ao processo produtivo e às tomadas de decisão, neste caso o indicador utilizado pela empresa é a Eficiência Global dos Equipamentos (OEE – *Overall Equipment Effectiveness*), o volume de produção mensurado proveniente da etapa de *Tecelagem* é maior do que a soma do volume de produção proveniente da etapa de *Torção* com o estoque intermediário de material em processo (WIP – *Work in Progress*), o que devido ao seqüenciamento da

produção e, por ser um fluxo único, é impossível de acontecer na realidade, demonstrando assim que os dados apresentados sobre a produção dessa unidade industrial estão defasados em relação à realidade. Essa defasagem em medidas de produção aproximadas está em torno de 17 toneladas por mês de tela de pneu (produto final da unidade industrial) as quais são ajustadas manualmente nas planilhas, o que demonstra a não confiabilidade e não adequação dos dados nas planilhas de indicadores de desempenho da empresa.

A Figura 1 ilustra o problema citado; neste caso o volume de produção referente ao processo de *Torção* em valores totais é menor que o volume de produção referente ao processo de *Tecelagem*, demonstrando assim que os indicadores de produtividade locais e global do processo produtivo estão defasados em relação à realidade.

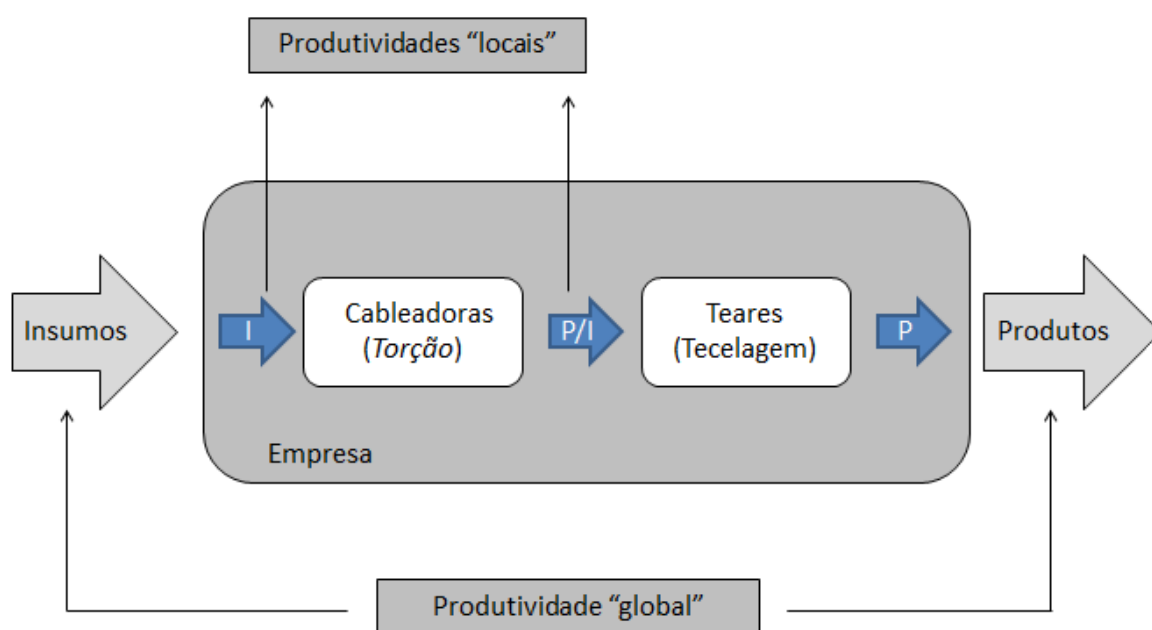


Figura 1 – Esquema ilustrativo de produtividades locais e global no nível da empresa.

Sendo assim, o presente estudo se justifica pela importância para a empresa do conhecimento fiel sobre a situação presente dos processos produtivos para que se possa ter uma visão adequada e confiável dos indicadores de desempenho os quais dão suporte às tomadas de decisão.

1.4 Método

A abordagem de pesquisa escolhida para nortear o desenvolvimento do presente trabalho foi o Estudo de Caso.

De acordo com Miguel (2007):

“O estudo de caso é um estudo de natureza empírica que investiga um determinado fenômeno, geralmente contemporâneo, dentro de um contexto real de vida, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto em que ele se insere não são claramente definidas. Seu objetivo é aprofundar o conhecimento acerca de um problema não suficientemente definido, visando estimular a compreensão, sugerir hipóteses e questões ou desenvolver a teoria. [...]. A principal tendência em todos os tipos de estudo de caso, é que estes tentam esclarecer o motivo pelo qual uma decisão ou um conjunto de decisões foram tomadas, como foram implementadas e com quais resultados alcançados.”

Ainda segundo Miguel (2007) um Estudo de Caso possui as seguintes etapas:

- Definição de uma estrutura conceitual-teórica;
- Planejamento do(s) caso(s);
- Condução de um teste piloto (não obrigatório);
- Coleta e análise dos dados;
- Geração do relatório da pesquisa (tese, dissertação ou artigo).

De acordo com um padrão de diretrizes estabelecido pela Empresa todos os projetos e estudos realizados na mesma devem utilizar a metodologia DMAIC, proveniente da filosofia Six Sigma, para sua orientação e concepção; sendo assim esta será a metodologia utilizada referente à parte quantitativa do presente trabalho.

Inicialmente, verificou-se o funcionamento das áreas produtivas consideradas neste trabalho, através da análise detalhada dos processos, observando o fluxo de informações, produtos, restrições das máquinas, processos e pessoas. Assim foi possível identificar e validar os fatores críticos que comprometem a confiabilidade das informações e propor soluções ou melhorias para os mesmos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica está dividida de forma a abordar os principais conceitos pertinentes a este trabalho, compreendendo os seguintes assuntos: O Conceito de Informação; Six Sigma e DMAIC; Produtividade de um sistema produtivo; OEE (*Overall Equipment Effectiveness*); Arranjo Físico; Tipos de processo produtivo e Gestão de estoques.

2.1 O Conceito de Informação

O conceito de informação, tanto do ponto de vista popular como do ponto de vista científico, envolve um processo de redução de incerteza. Na linguagem diária, a ideia de informação está ligada à de novidade e utilidade, pois informação é o conhecimento disponível para uso imediato e que permite orientar a ação, ao reduzir a margem de incerteza que cerca as decisões cotidianas. (CHIAVENATO, 2003).

A informação exerce um papel cada vez mais importante nas organizações. Aparece como elemento integrador e alimentador das suas diversas atividades, desde os níveis mais altos de decisão até as tarefas cotidianas e repetitivas.

Segundo Contador (2010) quando os diretores determinam novos caminhos para sua empresa, por exemplo, baseiam-se em informações tais como o seu desempenho externo e interno, sua estrutura atual, as tendências de mercado, etc. Por outro lado, suas decisões tornam-se também informações que deverão fluir e se desdobrar através da empresa, seja habilitando novas decisões gerenciais, seja determinando novas atividades, métodos e procedimentos de trabalho.

A informação não se limita a dados coletados: na verdade, informações são dados coletados, organizados, ordenados, aos quais são atribuídos significado e contexto. (MCGEE; PRUSAK, 1994).

Informações são dados colocados num contexto significativo e útil e comunicados para um destinatário que os utilizam para tomar decisões. (BURCH; GRUDNITSKI, 1989).

Essas definições evidenciam o papel fundamental das pessoas que recebem, interpretam e usam a informação. Um conjunto de dados pode ter significado para algumas pessoas e não ter para outras.

Contador (2010) diz que ao se projetar uma estrutura e um ciclo de informação para uma organização, é necessário considerar:

- **quem** é o usuário que recebe a informação: a informação é tanto mais relevante e significativa para determinado usuário quanto mais orientada a suas específicas necessidades e características;
- **quando** o usuário necessita receber a informação: um dia ou mesmo alguns minutos de atraso podem reduzir drasticamente o valor da informação; e
- **em que contexto** o usuário recebe e usa a informação.

Richard Walton (2003) cita alguns sintomas comuns que evidenciam uma má coordenação da relação entre sistemas de informação e a organização. Todos têm forte relação com as pessoas, um componente-chave:

- **os empregados que ignoram o sistema:** ocorre quando o sistema não resolve as necessidades de determinado grupo de usuários ou quando não são desenvolvidos mecanismos organizacionais (treinamento, remodelamento de funções e responsabilidades, etc.) para assegurar o uso do sistema;
- **baixo moral entre os empregados:** pode ocorrer com aqueles que desenvolveram larga experiência na execução de funções que sofreram mudanças com a implantação de um novo sistema; e
- **resultados desapontadores no uso do sistema,** comparados com os esperados quando foi feito o planejamento do sistema.

A informação é uma ferramenta poderosa para uma organização, pois por meio dela pode-se ter um domínio dos diversos parâmetros que regem a sua dinâmica. As características próprias da organização, por outro lado, determinam os caminhos a adotar na análise de informações e no desenvolvimento de um sistema de informação. Existe, portanto, uma interdependência entre informação e organização. (CONTADOR, 2010).

Existem dois propósitos dos indicadores de desempenho para a Empresa (nome fictício adotado neste trabalho por razões de sigilo profissional); o primeiro objetivo é fornecer dados para determinadas decisões de gestão em curso na empresa ou no nível corporativo. O segundo é monitorar o desempenho da mesma dentro de limites de controle particulares. Quando um indicador é utilizado como fonte de dados, as decisões típicas para o qual é utilizado são indicadas. Onde o indicador é usado como fonte de informação, os limites de controle apropriados devem ser definidos no início de um período de desempenho

(geralmente a cada ano), e um plano de reação será acordado para quando estes estejam fora das condições de controle. Eles podem ser agrupados de acordo com o domínio do desempenho que compreende: foco no cliente, desempenho da produção ou envolvimento dos trabalhadores.

2.2 Six Sigma e DMAIC

Segundo Corrêa e Corrêa (2009) o método Seis Sigma (6σ) teve origem num programa de melhoria da qualidade da Motorola em 1987 e tinha por objetivo aproximar-se de zero defeito. Devido ao sucesso alcançado por essa empresa, o método foi seguidamente adotado por outras grandes corporações (General Eletric, Citicorp, entre outras), tornando-se conhecido e aplicado mundialmente.

Neste sentido, Corrêa e Corrêa (2009) ainda explicam que em essência, o Seis Sigma é um método de melhoramento contínuo que visa à redução das variabilidades. De fato, enquanto metodologia de melhoria contínua da qualidade, o 6σ (seis sigma) não apresenta grandes saltos qualitativos, tendo aproveitado conceitos já desenvolvidos e utilizados por outras técnicas de melhoria da qualidade, como análise e controle estatístico de processos, análise do fluxo dos processos, simulação, entre outros. Por outro lado mostrou-se inovador principalmente quanto ao foco estratégico adotado na definição dos processos a serem melhorados, e ao critério na definição das metas de melhoramento.

Segundo Andrietta e Miguel (2007) o método ou programa Seis Sigma sustenta-se graças a uma correta seleção dos projetos que a empresa irá tratar internamente, sendo o passo inicial para isto a compreensão das características críticas para a qualidade. A fim de realizar-se um trabalho eficaz e produtivo, é importante que seja usado um método confiável, que já tenha sido testado de maneira empírica na organização, de modo a obter-se uma solução permanente para o problema em questão. A metodologia DMAIC, proposta pelo método Seis Sigma é uma alternativa de metodologia para esta situação, e dentre os métodos existentes é atualmente o mais utilizado, pois possibilita uma abordagem científica, estruturada e flexível para ser aplicado em um ambiente empresarial de empresas de grande porte, uma vez que é composto de cinco etapas que possibilitam uma adequada organização da implantação, desenvolvimento e conclusão da maior parte dos projetos Seis Sigma. Desta forma, a implantação de um Projeto Seis Sigma conta com a escolha e utilização de um método adequado de solução de problemas (o DMAIC) e também de técnicas e ferramentas que serão

utilizadas para obter, tratar e analisar as informações. As mais utilizadas tem sido: Coleta de Dados, Histograma, Diagrama de Pareto, Brainstorming, Cartas de Controle, Índices de Capacidade, Fluxograma, Mapeamento do Processo, Avaliação de Sistema de Medição e CEP – Controle Estatístico de Processo.

As etapas do DMAIC e seu conteúdo resumido são apresentados a seguir (GUPTA, 2007):

- **Pré-Estudo:** identificam-se informações relevantes para o início do projeto, tais como: problema a ser abordado, oportunidades e ameaças existentes, áreas envolvidas e equipe que trabalhará no projeto;
- **D – Define (Definir):** define-se com precisão o escopo do projeto;
- **M – Measure (Medir):** determina-se a localização ou foco do problema;
- **A – Analyse (Analisar):** determinam-se as causas de cada problema prioritário;
- **I – Improve (Melhorar e Implementar):** propõem-se, avaliam-se e implementam-se soluções para cada problema prioritário;
- **C – Control (Controlar):** garante-se que o alcance da meta seja mantido no longo prazo.

2.3 Produtividade de um Sistema Produtivo

Segundo Corrêa e Corrêa (2009) um sistema de medição de desempenho pode ser definido como um conjunto coerente de métricas usado para quantificar a eficiência e a eficácia¹ das ações.

Para Contador (2010) produção é o processo de obtenção de qualquer elemento considerado como objetivo da empresa, chamado produto (peças, automóveis, projetos, etc.). É a aplicação de recursos produtivos com alguma forma de administração, e produtividade é a capacidade de produzir ou o estado em que se dá a produção.

¹ Os termos eficiência e eficácia têm de ser usados com precisão neste contexto:

- Eficácia refere-se à extensão segundo a qual os objetivos são atingidos, ou seja, as necessidades dos clientes e outros grupos de interesse da organização são satisfeitas;
- Eficiência é a medida de quão economicamente os recursos da organização são utilizados quando promovem determinado nível de satisfação dos clientes e outros grupos de interesse (CORRÊA; CORRÊA, 2009).

Corrêa e Corrêa (2009) explicam que em essência, produtividade é uma medida da eficiência com que recursos de entrada (insumos) de um sistema de agregação de valor são transformados em saídas (produtos). Colocando de forma simples:

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Produtos}}{\text{Insumos}} \quad (1)$$

Neste sentido, Corrêa e Corrêa (2009) ainda ressaltam que há duas classes gerais de medidas de produtividade: a produtividade total e a produtividade parcial dos fatores envolvidos:

- **Produtividade total dos fatores** é a razão entre o produto real bruto mensurável (unidades prontas, unidades parcialmente acabadas e outros produtos ou serviços associados à produção) e a combinação (soma) de todos os correspondentes insumos mensuráveis;
- **Produtividade parcial** é a relação entre o produto real bruto ou líquido mensurável (valor agregado) e uma classe (específica) de insumo mensurável.

Entretanto, segundo MUSCAT (1987), muitas vezes, mesmo dentro de uma mesma categoria ou subcategoria, o termo produtividade não é bem compreendido ou utilizado.

“O entendimento do que vem a ser produtividade depende da maior ou menor abrangência do sistema que está sendo observado, do objeto de análise para o qual pretende estabelecer a produtividade e, finalmente, de qual é a específica forma de se calcular a produtividade.”

Sendo o objeto de análise um sistema de produção, isto é, um sistema de transformação de um conjunto de entradas em um conjunto de saídas, recomenda-se para análise de sua produtividade a explicitação de seus elementos físicos, cujas categorias mais importantes são as matérias-primas, os equipamentos, a mão-de-obra e os produtos resultantes. Um esquema do sistema de produção com seus elementos físicos pode ser visto na Figura 2.

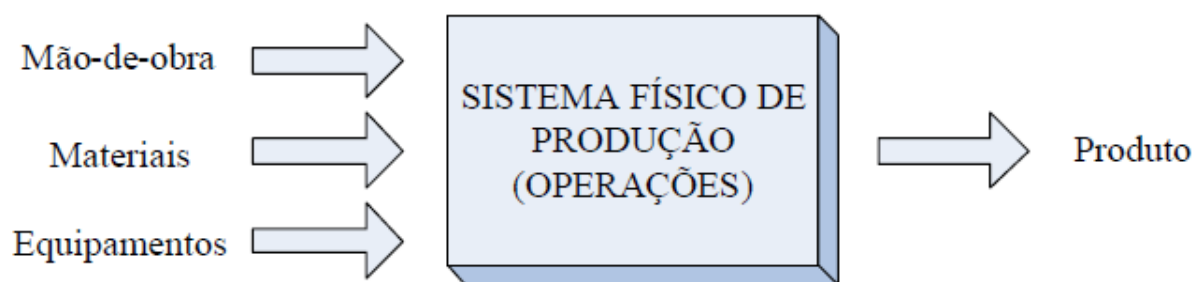


Figura 2 – Esquema de um sistema físico de produção.

2.4 OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)

A Eficiência Global dos Equipamentos (OEE) é uma ferramenta utilizada para medir as melhorias implementadas pela metodologia TPM (*Total Productive Maintenance* - metodologia que tem como objetivo melhorar a eficácia e a longevidade das máquinas). A utilização do indicador OEE, conforme proposto pela metodologia TPM, permite que as empresas analisem as reais condições da utilização de seus ativos. Estas análises das condições ocorrem a partir da identificação das perdas existentes em ambiente fabril, envolvendo índices de disponibilidade de equipamentos, performance e qualidade. (SANTOS; SANTOS, 2007).

A medição da eficácia global dos equipamentos pode ser aplicada de diferentes formas e objetivos, nos permite indicar áreas onde devem ser desenvolvidas melhorias bem como pode ser utilizado como benchmark, permitindo quantificar as melhorias desenvolvidas nos equipamentos, células ou linhas de produção ao longo do tempo. A análise do OEE e output de um grupo de máquinas de uma linha de produção ou de uma célula de manufatura permite identificar o recurso com menor eficiência, possibilitando, desta forma, focalizar esforços nesse recurso. A importância de se aperfeiçoar os equipamentos e atuar nas maiores perdas (obtidas através do OEE) se concretiza quanto há aumento de produção: a melhoria da eficácia descarta a necessidade de novos investimentos. (SANTOS; SANTOS, 2007).

Segundo Francischini (2005), as grandes perdas no processo são seis, classificadas em perdas por parada, perdas por mudança de velocidade e perdas por produtos defeituosos:

- **Perdas por paradas:**
 - Parada acidental;
 - *Set-up*, regulagens;
- **Perdas por mudança da velocidade:**

- Parada momentânea;
- Queda na velocidade;
- **Perdas por produtos defeituosos:**
 - Defeitos no processo;
 - *Start-up*, que é a volta de uma máquina após uma parada, período de tempo em que, geralmente são produzidos produtos com defeitos.

Para Ford Motor Company (1995) são definidas sete grandes perdas:

- **Quebra de equipamento;**
- **Perdas de *set-up* e ajustes:** São perdas enquanto o equipamento está sendo preparado para produzir uma peça diferente ou alterada para atender as especificações do produto. Inclui o tempo da troca propriamente dita e o período de teste ou manutenção gerado pela troca;
- **Perdas por utilização:** Similares às quebras de equipamento, mas associadas à falha, quebra, deterioração ou desgaste do ferramental. Segundo a autora, essa separação auxiliaria na identificação da causa raiz do problema, que geralmente pode ser resolvida com a previsão da falha antes da quebra;
- **Perdas por velocidade reduzida:** Perda devido ao equipamento estar operando abaixo da velocidade ideal;
- **Paradas documentadas e operações em vazio:** Perdas devido a interrupções no fluxo do processo ou pequenas intervenções;
- **Defeitos de qualidade no processo:** Produção que gera retrabalho por não atender às especificações do produto;
- **Perdas no *start-up*.**

Estas perdas podem ser agrupadas segundo as classificações consideradas na medição do OEE: disponibilidade do equipamento, performance e qualidade, como ilustra a Figura 3.

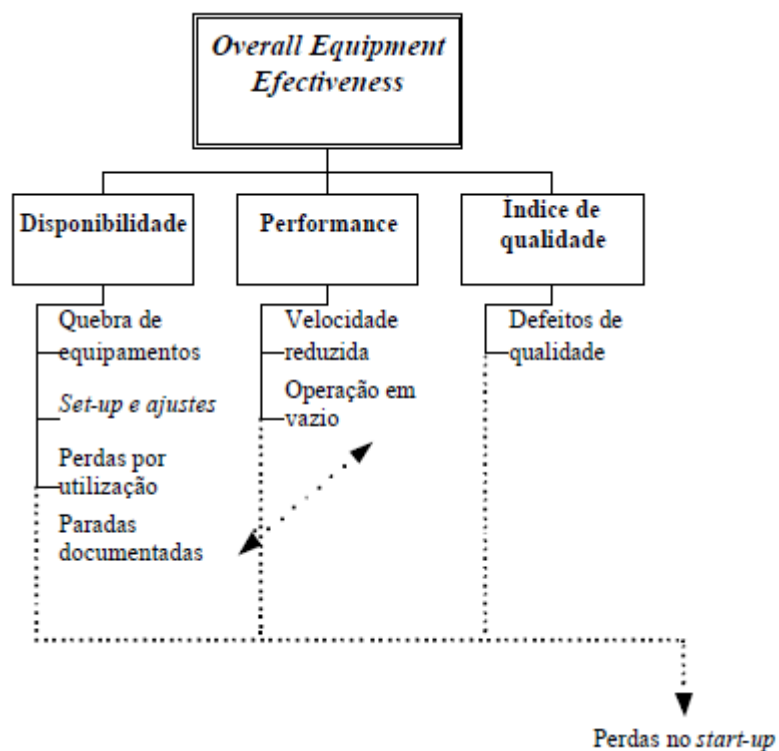


Figura 3 – Relação entre OEE e as sete grandes perdas. (Fonte: Ford Motor Company 1995)

2.5 As grandes perdas segundo a empresa

Para a utilização o indicador OEE é decomposto em taxas (ou famílias de perdas) de disponibilidade, performance e qualidade (ou conformidade a especificações) e em tipos mais específicos de perdas, as quais são detalhadas na Tabela 1. São definidos os códigos ‘T’ e ‘Q’ para identificação destes tipos específicos de perdas, sendo os códigos Ts relativos às perdas em unidades de tempo e os Qs às perdas equivalentes, em unidades de produção, em massa ou volume.

Tabela 1 – Famílias e tipos de perdas segundo a Empresa.

Famílias de Perdas	Tipos de perdas	Classificação (em tempo ou produção)
Disponibilidade	Paradas devido a causas externas: falta de vendas; falta de matéria prima por falha do fornecedor ou transportador (podendo ser material, energia, etc.); por força maior; greves gerais (como greves nacionais).	T1 ou Q1
	Manutenção programada e grandes paradas.	T2 ou Q2
	Trocas de artigo (set up)	T3 ou Q3
	Quebras de equipamento	T4 ou Q4
Performance	Processo/operações: marcha lenta; tempo de ciclo não respeitado; falta de matéria prima causada por falha interna; greve local (da usina ou área).	T5 ou Q5
Qualidade	Qualidade: refugo ou produto não vendido sem retrabalho.	T6 ou Q6

Para a empresa, os tempos de trocas de lotes (paradas) de um mesmo artigo são considerados no tempo de ciclo e, portanto, não são considerados como perdas no cálculo do OEE.

Comparando o método de classificação de perdas proposto pela empresa com o proposto por Rama (1996), notam-se algumas diferenças entre tais classificações; isso se deve aos diferentes enfoques a que se atribuem de acordo com o sistema produtivo a ser analisado. Essas classificações dependem das diferentes maneiras de se administrar fatores ligados aos indicadores a serem calculados.

2.6 Arranjo Físico

O arranjo físico de uma operação produtiva preocupa-se com o posicionamento físico dos recursos de transformação. Colocando de forma simples, definir o arranjo físico é decidir onde colocar as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção. Este é responsável por determinar, também, a maneira segundo a qual os recursos transformados fluem pela operação. Mudanças relativamente pequenas na localização física desses recursos de transformação podem afetar o fluxo de materiais e processos por meio da operação, o que, por sua vez, pode afetar os custos e a eficácia geral da produção. (SLACK et al., 2002).

Para Contador (2010) o arranjo físico em determinada área deve ter como objetivo principal minimizar o volume de transporte de materiais e atividades que não agreguem valor no fluxo produtivo de uma fábrica. Para o projeto do arranjo físico deve-se levar em consideração:

- Produto a ser fabricado;
- Quantidades a serem produzidas;
- Roteiros de produção: seqüência das operações utilizadas;
- Serviços de suporte: funções auxiliares que devem suprir o fluxo em questão;
- Tempo: quando devem ser produzidas, tempo dispêndio e freqüência.

Segundo Contador (2010), existe quatro tipos de arranjo físico: Posicional, Funcional, Linear e Celular.

Neste trabalho abordaremos apenas o arranjo físico do tipo funcional, pois é o arranjo físico existente e utilizado na Empresa na qual o trabalho foi desenvolvido.

2.6.1 Arranjo físico funcional

A lógica desse arranjo físico é a de agrupar recursos com função ou processo similar. A razão pode ser que seja conveniente para a operação mantê-los juntos, ou que dessa forma a utilização dos recursos transformadores seja beneficiada. Isso significa que, quando os produtos fluírem pela operação, eles percorrerão um roteiro de processo a processo, de acordo com suas necessidades. Diferentes produtos terão diferentes necessidades e, portanto, percorrerão diferentes roteiros na operação. Por esta razão, o padrão de fluxo na operação poderá ser bastante complexo. (SLACK et al., 2002; CORRÊA; CORRÊA, 2009).

Para Contador (2010), esse é o tipo mais comum de arranjo físico utilizado nas empresas industriais. Suas características são:

- Máquinas e equipamentos ficam fixos e o produto se movimenta;
- Produtos e roteiros são muito variados;
- Utilizado em sistemas de produção intermitente;
- Máquinas e equipamentos agrupados por função;
- Equipamentos de média flexibilidade;
- Programação e controle da produção complexo;
- Problemas de qualidade são detectados após a produção do lote inteiro;
- Formação de filas de lotes nas máquinas.

Observe na Figura 14, que as possibilidades de este tipo de arranjo lidar com diferentes roteiros são grandes, e é isto que faz com que esse tipo de arranjo físico seja considerado bastante flexível.

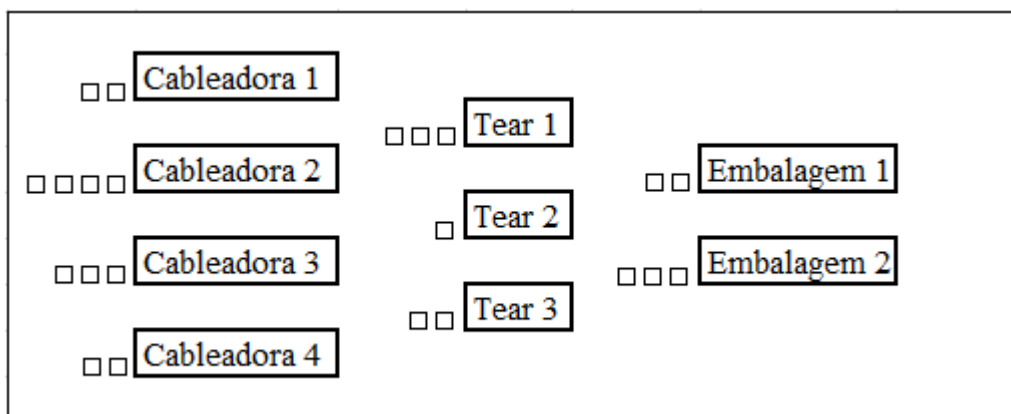


Figura 4 – Arranjo físico funcional.

O desafio nas decisões sobre arranjo físico funcional, ou por processo, é procurar arranjar a posição relativa e as áreas de cada setor, de forma a aproximar setores que tenham fluxo intenso entre si, para evitar deslocamentos desnecessários, de maneira a encaixar adequadamente o posicionamento e as áreas resultantes na área total disponível, respeitando uma série de restrições que possa haver, de proximidade ou distância entre setores, devido a motivos tecnológicos ou outros. (CORRÊA; CORRÊA, 2009).

2.7 Tipos de Processo Produtivo

Segundo Contador (2010), processo pode ser definido como uma sequência organizada de atividades, que transforma as entradas dos fornecedores em saídas para os clientes, com um valor agregado gerado pela unidade; e um conjunto de causas que gera um ou mais efeitos.

Contador (2010) ainda ressalta que, a geração de um produto ou serviço para um cliente é realizada pela cadeia de um ou mais processos interligados. Existe toda uma relação de clientes e fornecedores internos, mas o objetivo final é a produção do produto ou serviço para o cliente final.

Para Corrêa e Corrêa (2009), na tentativa de identificar padrões na grande variedade de processos produtivos que são encontrados, podemos enumerar alguns aspectos nos quais as unidades produtivas diferem umas das outras e definir contínuos destas variações:

- Volume de fluxo processado;
- Variedade de fluxo processado;
- Recurso dominante;
- Incrementos de capacidade; e
- Critério competitivo de vocação.

Nota-se que as variações encontradas nos processos em relação aos aspectos listados acima não são independentes. A Figura 15 ilustra essa afirmação.

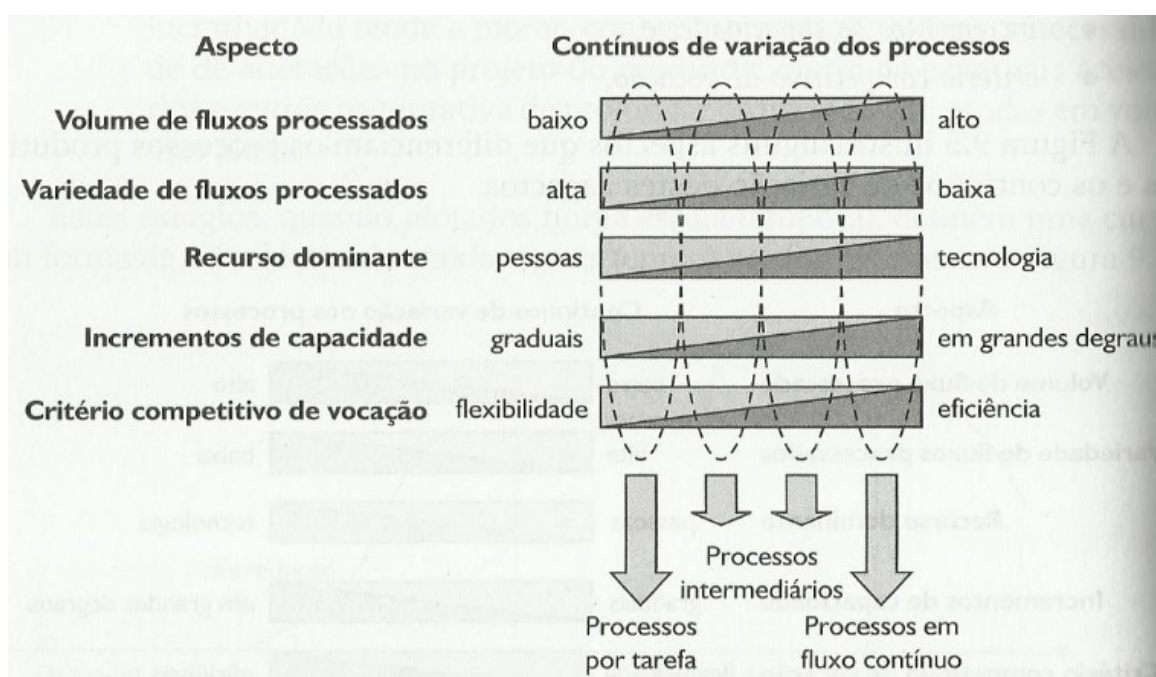


Figura 5 - Definição de estágios do contínuo e variação de processos produtivos (Fonte: CORRÊA; CORRÊA, 2009)

Baseado na idéia original de Hayes e Wheelwright (1984) de correlação entre características de produtos e características de processo (a qual diz que a maior parte das operações tende para a diagonal 'natural' da matriz), pode-se definir a matriz correlação produto-processo, ilustrada na Figura 16.

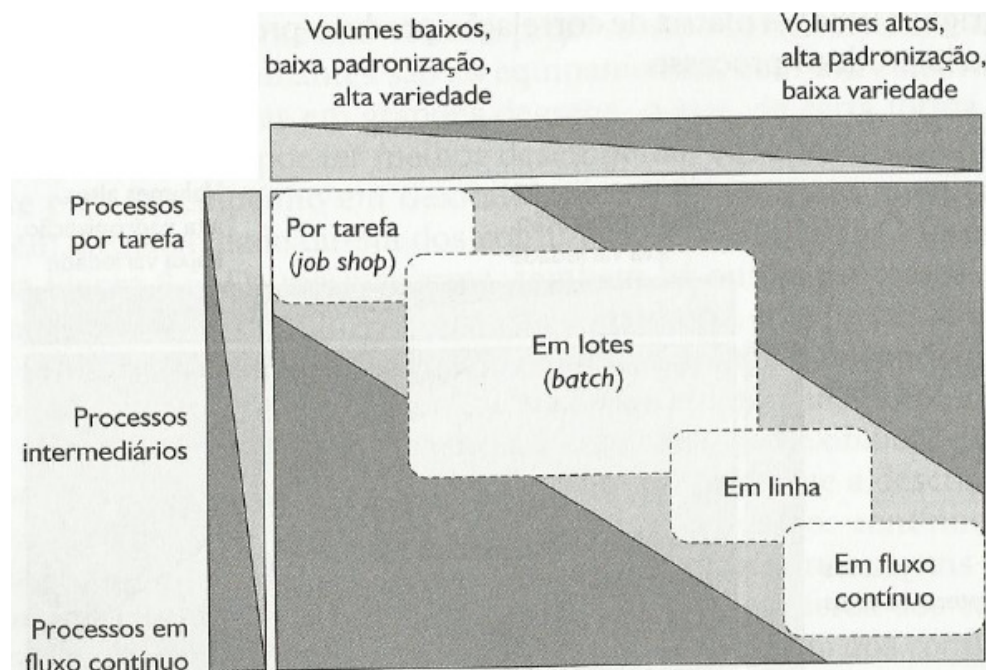


Figura 6 - Matriz produto-processo, baseada em Hayes e Wheelwright (1984). (Fonte: CORRÊA; CORRÊA, 2009).

Analisando as descrições, as Figuras 5 e 6 o processo produtivo da Empresa estudada neste trabalho é definido pelo processo em lotes (*batch*).

2.8 Processo em lotes (*batch*)

Essencialmente, um processo em que seu arranjo físico deve ser funcional pelo alto grau de flexibilidade requerido, onde há especialização e dedicação de funcionários aos equipamentos (não há o aspecto de um grupo ou funcionário ficar responsável por todas as etapas do processo) e há ainda a ocorrência de economias de escala, como, por exemplo, na preparação de equipamentos. (CORRÊA; CORRÊA, 2009). Como o nome indica, cada vez que um processo em lotes produz um produto, é produzido mais do que um produto. Dessa forma, cada parte da operação tem períodos em que se está repetindo, pelo menos enquanto o lote ou a batelada está sendo processado. O processo em lotes pode ser baseado em uma gama mais ampla de níveis de volume e variedade do que outros tipos de processos. (SLACK et al.; 2002).

2.9 Gestão de Estoque

Uma das principais funções do planejamento da produção é a determinação do nível de estoque com que o sistema deverá operar. Estoques são considerados acúmulos de recursos materiais entre fases específicas de processos de transformação.

Segundo Corrêa e Corrêa (2009), existem vários tipos de estoques em processos de operações:

- Estoques de matérias primas e componentes comprados;
- Estoques de material em processo (WIP – *Work in Progress*);
- Estoques de produtos acabados;
- Estoques de materiais para MRO (Manutenção, Reparo e Operação).

A necessidade de estoques está relacionada tanto com características internas do sistema de produção como do seu entorno. Podemos classificá-los segundo suas funções (CONTADOR, 2010), para o caso deste trabalho será descrito apenas o ‘Estoque cíclico’ o qual é o ocorrente na Empresa em questão.

Para Contador (2010), no estoque cíclico os produtos são geralmente fabricados em lotes cuja quantidade supre uma demanda ao longo de um determinado período, no final do qual outro lote é fabricado reiniciando o ciclo. A produção de lotes que geralmente excedem a demanda momentânea está relacionada com aspectos de economia de escala, ou seja, quanto maior o tamanho do lote, menor o custo fixo de produção rateado para cada unidade do lote; e aspectos de restrições tecnológicas, onde o projeto do produto requer que este seja feito em quantidades especificadas.

Podemos ainda classificar um sistema de estoque relacionando-o com as características do sistema a que ele atende. A complexidade do sistema de estoque cresce à medida que um maior número de objetivos e restrições é imposto. (CONTADOR, 2010). Nesse sentido o sistema utilizado pela Empresa é o ‘Sistema de Produção-Estoque’.

O Sistema Produção-Estoque considera que as ordens de reposição de estoque são processadas internamente, competindo todas elas pelos mesmos recursos produtivos. A viabilidade da execução de um conjunto de pedidos de reposição (ou ordens de fabricação) somente será garantida se a capacidade do sistema de produção for suficiente para atendê-los; mesmo assim, a complexidade da programação (seqüenciamento) será um agravante para que os pedidos sejam processados no tempo definido pelo seu *lead-time*. (CONTADOR, 2010).

3 ESTUDO DE CASO

3.1 Descrição da Organização

O presente trabalho foi desenvolvido em uma empresa têxtil pertencente a um grupo transnacional na unidade de negócios conhecida como Fios Industriais a qual produz tecidos com fios de poliamida (comumente conhecida como *Nylon*) com alta e baixa tenacidades e fibras de poliamida.

Devido às particularidades do processo produtivo e ao vocabulário específico utilizado na indústria têxtil, para se delimitar o escopo e o contexto do presente trabalho, faz-se necessária a apresentação de uma visão global do processo produtivo de tela para pneu, foco deste trabalho.

3.1.1 Gama de Produtos

O tecido produzido com fios de poliamida de alta tenacidade tem aplicação na indústria automotiva na forma de tela de sustentação mecânica de pneus, representando 80% da produção e tendo a maior exigência em qualidade de toda a unidade de negócio. Quando desclassificados dessa aplicação os fios são destinados a outros clientes como fabricantes de correias transportadoras, cordas, cabos navais, redes de pesca entre outros.

Presentes na mesma unidade de negócio, mas com diferentes processos e em diferentes plantas, são fabricados também fios de poliamida de baixa tenacidade, destinados a fabricantes de linhas de costura e fibras, matéria prima de carpetes, esponjas, etc.

A Figura 7 mostra as aplicações da gama de produtos da empresa.



Figura 7 – Aplicações de produtos da unidade Fios Industriais.

3.1.2 Processo produtivo da tela de pneu

As etapas do processo de fabricação são apresentadas adiante através de um diagrama de fluxo de processo, Figura 9, e em seguida cada etapa será explicada separadamente.

Os diagramas de processo podem ser aplicados para o fluxo de materiais ou informações ao longo de um trabalho ou, alternativamente, podem ser usados para esquematizar a seqüência de atividades feitas pela pessoa. (SLACK et al., 2002).

O objetivo dos diagramas de processo é a listagem de todas as fases do processo de forma simples e de rápida visualização e entendimento. A análise crítica dos diagramas e a comparação destes com as fases e seqüenciamento reais ajudam na identificação de possíveis problemas de qualidade, além de evidenciar desperdício como excessos de estoques, de transportes, etc. (CORRÊA; CORRÊA, 2009).

A Figura 8 apresenta os significados de cada símbolo utilizados no diagrama de fluxo de processo para os materiais.

Símbolo	Diagrama de fluxo de processo (para os materiais)
●	Operação
➔	Transporte
D	Espera
■	Inspeção
▼	Estocagem

Figura 8 – Os símbolos usados nos diagramas de fluxo de processo para materiais (Fonte: SLACK et al., 2002)

O diagrama de fluxo de processo foi escolhido para representar o processo de produção de pneus pelo fato de explicitar etapas de transporte, armazenagem e inspeção. O objetivo aqui é mostrar as etapas de movimentação e transporte dos materiais ao longo da cadeia produtiva, bem como o vocabulário específico utilizado em cada uma delas.

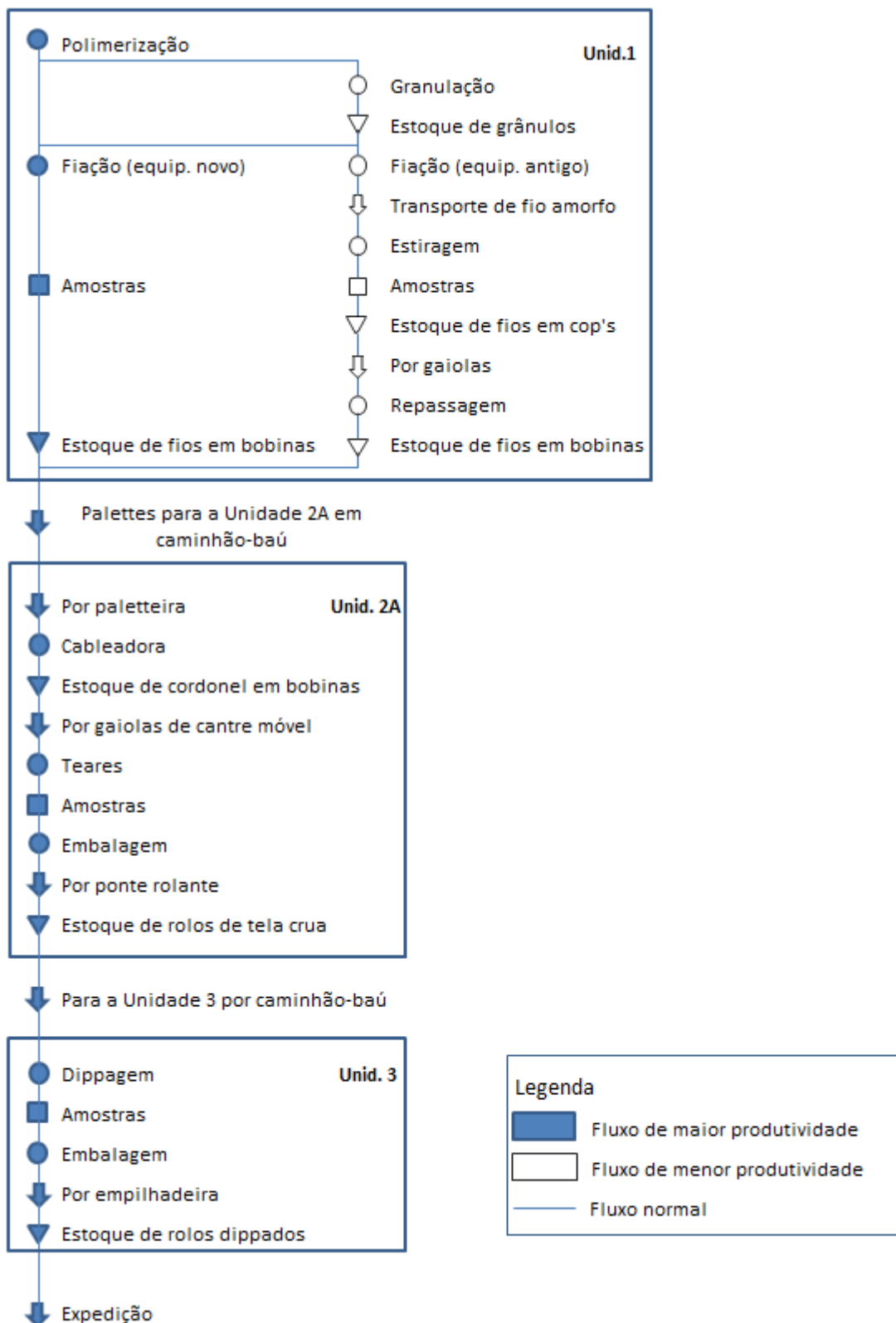


Figura 9 – Diagrama do fluxo do processo de tela para pneu.

- **Polimerização:** trata-se do processo químico de preparação do polímero poliamida 6.6, matéria prima do fio;

- **Granulação:** uma pequena parte do polímero é granulada para manter o equilíbrio das propriedades na saída da polimerização;
- **Fiação (equipamento antigo):** após a polimerização, a massa de poliamida ou os grânulos de polímero fundidos passam por feiras de cavidades bastante diminutas em um processo semelhante ao da extrusão, resultando na saída de filamentos de poliamida. Os filamentos reunidos formam o fio amorfo, cujas fibras ainda não estão orientadas.
- **Estiragem:** processo de alongamento e aquecimento do fio através de cilindros de diferentes velocidades e fornos que lhe dão as devidas propriedades mecânicas, Figura 10. Ao final deste processo, o fio estirado (chamado de fio singelo) é enrolado em *cop's* (tubos de aço – TBA), como o da Figura 11, que são transportados em carrinhos conhecidos como gaiolas;



Figura 10 – Processo de estiragem horizontal.



Figura 11 – Cop (ou TBA) com fio singelo.

- **Fiação (equipamento novo):** em um equipamento mais moderno, as fases de fiação e estiragem são reunidas com ganhos de velocidade, qualidade final do fio e eliminação do transporte do material entre a máquina de fiação e a estiragem, Figura 12. Neste equipamento o fio singelo é enrolado em tubetes de papelão (TBP). Chamam-se genericamente de bobinas (ou bbn) esses tubetes com fio singelo, Figura 13.

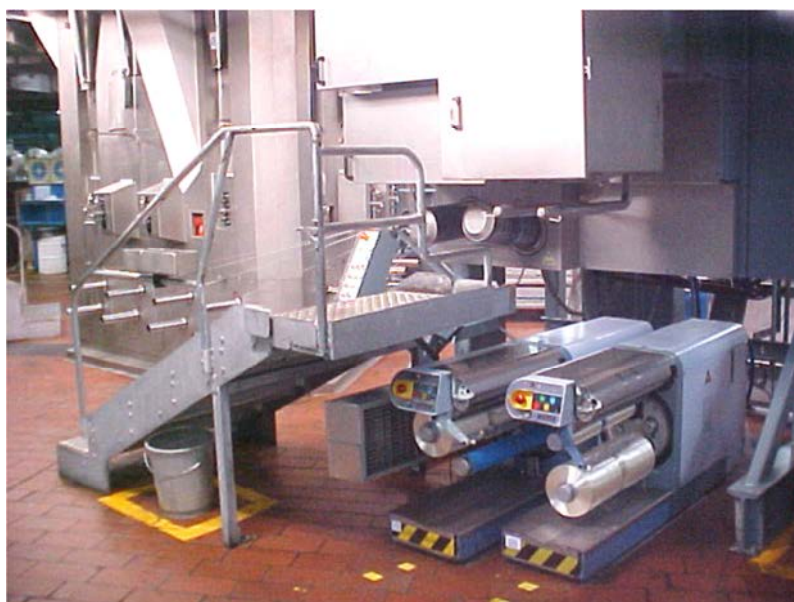


Figura 12 – Equipamento novo.



Figura 13 – Bobina (ou TBP) com fio singelo.

Nas etapas de fiação e estiragem, ocorre a primeira diferenciação na saída do processo: o título² e o número de filamentos do fio.

- **Cableadoras:** essas máquinas recebem as bobinas de fio singelo e cop's, este último com algumas restrições, e realiza os processos de Pré-Torção responsável por dar leve torção ao fio, aumentando sua resistência, e Torção o qual consiste na torção de dois fios pré-torcidos formando um cabo, também chamado de cordonel, o qual é enrolado em bobinas (ou carretéis). Os dois processos são representados na Figura 14, e a bobina na Figura 15.

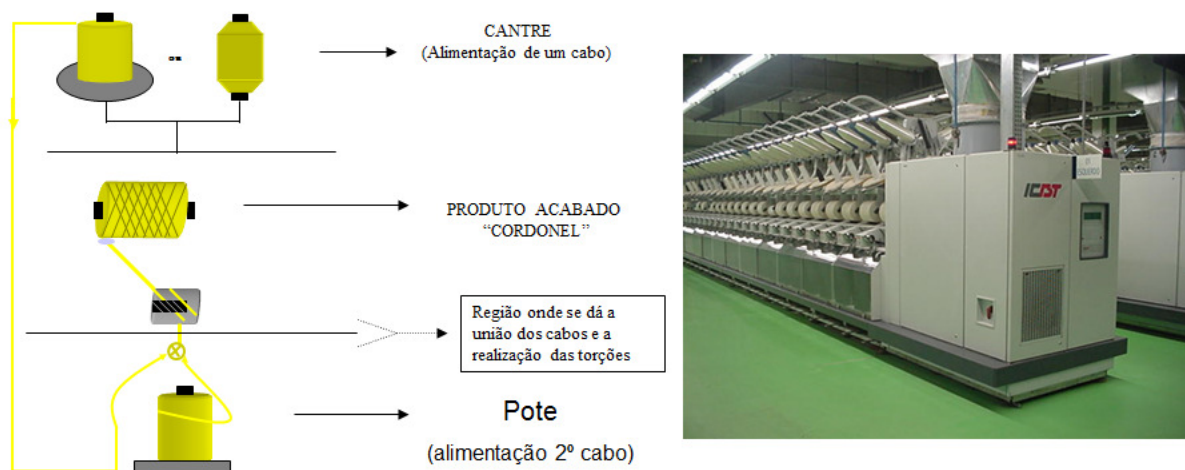


Figura 14 – Esquema ilustrativo dos processos de Pré-Torção Torção e da Máquina Cableadora.

² Parâmetro de diferenciação do fio na indústria têxtil, cuja unidade é o Dtex: título [Dtex] = massa do fio [g]/10 000 [m].



Figura 15 – Bobina ou TBP com cordonel.

- **Tecelagem:** as bobinas de cordonel são colocadas em suportes (chamados de gaiolas ou cantre) dos teares, que tecem o rolo de tela para pneu. Os equipamentos de tecelagem estão representados na Figura 16.

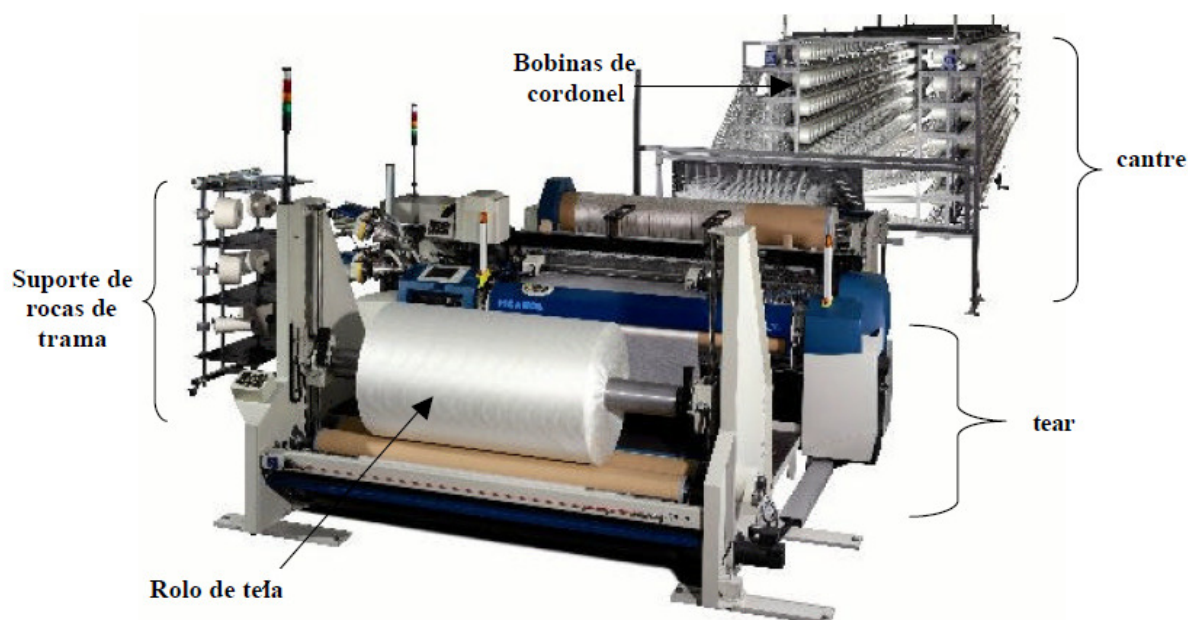


Figura 16 – Esquema do tear e sua cantre.

- **Dipping:** para aderir à borracha do pneu, a tela dos fios de poliamida deve receber uma solução especial de látex através do processo de *dippagem*, composto por banhos desta solução intermediados por fornos e cilindros de estiragem da tela.
- **Ensaio de qualidade com amostras:** o controle de qualidade do produto analisa amostras de fio singelo retiradas da fiação e pedaços de tecido dos rolos de tela retirados dos teares e do *dipping*.

Diante do problema originador deste trabalho, foi formada uma equipe de trabalho dedicada à análise e proposta de melhorias para o mesmo. Integrada à equipe responsável pela

ação a autora participou de todo processo de definição do problema, levantamento de dados e proposição de melhorias durante o período de estágio.

3.2 Pré Estudo

Seguindo a metodologia DMAIC a qual será a orientadora das ações deste trabalho, como já dito anteriormente, a primeira fase a ser executada é o ‘Pré-Estudo’ onde se identificam informações relevantes para o início do projeto, sendo assim faz-se necessário uma descrição geral do processo produtivo, portanto serão apresentadas algumas informações sobre equipamentos, produção e organização do trabalho na área de *Torção* foco deste trabalho.

3.2.1 Equipamentos

As máquinas responsáveis pelo processo de torção do fio de poliamida são chamadas de ‘Cableadoras’. Existem 22 máquinas, as quais foram adquiridas já usadas pela Empresa em 2006, e são provenientes de três fabricantes diferentes, o que gera em uma diferença na quantidade de produto processado por cada uma durante um ciclo produtivo, pois têm capacidades de produção de 110, 128 e 134 bobinas dependendo do modelo do fabricante. A Figura 17 mostra um exemplo de uma máquina Cableadora.



Figura 17 – Exemplo de máquina Cableadora operando.

A produção de bobinas de fio proveniente das cableadoras é transportada até o tear por um equipamento chamado de ‘Cantre’ ou ‘Gaiola’, esse equipamento tem o objetivo de reduzir o tempo de carregamento e descarregamento de bobinas nos teares durante as trocas de artigos. O carregamento das cantres é feito em uma área específica entre as cableadoras e os teares, o que reduz consideravelmente o tempo de troca de artigo nos teares, processo esse considerado crítico (mais demorado) para o ciclo total de produção da tela de pneu. Esse carregamento é efetuado sem a necessidade dos teares estarem parados e no momento da troca basta que se retire a cantre vazia (com as bobinas que acabaram) e substituir por uma cantre com bobinas novas. A Figura 18 mostra um exemplo da Cantre descarregada e carregada.

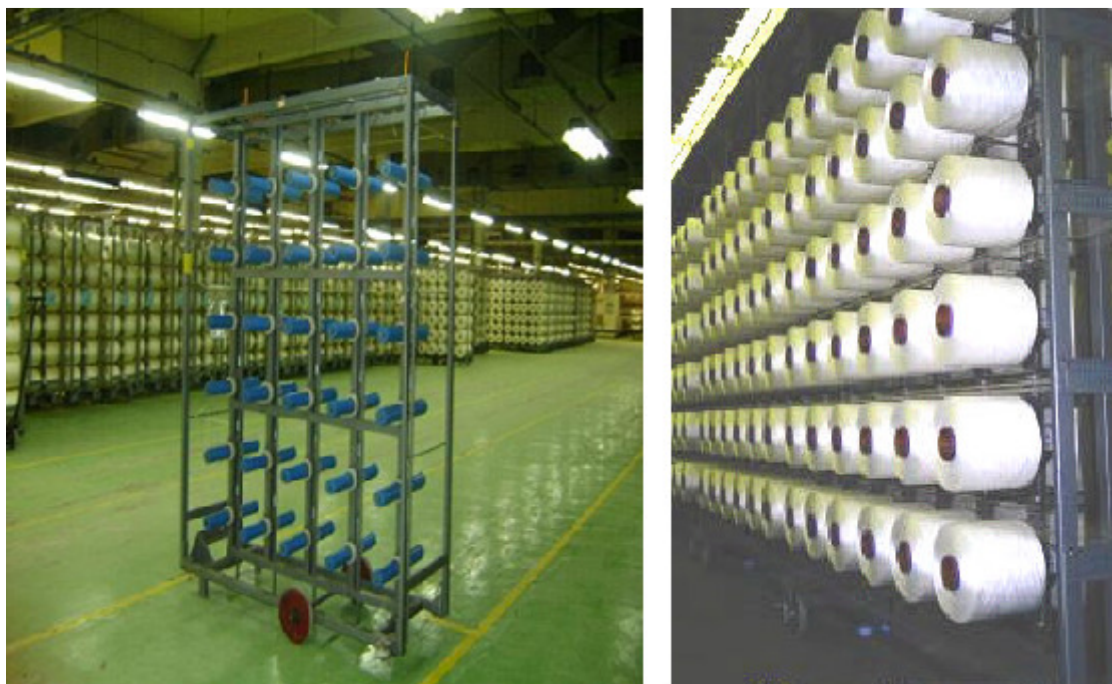


Figura 18 – Exemplos de cantre descarregada de produção à esquerda, e carregada de produção à direita.

3.2.2 Artigos produzidos

Os artigos produzidos pelas cableadoras são bobinas de fio ou cordonel (Figura 9) os quais são diferenciados por seu título (fator de diferenciação na indústria têxtil), metragem e, conseqüentemente, peso das bobinas. Existem 9 tipos diferentes de artigos que podem ser produzidos (bobinas de fios com títulos diferentes), sendo que alguns deles possuem máquinas cableadoras totalmente dedicadas à sua produção.

3.2.3 Organização do trabalho

A Empresa opera durante os três turnos, e possui equipes (turmas) específicas e distintas para cada fase de produção, são duas equipes operando para cada turno de produção. Uma equipe responsável pelas trocas de artigo e de lote nas cableadoras, pelo transporte e armazenagem de bobinas (abastecimento das cantres) e pela limpeza da área; e uma equipe dedicada ao acompanhamento da produção nos teares (conhecidos como patrulheiros do tear). Cada turno tem um líder de turma para cada equipe.

3.3 Fase Define (Definir)

Tendo o escopo e objetivo do problema originador deste trabalho já definidos, verificar fontes (ou pontos) de perda de informação dos indicadores de desempenho da unidade durante o processo produtivo, faz-se necessário utilizar uma das ferramentas do Six Sigma conhecida como Mapeamento do Processo. Durante a fase de pré-estudo foi feita uma descrição geral do processo produtivo referente às máquinas cableadoras, assim cabe a esta fase do trabalho verificar separadamente cada uma das etapas de produção, analisando como as informações são captadas e tratadas em cada uma delas.

3.3.1 Chegada da matéria prima na unidade industrial

A matéria prima a ser utilizada nas máquinas cableadoras (bobinas de fio singelo) na unidade industrial estudada (Unidade 2), é produzida pela ‘Fiação’ processo produtivo que ocorre na mesma Empresa, porém em outra unidade industrial (Unidade 1), conforme explicado anteriormente na seção 1.4.2 e pode ser visualizado na Figura 3 – Diagrama do fluxo do processo para tela de pneu. Ela é armazenada em pallets ou gaiolas na Unidade 1, conforme mostrado na Figura 19, e é transportada para a Unidade 2 por meio de caminhões baú. A quantidade de bobinas de fio singelo (ou lote) é mensurada (cada artigo tem suas bobina com um peso padrão) na Unidade 1 e conferida na chegada à Unidade 2, tendo então seus dados lançados no sistema.



Figura 19 – Bobinas de fio singelo armazenadas em pallets (à esquerda) e em gaiolas (à direita).

3.3.2 Bobinas de Quebra

Cada um dos artigos produzidos tem uma metragem e, conseqüentemente, um peso específicos conforme explicado anteriormente na seção 3.1.2. As máquinas cableadoras são programadas para parar o processo de torção das bobinas quando alcançam a metragem pré-estabelecida de acordo com o artigo que está sendo produzido. É comum ocorrerem casos em que por alguns motivos, os quais serão explicitados adiante, a bobina tenha o seu processo de torção interrompido e não atinja a sua metragem especificada, são as chamadas ‘Bobinas de Quebra’³.

Os motivos das quebras podem ser devido a problemas no processo produtivo, operacionais ou intrínseco à matéria prima proveniente da etapa anterior; descritos a seguir:

- **Devido a problemas no processo produtivo:** quando colocados nas cableadoras o fio singelo percorre um caminho na máquina o qual é responsável pelo processo de transformação do fio singelo em cordonel, porém este caminho quando não percorrido corretamente (o que é chamado de ‘Passamento Incorreto’), devido a alguns pontos fisicamente críticos, acarreta na ruptura do fio, o que gera uma bobina de quebra. As Figuras 20, 21 e 22 mostram alguns exemplos de passamento incorreto do fio singelo em determinados componentes nos pontos críticos do percurso na máquina.



Figura 20 - Exemplo de passamento correto à esquerda e de passamento incorreto à direita (gerador de bobinas de quebra) do fio singelo no Pote durante o processo de transformação em cableadoras.

³ O termo ‘quebra’ neste contexto não seria o mais adequado (esse termo é utilizado para indicar problemas em máquinas e equipamentos), neste caso o termo ‘rompimento’ seria o ideal, porém ‘quebra’ é o termo utilizado pela empresa, inclusive no sistema de coleta de dados e indicadores de desempenho, portanto será também utilizado para se referir às bobinas com metragem incompleta neste trabalho.



Figura 21 - Exemplo de passamento correto à esquerda e de passamento incorreto à direita (gerador de bobinas de quebra) do fio singelo no Regulador durante o processo de transformação em cableadoras.

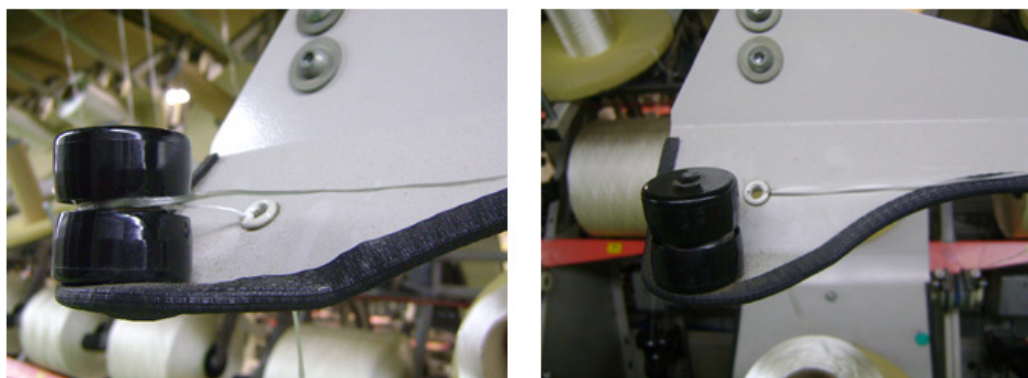


Figura 22 – Exemplo de passamento correto à esquerda de passamento incorreto à direita (gerador de bobinas de quebra) do fio singelo no Conjunto Tensor durante o processo de transformação em Cableadoras.

- **Operacionais:** alguns erros ou vícios de manuseio das bobinas e das cableadoras pelos operadores das máquinas também interferem no processo de transformação do fio singelo, gerando uma bobina de quebra, por exemplo, falta de limpeza adequada da máquina (Figura 23), utilização de componentes em lugares inadequados e com a função inadequada (Figura 24), não atendimento dos procedimentos referentes ao passamento do fio (Figura 25), etc.

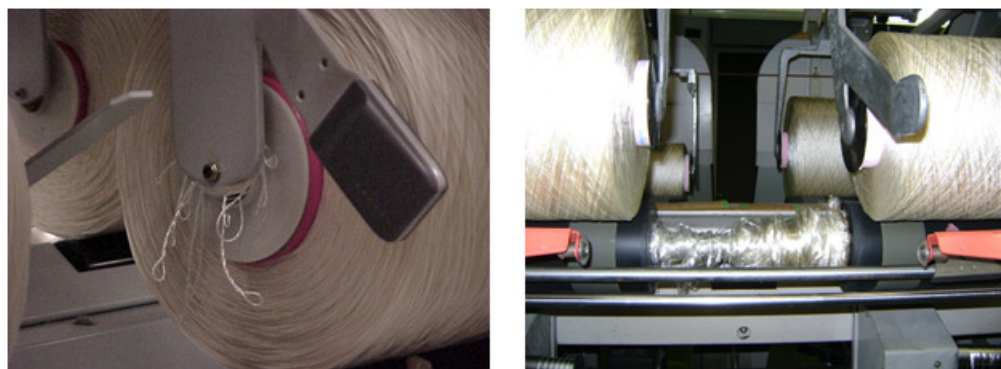


Figura 23 – Exemplo de falta de limpeza das máquinas.



Figura 24 – Exemplo de utilização correta dos Capeletes à esquerda e utilização para função inadequada dos Capeletes à direita.

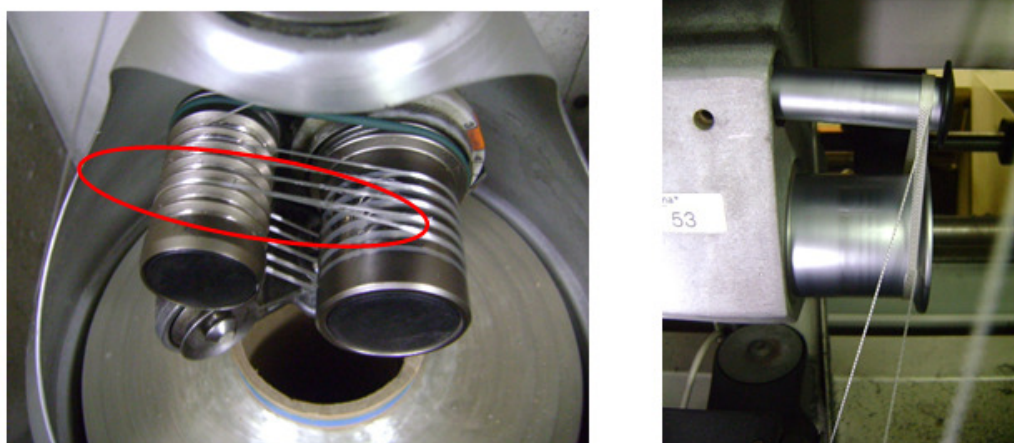


Figura 25 – Exemplos de passamentos incorretos do fio desrespeitando as normas do procedimento.

- **Intrínseco à matéria prima proveniente da etapa anterior:** alguns problemas originadores de bobinas de quebras vêm da etapa de produção do fio singelo pela Unidade 1. Esses problemas em geral estão ligados ao enrosco do fio na própria bobina (chamado de espira sobreposta, Figura 26) ou no tubete de papelão o qual está com a superfície gasta e, devido ao atrito do fio nesta durante o processo produtivo nas cableadoras, acarreta no rompimento do fio (Figura 27).

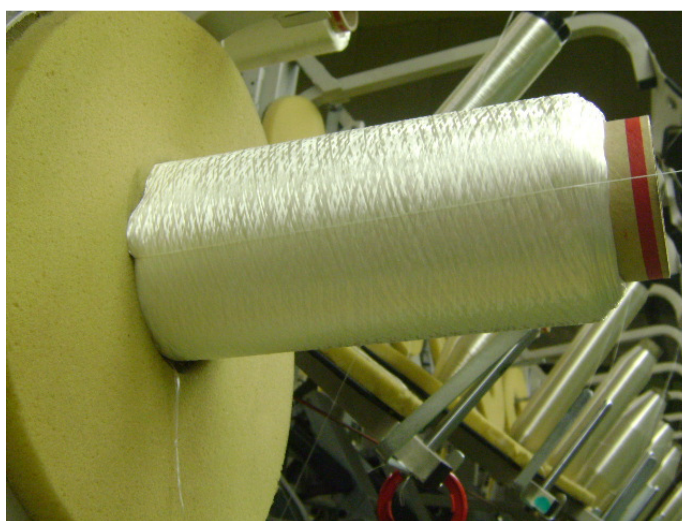


Figura 26 – Exemplo de bobina com espira sobreposta.

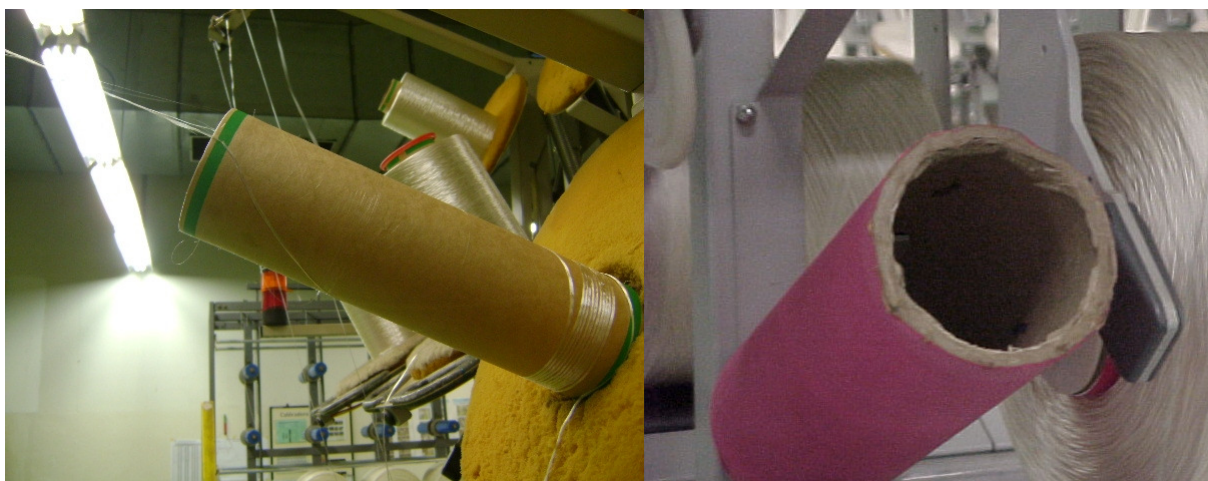


Figura 27 – Exemplo de tubete com a superfície desgastada o que acarreta no rompimento do fio.

Como já foi explicado na seção 1.4.2, as bobinas de cordonel provenientes do processo produtivo das cableadoras abastecem os teares que tecem os rolos de tela de pneu (Figura 10).

Cada bobina de cordonel tem metragem suficiente para tecer de 3 a 14 rolos seguidos de tela de pneu (lotes de bobinas em conjunto, não uma única bobina) dependendo do artigo. Sendo assim as bobinas de quebras não são descartadas do processo produtivo, elas são classificadas em ‘famílias’ de quebras de acordo com a sua metragem final (no momento da ruptura do cabo) e são utilizadas nos teares. Por exemplo, duas bobinas de quebra com metragem para 6 rolos podem ser utilizadas junto à bobinas completas, com metragem suficiente, para o tecimento de 12 rolos de tela de pneu, se os cabos das duas forem unidos (atados). Um exemplo dessa situação nas cantres dos teares é mostrada na Figura 28. Nota-se que a bobina de quebra utilizada tem uma metragem muito maior do que as bobinas completas utilizadas na produção de tela de pneu. Neste caso essa bobina de quebra não terá sua metragem finalizada junto com o final da produção de tela de pneu, sendo assim ela pode continuar a ser utilizada pelo mesmo tear se o próximo artigo a ser carregado for o mesmo desta, ou então se contabiliza quantos rolos de tela de pneu ela produziu e quantos ela ainda pode produzir, e esta volta para a área de estoque.

Porém as bobinas de quebras não podem ser utilizadas em todos os artigos de tecidos e a qualquer momento, pois os clientes especificam a quantidade de costuras que podem existir em cada rolo, ou seja, tomando o exemplo acima, para utilizar duas bobinas de quebra com metragem suficiente para 6 rolos para o tecimento de 12 rolos, a união do cabo da primeira bobina com o da segunda é contada como uma costura (processo de atamento dos cabos através de uma máquina de costura). Durante o tecimento também ocorrem rupturas dos cabos dos cordonéis que estão nas cantres dos teares por alguns motivos similares aos do processo produtivo nas cableadoras e, quando isso ocorre, é necessário que também se faça uma costura para unir os cabos novamente. Sendo assim o recurso de utilização das bobinas de quebra fica limitado, pois se faz necessário uma estimativa, de acordo com o artigo utilizado, da probabilidade de rompimento dos cordonéis provenientes das bobinas completas, para que só então se possam utilizar as bobinas de quebra de acordo com a quantidade de costuras restantes permitidas para aquele artigo.

As bobinas de quebra são separadas em pallets de acordo com a classificação das famílias e dos artigos, ficam estocadas em uma área específica entre as cableadoras e os teares, e são utilizadas de acordo com a necessidade e com as restrições citadas acima.

As informações sobre a produção de bobinas completas e bobinas de quebra nas cableadoras são registradas pelos operadores em fichas chamadas de ‘Ficha de acompanhamento e mapa de quebras’, conforme mostrado na Figura 29. Nelas constam todas as informações da produção diária nos três turnos das cableadoras, incluindo as informações

sobre os motivos do rompimento do fio no momento da produção das bobinas de cordonéis ('Motivos de quebra' - os quais são classificados de acordo com alguns motivos específicos para a Empresa), e já são indicadas as famílias de quebras (menor que um rolo, 1 e 2 rolos, 3 à 6 rolos, 7 à 10 rolos, 11 à 14 rolos) de acordo com a metragem da bobina de quebra no momento do rompimento do fio, metragem esta que fica indicada no painel digital das cableadoras e, de acordo com essa informação, o operador registra a qual família a bobina de quebra pertence na ficha de acompanhamento de produção, anota a metragem em uma etiqueta atada à bobina e a separa em seu pallet da família especificada.



Figura 28 – Exemplo de utilização de bobina de quebra, neste caso com metragem maior do que as bobinas completas utilizadas.

Os dados da produção na Ficha de Acompanhamento e Mapa de Quebras de todas as cableadoras são registrados diariamente em planilhas de banco de dados da Empresa, as quais são utilizadas para o acompanhamento da produção e como fonte de informação para os processos de tomada de decisão referente à Unidade 2 (Figura 30).

Cableadora	Título do fio	Data e Hora Início	Data e Hora Fim	Peso produção de bbn's incompletas (kg)				...	Quebras para 12 rolos	Quebras para 13 rolos	OEE Global	OEE Líquido
				Menor que 1 rolo	Quebras para 1 rolo	Quebras para 2 rolos	Quebras para 3 rolos					
3	1400 (40)	27/8/10 22:00	28/8/10 22:00	0,52	20,85	20,85	8,77					
4	1400 (40)	27/8/10 22:00	28/8/10 22:00	0,26	1,95	7,82	18,55	0,00	0,00	70,51%	70,51%	
5	1400 (40)	27/8/10 22:00	28/8/10 22:00	0,78	5,21	9,12	18,55	0,00	0,00	75,12%	75,12%	
6	1400 (40)	27/8/10 22:00	28/8/10 22:00	0,13	23,46	10,43	21,50	0,00	0,00	77,57%	77,57%	
7	2100 (75)	27/8/10 22:00	28/8/10 22:00	0,00	27,18	13,59	10,19	0,00	0,00	70,81%	71,13%	
8	2100 (75)	27/8/10 22:00	28/8/10 22:00	0,17	3,40	3,40	2,55	0,00	0,00	76,77%	76,77%	
9	2100 (75)	27/8/10 22:00	28/8/10 22:00	0,34	0,85	52,65	53,50	0,00	0,00	96,87%	96,87%	
10	1400 (40)	27/8/10 22:00	28/8/10 22:00	1,43	7,17	11,73	22,46	0,00	0,00	74,38%	74,38%	
11	2100 (106)	27/8/10 22:00	28/8/10 22:00	1,09	17,19	32,82	58,62	0,00	0,00	76,35%	76,35%	
								9,38	0,00	78,02%	99,37%	

Figura 30 – Exemplo de parte da planilha de banco de dados.

O cálculo do OEE pela Empresa é feito de acordo com as fórmulas especificadas na seção 2.4.2, e utiliza como padrão de dados de bobinas de quebras a planilha mostrada na Figura 31, onde cada artigo (título) têm sua metragem e peso padrão e a quantidade de rolos de tela de pneu que podem ser produzido com estes.

Título (lote)	Metragem de 1 bbn completa (m)	Peso de 1 bbn completa (kg)	N de rolos no tear que faz uma bbn completa	Peso de bbn menos de 1 rolo (kg)	Peso de bbn's de quebras - n° de rolos (kg)													
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
940 F	19600	3,8040	6	0,127	0,63	1,27	1,90	2,54	3,17	3,80	4,44	5,07	5,71	6,34	6,97	7,61	8,24	8,88
940 P	19600	4,0830	6	0,136	0,68	1,36	2,04	2,72	3,40	4,08	4,76	5,44	6,12	6,81	7,49	8,17	8,85	9,53
1900	8800	1,6120	4	0,081	0,40	0,81	1,21	1,61	2,02	2,42	2,82	3,22	3,63	4,03	4,43	4,84	5,24	5,64
1400 (40)	29400	9,1230	14	0,130	0,65	1,30	1,95	2,61	3,26	3,91	4,56	5,21	5,86	6,52	7,17	7,82	8,47	9,12
2800	14400	4,4150	7	0,126	0,63	1,26	1,89	2,52	3,15	3,78	4,42	5,05	5,68	6,31	6,94	7,57	8,20	8,83
1880 (75)	22210	8,5970	11	0,156	0,78	1,56	2,34	3,13	3,91	4,69	5,47	6,25	7,03	7,82	8,60	9,38	10,16	10,94

Figura 31 – Exemplo de planilha com os dados padrões para as bobinas de quebra.

3.3.3 Estoque de material em processo (WIP)

Por utilizar o conceito de produção puxada toda a produção de bobinas completas que saem da cableadora já abastecem sem espera as cantres e seguem para os teares correspondentes iniciando a produção do rolo de tela de pneu. Porém as bobinas de quebra, como já explicado anteriormente, devido às limitações do processo, ficam estocadas em

pallets em uma área específica esperando a liberação para serem utilizadas nos teares. A formação deste estoque se dá de acordo com a produção de bobinas de quebras das cableadoras, sendo assim, este não está organizado de forma padronizada, ou seja, os pallets vão sendo arranjados na área de acordo com a sua chegada, sem ter uma orientação de acordo com as características das bobinas, por exemplo.

Ao final do dia ocorre o fechamento da planilha do banco de dados chamada de ‘Situação dos Estoques’. Como dito anteriormente, esse estoque de bobinas de quebra não está organizado, sendo assim a sua mensuração ao final do dia é feita de maneira aleatória, pois não há um controle sobre quais e quantas bobinas que estavam anteriormente estocadas foram utilizadas durante o dia. Essa mensuração é feita sem um padrão, um funcionário estima visualmente a quantidade de bobinas e pallets de quebra estocados e computa os dados na planilha de estoques.

3.4 Fase Measure (Medir)

De acordo com as informações apresentadas durante o mapeamento do processo produtivo das cableadoras e, visando o objetivo deste trabalho, foi definida a necessidade de se medir e analisar os dados referentes às bobinas de quebras e estoque de material em processo, pois são os processos ou itens considerados críticos em relação à coleta de informações.

3.4.1 Bobinas de quebra

Durante os meses de junho e julho de 2010 foram colhidas amostras piloto de bobinas de quebra para se verificar se o peso destas eram condizentes com os pesos registrados na planilha padrão e utilizado nos cálculos da produção e do OEE. Sendo assim foram escolhidas 3 máquinas cableadoras dentre as 22 existentes, para se fazer a coleta e pesagem de todas as bobinas de quebra provenientes destas durante um período de 9 dias⁴. As máquinas foram escolhidas de acordo com os títulos (artigos) a qual estariam produzindo *full time*, ou seja, sem paradas de manutenção programadas, durante o período de coleta de dados, dando

⁴ Esse período de coleta de dados foi o estipulado pela Empresa, pois para a realização da separação e pesagem das bobinas foi necessário aumentar em uma tarefa o processo produtivo, o que por um período superior à nove dias iria afetar o andamento da produção na etapa seguinte de tecelagem.

preferência para os 3 artigos (títulos) mais produzidos pela Empresa, conseqüentemente os mais críticos .

A coleta dos dados funcionou da seguinte maneira: os operadores das cableadoras separavam as bobinas de quebra conforme sua tarefa padrão descrita nos procedimentos da empresa, e os identificavam com as informações de data e lote. Esses pallets eram separados em uma área específica para pesagem e todas as bobinas de quebras do mesmo eram pesadas individualmente, assim os dados do peso e da metragem de cada bobina de quebra (metragem essa anotada no momento da separação em famílias em uma etiqueta acoplada à bobina) eram registrados em fichas. Com esses dados foi possível comparar se o peso e a metragem teóricos (usados nas planilhas como padrão) eram condizentes com o peso e a metragem reais.

3.4.2 Estoque de material em processo (WIP)

No mesmo período em que foi realizada a coleta de dados das bobinas de quebra das cableadoras, foi feita a coleta de dados do estoque de material em processo da seguinte maneira: ao final do dia era feito um registro em fichas do peso dos pallets, quantidades de bobinas em cada um, família e título das mesmas. E a mensuração visual utilizada pela Empresa também ocorria normalmente, sendo que o funcionário responsável pela mesma não tinha acesso aos dados coletados do processo de pesagem.

3.5 Fase Analyse (Analisar)

Nesta fase os dados coletados foram tratados e analisados conforme será explicado a seguir para cada um dos processos críticos.

3.5.1 Bobinas de quebra

De acordo com os pesos das bobinas de quebra é possível calcular a metragem real das bobinas de acordo com a fórmula:

$$\text{Metragem (m)} = \frac{\text{Peso Líquido (g)} \times 10^4}{\text{Título médio (dtex)}} \dots\dots\dots(12)$$

Assim de acordo com o peso e com a metragem é possível fazer a classificação real das bobinas de quebra de acordo com as famílias (quantidades de rolo que esta é capaz de produzir com a metragem que possui) e mensurar se o peso padrão utilizado nas planilhas é o adequado.

De acordo com as exigências de confidencialidade feita pela Empresa em relação a alguns nomes de dados, ou artigos, os 3 artigos selecionados para análise serão aqui chamados de Artigo 1, 2 e 3. Os dados coletados e tratados de cada um deles serão explicitados a seguir.

3.5.1.1 Artigo1 (Cableadora 2)

Uma bobina completa do Artigo 1 possui 29.400 metros, 9,123 kg e, com a metragem das bobinas completas, tece até 14 rolos de tela de pneu. Durante o período de coleta de dados foram produzidas 1414 bobinas na Cableadora 2, sendo que destas 894 foram classificadas como bobinas completas e 520 como bobinas de quebra, ou seja, 36,78% do total produzido foi de bobinas de quebra. Como as bobinas completas para esse Artigo são capazes de produzir 14 rolos de tela de pneu, as bobinas que possuem metragem para produzir até 13 rolos de tela de pneu são consideradas bobinas de quebra. De acordo com a Tabela 2, essas 520 bobinas de quebra estão divididas em:

Tabela 2 – Quantidade de Bobinas de Quebra do Artigo 1 coletadas, classificadas de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir.

Nº de rolos	< 1 rolo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Nº de bbn	6	60	48	39	43	44	22	32	45	35	24	43	36	43

Conforme mostrado na Tabela 2, durante o processo de torção, 6 bobinas tiveram seus fios rompidos com metragem para produzir menos que um rolo de tela de pneu, 60 bobinas tiveram seus fios rompidos com metragem para produzir 1 rolo de tela de pneu, 48 bobinas com metragem para produzir 2 rolos de tela de pneu e assim por diante.

A Tabela 3 mostra os pesos padrão (ou pesos teóricos) para as bobinas de quebra do Artigo 1 de acordo com as metragens que possuem, por exemplo, uma bobina de quebra com metragem suficiente para produzir 6 rolos de tela de pneu, é contabilizada com o peso de 3,94kg.

Tabela 3 - Peso padrão das bobinas de quebra utilizado nos indicadores da Empresa para o Artigo 1 de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir.

Nº de rolos	< 1 rolo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Peso (kg)	0,131	0,66	1,31	1,97	2,63	3,29	3,94	4,60	5,26	5,91	6,57	7,23	7,89	8,54

Todas as 520 bobinas de quebra foram pesadas e classificadas de acordo com a metragem e, conseqüentemente a quantidades de rolos de tela de pneu capazes de produzir e, assim, de acordo com o peso real e quantidades de bobinas, o cálculo do peso médio das bobinas de quebra foi refeito e comparado com o teórico apresentado na Tabela 3, e o peso médio real das bobinas de quebra para cada quantidade de rolo são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Peso médio real das bobinas de quebra do Artigo 1 de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir.

Nº de rolos	< 1 rolo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Peso (kg)	0,52	1,01	1,71	2,32	3,06	3,84	3,45	5,73	5,75	5,94	6,98	8,36	7,42	8,54

Nota-se comparando as Tabelas 3 e 4 que os pesos médios das bobinas de quebra reais são maiores que os considerados teóricos, exceto para as bobinas de quebra com metragens suficientes para tecer 6 e 12 rolos de tela de pneu, as quais obtiveram um peso médio real menor do que os considerados teórico. Essa diferença pode ser visualizada no gráfico apresentado na Figura 32.

A soma dos pesos reais de todas as bobinas de quebra foi 2433,28 kg, e a soma dos pesos teóricos das mesmas bobinas utilizados nas planilhas da Empresa foi 2235,07 kg, ou seja, uma diferença geral de 198,20 kg ou 22,02 kg por dia. Essa diferença se estendida para as 22 máquinas (considerando que todas as cableadoras estariam produzindo somente o Artigo 1), considerando um mês como 30 dias, seria no final do mês de 14534,95 kg (14,5 toneladas).

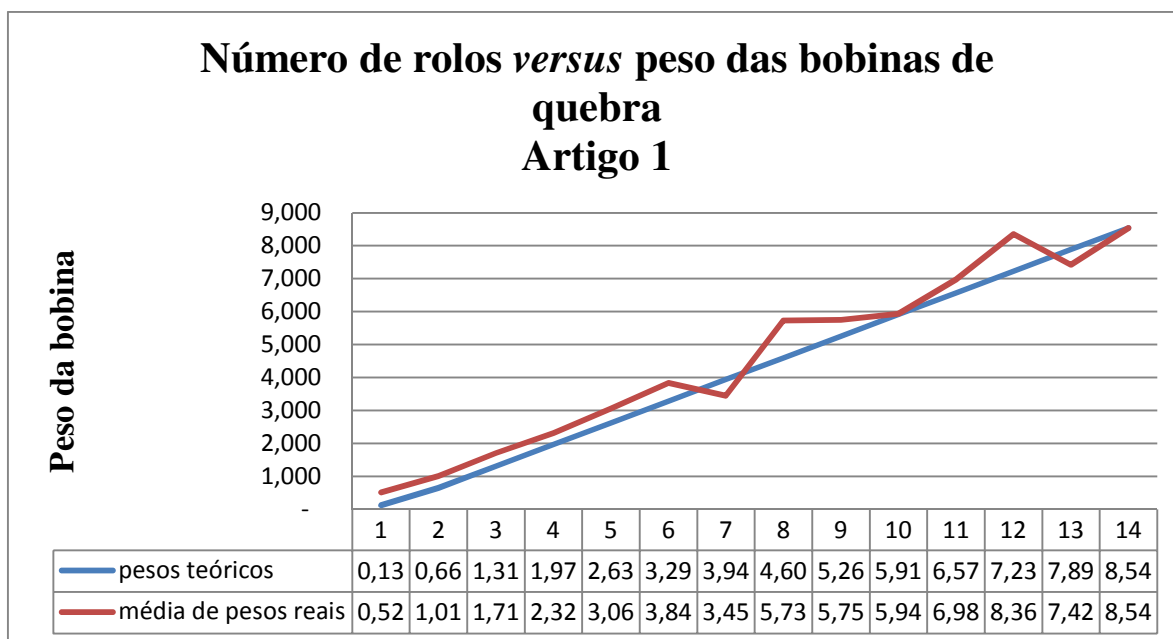


Figura 32 – Gráfico de comparação entre os pesos médios reais (dados coletados) e teóricos (utilizados pela Empresa) para o Artigo1.

3.5.1.2 Artigo2 (Cableadora 8)

Uma bobina completa do Artigo2 possui 21.900 metros, 10,191 kg e, com a metragem das bobinas completas, tece até 12 rolos de tela de pneu. Durante o período de coleta de dados foram produzidas 1400 bobinas, sendo que destas 1232 foram classificadas como bobinas completas e 168 como bobinas de quebra, ou seja, 12% do total produzido foi de bobinas de quebra.

Alguns problemas referentes à separação e necessidade de urgência de utilização das bobinas que seriam utilizadas na coleta de dados fez com que o período de estudo e coleta de dados para esse artigo fosse reduzido de 9 para 7 dias. Essas 168 bobinas de quebra estão divididas em (Tabela 5):

Tabela 5 – Quantidade de Bobinas de Quebra do Artigo2 coletadas, classificadas de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir.

Nº de rolos	< 1 rolo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nº bbn	6	10	15	12	7	16	25	16	10	17	15	19

Da mesma maneira que na Tabela 1, a Tabela 5 indica que 6 bobinas tiveram seus fios rompidos com metragem para produzir menos que um rolo de tela de pneu, 10 bobinas com

metragem para produzir 1 rolo de tela de pneu, 15 bobinas com metragem para produzir 2 rolos de tela de pneu e assim por diante. A Tabela 6 mostra os pesos padrão (ou pesos teóricos) para as bobinas de quebra deste Artigo de acordo com as metragens que possuem, por exemplo, uma bobina de quebra com metragem suficiente para produzir 7 rolos de tela de pneu, é contabilizada com o peso de 5,94kg.

Tabela 6 – Peso padrão das Bobinas de Quebra utilizados nos indicadores da Empresa para o Artigo 2 de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir.

Nº de rolos	< 1 rolo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Peso (kg)	0,17	0,85	1,70	2,55	3,40	4,25	5,10	5,94	6,79	7,64	8,49	9,34

Novamente de acordo com o peso real e com a quantidade de bobinas o cálculo do peso médio das bobinas de quebra foi refeito e comparado com o teórico apresentado na Tabela 6, assim, o peso médio real das bobinas de quebra para cada quantidade de rolo são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Peso médio real das Bobinas de Quebra do Artigo 2 de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir.

Nº de rolos	< 1 rolo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Peso (kg)	0,69	1,40	2,15	3,00	3,84	4,58	5,74	6,17	7,13	8,00	8,82	9,62

Nota-se comparando as Tabelas 6 e 7 que os pesos médios das bobinas de quebra reais são maiores que os considerados teóricos, neste caso para todas as quantidades de rolo para tela de pneu. Essa diferença pode ser visualizada no gráfico apresentado na Figura 33.

A soma dos pesos reais de todas as bobinas de quebra foi 951,75 kg, e a soma dos pesos teóricos das mesmas bobinas utilizados nas planilhas da Empresa foi 882,52 kg, ou seja, uma diferença geral de 68,52 kg ou 9,80 kg por dia.

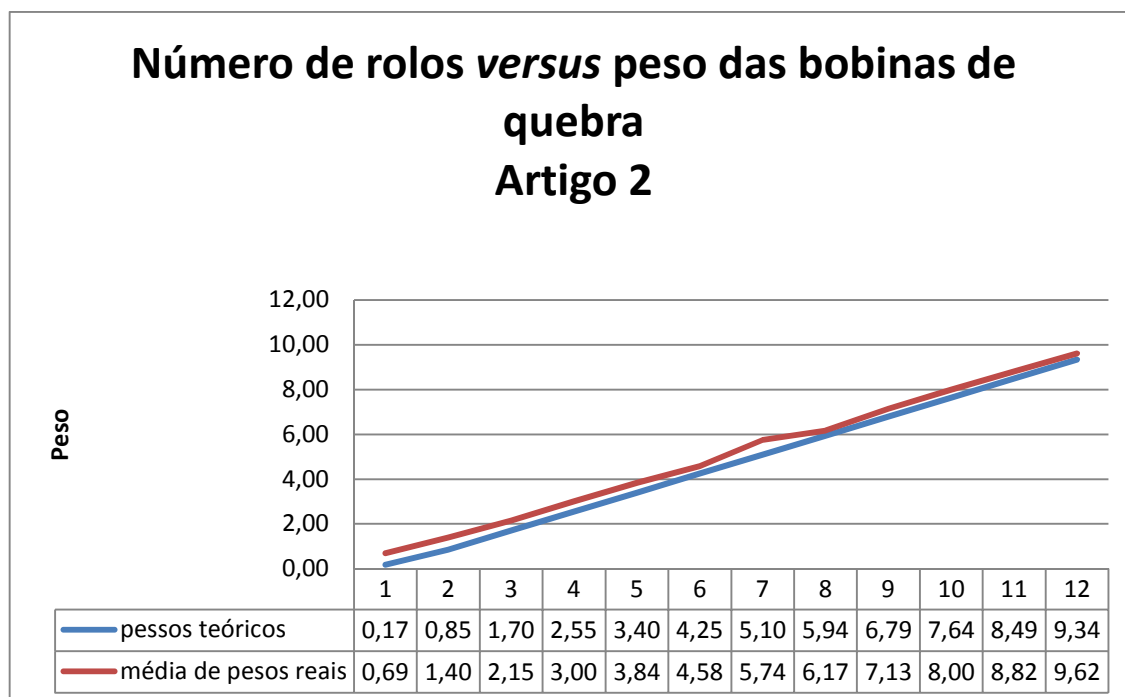


Figura 33 – Gráfico de comparação entre os pesos médios reais (dados coletados) e teóricos (utilizados pela Empresa) para o Artigo2.

3.5.1.3 Artigo3 (Cableadora 20)

Uma bobina completa do Artigo3 possui 19.600 metros, 3,804 kg e, com a metragem das bobinas completas, tece até 6 rolos de tela de pneu. Durante o período de coleta de dados foram produzidas 2326 bobinas, sendo que destas 1891 foram classificadas como bobinas completas e 435 como bobinas de quebra, ou seja, 18,70% do total produzido foi de bobinas de quebra.

Pelos mesmos problemas citados em relação ao Artigo2 o período de estudo e coleta de dados para esse artigo fosse reduzido de 9 para 7 dias. Essas 435 bobinas de quebra estão divididas em (Tabela 8):

Tabela 8 – Quantidade de Bobinas de Quebra do Artigo3 coletadas, classificadas de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir.

Nº de rolos	< 1 rolo	1	2	3	4	5
Nº bbn	102	232	42	28	17	14

A Tabela 9 mostra os pesos padrão (ou pesos teóricos) para as bobinas de quebra deste Artigo de acordo com as metragens que possuem, por exemplo, uma bobina de quebra com

metragem suficiente para produzir 4 rolos de tela de pneu, é contabilizada com o peso de 2,54kg.

Tabela 9 – Peso padrão das Bobinas de Quebra utilizados nos indicadores da Empresa para o Artigo3 de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir

Nº de rolos	< 1 rolo	1	2	3	4	5
Peso (kg)	0,13	0,63	1,27	1,90	2,54	3,17

De acordo com o peso real e com a quantidade de bobinas o cálculo do peso médio das bobinas de quebra foi feito e comparado com o teórico apresentado na Tabela 9, assim, o peso médio real das bobinas de quebra para cada quantidade de rolo são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Peso médio real das Bobinas de Quebra do Artigo3 de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir.

Nº de rolos	< 1 rolo	1	2	3	4	5
Peso (kg)	0,35	1,04	1,62	2,30	3,07	3,53

Nota-se novamente comparando as Tabelas 9 e 10 que os pesos médios das bobinas de quebra reais são maiores que os considerados teóricos, neste caso para todas as quantidades de rolo para tela de pneu. Essa diferença pode ser visualizada no gráfico apresentado na Figura 34.

A soma dos pesos reais de todas as bobinas de quebra foi 511,89 kg, e a soma dos pesos teóricos das mesmas bobinas utilizados nas planilhas da Empresa foi 354,03 kg, ou seja, uma diferença geral de 157,86 kg ou 22,55 kg por dia.

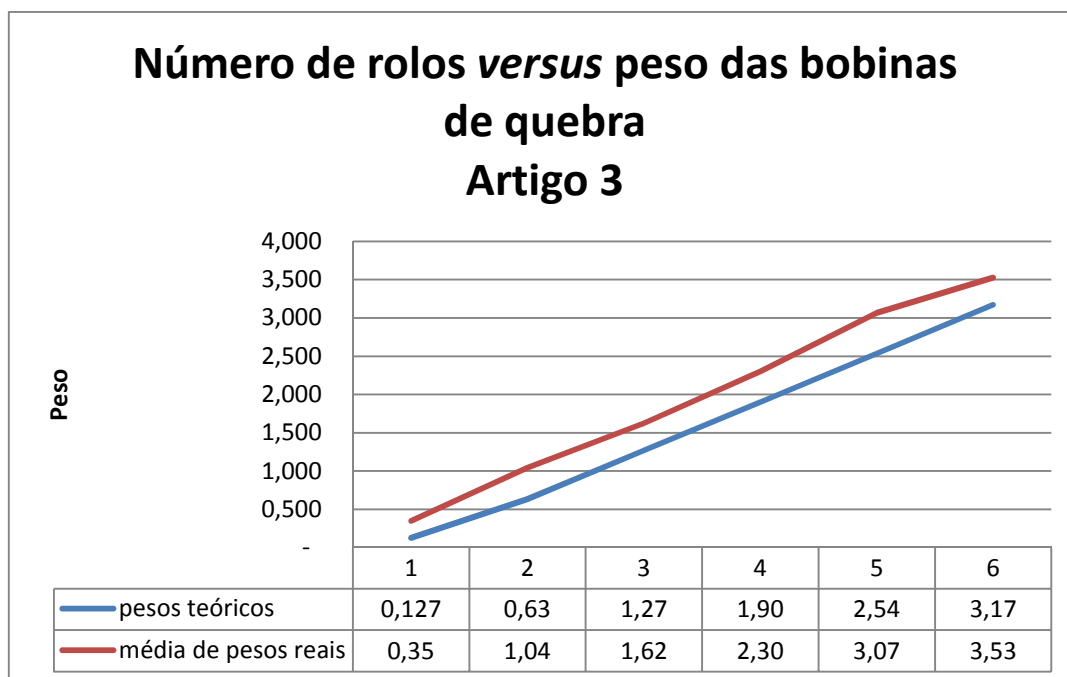


Figura 34 – Gráfico de comparação entre os pesos médios (dados coletados) e teóricos (utilizados pela Empresa para o Artigo3).

Levando-se em consideração que apenas duas das 22 máquinas não estavam operando com um dos artigos analisados acima, e estendendo-se as diferenças nos pesos entre as bobinas de quebra teóricas e as bobinas de quebra reais para um mês, considerando um mês como 30 dias, a diferença total no peso entre as informações nas planilhas do sistema e as reais são aproximadamente 14 toneladas. Como visto na seção 1.2 a defasagem total por mês, originadora deste trabalho é de 17 toneladas, ou seja, 82,35% do erro na informação apontada nas planilhas da Empresa estão no processo produtivo de bobinas de quebra.

3.5.2 Estoque de material em processo (WIP)

Os dados reais referentes ao estoque de material em processo coletados durante o mesmo período, conforme procedimento de coleta de dados descrito anteriormente na seção 3.4.2 – pesagem de bobinas de quebra estocadas em pallets - foram comparados com os dados apontados visualmente no sistema.

3.5.2.1 Artigo1

A pesagem dos pallets do Artigo1 resultou em um peso de 8.032 kg (peso real), e foram contabilizadas 1747 bobinas de quebra, enquanto que nas planilhas da Empresa esse peso apontado é de 8.000 kg (peso teórico) e 1741 bobinas de quebras, ou seja, existe uma diferença de 32 kg e 6 bobinas de quebra.

3.5.2.2 Artigo2

A pesagem dos pallets do Artigo2 resultou em um peso de 5.093 kg (peso real) e foram contabilizadas 1012 bobinas de quebra, enquanto que nas planilhas da Empresa esse peso apontado é de 5.000 kg (peso teórico) e 994 bobinas de quebra, ou seja, existe uma diferença de 93 kg e 18 bobinas de quebra.

3.5.2.3 Artigo3

A pesagem dos pallets do Artigo3 resultou em um peso de 4.278 kg (peso real) e foram contabilizadas 2452 bobinas de quebra, enquanto que nas planilhas da Empresa esse peso apontado é de 4.200 kg (peso teórico) e 2410 bobinas de quebra, ou seja, existe uma diferença de 78 kg e 42 bobinas de quebra.

Ou seja, estendendo-se os artigos para as 22 máquinas, diariamente a diferença entre o peso real e o teórico é 203 kg e 66 bobinas e, no mês, considerando um mês como 30 dias, essa diferença é de 6090 kg (aproximadamente 6,09 toneladas) e 1980 bobinas de quebra.

Sendo assim, a diferença total do estoque de material em processo (aproximadamente 6 toneladas) somada com a diferença no apontamento de bobinas de quebra (aproximadamente 14 toneladas), no mês em que os dados foram coletados, foi de aproximadamente 20 toneladas, ou seja, uma diferença maior do que a média de 17 toneladas acreditadas pela Empresa.

3.6 Fase Improve (Melhorar e Implementar)

Para o presente trabalho essa fase será uma sugestão, e não será uma fase catalogada como implementada, pois durante as reuniões referentes a este projeto na Empresa, decidiu-se atrasar as datas do cronograma para a realização da implementação dos métodos sugeridos de melhorias para o problema do mapeamento e perda de informação, o qual se estenderia por mais seis meses, ficando inviável a participação da autora em todas as fases, devido ao término do contrato de estágio com a Empresa. Sendo assim, aqui serão explicitadas as decisões referentes às soluções a serem propostas, testadas e devidamente ajustadas ao processo produtivo.

3.7 Fase Control (Controlar)

A fase ‘Control’ da metodologia DMAIC, só será estudada e implementada, após os pontos levantados e alternativas de melhorias serem devidamente testados e comprovados, tornando-se assim um procedimento do processo produtivo, porém essa fase só será abordada depois que os métodos e estudos sobre os problemas abordados estejam consolidados. Neste caso o período mínimo para esta fase começar a ser descrita e implementada é de 6 meses, período definido para a aplicação das alternativas de melhorias, portanto não será abordada neste trabalho.

3.8 Discussão das Alternativas de Melhorias

O foco das alternativas de melhorias será no processo produtivo de bobinas de quebra, pois este foi considerado como o mais crítico em relação à perda de informação representando aproximadamente 80% da defasagem de informação em relação ao peso da produção (o qual é utilizado no cálculo do OEE) e por ter uma alternativa de melhoria mais complexa do que os estoques de material em processo.

Sendo assim, em relação às bobinas de quebra sugeriu-se que, a curto prazo, o banco de dados seja ajustado mensalmente de acordo com uma amostra representativa coletada, para que as informações teóricas utilizadas nas planilhas sejam o mais próximas da realidade possível, pois no banco de dados são considerados os pesos das bobinas de quebra como se tivessem metragem suficiente para tecer 1 rolo de tela de pneu inteiro, 2 rolos de tela de pneu inteiros e assim por diante e, de acordo com a coleta dos dados realizados neste trabalho,

pode-se notar que a maioria das quebras não têm a distribuição centralizada à essas metragens de rolos inteiros, e sim mais próximas da metragem para 1,5 rolos de tela de pneu, 2,5 rolos de tela de pneu e assim sucessivamente (genericamente $x+0,5x$ rolos), como exemplo podemos comparar a Tabela 2 da seção 3.5.1.1, a qual indica o peso padrão das bobinas de quebra utilizados nos indicadores da Empresa, com a Tabela 11 abaixo, onde os valores estão ajustados para a nova distribuição de metragem sugerida acima:

Tabela 11 – Peso padrão ajustado das Bobinas de Quebra para o Artigo1 de acordo com a quantidade de rolos de tela de pneu capazes de produzir.

Nº de rolos	< 1 rolo	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5
Peso (kg)	0,20	0,99	1,64	2,30	2,96	3,61	4,27	4,93	5,59	6,24	6,90	7,56	8,21	8,87

Esse ajuste diminuiu a diferença diária de peso de bobinas de quebra do Artigo1 de 22,02 kg para 3,21 kg, ou seja, diminuiu o erro em aproximadamente 85%.

A longo prazo, sugeriu-se um estudo estatístico mais aprofundado a fim de verificar se o número de quebras obedece a alguma distribuição pré-definida e quais os fatores não controláveis mais influenciam na ocorrência da ruptura do fio gerando a bobina de quebra, possibilitando assim a atuação nas causas geradoras das bobinas de quebra, evitando-as e, como é pouco provável de se elimine totalmente a geração de bobinas de quebra no processo produtivo, possibilitando também a adoção de um procedimento padrão para a amostragem e ajuste do banco de dados em intervalos pré-definidos para que este esteja sempre condizente com a realidade da produção.

Outra sugestão de alternativa que terá sua viabilização estudada pela Empresa será a instalação de uma balança de pallets fixada no chão na fábrica entre as áreas das cableadoras e a área de estoque de material em processo, pois esta seria útil não só no apoio das informações do processo produtivo das bobinas de quebra e como também nas informações referentes ao estoque de material em processo, pois o pallet de bobina já sairia da balança com uma etiqueta de rastreabilidade com os dados de lote, artigo, quantidade de bobina de quebras, peso e data de fabricação, identificação essa hoje inexistente, a qual facilitaria a organização da área de estoque e priorização na utilização das bobinas que estão a disposição a mais tempo.

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho atingiu o objetivo de encontrar, dentro do processo produtivo da Unidade 2 da Empresa (torção e tecelagem), em quais etapas as informações de produção eram perdidas, em relação às informações de dados disponíveis utilizados pela Empresa para o cálculo do OEE e como fonte de informação para os processos de tomada de decisão. Com os dados reais inseridos nas planilhas de acordo com o processo produtivo - e não ajustados manualmente como era feito anteriormente - e, comparando-se os volumes de produção nas máquinas cableadoras com os volumes de produção dos teares, sendo esses compatíveis após o estudo, os dados coletados (ou reais) foram considerados mais confiáveis para tomada de decisão pelos níveis gerenciais da Empresa.

As sugestões de melhoria foram subdivididas em curto e longo prazo, sendo que as de curto prazo visam o ajuste dos dados através de amostras, mensuração e adequação do banco de dados mensalmente. As sugestões de longo prazo visam estudar o comportamento e distribuição das bobinas de quebra a fim de que essa amostragem e adequação do banco de dados sejam feitas com menor frequência e maior acurácia. Esses dados também servirão para analisar se a quantidade de bobinas de quebra produzida está dentro do padrão esperado, assim se torna mais fácil identificar algum desvio do padrão em uma máquina num determinado turno e corrigi-lo a tempo de que esse erro não se perpetue pelos 3 turnos de produção.

Com os dados do estoque de material em processo reais a capacidade produtiva referente às bobinas de quebra nos estoques adquire uma melhor visualização, ou seja, é possível organizar a área de estoque de forma a facilitar a mensuração das disponibilidades dos artigos no estoque e assim fazer um planejamento prévio para a sua utilização.

Além dos objetivos orientadores deste trabalho, foi possível visualizar alguns problemas não previstos ou conhecidos no processo produtivo como, por exemplo, alguns níveis de bobinas de quebra elevados em relação à quantidade consideradas como normais pela Empresa. Sendo assim outras alternativas de melhorias fora dos objetivos do presente trabalho foram também identificadas ao decorrer do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIETTA, J.M.; MIGUEL, P.A.C. Aplicação do programa seis sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo *survey* exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. **Gestão da Produção**. São Carlos, v.14, n.2, 2007. p. 203-219.

BURCH, J.; GRUDNITSKI, G. **Information systems: theory and practice**. New York: Wiley & Sons, 1989. p. 3 – 4

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2003. 634p.

CONTADOR, J. C. **Gestão de Operações. A Engenharia de Produção a serviço da modernização da empresa**. 3ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2010. 543p.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e Operações. Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. Edição compacta. São Paulo: Editora Atlas, 2009. 438p.

ELORANTA, E.; HOLMSTROM, J. Productivity reconsidered: Critical assessment of investments. **International Journal of Production Economics**, v.56-57, p.133-144, 1998. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092552739800070X>>. Acesso em: 17.Ago 2010

FRANCISCHINI, P. G. **TPM**. São Paulo: Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, PRO-2421. 2005. Apostila.

FORD MOTOR COMPANY. **Ford Total Productive Maintenance – Implementation Handbook**. Dearborn, MI, USA: Ford Motor Company, 1995.

GUPTA, P. Innovation: the key to a successful project. **Gestão & Produção**. São Carlos, v.14, n.2, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 01.Out 2010. doi: 10.1590/S0103-65132007000100015.

HAYES, R.; WHEELWRIGHT, S. **Restoring our competitive edge**. New York: The Free Press, 1984.

MARTINS, P.G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 1998. 575p.

MCGEE, J. V; PRUSAK, L. **Gerenciamento estratégico da informação**. Rio de Janeiro: Editora Campus. 1994. p. 23 - 24.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Revista Produção Online**, vol.17, p. 216 – 229, nº1, ISSN 0103-6513, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 11.Ago 2010. doi: 10.1590/S0103-65132007000100015

MUSCAT, A. R. N. **Produtividade e Gestão da Produção: Administração da Produtividade**. São Paulo: NPGCT-USP, 1987. Apostila.

OLIVEIRA, M. **Um método para obtenção de indicadores visando à tomada de decisão na etapa de concepção do processo construtivo: a percepção dos principais intervenientes**. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Administração). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

RAMA, L. C. **Aplicações do OEE – Overall Equipment Effectiveness em uma indústria automobilística**. Trabalho de Formatura (Engenharia de Produção). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

RANIERI, R.; SANTOS, E. T. Desenvolvimento de uma ferramenta de simulação para o auxílio no planejamento da capacidade de laboratórios analíticos. **Boletim técnico**, n.325 / Departamento de Engenharia de Construção Civil (PCC) – Escola Politécnica da USP. 2002. 12p. Disponível: <http://publicacoes.pcc.usp.br/PDFs%20novos/BTs/BT325_Ranieri_Toledo.pdf> Acesso em: 17 Out. 2010.

RINALDI, R.; MAÇADA, A. C. G. Indicadores de produtividade no auxílio à tomada de decisão em um terminal de containeres na cidade do Rio Grande. In: ENCONTRO

NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22, 2002, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Curitiba. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR12_0021>. Acesso em: 19.Set.2010

SANTOS, A. C. O.; SANTOS, M. J. Utilização do indicador de eficiência global dos equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura – um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27, 2007, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR570426_0265.pdf>. Acesso em: 19.Set.2010

SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO. DIRETRIZES PARA APRESENTAÇÃO DE DISSERTAÇÃO, TESE, MONOGRAFIA E TRABALHO CONCLUSÃO DE CURSO. FEG-UNESP / Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. **STBD** – Guaratinguetá : [s.n.], 2009. 89f

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2ªed. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 747p.

WALTON, R. E. **Tecnologia de Informação: o uso da TI pelas empresas que obtém vantagem competitiva**. São Paulo: Editora Atlas, 2003. p. 29 – 31

ANEXO A – Esquema de Funcionamento da Máquina Cableadora

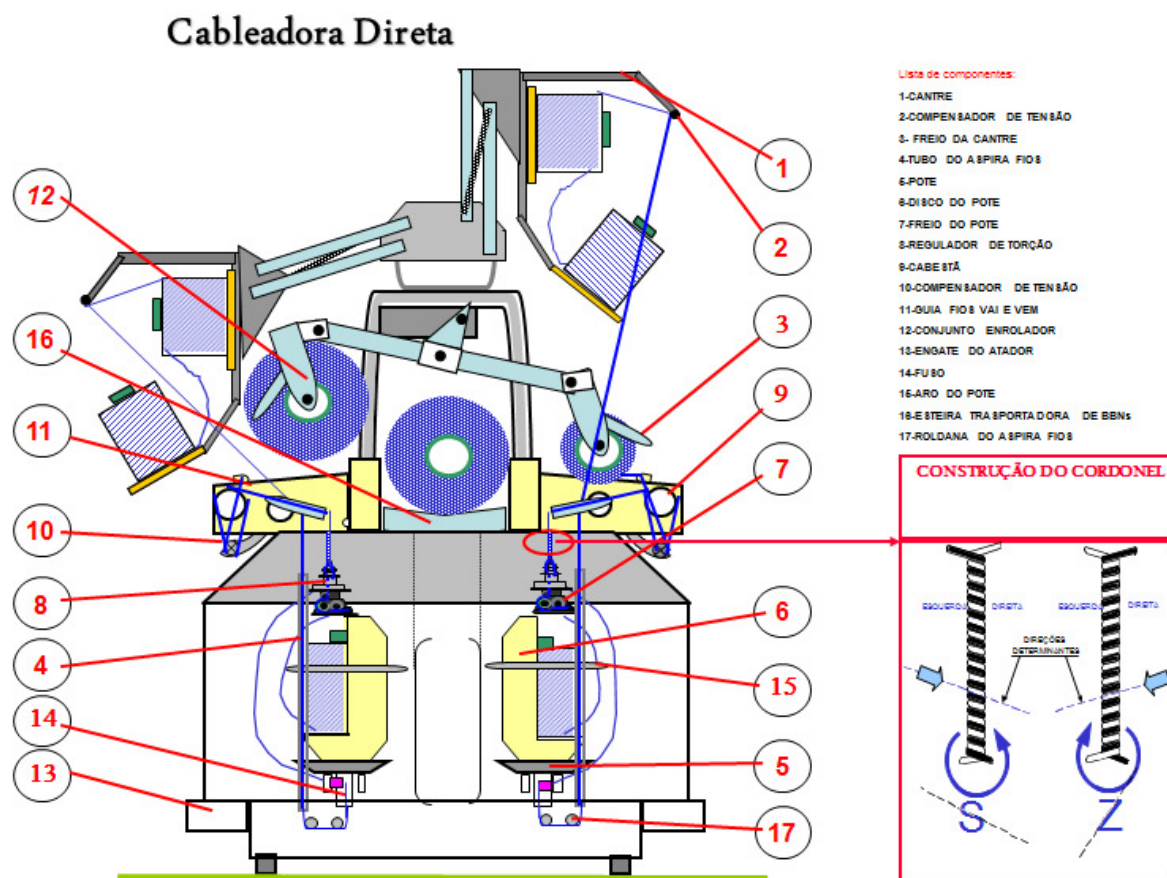


Figura 35 – Máquina Cableadora.