

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática
Curso de Engenharia de Produção

**Estudo de Tempos e Métodos – Uma Visão Estatística
Voltado a Confecção Industrial**

Antonio Henrique Dianin

TCC-EP-09-2008

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática
Curso de Engenharia de Produção

**Estudo de Tempos e Métodos – Uma Visão Estatística Voltado a
Confecção Industrial**

Antonio Henrique Dianin

TCC-EP-09-2008

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de
Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da
Universidade Estadual de Maringá.
Orientador: *Prof. Dr. Gilberto Clovis Antonelli*

**Maringá - Paraná
2008**

Antonio Henrique Dianin

**Estudo de Tempos e Métodos – Uma Visão Estatística Voltado a
Confecção Industrial**

Este exemplar corresponde à redação final do Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá, pela comissão formada pelos professores:

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Clovis Antonelli
Departamento de Eng. Têxtil, CTC

Prof^a. Dr^a. Marcia Marcondes Altimari Samed
Departamento de Informática, CTC

Maringá, setembro de 2008

DEDICATÓRIA

Este estudo é dedicado a toda a comunidade de Engenharia de Produção e em especial a Universidade Estadual de Maringá (UEM), bem como as diversas organizações que fazem uso do Estudo de Tempos e Métodos.

EPÍGRAFE

Que antes de partirmos para o ódio sempre nos lembremos do amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as empresas e a Universidade Estadual de Maringá (UEM), que tornaram possível a realização deste trabalho.

A família, que são todas as pessoas que amamos.

Agradeço ao Professor Orientador Gilberto Clovis Antonelli, pelo incentivo e apoio.

A todos os amigos que de muitas formas trouxeram sua contribuição.

Agradeço a Deus, por estar sempre ao meu lado, me iluminando e dando forças.

RESUMO

A metodologia apresentada neste trabalho diz respeito ao estudo de tempos e métodos. Metodologia esta, que estabelece uma relação analítica e de fácil compreensão de passos a seguir para a obtenção do tempo padrão, uma vez que este compreende a base de todo planejamento e controle da produção. O sucesso no processo decorrente da obtenção do tempo padrão depende fortemente da qualidade dos dados coletados, ou seja, o grau de desvio padrão apresentado nos tempos cronometrados. Consciente desta importância e com o propósito de acompanhar e desenvolver o emprego do método de estudo de tempos, se realiza um aprofundamento estatístico como forma de identificar a confiabilidade dos dados utilizados pelas empresas industriais na confecção de seus produtos, tornando-se assim uma interessante ferramenta para a avaliação do desempenho industrial. Com o cruzamento das informações fornecidas por cada uma das organizações, é possível a identificação de áreas de baixa performance, como também, pontos que precisam ser desenvolvidos. Ainda decorrente destes dados busca-se quantificar a elevada variação proporcionada pelo processo produtivo, uma vez que esta é apresentada como o porquê de seus baixos resultados. Com o âmbito de melhorar o gerenciamento, qualidade e confiabilidade do sistema produtivo, são efetuadas sugestões de melhorias e apresentado seus efeitos. Desta maneira fica estabelecido mais uma forma de controle, denominada análise e controle da confiança produtiva (ACCP), abrangente a todas as organizações que fazem uso do estudo de tempos e métodos.

Palavras-chave: Confiabilidade, Estatística, Estudo de Tempos e Métodos, Variabilidade.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xiii
INTRODUÇÃO.....	1
1.1 JUSTIFICATIVA.....	1
1.2 DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 <i>Objetivo geral</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1 O CONCEITO DO ESTUDO DE TEMPOS E MÉTODOS.....	5
2.2 HISTÓRICO.....	5
2.3 ENGENHARIA DE MÉTODOS.....	8
2.4 PORQUE ESTUDO DE TEMPOS E MÉTODOS.....	9
2.5 METODOLOGIA.....	11
2.5.1 <i>Materiais Utilizados</i>	12
2.5.2 <i>Noções de cronometragem</i>	13
2.5.3 <i>Obtenção das leituras</i>	13
2.5.4 <i>Métodos de leituras</i>	15
2.5.4.1 <i>Leitura contínua</i>	15
2.5.4.2 <i>Leitura repetitiva</i>	15
2.5.4.3 <i>Leitura com memória</i>	16
2.5.5 <i>Ciclos</i>	16
2.5.6 <i>Elementos da operação</i>	17
2.5.6.1 <i>Principais elementos de uma operação de costura</i>	18
2.5.7 <i>A escolha do operador a ser cronometrado</i>	19
2.5.8 <i>Posto de trabalho</i>	19
2.5.9 <i>Apresentação do cronometrista</i>	20
2.5.10 <i>Posicionamento em relação à operadora</i>	20
2.5.11 <i>Definição do número de leituras</i>	20
2.5.12 <i>Tempo de pacote</i>	20
2.5.13 <i>Tempo total</i>	21
2.5.14 <i>Frequência</i>	21
2.5.15 <i>Tempo Médio</i>	21
2.5.16 <i>Ritmo</i>	22
2.5.16.1 <i>Avaliação da atuação</i>	22
2.5.16.2 <i>Ritmo normal</i>	22
2.5.16.3 <i>Operador normal</i>	23
2.5.16.4 <i>Princípio de nivelção</i>	23
2.5.17 <i>Tempo normal</i>	26
2.5.18 <i>Tempo normal ajustado</i>	26
2.5.19 <i>Definição das tolerâncias</i>	27
2.5.19.1 <i>Fadiga</i>	28
2.5.19.2 <i>Necessidades pessoais</i>	29
2.5.19.3 <i>Tempos improdutivos</i>	29
2.5.20 <i>Tempo padrão</i>	30
2.5.21 <i>Tempo potencial</i>	32
2.5.22 <i>Calculo de eficiência operacional</i>	33
2.6 ANÁLISE ESTADÍSTICA.....	34

2.6.1	<i>Inferência Estatística</i>	34
2.6.2	<i>Medidas Descritivas</i>	35
2.6.2.1	Média aritmética	35
2.6.2.2	Mediana	36
2.6.2.3	Moda.....	36
2.6.2.4	Variância	36
2.6.2.5	Desvio Padrão.....	37
2.6.2.6	Coeficiente de variação	37
2.6.3	<i>Distribuição amostral da média</i>	37
2.6.3.1	Distribuição normal	39
2.6.3.2	Distribuição normal padrão	41
2.6.3.3	Distribuição de t de Student	42
2.6.3.4	Teorema da combinação linear	42
2.6.4	<i>Intervalo de Confiança</i>	43
2.6.4.1	Procedimentos para a construção do intervalo de confiança.....	44
2.6.5	<i>Erro máximo da amostra para a estimativa</i>	45
2.6.6	<i>Tamanho da amostra</i>	45
2.6.7	<i>Sistema 3σ</i>	46
2.6.8	<i>Seleção das amostras</i>	47
2.6.9	<i>Limites de controle e limites de especificação</i>	48
2.6.10	<i>Capacidade de Processos</i>	49
2.6.10.1	Índice C_{pk}	50
	DESENVOLVIMENTO	51
3.1	RESULTADOS.....	52
	CONCLUSÃO	59
	ANEXO	61
	APÊNDICE	65
	REFERÊNCIAS	75
	GLOSSÁRIO	78

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: PRINCIPAIS ELEMENTOS DE UMA OPERAÇÃO DE COSTURA.....	18
FIGURA 2: CARGA DE MÁQUINA.....	34
FIGURA 3: HISTOGRAMA.....	38
FIGURA 4: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL.....	41
FIGURA 5: INTERVALO DE CONFIANÇA.....	43
FIGURA 6: NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA.....	44
FIGURA 7: PROBABILIDADE DE UMA VARIÁVEL $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ ASSUMIR VALORES EM UM INTERVALO DA FORMA $\mu \pm C\sigma$	46
FIGURA 8: SISTEMA 3σ	47
FIGURA 9: LIMITES DE CONTROLE E LIMITES DE ESPECIFICAÇÃO.....	48
FIGURA 10: CARTA DE CONTROLE.....	53
FIGURA 11: CARTA DE CONTROLE AJUSTADA.....	54
FIGURA 12: COMPARATIVO DOS ÍNDICES DE VARIABILIDADE DA PRODUÇÃO.....	55
FIGURA 13: ÍNDICE DE VARIABILIDADE DA PRODUÇÃO E SUA VARIAÇÃO.....	56
FIGURA 15: COMPARATIVO DOS ÍNDICES DE VARIABILIDADE DA PRODUÇÃO AJUSTADOS.....	56
FIGURA 16: NÍVEL DE VARIABILIDADE PROVENIENTE DOS DADOS AJUSTADOS.....	58

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: SISTEMA CENTESIMAL	13
TABELA 2: FATORES HABILIDADE E ESFORÇO, CARACTERIZADOS NO SISTEMA <i>WESTINGHOUSE</i>	25
TABELA 3: COEFICIENTES DE CORREÇÃO DOS TEMPOS MÉDIOS, SEGUNDO SISTEMA <i>WESTINGHOUSE</i>	25
TABELA 4: TEMPO NORMAL.....	26
TABELA 5: TEMPO NORMAL AJUSTADO.....	27
TABELA 6: PORCENTAGEM DE ABONO NO TEMPO NORMALIZADO REFERENTE À FADIGA OBSERVADA	28
TABELA 7: TEMPO PADRÃO.....	32
TABELA 8: ÍNDICE DE VARIABILIDADE DA PRODUÇÃO.....	54
TABELA 9: NÍVEL DE VARIABILIDADE PROVENIENTE DOS DADOS.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACCP	Análise e Controle da Confiança Produtiva
CIPI	Centro Integrado de Produtividade Industrial
gl	Graus de liberdade
IC	Intervalo de Confiança
LIE	Limite Inferior de Especificação
LSE	Limite Superior de Especificação
MTM	<i>Methods Time Measurement</i> - Medida de Tempos e Métodos
OCT	Organização Científica do Trabalho
PCP	Planejamento e Controle da Produção
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
UBQ	União Brasileira para a Qualidade

LISTA DE SÍMBOLOS

ALFABETO NORMAL

c	Constante
n	Número de Amostras
N	Número
s	Desvio Padrão Amostral
X	Variável Aleatória Contínua e Independente
Z	Variável com Distribuição Normal Padrão

ALFABETO GREGO

α	Nível de Significância
e	Erro Máximo da Amostra
ε	Eficiência
μ	Média Populacional
Σ	Somatório
σ	Desvio Padrão Populacional (<i>Shima</i>)

COMPOSTOS

CV	Coeficiente de Variação
$E[X]$	Média de X
IC	Intervalo de Confiança
NX	Numero de X

$P(X)$ Probabilidade do evento X ocorrer

$T_{\text{médio}}$ Tempo Médio

T_{normal} Tempo Normal

$T_{\text{padrão}}$ Tempo Padrão

T_{total} Tempo Total

$V[X]$ Variância de X

OUTROS

C_{pk} Capacidade de Processo

m_d Mediana

N' Número de Amostras Necessárias (Ideal)

® Marca Registrada

s^2 Variância Amostral

t_{ϕ} Variável com Distribuição de “t de Student” com ϕ Graus de Liberdade

\bar{X} Média Amostral

σ^2 Variância Populacional

$(1-\alpha)$ Coeficiente de Confiança ou Nível de Confiabilidade

INTRODUÇÃO

Os sistemas de manufatura sofreram uma grande evolução desde os primórdios da industrialização até os dias de hoje. Estas mudanças foram impulsionadas pelo comportamento mercadológico, onde se fez necessário um aumento na participação do mercado juntamente com a necessidade de ofertar produtos mais competitivos agregados a uma elevada qualidade e boa relação custo/benefício.

Muitas vezes pode-se perguntar, afinal para que necessitamos avaliar a produtividade? Com um enfoque rápido pode-se citar como principal justificativa a necessidade de manter as empresas saudáveis e com bom nível de competitividade, garantindo assim sua sobrevivência e destaque no mercado.

O estudo de tempos e métodos apresenta-se como uma boa forma de ganho em produtividade e eficiência, pelo fato de proporcionar melhorias no processo e diminuição de falhas com conseqüente aumento da qualidade e volume de produção, já que permite uma melhor organização do trabalho, evitando desperdícios e minimizando erros.

Com o propósito de acompanhar o processo de evolução industrial procuramos apresentar e desenvolver o emprego do método do estudo de tempos, também conhecido como cronoanálise, estudo de tempos e movimentos, ou ainda métodos e processos, realizando uma análise estatística como forma de identificar a confiabilidade dos dados utilizados pelas empresas na confecção de seus produtos.

Assim buscamos enxergar se todo o labor dedicado no intuito de otimizar a execução de uma operação, analisando operadores, cronometrando tempos e os transformando em tempos padrões estão gerando resultados realmente efetivos ou dando somente uma estimativa de para onde a empresa está indo. Desta maneira buscamos estabelecer mais uma forma de controle sobre o estudo de tempos e métodos.

1.1 Justificativa

Atualmente, as empresas se deparam com um nível de competitividade cada vez mais exigente junto aos concorrentes, bem como do mercado consumidor. Mesmo tendo um bom planejamento e toda uma consciência voltada à qualidade é difícil atingir os níveis exigidos pelo mercado.

A competitividade está diretamente relacionada com a produtividade atingida por cada empresa. Empresas sem o devido grau de eficiência e a falta de priorização dos elementos de melhoria da produtividade, não possuirão grandes chances de aumentar a sua participação no mercado, ou pior, estarão sujeitas a serem extintas do mercado já que serão fortemente penalizadas com a elevação dos seus custos de produção, juntamente com a incapacidade de monitorar e reduzir os seus desperdícios.

Não basta, porém, apenas preocupar-se com a produtividade sem que se possua um bom método para o planejamento, controle e correções dos elementos que compõem a melhora do desempenho industrial. Para isto, pode-se fazer uso do estudo de tempos e métodos.

Buscando contribuir para o avanço no sistema industrial, visa-se além da descrição desta metodologia, investigar a veracidade dos dados obtidos no estudo de tempos e métodos, uma vez que são estes a base para todo o planejamento subsequente e o primeiro passo para o que mais tarde irá gerir o cronograma empresarial.

1.2 Definição e Delimitação do Problema

O método mais comum de se medir o trabalho humano é a cronometragem. A operação a ser estudada é dividida em elementos e cada um desses elementos é cronometrado. Calcula-se um valor representativo para cada elemento e a adição dos tempos elementares fornece o tempo total para a execução da operação. A velocidade usada pelo operador durante a cronometragem é avaliada pelo observador e o tempo selecionado pode ser ajustado de forma que um operador qualificado, trabalhando em ritmo normal, possa executar sem dificuldade o trabalho no tempo especificado. Esse tempo ajustado é denominado tempo normal. Ao tempo normal são adicionadas as tolerâncias para as necessidades pessoais, fadiga e esperas, resultando assim o tempo-padrão para a operação.

A problemática estudada visa verificar a veracidade do estudo de tempos e métodos utilizado genericamente pelas empresas de confecções industriais através do embasamento estatístico. Uma vez que, este dá origem a todo um planejamento posterior que está intimamente ligado a programação e seqüenciamento dos lotes de produção, os quais levarão à decisão do intervalo de tempo em que cada pedido estará pronto para ser entregue. Para isto, escolhemos um grupo de empresas, onde os dados utilizados serão analisados a fim de estudar os tempos de confecção de seus produtos. Inicialmente, para efeitos de simplificação, será aplicado apenas

sobre camisetas, porém o método pode ser estendido sem complicações a qualquer artigo que apresente uma cronometragem.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Dentre as inúmeras formas existentes para a análise e controle da performance industrial, desejamos neste trabalho não apenas a simples descrição de uma técnica para aumentar a produtividade e qualidade, mas analisar por meio de ferramentas estatísticas o método de cronoanálise e verificar se os dados utilizados para as tomadas de decisão são realmente confiáveis, ou se apenas dão uma estimativa da realidade.

1.3.2 Objetivos específicos

Segundo a União Brasileira para a Qualidade (UBQ) (2008), a cronoanálise tem como objetivo desenvolver e interpretar métodos de trabalho, através de estudos de tempo, visando à melhoria da produtividade, ou do próprio método, contribuindo para o processo de melhoria contínua.

O estudo de tempos e métodos é de grande importância para todas as áreas de uma empresa, uma vez que a partir dele se dá a elaboração do planejamento e controle da produção (PCP). Esse estudo determina o tempo padrão que um operador qualificado, devidamente treinado e com experiência, deve gastar para executar uma tarefa ou uma operação específica trabalhando normalmente.

Neste aspecto, visando uma melhor satisfação dos clientes, internos e externos, analisaremos quatro empresas do setor de confecção industrial comparando estatisticamente seus dados, buscando medir o grau de confiança que pode ser empregado sobre os mesmos e conseqüentemente sobre todos os planos que utilizam estas informações. Sendo assim, este trabalho tem os seguintes propósitos:

- a) Apresentar a metodologia de tempos e métodos utilizada atualmente;
- b) Compreender a importância do estudo de tempos e métodos;
- c) Padronizar esse sistema, descrevendo-o de uma maneira clara e prática, de forma a contribuir para a sua implantação, apresentando pontos como:
 - i. As ferramentas de trabalho necessárias para o estudo de tempos;

- ii. Noções de cronometragem;
 - iii. O processo de cálculo envolvido;
 - iv. O conceito de ritmo;
 - v. Mostrar o estabelecimento das tolerâncias;
 - vi. Como determinar o tempo padrão, ou seja, o tempo gasto por uma pessoa, qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma tarefa ou uma operação específica;
 - vii. De que forma o cálculo de eficiência para a linha de produção pode ser executado.
- d) Efetuar um aprofundamento na cronoanálise que sirva de base para o seu desenvolvimento;
 - e) Analisar estatisticamente os dados fornecidos pelas organizações e identificar o quadro atual que se encontram;
 - f) Comparar os resultados obtidos;
 - g) Propor melhorias;
 - h) Apresentar os novos resultados.

1.4 Organização do Trabalho

Durante a primeira parte da revisão de literatura buscamos criar um manual de implementação do estudo de tempos e métodos voltado para a confecção industrial, descrevendo passo a passo sua metodologia de implantação de forma a facilitar e expandir sua aplicação nas empresas do ramo.

Na segunda parte da revisão de literatura, a partir da secção 2.6, apresentamos o embasamento teórico e descrevemos os conceitos estatísticos necessários para o entendimento da metodologia de Análise e Controle da Capacidade Produtiva (ACCP), de forma a sanar possíveis dúvidas sobre sua execução.

Já no desenvolvimento do trabalho apresentamos a utilização do ACCP, aplicado em empresas do ramo de confecção industrial, além do método de seleção dos dados e seus respectivos resultados.

Por fim, concluímos o trabalho com base nos dados gerados pela aplicação das metodologias apresentadas, dando um respaldo quantitativo e qualitativo a problemática apresentada.

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O Conceito do Estudo de Tempos e Métodos

O estudo de tempos e métodos é uma técnica para observação e análise dos movimentos básicos feitos por um operário na execução de uma tarefa, com a finalidade de efetuar melhoramentos naqueles movimentos e possibilitar uma execução econômica com um mínimo de esforços.

Esta técnica se tornou popular pelo nome de *cronoanálise*, sendo utilizado nas empresas como um estudo sistemático do trabalho de forma a determinar o tempo padrão de manufatura de um determinado produto, visando à melhoria do método de produção.

De acordo com o Centro Integrado de Produtividade Industrial (CIPI, 2006), o estudo de tempos é uma ferramenta necessária às empresas fabris que têm a necessidade de conhecer sua capacidade produtiva, a necessidade de mão de obra e de máquinas, para atender a uma produção pré-estabelecida. Ou ainda é uma atividade funcional capaz de medir a produtividade e identificando com precisão; porque, como, quando e onde as ocorrências prejudiciais à cadeia produtiva acontecem e qual a sua proporção.

Para os consultores da Cronotec (2008), cronometragem é a técnica de medição de tempos. Enquanto a cronoanálise usa a cronometragem como ferramenta e apura melhor a medição do tempo real para a indicação do tempo previsto, ou seja, com o tempo medido, devemos avaliar o ritmo do operador, avaliar estatisticamente o número de medições exigidas e o grau de confiabilidade, para obter um tempo puro.

Definimos cronoanálise como base da racionalização, da produtividade, do menor custo, e o melhor aproveitamento de áreas, equipamentos, instalações e mão de obra. A empresa evolui em função de sua organização, de seus meios de competição, da boa política de qualidade, atendimento e de suas possibilidades de lucro (ORION, 2007).

2.2 Histórico

O estudo de tempos e métodos tem sua origem fortemente atribuída aos trabalhos feitos por Frederik Taylor (1881) e Frank Gilbreth (1885). O primeiro focou o estudo de tempos com a

decomposição das operações em elementos e a avaliação do ritmo do operador. O segundo focou o estudo detalhado dos movimentos, criando tabelas com o nome de cada movimento.

Frederick Taylor tinha como objetivo evitar conflitos entre interesses dos trabalhadores e da empresa e Frank Gilbreth em substituir movimentos longos e cansativos por outros curtos e menos fatigantes.

O esforço destes dois cientistas formou os fundamentos da Administração Científica, também conhecida como Cronoanálise, Estudo de Tempos, Tempos e Métodos ou mesmo, do inglês, MTM que é a abreviação de "*Methods Time Measurement*", o que é traduzido para "Medida de Tempos e Métodos". Esta denominação indica que o tempo necessário par uma determinada operação depende do método empregado. Em outras palavras, o tempo é uma função do método.

Determinando o método mais rápido e eficiente para a execução de uma operação necessária, a Cronoanálise, na prática identifica e fornece melhorias permitindo a redução dos custos de manufatura de um produto.

Desde a publicação dos trabalhos de Taylor e Gilbreth, muito se evoluiu no conhecimento e aplicação das técnicas de Tempos e Métodos. No início do século XX, o matemático francês "Bedaux", identificou que o ato de conhecer os tempos de fabricação deve obedecer as regras matemáticas para "Probabilidade de números aleatórios" e assim, adotar os rígidos procedimentos estatísticos.

Tais procedimentos indicam que ao pesquisar os tempos medidos, esses devem ser configurados no Universo Verdade através da Avaliação do Ritmo com que foi realizado o tempo medido. E só assim, a média poderá ser obtida e considerada verdade, desprezando-se os erros.

O tempo corrigido pelo Ritmo passou a ser conhecido como Tempo Normal, ou seja, "O Tempo requerido para que uma pessoa Normal e em condições Normais de trabalho, realize uma tarefa, tendo o Nível de Confiabilidade igual à 95% e com Erro Relativo de mais ou menos 5%. Ou seja, O Tempo Padrão obtido através do procedimento científico indicado por Bedaux, pode no máximo, dizer o seguinte: O Tempo Padrão tem 95% de possibilidade de estar correto, desde que, seja aceitável a distorção para mais ou para menos de 5%. Bem

como, Ritmo e Velocidade são coisas diferentes, Velocidade é a relação do espaço pelo tempo e Ritmo é o produto da Habilidade pelo Esforço.

Quanto ao trabalho de Gilbreth, vejamos, Gilbreth dividiu as atividades manuais de qualquer tarefa em 19 movimentos básicos e atribuiu um símbolo a cada um deles, desta forma, ao descrever um método utilizando tais símbolos, foi permitido ter uma visão sinóptica do todo e organizar melhor o raciocínio de organização e racionalização da tarefa.

Maynard tomou isso como base, desenvolveu novos conceitos de movimentos, novos símbolos e atribuiu uma medida de tempo para cada movimento básico, desta forma, comparando-se duas análises de métodos, realizadas na mesma plataforma MTM, conclui com exatidão que o método de menor valor agregado é o mais racional para a tarefa analisada.

Não menos importante é a proposta do Work Factor, que consiste em um Sistema de micro-movimentos. Cabe esclarecer, que tais sistemas se prestam a ferramentas para tratamento de métodos de trabalho, nunca há Tempos Padrões. Tais aprimoramentos trouxeram para a Organização Científica do Trabalho (OCT), o cunho e tratamento realmente científico, a ponto, de hoje no continente europeu haver cursos de graduação e técnicos de nível médio para a formação de Agentes de Tempos e Métodos.

Assim, a eficiência de cada operação está relacionada com o desempenho individual de cada operador e também das condições de cada máquina ou célula. É importante lembrar que o estudo da ergonomia, como sendo a adequação do trabalho ao homem, é fundamental quando se implanta novas operações no processo produtivo (ORION, 2007).

Ainda na divisão das operações é aconselhável levar em conta o seu *lead time*, sendo ele muito rápido pode dificultar o controle. Neste caso o bom senso diz para o tempo de esta operação, ser absorvido pela operação anterior ou posterior, não se tratando de uma operação irrelevante porque todas as operações são relevantes e interagem com absoluto sincronismo (ORION, 2007).

No MTM, com o estabelecimento das técnicas inseridas, visa-se aprimorar os conceitos e filosofias de produção implantadas ou que se deseja implantar, pois coloca em evidência cada operação ou elemento de transformação em cada produto ou parte dele, possibilitando agregar valores a cada mudança realizada em termos de mão-de-obra, dispositivos e máquinas empregadas (WURZER, 2006).

Apesar de esta técnica ser aplicada em geral nas indústrias, os princípios são universais e podem ser estendidos em outros setores onde se requer a determinação de um trabalho normal. Por fim, a cronoanálise pode ser utilizada em qualquer lugar onde for preciso planejar, organizar e realizar uma tarefa visando seu efetivo cumprimento.

2.3 Engenharia de Métodos

Engenharia de Métodos é a técnica que submete cada operação de uma determinada parte de um trabalho a uma análise detalhada, com a finalidade de eliminar todo elemento ou operação desnecessária e obter o método mais rápido e melhor para realizar o trabalho.

Inclui a normalização dos equipamentos, dos métodos e condições de trabalho. Treina os operários para que sigam o método estabelecido. Determina, por medição precisa, o número de horas padrão em que as tarefas possam ser realizadas por um operário que trabalhe com nível padrão de performance.

Urge que os administradores se conscientizem das vantagens imediatas da instituição dos métodos racionalizados de trabalho em suas indústrias, conhecendo os efeitos deteriorantes das operações desnecessárias sobre o custo operacional e das vantagens secundárias, diante do controle e dos estímulos à produção (XAVIER E SENA, 2001).

Na análise sistemática do trabalho devemos fazer constantemente as seguintes perguntas:

- a) Porque esse trabalho deve ser executado?
- b) Quem deve fazê-lo?
- c) Como deve ser feito?
- d) Quando deve ser feito?
- e) Onde deve ser feito?

Na análise do ciclo de operação, devemos indagar:

- a) Quanto à operação:
 - i. O produto pode ser simplificado?
 - ii. Devem ser usados materiais mais baratos?
 - iii. A operação deve ser simplificada através de redução dos movimentos e micro-movimentos?
 - iv. A seqüência dos detalhes é a melhor possível?

b) Quanto ao lugar:

- i. É conveniente executá-la em lugar diferente?
- ii. A ventilação é boa?
- iii. A temperatura ambiental é adequada ao homem e ao processo?
- iv. Os materiais estão a um nível adequado?
- v. É possível posicionar as peças antes da operação?
- vi. O posto de trabalho possui espaço bastante para estoque de materiais em local próximo e a nível racional de utilização?
- vii. A incidência da luz é apropriada?

c) Quanto ao equipamento:

- i. O equipamento em uso está em boas condições?
- ii. A máquina está ajustada convenientemente?
- iii. Poderiam ser estudadas outras ferramentas para esta operação?
- iv. O ferramental de apoio é o mais adequado, encontrando-se próximo ao posto de trabalho?
- v. É possível substituir movimentos manuais?

Não devemos esquecer que o operário que executa a operação poderá ser um elemento muito importante para simplificação da operação e, para tanto, convém sempre ouvi-lo, estudando a seguir a sua proposição quanto a sua validade.

Assim, o estudo dos movimentos tem por finalidade determinar o melhor método de trabalho, em que a procura dos melhores métodos não deve ser função exclusiva de um departamento especializado, mas de todos que estão direta ou indiretamente ligados à produção.

2.4 O Por Que do Estudo de Tempos e Métodos

O meio mais econômico de executar um trabalho implica na análise sistemática dos fatores que participam do trabalho, fatores como: métodos, materiais, ferramentas e os movimentos empregados pelo operador. Os dados para esta análise são obtidos por meio de relatórios que podem ser relativos ao processo, a utilização do equipamento e da execução da operação.

Depois de ser encontrado o melhor meio de realizar o trabalho, os fatores ou as condições devem ser registrados e padronizados para que haja alterações sem a realização de novos estudos. Porém, os métodos devem ser constantemente analisados e estudados, inclusive com a participação dos operadores. Sempre que for encontrado um meio melhor que o anterior de

executar o trabalho o método precisa ser alterado. Devemos considerar sempre evoluções de equipamentos e o aperfeiçoamento do pessoal. Caso o método permaneça por longo tempo sem análise podemos ter perdas de produção pela não utilização de técnicas mais avançadas.

Muitas confecções utilizam este estudo para obter o custo da peça acabada, balanceamento das células, determinação do fluxo de produção, determinação da eficiência operacional, acompanhamento da eficiência operacional, base para o plano de incentivos salariais, entre as mais diversas possibilidades oferecidas.

Segundo a Universidade Santista Têxtil (2006), “o estudo básico de tempos e movimentos também é empregado para determinar o melhor método de execução de uma tarefa e também o tempo gasto para realização da mesma, por um operário treinado, trabalhando em ritmo normal (é a velocidade com a qual a pessoa trabalha) e em condições normais (posto de trabalho estabilizado, condições de temperatura excessivas, muito calor ou frio, umidade relativa do ar, ventilação, temperaturas das paredes, cor das paredes, goteiras...). Assim poderemos anexar os tempos na seqüência operacional e determinarmos o tempo gasto na peça.”

Segundo a CIPI, (2006), a cronoanálise analisa os métodos, materiais, ferramentas e instalações utilizadas para a execução de um trabalho, que tem por finalidade:

- a) Encontrar uma forma mais econômica de se fazer um trabalho;
- b) Normalizar os métodos, materiais, ferramentas e instalações;
- c) Determinar exatamente o tempo necessário para um empregado realizar um trabalho em ritmo normal, sem ocasionar fadiga (tempo padrão);
- d) Ajudar no treinamento de um trabalhador em um método novo.
- e) Aproveitar o tempo apurado para a coordenação e controle da produção, bem como para o planejamento futuro;
- f) Base para cálculo da remuneração variável;
- g) Formar tabelas de tempos planejados;
- h) Racionalização e estudo de adequação de capacidade;
- i) Definir o *layout* da fábrica;
- j) Incluir observações sobre as condições ergonômicas do trabalho, visando sua melhoria;
- k) Indicar os potenciais de racionalização, como operações desnecessárias;

- l) Reduzir o custo de fabricação;
- m) Determinação dos padrões de tempo para a própria ação da mão de obra, carga máquina e o balanceamento de linhas e de setores da produção.

Já em um sentido mais amplo, podemos dizer que sua repercussão vai além destes objetivos e que suas características fazem do estudo de tempos e métodos um instrumento da elevação do nível de educação e cidadania dos colaboradores, fomentando progresso na esfera de:

- a) Auto-desenvolvimento;
- b) Desenvolvimento mútuo;
- c) Atividades voluntárias;
- d) Atividades em grupo;
- e) Participação de todos;
- f) Uso de método e técnicas;
- g) Criatividade;
- h) Crescimento pessoal, estimulando a máxima utilização de seu potencial;
- i) Respeito à natureza humana;
- j) Criação de um ambiente onde haja satisfação no trabalho;
- k) Consciência da qualidade, de problemas e de melhoramento;
- l) Contribuição para o fortalecimento e desenvolvimento da organização.

2.5 Metodologia

Segundo Machado, *Hueb e Gimenes Junior* (2006), os estudos de tempos e métodos hoje se tornam cada vez mais importantes, devido à grande cobrança neste mundo globalizado, fazendo parte de um pacote requerido pelas empresas, com ênfase às necessidades de racionalização, produtividade e qualidade.

Diversas técnicas de obtenção do tempo padrão são discutidas na literatura, algumas dessas técnicas são descritas pelos seguintes autores, Barnes (1982), Tseng (1999), Alter (1999) e Booch (2000).

A seguir, delinearemos os processos e seqüências mais utilizadas, no intuito de se obter um estudo de tempo e as formas de se aperfeiçoar um método de trabalho, de maneira simples e direta, porém concisa, com o intuito de facilitar o aprendizado.

2.5.1 Materiais Utilizados

Alguns elementos constituem as principais ferramentas de trabalho de um profissional de estudo de tempos e métodos, popularmente conhecido como cronoanalista. Esses materiais são facilmente encontrados e não requerem um alto investimento para a sua obtenção, sendo os principais:

- a) Computador: Destinado a realização de cálculos, armazenamento de dados, e utilização de programas auxiliares;
- b) Cronômetro: É a principal ferramenta do cronometrista com ele são executadas as medições dos tempos. Podendo ser encontrados os mais variados modelos, sendo apresentados sobre a forma digital ou analógica, porém são basicamente de dois tipos:
 - i. Sexagesimal: Cujo mostrador encontra-se dividido em 60 partes iguais, fornecendo os tempos em segundos;
 - ii. Centesimal ou decimal: É o modelo mais adotado, cujo mostrador encontra-se em dividido em 100 partes iguais, cada uma dessas partes corresponde a um centésimo do minuto (0,01).
- c) Filmadora: Um bom equipamento para a substituição do cronometro apresentando a vantagem de registrar fielmente todos os diversos movimentos executados pelo operador, auxiliando o analista do trabalho a verificar se o método do trabalho foi integralmente respeitado pelo operado;
- d) Formulários: É aquele que permite o registro dos dados necessários para o cálculo do tempo padrão;
- e) Prancheta de cronometragem: Destina-se ao apoio da folha de cronometragem e fixação do cronômetro. Poderá ser de forma anatômica a fim de poder ajustar-se às partes do corpo do cronometrista. Há no mercado pranchetas bem elaboradas adaptáveis à mão esquerda ou a mão direita;
- f) Trena: Utilizada para medir dimensões dos postos de trabalho, comprimento da costura, entre outros;
- g) Materiais auxiliares: Tacômetro, calculadora, lápis, borracha e caneta.

2.5.2 Noções de cronometragem

Como apresentado no item 2.5.1, existem vários tipos e modelos de cronômetros com escalas padrões de tempo, onde o sistema mais adotado é o centesimal de minutos. Na Tabela 1, temos a conversão das leituras do tempo para minutos.

Tabela 1: Sistema Centesimal

Cronometragem	Tempo em Minuto Centesimal
60 segundos	1,00 minuto
45 segundos	0,75 minuto
30 segundos	0,50 minuto
1 minuto e 30 segundos	1,50 minutos
105 segundos	1,75 minutos

A leitura do cronômetro é a observação efetuada no cronometro, que pode ser por operação ou por ciclo, sendo dividida em:

- a) **Leitura normal:** É a observação efetuada no cronometro, que representa uma interrupção de uma ocorrência regular de trabalho e que é prevista na seqüência normal dos elementos ou ciclo de cronometragem;
- b) **Leitura anormal:** É representada por uma interrupção que não seja uma ocorrência regular do ciclo de trabalho, e para o qual não se faz previsão na seqüência normal dos elementos ou ciclo de uma cronometragem (deixar cair peça no chão e ocorrências cobertas por tolerância: troca de linha...). Essas ocorrências devem ser identificadas, pois estes tempos não serão incluídos nos cálculos, uma vez que estão cobertos pelas tolerâncias.

2.5.3 Obtenção das leituras

Com base no trabalho de Montgomery (1991), duas abordagens gerais podem ser utilizadas para a obtenção de leituras.

Na primeira abordagem, cada leitura consiste de unidades que foram produzidas no mesmo momento ou em instantes de tempo os mais próximos possíveis. Este método é usado quando o principal objetivo é evitar mudanças que possam ocorrer no processo, uma vez que ele minimiza a possibilidade da presença de variabilidade devido a causas especiais dentro das diversas leituras. Esta abordagem para a obtenção dos dados fornece, essencialmente, um instantâneo do processo em cada momento em que a amostra é coletada.

Na segunda abordagem cada leitura consiste de unidades do produto que são representativas de todas as unidades produzidas desde que a última leitura foi retirada. Basicamente, cada leitura é uma amostra aleatória de toda a produção do processo durante o intervalo de amostragem. Este método é freqüentemente usado na tomada de decisões sobre a aceitação de todas as leituras obtidas no instante em que a última coleta de dados foi realizada.

Existem outras bases para a formação dos dados, bem como a utilização de uma abordagem não exclui a outra. No entanto, a forma mais comum utilizada é a primeira, no intuito de reduzir as variações sofridas pelo processo de confecção durante a etapa de cronometragem, uma vez que estas influenciam diretamente no cálculo do tempo padrão.

Essas variações sofridas pelos fatores que compõem o processo produtivo podem resultar de diferenças entre máquinas, mudanças nas condições ambientais, variações entre lotes de matérias-primas, diferenças entre fornecedores, entre outras.

Com matérias-primas altamente padronizadas, ferramentas e equipamentos em boas condições de trabalho e um operador qualificado e bem treinado, a variação nas leituras para um elemento não seria grande, mas mesmo assim, haveria certa variabilidade.

No entanto, não existe uma resposta imediata para a questão do relacionamento entre o tamanho da amostra e a freqüência de amostragem. Para responder a esta questão de modo mais preciso, é interessante levar em consideração fatores tais como:

- a) Custo da amostragem;
- b) Perdas associadas à operação do processo em uma condição fora de controle;
- c) Taxa de produção;
- d) Probabilidade de ocorrência de alterações no processo.

É importante observar, que se houver alguma mudança nos fatores que compõem o processo, por exemplo, a entrada em operação de uma nova máquina, os dados devem ser reavaliados,

utilizando novas leituras preliminares obtidas para a nova condição de funcionamento do processo.

Portanto, o conceito da obtenção das leituras é muito importante. A seleção adequada das amostras requer uma consideração cuidadosa do processo, com o objetivo de que possa ser obtido o máximo de informações a partir das análises.

2.5.4 Métodos de leituras

Em cronometragem, existem três métodos pelos quais o cronometrista pode registrar as leituras a fim de chegar ao tempo padrão. Antigamente, existia certa rivalidade quanto a qual seria o melhor método a ser adotado. Hoje em dia, graças aos diversos tipos de cronômetros essa rivalidade tende a acabar devido à conscientização de que todos os métodos possuem suas vantagens e desvantagens, as quais tendem a diminuir ou mesmo desaparecer, quando utilizado o cronômetro indicado ao método de leitura adotado, e em alguns casos, ao tempo de duração do ciclo (TSENG, 1999).

2.5.4.1 Leitura contínua

Neste método a observação é efetuada no cronômetro sem que o ponteiro do mesmo retorne ao zero, este sistema tem o inconveniente de ser necessário um número muito grande de cálculos para se obter o tempo detalhado de uma operação.

Geralmente se trabalha com este tipo de leitura quando temos em mãos um cronômetro de botão único. Assim, o cronômetro funciona sem voltar a zero, do início da cronometragem até o fim. O cronometrista aciona o cronômetro no início do primeiro elemento, e ao final de cada elemento registra o tempo sem voltar o ponteiro à zero. Ao final do estudo, ele obtém o tempo real de cada determinação por subtração. Este método é aconselhável principalmente nos estudos de tempos improdutivos.

2.5.4.2 Leitura repetitiva

Neste método, o ponteiro cronômetro é retornado à zero ao final de cada determinação do ciclo ou elemento. O grau de precisão das leituras estará diretamente ligado a escolha do cronômetro a ser utilizado, visando reduzir o tempo de retorno à zero, facilitando ao máximo a visualização da leitura.

Este sistema é o mais usual por ser simples e rápida para cálculos dos tempos padrões, é mais apropriado quando se trabalha com um cronômetro de dois ou mais botões. A principal vantagem deste método em relação ao anterior é que o repetitivo nos fornece os tempos reais, sem necessidade de subtrações, muito embora tenhamos a desvantagem de exigir maior concentração para os registros de tempos inferiores a 0,05 min.

2.5.4.3 Leitura com memória

Para este método é necessário ter o cronômetro digital com memória, quanto maior a capacidade de memória, mais fácil é o trabalho de registro de tomadas de tempo que ficam armazenadas, podendo posteriormente serem registradas em um formulário próprio. O grau de precisão das leituras estará diretamente ligado a escolha do cronômetro a ser utilizado. O cronometrista deve fazer um bom treinamento antes de efetuar seu trabalho.

2.5.5 Ciclos

A cronometragem das etapas de fabricação de um produto inteiro como uma única operação raramente é satisfatória. A divisão da mesma em ciclos e a cronometragem individual de cada um deles são partes essenciais do estudo de tempos pelas seguintes razões:

- a) Descrever a operação em etapas de forma clara;
- b) Possibilitar uma reconstituição precisa do método, quando necessário;
- c) Avaliar o ritmo do operador em cada ciclo da operação;
- d) Auxiliar no treinamento;
- e) Determinar o tempo padrão por ciclo. Este procedimento possibilita a determinação do tempo padrão histórico para uma operação independentemente do artigo.

Assim, ciclo é uma série completa dos elementos necessários ao cumprimento de uma atividade ou de uma dada tarefa ou para a obtenção de uma unidade de produção. O ciclo começa no início do primeiro elemento de trabalho e termina assim que reencontrar o mesmo ponto, onde conseqüentemente começa o ciclo.

A realização de todos os elementos de uma operação, com início e fim definidos caracteriza um ciclo completo. Exemplo: pegar a peça em “A”, posicionar em “B”, costurar e cortar a linha e empilhar em “C”.

No exemplo mencionado acima, o ciclo:

- a) Inicia: Quando a operadora empilha a peça anterior em “C” e começa a alcançar a peça seguinte.
- b) Termina: Quando a operadora libera a peça pronta.

Desta forma, no processo que consiste na determinação das tarefas a serem analisadas, devem-se definir limites claros, possibilitando uma correta definição dos pontos de batida de cronômetro.

2.5.6 Elementos da operação

Elemento é uma subdivisão de um ciclo de trabalho composta de uma seqüência de um ou vários movimentos fundamentais, é a decomposição de uma operação em etapas. Podendo-se apresentar os seguintes tipos de elementos:

- a) Elementos da operação principal: Geralmente verificam-se numa operação de costura três elementos principais. Sendo que na confecção industrial o tempo gasto com o segundo processo, o mais importante por ser o único a gerar valor, geralmente é o mais rápido.
 - i. Pegar e posicionar peça;
 - ii. Costurar;
 - iii. Descartar a peça.
- b) Elementos constantes: É um elemento para qual o tempo cronometrado é sempre o mesmo independente das características da peça, na qual são realizados, tanto quanto, o método e as condições de trabalho. Isto ocorre no tempo das máquinas automáticas e elemento de fixar logotipo ou travetar.
- c) Elementos variáveis: É um elemento para o qual o tempo cronometrado é variável, embora o método e as condições de trabalho permaneçam as mesmas. Exemplo: Quando a variação no tamanho da peça, quando nos elementos de costura a velocidade da máquina esteja sujeita ao controle da operadora.
- d) Elemento cíclico: Se repete a cada vez que a operação é realizada, isto é cada vez que uma peça é produzida, o elemento ocorre uma vez também.
- e) Elemento acíclico: Não ocorre todas as vezes que a operação é realizada. É uma parte necessária da operação. Pode, entretanto ser realizada a cada cinco, dez ou cem peças, em intervalos regulares ou irregulares. Ex: Troca de rolo de viés, troca da bobina.

A divisão do ciclo de trabalho em unidades menores deve ser realizada até o ponto de detalhamento desejado pelo analista do processo, devendo ter em mente as seguintes regras:

- a) Os elementos devem ser tão curtos quanto o compatível com uma cronometragem precisa;
- b) O tempo de manuseio deve ser separado do tempo de máquina;
- c) Os elementos constantes devem ser separados dos elementos variáveis e os cíclicos dos acíclicos.

2.5.6.1 Principais elementos de uma operação de costura

Em uma análise de micro movimentos podemos dividir as operações de costura em termos de seus elementos principais, conforme ilustrado na Figura 1:

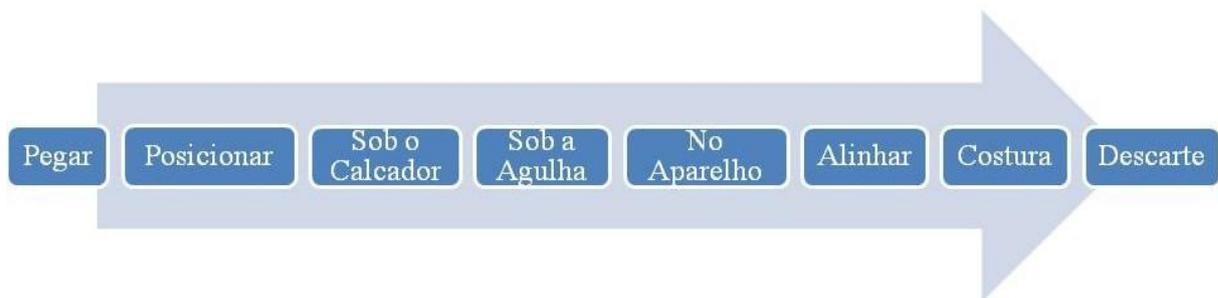


Figura 1: Principais elementos de uma operação de costura

Onde:

Pegar: Movimento de alcançar, apanhar e remover uma peça do pacote ou da sua superfície, antes de posicioná-la.

Posicionar: Movimento de colocar a peça antes de costurar.

Sob o calcador: Colocar a peça sob a beira do calcador para posicionamento temporário.

Sob a agulha: Colocar a peça sob o calcador interno, ou posicionar a agulha dentro da peça para posicionamento temporário.

No aparelho: Colocar a peça no aparelho (embainhador) e dispositivos, para um posicionamento temporário.

Alinhar: É o movimento de dispor as bordas de duas ou mais peça em linha reta.

Costura: O próprio ato de costurar.

Descarte: É o movimento de remover a peça que já sofreu a operação para uma área de onde todas as peças que já passaram por esta operação, são colocadas.

2.5.7 A escolha do operador a ser cronometrado

É aconselhável estudar o operador que trabalhe mais próximo do ritmo normal. Teoricamente não faz diferença cronometrar o operador mais rápido ou o mais lento já que, o fator de ritmo é usado para avaliar a velocidade do operador.

Entretanto, é reconhecidamente mais difícil avaliar corretamente o ritmo de um operador mais lento. Por outro lado, a cronometragem não deve ser realizada com pessoas cujo ritmo é muito elevado porque os operadores, que não compreendem completamente o processo de avaliação de ritmo, tendem a sentir que os padrões de tempo serão estabelecidos baseando-se diretamente na produção da pessoa cronometrada.

Para Slack (2002), um trabalhador qualificado é aquele que tem os atributos físicos necessários, inteligência, habilidades, educação e conhecimento para desempenhar a tarefa com padrões satisfatórios de segurança, qualidade e quantidade.

2.5.8 Posto de trabalho

Antes de iniciar a cronometragem, observe se a máquina e os acessórios se encontram, conforme o método preestabelecido verifique a disposição do lote das peças da mesa, se está correto, procure cronometrar os tamanhos médios e procure cronometrar operadoras que conheçam a operação.

Observar durante certo tempo, se o operador está trabalhando conforme o método preestabelecido e verifique se existe serviço suficiente para toda execução do estudo de tempos.

2.5.9 Apresentação do cronometrista

Fale com o operador, antes de iniciar a cronometragem, a conversa ajuda a tranquilizá-lo, explique o trabalho que será realizado e oriente para que o operador trabalhe normalmente, mantendo seu ritmo normal, independente da sua cronometragem. Essa exposição consiste em fazer ver ao operador, que ele foi escolhido para participar da cronometragem e que dele se espera toda colaboração necessária ao bom êxito do estudo.

Deve-se informá-lo sobre os objetivos do estudo, bem como prestar os esclarecimentos que ele possa desejar. Em suma, o cronometrista deve estabelecer um clima de cordialidade e cooperação com o operador escolhido, fazendo pelos seus atos e palavras, diminuir as reações que qualquer homem experimenta quando suas ações estão sendo examinadas.

2.5.10 Posicionamento em relação à operadora

Deve-se ficar em pé, numa posição tal que lhe permita uma visualização de todos os movimentos e tópicos dos elementos/ciclos da operação. Sempre que possível, deve-se localizar atrás e a esquerda da operadora, ficando fora da linha visada por ela, na região onde a visibilidade é maior.

2.5.11 Definição do número de leituras

Após a prévia definição das tarefas a serem analisadas dentro de um processo, os tempos são levantados. Neste caso, quanto mais freqüente ocorre a coleta de tempos, maior a qualidade do resultado. Porém, um grande número de observações encarece o estudo.

No processo de cronometragem deve-se estabelecer claramente o número de leituras que serão efetuadas. Ao longo do tempo convencionou-se que o ideal seria entre 10 e 20. Assim, seria obtida uma boa média, sem tomar demasiadamente o tempo do cronometrista. Também se deve salientar que amostras que apresentam desvio, superiores ou inferiores, muito grandes devem ser desconsideradas.

2.5.12 Tempo de pacote

O tempo envolvido em abrir um pacote, distribuir as peças, cortar e furar a ficha de pacote, amarrar o pacote quando completo. Em casos mais avançados, considerados como uma operação independente na ficha de seqüência operacional.

2.5.13 Tempo total

O tempo total (T_{total}) é a soma de todas as leituras consideradas em cada operação, como apresentado na Equação 1. Devendo-se atentar para as devidas transformações de unidade de tempo, como de segundos para minutos, pois estas variam de acordo com o tipo de cronometro. Ex: Utilizando um cronômetro sexagesimal, para uma transformação de segundos para minutos, deve-se dividir por 60, enquanto para um cronômetro centesimal deve-se dividir por 100.

$$T_{total} = \sum_{i=1}^{i=n} iLeituras \quad (1)$$

2.5.14 Frequência

Podemos definir frequência como sendo o número de vezes que se repete um determinado valor. Neste caso, é a quantidade de vezes que a operação se repete durante a confecção da peça, utilizada para evitar que uma mesma atividade tenha de ser cronometrada ou representada duas vezes na ficha operacional. Ex: A operação bordar bolso terá a frequência igual ao número de bolsos a serem bordados na peça, desde que seja o mesmo tipo de bordado.

Alguns autores, para efeito de cálculos, consideram a frequência após a obtenção do tempo médio utilizando para tanto o tempo normal ajustado, que é o produto do tempo normal pela frequência. Neste trabalho, utilizaremos a frequência embutida no tempo médio o que elimina a utilização do tempo normal ajustado.

2.5.15 Tempo Médio

O tempo médio ($T_{médio}$) é a média aritmética de todas as leituras consideradas num determinado elemento, sendo obtido conforme apresentado na Equação 2, multiplicando o tempo total pela frequência e dividindo pelo número de leituras consideradas e pelo número de peças cronometradas em cada operação.

$$T_m = \frac{T_{total} * Frequência}{N_{leituras} * N_{peças}} \quad (2)$$

De uma forma mais simplista, podemos apenas considerar o tempo médio como sendo a divisão do tempo total pelo número de leituras obtidas, sendo considerado até a segunda casa decimal.

2.5.16 Ritmo

Da mesma forma que ocorre numa competição de atletismo, em que os atletas partindo no mesmo instante, sob as mesmas condições, apresentam no final da prova atuações diferentes. Dois ou mais operadores, desempenhando suas atividades, após um dia de trabalho, seguindo o mesmo método, sob as mesmas condições, apresentam diferentes volumes de produção. Assim, além de registrarmos o tempo da operação precisamos esclarecer o ritmo desenvolvido durante a cronometragem.

2.5.16.1 Avaliação da atuação

Quando se submete uma operadora a cronometragem, sua atuação pode ser boa, média ou fraca. Independente da habilidade e do esforço demonstrado, desde que esteja compreendida dentro da classificação considerada aceitável aos fins de produção, a operadora deve ser capaz de obter um tempo padrão, numa atuação normal (ALTER, 1999).

Isso levou os precursores do Estudo de Tempos e Movimentos a dedicar em uma atenção especial à atuação do operador no momento em que fazia o estudo. Com isso, ficou estabelecido que a atuação do operador devesse ser medida através de um sistema de comparação.

Esse sistema de comparação se resume em comparar a atuação do operador em estudo com um conceito de atuação definido como normal. Assim, esta avaliação faz com que os tempos cronometrados, ajustados por ela, tronem-se justos para qualquer operadora que venha a trabalhar na operação (niveação).

2.5.16.2 Ritmo normal

É o ritmo de trabalho de uma operadora normal, que pode ser mantido dia após dia, sem fadiga mental ou física excessiva, e é caracterizado pelo exercício quase ininterrupto e de esforço razoável. Essa avaliação deve ser feita separadamente através dos elementos ou do ciclo completo, conforme o método de cronometragem utilizado.

Segundo Taylor (1990), “Não se deseja encontrar o máximo de trabalho que um homem pode realizar em um curto espaço, mas sim o melhor rendimento diário que um bom operador pode realmente obter, durante anos seguidos, sem prejudicar-se.”

2.5.16.3 Operador normal

É aquele qualificado para seu serviço e que já tenha atingindo um estágio de treinamento que lhe permita realizar uma operação sem hesitações, planejamentos ou erros. É um operador firme, não introduz elementos desnecessários a operação e parece estar sempre interessado na execução do seu serviço.

Durante a avaliação do ritmo é uma boa hora para qualificar as dificuldades de cada operário e identificar a melhor forma para aprimorar seu desenvolvimento, baseado nos métodos escolhidos para o planejamento e controle da produção.

2.5.16.4 Princípio de nivelção

Na etapa chamada de normalização dos tempos, os tempos médios de cada tarefa são corrigidos. De acordo com a observação de pessoas mais experientes no processo em análise, o operador pode ser classificado segundo a habilidade e o esforço demonstrado durante a fase de coleta de tempos. Esta classificação recebe o nome de avaliação de ritmo (SILVA e COIMBRA, 1980).

Assim, o princípio de nivelção, consiste em avaliar a confiança com que o operador deposita em seu trabalho, de forma a poder ajustar esta atuação. Está é a parte mais crítica de todo o processo de estudo de tempos, com o objetivo de determinar o tempo que uma operadora precisará para executar o seu trabalho, trabalhando com uma atuação média.

Considera-se como ritmo normal de desempenho um percentual igual a 100% e a forma mais comum de avaliar um operador consiste em incrementos de 5% acima ou abaixo, como segue: 85%, 90%, 95%, 100%, 105%, 110%.

Se todas as operadoras submetidas a uma cronometragem obtivessem a mesma atuação, o problema seria de fácil solução, pois bastaria encontrar a média dos tempos cronometrados, acrescentando necessidades pessoais mais fadiga. Não é comum encontrarmos duas operadoras que possuam a mesma habilidade, assim será difícil também que tenha uma

atuação média. As operadoras possuem diversos graus de habilidade e irão diferir também no esforço desenvolvido.

É necessário ater-se às seguintes definições dos termos mais importantes empregados na avaliação: esforço (vontade de executar a operação, depende do operador e está ligado com a sua motivação), método (é como a tarefa deve ser realizada) e habilidade (é o grau de precisão que uma operadora executa dentro do método definido. Depende do seu treinamento).

Para julgar a habilidade deve se julgar dois fatores: A precisão ou a falta de precisão nos movimentos, a amplitude das interrupções dentro da ordem normal dos elementos ou operações, como consequência de uma execução não apropriada, o grau de confiança que a operadora deposita em si mesma e sua coordenação e ritmo durante o trabalho (BOOCH, 2000).

Teoricamente é possível que uma operadora possua uma habilidade fraca e que trabalhe com um esforço excessivo. De fato, porém se tenta explicar um esforço máximo, com o objetivo de atingir maior velocidade, tal esforço se verá imobilizado, provavelmente, pela pouca habilidade que a operadora possui.

Geralmente, é raro se encontrar um grau de habilidade qualquer, quer seja acompanhado de um esforço que defina mais de dois graus para cima ou para baixo do tal grau de habilidade, ou vice-versa.

Em outras palavras, os esforços fracos tendem a corresponder a habilidades fracas, sendo a recíproca também verdadeira. As diferenças que se tem encontrado tem sido suficientes para que não desfaçamos a possibilidade de poder avaliar a atuação de cada um dos fatores em separado.

A avaliação do ritmo depende do julgamento pessoal do analista de estudo de tempos, e infelizmente não há maneira alguma de estabelecer-se um tempo padrão para uma operação sem ter que se basear no julgamento do mesmo.

Segundo Silva e Coimbra (1980), o sistema *Westinghouse*, como representado na Tabela 2 e Tabela 3, fornece valores numéricos para cada fator (Habilidade e Esforço). Estes valores são coeficientes, que se somados, constituem o ritmo e podem ser posteriormente multiplicados ao tempo médio cronometrado, com a finalidade de normalizar o tempo.

Tabela 2: Fatores habilidade e esforço, caracterizados no sistema *Westinghouse*

Classificação	Habilidade	Esforço
F - Fraca	Não adaptado ao trabalho, comete erros e seus movimentos são inseguros.	Falta de interesse ao trabalho e utiliza métodos inadequados.
R - Regular	Adaptado relativamente ao trabalho, comete erros e seus movimentos são quase inseguros.	As mesma tendências, porém com menos intensidade.
N - Normal	Trabalha com exatidão satisfatória e ritmo se mantém razoavelmente constante.	Trabalha com constância e se esforça razoavelmente.
B - Boa	Tem confiança em si mesmo e ritmo se mantém constante com raras hesitações.	Trabalha com constância e confiança, muito pouco ou nenhum tempo perdido.
E - Excelente	Precisão nos movimentos, nenhuma hesitação e ausência de erros.	Trabalha com rapidez e com movimentos precisos.
S - Superior	Movimentos sempre iguais, mecânicos, comparáveis ao de uma máquina.	Lança-se numa marcha impossível de manter. Não serve para estudo de tempos.

Fonte: Silva e Coimbra, 1980

Tabela 3: Coeficientes de correção dos tempos médios, segundo sistema *Westinghouse*

Valores	Habilidade												
	S		E		B			N		R		F	
	S1	S2	E1	E2	B1	B2	N	R1	R2	F1	F2		
Esforço	0,15	0,13	0,11	0,08	0,06	0,03	0,00	-0,05	-0,10	-0,16	-0,22		
S	S1	0,13	1,28	1,26	1,24	1,21	1,19	1,16	1,13	1,08	1,03	0,97	0,91
	S2	0,12	1,27	1,25	1,23	1,2	1,18	1,15	1,12	1,07	1,02	0,96	0,9
E	E1	0,10	1,25	1,23	1,21	1,18	1,16	1,13	1,1	1,05	1,00	0,94	0,88
	E2	0,08	1,23	1,21	1,19	1,16	1,14	1,11	1,08	1,03	0,98	0,92	0,86
B	B1	0,05	1,2	1,18	1,16	1,13	1,11	1,08	1,05	1,00	0,95	0,89	0,83
	B2	0,02	1,17	1,15	1,13	1,1	1,08	1,05	1,02	0,97	0,92	0,86	0,8
N	N	0,00	1,15	1,13	1,11	1,08	1,06	1,03	1,00	0,95	0,9	0,84	0,78
R	R1	-0,04	1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	0,99	0,96	0,91	0,86	0,8	0,74

	R2	-0,08	1,07	1,05	1,03	1,00	0,98	0,95	0,92	0,87	0,82	0,76	0,7
F	F1	-0,12	1,03	1,01	0,99	0,96	0,94	0,91	0,88	0,83	0,78	0,72	0,66
	F2	-0,17	0,98	0,96	0,94	0,91	0,89	0,86	0,83	0,78	0,73	0,67	0,61

Fonte: Silva e Coimbra, 1980

A parte indicada em cinza que abrange os intervalos de R2 até B1, na tabela acima, corresponde à faixa adequada para a escolha do operador a ser cronometrado.

2.5.17 Tempo normal

O tempo normal de uma operação compreende simplesmente o tempo necessário para que um operador qualificado execute a tarefa em um ritmo normal.

Para a sua obtenção é necessário sabermos a porcentagem de ritmo de cada operação. Assim obtem-se o tempo normal (T_{normal}) multiplicando o tempo médio pela porcentagem de ritmo encontrada. Como apresentado na Equação 3 e exemplificado na Tabela 4:

$$T_{normal} = T_{médio} * Ritmo \quad (3)$$

Tabela 4: Tempo Normal

Operação	Tempo Médio [min]	Ritmo	Tempo Normal [min]
1 Fechar Ombro	0,65	125%	0,8125
2 Pregar Viés	0,43	110%	0,4730
3 Pregar Manga	1,28	100%	1,2800
4 Fechar Lateral	1,31	90%	1,1790
5 Fazer Barra	0,98	75%	0,7350

2.5.18 Tempo normal ajustado

Alguns autores consideram a frequência, quantas vezes a operação se repete durante a confecção da peça, de cada operação após a obtenção do tempo normal, desta forma fazem uso do tempo normal ajustado. Assim o tempo normal ajustado é o produto do tempo normal pela frequência, conforme apresentado na Tabela 5: Tempo Normal Ajustado Tabela 5:

Tabela 5: Tempo Normal Ajustado

Operação	Tempo Normal [min]	Frequência	Tempo Normal Ajustado [min]
1 Fechar Ombro	0,8125	2	1,6250
2 Pregar Viés	0,4730	1	0,4730
3 Pregar Manga	1,2800	2	2,5600
4 Fechar Lateral	1,1790	2	2,3580
5 Fazer Barra	0,7350	1	0,7350

Neste estudo, a frequência foi considerada após a obtenção do tempo total, já estando inclusa nos cálculos a partir do valor da média, o que descrimina o uso do tempo normal ajustado.

2.5.19 Definição das tolerâncias

As tolerâncias exercem grande influência sobre o tempo cronometrado, são elas que tratam da correção do tempo dentro das diversas situações pelas quais o operador passa durante o dia. Acréscimos de tempo serão incluídos ao tempo normal a fim de compensar o operador pelo tempo perdido devido à fadiga, necessidades pessoais e tempos improdutivos, como paradas administrativas e interferências (troca de bobina, linha, etc).

Os índices aplicados precisam ser informados ao operador durante o processo de apuração do tempo. É muito comum elaborarmos o tempo padrão e, os operadores encontrarem dificuldades para atingir as cotas de produção estabelecidas. Isto ocorre devido ao fato de que não são todos operadores capacitados a trabalhar num ritmo normal. A informação dos índices de tolerância serve para evitar as desculpas da não obtenção da produção devido às paradas normais (SENAI, 2007).

Segundo o SENAI (2007), “Os seguintes percentuais de tolerâncias são aplicados à indústria de confecção em condições normais de trabalho:

- a) Operações manuais: 15%
- b) Operações manuais com aplicação de calor: 15%
- c) Operações com costura automática: 15%
- d) Operações com costura simples: 20%
- e) Operações complexas: 25%”

Porém essas tolerâncias podem variar de empresa para empresa, de acordo com a estrutura e tipo de trabalho de cada uma.

2.5.19.1 Fadiga

Não existe tarefa que não requeira certa dose de energia por parte do operador. Esta dose de energia liberada ocasiona o cansaço, que se caracteriza por um sentimento de fadiga. A concessão para fadiga é o tempo incluído num padrão de produção, para permitir ao trabalhador recuperar-se da fadiga provocada pelo seu trabalho, a fim de que o mesmo possa manter o seu ritmo de trabalho constante (SILVA e COIMBRA, 1980).

Os fatores considerados na compensação da fadiga são: esforço físico, esforço mental e monotonia. O esforço físico é o desgaste fisiológico devido a uma atividade muscular. O esforço mental é o desgaste fisiológico devido a uma atividade mental, na qual o trabalho que o operador executa requer atenção concentrada. A monotonia é o desgaste fisiológico devido ao uso constante do mesmo feixe muscular, com movimentos similares, em operações altamente repetitivas (SILVA e COIMBRA, 1980).

A determinação dos índices de fadiga dependerá de avaliações a serem feitas com relação ao trabalho, segundo os critérios apresentados na tabela a seguir:

Tabela 6: Porcentagem de abono no tempo normalizado referente à fadiga observada.

Fadiga Mental		Fadiga Física	
Grau	Abono	Grau	Abono
		Muito Leve	1,80%
Leve	0,60%	Leve	3,60%
Médio	1,80%	Médio	5,40%
Pesado	3,00%	Pesado	7,20%
		Muito Pesado	9,00%

Fonte: Junior (1989).

No caso de máquinas automáticas envolvidas no processo, existe um tempo onde o operador não atua, devido à operação automática da máquina. A razão entre o tempo automático e o tempo total do ciclo resultará em uma porcentagem que corresponderá a um fator. Este fator é o coeficiente de recuperação, e deve ser aplicado ao total de abonos estipulados pela fadiga (física + mental), que é reduzida em razão direta ao total de tempo parado. Caso não haja tarefas automáticas, não há recuperação de fadiga presente no cálculo (LEAL; MUSSIO; ALMEIDA, 2006).

É extremamente complexa a participação dos fatores físicos e psicológicos na fadiga, exercendo muita influência sobre as operações. Alguns fatores que exercem influência sobre a fadiga são:

- a) Condições ambientais: Iluminação (mínimo de 200 lux), ruído (máximo de 80 dB), ventilação, umidade (unidade relativa do ar ente 40% a 60% - ideal), poeira, frio (temperatura dentro da faixa de 20 a 24 graus Celsius – ideal), cor das paredes, etc.
- b) Trabalhos repetitivos: Provocam monotonia, principalmente em operações muito curtas.
- c) Esforço visual: Ajuste focal dos olhos em nível desigual de iluminação.
- d) Estado geral do operador: Tanto físico como mental, alimentação, descanso, horas de sono e estabilidade emocional.

A monotonia é uma direta consequência da duração do ciclo. Ciclos muito curtos causam maior monotonia no trabalho, o que tende a afetar os tempos de operação. Desta forma, menores ciclos acarretam um abono maior no cálculo do tempo padrão.

As operações em ciclo são facilmente identificadas na fase de coleta de tempos. Somente as operações que se repetem em cada rodada de coleta de tempos são componentes do ciclo. Por exemplo, uma tarefa “apanhar cinco peças” só se repete após o operador trabalhar as cinco peças. Caso o trabalho ocorra em uma peça por vez, a tarefa “apanhar cinco peças” só se repete após cinco rodadas. Neste caso, este elemento não faz parte do ciclo.

2.5.19.2 **Necessidades pessoais**

São tolerâncias para compensar as interrupções durante a jornada de trabalho, a fim de que o operador mantenha seu bem estar, compreendendo o tempo a atender suas necessidades fisiológicas, tais como ir ao banheiro, beber água, etc.

Pela legislação, adota-se um valor de 5% sobre o tempo efetivo de trabalho.

2.5.19.3 **Tempos improdutivos**

No caso de ocorrer tempos improdutivos durante o processo, este abono desse ser adicionada a porcentagem de tolerância, de acordo com o tipo de setup e paradas envolvido no processo.

Desta forma, tempos improdutivos, são todos aqueles que afetem a capacidade do operador em alcançar a sua cota de produção, tais como:

- a) Receber pequenas instruções da supervisora quanto à produção e qualidade. Essas interrupções devem ser evitadas ou reduzidas ao máximo.
- b) Compreende também, o tempo que o operador participa com grande interesse e entusiasmo nos objetivos da empresa, nas seguintes situações:
 - i. Produtividade – Colaborando nas mudanças de operação, efetuando pequenos ajustes de aparelhos sem esperar pela supervisão;
 - ii. Qualidade – Efetuando uma vigilância permanente nas unidades por ele produzidas e separando ou recuperando peças defeituosas provenientes de outros setores como o corte;
 - iii. Concessões para máquinas – Compensa os tempos improdutivos de máquinas tais como: Troca de bobina, troca de linha, troca de agulha, quebra de linha, cuidado com o equipamento, dificuldades mecânicas.
- c) Interrupções das mais variadas possíveis, podendo ser por quebra de máquina, por manutenção preventiva, etc.

2.5.20 Tempo padrão

O tempo padrão (Tpadrão) é um recurso que permite analisar a capacidade produtiva de um processo levando-se em consideração uma série de aspectos presentes na realidade de uma rotina de trabalho. Aspectos como fadiga do funcionário, monotonia do trabalho, necessidades fisiológicas, habilidade e esforço têm um grande impacto no tempo necessário para fabricação de um produto. Analisar este impacto torna-se imperativo em análises de capacidade de produção, tempo planejado de operação, ou até mesmo na determinação de alíquotas para o cálculo de rateio de custos indiretos de produtos (LEAL; MUSSIO; ALMEIDA, 2006).

Para Barnes (1977), o tempo padrão é o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação específica.

Assim sendo, o tempo padrão é o tempo justo e normalizado, determinado por um estudo, para uma operadora executar uma determinada operação no método atual e nas condições que dispõe no momento. O estabelecimento correto de tempos padrões para operações industriais

é muito importante para as várias fases necessárias a uma fabricação bem sucedida, essas diferentes fases em que o tempo padrão pode ser usado com vantagem são:

- a) Base para determinação da quantidade de unidades produtivas designadas para um operador qualificado, trabalhando em ritmo normal de produção, atingir durante determinado período;
- b) Planejamento e controle da produção;
- c) Base para determinar a eficiência do operador e da fábrica;
- d) Base de pagamento de mão-de-obra direta e fabricação;
- e) Base para incentivos salariais, prêmio de produção;
- f) Auxiliar na preparação de orçamentos;
- g) Auxiliar na melhoria de métodos;
- h) Analisar a viabilidade de investimentos em novos equipamentos;
- i) Auxiliar no treinamento de novos operadores;
- j) Base para determinação do custo do produto, mesmo antes do início da fabricação;
- k) Previsão de vendas;
- l) Previsão de necessidade de mão-de-obra.

Segundo a Universidade Santista Têxtil (2006), o tempo padrão “serve para estabelecer metas de trabalho (se uma operação leva um minuto para ser executada, em 60 minutos será executada 60 vezes), estabelecer eficiência das operadoras (sabemos que uma operadora produz mais, ou menos que outras, quando determinamos Tempo Padrão, o fazemos para operadoras normais e se fizermos a comparação da produção de uma operadora com a produção de operadora normal, estaremos encontrando a eficiência dela).”

Ou ainda para estabelecer a eficiência das células (se sabemos qual é o tempo padrão de uma peça sabemos quantas peças a célula deverá produzir ao final do dia), pagamento de prêmio (se sabemos quanto à célula produz e qual a eficiência das operadoras é possível calcular prêmios de produção de um determinado nível de eficiência para cima), planejamento e controle da produção (se sabemos a eficiência da célula, e quanto ela pode produzir, podemos planejar a produção possível de se fazer na fábrica e conseqüentemente, controlá-la) (UNIVERSIDADE SANTISTA TÊXTIL, 2006).

Por fim podemos determinar o custo do produto (se você determina quanto vai pagar a uma operadora, poderá determinar quanto custa de mão-de-obra para produzir uma determinada

peça antes mesmo do início de sua fabricação), melhoria do método de trabalho (se temos o tempo padrão anterior ao novo método de trabalho, e temos agora o novo tempo padrão, podemos confrontar os tempos, e verificar se houve redução do tempo padrão) e treinamento das operadoras (saberá se uma nova operadora está progredindo se o tempo padrão designado a ela está menor) (UNIVERSIDADE SANTISTA TÊXTIL, 2006).

É o tempo concedido para um operador qualificado, trabalhando num ritmo normal e sujeito a demoras e a fadiga normais, para executar uma quantidade definida de trabalho com uma qualidade específica, segundo um método preestabelecido. Este tempo, além de servir de base para mensurar a capacidade de um sistema produtivo, passa a ser um tempo referencial para o treinamento de novos funcionários que irão desempenhar a operação.

O tempo padrão do elemento é obtido através do tempo normal acrescido pelas tolerâncias, enquanto o tempo padrão do produto é a somatória dos tempos padrões dos elementos que o compõem, como apresentado na Equação 4 e exemplificado na Tabela 7.

$$T_{padr\tilde{a}o} = T_{normal} * (1 + Toler\tilde{a}ncia) \quad (4)$$

Tabela 7: Tempo Padrão

Operação	Tempo Normal [min]	Tolerância	Tempo Padrão [min]
1 Fechar Ombro	0,8125	0%	0,8125
2 Pregar Viés	0,4730	5%	0,4967
3 Pregar Manga	1,2800	10%	1,4080
4 Fechar Lateral	1,1790	15%	1,3559
5 Fazer Barra	0,7350	25%	0,9188
Tempo Padrão Total do Produto (Camiseta):			4,9918

2.5.21 Tempo potencial

Tempo que um operador leva para executar uma operação sem levar em conta seu ritmo de trabalho. Faz-se cronometragem sem corrigir pela avaliação de ritmo e aplicam-se as tolerâncias.

Este tempo reflete a real capacidade de produção de cada operador e serve para estabelecer um plano de evolução de produção para que a pessoa chegue ao tempo padrão. Pode também

ser utilizado para fazer comparações entre vários operadores e identificar os melhores e mais qualificados.

Geralmente, as empresas que não conhecem o sistema de avaliação de ritmo utilizam este tempo como base de cálculo de produção. São escolhidos os melhores operadores e o tempo atingido por eles é considerado como tempo padrão daquela operação.

2.5.22 Cálculo de eficiência operacional

Tendo-se o tempo padrão para realizar uma unidade de uma determinada operação, podemos definir a cota de produção (produção padrão), calculando quanto se pode produzir, em uma hora, em um dia de trabalho ou em um determinado período de tempo.

Sendo o tempo padrão, o tempo normal para que uma operadora normal, que esteja trabalhando em um ritmo normal, atinja uma produção a 100 % da eficiência operacional, podemos dizer que eficiência (ε) é o resultado da comparação entre o que um operador produziu e o que ele deveria produzir.

Para o cálculo da eficiência operacional total faz-se uso do mesmo raciocínio aplicado às linhas, células ou grupos de trabalho. Utiliza-se para tanto, o tempo padrão da peça que está fabricando. Que nada mais é do que a somatória de todos os tempos padrões de todas as operações que fazem a peça que está sendo produzida.

Portanto, a porcentagem de eficiência operacional total deve ser calculada pela divisão do tempo executado, pelo tempo disponível, como mostrado na Equação 5.

$$\varepsilon = \frac{\textit{TempoExecutado}}{\textit{TempoDisponível}} \quad (5)$$

Ou ainda como a relação entre a produção realizada pelo operário e a padrão, expressada em porcentagem, como mostrado na Equação 6.

$$\varepsilon = \frac{\textit{ProduçãoRealizada}}{\textit{ProduçãoPadrão}} \quad (6)$$

Os custos da empresa, em geral, levam em conta os tempos de produção considerando-se uma determinada eficiência. Neste caso é necessário saber os índices que estão sendo atingidos,

para comparar com a eficiência utilizada no custo. A Figura 2 apresenta as deduções sobre a carga de máquina total a fim de se obter a carga de máquina real, proposto pelo estudo de tempos e métodos.

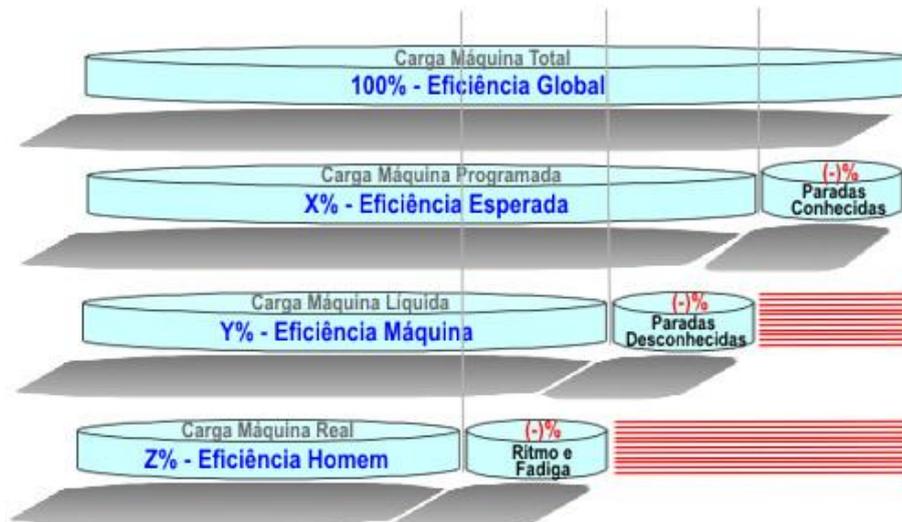


Figura 2: Carga de Máquina

Fonte: CIPI

2.6 Análise Estatística

A estatística é o ramo da Matemática que dispõe de mecanismos e processos para coletar, organizar, classificar e interpretar dados, para mensurar e descrever fenômenos naturais, temporais, históricos e institucionais (FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO TOCANTINS - FUT, 2006).

As aplicações da estatística são muito amplas, percorrendo as diferentes áreas do conhecimento humano. Tais aplicações traduzem problemas em soluções para a melhoria da qualidade de vida, gerenciamento de instituições públicas e privadas, organizações empresariais e outras. Nesse sentido, mostraremos os conceitos necessários para um melhor entendimento das análises utilizadas no estudo de tempos e métodos.

2.6.1 Inferência Estatística

Inferência Estatística ou Estatística Indutiva é a parte da estatística que utiliza métodos científicos para fazer afirmações e tirar conclusões sobre características ou parâmetros de uma população, baseando-se em resultados de uma amostra. O próprio termo “indutivo” decorre da

existência de um processo de indução, isto é, um processo de raciocínio em que, partindo-se do conhecimento de uma parte, procura-se tirar conclusões sobre a realidade no todo. Essas são decisões baseadas em procedimentos amostrais.

É fácil perceber que um processo de indução (em estatística) não pode ser exato. Ao induzir, portanto, estamos sempre sujeitos a erro. A Inferência Estatística, entretanto, irá nos dizer até que ponto poderemos estarmos errando em nossas induções, e com que probabilidade. Esse fato é fundamental para que uma indução (ou inferência) possa ser considerada estatística.

Em suma, a Inferência Estatística busca obter resultados sobre as populações a partir das amostras, dizendo também, qual a precisão desses resultados e com que probabilidade se pode confiar nas conclusões obtidas.

2.6.2 Medidas Descritivas

Segundo Costa Neto (1999), quando descrevemos um conjunto de dados, pode-se decidir por processos breves ou mais elaborados. A decisão depende da finalidade a que o estudo se destina. Na maioria das vezes, entretanto, é de interesse representar os dados através de um ou dois números os quais tem por objetivo descrever todo o conjunto de dados. Os tópicos a seguir desenvolvem o cálculo dessas medidas, onde serão detalhados os procedimentos que caracterizam o centro dos dados chamados de medidas de tendência central (ou medidas de posição central): a média, a mediana e a moda bem com medidas que nos proporcionam avaliar a extensão da dispersão dos dados, denominada medida de dispersão (ou variação): variância, desvio padrão e coeficiente de variação.

2.6.2.1 Média aritmética

A média é a medida de tendência central mais simples que temos em estatística, sendo utilizadas diferentes notações para dados amostrais e populacionais, desta forma teremos duas médias aritméticas:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \text{Média Amostral} \qquad \mu = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad \text{Média Populacional} \quad (7)$$

2.6.2.2 Mediana

A mediana de um conjunto de n observações x_1, x_2, \dots, x_n , é o valor “do meio” do conjunto (elemento que ocupa a posição central da distribuição), quando os dados estão dispostos em ordem crescente. Assim ela traz consigo a principal função de separar dois grupos com o mesmo número de valores. Desta forma, se n for ímpar, esse valor é único, se n é par, a mediana é a média aritmética simples dos dois valores centrais, ou seja:

$$m_d = \frac{(x_i + x_{i+1})}{2} \quad \text{onde } i = n/2, \text{ Para } n \text{ par} \quad (8)$$

$$m_d = x_i, \text{ com } i = (n+1)/2, \text{ Para } n \text{ ímpar} \quad (9)$$

2.6.2.3 Moda

A moda é o valor que apresenta maior frequência em um conjunto de observações. Existem séries em que nenhum valor aparece mais vezes que outros, neste caso a distribuição não apresenta moda, ou seja, é amodal. Nos casos em que houver dois ou mais casos de concentração, diremos que a série é bimodal, trimodal,

2.6.2.4 Variância

É a medida de dispersão mais utilizada e nos fornece o grau de variabilidade dos dados em torno da média. Ela é definida como sendo a média dos quadrados dos desvios em relação à média aritmética:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N}, \text{ Para dados Populacionais} \quad (10)$$

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad \text{ou aproximadamente} \quad s^2 = \frac{1}{n-1} \left\{ \sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2 \right\}, \text{ Para dados Amostrais} \quad (11)$$

2.6.2.5 Desvio Padrão

A unidade da variância é o quadrado da unidade dos dados, porém podem existir ocasiões em que haja interesse em trabalharmos com a mesma unidade desses dados, neste caso, pode-se extrair a raiz quadrada da variância e teremos então a medida de dispersão denominada desvio padrão, representado a seguir:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \text{ Para dados Populacionais} \quad \text{ou} \quad s = \sqrt{s^2} \text{ Para dados Amostrais} \quad (12)$$

2.6.2.6 Coeficiente de variação

O coeficiente de variação (CV) é a dispersão ou variabilidade dos dados em termos relativos ao seu valor médio, dado por:

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \quad \text{ou} \quad CV [\%] = \frac{\sigma}{\mu} \cdot 100 \quad \text{Populacional} \quad (13)$$

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \quad \text{ou} \quad CV [\%] = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 \quad \text{Amostral} \quad (14)$$

Desta forma, quanto mais próximo de 0%, menor a variabilidade dos dados e, portanto, apresenta uma melhor representatividade da média para o conjunto de dados. Quanto mais próximo de 100%, maior a variabilidade dos dados e, portanto, a média apresenta menos representatividade para o conjunto de dados.

2.6.3 Distribuição amostral da média

As características do processo associadas a todos os produtos resultantes da produção e de serviços apresentam variabilidade. No entanto, se o processo estiver sob controle estatístico, ou seja, se estiver estável, apesar dos valores individuais assumidos pelas características da qualidade variarem de um para o outro, eles seguirão um padrão, o qual é conhecido como distribuição (WERKEMA, 1995).

É importante ressaltar que a distribuição representa o padrão de variação de todos os resultados que podem ser gerados por um processo sob controle e, portanto ela representa o padrão de variação de uma população. Por este motivo, em estatística os conceitos de população e distribuição são intercambiáveis (WERKEMA, 1995).

A fim de entender como os dados se distribuem busca-se estudar, por amostragem, os estimadores estatísticos de uma população X , para tanto se tira uma amostra de tamanho n formada pelos elementos x_1, x_2, \dots, x_n de um dada população.

A construção de histogramas tem caráter preliminar em qualquer estudo e é um importante indicador para a percepção das características gerais de uma distribuição, sendo uma ferramenta que nos permite resumir as informações contidas em um grande conjunto de dados revelando-se útil neste contexto. Um exemplo é apresentado na Figura 3.

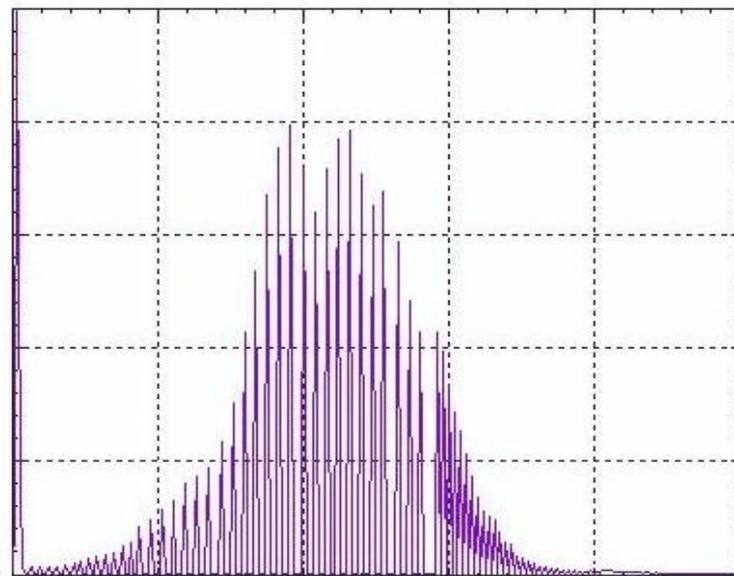


Figura 3: Histograma

O histograma é um gráfico de barras no qual o eixo horizontal, subdividido em vários pequenos intervalos, apresenta os valores assumidos por uma variável de interesse. Para cada um destes intervalos é construída uma barra vertical, cuja área deve ser proporcional ao número de observações na amostra cujos valores pertencem ao intervalo correspondente (WERKEMA, 1995).

Ao analisar esses dados, observe que à medida que o tamanho da amostra aumenta, independentemente da distribuição da população original, a distribuição amostral de \bar{X} aproxima-se cada vez mais de uma distribuição normal. Esse resultado, fundamental na teoria de Inferência Estatística, é conhecido como Teorema do Limite Central.

Teorema do Limite Central: Para amostras aleatórias simples (x_1, x_2, \dots, x_n) , retiradas de uma população com média μ e variância σ^2 , a distribuição amostral da média $\bar{X} = (x_1+x_2+ \dots$

$+x_n)/n$ aproxima-se de uma distribuição normal com média μ e variância σ^2/n , quando $n \rightarrow \infty$ (COSTA NETO, 1999).

É fácil verificar, que a rapidez dessa convergência depende da distribuição da população da qual a amostra é retirada. Se a população original é próxima da normal, sua convergência é rápida, já se, a distribuição da população tem outra distribuição, essa convergência é mais demorada. Como regra prática, se aceita que para amostras com mais de 30 elementos a aproximação já pode ser considerada muito boa.

Portanto, se X é uma população com distribuição normal de média μ e variância σ^2 e se dessa população retirarmos amostras de tamanho n , a distribuição da variável \bar{x} por amostragem casual simples será sempre normal, com a mesma média da população X e variância n vezes menor. Isso significa que quanto maior o tamanho da amostra, menor será a variância de \bar{x} , ou o estimador \bar{x} será mais preciso à medida que o tamanho da amostra aumentar. Se a população X não for normal, \bar{x} terá distribuição “aproximadamente” normal, onde:

$$\bar{x} \cong N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right) \quad (15)$$

É importante destacar que se a população for finita e de tamanho N conhecido, e se a amostra de tamanho n dela retirada for sem reposição, devemos utilizar um coeficiente de correção, assim tem-se:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \quad (16)$$

2.6.3.1 Distribuição normal

A distribuição normal é uma das mais importantes distribuições da estatística. O estudo de tempos e métodos apresenta seus dados, tempos cronometrados, organizados segundo esta distribuição, uma vez que estes se afastam em relação à média seguindo um padrão bem definido. De acordo com ANDERSON, SWEENEY e WILLIAMS (2002) segue a definição de distribuição normal.

Seja uma variável aleatória contínua e independente, X , que apresenta a seguinte função densidade, expressa matematicamente por meio da equação:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{[-(x-\mu)^2 / 2\sigma^2]} \quad (17)$$

Onde os parâmetros, μ e σ^2 , são respectivamente a média e a variância populacional que satisfazem as condições:

- a) $-\infty < \mu < \infty$
- b) $\sigma^2 > 0$
- c) $-\infty < x < \infty$

Então a família de densidade definida como a função anterior, é chamada de Distribuição Normal, denotada por:

$$X \sim N(\mu, \sigma^2)$$

Ou seja, X tem distribuição Normal com média μ e variância σ^2 , cuja função de distribuição é:

$$P(a < x < b) = \int_a^b \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (18)$$

O que, graficamente é apresentado na Figura 4, sendo as características de quatro diferentes conjuntos de parâmetros, onde a linha verde representa a distribuição normal padrão.

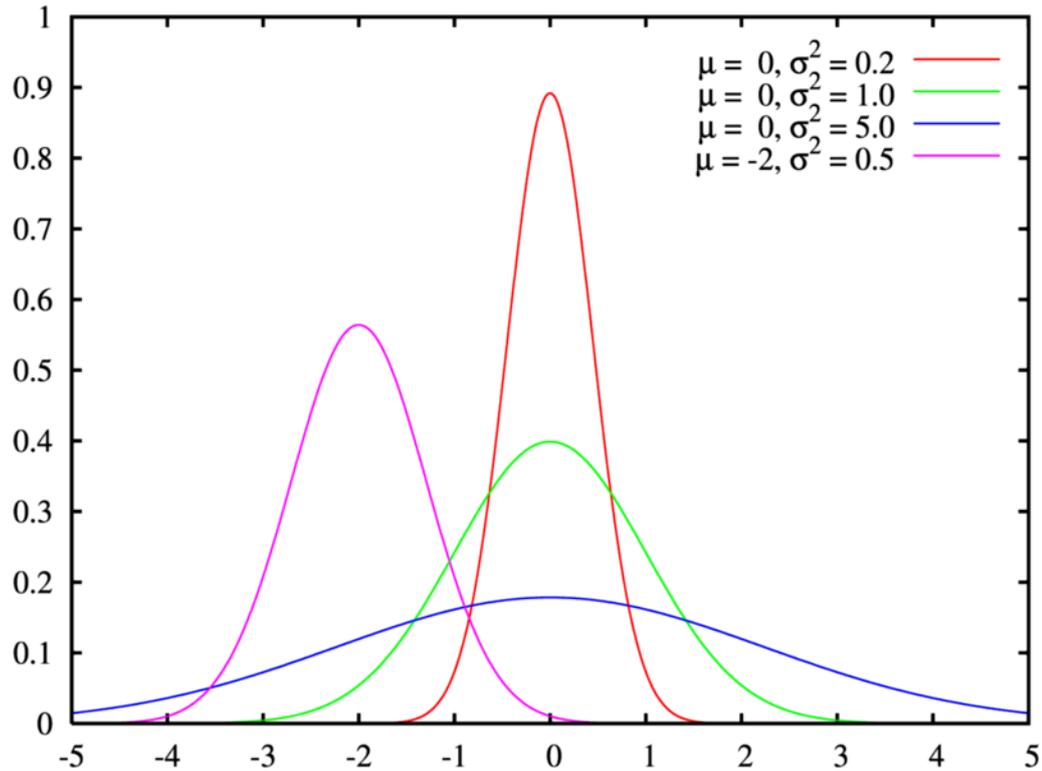


Figura 4: Representação Gráfica da Distribuição Normal

Como podemos observar, o gráfico da função densidade de uma variável normal tem a forma de um sino e é simétrica em relação à média, μ . Fixando-se a média, verificamos que o “achatamento” está diretamente ligado ao valor do σ^2 , um valor maior da variância significa maior dispersão da curva.

É importante salientar, que quando uma variável sofre variações produzidas pela soma de um grande número de erros independentes de pequena magnitude, provocados pela atuação dos diversos fatores de um processo, sua distribuição geralmente pode ser descrita de forma apropriada por uma distribuição normal.

2.6.3.2 Distribuição normal padrão

Para efeitos de simplificação e facilidade de cálculos, foi criado um padrão onde pudéssemos referenciar os dados e as características de interesse. A esta padronização deu-se o nome de distribuição normal padrão (ou reduzida) que, de acordo com DOWNING e CLARK (2002), apresentamos a sua definição.

Se $X \sim N(\mu, \sigma^2)$, a variável aleatória Z definida na equação a seguir, tem distribuição normal com média 0 e variância 1, ou seja, $Z \sim N(0, 1)$.

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (19)$$

Demonstração:

$$E[Z] = E\left(\frac{X - \mu}{\sigma}\right) = \frac{1}{\sigma} [E(X) - \mu] = \frac{1}{\sigma} [\mu - \mu] = \frac{0}{\sigma} = 0 \quad (20)$$

$$V[Z] = V\left[\frac{X - \mu}{\sigma}\right] = \frac{1}{\sigma^2} [V(X) - V(\mu)] = \frac{1}{\sigma^2} V(X) = \frac{1}{\sigma^2} \cdot \sigma^2 = 1 \quad (21)$$

Logo, $Z \sim N(0, 1)$.

2.6.3.3 Distribuição de t de Student

A variável Z apresentada acima tem distribuição normal, porém quando não conhecemos a variância populacional σ^2 , devemos usar seu estimador s^2 .

Desta forma, variável definida como t_ϕ e representada na Equação 22, é denominada variável com distribuição de “t de Student” com ϕ graus de liberdade (gl), onde $\phi = n - K$ (n é o número de informações independentes da amostra e K número de parâmetros da população a serem estimados além do parâmetro inerente ao estudo).

$$t_\phi = \frac{\bar{x} - \mu}{s_{\bar{x}}} \quad (22)$$

Não devemos esquecermos de que quando n é grande, s^2 se aproxima bastante de σ^2 , o que faz com que a variável t_ϕ se aproxime da variável normal Z.

2.6.3.4 Teorema da combinação linear

Segundo *BUSSAB* e *MORETTIN* (1981), a combinação linear de variáveis com o mesmo tipo de distribuições independentes é também, uma variável com distribuição semelhante à utilizada. Por exemplo: Se X e Y possuem distribuição normal, então $W = aX - bY + c$ terá distribuição normal com:

$$\mu_w = a.\mu_x - b.\mu_y + c \quad \text{e} \quad \sigma_w^2 = a^2.\sigma_x^2 + b^2.\sigma_y^2 \quad (23)$$

2.6.4 Intervalo de Confiança

A estimativa de um parâmetro por pontos (pontual) não possui uma medida do possível erro cometido na estimação. Uma maneira de expressar a precisão da estimação é estabelecer limites, que com certa probabilidade incluam o verdadeiro valor do parâmetro da população. Esses limites são chamados “limites de confiança” e determinam um intervalo de confiança (IC) no qual deverá estar o verdadeiro valor do parâmetro.

Logo, a estimativa por intervalo consiste na fixação de dois valores tais que $(1-\alpha)$ seja a probabilidade de que o intervalo, por eles determinado, contenha o verdadeiro valor do parâmetro. Sendo:

α : Nível de significância;

$(1-\alpha)$: Coeficiente de confiança ou nível de confiabilidade.

Assim, a partir de informações da amostra, devemos calcular os limites de um intervalo, valores críticos, que em $(1-\alpha)\%$ dos casos inclua o valor do parâmetro a estimar e em $\alpha\%$ dos casos não inclua o valor do parâmetro. A seguir tem-se a representação de diversos intervalos de confiança em torno da média populacional.

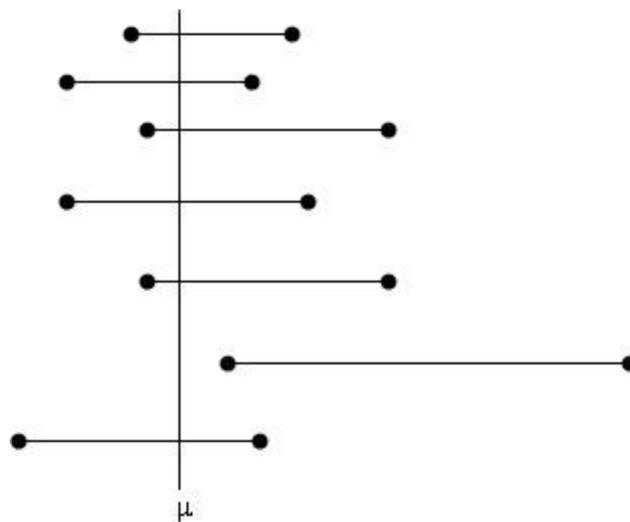


Figura 5: Intervalo de Confiança

2.6.4.1 Procedimentos para a construção do intervalo de confiança

- a) Coletar n amostras em intervalos sucessivos e registrar as observações na ordem em que foram obtidas;
 - i. Se $n > 30$, usa-se a distribuição normal padrão com s^2 .
 - ii. Se $n \leq 30$, usa-se a distribuição t de Student, com ϕ graus de liberdade.
- b) Calcula-se a média da amostra;
- c) Calcula-se o desvio padrão da média amostral;
- d) Fixa-se o nível de significância α e determina-se o valor de Z ou t correspondente (seguem o mesmo procedimento), para calcular os limites de controle, onde:

$$P(|Z| > z_{\alpha/2}) = \alpha \quad \text{ou seja,} \quad P(Z > z_{\alpha/2}) = \frac{\alpha}{2} \quad \text{e} \quad P(Z < -z_{\alpha/2}) = \frac{\alpha}{2} \quad (24)$$

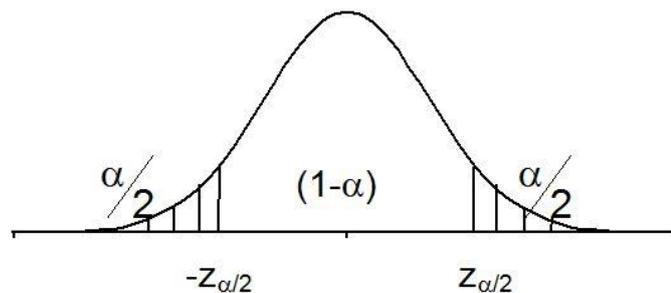


Figura 6: Nível de Significância

Logo, usando uma notação simplificada para o intervalo de confiança para a média populacional, temos:

$$IC[\mu, 1 - \alpha] = \left[\bar{x} - z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}; \bar{x} + z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right] \quad (25)$$

ou

$$\left(\bar{x} - z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) < \mu < \left(\bar{x} + z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right), \quad \text{com } (1 - \alpha) \text{ de confiabilidade} \quad (26)$$

Os valores tabelados de Z podem ser observados na tabela de distribuição normal padronizada, presente no Anexo A. Por sua vez os valores de t_{ϕ} estão apresentados na tabela de distribuição de t de Student, presente no Anexo B.

2.6.5 Erro máximo da amostra para a estimativa

Se o valor de n for suficientemente grande, $n \geq 30$, e a população for infinita (ou significativamente grande para não ser preciso aplicar o fator de correção para população finita), tem-se:

$$e = z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (27)$$

Pela fórmula do erro máximo definida acima, pode-se determinar o tamanho da amostra necessário para atingir determinado grau de precisão na estimativa do parâmetro, com:

$$n = \left(\frac{z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{e} \right)^2 \quad (28)$$

Quando estivermos trabalhando com o tamanho de amostras, o resultado final deverá sempre ser arredondado para o inteiro imediatamente superior.

Caso o tamanho da amostra seja menor do que 30, deve-se utilizar a distribuição de t de Student seguindo o mesmo procedimento, atentando apenas para a substituição dos valores de $z_{\alpha/2}$ por t_{ϕ} .

2.6.6 Tamanho da amostra

O estudo de tempos é um processo de amostragem, conseqüentemente, quanto maior o número de ciclos cronometrados tanto mais representativos serão os resultados obtidos para a atividade em estudo. Consistência nas leituras do cronômetro é de interesse primordial para o analista, pois quanto maior a variabilidade das leituras de um elemento tanto maior terá de ser o número de observações para que se obtenha a precisão.

Segundo Barnes (1982), quando se busca obter o tamanho da amostra devemos decidir o nível de confiança e o erro relativo desejado, a serem usados na determinação do número de observações necessárias, podendo fazer uso da Equação 29:

$$N' = \left(\frac{Z \sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\alpha \sum X} \right)^2 \quad (29)$$

Onde:

N' = Número de elementos necessários.

Desta forma:

Se $N' < n$, então a amostra é suficiente.

Se $N' > n$, então é necessário mais cronometragens do elemento.

2.6.7 Sistema 3σ

É possível demonstrar que a área total sob a curva normal padrão e acima do eixo horizontal é igual a 1. Além disto, a probabilidade de a variável x assumir valores entre dois números a e b é igual à área sob a curva e acima do segmento de reta $[a, b]$.

Assim, podemos considerar a probabilidade de que uma variável $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ assumam valores em um intervalo da forma $\mu \pm c\sigma$, onde c é uma constante. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta as probabilidades obtidas para $c = 1, 2$ e 3 .

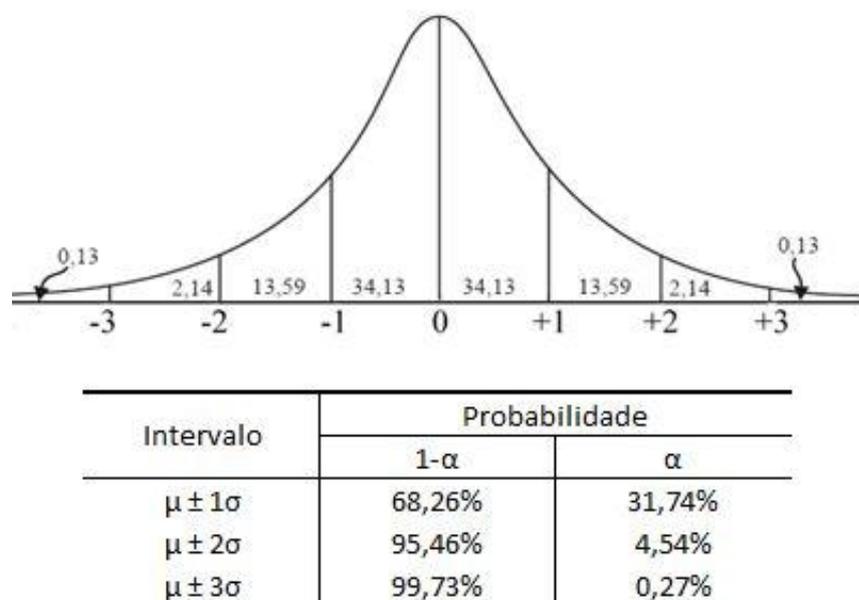


Figura 7: Probabilidade de uma Variável $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ Assumir Valores em um Intervalo da Forma $\mu \pm c\sigma$.

Fonte: Werkema

Para a determinação dos limites de controle, é usual utilizar o chamado sistema 3σ , que consiste em fazer $c = 3$. Assim, a probabilidade de que x assumira valores no intervalo $\mu \pm 3\sigma$, que é igual à proporção da área total sob a curva que está neste intervalo, é de 0,9973, sendo a probabilidade de ocorrência de valores fora deste intervalo extremamente baixa: $1 - 0,9973 = 0,0027$. Isto pode ser mais bem observado na Figura 8.

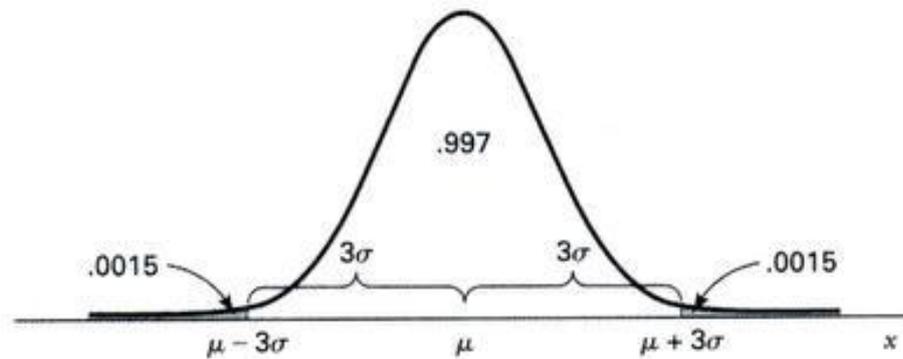


Figura 8: Sistema 3σ

2.6.8 Seleção das amostras

Adotando o sistema 3σ e considerando os intervalos de confiança como limites de controle, eles nos permitem uma indicação do estado do processo, tornando possível a realização de uma maior acurácia nos dados.

Desta forma se todos os pontos estiverem dentro dos limites de especificação, poderemos concluir que os dados coletados são bons, podendo ser utilizados. Porém se algum ponto estiver fora dos limites de controle, deve-se ser feito um exame dos mesmos, procurando uma causa de variação assinalável responsável pela sua ocorrência.

Se uma causa assinalável for encontrada, o ponto deve ser descartado e os limites de controle devem ser recalculados, usando somente os pontos remanescentes. Note que os pontos que estavam entre os intervalos inicialmente podem agora estar fora de controle, porque os novos limites dos gráficos determinarão, de modo geral, uma faixa mais estreita. Este procedimento deve ser repetido até que todos os pontos estejam dentro da faixa de controle, quando os limites poderão ser adotados para uso.

Em alguns casos pode não ser possível encontrar as causas de variação assinaláveis para os pontos fora das especificações. Existem duas ações possíveis nesta situação. A primeira delas consiste em eliminar os pontos, como se uma causa assinalável tivesse sido encontrada, e a seguir adotar o mesmo procedimento. A justificativa para a escolha desta ação é o fato de que muito provavelmente (99,73% de probabilidade) os pontos fora de controle foram obtidos de uma distribuição que na realidade caracteriza um processo fora de controle.

A segunda alternativa consiste em manter os pontos, considerando que os limites de controle resultantes determinarão uma faixa mais larga. Contudo, se há somente um ou dois de tais pontos, não haverá uma distorção significativa.

2.6.9 Limites de controle e limites de especificação

É importante enfatizar que não existe relacionamento entre os limites dos gráficos de controle e os limites de especificação para o processo (LSE – Limite Superior de Especificação e LIE – Limite Inferior de Especificação). Os limites de controle resultam da variabilidade natural do processo. Já os limites de especificação são determinados externamente, podendo ser estabelecidos pela gerência, pelos engenheiros responsáveis pela produção ou pelos responsáveis pelo planejamento do produto. Observe que os limites de especificação devem refletir as necessidades dos interessados.

É necessário conhecer a variabilidade inerente ao processo durante o estabelecimento das especificações, mas devemos sempre lembrar de que não existe relacionamento matemático ou estatístico entre os limites de controle e os limites de especificação. A Figura 9 sumariza estas idéias.

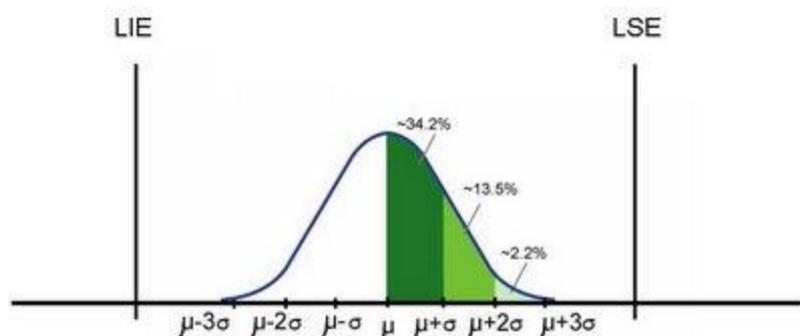


Figura 9: Limites de Controle e Limites de Especificação

Portanto, os limites de controle nos permitem avaliar se o processo está ou não sob controle estatístico, enquanto os de especificação nos permitem avaliar se o processo produz ou não itens conformes. Devemos destacar que um processo pode se enquadrar em qualquer uma das quatro categorias apresentadas:

- a) O processo não está sob controle e produz itens não conformes.
- b) O processo não está sob controle, mas produz itens conformes.
- c) O processo está sob controle, mas produz itens não conformes.
- d) O processo está sob controle e produz itens conformes.

A categoria A representa o pior resultado, que pode ser obtido, já que o processo não está sob controle e também produz itens não conformes. O processo classificado na categoria B, apesar de instável, não está produzindo itens não conformes, no entanto, esta situação não inspira segurança e então devemos adotar ações de melhoria com o objetivo de fazer com que o processo alcance o estado de controle estatístico.

Na categoria C, o processo está sob controle, mas sua capacidade não é suficiente para o atendimento às especificações, devendo então ser implementadas ações de melhoria que aumente a capacidade do processo. A categoria D representa a situação ideal, que deveria ser atingida por todos os processos de uma empresa.

2.6.10 Capacidade de Processos

Um processo estável (sob controle estatístico) apresenta previsibilidade, no entanto, é possível que mesmo um processo com variabilidade controlada e previsível produza itens não conformes. Logo, não é suficiente simplesmente colocar e manter um processo sob controle.

É fundamental avaliar se o processo é capaz de atender as especificações estabelecidas a partir dos desejos e necessidades apresentadas, sendo justamente esta a avaliação que constitui o estudo da capacidade do processo. Observe também que, se o processo não é estável, ele possui um comportamento imprevisível e, portanto não faz sentido avaliar a sua capacidade.

A capacidade do processo é definida a partir da faixa $\mu \pm 3\sigma$, a qual é denominada faixa característica do processo. Se o processo estiver sob controle e se for verdadeira a suposição de normalidade, 99,73% dos valores da variável X de interesse devem pertencer a esta faixa. Para estudar a capacidade do processo devemos então comparar esta faixa com as especificações.

Como forma de expressão da capacidade de um processo, foram criados os chamados *índices de capacidade*, estes índices são números adimensionais que permitem uma quantificação do desempenho dos processos. Neste trabalho utilizaremos o índice conhecido como C_{pk} .

2.6.10.1 Índice C_{pk}

O índice C_{pk} nos permite avaliar se o processo está sendo capaz de atingir o valor nominal de especificação, já que ele leva em consideração o valor da média do processo. Logo, o índice C_{pk} pode ser interpretado como uma medida da capacidade real do processo e é definido pela Equação 30.

$$C_{pk} = \text{Min} \left[\frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \right] \quad (30)$$

Sendo:

$C_{pk} \geq 1,33$ – Processo capaz ou adequado

$1 \leq C_{pk} \leq 1,33$ – Processo aceitável

$C_{pk} \leq 1$ – Processo incapaz ou inadequado

Observe que o índice tem uma interpretação natural, já que $(1/C_{pk}) \times 100$ é simplesmente a porcentagem da faixa de especificação utilizada pelo processo e, note também, que C_{pk} é calculado em relação ao limite de especificação mais próximo da média do processo.

DESENVOLVIMENTO

O homem busca incessantemente, através dos tempos, a melhor maneira de realizar o trabalho para o atendimento de suas necessidades e aumento de seu bem estar. Como organismo coletivo, expresso das mesmas aspirações, a indústria procura desenvolver métodos de fabricação melhores e mais econômicos.

Tudo isso provoca uma imperiosa necessidade de melhoria dos métodos de produção. Assim é que, neste afã de imaginar melhores meios de fabricação, se tem observado uma tendência moderna para a engenharia de métodos.

Consciente dessa tendência, a abordagem proposta consiste em uma pesquisa de natureza exploratória, ao qual desenvolveu a metodologia denominada Análise e Controle da Confiança Produtiva (ACCP), em que se busca analisar os dados obtidos em um estudo de tempos e métodos, em empresas do setor de confecção industrial e organizar estes elementos, com base na estatística, de forma a fornecerem uma visão da confiabilidade do processo de produção, uma vez que esta reflete diretamente no desempenho empresarial.

Estes dados definem o tempo padrão, que representa o tempo necessário gasto para a produção de cada unidade, assim como, a média de produção diária em peças, os seus devidos limites, superior e inferior, além dos índices de variabilidade do processo para uma dada confiança, utilizada para toda a programação da produção.

A pesquisa experimental é realizada em algumas organizações presentes na região de Maringá, em que, para implicações éticas, serão denominadas, apenas por Empresa A, B, C e D.

Para a determinação destes valores, cada entidade preenche um formulário denominado folha de cronometragem, disponível no Apêndice A, que fornece a seqüência operacional, a descrição dos métodos, e a ficha dos tempos de produção cronometrados, utilizada para o cálculo do tempo padrão e seqüenciamento dos lotes, de duas camisetas básicas. Totalizando assim, um universo de oito produtos.

Para efeitos de simplificação, foram determinadas as cinco operações mais comuns presentes em todos os formulários, para que fossem utilizadas no estudo como efeito de representação

das diversas operações que compõem os artigos, sendo descritas de uma forma genérica como:

- a) Fechar ombro;
- b) Pregiar gola;
- c) Pregiar manga;
- d) Fechar lateral;
- e) Fazer barra.

Estes produtos são submetidos a cálculos e análises estatísticas através de uma planilha eletrônica desenvolvida no *software* Excel, do pacote Microsoft Office, juntamente com o Minitab, *software* estatístico, utilizado como apoio para organizar e testar a confiabilidade do processo utilizado por cada entidade. No Apêndice B tem-se um exemplo de aplicação da planilha empregada.

3.1 Resultados

Conforme afirma Campos (1999), “A melhor maneira de monitorar e verificar a estabilidade de um item de controle ou característica que se queira manter é a carta de controle”, desta forma foram elaboradas cartas de controle, adotando o sistema 3σ , para todas as operações realizadas em cada produto, de cada empresa, efetuando seus devidos ajustes e apresentando sua versão melhorada. Algumas destas cartas e seus respectivos ajustes podem ser visualizados junto ao Apêndice C.

Para exemplificarmos o processo de ajuste nos dados, a Figura 10 apresenta a carta de controle da quinta operação do Produto 1, confeccionado pela Empresa A.

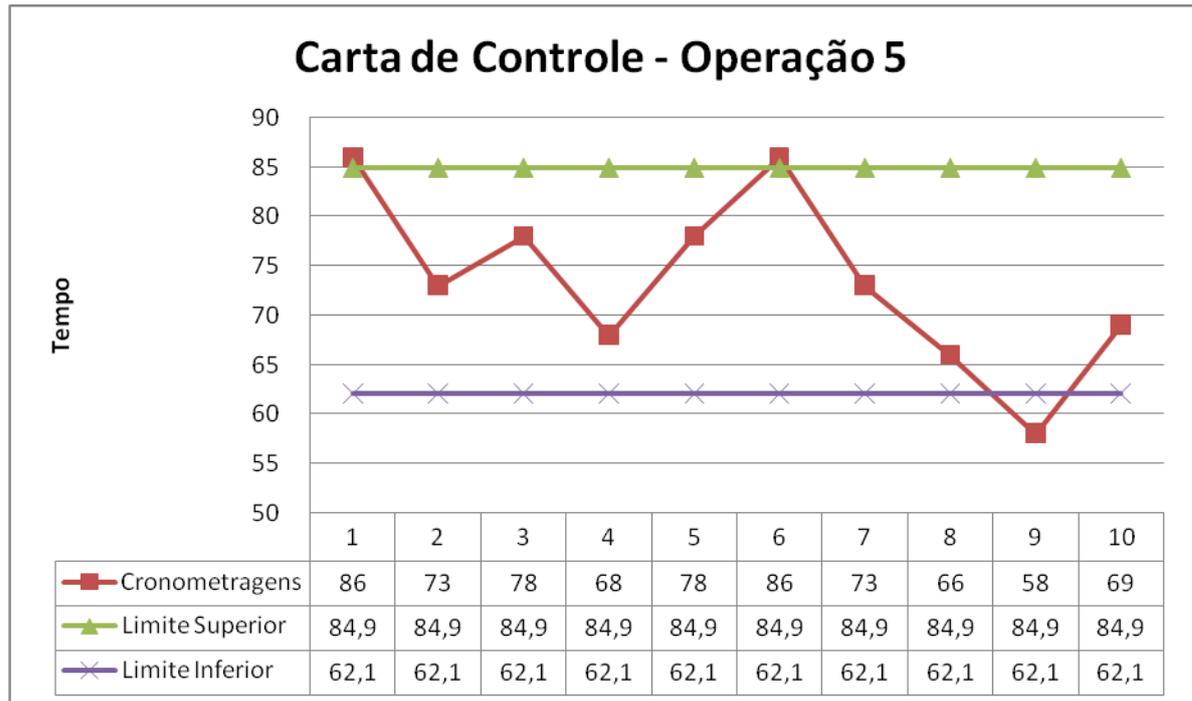


Figura 10: Carta de Controle

Nela, podemos obter a informação de que o processo não se encontra sobre controle estatístico, uma vez que, observando o gráfico, percebemos que existem três pontos (1, 6, 9) fora dos limites de controle, devendo ser adotado os procedimentos indicados na Seção 2.6.8, para a sua devida correção.

Supondo que as causas desta variação assinalável tenham sido detectadas, podemos então, descartar as amostras fora de controle e recalculá-los seus limites. Resultando assim, em uma nova carta de controle, Figura 11, onde nenhum dos pontos extrapola os limites de controle, mesmo estes se apresentando em uma faixa mais restrita. Igualmente, é possível concluir que o processo está sob controle no que diz respeito à variabilidade.

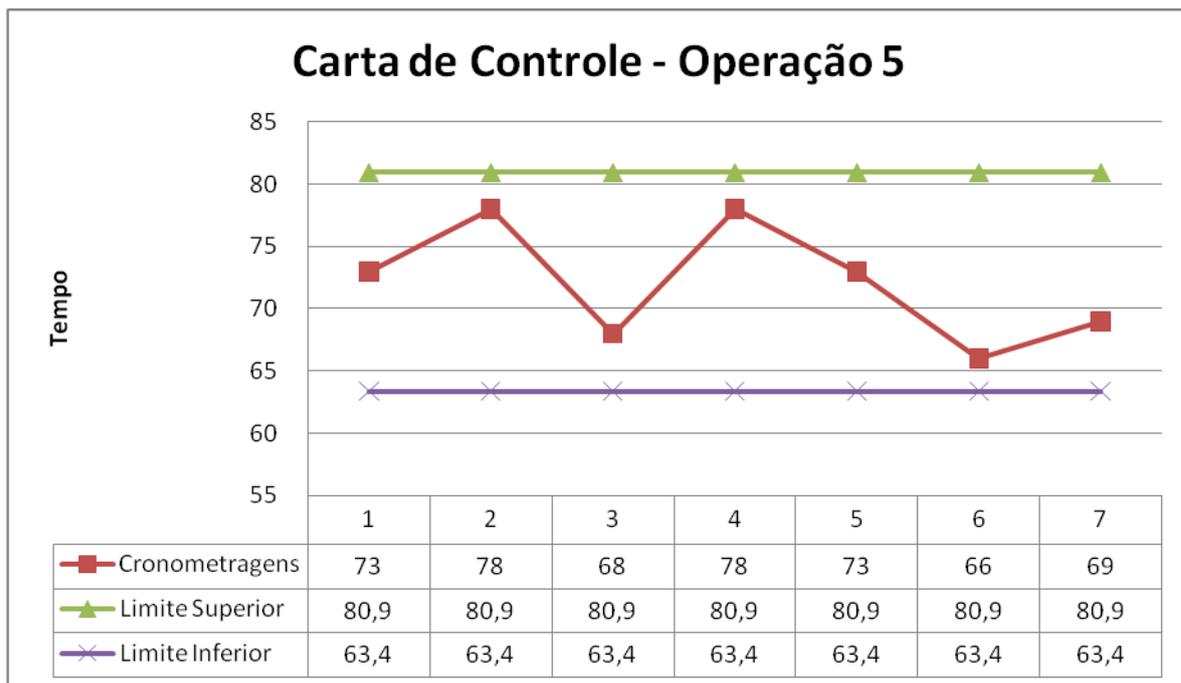


Figura 11: Carta de Controle Ajustada

Este é um importante método para melhorar a seleção das amostras a serem utilizadas no cálculo do tempo padrão, uma vez que reduz consideravelmente a variabilidade dos dados, filtrando-os de acordo com o nível de confiabilidade desejado.

Estabelecendo um determinado nível de confiabilidade que as entidades desejam ter em seus resultados, efetua-se a média entre os produtos de uma mesma organização, para se obter um comparativo do índice de variabilidade da produção de cada empresa analisada, podendo ser observado na Tabela 8 e, graficamente, na Figura 12.

Tabela 8: Índice de Variabilidade da Produção

Índice	Confiança						
	75%	80%	85%	90%	95% $\approx 2\sigma$	97,5%	99,73% $\approx 3\sigma$
Empresa A	10,6%	11,9%	13,6%	15,8%	19,6%	23,4%	36,3%
Empresa B	8,9%	10,0%	11,4%	13,3%	16,5%	19,6%	30,3%
Empresa C	5,6%	6,3%	7,1%	8,3%	10,3%	12,2%	18,7%
Empresa D	10,4%	11,8%	13,4%	15,6%	19,3%	23,0%	35,7%
Média	8,9%	10,0%	11,4%	13,3%	16,4%	19,6%	30,3%

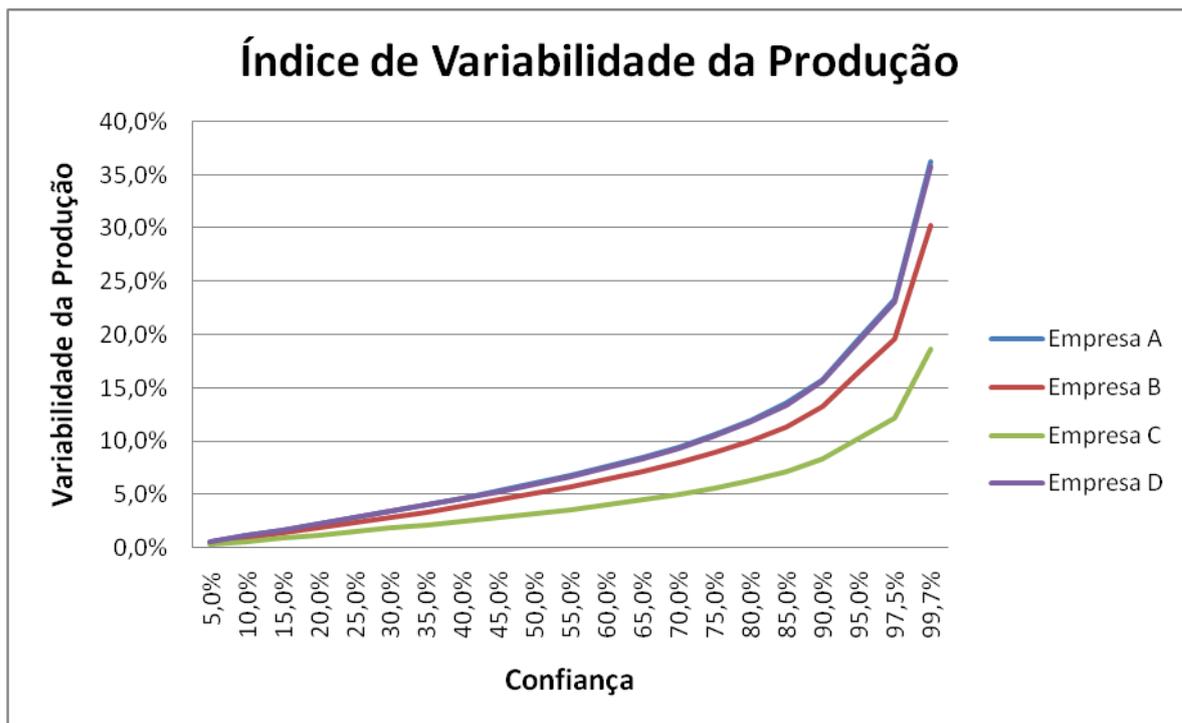


Figura 12: Comparativo dos Índices de Variabilidade da Produção

Assim, se a Empresa A adotou um nível de confiança de 95%, temos um índice de variabilidade da produção de aproximadamente 20%, ou seja, sua produção irá variar em torno da média em $\pm 10\%$. Por exemplo, se sua produção média diária em uma célula é de 2.000 peças, podemos dizer, com 95% de certeza, que a mesma irá variar em torno de 400 unidades, ficando entre 1.800 a 2.200 peças por dia.

Na medida em que são realizadas comparações entre as empresas, o hiato constatado entre elas sinaliza uma oportunidade de melhoria a ser explorada. Buscando identificar as diferenças que proporcionaram este afastamento entre os referencias de excelência, constatamos o elevado desvio padrão como causa fundamental deste baixo desempenho.

Desta forma podemos atuar no processo de seleção dos dados utilizados, conforme o método apresentado na correção da carta de controle, para gerar novos índices de variabilidade da produção. Estes novos índices e seu comparativo com o anterior podem ser observados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e, graficamente, na Figura 14.

Índice	Confiança						
	75%	80%	85%	90%	95% $\approx 2\sigma$	97,5%	99,73% $\approx 3\sigma$
Empresa A	6,5% ↓ 4,1%	7,3% ↓ 4,6%	8,4% ↓ 5,2%	9,9% ↓ 6,0%	12,4% ↓ 7,2%	15,1% ↓ 8,2%	25,2% ↓ 11,1%
Empresa B	4,9% ↓ 4,0%	5,5% ↓ 4,5%	6,3% ↓ 5,1%	7,4% ↓ 5,9%	9,3% ↓ 7,2%	11,2% ↓ 8,4%	18,0% ↓ 12,3%
Empresa C	3,9% ↓ 1,7%	4,3% ↓ 1,9%	5,0% ↓ 2,2%	5,8% ↓ 2,5%	7,3% ↓ 3,0%	8,7% ↓ 3,5%	14,0% ↓ 4,7%
Empresa D	2,0% ↓ 8,5%	2,2% ↓ 9,5%	2,5% ↓ 10,8%	3,0% ↓ 12,6%	3,7% ↓ 15,6%	4,5% ↓ 18,6%	7,1% ↓ 28,6%
Média	5,1% ↓ 3,8%	5,7% ↓ 4,3%	6,6% ↓ 4,8%	7,7% ↓ 5,6%	9,7% ↓ 6,8%	11,7% ↓ 7,9%	19,1% ↓ 11,2%

Figura 13: Índice de Variabilidade da Produção e sua Variação

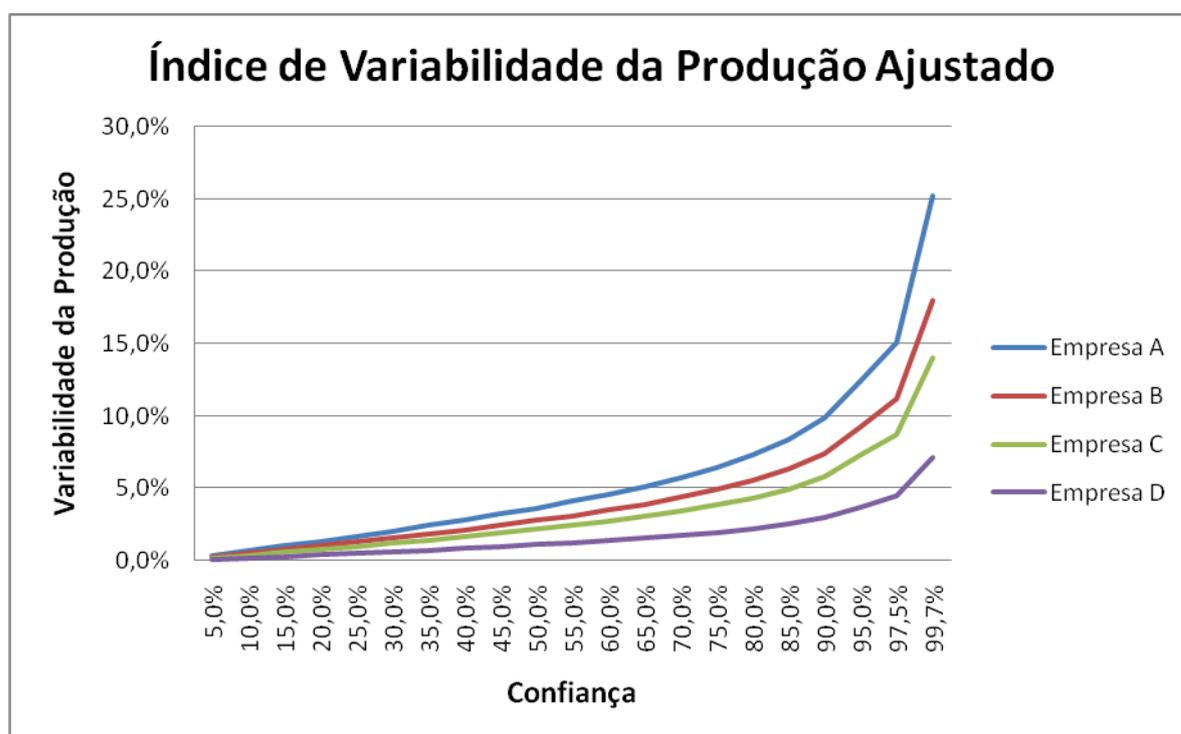


Figura 14: Comparativo dos Índices de Variabilidade da Produção Ajustados

Com a adoção desta medida e considerado um nível de confiabilidade de 95%, a variabilidade apresentada no processo foi reduzida em média de 49,8%, caindo 8,2%, passando de 19,3% para 8,2% de variabilidade. O que, apesar de o índice ainda ser demasiadamente elevado, apresenta um significativo estreitamento dos limites produtivos em relação às unidades fabricadas, garantindo um ganho no planejamento e controle da produção.

Está é uma indicação evidente da importância do processo de obtenção e seleção dos tempos cronometrados, tendo impactos diferentes em cada empresa, devido à sua própria metodologia adotada. Sendo as que apresentam maior falta de controle (variabilidade nos dados), as mais beneficiadas.

Um parêntese, porém, deve ser aberto para explicar o superior rendimento obtido com o ajuste dos dados da empresa D. Isto se deve ao fato que muitas das suas leituras (73%) estão posicionadas fora das faixas de controle, o que garante após o descarte das mesmas, em um resultado mais homogêneo, porém que descaracteriza a operação. Por isso, os índices gerados não foram considerados na representação da média e seus novos limites de controle não devem ser adotados para a utilização, sendo aconselhável a coleta de novos pontos.

Podemos também ressaltar que a obtenção de um número maior de cronometragens, desde que condizentes com a Secção 2.6.6, ou a combinação de operações com o intuito de aumentar o tempo de processo, não acarretam uma significativa ascendência nos resultados apresentados, uma vez que este está muito mais ligado ao nível de variabilidade das leituras cronometradas.

Ainda, para quantificar o nível de variabilidade proveniente dos dados causadores de tais quadros, foram calculados os valores do coeficiente de variabilidade e a capacidade do processo produtivo, adotando o sistema 3σ e considerando os limites de especificações iguais ao limites de controle, conforme demonstrado na Tabela 9.

Tabela 9: Nível de Variabilidade Proveniente dos Dados

Índice	Variabilidade	
	CV	Cp
Empresa A	10,5%	0,61
Empresa B	8,9%	0,57
Empresa C	6,0%	0,61
Empresa D	11,1%	0,45
Média	9,1%	0,56

Estes valores indicam que a variabilidade dos dados é relativamente alta, em média de 9,1%, o que gera uma distribuição fora da faixa de especificação, acarretando na incapacidade do processo de gerar produtos que atendam esta especificação, cerca de 0,56.

Desta forma os processos apresentados por estas empresas são classificados na categoria A, descrita na Secção 2.6.9, sendo necessário a adoção de medidas de melhoria. Assim o emprego do método para o ajuste dos dados gerou novos parâmetros, que podem ser comparados e analisados na Figura 15.

Índice	Variabilidade			
	CV		Cp	
Empresa A	6,2%	↓ 4,3%	0,71	↑ 0,10
Empresa B	5,0%	↓ 3,9%	0,66	↑ 0,09
Empresa C	4,0%	↓ 2,1%	0,67	↑ 0,06
<u>Empresa D</u>	<u>2,2%</u>	<u>↓ 8,9%</u>	<u>0,68</u>	<u>↑ 0,23</u>
Média	5,1%	↓ 4,1%	0,68	↑ 0,12

Figura 15: Nível de Variabilidade Proveniente dos Dados Ajustados

Embora o coeficiente de variabilidade tenha sido reduzido, em média de 55,6%, caindo 4,1%, passando de 9,1% para 5,1%, e a capacidade do processo que tenha sido elevada, em média de 21,5%, subindo 0,12, passando de 0,56 para 0,68, o que são representações significativas de melhora, não foi suficiente para o processo se encontrar dentro dos limites de especificação. O que classifica os processos apresentados pelas empresas na categoria C, devendo ser procurados outros meios para uma melhor exploração.

Desta forma, com os dados processados seguindo o método estabelecido na revisão de literatura, se obtém o extrato da performance produtiva, visualizada através dos indicadores, possibilitando a indicação de pontos a serem desenvolvidos para melhorar o gerenciamento e administração das organizações.

Assim, se consolida mais um meio de controle sobre o processo de produção, sendo que a metodologia apresentada pode ser adaptada a qualquer segmento industrial, permitindo uma grande flexibilidade de seu uso e aplicação.

CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento deste trabalho pode-se afirmar que, embora capital, mão-de-obra, energia e matéria prima continuem sendo os recursos mais importantes dos quais se lança mão para a produção de objetos materiais, sua estrutura de produção com baixos custos, alta flexibilidade, qualidade e confiabilidade são importantes. Assim o sucesso competitivo da empresa como um todo é conseqüência direta de sua função de manufatura ter um desempenho superior do que qualquer dos seus concorrentes.

Com o estudo do cálculo do tempo padrão, paralelo a uma preocupação em conduzir o usuário na sua progressão, elaborou-se uma forma de interação agradável com o leitor, capaz de avaliar e identificar falhas durante o processo de obtenção do tempo padrão das operações industriais.

O sucesso no processo desta obtenção depende fortemente da qualidade dos dados coletados, ou seja, o grau de desvio padrão apresentado nos tempos cronometrados. Além disto, a percepção do cronometrista quanto à avaliação do ritmo de produção do funcionário deve estar coerente com a rotina do processo, uma vez que o ritmo impacta diretamente na obtenção do tempo padrão.

A análise estatística apresentada oferece um complemento no processo de avaliação do estudo de tempos e métodos, uma vez que enfatiza cada fase no transcorrer do processo de raciocínio, possibilitando ao leitor obter novas informações, simulando os diversos cenários possíveis ao problema proposto.

Assim, com o âmbito de melhorar o gerenciamento, qualidade e confiabilidade do sistema produtivo verificamos que a técnica da cronoanálise, aplicada no setor de confecção industrial não fornece um alto grau de segurança para o planejamento e controle da produção, quando comparados com outros ramos industriais, uma vez que sua variabilidade produtiva é relativamente alta, em torno de 9,7%, com o melhor resultado sendo de 7,3%, quando consideramos um nível de confiabilidade de 95%.

Isto se deve à variabilidade dos dados, o que acarreta um desvio padrão elevado, fazendo com o coeficiente de variação seja, em média de 5%, com um índice de capacidade do processo abaixo do ideal, em torno de 0,68.

Mesmo com as variações próprias do processo produtivo sendo minimizadas na etapa de obtenção das amostras, mesmo com a seleção dos dados mais apropriados para a análise e a utilização de um operador qualificado, bem treinado e que trabalhe a um ritmo constante, nem sempre, cada elemento de ciclos consecutivos, será executado exatamente no mesmo tempo, o que acarreta uma variação inevitável.

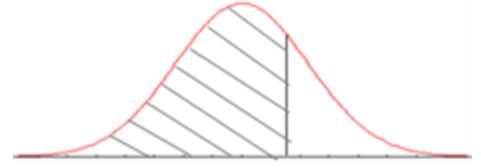
Algumas das razões que justificam este fato podem resultar de diferenças na posição das peças e concentração apresentada pelo operador, de variações na leitura do cronômetro e de diferenças possíveis na determinação do ponto exato de término, no qual a leitura deve ser feita.

Com base nestes resultados, podemos dizer que a variabilidade apresentada, mesmo que reduzida ao máximo, é inerente ao processo, estando sempre presente enquanto sua origem for a utilização de mão-de-obra humana, no processo de confecção industrial.

É importante notar que, esforços para aumentar o nível de confiança e diminuir a variabilidade da produção devem ser despendidos. Sendo sugerida a utilização de equipamentos automatizados na obtenção dos dados e no processo de fabricação, a fim de reduzir erros provenientes destas etapas.

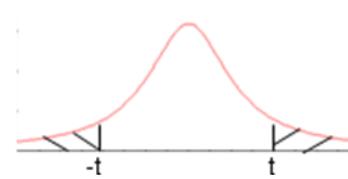
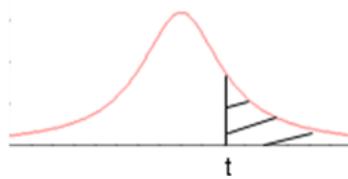
Também devem ser efetuadas novas pesquisas na área de estudo de tempos e métodos, a fim de criar um novo método ou melhorar o já estabelecido, de forma a resolver o problema da variabilidade dos dados.

ANEXO A – DISTRIBUIÇÃO NORMAL PADRONIZADA



z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-3,0	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010
-2,9	0,0019	0,0018	0,0018	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
-2,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0023	0,0022	0,0021	0,0021	0,0020	0,0019
-2,7	0,0035	0,0034	0,0033	0,0032	0,0031	0,0030	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
-2,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0041	0,0040	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
-2,5	0,0062	0,0060	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
-2,4	0,0082	0,0080	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
-2,3	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0091	0,0089	0,0087	0,0084
-2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
-2,1	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146	0,0143
-2,0	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
-1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233
-1,8	0,0359	0,0351	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
-1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
-1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
-1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
-1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0721	0,0708	0,0694	0,0681
-1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
-1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
-1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
-1,0	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
-0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
-0,8	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
-0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
-0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
-0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
-0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
-0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
-0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
-0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
-0,0	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990

ANEXO B – DISTRIBUIÇÃO T DE STUDENT



Graus de Liberdad e	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA PARA TESTE UNILATERAL												
	0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA PARA TESTE BILATERAL												
	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
1	63,66	31,82	21,20	15,89	12,71	10,58	9,06	7,92	6,31	3,08	1,96	1,38	1,00
2	9,92	6,96	5,64	4,85	4,30	3,90	3,58	3,32	2,92	1,89	1,39	1,06	0,82
3	5,84	4,54	3,90	3,48	3,18	2,95	2,76	2,61	2,35	1,64	1,25	0,98	0,76
4	4,60	3,75	3,30	3,00	2,78	2,60	2,46	2,33	2,13	1,53	1,19	0,94	0,74
5	4,03	3,36	3,00	2,76	2,57	2,42	2,30	2,19	2,02	1,48	1,16	0,92	0,73
6	3,71	3,14	2,83	2,61	2,45	2,31	2,20	2,10	1,94	1,44	1,13	0,91	0,72
7	3,50	3,00	2,71	2,52	2,36	2,24	2,14	2,05	1,89	1,41	1,12	0,90	0,71
8	3,36	2,90	2,63	2,45	2,31	2,19	2,09	2,00	1,86	1,40	1,11	0,89	0,71
9	3,25	2,82	2,57	2,40	2,26	2,15	2,06	1,97	1,83	1,38	1,10	0,88	0,70
10	3,17	2,76	2,53	2,36	2,23	2,12	2,03	1,95	1,81	1,37	1,09	0,88	0,70
11	3,11	2,72	2,49	2,33	2,20	2,10	2,01	1,93	1,80	1,36	1,09	0,88	0,70
12	3,05	2,68	2,46	2,30	2,18	2,08	1,99	1,91	1,78	1,36	1,08	0,87	0,70
13	3,01	2,65	2,44	2,28	2,16	2,06	1,97	1,90	1,77	1,35	1,08	0,87	0,69
14	2,98	2,62	2,41	2,26	2,14	2,05	1,96	1,89	1,76	1,35	1,08	0,87	0,69
15	2,95	2,60	2,40	2,25	2,13	2,03	1,95	1,88	1,75	1,34	1,07	0,87	0,69
16	2,92	2,58	2,38	2,24	2,12	2,02	1,94	1,87	1,75	1,34	1,07	0,86	0,69
17	2,90	2,57	2,37	2,22	2,11	2,02	1,93	1,86	1,74	1,33	1,07	0,86	0,69
18	2,88	2,55	2,36	2,21	2,10	2,01	1,93	1,86	1,73	1,33	1,07	0,86	0,69
19	2,86	2,54	2,35	2,20	2,09	2,00	1,92	1,85	1,73	1,33	1,07	0,86	0,69
20	2,85	2,53	2,34	2,20	2,09	1,99	1,91	1,84	1,72	1,33	1,06	0,86	0,69
21	2,83	2,52	2,33	2,19	2,08	1,99	1,91	1,84	1,72	1,32	1,06	0,86	0,69
22	2,82	2,51	2,32	2,18	2,07	1,98	1,90	1,84	1,72	1,32	1,06	0,86	0,69
23	2,81	2,50	2,31	2,18	2,07	1,98	1,90	1,83	1,71	1,32	1,06	0,86	0,69
24	2,80	2,49	2,31	2,17	2,06	1,97	1,90	1,83	1,71	1,32	1,06	0,86	0,68
25	2,79	2,49	2,30	2,17	2,06	1,97	1,89	1,82	1,71	1,32	1,06	0,86	0,68
26	2,78	2,48	2,30	2,16	2,06	1,97	1,89	1,82	1,71	1,31	1,06	0,86	0,68
27	2,77	2,47	2,29	2,16	2,05	1,96	1,89	1,82	1,70	1,31	1,06	0,86	0,68
28	2,76	2,47	2,29	2,15	2,05	1,96	1,88	1,82	1,70	1,31	1,06	0,85	0,68
29	2,76	2,46	2,28	2,15	2,05	1,96	1,88	1,81	1,70	1,31	1,06	0,85	0,68
30	2,75	2,46	2,28	2,15	2,04	1,95	1,88	1,81	1,70	1,31	1,05	0,85	0,68
40	2,70	2,42	2,25	2,12	2,02	1,94	1,86	1,80	1,68	1,30	1,05	0,85	0,68
50	2,68	2,40	2,23	2,11	2,01	1,92	1,85	1,79	1,68	1,30	1,05	0,85	0,68
60	2,66	2,39	2,22	2,10	2,00	1,92	1,84	1,78	1,67	1,30	1,05	0,85	0,68
120	2,62	2,36	2,20	2,08	1,98	1,90	1,83	1,77	1,66	1,29	1,04	0,84	0,68
∞	2,58	2,33	2,17	2,05	1,96	1,88	1,81	1,75	1,64	1,28	1,04	0,84	0,67

APENDICE A – FOLHA DE CRONOMETRAGEM

Folha de Cronometragem

Legenda	
Dados Atualizados Automaticamente	▼
Dados Atualizados Manualmente	▼
Titulos	▼

Ilustração	

Instruções
 Melhores esclarecimentos sobre os campos a serem preenchidos podem ser observados nos comentários presentes sobre os títulos.
 O estudo será realizado apenas sobre cinco operações (não necessariamente com este nome e nesta ordem, favor utilizar sua própria metodologia): Fechar Ombro, Pregar Gola, Pregar Manga, Fechar Lateral e Fazer Barra. Apenas o envio dessas operações é essencial, porém o envio de todas é apreciado.
 Não é necessário a presença da ilustração ou do tempo padrão na planilha Seq. Operacional, os mesmos serão utilizados apenas para efeito de ilustração e comparação. Porém estes itens ajudam na realização do estudo.

Seqüência Operacional				Folha de Cronometragem																Tempos									
Data:	Operação	Referência:		Cronometro		1 - Sexagesimal					Horas Dia:		Minutos Dia:		0		Células:		Nº de Operadores:					Leituras	Peças	Freq	Ritmo	Tolerância	
Nº	Operação	Máquina	Aparelhos e Aviamentos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	0	Peças	Freq	Ritmo	Tolerância	
1																													
2																													
3																													
4																													
5																													
6																													
7																													
8																													
9																													
10																													
11																													
12																													
13																													
14																													
15																													
16																													
17																													
18																													
19																													
20																													
21																													
22																													
23																													
24																													
25																													
26																													
27																													
28																													
29																													
30																													

Descrição dos Métodos para a Obtenção do Tempo Padrão

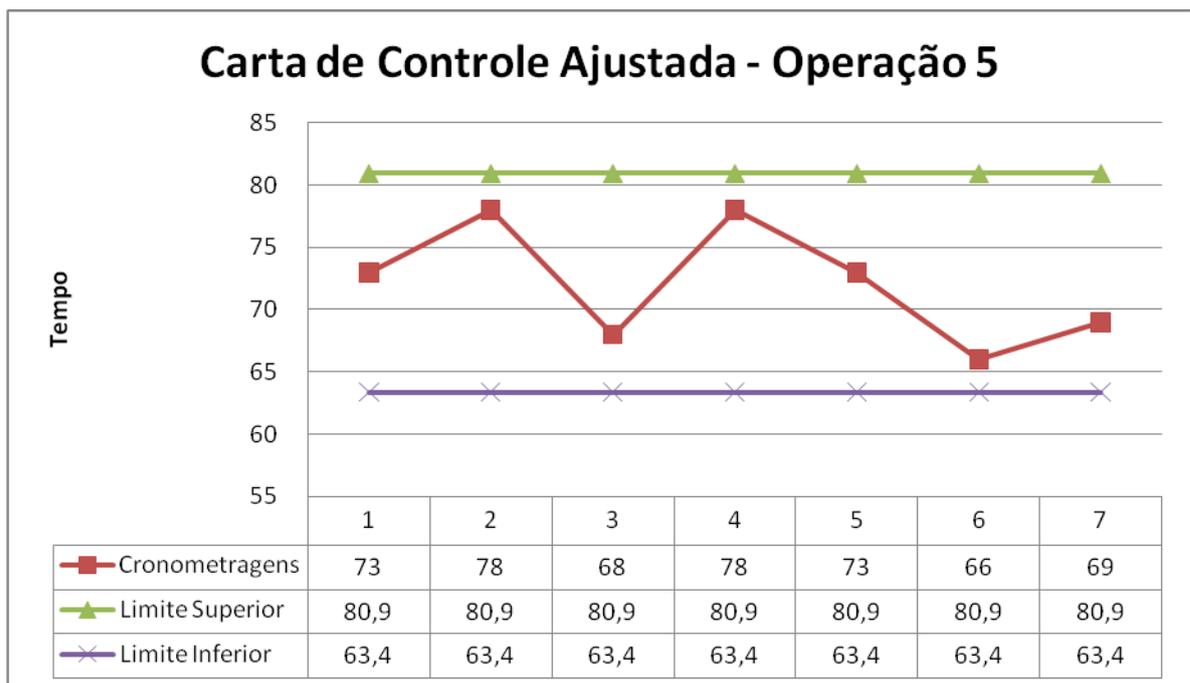
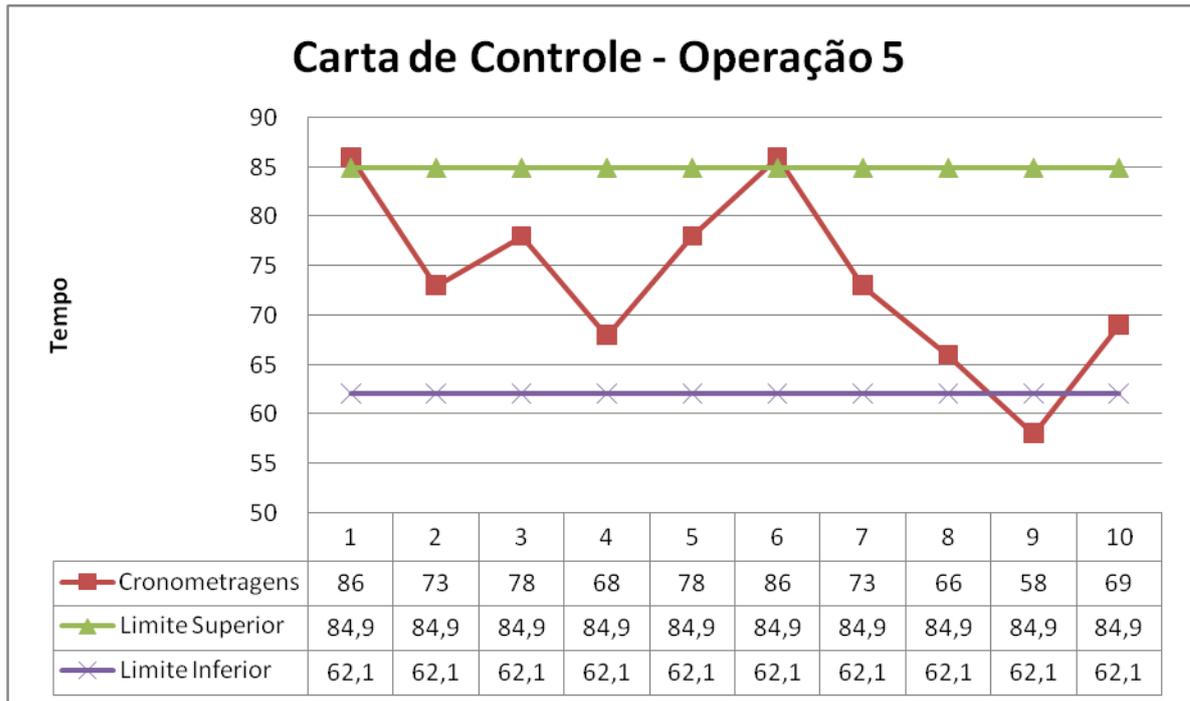
APENDICE B – CRONOANÁLISE ESTATÍSTICA

Cronoanálise Estatística

Legenda	
Dados Atualizados Automaticamente	
Dados Atualizados Manualmente	
Títulos	

Seqüência Operacional				Folha de Cronometragem																Tempos										Metas																		
Data:	28/08/2008	Referência:	Sala Básica	Cronometro 1 - Sexagesimal																Conferir Leit Ideal o t deve ser individual																												
Nº	Operação	Máquina	Aparelhos e Aviamentos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	T Total	Leituras	Leit Ideal	Peças	Freq	Desv Padrão	z	e	Int Inf	Média	Int Sup	CV	Ritmo	T Nor	Tolerância	T Padrão	Desv Padrão d	e	Meta Hora	Diferença	Meta Dia	Diferença			
1	Fechar Ombro	Overlock	-	78	65	69	83	77	74	81	69	75	73	80	81	66	71	75	68	77	74	81	84	37,42	30	9	1	1	0,098	1,96	0,04	1,21	1,25	1,28	8%	90%	1,12	20%	1,35	0,106	0,04	43	3	381	22			
				72	86	67	69	78	79	68	70	73	82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2245,0					5,9	2,1	72,7	74,8	76,9			0,12			67,4		80,8	6,3	2,3	45	5,6%	392	5,6%	
				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																									
2	Pregar Manga	Overlock	-	33	39	45	38	36	28	40	35	39	43	46	40	39	37	35	42	38	44	37	33	19,05	30	25	1	1	0,083	1,96	0,03	0,61	0,64	0,66	13%	90%	0,57	20%	0,69	0,089	0,03	84	8	736	72			
				29	47	39	35	41	31	30	44	39	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1143,0					5,0	1,8	36,3	38,1	39,9			0,12			34,3		41,1	5,4	1,9	87	9,3%	770	9,3%	
				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																									
3	Fechar Lateral com Manga e Etiqueta	Overlock	-	41	46	42	38	41	35	39	44	31	35	40	51	37	42	36	39	39	44	42	45	20,30	30	21	1	1	0,081	1,96	0,03	0,65	0,68	0,71	12%	90%	0,61	20%	0,73	0,088	0,03	79	7	693	62			
				38	36	52	48	46	41	37	34	40	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1218,0					4,9	1,7	38,9	40,6	42,3			0,12			36,5		43,8	5,3	1,9	82	8,6%	722	8,6%	
				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																									
4	Fazer Barra	Galoneira	-	22	21	27	31	24	26	19	20	24	27	29	22	25	20	18	19	23	29	25	18	12,00	30	41	1	1	0,066	1,96	0,02	0,38	0,40	0,42	17%	90%	0,36	20%	0,43	0,072	0,03	131	17	1154	145			
				20	25	30	27	31	21	25	29	23	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	720,0					4,0	1,4	22,6	24,0	25,4			0,12			21,6		25,9	4,3	1,5	139	11,9%	1222	11,9%	
				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																									
5	Pregar Cobre-Gola	Galoneira	-	81	83	85	80	73	79	80	76	78	72	84	85	87	73	79	83	80	76	75	82	40,13	30	5	1	1	0,079	1,96	0,03	1,31	1,34	1,37	6%	90%	1,20	20%	1,44	0,085	0,03	41	2	358	15			
				86	89	78	70	81	79	82	84	82	86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2408,0					4,7	1,7	78,6	80,3	82,0			0,12			72,2		86,7	5,1	1,8	42	4,2%	365	4,2%	
				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																									
Nº	Operação	Máquina	Aparelhos e Aviamentos																																													
Total	Camiseta	1 Operador	-																																													
Nº	Operação	Máquina	Aparelhos e Aviamentos																																													
Total	Camiseta	Célula	-																																													

**APENDICE C – CARTAS DE CONTROLE PARA CADA OPERAÇÃO
DO PRODUTO 1 - EMPRESA A**



REFERÊNCIAS

- ALTER, Steven. **Information system: a management perspective**. Addison Wesley Longman, 3ª ed., 1999.
- ANDERSON, David R.; SWEENEY, Dennis J. e WILLIAMS, Thomas A. **Estatística Aplicada à Administração e Economia**. Pioneira, São Paulo, 2002.
- BARNES, Ralph M. **Estudo de movimentos e de tempos**. São Paulo: Edgard Blücher, 6ª ed., 1982.
- BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James; JACOBSON, Ivar. **UML – Guia do Usuário**. Editora Campus, 2000.
- BUSSAB, Wilton ; MORETTIN, Pedro A. **Estatística Básica, Métodos quantitativos**. Atual Editora Ltda, São Paulo, 1981.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: Controle da Qualidade Total: no estilo japonês**. 8ª ed. Brasil: Indg, 1999. 256 p.
- CIPI - CENTRO INTEGRADO DE PRODUTIVIDADE INDUSTRIAL (Brasil). **Cronoanálise**. Disponível em: <www.cipisp.com.br>. Acesso em: 01 abr. 2008.
- COSTA NETO, Pedro Luiz de Oliveira. **Estatística**. Editora Edgard Blücher Ltda, 2ª ed., São Paulo, 1999.
- CRONOTEC CONSULTORIA (Brasil). **MTM? Cronoanálise? Ergonomia?** Disponível em: <www.cronotecmtm.com.br>. Acesso em: 01 abr. 2008.
- DOWNING, Douglas & CLARK, Jeffrey. **Estatística Aplicada**. Ed. Saraiva, 2ª ed., São Paulo, 2002.
- FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO TOCANTINS – FUT (Brasil). **Estatística Aplicada às Organizações**. Disponível em: <www.unitins.br>. Acesso em: 12 mar. 2006.
- JUNIOR, I.F.B.T. **Tempos e Métodos. Série Racionalização Industrial**. Editora Itys-Fides Bueno de Toledo Jr. e CIA. LTDA, 1989.

LEAL, Fabiano; MUSSIO, Fernando Bagnara; ALMEIDA, Dagoberto Alves de. **Processo interativo de aprendizagem do cálculo do tempo padrão através de uma ferramenta visual**. Itajubá, 2006. 10 p.

MACHADO, Alexandre Fernandes; HUEB, Carlos Alberto; GIMENES JUNIOR, Orientador: Prof Luiz. **Estudo de Tempos e Métodos**. Disponível em: <www.infosolda.com.br/nucleo/downloads/ee.pdf>. Acesso em: 01 maio 2006.

MONTGOMERY, D. C. *Introduction to Statistical Quality Control*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc. 1991.

ORION MANUFATURA (Brasil). **Cronoanálise**. Disponível em: <www.orionmanufatura.com.br>. Acesso em: 01 abr. 2008.

SENAI - SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (Brasil). Rosangela Bellido (Org.). **Estudo de Tempos e Métodos**. Disponível em: <www.senai.br>. Acesso em: 01 mar. 2007.

SILVA, A.V.; COIMBRA, R.R.C.. **Manual de Tempos e Métodos: Princípios e técnicas do estudo de tempos**. Editora Hemus, 1980.

SLACK, N., CHANBERS, S., JOHNSTON, R. (2002) - **Administração da Produção**, 2^a ed. São Paulo. Atlas.

TAYLOR, F.W. **Princípios de Administração Científica**. 8^a ed., São Paulo: Atlas, 1990.

TSENG, Mitchell M.; QINHAI, Ma.; SU, Chuan-Jun. **Mapping Customers' Service Experience for Operations Improvement**. Business Process Management Journal, vol. 5, n.1, p.50-64, 1999.

UNIÃO BRASILEIRA PARA A QUALIDADE (UBQ) (Brasil). **Cronoanálise Industrial**. Disponível em: <www.ubq.org.br>. Acesso em: 22 ago. 2008.

UNIVERSIDADE SANTISTA TÊXTIL (Brasil). **Conhecendo a Indústria do Vestuário**. Disponível em: <www.santistatextil.com.br/universidade>. Acesso em: 07 abr. 2006.

WERKEMA, Cristina. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos**. Belo Horizonte: Werkema, 1995. 290 p.

WIKIPEDIA. **Cronoanálise**. Disponível em: <www.wikipedia.org>. Acesso em: 31 mar. 2008.

WURZER, Marcos. **Análise e Controle da Performance Industrial**. 2006. 93 f. Dissertação (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

XAVIER, Daniel Botelho; SENA, Michel André Da Silva. **Estudo de Tempos para o Aumento da Produtividade na Construção Civil**. 2001. 44 f. TCC (Graduado) - Curso de Engenharia Civil, UNAMA/CCET, Belém, 2001.

GLOSSÁRIO

Calcador	Peça das máquinas de costura que segura o tecido que se vai coser.
Cronômetro	Instrumento de medição do tempo.
Cronometrista	Pessoa que registra a duração dos ciclos utilizando o cronômetro.
Embainhador	Aparelho para dobrar a orla do tecido.
<i>Led Time</i>	Tempo de processo.
<i>Lay Out</i>	Distribuição das instalações.
Ritmo	Movimento regrado e medido.
Tacômetro	Aparelho para medição de rotações por minuto.
Travete	Pontos fortes, muitas vezes formando desenhos, com que se rematam certas obras de costuras.

**Universidade Estadual de Maringá
Departamento de Informática
Curso de Engenharia de Produção
Av. Colombo 5790, Maringá-PR
CEP 87020-900
Tel: (044) 3261-4196 / Fax: (044) 3261-5874**