

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO

UM MODELO DE PRODUÇÃO PARA UMA  
INDÚSTRIA DE TUBOS PLÁSTICOS

ALEXANDRE GUILHERME AGUIAR PIETSCH

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

JULHO - 1981



P626m Pietsch, Alexandre Guilherme Aguiar.  
Um modelo de produção para uma indústria de tubos plásticos / Alexandre Guilherme Aguiar Pietsch. - Campina Grande, 1981.  
72 f.

Dissertação (Mestrado em Sistemas e Computação) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1981.  
"Orientação : Prof. M.Sc. Edson Pacheco Paladini".  
Referências.

1. Plásticos - Tubos. 2. Tubos de Plástico - Indústria. 3. Produção Industrial - Plásticos. 4. Dissertação - Sistemas e Computação. I. Paladini, Edson Pacheco. II. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). III. Título

CDU 678.5(043)

  
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
Av. Aprígio Veloso 882 Caixa Postal 518  
CAMPINA GRANDE - PARÁIBA

COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO

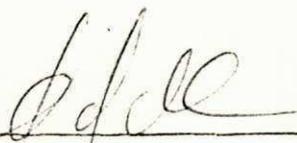
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

ALEXANDRE GUILHERME AGUIAR PIETSCH

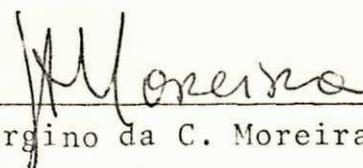
Título: "UM MODELO DE CONTROLE DE PRODUÇÃO PARA UMA INDÚSTRIA  
DE TUBOS PLÁSTICOS"

COMISSÃO EXAMINADORA

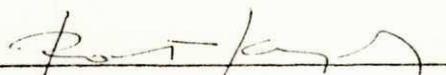
CONCEITO

  
\_\_\_\_\_  
Edson Pacheco Paladini - M.Sc.  
- Presidente

APR. 000

  
\_\_\_\_\_  
Geraldo Targino da C. Moreira - Doutor

APPROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Robert Kalley Cavalcanti de Menezes - M.Sc.

APPROVADO

Campina Grande, 04 de julho de 1981

## R E S U M O

Este trabalho mostra o desenvolvimento e aplicação de um modelo que visa otimizar o controle de produção de uma indústria de tubos plásticos.

Após descrever o problema, passa-se a desenvolver o modelo e os métodos computacionais a ele associados, descrevendo-se alguns resultados advindos de sua aplicação.

Faz-se ainda uma análise dos resultados e, relata-se o método proposto para otimizar o sistema produtivo.

A B S T R A C T

This paper reveals the unfolding and application of a model that has in view optimize production control in an industry of plastics tubes.

Afterwards describe the problem, goes through to develop the model and computer methods associated with the problem, describing some results given by the application.

Yet, it's made an analysis of the results and relates the proposed method to optimize the productive system.

## A G R A D E C I M E N T O S

Cada trabalho, desde o mais simples ao mais sofisticado, é empreendido baseado na ajuda proporcionada por milhares de pessoas.

Desta forma, além da família (pais, minha esposa Marta e os filhos Eric, Tales, Felipe e Guilherme), dedico este trabalho aos que me ajudaram - direta ou indiretamente. Entre tantos, posso citar os relacionados a seguir:

- Professor AMAURY ANTONIO MELLER (da Universidade Estadual de Maringá - Paraná);
- Professor ANTONIO DOS SANTOS (da Universidade Federal de Sergipe);
- Professor FAUSTO ALVIM JÚNIOR (da Universidade de Brasília);
- Dr. GERARDO FROTA PINTO (médico);
- Capitão JOSÉ ALDANO DA SILVA (do Hospital Espírita, Homeopata e Vegetariano de Campina Grande);
- Professor JOSÉ AMÉRICO DE AZEVEDO (da Universidade Federal de Sergipe);
- Dr. JOSÉ AUSTECLINO ROCHA ROSA (médico);
- Professor JOSÉ HERMENEGILDO DA CRUZ (autor de um dos livros citados na bibliografia e Professor da Universidade Federal de Sergipe);
- Professor JOSÉ STÊNIO LOPES (da Universidade Federal da Paraíba);
- Professor JOSÉ WILSON BRITO COUTO (da Universidade Federal de Sergipe);
- Professor NESTOR PIVA (da Universidade Federal de Sergipe);
- Professor ROBERTO DE BARROS LIMA (da Escola de Engenharia Mauá, Estado de São Paulo);
- Professor SAMUEL DE OLIVEIRA RIBEIRO (da Universidade Federal de Sergipe).

## L I S T A      D E      I L U S T R A Ç Õ E S

- Figura 01 (Capítulo I) ..... mostra o comportamento de 3 máquinas.
- Figura 02 (Capítulo II) ..... mostra o esquema da industrialização dos tubos.
- Figura 03 (Capítulo II) ..... mostra o que sejam espessura da parede e diâmetro externo de um tubo.
- Figura 04 (Capítulo II) ..... mostra o controle de qualidade de atualmente adotado pela empresa.
- Figura 05 (Capítulo III) ..... esquematiza o sistema inglês de controle de qualidade.
- Figura 06 (Capítulo IV) ..... mostra o volume perdido estimado quando a amostra cai na zona superior de ação e faz o cálculo.
- Figura 07 (Capítulo IV) ..... elabora o fluxograma do programa.
- Figura 08 (Capítulo IV) ..... complementa o fluxograma.
- Figura 09 (Capítulo IV) ..... mostra o modelo de "output" do programa.
- Figura 10 (Capítulo V) ..... elabora a regra de decisão para a mudança ou não-mudança de máquina.
- Figura 11 (Capítulo V) ..... dá uma tabela de mudança.
- Figura 12 (Capítulo V) ..... mostra uma tabela de alterações nos valores produtivos.
- Figura 13 (Capítulo V) ..... dá uma tabela matricial de mudanças.
- Figura 14 (Capítulo VII) ..... mostra o esquema geral onde o controle de processo está inserido.

TABELA DOS SÍMBOLOS UTILIZADOS NO ALGORITMO

QUE REDUNDA NO PROGRAMA

VARIÁVEIS INTEIRAS

A, B, I, J	valores auxiliares.
NM	número de máquinas.
NP	número de produtos.
K	ordem da amostra.
N	número de amostras por produto.
S1, S2, S3, S4, S5	número de amostras na ZNOR, ZIAD, ZSAD, ZIAC e ZSAC (respec tivamente).
DIA	dia do mês.

VARIÁVEIS REAIS

A1	coeficiente de advertência.
A2	coeficiente de ação.
DE1	diâmetro externo mínimo.
DE2	diâmetro externo máximo.
EMIN	espessura mínima da parede.
EMAX	espessura máxima da parede.
AMP (66)	amplitude da espessura da parede.
ESP (66)	valor médio esperado da espessu ra da parede.
LIAD (66)	limite inferior de advertência.
LIAC (66)	limite inferior de ação.
LSAD (66)	limite superior de advertência.
LSAC (66)	limite superior de ação.
D (66)	diâmetro médio.
MT	produção diária em metros.

KG ..... produção diária em quilos.  
 RJ ..... rejeição diária em quilos.  
 MPM ..... soma acumulada dos valores de  
 "peso por metro".  
 MESP ..... soma acumulada dos valores da es  
 p<sub>essura</sub> da parede.  
 MQPM ..... soma acumulada de cada valor de  
 peso por metro elevado ao quadrado.  
 MQESP ..... soma acumulada de cada valor da  
 esp<sub>essura</sub> da parede elevado ao  
 quadrado.  
 PM<sub>i</sub> ..... "peso por metro" da i-ésima am<sub>os</sub>  
 tra sextupla (i = 1, ..., 6).  
 ESP<sub>i</sub> ..... esp<sub>essura</sub> da parede da i-ésima  
 amostra sextupla (i = 1, ..., 6).  
 SMT ..... soma acumulada da produção em metr  
 os.  
 SKG ..... soma acumulada da produção em  
 quilos.  
 SRJ ..... soma acumulada da rejeição em  
 quilos.  
 VP ..... volume estimado perdido.  
 SVP ..... soma acumulada dos volumes estimi  
 mados perdidos.  
 EP(360) ..... média da esp<sub>essura</sub> da parede da  
 k-ésima amostra.  
 CC ..... coeficiente de correlação entre  
 PM e ESP.  
 CC1, CC2 ..... variáveis auxiliares no cálculo  
 de CC.

LITERAIS ("STRINGS")

NOME .....: variável auxiliar.  
 MAQ(12) ..... máquina.

PROD(66) ..... produto .

PERIOD ..... período.

TABELA DE OUTROS SÍMBOLOS

ABNT ..... Associação Brasileira de Normas  
Técnicas.

ZNOR ..... zona normal.

ZIAD ..... zona inferior de advertência.

ZSAD ..... zona superior de advertência.

ZIAC ..... zona inferior de ação.

ZSAC ..... zona superior de ação.

CA ..... coeficiente de atuação.

PP ..... proporção de rejeição.

CTE(J) ..... presumível constante que relacion  
e espessura da parede com "peso  
por metro" através de função li  
near.

## INDICE

CAPÍTULO I	- INTRODUÇÃO .....	01
CAPÍTULO II	- O PROBLEMA .....	05
	2.1 - Introdução .....	05
	2.2 - O Controle de Qualidade Efetuado .....	07
CAPÍTULO III	- O CONTROLE DE QUALIDADE PROPOSTO .....	10
	3.1 - Objetivo .....	10
	3.2 - O Modelo Proposto para a Análise de Espessura da Parede .....	11
	3.3 - Detalhes do Modelo Proposto .....	14
	3.4 - O Coeficiente de Atuação .....	16
	3.5 - O Coeficiente de Correlação entre "Peso por Metro" e Espessura da Parede.	17
CAPÍTULO IV	- DADOS EXPERIMENTAIS E PROGRAMA PRINCIPAL ....	20
	4.1 - Considerações Gerais .....	20
	4.2 - Algoritmo que dá Origem ao Programa ...	20
	4.3 - Fluxograma .....	25
	4.4 - Saída dos Dados .....	28

CAPÍTULO V	- ANÁLISE DOS RESULTADOS - OTIMIZAÇÃO PRO <u>POSTA</u>	30
5.1	- Introdução	30
5.2	- Considerações Sobre as Amostras Tri <u>mestrais</u>	31
5.3	- O Modelo Proposto para a Mudança das Máquinas	33
5.4	- A Estimativa do Novo SVP	36
5.5	- Considerações Sobre CC	37
5.6	- As Estimativas e o Processo de Alte <u>ração</u>	38
CAPÍTULO VI	- RESULTADOS DO MODELO	44
6.1	- Considerações Sobre a Validade do Modelo	44
6.2	- O Coeficiente de Correlação entre "Peso por Metro" e Espessura da Pare <u>de</u> - Um Enfoque Crítico	46
6.3	- Lucro Estimado	46
6.4	- Outros Aspectos	46
CAPÍTULO VII	- CONCLUSÕES	49
7.1	- Considerações Iniciais	49
7.2	- A Análise e o Fator Mercadológico	49
7.3	- A Implantação do Sistema	53
7.4	- Conclusões Finais	53
ANEXOS		54

## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

Num processo industrial em larga escala, o controle do mesmo revela-se importante do ponto de vista da empresa, que poderá aferir a eficiência dos seus equipamentos, a boa utilização da mão-de-obra e o uso adequado dos recursos disponíveis.

Quando a produção é pequena, pode ocorrer o caso em que a despesa, com o controle do processo, se torne alta em relação ao valor global dos bens produzidos. Evidentemente, uma "indústria de fundo de quintal" não comporta pessoal especializado em controlar a produção.

É claro que o mesmo não ocorre, quando a produção alcança índices elevados. Neste caso, a organização industrial conta com um grupo de certo gabarito científico, podendo ter um controle de processo mais eficiente.

Caso isto ocorra, diversas prescrições podem ser dadas: mudança de máquinas, novo tipo de controle de qualidade, alteração na política de compras, rota ótima para a distribuição dos produtos e, assim por diante.

Os benefícios são evidentes: um maior controle das máquinas, melhor conservação dos veículos, economia no processo, menos rejeição, bem como outras vantagens.

De um modo geral, pode-se conceber a situação des

crita a seguir, baseada em três casos, conforme a figura 1.

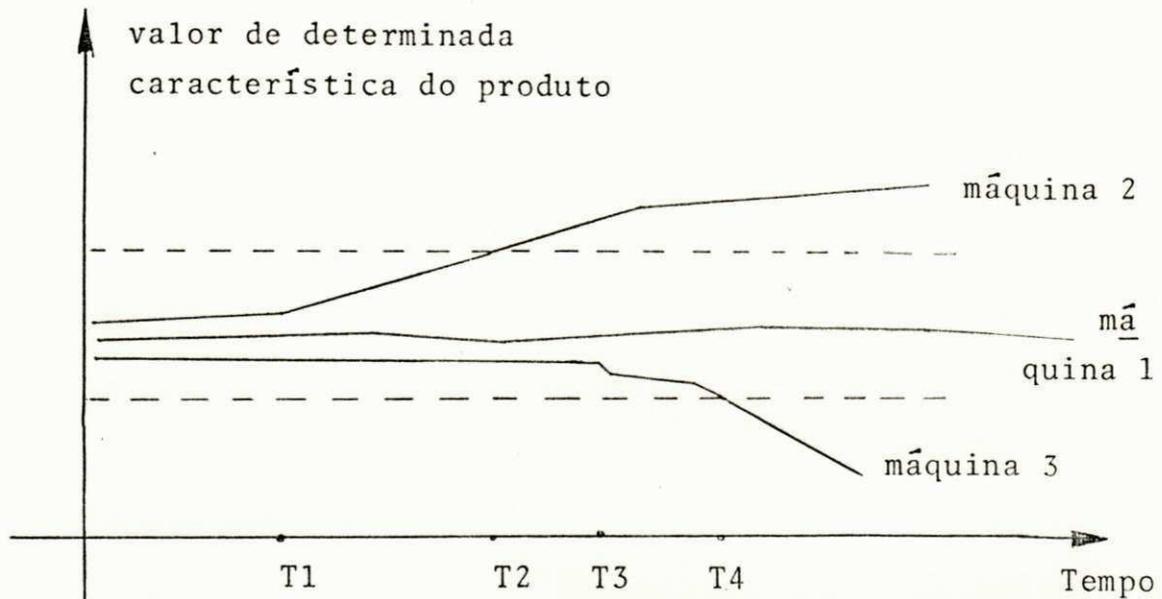


Fig. 1

Daí, supondo que determinado produto seja fabricado por três máquinas, tendo as mesmas comportamentos diferentes, e se determinada característica do bem produzido tenha de estar entre os valores "a" e "b", quẽ poderia ocorrer ?

Evidentemente, a máquina 1 poderia ter um comportamento normal.

Por outro lado, a segunda máquina, a partir de um tempo T1, poderia ter uma tendência ao descontrole e, no tempo T2, sofrer uma radical mudança de comportamento, passando a apresentar o valor da característica superior a "b".

Finalmente, a terceira máquina, a partir do tempo T3, poderia ter uma tendência ao descontrole e, no tempo T4, apresentar o valor da característica do produto inferior a "a".

Se as tendências à falta de controle pudessem ser detectadas, as máquinas 2 e 3 poderiam sofrer revisões e, desta forma, diversos problemas seriam evitados: um provável acidente, maiores rejeições, prejuízos financeiros e outros aspectos negativos.

Estes fatos ocorrem na vida cotidiana: é a barra da direção de um carro que começa a ficar defeituosa; é um relógio

que inicia o processo de descontrolo, etc. Isto significa que, nas atividades diárias, pode haver uma propensão a diversos descontroles. Quê não se diria da produção a níveis elevados, a qual requer eficiência ?

Contudo, deve-se ressaltar que uma eficiência total é praticamente impossível. Porém, eficiência em termos de otimização e de controle de qualidade há de ser procurada, sob pena de que todo o esforço de produtividade da empresa fique ameaçado.

Estes aspectos interessam tanto às empresas públicas como às aquelas regidas pela iniciativa particular. Neste sentido, um instrumento válido é o da utilização dos métodos da Pesquisa Operacional.

Infelizmente, ainda há desconhecimento dos objetivos deste ramo do conhecimento humano. Em parte isto deve-se ao fato de os citados métodos serem recentes, ou seja, começaram a ser estudados e aplicados a partir da Segunda Guerra Mundial.

Durante esta fase histórica, a Força Aérea dos Estados Unidos começou a utilizar-se dos processos de otimização. Desde então, muitas são as aplicações da Pesquisa Operacional leva das a efeito nos mais diversos campos.

Este trabalho, numa modesta contribuição à divulgação dos processos da Pesquisa Operacional, pretende propor um modelo de controle de qualidade e algumas extensões.

Será considerado um caso particular. Contudo, o mesmo poderá ser aplicável, com as modificações pertinentes, a outros problemas.

Há de se notar, entretanto, que a Pesquisa Operacional é prescritiva. Isto implica a não-obrigatoriedade de uma empresa em seguir as recomendações sugeridas. Isto, porém, poderá levar a não se alcançarem os resultados previstos.

Assim sendo, com base em dados experimentais, procurar-se-á desenvolver os itens abaixo:

- a) - descrever o problema, dando-se ênfase aos aspectos mais importantes;
- b) - propor, com justificativas, uma mudança no controle de qualidade;
- c) - introduzir novos conceitos;

- d) - desenvolver um algoritmo e o respectivo programa, com considerações sobre o tempo de execução;
- e) - otimizar o processo industrial em relação à rejeição, bem como prever outras alterações;
- f) - analisar o lucro, através de estimativas;
- g) - mostrar que pode haver extensões, uma vez que o assunto não é esgotável nesta monografia.

## CAPÍTULO II

### O PROBLEMA

#### 2.1 - Introdução

A empresa ALFA fabrica tubos de vários tipos, se guindo as normas da ABNT.

O parque industrial da referida organização tem 10 conjuntos de produção, conhecidos neste trabalho, a fim de simplificar a terminologia, como "máquinas". Podem ser fabricados 66 ti pos de tubos, sendo o plano de produção estruturado em função do comportamento do mercado. Desta forma, existem 660 maneiras de os tubos serem produzidos.

O esquema básico do processo industrial é ilustrado na figura 2.

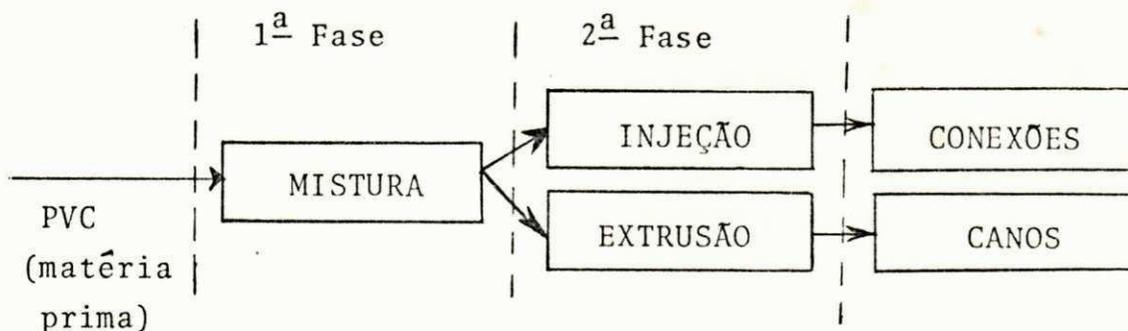


Fig. 2

O sistema dado pelo misturador e pela segunda fase é o que se denomina "máquina". Apesar de o plano de produção vir da Direção, é o setor técnico quem o executa.

Inicialmente, há de se considerar a hipótese de certos tipos de tubo serem mais adaptáveis a algumas máquinas. É o que se tornará mais claro à proporção em que este trabalho for sendo desenvolvido.

Relativamente a cada tipo de tubo, a ABNT fixa os limites:

- a) - diâmetro externo mínimo (anotado por DE1);
- b) - diâmetro externo máximo (anotado por DE2);
- c) - espessura mínima da parede (anotada por EMIN);
- d) - espessura máxima da parede (anotada por EMAX).

Uma relação dos 66 tipos de tubos e dos limites acima está inserida no anexo 1. Os mesmos são dados em milímetros.

Deve-se ressaltar que existem outros itens fixados pelas normas técnicas; contudo, os citados são os mais importantes em relação ao enfoque que será desenvolvido.

A figura 3, ilustra o que sejam a espessura da parede e o diâmetro externo:

AB = espessura da parede

AC = diâmetro externo

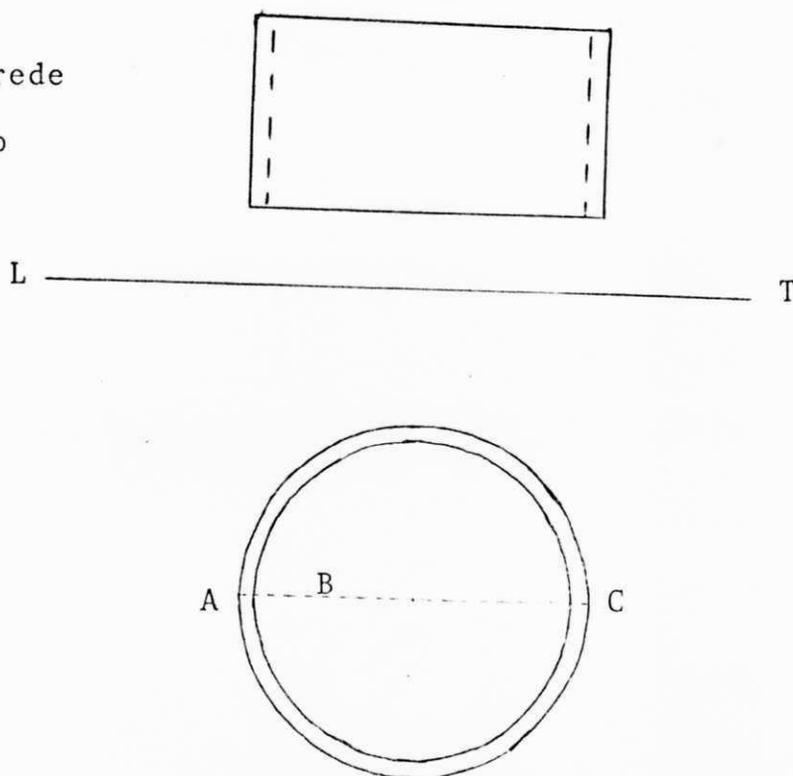


Fig. 03

Se a espessura da parede estiver acima de EMAX, há propensão à perda de matéria prima. Caso esteja abaixo de EMIN, há tendência à má qualidade do produto, acarretando possíveis danos ao bom nome da empresa, entre outros prejuízos.

## 2.2 - O Controle de Qualidade Efetuado

Existem vários fatores que interessam à qualidade de um tubo: espessura da parede, "peso por metro", diâmetro externo, pressão instantânea, pressão prolongada, estabilidade dimensional, impacto e queda livre, entre outros.

Contudo, a organização ALFA parte de um princípio, uma espécie de postulado, segundo o qual o item mais importante é a espessura da parede.

Embora todos os testes sejam feitos mensalmente, o da espessura da parede é realizado diariamente, por produto fabricado em cada turno e por determinada máquina. A amostragem é equi provável.

Um pedaço do tubo é escolhido ao acaso. São feitas

três determinações da espessura da parede. O valor estimado de tal parâmetro é tido como sendo a média aritmética das três determinações.

Outro ítem de certa importância é o denominado "peso por metro". É a massa em um metro linear de determinado tubo. Neste trabalho, respeitando-se a denominação usual, adotar-se-á a terminologia "peso por metro", tomando-se tal medida em kg/m.

Caso a espessura da parede esteja fora das normas, a partida é rejeitada. Nesta situação, existe um custo adicional, pois todos os tubos rejeitados devem retornar ao processo industrial.

A figura 4 ilustra como o controle da espessura da parede é efetuado. Tal regra de decisão é chamada "processo americano de controle de qualidade".

EMIN e EMAX são referentes ao j-ésimo produto.

A aceitação inclui EMIN e EMAX.

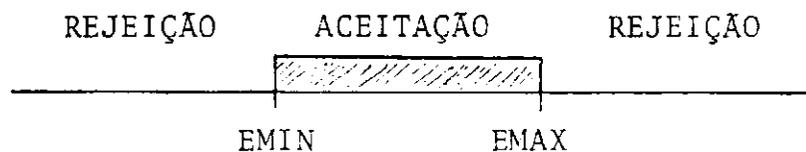


Fig. 4

Interessam ainda, além deste aspecto, os seguintes íntes:

- a) - a quantidade produzida em metros;
- b) - a quantidade produzida em quilos;
- c) - a quantidade rejeitada em quilos.

A partir dos problemas detectados, ter-se-á como objetivos deste trabalho melhorar o controle de qualidade e propor um modelo que otimize a rejeição, pois da análise de dados se conclui que é muito elevado o número de produtos classificáveis como "fora de controle".

Evidentemente, outras extensões podem ser feitas e, se há a proposição de um modelo alternativo, o mesmo não pode es

tar baseado no que é feito usualmente.

## CAPÍTULO III

### O CONTROLE DE QUALIDADE PROPOSTO

#### 3.1 - Objetivo

O controle de qualidade é importante. Porém, mais importante é, além de efetuá-lo, prever tendências ao descontrole. Em outros termos: prevenir perdas. A figura 1, apresentada no capítulo 1, mostra que a ausência de tal prevenção pode levar a um descontrole.

Neste sentido, pretende o presente capítulo descrever um modelo de controle de qualidade proposto que possa levar à estimativa de eventual economia, bem como detectar as tendências à falta de controle.

O modelo proposto estará baseado no sistema inglês de controle de qualidade. A justificativa virá adiante.

Além disto, será definido um parâmetro, conhecido como coeficiente de atuação. Esta medida não foi vista em nenhum dos livros consultados.

Por último, deve-se registrar que o coeficiente de correlação entre "peso por metro" e espessura da parede será objeto de consideração.

### 3.2 - O Modelo Proposto para a Análise da Espessura da Parede

Conforme foi visto, a espessura da parede é considerada o aspecto mais importante no processo de fabricação de tubos. O sistema americano, adotado pela empresa, admite três zonas: a que fica fora de controle inferiormente, a que fica fora de controle superiormente e a normal. O sistema inglês comporta, além destas, mais duas zonas: a superior de advertência e a inferior de advertência.

As citadas zonas, conhecidas como de advertência, constituem, em si mesmas, casos em que as tendências ao descontrole são evidentes. Por isso, neste trabalho, o sistema inglês é considerado o mais adequado, pelo seu maior nível de detalhamento no estudo do processo produtivo.

Examinando-se a figura 1, pode-se notar que a fabricação do produto pela segunda máquina, após o tempo T1, poderia apontar a existência de um estado superior de advertência, ou seja: evidenciando uma propensão à falta de controle, acima da cota superior fixada. Da mesma forma, pode ser constatado que, após o tempo T3, a máquina 3 tem uma tendência à ausência de controle, a baixo da cota inferior.

Assim sendo, no modelo proposto, relativamente ao j-ésimo produto, são definidos alguns itens. Sendo DE1, DE2, EMAX e EMIN obtidos do anexo 1, então são estabelecidos os parâmetros relacionados abaixo:

- a) - diâmetro externo médio do j-ésimo produto, anotado por D(J). Neste caso, sendo DE1(J) e DE2(J) os diâmetros externos mínimo e máximo, especificados pela ABNT, então:

$$D(J) = 0,5(DE1(J) + DE2(J)) \quad (1)$$

- b) - amplitude da variação da espessura da parede, anotada por AMP(J). Neste caso, sendo EMAX(J) e EMIN(J) as espessuras máxima e mínima, especificadas pela ABNT, então:

$$AMP(J) = EMAX(J) - EMIN(J) \quad (2)$$

c) - espessura esperada da parede, estimada como:

$$ESP(J) = 0,5(EMAX(J) + EMIN(J)) \quad (3)$$

O sistema inglês admite dois coeficientes: o de advertência (anotado por A1) e o de ação (anotado por A2). Ambos são funções do tamanho da amostra. Para maiores detalhes, pode-se consultar um livro que trate do Controle de Qualidade. A tabela 1 dá estes valores para diversos tamanhos da amostra.

Tamanho da amostra	A1	A2
2	1,229	1,937
3	0,668	1,054
4	0,476	0,750
5	0,377	0,594
6	0,316	0,498
7	0,274	0,432
8	0,244	0,384

Tabela 1

Tendo-se para cada produto a espessura esperada da parede, então resta procurar um valor do tamanho da amostra de forma que:

- d) -  $(ESP(J) - AMP(J).A2)$  fique o mais próximo possível do limite inferior fixado pela ABNT;
- e) -  $(ESP(J) + AMP(J).A2)$  fique o mais próximo possível do limite superior fixado pelo mesmo órgão.

Daí, se o tamanho da amostra for inferior a 6, A2 é maior ou igual a 0,594. Assim sendo,  $(ESP(J) + AMP(J).A2)$  está a cima do valor máximo fixado pela ABNT. Analogamente,  $(ESP(J) - AMP(J).A2)$  está abaixo do valor mínimo fixado pelo  cita do órgão.

Por outro lado, se o tamanho da amostra for  superior a 6, A2 é menor ou igual a 0,432. Isto implica  $(ESP(J) + AMP(J).A2)$  estar muito abaixo do limite superior fixado

pela ABNT. Semelhantemente,  $(ESP(J) - AMP(J).A2)$  fica sensivelmente acima do limite inferior fixado pelo mesmo órgão.

Porém, se o tamanho da amostra for igual a 6, então:

- f) -  $(ESP(J) - AMP(J).A2)$  fica um pouco acima do limite inferior fixado pela ABNT;
- g) -  $(ESP(J) + AMP(J).A2)$  fica sensivelmente próximo, inferiormente, ao limite superior fixado pelas normas técnicas.

Assim sendo, no modelo proposto o tamanho da amostra fica escolhido como sendo 6.

Desta forma, são calculados o limite inferior de advertência (anotado por  $LIAD(J)$ ), o limite inferior de ação (anotado por  $LIAC(J)$ ), o limite superior de ação (anotado por  $LSAC(J)$ ) e o limite superior de advertência (anotado por  $LSAD(J)$ ) - todos relativos ao  $j$ -ésimo produto, conforme as relações:

$$LIAD(J) = ESP(J) - AMP(J).A1 \quad (4)$$

$$LIAC(J) = ESP(J) - AMP(J).A2 \quad (5)$$

$$LSAD(J) = ESP(J) + AMP(J).A1 \quad (6)$$

$$LSAC(J) = ESP(J) + AMP(J).A2 \quad (7)$$

No modelo proposto as amostras são tomadas ordenadamente (isto é, ordenadas segundo o tempo), ou seja: cada 6 amostras obtidas experimentalmente e seus valores, da maneira acima aludida, constituem uma amostra sêxtupla, a fim de que o sistema inglês possa ser aplicado. Doravante, os termos "amostra" e "amostra sêxtupla" terão o mesmo significado.

Para cada amostra, as espessuras da parede são anotadas como:  $ESP1$ ,  $ESP2$ ,  $ESP3$ ,  $ESP4$ ,  $ESP5$  e  $ESP6$ .

Da mesma forma, os valores de "peso por metro" são simbolizados como:  $PM1$ ,  $PM2$ ,  $PM3$ ,  $PM4$ ,  $PM5$  e  $PM6$ .

Obviamente, dentro de cada conjunto de valores,  $PM_i$  corresponde a  $ESP_i$ . Frise-se que para cada aferição da espessura da parede, há uma correspondente de "peso por metro".

Assim sendo, relativamente à k-ésima amostra, tem-se a média da espessura da parede, dada por:

$$EP(K) = \frac{(ESP1 + ESP2 + ESP3 + ESP4 + ESP5 + ESP6)}{6} \quad (8)$$

### 3.3 - Detalhes do Modelo Proposto

Tendo-se o valor de  $EP(K)$ , pode-se estabelecer a situação da k-ésima conforme o seguinte:

- a) - Se  $LSAD(J) > EP(K) > LIAD(J)$ , a amostra é considerada na zona normal (conhecida como ZNOR);
- b) - Se  $LIAD(J) \geq EP(K) > LIAC(J)$ , a amostra é considerada na zona inferior de advertência (conhecida como ZIAD);
- c) - Se  $LSAC(J) > EP(K) \geq LSAD(J)$ , a amostra é considerada na zona superior de advertência (conhecida como ZSAD);
- d) - Se  $LIAC(J) \geq EP(K)$ , a amostra está na zona inferior de ação (conhecida como ZIAC) e, finalmente, se
- e) -  $LSAC(J) \leq EP(K)$ , a amostra está na zona superior de ação (anotada por ZSAC).

Frise-se que as amostras em ZIAC ou em ZSAC estão fora de controle. A figura 5, dada abaixo, esquematiza estas situações.

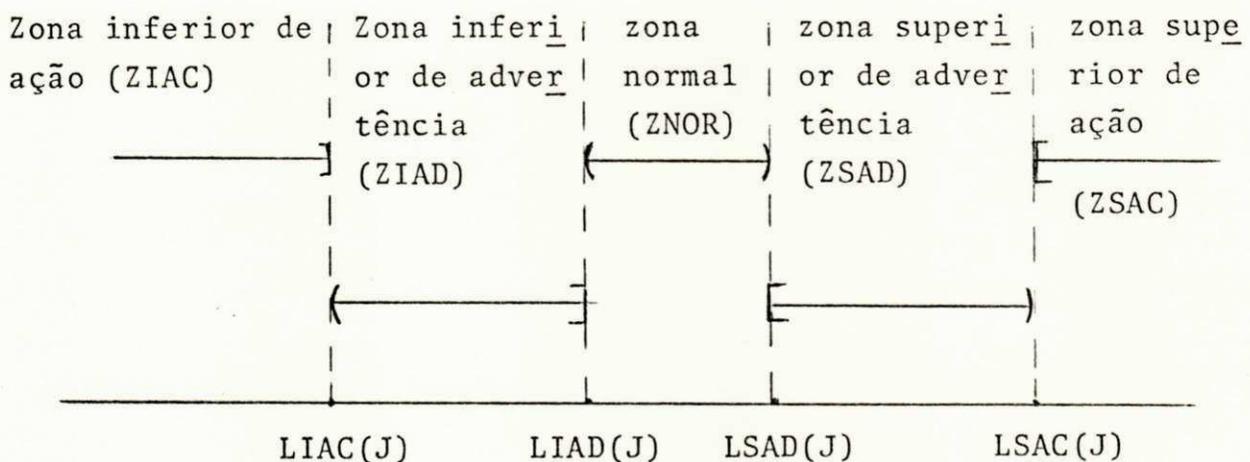


Fig. 5

Observa-se haver um maior campo de comparações, quando o sistema inglês é adotado, bastando observar as diferenças entre as figuras 4 e 5.

Caso EP(K) caia nas zonas de advertência, ou seja, em ZIAD ou em ZSAD, apesar de ainda estar dentro da faixa fixada pela ABNT, apresenta uma tendência ao descontrole.

Se EP(K) cair em ZSAC, além de estar fora de controle, há uma tendência à perda de matéria prima.

Caso EP(K) caia em ZIAC, além de estar fora de controle, há tendência à má qualidade do produto.

É interessante observar que no anexo 2 (programa, exemplos de "outputs" e impressão de tabela) há a impressão dos valores referentes a LIAD(J), LSAD(J), LIAC(J) e LSAC(J), onde j é a ordem de um dos 66 produtos.

Ademais, LSAC(J) é igual ao limite superior fixado pela ABNT e LIAC(J) é igual ao limite inferior fixado pelo mesmo órgão. Isto deve-se, conforme foi explanado, ao fato de o tamanho da amostra haver sido escolhido como 6.

Complementando a exposição, sendo S o número de amostras, então as seguintes simbologias serão usadas:

- f) - S1 como o número de amostras em ZNOR;
- g) - S2 como o número de amostras em ZIAD;
- h) - S3 como o número de amostras em ZSAD;
- i) - S4 como o número de amostras em ZIAC;
- j) - S5 como o número de amostras em ZSAC.

É claro que:

$$S = S1 + S2 + S3 + S4 + S5$$

(9)

Finalmente, deve-se observar que as amostras podem ser:

- k) - referentes a um trimestre (por cada máquina, por produto ou por todas as máquinas e produtos);
- l) - mensais (com os tipos anteriores);
- m) - diárias (com as mesmas considerações).

### 3.4 - O Coeficiente de Atuação

Neste trabalho será definida uma medida conhecida como coeficiente de atuação e anotada por CA. Será baseado, este coeficiente, numa relação de preferência.

Evidentemente, é preferível uma amostra cair na zona normal. Porém, a mesma cair nas zonas de advertência é preferível a se situar nas zonas de ação.

Outrossim, tomando-se como fator preponderante de preferência a perda de matéria prima, pode-se considerar ZIAD como preferível a ZSAD (pois em ZSAD há uma tendência à perda de matéria prima).

Analogamente, cair em ZIAC é preferível a ficar em ZSAC.

Daí, pode-se elaborar uma relação completa, em termos de preferência, da forma:

ZNOR > ZIAD > ZSAD > SIAC > ZSAC (10)

Deve ser enfatizado que a empresa considera o diâmetro externo como praticamente inalterado. Então, tomar-se-á, neste trabalho, a citada consideração como uma espécie de postulado, a fim de que o modelo possa ser elaborado.

Contudo, esta ordem de preferência deve ser analisada com mais cuidado. Quando uma amostra cai nas zonas superiores (de advertência ou de ação), há uma tendência à perda de matéria prima. Porém, se situar-se nas zonas inferiores, apesar de tal tendência não ser inferida, pode haver uma propensão à má qualidade do produto.

Apesar disto, a ordem de preferência foi tomada em relação à perda de matéria prima em cada uma das zonas (de advertência ou de ação), pois, evidentemente, a zona normal é preferível sobre às demais.

A fim de complementar, deve-se acrescentar que a ordem de preferência, ditada pela (10), foi estruturada em relação à espessura da parede.

Com base nas considerações anteriores, pode-se estabelecer o coeficiente de atuação de tal forma que o seu valor

esteja compreendido entre zero (inclusive) e 10,0 (inclusive) e tal que os seguintes itens sejam obedecidos:

- a) - se todas as amostras caírem em ZNOR, então CA = 10,0;
- b) - se todas as amostras caírem em ZSAC, então CA = 0,0.

Evidentemente, existem três situações adicionais e ainda pode haver uma mistura de estados. Daí, o intervalo de 0,0 a 10,0 dever ser dividido em quatro, resultando um comprimento igual a 2,5. Então, como consequências, tem-se:

- c) - se todas as amostras caírem em ZIAC, o CA é 2,5;
- d) - se todas as amostras caírem em ZSAD, o CA é 5,0;
- e) - se todas as amostras caírem em ZIAD, o CA é 7,5.

Desta forma, relativamente à (9), de um modo geral, pode-se estabelecer o CA das S amostras como sendo:

$$CA = \frac{(S1(10,0)+S2(7,5)+S3(5,0)+S4(2,5)+S5(0,0))}{S} \quad (11)$$

Evidentemente, tem-se:

$$0,0 \leq CA \leq 10,0 \quad (12)$$

### 3.5 - O Coeficiente de Correlação entre "Peso por Metro" e Espessura da Parede.

Pode-se questionar se a espessura da parede é uniforme ao longo dos metros produzidos. Esta questão apresenta interesse prático, pois a não-uniformidade pode acarretar diversos problemas: ora aumenta, ora diminui e, desta forma, se o valor da espessura da parede sofrer alterações sensíveis, há evidência de algum descontrole no processo.

Sendo a densidade da matéria que compõe o tubo praticamente inalterável, isto de acordo com considerações aceitas como válidas, e dada em kg/cm<sup>3</sup>, pode-se escrever, se a espessura for uniforme:

$$\begin{aligned} \text{peso em 1 metro linear} &= \text{densidade } (\pi) \left[ \left( \frac{D(J)}{2} \right)^2 - \left( \frac{D(J)}{2} - EP(K) \right)^2 \right] = \\ &= \text{densidade } (\pi) EP(K) [ D(J) - EP(K) ] \end{aligned} \quad (13)$$

Considerando-se que a espessura da parede, mesmo quando foge aos padrões, é desprezível em relação ao diâmetro externo, a expressão (13) pode ser aproximada pela seguinte estimativa:

$$\text{peso em 1 metro linear} = \text{densidade } (\pi) (EP(K)) (D(J)) \quad (14)$$

Ou, de (14), pode-se escrever:

$$EP(K) = \frac{(\text{peso em 1 metro linear})}{\pi(D(J))\text{densidade}} \quad (15)$$

Segue-se que uma maneira prática de analisar a questão é examinar a viabilidade do estabelecimento, para cada produto j, de uma constante CTE(J), tal que:

$$\begin{aligned} \text{ESPESSURA ENCONTRADA PARA A PAREDE DO J-ÉSIMO PRODUTO} &= \\ &= \text{CTE}(J) \cdot (\text{PESO POR METRO ENCONTRADO PARA O J-ÉSIMO PRODUTO}) \end{aligned} \quad (16)$$

A última igualdade é uma hipótese, possivelmente válida, para cada um dos produtos do anexo 1. Caso a expressão (16) seja viável, considerando-se que a densidade da matéria prima é praticamente inalterável, então o j-ésimo produto tem uniformidade da espessura da parede ao longo dos metros produzidos.

Porém, se a expressão (16) é perigosa de ser estabelecida, chegar-se-ia à conclusão da não-uniformidade da espessura da parede, quando relacionada ao fator "peso por metro".

Daí, nota-se que o coeficiente de correlação entre "peso por metro" e espessura da parede é um elemento importante na análise da questão proposta.

Mais adiante, analisar-se-á a relação (16) globalmente, tendo em vista os resultados experimentais.

### 3.6 - Complementos

Conforme foi visto, a empresa testa diversos itens (espessura da parede, "peso por metro", diâmetro externo, resistência à tração, etc); contudo, o controle da espessura da parede é considerado o mais importante. Posto isto, uma partida pode ser rejeitada por um destes fatores. Ressalte-se ainda que alguns testes são realizados mensalmente.

Deve-se registrar que para um processo estar sob controle, de acordo com o sistema inglês, admite-se o que segue:

- a) - no mínimo 95% das amostras devem ser normais;
- b) - no máximo 4,8% devem cair nas zonas de advertência;
- c) - quando muito 0,2% devem estar nas zonas de ação.

Como os dados são em grande número, sujeitos a muitos cálculos, a utilização de processo computacional é necesária..

Desta maneira, analisar-se-á um programa computacional, que é um meio auxiliar, a fim de que o processo proposto possa ser implementado. Ademais, outros parâmetros devem estar relacionados como economia e mudança proposta nas máquinas entre outros.

Finalmente, deve ser observado que a expressão (11) é uma medida relativa, tomada de acordo com as considerações anteriores. Evidentemente, o CA proposto foi considerado sob uma relação de preferências. É claro que outro modelo para o CA poderia ser considerado, envolvendo outras análises.

## CAPÍTULO IV

## DADOS EXPERIMENTAIS E PROGRAMA PRINCIPAL

## 4.1 - Considerações Gerais

Devem ser feitas, preliminarmente, as seguintes observações:

- a) - o programa computacional (**também** chamado programa principal) é um meio, **não** o fim deste trabalho;
- b) - serve para manipular o **grande** número de da dos;
- c) - foi elaborado de forma que **se** possa introduzir comandos suplementares (tais como: "imprima a relação de máquinas", "imprima a relação de produtos", etc.).  
Estes comandos podem ser **retirados** sem que o programa seja afetado;
- d) - foi elaborado em Fortran Estruturado.

## 4.2 - Algoritmo que dá Origem ao Programa

Utilizando-se a simbologia inserida na tabela de símbolos e tendo em vista que um algoritmo é um **meio** para se atingir algum resultado, têm-se os passos dados a **seguir**. Estes originam o programa.

Passo 1 : Atribua valores a NM (número de máquinas), NP (número de produtos), A1 (coeficiente de advertência) e A2 (coeficiente de ação). Inicialize A como sendo zero.

Passo 2 : Leia I e NOME (I é a ordem da palavra "NOME", que designa a i-ésima máquina). Faça:

$$\begin{aligned} \text{MAQ}(I) & \leftarrow \text{NOME} \quad e \\ A & \leftarrow A + 1 \end{aligned}$$

Passo 3 : Se A for menor que NM, vá para o passo 2. Caso contrário, vá para o passo 4.

Passo 4 : Faça:

$$A \leftarrow 1$$

Passo 5 : Leia J, NOME, DE1, DE2, EMIN, EMAX.

Faça:

$$\begin{aligned} \text{AMP}(J) & = \text{EMAX} - \text{EMIN} \\ \text{ESP}(J) & = 0,5(\text{EMAX} + \text{EMIN}) \\ \text{LIAD}(J) & = \text{ESP}(J) - \text{A1} \cdot \text{AMP}(J) \\ \text{LIAC}(J) & = \text{ESP}(J) - \text{A2} \cdot \text{AMP}(J) \\ \text{LSAD}(J) & = \text{ESP}(J) + \text{A1} \cdot \text{AMP}(J) \\ \text{LSAC}(J) & = \text{ESP}(J) + \text{A2} \cdot \text{AMP}(J) \\ \text{D}(J) & = 0,5(\text{DE1} + \text{DE2}) \\ A & \leftarrow A + 1 \end{aligned}$$

(Os valores lidos são, na realidade, o nome, os valores especificados para os diâmetros externos mínimo e máximo e as espessuras tabeladas em seus valores mínimo e máximo - tudo referente ao j-ésimo produto).

Passo 6 : Se A for menor ou igual a NP, vá para o passo 5. Caso contrário, vá para o passo 7.

Passo 7 : Leia PERIOD (período). Inicialize:

$$K \leftarrow 0$$

$$A \leftarrow 1$$

(K é o código do produto fabricado pela máquina A. N é o número de amostras deste produto. Supõe-se que N não é maior que 99).

Passo 8 : Leia J e N.

(J é o código do produto fabricado pela máquina A. N é o número de amostras deste produto. Supõe-se que N não é maior que 99).

Passo 9 : Se N for diferente de 100, vá para o passo 10. Caso contrário, vá para o passo 23.

(O valor 100, quando atribuído a N, é uma "parada", efetuando a mudança de máquina, até que todas as máquinas sejam analisadas. Assim sendo, um cartão do tipo 

J	100
---	-----

 elabora a mudança de máquina ou chega ao fim).

Passo 10: Inicialize como zero:

S1, S2, S3, S4, S5, MPM, MESP, MQPM, MPQESP, SMT, SKG, SRJ, SVP e CC.

Inicialize B como sendo 1.  
(B é contador).

Passo 11: Leia DIA, PM1, PM2, PM3, PM4, PM5, PM6.

Leia ESP1, ESP2, ESP3, ESP4, ESP5, ESP6, MT, KG, RJ.

Faça:

$$CC \leftarrow CC + \sum_{i=1}^6 PM_i \cdot ESP_i$$

$$MPM \leftarrow MPM + PM1 + PM2 + PM3 + PM4 + PM5 + PM6$$

$$MESP \leftarrow MESP + ESP1 + ESP2 + ESP3 + ESP4 + ESP5 + ESP6$$

$$MQPM \leftarrow MQPM + \sum_{i=1}^6 (PM_i)^2$$

$$MQESP \leftarrow MQESP + \sum_{i=1}^6 (ESP_i)^2$$

$$K \leftarrow K + 1$$

$$SMT \leftarrow SMT + MT$$

$$SKG \leftarrow SKG + KG$$

$$SRJ \leftarrow SRJ + RJ$$

$$EP(K) = (ESP1 + ESP2 + ESP3 + ESP4 + ESP5 + ESP6) / 6$$

(CC, MPM, MESP, MQPM e MQESP são termos do cálculo definitivo do coeficiente de correlação entre "peso por metro" e espessura da parede. O valor inteiro K é um contador, dando a ordem da amostra. SMT, SKG e SRJ dão as somas acumuladas da produção em quilos e da rejeição em quilos. Finalmente,

EP(K) é a média da espessura da parede, relativamente à k-ésima amostra).

Passo 12: Analise a situação de EP(K), observando-se que este valor se refere ao j-ésimo produto. Ou seja:

- Se EP(K) estiver em ZNOR faça  $S1 + S1 + 1$ .
- Se EP(K) estiver em ZIAD faça  $S2 + S2 + 1$ .
- Se EP(K) estiver em ZSAD faça  $S3 + S3 + 1$ .
- Se EP(K) estiver em ZIAC faça  $S4 + S4 + 1$ .
- Se EP(K) estiver em ZSAC faça  $S5 + S5 + 1$ .
- Se EP(K) estiver em ZSAC vá para o passo 13.
- Caso contrário, vá para o passo 14.

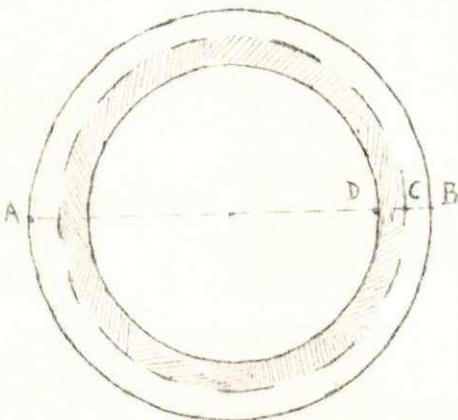
Passo 13: Estime VP como:

$$VP = (\pi) (D(J) - EP(K) - LSAC(J)) (EP(K) - LSAC(J)) MT (10^{-6})$$

Faça:

$$SVP + SVP + VP$$

(Veja a figura 6, notando-se que VP é o volume estimado perdido da matéria prima, quando a amostra cai na zona superior de ação).



$$\begin{aligned} AB &= D(J) \\ BC &= LSAC(J) \\ BD &= EP(K) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} VP &= \text{VOLUME PERDIDO} = \\ &= (\text{ÁREA SOMBREADA}) (\text{PRODUÇÃO EM METROS}) = \\ &= \pi \left[ \left( \frac{D(J)}{2} - LSAC(J) \right)^2 - \left( \frac{D(J)}{2} - EP(K) \right)^2 \right] MT (10^{-6}) = \\ &= \pi (D(J) - LSAC(J) - EP(K)) (EP(K) - LSAC(J)) MT (10^{-6}) \end{aligned}$$

VP é dado em metros cúbicos

MT é dado em metros

A área sombreada é dada em milímetros quadrados.

Fig. 6

Passo 14: Faça:

$$B + B + 1.$$

Passo 15: Se B for menor ou igual a N, vá para o passo 11.  
Caso contrário, vá para o passo 16.

Passo 16: Faça:

$$CC1 = 6.(N).MQESP - (MESP)^2$$

$$CC2 = 6.(N).MQPM - (MPM)^2$$

Passo 17: Se CC1 e CC2 são maiores que zero, vá para o passo 18.  
Caso contrário, vá para o passo 21.

Passo 18: Faça:

$$CC1 \leftarrow \sqrt{CC1}$$

$$CC2 \leftarrow \sqrt{CC2}$$

$$CC \leftarrow 6.(N).CC - MESP.(MPM)$$

$$CC \leftarrow CC / (CC1.CC2)$$

Passo 19: Se  $-1 \leq CC \leq 1$ , vá para o passo 22. Caso contrário, vá para o passo 20.

(Isto é necessário, pois, teoricamente, CC é maior ou igual a -1 e menor ou igual a 1. Porém, por questão de aproximação, pode ocorrer que CC esteja "ligeiramente fora" do intervalo, por exemplo, assumindo os valores 1,0001 ou -1,00006. Daí ser necessário uma correção para esta eventualidade).

Passo 20: Se  $CC > 1$ , faça  $CC = 1$ .

Se  $CC < -1$ , faça  $CC = -1$ .

Vá para o passo 22.

Passo 21: Imprima mensagem de erro.

(Na prática, isto só ocorre se todos os valores da espessura da parede ou do "peso por metro" forem iguais. Na manipulação dos dados experimentais não houve este caso. Contudo, nos "outputs" do anexo 2, foi posto um exemplo hipotético onde tal mensagem de erro foi impressa, utilizando-se dados fictícios, a fim de que o programa fosse testado).

Passo 22: Leia J e N. Vá para o passo 9.

Passo 23: Faça  $A \leftarrow A + 1$ .

Passo 24: Se A for menor ou igual a NM, vá para o passo 8. Caso contrário, vá para o passo 25.

(A é o contador das máquinas. Se A atinge o valor  $(NM + 1)$ , todas as máquinas já estão analisadas, consequentemente, todos os produtos fabricados no período estão com seus itens analisados).

Passo 25: Fim do algoritmo.

#### 4.3 - Fluxograma

Em termos de fluxograma, os 25 passos descritos no item 4.2 estão nas figuras 7 e 8.

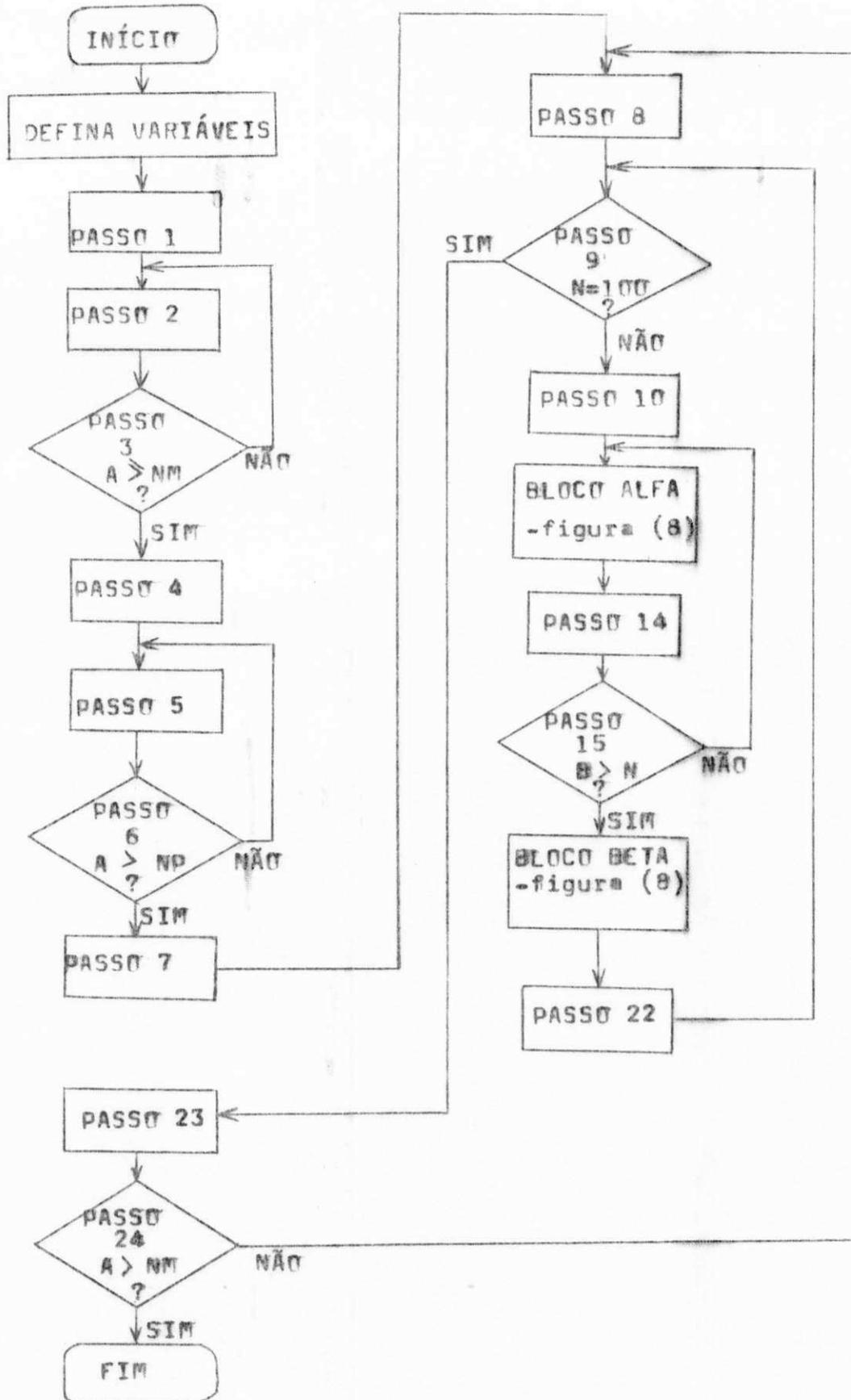
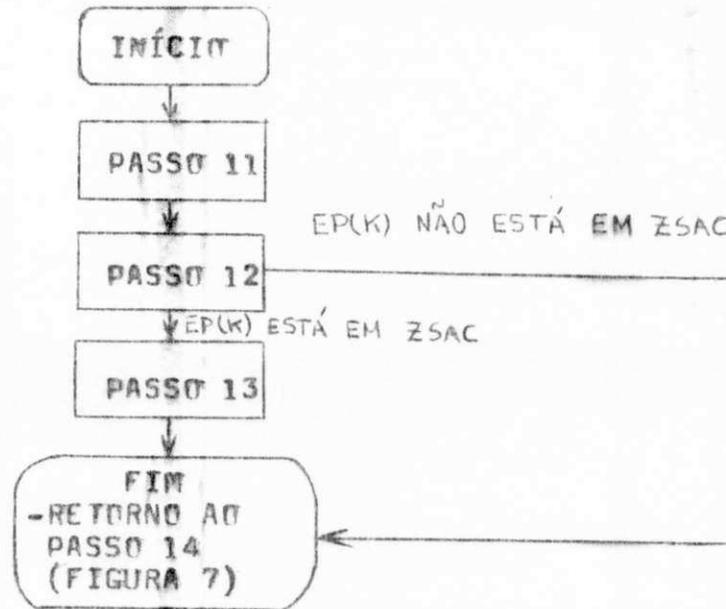


Fig. 7

## B L O C O    A L F A



## B L O C O    B E T A

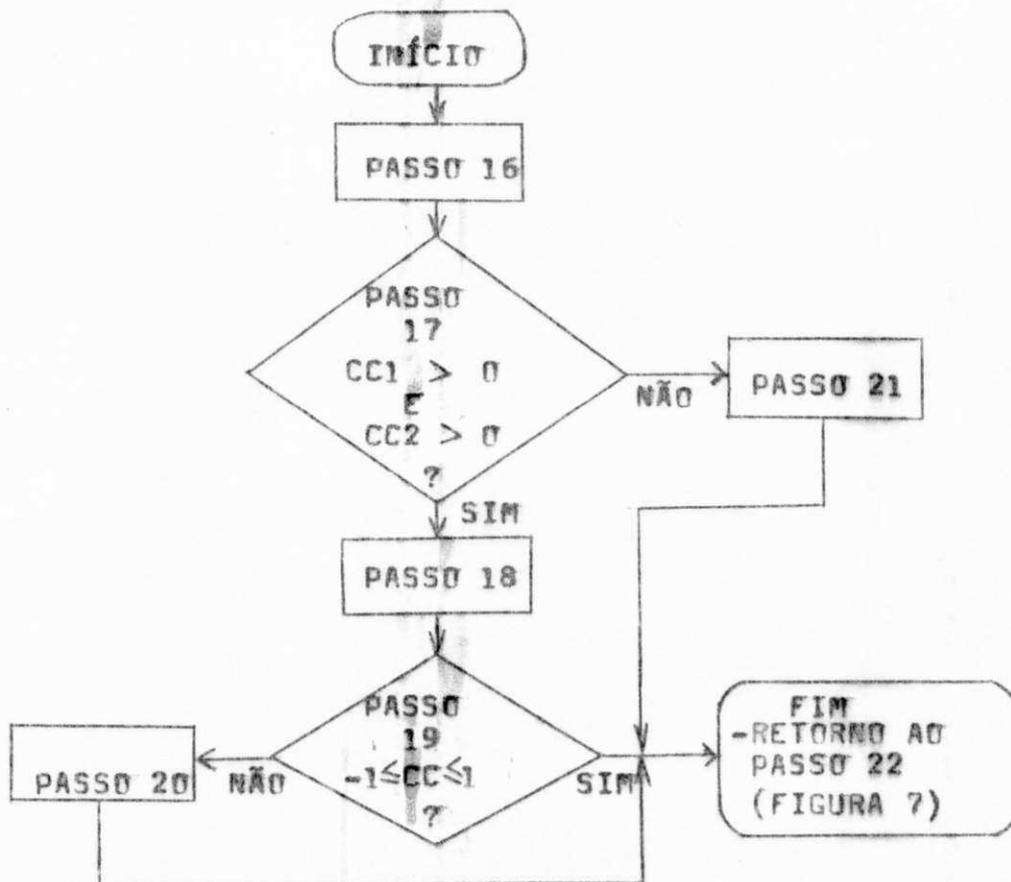


Fig. 8

## 4.4 - Saída dos Dados

O "output" impresso, utilizando-se de comandos suplementares (de "impressão"), é do tipo:

\*\*\*\*\*

SITUAÇÃO (NOME DA MÁQUINA) (PERÍODO)  
(NOME DO PRODUTO)

AMOSTRA          ESP MEDIA          OBSERVAÇÃO  
(dá a ordem da amostra, a espessura média e verifica, na observação, em qual zona EP(K) se encontra, até que todas as amostras do produto em questão, fabricados pela máquina em análise, hajam sido computadas).

## RESUMO

AMOSTRAS NORMAIS = S1  
AMOSTRAS LIAD     = S2  
AMOSTRAS LSAD    = S3  
AMOSTRAS LIAC    = S4  
AMOSTRAS LSAC    = S5

PERDA ESTIMADA EM METROS CÚBICOS = SVP  
COEF DE CORRELAÇÃO ENTRE PM E ESP = CC  
METROS PRODUZIDOS                    = SMT  
QUILOS PRODUZIDOS                    = SKG  
REJEIÇÃO EM QUILOS                   = SRJ

(isto até terminar todos os produtos fabricados pela máquina e até concluir todas as máquinas).

\*\*\*\*\*

Fig. 9

#### 4.5 - Resultados Computacionais

Enfatize-se, mais uma vez, ser o programa um meio, a fim de que as conclusões possam estar baseadas nas "outputs". Não foi tornado mais extenso por duas razões: economia (o que é fundamental numa empresa) e utilidade.

Além do mais, o programa possibilita uma revisão rápida "a posteriori", por exemplo, havendo a conferência dos produtos produzidos numa determinada máquina. Assim sendo, se o código de um produto é 20, mas, por engano, é posto como 2, que ocorreria? Evidentemente, não seria acusado um erro, porém, o "output" não coincidiria com o esperado.

Daí, ser necessária uma conferência, com base nos diversos "outputs".

Deve-se observar que são elaborados os mapas mensais (conforme o anexo 7) e trimestrais (conforme o anexo 3).

Estes mapas servem de base para que o modelo de otimização possa ser implementado.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISE DOS RESULTADOS - OTIMIZAÇÃO PROPOSTA

#### 5.1 - Introdução

Anteriormente foram vistas uma introdução geral, o problema detectado e o controle de qualidade proposto.

Evidentemente, os citados itens são meios, pois devem levar a algumas indicações.

O modelo proposto para a análise da espessura da parede utiliza o sistema inglês, com as adaptações apropriadas, conforme foram justificadas.

O coeficiente de atuação é um indicador da eficiência de uma máquina, ou de um conjunto de máquinas, ou de um período, enfim de um conjunto de amostras formado de determinada maneira. Evidentemente, existem outras maneiras de um coeficiente de atuação ser estabelecido.

O coeficiente de correlação entre "peso por metro" e espessura da parede é um elemento útil na análise da uniformidade do último item ao longo dos metros produzidos. Evidentemente, parte-se do pressuposto segundo o qual a densidade da matéria prima é praticamente constante.

Daí, após esta síntese do que foi feito anteriormente, pode-se indagar: quê fazer com os elementos obtidos nas e

tapas anteriores ?

Outras questões poderiam ser propostas, ressaltando-se duas:

- a) - do ponto de vista financeiro, valeria a tentativa de um modelo de otimização ?
- b) - como este modelo estaria baseado ?

Há uma implicação recíproca entre as duas questões. É o que se pretende neste capítulo, ou seja, a construção de um modelo baseado nos resultados.

## 5.2 - Considerações Sobre as Amostras Trimestrais

Os dados experimentais foram relativos aos meses de maio, junho e julho de 1980. Os "outputs" foram mensais, servindo como controles parciais.

Os resultados dos citados meses originaram o mapa trimestral (conforme modelo do anexo 3, válido para cada máquina). Com isto, têm-se as amostras trimestrais, havendo um universo mais amplo a ser analisado.

Cada mapa mensal (conforme o anexo 7) serve para o acompanhamento dos valores dos coeficientes de correlação entre "peso por metro" e espessura da parede, bem como constituem uma base para que os mapas trimestrais possam ser obtidos.

Desta forma, houve 74 tipos de amostras "mês-máquina-produto", isto é, de produtos fabricados por certas máquinas em meses diferentes. Tais amostras são chamadas mensais.

Além disto, houve 54 tipos de amostras "produto-máquina-trimestre". Ou seja, maneiras de os produtos haverem sido fabricados por máquinas diferentes no trimestre. Tais amostras são chamadas trimestrais.

Tudo isto foi obtido de um total de 552 amostras diárias (muitas referentes a um mesmo produto). Relembre-se, mais uma vez, que cada uma das amostras é sêxtupla.

O presente trabalho não tem o objetivo de entrar nos detalhes internos das máquinas e nem na técnica do processo industrial. Contudo, em termos de otimização, são fatos, entre tantos:

- a) - num fogão de 4 bocas, muitas vezes, uma de las é a mais apropriada para que quantidades apreciáveis sejam cozinhadas;
- b) - às vezes, pode ocorrer que um carro seja eco nômico, porém, tenha dificuldades em subir ladeiras.

Desta forma, exemplificando relativamente ao caso "b", se dois automóveis devem ser utilizados, um para uma viagem que exigirá subidas, e o segundo para rodar numa cidade plana, quê seria indicado ?

Evidentemente, uma solução ótima seria a de dei xar o veículo mais econômico na cidade e o outro faria a viagem.

Muitas vezes, é mais difícil conceber o óbvio do que compreender o mais complicado.

Desta forma, com as adaptações ao problema do pre sente trabalho, formular-se-á um modelo de otimização. Este esta rá baseado na mudança de máquinas.

Deve-se frisar que cada pessoa tem uma idê ia in tuitiva de "otimização": a cozinheira, o motorista, etc. Apesar de não haver um processo em termos "mais científicos", cada um procura melhorar as decisões tomadas na vida cotidiana.

Alguns aspectos devem ser considerados fundamen tais, quando se tenta uma otimização como a que será analisada. Inicialmente, a pres crição deve ser viável e, simultaneamente, de ve atender às necessidades de vendas.

Desta maneira, três itens devem ser considerados:

- a) - não deve ser aconselhada a não-fabricação de algum produto, conforme será justificado;
- b) - levando-se em consideração que cada quilo de tubo rejeitado retorna ao processo indus tri al, gerando despesas adicionais, é na tenta tiva de evitar rejeição que deve ser tentada a otimização;
- c) - finalmente, deve ser analisada a possibilida de - a bem da otimização - da troca de máqui nas. Ou seja, N o produto "i", sob certas condições, seria fabricado pela máquina "j" e não pela máquina j.

A justificativa de "a" é evidente. Se um cliente procura um produto e não o encontra, poderá passar a preferir outra marca, acarretando danos previsíveis oriundos da perda de mercado. É claro que nenhuma empresa - pública ou privada - deseja perder a clientela, que, em última análise, é a razão da existência de qualquer organização.

### 5.3 - O Modelo Proposto para a Mudança das Máquinas

Como a programação da produção vem da Direção que leva em conta a adequação em relação ao mercado, considera-se que tal programação é a melhor possível.

Daí, ser interessante a manutenção dos produtos fabricados, conforme já foi explanado.

O modelo inserido no anexo 4 fornece o mapa principal do trimestre. Nele constam:

- a) - produtos fabricados (pela ordem de numeração);
- b) - máquina;
- c) - coeficiente de atuação;
- d) - número de amostras (anotado por N);
- e) - os valores de S4 e S5;
- f) - a produção total em metros (anotada por SMT);
- g) - a produção total em quilos (anotada por SKG);
- h) - a rejeição total em quilos (anotada por SRJ);
- i) - a proporção de perda (anotada por PP).

Como a rejeição é medida em quilos, PP deve ser a proporção da rejeição, quando a produção é considerada em quilos. Ou seja, para cada produto:

$$PP = \frac{SRJ}{SKG}$$

(17)

A mudança de máquinas é baseada num esquema de decisão, conforme a figura 10. Ou seja, se um dado produto é fabricado por duas ou mais máquinas, então deverá ser prescrita a fabricação pela máquina que possua o menor PP. Simultaneamente, deverá ser inferior aos demais valores de PP.

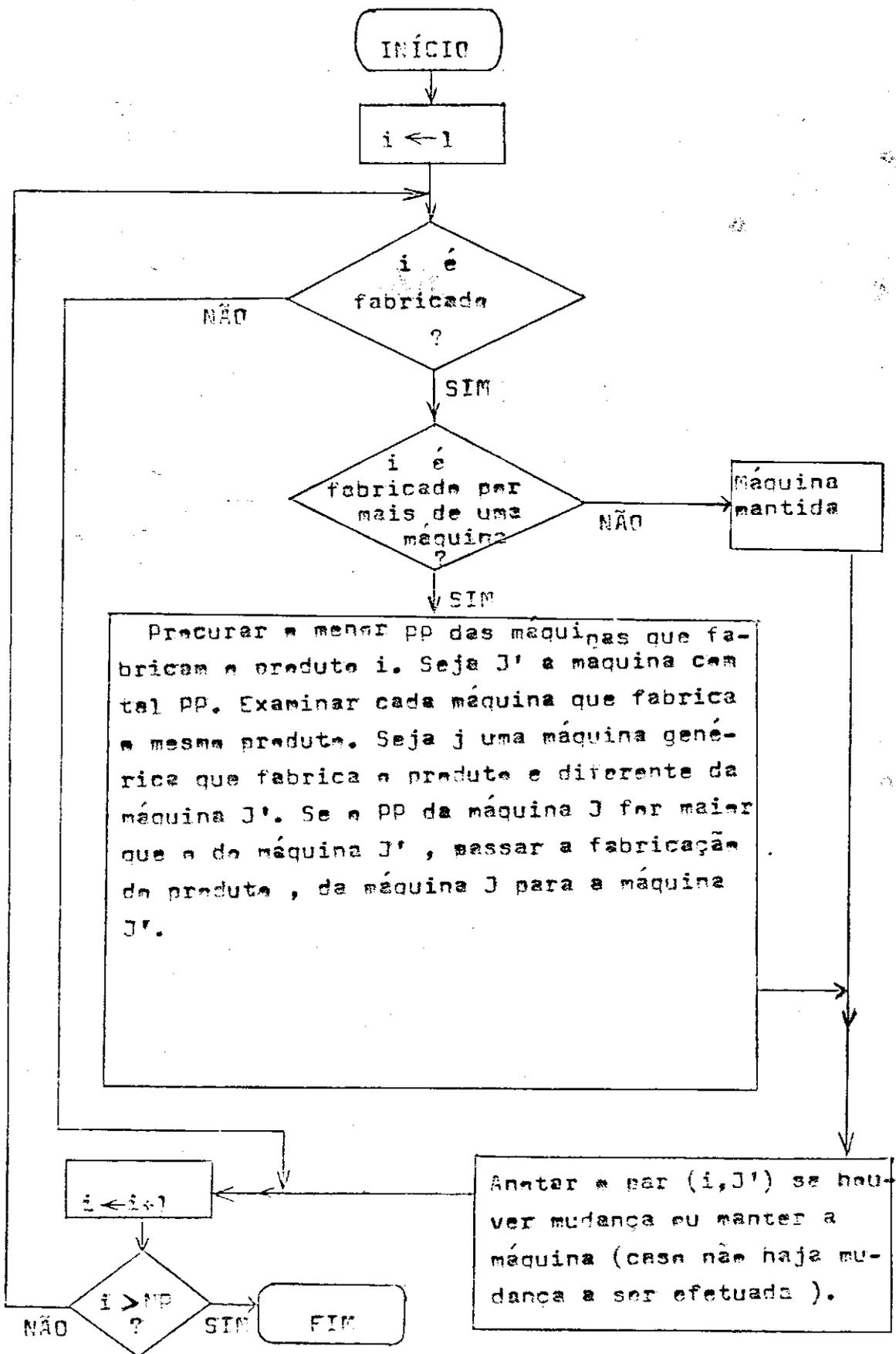


Fig. 10

Conseqüentemente, com base na regra de decisão da figura 10 e no anexo 4, é elaborado o anexo 5. Consta, este anexo, do que está na figura 11.

PRODUTO QUE VAI MUDAR	MÁQUINA ANTERIOR	MÁQUINA NOVA	PP ANTIGO	PP ATUAL	$\Delta$ SRJ	$\Delta S_i$ A SUBTRAIR E $\Delta S_j$ A SOMAR AO NOVO CA GLOBAL.

$$PP_{ATUAL} < PP_{ANTIGO}$$

Fig. 11

O PP antigo é o da máquina anterior. O PP atual é o da máquina nova.

O decréscimo da rejeição - anotado por  $\Delta$ SRJ - é uma diminuição prevista na rejeição, tomada em quilos, quando a mudança de máquina é efetuada. Tal estimativa é :

$$\Delta SRJ = PP_{ATUAL}(\text{SKG de } i \text{ e de } j) - SRJ_{ANTERIOR} \quad (18)$$

Na expressão(18), a produção em quilos do produto "i" quando fabricado pela máquina "j" é anotada por (SKG de i e de j).

A última coluna do anexo 5 (ver figura 11) é preenchida como segue:

- a) - se na nova máquina  $S5 = 0$  e na antiga  $S5 > 0$ ,  
então toma-se:

$\Delta S5 = -S5$  (da máquina anterior)

$\Delta S4 = S5$  (da máquina anterior)

(19)

Ou seja, globalmente o número de amostras em ZSAC é reduzido em S5 unidades e o de amostras em ZIAC é aumentado em S5 unidades;

b) - Se na nova máquina  $S5 = S4 = 0$  e, na antiga,  $S5 = 0$ , porém,  $S4 > 0$ , tomar, com as considerações anteriores:

$\Delta S3 = S4$  e  $\Delta S4 = -S4$

(20)

As citadas regras foram ditadas pela hipótese de que a alteração proposta não pode ser pior que a execução da produção conforme foi feita. Deve-se ressaltar, mais uma vez, que de terminadas máquinas são mais recomendáveis a certos produtos do que a outros.

#### 5.4 - A Estimativa do Novo SVP

Conforme o passo 13 (ver capítulo 4, 3, se a espessura da parede estiver acima do limite superior de ação, é estimado o volume perdido, tomado em metros cúbicos, oriundo da utilização prevista de mais matéria prima.

Este valor é acrescentado à soma dos volumes perdidos, que é inicializada como zero.

Com as alterações eventualmente propostas, espera-se que o novo SVP, soma dos volumes perdidos por produto e por máquina, não seja pior que o anterior.

Assim sendo, o novo SVP é estimado da forma:

a) - na tabela do anexo 5, na última coluna, é examinado se  $\Delta S5 > 0$ ;

b) - se ocorrer tal situação, na mesma linha é procurado o par (produto, máquina). Daí, num dos anexos conforme o modelo dado pelo anexo 7, não inserido neste trabalho por questões de espaço, onde a máquina conste, é procurado o volume perdido esperado;

c) na última linha há a perda esperada em metros cúbicos. Tal item é subtraído da soma dos SVP (última linha e última coluna do quadro seguinte).

MÁQUINA	S1	S2	S3	S4	S5	CA GLOBAL	SVP
1	24	6	1	6	4	7,43	0,08
2	22	8	3	3	2	7,96	0,01
3	4	7	1	36	1	3,82	0,05
4	43	2	8	--	11	7,57	0,13
5	20	2	1	17	14	4,86	0,25
6	35	10	1	14	--	7,75	----
7	14	12	2	36	1	5,07	----
8	30	8	8	8	6	7,00	0,09
9	36	10	9	5	9	7,13	0,27
10	19	4	4	5	20	4,75	0,47
SOMAS E CA GLOBAL	247	69	38	130	68	6,34	1,35

Tabela 2

Existem, ao todo, 552 amostras diárias.

### 5.5 - Considerações Sobre CC

As 552 amostras diárias estão com os dados inseridos conforme o anexo 7. Os mesmos não foram anexados por questões de espaço. Contudo, estão disponíveis com o autor. Ao todo foram 74 maneiras de os produtos serem fabricados mensalmente (isto é, nem todos os produtos foram fabricados). A tabela 3 dá a situação dos coeficientes de correlação entre espessura da parede e "peso

por metro".

MÊS	MAIO	JUNHO	JULHO	SOMA
tipos de produtos fabricados	28	19	27	74
tipos com CC maior ou igual a 0,75	7	10	16	33

Tabela 3

#### 5.6 - As Estimativas e o Processo de Alteração

Os parâmetros introduzidos (proporção de perda, coeficiente de atuação, etc) servem para que um processo de mudança possa ser prescrito. A figura 10 é a regra de decisão, por sinal lógica, pois baseia-se no fato que deseja-se "melhorar" o processo.

Daí, algumas estimativas podem ser feitas, sobresaindo as descritas a seguir:

- a) - em relação ao novo valor de SVP, conforme o item 5.4, examinando-se o anexo 5, nota-se, na última coluna, a existência de 2 produtos que passam de ZSAC para ZIAC. Logo, o SVP é reduzido em 0,29 metros cúbicos. A tabela 4 dá o quadro de alterações nos volumes perdidos.

PRODUTO	MÁQUINA ANTIGA	MÁQUINA NOVA	DIMINUIÇÃO DO SVP
AR 1.1/2	10	8	0,24
ER 1/2	5	6	0,05

Tabela 4

b) examinando-se o anexo 5, nota-se que, após as alterações, tem-se o quadro seguinte, que mostra as modificações previstas para as 552 amostras:

S5 sofre uma diminuição de 11

S4 sofre uma diminuição de 24

S3 sofre um aumento de 35

Tabela 5

Isto redundando em que os novos valores S1, S2, S3, S4 e S5, ficam conforme a tabela 6, dada a seguir, com os seguintes valores:

S1 = 247

S2 = 69

S3 = 73

S4 = 106

S5 = 57

Tabela 6

Assim sendo, o novo valor de CA, anotado por  $CA_{\text{novo}}$ , passa a ser:

$$CA_{\text{novo}} = \frac{(247(10,0) + 69(7,5) + 73(5,0) + 106(2,5) + 57(0,0))}{552}$$

ou

$$CA_{\text{novo}} = 6,55$$

(21)

c) através dos anexos 4 e 5, pode-se elaborar a tabela de mudanças, da forma que está na figura seguinte:

Produto a ser mudado da máquina $j$ para a máquina $j'$	Alteração em SMT (com o sinal negativo na máquina $j$ e positivo na máquina $j'$ )	Alteração em SKG (com o sinal negativo na máquina $j$ e positivo na máquina $j'$ )	SRJ da máquina anterior e o da nova
...	...	...	...
nome, $j, j'$	valor	valor	valores respectivos

Fig. 12

O SRJ da máquina anterior é o inserido na tabela do anexo 4. O sinal é negativo, pois haverá a indicação da não-fabricação do produto pela máquina. Por outro lado, o SRJ da máquina nova é positivo, sendo igual à diminuição da rejeição com o sinal positivo menos a rejeição da máquina anterior, as duas últimas parcelas e seus sinais sendo fornecido em valor absoluto.

Daí, tem-se o seguinte quadro das alterações:

(Produto, máquina antiga, máquina nova)	SMT	SKG	SRJ (máquina anterior)	SRJ (máquina nova)
ESG 40 / 7 / 6	71.460	15.119	-1437	1375
ESG 50 / 7 / 5	13.770	4.736	- 423	355
ESG 75 / 2 / 10	16.350	10.687	-1428	780
ESG 75 / 3 / 10	31.590	20.405	-1920	1489
ESG 100 / 3 / 1	50.915	42.342	-7790	3683
AR 1/2 /10 / 8	69.300	15.445	- 650	308
AR 1.1/4 / 10 / 9	12.240	8.378	- 176	134
AR 1.1/2 / 10 / 8	16.110	13.728	- 815	274
AR 2 / 10 / 1	11.580	11.287	- 787	643
ER 1/2 / 4 / 6	19.710	3.405	- 279	194
ER 1/2 / 5 / 6	22.770	4.192	- 395	238
ER 1 / 2 / 6	16.980	6.375	- 519	452
AB 60/20 / 1 /10	3.870	4.407	- 294	114
EB 20 / 5 / 4	71.280	7.928	-1074	594
EB 25 / 4 / 5	52.380	8.755	- 813	726
EB 50 / 6 / 5	2.700	888	- 139	89
S O M A S	483.005	178.077	-18.939	11.448

Tabela 7

Com base na última tabela, pode-se elaborar o anexo 6. O citado anexo é composto por uma tabela da forma dada na figura seguinte:

Máquina	COLUNA A $\begin{pmatrix} \text{SMT} \\ \text{SKG} \\ \text{SRJ} \end{pmatrix}$ anterior	COLUNA B $\Delta \begin{pmatrix} \text{SMT} \\ \text{SKG} \\ \text{SRJ} \end{pmatrix}$	COLUNA C = A + B $\begin{pmatrix} \text{SMT} \\ \text{SKG} \\ \text{SRJ} \end{pmatrix}$ atual
...	...	...	...
i	vetor coluna composto pelos valores de SMT, SKG e SRJ anteriores, relativos à máquina i	acrêscimo dado ao vetor anterior, conforme decisão do modelo	soma dos dois vetores anteriores
...	...	...	...
SOMA DAS MATRIZES	$\begin{pmatrix} a_1 \\ b_1 \\ c_1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ c_2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} a_1 \\ b_1 \\ c_3 \end{pmatrix}$

Fig. 13

Nesta tabela:

- $a_1$  é a produção total em metros (mantida);
- $b_1$  é a produção total em quilos (mantida);
- $c_1$  é a rejeição total em quilos antes da otimização;
- $c_2$  é a variação da rejeição total (sempre, em qualquer caso, não maior que zero);
- $c_3$  é a rejeição total após a otimização, com  $c_3 \leq c_1$ , pois, caso contrário, não haveria otimização.

Em seguida, abordar-se-á o problema do benefício financeiro e outras considerações.

## CAPÍTULO VI

### RESULTADOS DO MODELO

#### 6.1 - Considerações Sobre a Validade do Modelo

Um modelo matemático, quando tomado em seu aspecto "puro", é em geral, indiscutível. Assim sendo, quando se escreve "espaço = (velocidade constante).(tempo de percurso)", são considerados a fórmula como válida e os resultados sem erros.

Porém, em Pesquisa Operacional existem as estimativas. Inúmeros exemplos deste caso podem ser citados. No problema da dieta, quando se afirma que "uma grama de determinado alimento contém "x" unidades de vitamina A", isto é uma estimativa. Deve-se frisar que a citada quantidade pode variar em torno do valor "x", devido a outros fatores que a influenciam (solo, clima, tipo de semente - no caso de o alimento ser vegetal - etc).

O mesmo ocorre em outros problemas: o do carteiro chinês, o do lixo, o do horário de aulas, etc.

Assim sendo, o modelo proposto, baseado no sistema inglês e em algumas estimativas, com as adaptações pertinentes, tem o objetivo de otimizar a rejeição sem que a produção seja afetada.

Evidentemente, um processo não sujeito a falhas (perdas, má qualidade do produto, gastos adicionais, etc) não pre

cisa ser otimizado. Porém, no caso industrial, isto é praticamente impossível.

Deve-se ressaltar que a prescrição não foi testada totalmente, existindo para isto inúmeras razões de ordem prática, fáceis de ser entendidas.

Contudo, se a produção houvesse sido executada de acordo com a tabela 7, quẽ poderia ser esperado ? Atravẽs das inúmeras estimativas, ter-se-ia a tabela seguinte:

ITEM	VALOR ANTERIOR (A)	VALOR ATUAL (B)	B/A
CA	6,34	6,53	1,03
SVP	1,35 m <sup>3</sup>	1,06 m <sup>3</sup>	0,79
SRJ	52.490 kg	44.999 k	0,86

Tabela 8

Devem ser ressaltados alguns aspectos, tais como:

- a) - a produção estaria mantida em vários aspectos: nos tipos de produtos, na quantidade de cada um deles - em metros e em quilos - e no atendimento à demanda. Disto considera-se que a execução da produção foi de acordo com as necessidades do mercado;
- b) - a rejeição sofreria uma diminuição de aproximadamente 14%;
- c) - o volume estimado perdido, devido ao fato de algumas amostras se haverem situado acima do limite superior de ação, teria uma redução de aproximadamente 21%;
- d) - o coeficiente de atuação - um parâmetro não encontrado na bibliografia consultada - teria uma pequena alteração positiva, em cerca de 3%;
- e) - finalmente, deve-se registrar que diversas extensões podem ser feitas, sobretudo consi

derando-se os aspectos particulares que tiveram de ser aqui levados em conta.

#### 6.2 - O Coeficiente de Correlação entre "Peso por Metro" e Espessura da Parede - Um Enfoque Crítico.

A tabela 3 (ver 5.5) mostra que houve 74 tipos de amostras mensais (isto é, do tipo "mês-produto-máquina"). Desta maneira, foram calculados, com o auxílio computacional, 74 coeficientes de correlação. Destes, somente 33 se situaram na faixa maior ou igual a 0,75.

Isto implica, sob as hipóteses feitas, ser perigosa a afirmativa da existência da constante CTE(J), dependente do j-ésimo produto, tal que a expressão (16) esteja satisfeita.

Consequentemente, a não-homogeneidade da espessura da parede, ao longo dos metros produzidos, é uma consequência. Evidentemente, a densidade do material é considerada praticamente inalterada.

#### 6.3 - Lucro Estimado

O custo de cada quilo de tubo produzido - excetuando o preço da matéria prima - é estimado em CR\$ 71,62 (preço de abril de 1981). Daí, o lucro estimado será:

$$\text{lucro estimado} = 7.491\text{kg}(\text{CR}\$71,62/\text{kg}) = \text{CR}\$536.505,42$$

(22)

Este valor é, se analisado rigorosamente, uma parcela da possível economia. Não foram considerados os aspectos de horas extras, possivelmente pagas devido ao retorno da rejeição ao processo industrial, nem a depreciação das máquinas e nem outros fatores possivelmente relevantes.

#### 6.4 - Outros Aspectos

O anexo 6 mostra que existe um aumento ou um decréscimo na produção de cada máquina, oriundo do modelo prescritivo.

Sendo (SMT)<sub>ant</sub> o total da produção em metros ante

rior,  $(SMT)_{atual}$  a produção em metros após a otimização,  $(SKG)_{ant}$  a produção em quilos anterior e  $(SKG)_{atual}$  a produção em quilos atual, isto é, após a otimização, efetua-se comparações como se gue:

Tomando-se a tabela seguinte, analisar-se-ã sob outros aspectos.

Máquina	$(SMT)_{atual}/(SMT)_{ant}$	$(SKG)_{atual}/(SKG)_{ant}$
1	1,55	1,43
2	0,56	0,67
3	0,05	0,05
4	0,99	0,89
5	0,89	1,04
6	1,53	1,52
7	0,59	0,60
8	1,15	1,24
9	1,02	1,05
10	0,63	0,84

Tabela 9

Observa-se que:

- a) - as máquinas 1 e 6 têm excelentes comportamentos, pois, pelo modelo, têm suas produções incrementadas em aproximadamente 50%;
- b) - as máquinas 4, 5, 8 e 9, praticamente, não sofrem grandes alterações nas medidas da produção, quer sejam tomadas em quilos, quer em metros;
- c) - as máquinas 2, 7 e 10 sofrem reduções na produção;
- d) - finalmente, a máquina 3 tem um péssimo com

portamento, pois praticamente deixaria de funcionar. É de se notar que, considerando a tabela 2 (ver 5.4), esta máquina é a que tem o menor coeficiente de atuação.

Desta maneira, o modelo serve para que a eficiência das máquinas possa ser aferida, levando a outras extensões.

## CAPÍTULO VII

### CONCLUSÕES

#### 7.1 - Considerações Iniciais

Os resultados dados no último capítulo - ressaltando-se - seriam os esperados, caso as fabricações dos produtos tivessem obedecido ao modelo do anexo 5.

Por razões diversas, sobressaindo os motivos de o modelo ser prescritivo, as modificações não foram testadas totalmente prática.

#### 7.2 - A Análise e o Fator Mercadológico

Uma das extensões deste trabalho seria o relacionamento do modelo com os fatores de mercado.

Não se fabricam bens sem uma análise do consumo. Isto vale tanto para as empresas geridas pela iniciativa privada como para as estatais. O não-atendimento deste preceito implica resultados incertos e quase sempre desastrosos.

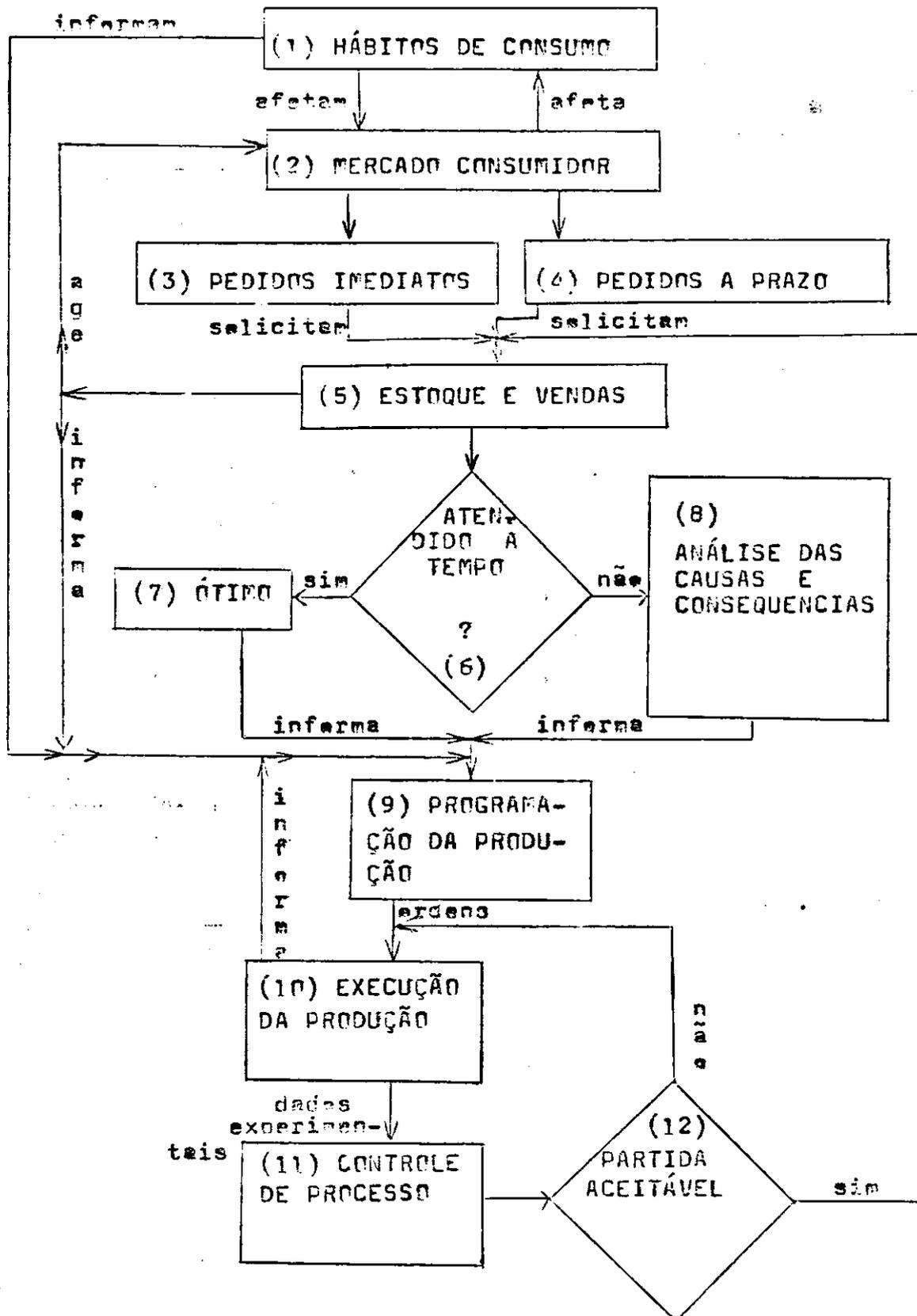
Os pedidos podem ser imediatos ou a prazo.

Os imediatos são aleatórios, por exemplo, um freguês que solicita o envio de uma certa quantidade de determinado tipo de tubo, sem que a empresa espere.

Os pedidos sob encomenda, ou a prazo, são resultados de concorrências públicas ganhas ou, no caso de consumidores particulares, de uma solicitação prévia, geralmente de apreciáveis quantidades, onde um prazo de entrega é combinado.

Na última situação, o prazo combinado pode ser verbal ou escrito. Evidentemente, se a empresa não cumprir um pedido a prazo, o bom nome da organização industrial está em jogo. Isto pode acarretar multas contratuais, conforme for estipulado, entre outros custos.

A figura 14, baseada num sistema de informações, mostra que o controle de processo está inserido num universo mais amplo, não sendo parte independente.



Nesta figura são componentes os itens abaixo relacionados:

- a) - o fator (1) - hábitos de consumo - varia com o tempo, sujeitando-se a outras variáveis. Por exemplo, há anos os tubos eram metálicos, atualmente são de plástico. Os hábitos de consumo afetam o mercado consumidor e devem alertar o setor de projetos para as mudanças necessárias;
- b) - o mercado consumidor - ou fator (2) - afeta os hábitos de consumo. Para que isto possa ser percebido, basta que o fenômeno psicológico da imitação seja levado em consideração. Por outro lado, a política de vendas da empresa age sobre o mercado consumidor. Além disto, o mercado consumidor se desdobra em dois tipos: pedidos imediatos e pedidos a prazo;
- c) - os fatores (3) e (4) - ou pedidos - solicitam ao setor de estoque e vendas. Estoque existe em função de vendas e só se vende o que está estocado ou o que será produzido. Daí haver uma influência entre os fatores (5), (6), (9) e (10);
- d) - feito um pedido, o mesmo é atendido ou não. O fator (6) é de decisão. Se atendido, tem-se uma situação ótima, dada por (7). Caso contrário, as causas e conseqüências devem ser analisadas, conforme (8);
- e) - a atividade de programar a produção - inserida no bloco (9) - recebe informações dos hábitos de consumo, do setor de estoque e vendas e do atendimento aos clientes. A programação da produção, no presente trabalho, deve ser entendida amplamente, envolvendo os aspectos de Engenharia e os financeiros. Evidentemente, é a programação da produção que ordena a execução;
- f) - a execução da produção - ou fator (10) - fornece os dados experimentais ao controle de processo;

g) - há um bloco de decisão - ou fator (12). Se a partida é aceitável, irá para o estoque. Caso contrário, retornará à produção.

Ressalte-se que, no caso particular de uma indústria de tubos, a rejeição pode ser reaproveitada. Com isto, observa-se que a atividade de controle de um processo não é isolada, existindo múltiplas conexões entre esta e outros fatores.

Daí, diversos trabalhos podem ser originados.

### 7.3 - A Implantação do Sistema

A implantação do sistema proposto não acarretaria gastos adicionais a não ser que a empresa fizesse uso de computação. As médias das espessuras da parede sendo computadas e existindo a listagem dos limites das zonas de ação e de advertência, não é difícil a análise do resultado de uma dada amostra.

Na prática, o cálculo do coeficiente de correlação entre "peso por metro" e espessura da parede não precisaria ser feito, a não ser para produtos com problemas de suspeitas quanto a uma não-homogeneidade exagerada da espessura da parede ao longo dos metros produzidos.

### 7.4 - Conclusões Finais

Evidentemente, diversas análises poderiam ser efetuadas, sobressaindo-se o desempenho das equipes de trabalho, o estudo relacionado com as condições ambientais de trabalho, a rota ótima para a distribuição dos produtos, a conceituação de novos "coeficientes de atuação", etc.

Porém, o grande benefício deste trabalho é o da detecção de problemas. Se isto foi alcançado, o seu objetivo estará plenamente justificado.

TABELA DA ABNT PARA TUBOS PLÁSTICOS

DISCRIMINAÇÃO	DIÂMETRO NOMINAL	DIÂMETRO EXTERNO (em mm) mínima e máximo	ESPESSURA DA PAREDE (em mm) mínima e máxima
ÁGUA ROSCA	3/8	16,7 - 17,0	2,00 - 2,30
	1/2	21,0 - 21,3	2,50 - 2,80
	3/4	26,4 - 26,7	2,60 - 2,90
	1	33,2 - 33,6	3,20 - 3,60
	1.1/4	41,9 - 42,3	3,10 - 3,40
	1.1/2	47,6 - 48,2	3,50 - 3,80
	2	59,6 - 60,0	3,70 - 4,00
	2.1/2	73,2 - 73,6	4,20 - 4,60
	3	87,9 - 88,3	4,60 - 5,00
	4	113,0 - 113,4	5,00 - 5,40
ÁGUA BOLSA CLASSE 12	40	40,0 - 40,3	2,20 - 2,50
	50	50,0 - 50,3	2,30 - 2,60
	60	60,0 - 60,3	2,70 - 3,10
	75	75,0 - 75,4	3,40 - 3,80
	85	85,0 - 85,5	3,90 - 4,40
	110	110,0 - 110,4	5,00 - 5,60
	140	140,0 - 140,5	6,40 - 7,10
	160	160,0 - 160,5	7,50 - 8,10
ÁGUA BOLSA CLASSE 15	16	16,0 - 16,5	1,50 - 1,80
	20	20,0 - 20,3	1,50 - 1,80
	25	25,0 - 25,3	1,70 - 2,00
	32	32,0 - 32,3	2,10 - 2,50
	40	40,0 - 40,3	2,40 - 2,80
	50	50,0 - 50,3	3,00 - 3,40
	60	60,0 - 60,3	3,30 - 3,80
	75	75,0 - 75,4	4,20 - 4,70
	85	85,0 - 85,4	4,70 - 5,30
	110	110,0 - 110,4	6,10 - 6,70
	140	140,0 - 140,5	7,60 - 8,50
	160	160,0 - 160,5	8,90 - 9,70

CONTINUA

ÁGUA BOLSA CLASSE 20	40	40,0 - 40,3	2,30 - 3,10
	50	50,0 - 50,3	3,60 - 3,90
	60	60,0 - 60,3	4,30 - 4,70
	75	75,0 - 75,4	5,30 - 5,70
	85	85,0 - 85,4	6,10 - 6,60
	110	110,0 - 110,4	7,60 - 8,40
	140	140,0 - 140,5	10,00 - 10,70
	160	160,0 - 160,5	11,40 - 12,20
ELETRODUTO ROSCA	3/8	16,4 - 16,7	1,40 - 1,60
	1/2	20,6 - 21,0	1,80 - 2,20
	3/4	25,9 - 26,3	2,30 - 2,70
	1	32,9 - 33,2	2,30 - 2,70
	1.1/4	41,9 - 42,2	2,40 - 2,90
	1.1/2	47,4 - 47,8	2,50 - 3,00
	2	59,0 - 59,4	2,60 - 3,10
	2.1/2	74,7 - 75,1	3,30 - 3,80
	3	87,6 - 88,0	3,40 - 4,00
TUBOS PARA ESGOTO	40	40,0 - 40,3	1,20 - 1,50
	50	50,7 - 51,0	1,60 - 1,90
	75	75,5 - 75,9	1,70 - 2,10
	100	101,6 - 102,0	1,80 - 2,20
	150	150,0 - 150,4	2,00 - 2,30
TUBOS PARA TELEFONE	75-C/A	75,0 - 75,4	2,40 - 2,70
	100-C/A	100,0 - 100,4	2,40 - 2,70
	75-C/B	75,0 - 75,4	1,60 - 2,10
	100-C/B	100,0 - 100,4	1,80 - 2,10
ELETRODUTO SOLDÁVEL	16	16,0 - 16,3	1,00 - 1,40
	20	20,0 - 20,3	1,00 - 1,40
	25	25,0 - 26,3	1,00 - 1,40
	32	32,0 - 32,3	1,00 - 1,40
	40	40,0 - 40,4	1,00 - 1,50
	50	50,0 - 50,4	1,10 - 1,60
	60	60,0 - 60,4	1,30 - 1,60
	75	75,0 - 75,4	1,50 - 2,00
	85	85,0 - 85,4	1,60 - 2,40

```

$JOB          APIETSCH; TIME=7, PAGE=95
$NIEXT
C .
C .
C ESTE E O PROGRAMA DO TESE DE MESTRADO
C SENDO AUTOR ALEXANDRE GUILHERME AGUIAR PIETSCH
C .
C .
C DEFINE AS VARIÁVEIS DO BLOCO DUO
C .
C N1 EH O NUMERO DE MAQUINAS
C N2 EH O NUMERO DE PRODUTOS
C A1 E A2 SAO OS COEFICIENTES DAS ZONAS DE ACAD (A2) E DE
C ADVERTENCIA (A1).
C A E B SAO INTEROS PARA OS LACOS DO COMANDE DO.
1          INTEGER A,B,N1,N2
2          REAL A1,A2
C .
C .
C DEFINE AS VARIÁVEIS DO BLOCO DEIS
C .
C NOME EH VARIÁVEL LITERAL AUXILIAR.
C MAQ(12) EH INDEXACAO PARA ATEN DOZE MAQUINAS.
C PROD(66) EH INDEXACAO PARA OS ATEN 66 PRODUTOS.
C PERIODO EH A VARIÁVEL LITERAL REFERENTE A MES E ANO.
C I EH INTEIRO AUXILIAR PARA INDEXACAO DAS MAQUINAS.
C J EH INTEIRO AUXILIAR PARA A INDEXACAO DOS PRODUTOS.
3          CHARACTER*14 NAME,MAQ(12),PROD(66),PERIOD
4          INTEGER I,J
C EMIN EH A ESPESSURA MINIMA DA PAREDE.
C EMAX EH A ESPESSURA MAXIMA DA PAREDE.
C DEI EH DIAMETRO EXTERNO MINIMO
C DE2 EH DIAMETRO EXTERNO MAXIMO
C AMP(66) EH O VALOR (EMAX - EMIN) REFERENTE AOS 66 PRODUTOS.
C ESP(66) EH A INDEXACAO DA ESPESSURA MEDIA DA PAREDE.
C LIAD(66) EH O LIMITE INFERIOR DE ADVERTENCIA
C LSAD(66) EH O LIMITE SUPERIOR DE ADVERTENCIA.
C LSAC(66) EH O LIMITE SUPERIOR DE ACAD.
C DI(66) EH (DEI + DE2) 0.5
5          REAL DEI, DE2, EMIN,EMAX,AMP(66),ESP(66)
6          REAL LIAD(66),LSAD(66),LSAC(66),DI(66)
C .
C .
C DEFINE AS VARIÁVEIS DO BLOCO TRES
C .
C K EH O INTEIRO QUE FAZ O CONTROLE DA AMOSTRA.
C N EH O NUMERO DE AMOSTRAS, CADA UMA COMPOSTA POR SEIS
C VALORES REFERENTES A UMA DADA MAQUINA E A UM DADO PRODUTO.
7          INTEGER K,N
C S1 EH O INTEIRO REFERENTE AS AMOSTRAS NORMAIS.
C S2 EH O INTEIRO REFERENTE AS AMOSTRAS NA ZONA INFERIOR DO
C ADVERTENCIA.
C S3 EH A MESMA COISA PARA A ZONA SUPERIOR DE ADVERTENCIA.
C S4 EH A MESMA COISA REFERENTE A ZONA INFERIOR DE ACAD.
C S5 EH A MESMA COISA REFERENTE A ZONA SUPERIOR DE ACAD.
8          INTEGER S1, S2, S3, S4, S5

```



```

      C. CALCULA AMP(J),ESP(J),LIAD(J),LIAC(J),LSAD(J),LSAC(J)
      C. E D(J).
20      AMP(J)=EMAX - EMIN
20      ESP(J)= 0.5*(EMAX + EMIN)
20      LIAD(J)=ESP(J) - AMP(J)*A1
21      LIAC(J)=ESP(J) - AMP(J)*A2
22      LSAD(J)=ESP(J) + AMP(J)*A1
23      LSAC(J)=ESP(J) + AMP(J)*A2
24      D(J)= 0.5*(D1+D2)
25      2      CONTINUE
      C.
      C.
      C. ANALISA A SITUACAO POR MAQUINA , POR PRODUTO E POR MES
26      READ, PERIOD
27      K= 0
28      DO 3 A=1, NA
29      READ, J, N
      C. SE N= 100 HA CONDICAO DE PARADA POIS EH SUPOSTO QUE
      C. NUM MES NAO HA MAIS QUE 99 AMOSTRAS DE UM DADO PRODUTO.
40      IF(N.E.100)GOTO 43
41      PRINT 100, 'SITUACAO', MAQ(A), PERIOD
42      100      FORMAT(1,3X,A10,2X,A14,2X,A14)
43      END IF
      C.
      C.
      C. ELABORA O BLOCO TRES
      C.
44      WHILE(N.E.100)DO
      C. INICIALIZA O ESTADO DA SITUACAO DE UMA DADA MAQUINA E DE UM
      C. DADO PRODUTO NO MESMO PERIODO.
45      S1=0
46      S2=0
47      S3=0
48      S4=0
49      S5=0
50      MPM=0.
51      MESP=0.
52      MOPM=0.
53      MQESP=0.
54      SMT=0.
55      SKG=0.
56      SRJ=0.
57      SVR=0.
58      CC=0.
59      PRINT, ' ', PROD(J)
60      PRINT 101, 'AMOSTRA', 'ESP MEDIA', 'OBSERVACAO'
61      101      FORMAT(1,3X,A9,2X,A11,2X,A12)
62      DO 4 B=1, N
63      READ, DIA, P1, PM2, PM3, PM4, PM5, PM6
64      READ, ESP1, ESP2, ESP3, ESP4, ESP5, ESP6, MT, KG, RJ
65      CC=CC+P1*ESP1+P2*ESP2+P3*ESP3
66      CC=CC+P4*ESP4+P5*ESP5+P6*ESP6
67      MPM=MPM+P1+P2+P3+P4+P5+P6
68      MESP=MESP+ESP1+ESP2+ESP3+ESP4+ESP5+ESP6
69      MOPM=MOPM+P1**2+P2**2+P3**2
70      MOPM=MOPM+P4**2+P5**2+P6**2
71      MQESP=MQESP+ESP1**2+ESP2**2+ESP3**2
72      MQESP=MQESP+ESP4**2+ESP5**2+ESP6**2

```

```

73      K=K+1
74      SMT=SMT+MT
75      SKG=SKG+KJ
76      SRJ=SRJ+RJ
C
C CALCULA FINALMENTE A MEDIA DA ESPESSURA DA PAREDE.
77      EP(K)=+(ESP1+ESP2+ESP3+ESP4+ESP5+ESP6)/6.
C
C DA AS CONDICÖES DE CADA AMOSTRA DE SEIS ELEMENTOS E BANDA
C IMPRIMIR O RESULTADO.
78      IF((LSAC(J).GT.EP(K).AND.EP(K).GT.LIAD(J)))THEN DO
79          S1=S1+1
80          PRINT 102,K,EP(K),'NORMAL'
81      102      FORMAT(' ',6X,I9,2X,F9.2,4X,A18)
82      END IF
83      IF((LIAD(J).GE.EP(K).AND.EP(K).GT.LIAC(J)))THEN DO
84          S2=S2+1
85          PRINT 103,K,EP(K),'INF. ADV.'
86      103      FORMAT(' ',6X,I9,2X,F9.2,4X,A18)
87      END IF
88      IF((LSAC(J).GT.EP(K).AND.EP(K).GE.LSAC(J)))THEN DO
89          S3=S3+1
90          PRINT 104,K,EP(K),'SUP. ADV.'
91      104      FORMAT(' ',6X,I9,2X,F9.2,4X,A18)
92      END IF
93      IF((LIAC(J).GE.EP(K)))THEN DO
94          S4=S4+1
95          PRINT 105,K,EP(K),'INF. ACAC - ANORMAL'
96      105      FORMAT(' ',6X,I9,2X,F9.2,4X,A18)
97      END IF
98      IF((EP(K).GE.LIAC(J)))THEN DO
99          S5=S5+1
100         PRINT 106,K,EP(K),'SUP. ACAC - ANORMAL'
101     106         FORMAT(' ',6X,I9,2X,F9.2,4X,A18)
C
C ESTIMA O VOLUME PERDIDO EM METROS CUBICOS DA MATERIA PRIMA.
102         VP = 3.1415*(J(J)-EP(K)-LSAC(J))
103         VP = VP*(EP(K) - LSAC(J))*MT*0.00001
104         SVP=SVP+VP
105         PRINT 107,'VOLUME ESTIMADO PERDIDO=',VP
106     107         FORMAT(' ',11X,A26,1X,F6.2)
107         END IF
108     4         CONTINUE
C
C CALCULA O COEFICIENTE DE CORRELACAO ENTRE ESPESSURA DA PAREDE E
C PESO POR METRO, SUPONDO QUE OS DESVIOS PADROES DESTAS DUAS VA-
C RIÁVEIS SAO DIFERENTES DE ZERO. NA PRÁTICA, ISTO QUASE SEMPRE
C OCORRE, E EM VÁRIAS DE INTEIRA DE CONTROLE.
109         R = 0
110         CC = N*MM*CC
111         CC = CC - MESP*4PM
112         CC1=6.*N*MM*DESPI - MESP**2
113         CC2=6.*N*MM*DP4 - MP4**2
114         IF((CC1.EQ.0.OR.CC2.EQ.0))THEN DO
115             R = 3
116             PRINT, 'ERRO ** IMPOSSIVEL CALCULO DE CC '
117         END IF
C
C IMPRIME RESULTADOS GLOBAIS
118         PRINT, 'RESUMO'

```

```

119 PRINT 109, 'A43 TRAS NORMAIS=', S1
120 100 FORMAT(' ', 6, A19, IX, I2)
121 PRINT 109, 'A43 TRAS LIAD...=', S2
122 109 FORMAT(' ', 6, A19, IX, I2)
123 PRINT 110, 'A43 TRAS LSAD...=', S3
124 110 FORMAT(' ', 6, A19, IX, I2)
125 PRINT 111, 'A43 TRAS LIAC...=', S4
126 111 FORMAT(' ', 6, A19, IX, I2)
127 PRINT 112, 'A43 TRAS LSAC...=', S6
128 112 FORMAT(' ', 6, A19, IX, I2)
129 PRINT 113, 'PERDA ESTIMADA TOTAL EM M**3...=', SV2
130 113 FORMAT(' ', 94, A34, IX, F6.2)
131 IF (P.EQ.0) THEN DO
132 CC1=SQRT(CC1)
133 CC2=SQRT(CC2)
134 CC=CC/(CC1*CC2)
135 IF (CC.GT.1) THEN DO
136 CC = 1
137 END IF
138 IF (CC.LT.-1) THEN DO
139 CC = -1
140 END IF
141 PRINT 114, 'COEF DE CORR ENTRE P E ESP PAR=', CC
142 114 FORMAT(' ', 90, A34, IX, F6.2)
143 END IF
144 PRINT 115, 'MT#', S4I, 'QUILLES=', SK, 'R#J=', SRJ
145 115 FORMAT(' ', 6K, 13, F8.1, IX, A9, IX, F8.1, IX, A11, IX, F8.2)
146 PRINT, '*'
147 PRINT, '*****'
148 PRINT, '*'
149 READ, J, N
150 END WHILE
151 3 CONTINUE
152 STOP
153 END

```

RETRY

SITUACAO MAQ 1 MATO  
 AR 3/4  
 AMOSTRA 1 ESP MEDIA 2.70 OBSERVACAO NORMAL

E. S. J. M. O.  
 AMOSTRAS NORMAIS = 1  
 AMOSTRAS LIAD... = 0  
 AMOSTRAS LSAD... = 0  
 AMOSTRAS LIAC... = 0  
 AMOSTRAS LSAC... = 0

PERDA ESTIMADA L. I. A. L. M. B. ... = 0.00  
 COEF DE CORR ENTRE M E ESP PAR = 0.00  
 MT = 1000.0 QUILOS = 1000.0 REJ = 61.00

\*  
 \*\*\*\*\*  
 \*

SITUACAO MAQ 10

MAID

AR 1

AMOSTRA ESP MEDIA

OBSERVACAO

2 3.30

NORMAL

ERRO \*\* IMPOSSIVEL CALCULO DE ...

P E S U M I

AMOSTRAS NORMAIS= 1

AMOSTRAS LIAD...= 0

AMOSTRAS LSAD...= 0

AMOSTRAS LIAC...= 0

AMOSTRAS LSAC...= 0

PERDA ESTIMADA TOTAL EM M\*\*3...= 0.00

MT= 100.0 QUILOS= 100.0

REJ= 3.00

\*\*\*\*\*

CPU USAGE OBJECT CODE= 7096 BYTES, ARRAY AREA= 4840 BYTES, TOTAL ...

DIAGNOSTICS NUMBER OF ERRORS= 0, NUMBER OF WARNINGS= 0, ...

CPU TIME= 2.22 SEC, EXECUTION TIME= 0.10 SEC, MATIIV - JUL 1971 ...

ESPECIFICACAO DOS PRODUTOS

63

COD	PRODUTO	LIAC	LIAD	MEDIA	LSAD	LSAC
.1AR	3/8	2.00	2.06	2.15	2.24	2.30
.2AR	1/2	2.50	2.56	2.65	2.74	2.80
.3AR	3/4	2.60	2.66	2.75	2.84	2.90
.4AR	1	3.20	3.27	3.40	3.53	3.60
.5AR	1.1/4	3.10	3.16	3.25	3.34	3.40
.6AR	1.1/2	3.50	3.56	3.65	3.74	3.80
.7AR	2	3.70	3.76	3.85	3.94	4.00
.8AR	2.1/2	4.20	4.27	4.40	4.53	4.60
.9AR	3	4.60	4.67	4.80	4.93	5.00
.10AR	4	5.00	5.07	5.20	5.33	5.40
.11AB	40/12	2.20	2.26	2.35	2.44	2.50
.12AB	50/12	2.30	2.36	2.45	2.54	2.60
.13AB	60/12	2.70	2.77	2.90	3.03	3.10
.14AB	75/12	3.40	3.47	3.60	3.73	3.80
.15AB	85/12	3.90	3.99	4.15	4.31	4.40
.16AB	110/12	5.00	5.11	5.30	5.49	5.60
.17AB	140/12	6.40	6.53	6.75	6.97	7.10
.18AB	160/12	7.30	7.45	7.70	7.95	8.10
.19AB	16/15	1.50	1.56	1.65	1.74	1.80
.20AB	20/15	1.50	1.56	1.65	1.74	1.80
.21AB	25/15	1.70	1.76	1.85	1.94	2.00
.22AB	32/15	2.10	2.17	2.30	2.43	2.50
.23AB	40/15	2.40	2.47	2.60	2.73	2.80
.24AB	50/15	3.00	3.07	3.20	3.33	3.40
.25AB	60/15	3.30	3.39	3.55	3.71	3.80
.26AB	75/15	4.20	4.29	4.45	4.61	4.70
.27AB	85/15	4.70	4.81	5.00	5.19	5.30
.28AB	110/15	6.10	6.21	6.40	6.59	6.70
.29AB	140/15	7.80	7.93	8.15	8.37	8.50
.30AB	160/15	8.90	9.05	9.30	9.55	9.70
.31AB	40/20	2.80	2.86	2.95	3.04	3.10
.32AB	50/20	3.60	3.66	3.75	3.84	3.90
.33AB	60/20	4.30	4.37	4.50	4.63	4.70
.34AB	75/20	5.30	5.37	5.50	5.63	5.70
.35AB	85/20	6.10	6.19	6.35	6.51	6.60
.36AB	110/20	7.80	7.91	8.10	8.29	8.40
.37AB	140/20	10.00	10.13	10.35	10.57	10.70
.38AB	160/20	11.40	11.55	11.80	12.05	12.20
.39ER	3/8	1.40	1.47	1.60	1.73	1.80
.40ER	1/2	1.80	1.87	2.00	2.13	2.20
.41ER	3/4	2.30	2.37	2.50	2.63	2.70
.42ER	1	2.30	2.37	2.50	2.63	2.70
.43ER	1.1/4	2.40	2.49	2.65	2.81	2.90
.44ER	1.1/2	2.50	2.59	2.75	2.91	3.00
.45ER	2	2.60	2.69	2.85	3.01	3.10
.46ER	2.1/2	3.30	3.39	3.55	3.71	3.80
.47ER	3	3.40	3.51	3.70	3.89	4.00
.48ER	4	4.10	4.19	4.35	4.51	4.60
.49ESG	40	1.20	1.26	1.35	1.44	1.50
.50ESG	50	1.60	1.66	1.75	1.84	1.90
.51ESG	75	1.70	1.77	1.90	2.03	2.10
.52ESG	100	1.80	1.87	2.00	2.13	2.20
.53ESG	150	2.00	2.06	2.15	2.24	2.30
.54TEL	75-C/A	2.40	2.46	2.55	2.64	2.70
.55TEL	100-C/A	2.40	2.46	2.55	2.64	2.70
.56TEL	75-C/B	1.80	1.86	1.95	2.04	2.10
.57TEL	100-C/B	1.80	1.86	1.95	2.04	2.10

•58EB	16	1.00	1.07	1.20	1.33	1.40
•59EB	20	1.00	1.07	1.20	1.33	1.40
•60EB	25	1.00	1.07	1.20	1.33	1.40
•61EB	32	1.00	1.07	1.20	1.33	1.40
•62EB	40	1.00	1.09	1.25	1.41	1.50
•63EB	50	1.10	1.19	1.35	1.51	1.60
•64EB	60	1.30	1.39	1.55	1.71	1.80
•65EB	75	1.50	1.59	1.75	1.91	2.00
•66EB	95	1.80	1.91	2.10	2.29	2.40

MODELO DO MAPA TRIMESTRAL

MÁQUINA _____	TRIESTRE _____										
Preçote											SOMA
Situaçã da amostra											
NORMAL											
LIAD											
LSAD											
LIAC											
LSAC											
SOMA											
CA ( coefi- ciente de atuaçã )											
<p align="center">Coeficiente de atuação da máquina _____</p> <p><u>Observações</u></p>											

MAPA PRINCIPAL DO PERÍODO

PRODUTO	MÁ- QUI- NA	CA	N	S4	S5	SNT (em metros)	SKG (em qui- les)	SRJ (em qui- les)	PP
ESG 40	6	3,40	11	9	0	54270	11568	1054	0,091
ESG 40	7	2,76	19	16	0	71460	15119	1437	0,095
ESG 50	5	3,02	19	17	0	52866	17934	1354	0,075
ESG 50	7	2,50	8	8	0	13770	4736	423	0,069
ESG 75	2	9,37	6	0	0	16350	10687	1428	0,133
ESG 75	3	7,91	12	1	0	31590	20405	1920	0,094
ESG 75	10	7,50	3	1	0	6480	4183	306	0,073
ESG 100	1	9,28	14	0	0	48955	44151	3873	0,087
ESG 100	3	2,50	35	35	0	50915	42342	7790	0,183
ESG 150	1	5,50	5	5	0	10326	15895	1528	0,096
TEL 100-C/A	1	10,0	7	0	0	16710	20240	340	0,016
AR 1/2	8	6,66	6	0	1	54720	12495	260	0,020
AR 1/2	10	8,33	9	0	1	69300	15445	650	0,042
AR 3/4	9	7,09	31	0	6	234066	74074	1395	0,018
AR 1	9	8,21	14	2	0	59760	24621	1029	0,041
AE 1.1/4	9	5,00	7	0	2	25140	15641	256	0,016
AE 1.1/4	10	1,00	5	0	4	12240	8378	176	0,021
AR 1.1/2	8	2,50	2	2	0	12240	2830	57	0,020
AR 1.1/2	10	0,00	7	0	7	16110	13728	815	0,059
AR 2	1	2,50	4	0	3	8070	7668	443	0,057
AR 2	10	7,91	6	1	0	11580	11287	787	0,069
AR 4	1	5,00	1	0	0	324	814	17	0,020
ER 1/2	4	9,00	5	0	0	19710	3405	279	0,091
ER 1/2	5	1,00	5	0	4	22770	4192	395	0,094
ER 1/2	6	7,95	27	5	0	118369	20910	1193	0,057
ER 3/4	7	7,01	36	10	0	115382	30082	2137	0,071
ER 1	2	8,75	4	0	0	16880	6375	519	0,081
ER 1	6	9,84	16	0	0	44490	16669	1196	0,071
ER 1.1/4	2	10,0	5	0	0	14490	7603	1026	0,133
ER 1.1/2	3	2,50	2	0	1	4620	3054	360	0,117
ER 2	2	5,83	9	3	0	20765	15210	2152	0,161
ER 2.1/2	2	8,33	3	0	0	3060	3846	623	0,161
ER 3	2	10,0	6	0	0	3867	5825	1482	0,254

ER 4	2	1,66	3	0	2	915	2717	1348	0,496
AB 40 C/12	9	7,22	5	2	0	38820	16971	457	0,028
AB 60 C/12	10	0,00	1	0	1	18486	15253	636	0,041
AB 85 C/12	10	10,0	1	0	0	4860	1470	0	0,000
AB 20 C/15	8	7,40	25	6	0	247680	52953	2557	0,044
AB 20 C/15	9	7,18	8	1	1	90540	13294	590	0,044
AB 25 C/15	8	6,52	23	0	5	205450	40773	900	0,022
AB 32 C/15	8	10,0	4	0	0	27960	6963	223	0,024
AB 60 C/15	10	7,91	6	1	0	7410	6591	460	0,069
AB 60 C/15	1	6,25	5	2	1	16710	20213	340	0,016
AB 60 C/20	1	6,25	2	1	0	3370	4487	294	0,086
AB 60 C/20	10	3,21	16	2	7	9510	9335	264	0,026
EB 15	7	2,59	2	0	1	11700	948	43	0,045
EB 20	4	9,23	45	0	0	254430	28830	2179	0,075
EB 20	5	10,0	12	0	0	71230	7928	1074	0,155
EB 25	4	6,15	13	0	0	52380	6755	613	0,092
EB 25	5	3,75	16	0	10	79280	12744	1060	0,083
EB 32	6	6,33	5	0	0	10020	2023	179	0,068
EB 40	6	10,0	2	0	0	9210	2135	183	0,025
EB 50	5	10,0	2	0	0	7520	2457	249	0,101
EB 50	6	10,0	1	0	0	2700	888	139	0,156
SOPAS						243053	771689	52490	

MAPA DA PRESCRIÇÃO DA MUDANÇA DE MÁQUINAS

PRODUTO QUE VAI MUDAR	MÁ-QUI-NA ANTERIOR	MÁ-QUI-NA NOVA	PP ANT.	PP NOVO	SRJ	$\Delta S_i$ A SUBTRAIR $E_i$ $\Delta S_j$ A SOMAR NOVO CA GLU-BAL
ESG 40	7	6	0,095	0,091	-62	-
ESG 50	7	5	0,089	0,075	-68	-
ESG 75	2	10	0,133	0,073	-648	-
ESG 75	3	10	0,094	0,073	-431	-
ESG 100	3	1	0,185	0,087	-4107	$\Delta S_5 = 35$ $\Delta S_4 = -35$
AR 1/2	10	8	0,042	0,020	-342	-
AR 1.1/4	10	9	0,021	0,016	-42	-
AR 2	10	1	0,059	0,057	-144	-
AR 1.1/2	10	8	0,059	0,020	-541	$\Delta S_5 = -7$ $\Delta S_4 = 7$
ER 1/2	4	6	0,081	0,057	-85	-
ER 1/2	5	6	0,094	0,057	-157	$\Delta S_5 = -4$ $\Delta S_4 = 4$
ER 1	2	6	0,081	0,071	-67	-

AB 60 C/20	1	10	0,055	0,026	-180	-
EB 20	5	4	0,135	0,075	-480	-
EB 25	4	5	0,092	0,083	- 97	-
EB 5L	6	5	0,156	0,101	- 50	-

MAPA DA MUDANÇA GLOBAL NAS MÁQUINAS

MÁQUINA	$\begin{pmatrix} \text{SMT} \\ \text{SKG} \\ \text{SRJ} \end{pmatrix}_{\text{ant}}$ COLUNA A	$\Delta \begin{pmatrix} \text{SMT} \\ \text{SKG} \\ \text{SRJ} \end{pmatrix}$ COLUNA B	$\begin{pmatrix} \text{SMT} \\ \text{SKG} \\ \text{SRJ} \end{pmatrix}_{\text{atual}}$ COLUNA C = = A + B
1	$\begin{pmatrix} 104963 \\ 113431 \\ 6835 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 58625 \\ 49222 \\ 4032 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 163588 \\ 162653 \\ 10867 \end{pmatrix}$
2	$\begin{pmatrix} 76405 \\ 52268 \\ 8558 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -33330 \\ -17062 \\ -1947 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 43075 \\ 35206 \\ 6611 \end{pmatrix}$
3	$\begin{pmatrix} 87125 \\ 65811 \\ 10070 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -82505 \\ -62747 \\ -9710 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 4620 \\ 3064 \\ 360 \end{pmatrix}$
4	$\begin{pmatrix} 326520 \\ 40990 \\ 3271 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -810 \\ -4232 \\ -498 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 325710 \\ 36758 \\ 2773 \end{pmatrix}$
5	$\begin{pmatrix} 233736 \\ 45255 \\ 4132 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -25200 \\ 2259 \\ -299 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 208536 \\ 47514 \\ 3833 \end{pmatrix}$
6	$\begin{pmatrix} 239118 \\ 54193 \\ 3936 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 128220 \\ 28203 \\ 2120 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 367338 \\ 82396 \\ 6056 \end{pmatrix}$
7	$\begin{pmatrix} 212312 \\ 50835 \\ 4040 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -85230 \\ -19855 \\ -1860 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 127082 \\ 30980 \\ 2180 \end{pmatrix}$
8	$\begin{pmatrix} 546050 \\ 116025 \\ 3797 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 85410 \\ 29173 \\ 582 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 631460 \\ 147198 \\ 4379 \end{pmatrix}$
9	$\begin{pmatrix} 448326 \\ 144601 \\ 3757 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 12240 \\ 8378 \\ 134 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 460566 \\ 152979 \\ 3891 \end{pmatrix}$
10	$\begin{pmatrix} 155976 \\ 86260 \\ 4094 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -57420 \\ -13339 \\ -45 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 98556 \\ 72941 \\ 4049 \end{pmatrix}$
S O M A	$\begin{pmatrix} 2430531 \\ 771689 \\ 52490 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -7491 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 2430531 \\ 771689 \\ 44999 \end{pmatrix}$

MODELO DO MAPA MENSAL

MÁQUINA _____	MÊS _____								
Produto									SOMA
Situação de amostra									
NORMAL									
LIAD									
LSAD									
LIAC									
LSAC									
SOMA									
PERDA ESTIMADA DA MATÉRIA PRIMA EM METROS CÚBICOS									
CC									
<u>Observações</u>									

## BIBLIOGRAFIA

Besterfield, Dale H. - Quality Control (Prentice Hall, Inc.-1979)

Bickel, P. J. - Mathematical Statistics (Holden Day, Inc. - 1971)

Costa, José de J. da Serra - Tópicos de Pesquisa Operacional.

(Editora Rio, 1975).

Cruz, José - Amostragem Estatística - Noções Básicas (Edição da

Universidade Federal de Sergipe-1978).

Filho, Ruy de C. B. Lourenço - Controle Estatístico de Qualidade

(Livros Técnicos e Científicos Editora  
1977).

Haskell, Richard E. - Fortran Programming (Science Research

Associates, Inc. - 1978).

Kaufmann, Arnold - A Ciência da Tomada de decisão (Zahar Editores

1975).

Lieberman, Gerald e Hillier - Operations Research (Holden Day,

Inc. - 1974).

Mirshawka, Victor - Elementos de Pesquisa Operacional (Livraria

Nobel S.A. - 1977).

Weber, Hans Hermann - Introdução à Pesquisa Operacional (Editora

Universitária da Universidade Federal  
da Paraíba - 1977).