

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

PROJETO MECÂNICO

UM SISTEMA DE CONTROLE PARA UM
MISTURADOR DE
FERTILIZANTES GRANULADOS

autor: Kemen Sander Suen

orientador: Prof. Octávio Maizza Neto

- 1988 -

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho de Formatura, enfeixando cinco anos de estudos superiores, aos meus queridos pais e à minha Vivi que foram os grandes incentivadores em toda a minha vida estudantil e que me acompanharam durante todos esses anos, até a conclusão do meu curso de Engenharia.

Estendo aqui os meus sinceros agradecimentos a todos àqueles que tornaram possível a realização deste trabalho.

Kemen Sander Suen

À minha família,

Paulo, Silvia, Suzy, Alberto e Vivi

e a todos aqueles

que compreendem o amor

como um sentimento

simples, a tal ponto que

não depende da euforia da paixão;

positivo, a tal ponto que

impede a presença destrutiva da

angústia;

discreto, a tal ponto que dispensa

a necessidade insegura da

exteriorização;

concreto, a tal ponto que

suplanta o cansaço decadente da

rotina;

sutil, a tal ponto que

passa despercebido ...

SUMÁRIO

O presente trabalho trata de um projeto de um sistema de controle para um equipamento que produz fertilizantes mistos.

A indústria produz em regime intermitente sob encomenda, e necessitando de uma maior flexibilidade em uma de suas unidades misturadoras, procurou automatizar o processo com a finalidade de otimizá-lo. Em uma primeira abordagem pode-se afirmar que eliminar-se-ão os tempos mortos, inseridos na atividade exercida pelo operador da cabine de comando de válvulas. Assim as tarefas repetitivas serão executadas por um comando elétrico, eletrônico onde serão programadas todas as etapas do processo de mistura.

ÍNDICE

	Pág.
CAPÍTULO I - Introdução	01
1.1. A Empresa	01
1.2. O Estágio	02
CAPÍTULO II - Objetivos de um Sistema de Controle ..	03
2.1. O Problema Geral de Controle	04
2.2. O Conceito de Realimentação	07
2.3. Sua Importância Tecnológica	11
2.4. Um Pouco de História da Realimentação	14
CAPÍTULO III - Características Operacionais da	
Empresa	18
3.1. Linha de Produtos	19
3.2. Matérias-Primas	22
3.3. Roteiro de Produção	25
3.4. Sistema de Distribuição e Comercialização	
dos Produtos	32
CAPÍTULO IV - Mercado de Fertilizantes	41
4.1. Demanda de Fertilizantes no Brasil	42
4.2. Técnicas de Previsão da Demanda	45
4.3. Mercado da Empresa	48
CAPÍTULO V - Formulação do Problema	54

CAPÍTULO VI - Análise e Solução do Problema	58
6.1. Os Modelos Matemáticos	59
6.2. Os Dados Coletados e Modelo Matemático	60
6.3. Equacionamento do Problema	64
6.3.1. Equacionamento do Reservatório da Balança	67
6.4. Tratamento Analítico e Cálculo das Funções de Transferência	70
CAPÍTULO VII - Simulação do Sistema	75
7.1. Introdução	76
7.2. Utilização do Programa CONTROL CAD	77
7.3. Simulação	81
CAPÍTULO VIII - Seleção do Controlador	85
8.1. Introdução	86
8.2 Alternativas e Escolha da Solução	89
CAPÍTULO IX - Conclusão	105
BIBLIOGRAFIA	107

ANEXOS

DESENHOS

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

1. Introdução

1.1. A Empresa

A Empresa foi fundada em 1936 com a aquisição de "Cimento Róseo", com sede à rua São Bento, em São Paulo. Em 1938 o nome foi alterado para Cibra - Cimentífera Brasileira.

Em 1940 iniciou-se a comercialização de adubos fosfatados e finalmente, em 1945, a Cibra passou à denominação atual: Quimbrasil - Química Industrial Brasileira S/A, produtora de insumos agropecuários, ficando destinado a uma associada do grupo a produção e comercialização de cimento.

As instalações foram se ampliando e hoje a empresa conta com quatro centros produtivos assim distribuídos:

- PIS - Parque Industrial São Paulo - situada na divisa Santo André/São Caetano.
- PIJ - Parque Industrial Jacutinga - situado na região de Jacupiranga.
- Fábrica de Ponta Grossa - situada na região de Ponta Grossa.
- Fábrica de Uberaba - situada na região de Uberaba.

Além das fábricas existe uma rede de produtos de venda e depósitos que formam o sistema de comercialização dos produtos.

1.2. O Estágio

O estágio foi desenvolvido de Janeiro a Dezembro com objetivos pré-determinados pela empresa, ou seja, elaboração de um sistema de PPCP e participação no departamento de projetos para a execução dos programas em andamento. Durante as primeiras semanas conhecemos os centros produtivos do PIJ e do PIS, já que estas possuem todos os tipos de equipamentos da empresa.

Nos períodos seguintes coletamos as informações necessárias junto às áreas diretamente envolvidas - PCP, controladoria, PIS.

Na fase seguinte, identificamos os problemas existentes e a origem destes, através da análise do conteúdo das diversas informações coletadas.

Finalmente, procuramos obter uma solução coerente com os objetivos e reais necessidades da empresa, originando, assim, o sistema proposto.

CAPÍTULO II

2. OBJETIVOS DE UM SISTEMA DE CONTROLE

2. Objetivos de um Sistema de Controle

2.1. O Problema Geral de Controle

Controle Automático tem sido neste século, uma tecnologia de mais profunda repercussão; sua importância provém não só de substituir o trabalho humano nas tarefas monótonas e/ou cansativas, mas também, e principalmente, do fato de permitir sensível melhoria na qualidade dos processos, com pequena elevação nos custos dos equipamentos. A pedra fundamental deste avanço é a realimentação de sinais, fato que esperamos demonstrar ao longo do trabalho.

Em princípio, qualquer grandeza física pode ser controlada, isto é, pode ter seu valor intencionalmente alterado. Obviamente, há limitações práticas; uma das inevitáveis é a restrição da energia de que dispomos para afetar os fenômenos: por exemplo, a maioria das variáveis climatológicas pode ser medida mas não controlada, por causa da ordem de grandeza da energia envolvida.

O controle manual implica em ter-se um operador presente ao processo criador de uma variável física e que, de acordo com alguma regra de seu conhecimento opera um aparelho qualquer (válvula, alavanca, chave, "elemento de controle"), que por sua vez produz alterações naquela variável (Fig. 2.1.a).

O controle diz-se automático quando uma

parte, ou totalidade, das funções do operador é realizada por um equipamento, freqüente mas não necessariamente eletrônico.

Controle automático a realimentação é o equipamento automático que age sobre o elemento de controle baseando-se em informações de medida da variável controlada (Fig. 2.1.b.). As vantagens deste equipamento sobre o operador humano são, em geral: custo, constância de trabalho, rapidez, precisão; sua desvantagem essencial é a incapacidade para reagir a perturbações e acidentes, além daqueles previstos em seu projeto. Exemplo: controle termostático da temperatura de um refrigerador.

O controle automático a programa envolve a existência de um programa de ação, que cumpre com base no decurso de tempo ou a partir de modificações eventuais em variáveis externas do sistema.

No primeiro caso temos um programa temporal e, no segundo, um programa lógico.

A aplicação do programa ao processo faz-se modernamente por meios eletrônicos, sem contudo evitar a séria objeção de que o sistema ignora o que está realmente ocorrendo com a variável controlada. Por isto mesmo, há quem chame este controle não de automático e sim de mecanizado.

A automação envolve um sistema capaz de escolher os programas e os valores desejados das variáveis do processo, baseado nas medidas das saídas, das entradas e das perturbações, e tendo como objetivo atingir certa

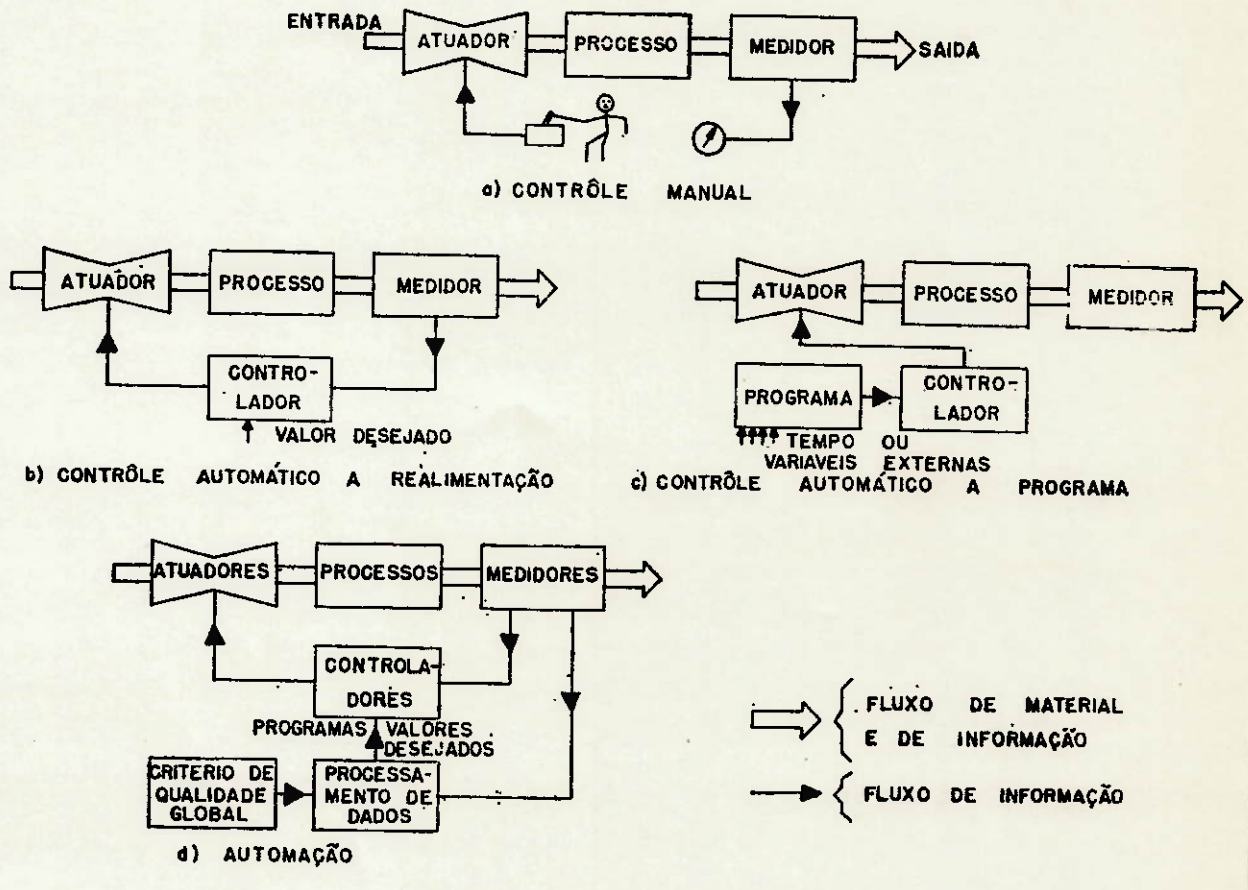


fig. 2.1

qualidade global do processo; geralmente este objetivo é o de maximizar uma função de expressão analítica complexa, ligada diretamente a custo, qualidade, duração do processo, etc. O controlador geralmente inclui um computador digital para cálculos necessários e para o processamento dos dados (Fig. 2.1.d.).

2.2. O Conceito de Realimentação

Realimentação é um fenômeno freqüente na natureza e nas máquinas. Nosso objetivo é estudar os casos em que existem importantes conseqüências da realimentação e, em especial, os casos de realimentação intencionalmente criada para melhor controlar o valor de alguma variável física.

Sistema de controle a realimentação é uma combinação de elementos com a finalidade de manter uma ou mais variáveis do sistema iguais a uma ou mais correspondentes variáveis externas, combinação essa que respeita a uma regra essencial: a ação do sistema é determinada, pelo menos em parte, pelas próprias variáveis do sistema. As variáveis do sistema que são objeto de controle são chamadas de saída; as externas que servem de guia para o controle são ditas de entrada.

Freqüentemente ocorre que:

a) a finalidade da combinação só é perfeitamente atingida em parte do tempo ou para alguns valores dos sinais de entrada, e

b) a energia correspondente às variáveis de saída não provém das de entrada, mas de uma fonte independente.

Um exemplo de grande clareza, porque permite ao leitor colocar-se na situação do componente fundamental de um sistema de controle complexo, é o seguinte: imagine-se o leitor em uma sala fechada onde há apenas um instrumento de ponteiro e um botão de comando giratório (Fig. 2.2.) sem nenhum conhecimento do que está ligado a ele, a função do leitor é definida: manter o ponteiro no centro da escala por meio da rotação do botão de comando, visto que há uma relação de causa e efeito entre essa rotação e a variável medida pelo instrumento. Suponha conhecido o sentido da relação de causa e efeito, isto é, que virar o botão para a

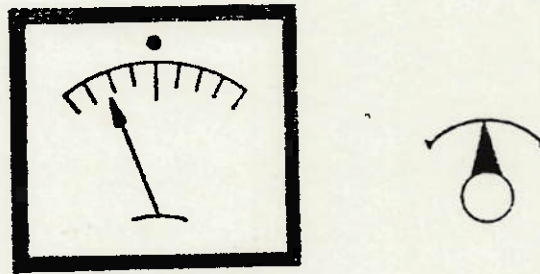


fig. 2.2.

direita leva a desvios finais do ponteiro também para a direita.

É claro que o sistema externo à sala, e o leitor, constituem um sistema de controle a realimentação: a ação sobre o botão afeta a posição do ponteiro e aquela ação será determinada pelo menos em parte pela observação do próprio sistema.

Imagine o leitor que, por razão desconhecida, o ponteiro começa a mover-se para a esquerda do centro da escala; a reação óbvia é girar o botão para a direita, um pouco, de início. Suponha que o ponteiro pareça não reagir; a solução é girar mais e mais até o fim do curso do botão. Imagine que agora o ponteiro começa a voltar para o centro, e com velocidade crescente; no momento em que parece que o ponteiro provavelmente ultrapassará o centro, o leitor inicia rotação de controle para a esquerda. Após algumas tentativas, talvez infelizes, de conservar o ponteiro no centro, o leitor aprenderá algo sobre a dinâmica do sistema sob sua ação, bem como sobre controlar as perturbações do mesmo, e melhorará seu desempenho como controlador. Talvez o melhor resultado seja obtível com idas e vindas rápidas e completas até os fins do curso, esquerdo e direito; talvez lentos e cuidadosos movimentos do botão em torno da sua posição central, dentro de apenas 15 ou 20 resolvam melhor o problema; talvez a velocidade dos movimentos do ponteiro seja fundamental para fixar o ajuste do botão. Tudo depende do que está por traz do medidor e do botão de controle.

Se, porém, a função do leitor é projetar um aparelho que estabilize o ponteiro no centro da escala, ou então se é melhorar o comportamento de um estabilizador já existente, o aprendizado sobre a dinâmica e sobre as perturbações do sistema tem de ser feito antes do projeto e expresso em termos técnicos. Muitos dos métodos apresentados neste texto tem este objetivo como um de seus principais.

A situação descrita é praticamente a mesma de um piloto de barco que, observando o rumo na bússola e comandando o leme para alterá-lo, tenta manter o seu rumo constante.

É fácil verificar neste caso a definição de controle a realimentação: o sistema visa simplesmente a manutenção de uma saída constante (rumo constante); sua principal função é a de compensar o efeito das perturbações acidentais do rumo, por meio dos movimentos do leme. Essa constante redução dos efeitos das perturbações é uma qualidade importante que se obtém com controle a realimentação. A um engenheiro de controle automático pode ser dada a tarefa de projetar a substituição do piloto nessa função altamente monótona de manter um rumo fixo; neste caso, são importantes as características dinâmicas de todos os componentes, inclusive as dos sinais que o meio aplica ao barco.

A igualdade perfeita entre variáveis de saída e de entrada é, para sinais e perturbações quaisquer, inatingível. Torna-se necessário definir quantitativamente

afastamentos daquela igualdade que são permitidos dentro de tais e tais condições de trabalho, quando em regime transitório ou quando em regime permanente. Tais dados constituem critérios de qualidade, pelos quais os sistemas podem ser comparados e escolhidos para as aplicações.

2.3. Sua Importância Tecnológica

Sem dúvida, o conceito mais importante em controle automático é o de realimentação. É incalculável o número de aplicações intencionais de realimentação nos aparelhos domésticos e industriais. Basta considerar que ela é essencial para o funcionamento satisfatório de: nas residências, aquecimento central de água, condicionamento de ar, refrigeração, manutenção de nível de caixa d'água, controle automático de volume ou ganho nos receptores de rádio, alta fidelidade na reprodução de fitas ou discos; nos automóveis, regulador automático de voltagem, válvula termostática para fluxo de água no motor, e mais modernamente, "direção hidráulica"; na indústria, os estabilizadores de voltagem alternada e contínua, os de velocidade, de temperatura, de pressão, de nível de líquidos e sólidos, de pH, as máquinas-ferramenta datadas automáticas os laminadores, os grupos auxiliares para produção de energia elétrica. Nos meios de transporte aéreo e marítimo há enorme variedade de sistemas a realimentação, às vezes muito complexos e precisos; nos laboratórios, a maioria dos

aparelhos de medida de alta precisão e estabilidade dependem fundamentalmente da realimentação.

Dentre essas aplicações pode-se distinguir: reguladores, sistemas cujo objetivo primordial é manter as variáveis de saída constantes ou lentamente variáveis no tempo; servomecanismos ou servo-sistemas, cujo objetivo primordial é manter as variáveis de saída iguais às de entrada, mas ambas em geral variando. Alguns dos maiores servomecanismos já construídos são os rádio-telescópios: no Jodrell Bank controla-se com precisão de milímetro a posição de uma estrutura de 2.000 toneladas.

Outra nomenclatura comum é: controle de posição e controle de processo. Este último refere-se a processo químico, térmico, metalúrgico, etc, e geralmente precisa de resposta relativamente lenta; mas no controle global do processo de uma fábrica, atinge-se geralmente complexidade elevada em virtude do número de variáveis de entrada, de saída e das perturbações, bem como se deseja uma qualidade global de complicada expressão matemática. Mas, realmente, inexiste distinção conceitual ou teórica entre posição e processo, e nosso estudo aplicar-se-á igualmente a todos os tipos de controle a realimentação.

As vantagens possíveis com a aplicação correta da realimentação dão diversas, mas podemos resumí-las em:

- a) Saída com potência determinada pelo atuador final mas com precisão determinada pelos equipamentos de medida e pelos primeiros ampliadores de sinal, que são de pequena potência;
- b) redução das conseqüências de: 1o.) perturbações externas e internas na fonte de energia, na carga e nos amplificadores; 2o.) características não lineares de certos componentes, especialmente na parte de alta potência.

Para avaliar o poder técnico e econômico dessa vantagem, imagine-se o problema e o alto custo de construir um gerador de corrente contínua de 1 Kw, com tensão de saída igual a 100 volts \pm 1%, para qualquer carga entre 0 e 100%, e qualquer temperatura ambiente entre 10 e 40 C. Note-se que por menor que fosse a impedância interna do gerador e portanto por mais caro que ele fosse, ainda seríamos obrigados a exigir da fonte de energia mecânica (rotação de eixo) uma velocidade mais estável que 1%, e aí teríamos novo problema técnico e econômico. Por outro lado, com realimentação, aquele desempenho pode ser obtido com um gerador comum, projetado com tanta economia quanto possível pelas condições térmicas e mecânicas, adicionado a um regulador elétrico ou eletrônico simples; o conjunto inteiro custaria perto de três vezes o gerador comum.

a) qualidade de controle não obtível por outro meio;

b) uma dada qualidade a menor custo.

2.4. Um Pouco de História da Realimentação

Consta que os árabes, já no começo da era cristã, tenham construído os primeiros controles de nível de líquido por meio de válvulas acionadas por bóia. Também muito antigos, e preferidos até o século XVII, foram os relógios d'água (clepsidrae); neles, uma válvula acionada por bóia controla o nível de um recipiente em cuja base já um orifício, mantido assim o nível constante, a vazão do orifício também o é; num segundo reservatório que coleta a saída do primeiro, o nível cresce proporcionalmente ao tempo; uma bóia com um cursor, neste segundo vaso, indica tempo sobre uma escala linear.

Deve-se a Meikle (1750) um dos primeiros aparelhos de natureza diferente, para reajuste automático do eixo da hélice de um moinho de vento na melhor posição relativamente ao vento; como os moinhos tinham atingido consideráveis dimensões, a motorização, também a vento, empregada pelo aparelho era extremamente importante. A Fig. 2.3.a. evidencia o funcionamento: a pequena hélice h é um motor que gira enquanto o vento não está a 90° de seu eixo; sua rotação gira toda a estrutura superior e carrega o eixo da hélice principal H ; quando a pequena hélice pára com

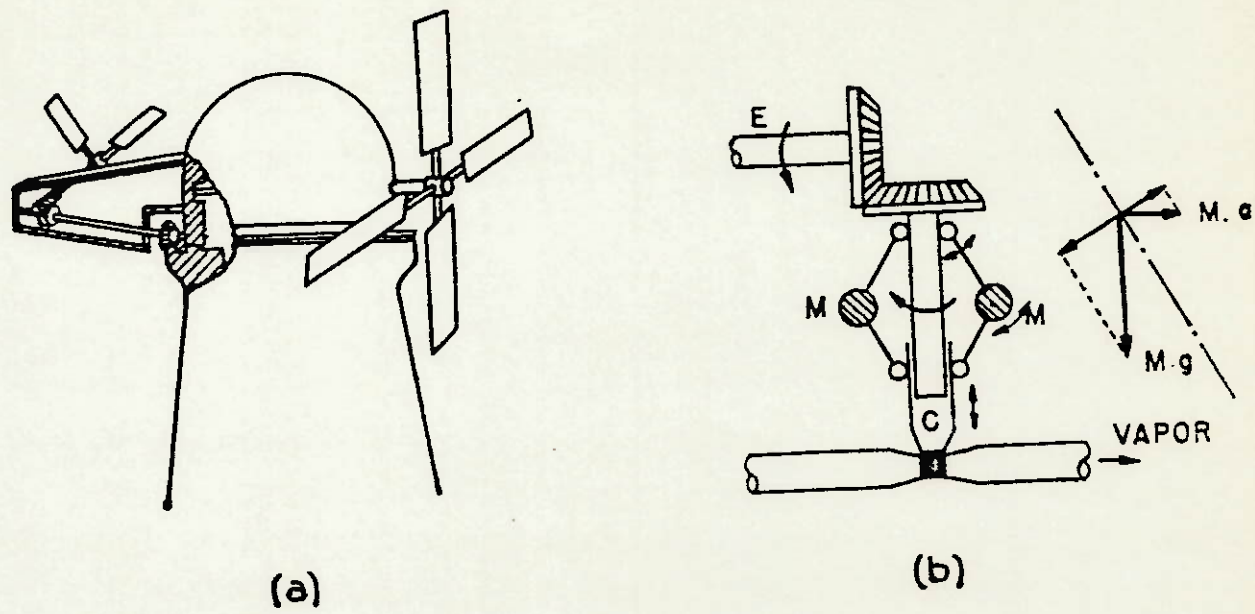


fig 2.3.

seu eixo a 90° do vento, a grande pára na direção do vento, isto é, na posição de máxima captação de energia.

Quase quarenta anos depois, James Watt apresentou o seu regulador de velocidade para motores a vapor, cujo funcionamento é hoje bem conhecido (Fig. 2.3.b): quando a velocidade do eixo E ultrapassa o valor desejado, a força centrífuga sobre cada massa M tem uma componente normal à haste de suporte, que vence a componente da força-peso; as massas M se afastam do eixo vertical e o cursor C sobe; C aciona a válvula de vapor, reduzindo sua vazão e reduzindo a velocidade do motor e do eixo E. O inverso ocorre quando a velocidade está abaixo da desejada.

Na segunda metade do século XIX os navios, de crescente tonelagem, passaram a exigir alguma forma de

servomecanismo, isto é, de controle remoto para o leme, com precisão e alta potência; inicialmente a motorização dos a vapor por que só muito depois apareceram os processos hidráulicos e elétricos.

Na década de 1930-40 o emprego da realimentação nos amplificadores eletrônicos, com possibilidade de experimentação fácil, foi causa de grande progresso no uso consciente da realimentação. Com o princípio e as teorias então desenvolvidas, reduziu-se a quantidade de tentativas caras e intuitivamente guiadas, que antes eram necessárias para atingir um equipamento de controle aceitável. É verdade que muita construção experimental foi substituída por experiência em papel: as teorias dessa década permitiam projetos por tentativas. Mas também é certo que foram essas as ferramentas da engenharia para desenvolver os variados e urgentes tipos de servomecanismos da 2a. Guerra Mundial e da grande maioria das aplicações industriais até hoje.

Paralelamente aos referidos acontecimentos da engenharia mecânica e elétrica, a matemática desenvolvia alguns métodos indispensáveis ao estudo da realimentação. Em 1779, Laplace começou a teoria da "transformação de Laplace", antecedendo o trabalho de Fourier; ambas as transformações são bases das teorias de controle a realimentação (e das comunicações). Vinte anos depois, Cauchy contribuiu com sua teoria das funções da variável complexa. Quase um século e meio mais tarde, em 1932, Nyquist reuniria a transformação

de Laplace e o princípio do argumento da teoria de Cauchy, num notável critério de estabilidade dos sistemas lineares.

A primeira análise de sistemas de controle a realimentação, deve-se a Maxwell, 1868: "On Governors". Outro grande passo foi o critério de estabilidade de Routh e, independentemente, Hurwitz, em 1877.

CAPÍTULO III

3. CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DA EMPRESA

3. Características Operacionais da Empresa

3.1. Linha de Produtos

Os produtos fabricados pela empresa estão divididos em três grupos, formando as três atividades produtivas:

- a) Fertilizantes
- b) Novos Produtos
- c) Matérias-Primas Intermediárias

FERTILIZANTES

Definição: adubo ou fertilizante é um material qualquer que contenha um ou mais nutrientes para as plantas, que possam ser por elas absorvidos.

Os elementos químicos reconhecidamente essenciais para o desenvolvimento normal das plantas são em número relativamente pequeno. São 16: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B), cobre (Cu), molibdênio (Mo) e cloro (Cl). Os 3 primeiros, as plantas retiram do gás carbônico (CO_2) e da água (H_2O); todos os demais vêm do solo. Os 6 seguintes são chamados de macronutrientes porque as plantas os requerem em quantidades apreciáveis; e os 7 últimos são chamados micronutrientes, porque apesar de serem

indispensáveis, a quantidade requerida pelas plantas é mínima.

É muito comum o uso das denominações de macronutriente primário para N, P e K e de macronutriente secundário para os outros.

A identificação de um fertilizante se dá pela formulação de NPK, onde o teor de nitrogênio é dado em porcentagem do próprio elemento (N), o teor de fósforo é dado em porcentagem de pentóxido de fósforo (P_2O_5), e o teor de potássio é dado em porcentagem de óxido de potássio (K_2O).

Os fertilizantes podem ser reunidos em dois grupos: fertilizantes simples e fertilizantes mistos. Os simples são os formados por apenas um macronutriente primário ou os formados por um só composto químico como o cloreto de potássio, nitrato de sódio, fosfato de amônio e sulfato de amônio.

Os fertilizantes simples se apresentam sob as formas:

- fareladas: elemento simples pó
- granulada: elemento simples granulado

A mistura de dois ou mais fertilizantes simples formam o fertilizante misto. Este se apresenta sob 3 formas:

- farelada: elementos simples misturados

- mistura de glânulos: elementos simples granulados e misturados
- granulada: elementos simples misturados e granulados

NOVOS PRODUTOS

Definição: são produtos destinados a alimentação animal e em pequena escala para uso industrial.

Esses produtos são produzidos pela empresa com o fim de aproveitar os recursos produtivos ociosos em certas épocas do ano.

São eles:

- Quimfós: suplemento mineral para alimentação de bovinos, rico em fósforo e nitrogênio.
- Quimionina: suplemento mineral para alimentação de bovinos rico em cálcio.
- Fosfato Bicálcio: suplemento mineral para alimentação de bovinos, rico em fósforo e cálcio.
- Ácido Fosfórico - Grau Fertilizante: é o ácido fosfórico (H_3PO_4) comum, vendido para um único cliente, com fins industriais.
- Ácido Fosfórico Desfluorizado - Grau Técnico: usado na indústria para fosfatização e abrilhantamento de metais.

MATÉRIAS-PRIMAS INTERMEDIÁRIAS

Definição: são as matérias-primas processadas na empresa para consumo ou eventual comercialização com terceiros.

Essas matérias-primas e suas especificações estão relacionadas abaixo:

Fosfato monoamônio (MAP)	-	52/48% P_2O_5 e 10% N
Superfosfato simples	-	10/16% P_2O_5
Superfosfato triplo	-	41/37% P_2O_5

Essas matérias-primas são produzidas em forma de farelo (pó), podendo ser granuladas conforme necessidades de consumo ou vendas.

Devido às suas especificações, os superfosfatos simples e triplo são classificados como fertilizantes simples, e o MAP é classificado como fertilizante misto.

3.2. MATÉRIAS-PRIMAS

Neste item, definiremos todas as matérias-primas compradas pela empresa a fim de processar os seus produtos e matérias-primas intermediárias.

Para facilitar a exposição deste assunto, classificaremos as matérias-primas de acordo com a atividade a que se destina, ou seja:

- matérias-primas para Atividade Fertilizante
- matérias-primas para Atividade Novos Produtos
- matérias-primas para Atividade Matérias-Primas Intermediárias

Esta última Atividade, eventualmente, não tem condições de suprir a Atividade Fertilizante, obrigando a empresa a comprar matérias-primas intermediárias. Isso ocorre no caso de matérias não produzidas pela empresa ou no caso de limitação de capacidade de produção.

MATÉRIAS-PRIMAS PARA ATIVIDADE FERTILIZANTE

Cada matéria-prima para fertilizante pode conter um ou mais macronutrientes primários em determinados teores. Além disso, um mesmo macronutriente pode ser encontrado em diferentes matérias-primas com grupos de matérias-primas que podem fornecer uma única formulação de NPK. Esse fato deu origem ao chamado "Sistema de Otimização de Formulações - SOF".

O SOF é um sistema composto de um modelo de programação linear cuja função objetivo é formada pelos custos de obtenção de matéria-prima. Tem-se, portanto, um SOF para cada fábrica e parque da empresa.

O SOF será usado para cálculo de necessidades de matéria-prima para a Atividade Fertilizante.

A preocupação com as matérias-primas se justifica pelo fato de que elas montam cerca de 70% do custo por tonelada de fertilizante produzido, sendo grande também a participação dos custos de transportes (fretes) de matéria-prima e produto acabado, os quais dependem da localização da fábrica em relação a fornecedores e consumidores.

As matérias-primas para fertilizantes se dividem em dois grupos: nacionais e importadas.

A table 3.1. mostra as matérias-primas e respectivos teores de cada macronutriente primário.

MATÉRIAS-PRIMAS PARA ATIVIDADE NOVOS PRODUTOS

A Atividade Novos Produtos não possui a flexibilidade que possui a Atividade Fertilizantes quanto às necessidades de matérias-primas. Cada produto possui o seu único balanço de materiais.

A tabela 3.2. mostra as necessidades de cada produto.

MATÉRIAS-PRIMAS PARA ATIVIDADE MATÉRIAS-PRIMAS INTERMEDIARIAS

Como no caso anterior, não há flexibilidade em relação às necessidades de matérias-primas. A tabela 3.3. mostra as matérias-primas para essa atividade.

3.3. Roteiros de Produção

As atividades de produção da empresa são automatizadas e a mão-de-obra direta é usada para exercer controles e operações de carregamento de matérias-primas.

Segundo a classificação dada pela BBC-Consultores S/C Ltda. - o tipo de produção da empresa é intermitente por encomenda.

O processo produtivo se caracteriza pela disputa de vários produtos pelo mesmo equipamento, o qual pode estar em diferentes centros produtivos.

Face a essa estrutura vamos definir os roteiros de produção em função de cada tipo de equipamento, já que os produtos seguem o mesmo fluxo dentro deste.

Temos então, segundo a nomenclatura usada na empresa, os seguintes equipamentos produtivos:

- Granuladora
- Misturadora
- Fábrica de Superfosfato
- Fábrica de MAP
- Fábrica de Ácido Fosfórico
- Fábrica de Ácido Sulfúrico

GRANULADORA

Equipamento que produz fertilizantes simples e mistos na forma granulada.

MATÉRIAS-PRIMAS	
NACIONAIS	ESPECIFICAÇÕES
APATITA	35% P_2O_5
FOSFATO DIAMONIO (DAP)	45% P_2O_5 e 17% N
FOSFATO MONOAMONIO (MAP) Pó	51/48% P O e 10% N
FOSFATO MONOAMONIO (MAP) GRANULADO	51/48% P O e 10% N
NITROCÁLCIO	27% N
NITRATO DE AMONIO	34% N
SUPER FOSFATO SIMPLES Pó	10/17% P_2O_5
SUPER FOSFATO SIMPLES GRANULADO	18/17% P_2O_5
SUPER FOSFATO TRIPLO Pó	41/38% P_2O_5
SUPER FOSFATO TRIPLO GRANULADO	41/38% P_2O_5
URÉIA	45% N
IMPORTADAS	
CLORETO DE POTÁSSIO	60% K_2O
CLORETO DE POTÁSSIO GRANULADO	60% K_2O
NITRATO DE POTÁSSIO Pó	12% N e 44% K_2O
SULFATO DE AMONIO	20/21% N
SULFATO DE POTÁSSIO Pó	50% K_2O
URÉIA	45% N

TABELA 3.1. - RELAÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS PARA ATIVIDADE FERTILIZANTES

Elaborada pelo autor.

PRODUTOS	MATÉRIAS-PRIMAS	BALANÇOS * (TON.)
ÁCIDO FOSFÓRICO	ÁCIDO SULFÚRICO	2,980
GRAU FERTILIZANTE	APATITA	3,085
ÁCIDO FOSFÓRICO	ÁCIDO FOSFÓRICO	1,000
GRAU TÉCNICO	CELITE HYFLO	0,010
	SODA CÁUSTICA	0,027
QUIMFÓS	ÁCIDO FOSFÓRICO	0,600
	AMONIA ANIDRA	0,131
	CELITE HYFLO	0,006
	SODA CÁUSTICA	0,016
FOSFATO BICÁLCIO	ÁCIDO FOSFÓRICO	0,441
	CELITE HYFLO	0,005
	SODA CÁUSTICA	0,012
	CALCAREO CALCÍTICO	0,571
QUIMIOMIMA	GESSO	1,00

* Necessidades de matérias-primas para obtenção de uma tonelada do produto.

TABELA 3.2. - RELAÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS PARA ATIVIDADES NOVOS PRODUTOS

Elaborada pelo autor.

PRODUTOS	MATÉRIAS-PRIMAS	BALANÇOS (TON.)
SUPER FOSFATO	ÁCIDO SULFÚRICO	0,3649
SIMPLES	APATITA	0,6204
SUPER FOSFATO	ÁCIDO FOSFÓRICO	0,3450
TRIPLO	APATITA	0,4526
MAP	ÁCIDO FOSFÓRICO	0,5387
	AMONIA	0,1313

TABELA 3.3. - RELAÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS PARA ATIVIDADE
MATÉRIAS-PRIMAS INTERMEDIÁRIAS

Elaborada pelo autor.

As matérias-primas entram em forma de pó, nas quantidades definidas pelo SÓF, ou quando se tratar de granulação de fertilizantes simples, as quantidades são definidas pelos balanços de matérias-primas, ou seja, quantidade de cada matéria-prima necessária para obtenção de 1000 kg de produto.

O produto resultante é um composto granulado cujos grãos possuem um diâmetro médio entre 2 e 4 mm.

A granuladora possui uma unidade de secagem, que propicia custos iniciais de processamento, e além disso, cada formulação a ser produzida necessita um determinado tempo para entrar em equilíbrio e fornecer os teores desejados de NPK.

Unidades existentes:

- Granuladora de Santo André, situada no PIS
- Granuladora de São Caetano, situada no PIS
- Granuladora de Ponta Grossa, situada na Fábrica de Ponta Grossa

A figura 3.1. mostra o fluxograma de produção numa granuladora.

MISTURADORA

Equipamentos que produz fertilizantes mistos nas formas: mistura de grânulos e farelada.

A matérias-primas entram, ou em forma de pó (produção de farelados), ou em forma de grânulos (produção de mistura de grânulos), em quantidades definidas pelo SOF.

As misturadoras possuem unidades de ensaque embutidas. Assim, todos seus produtos saem ensacados, o que não acontece com a granuladora e nesse caso os produtos são ensacados em unidades de ensaque independentes.

Devido a ociosidade em certas épocas do ano, as misturadoras também são usadas simplesmente para ensaques de fertilizantes simples e novos produtos.

Unidades existentes:

- Misturadora de Santo André, no PIS
- Misturadora de Uberaba, em Uberaba

A figura 3.2. mostra o fluxograma de produção numa misturadora.

FÁBRICA DE SUPERFOSFATO

Equipamento que produz: superfosfato simples, superfosfato triplo e fosfato bicálcio.

Esse equipamento possui as mesmas características de granuladora no que se refere aos custos iniciais e tempo mínimo para obtenção do produto especificado.

Unidades existentes:

- Fábrica de Santo André, no PIS
- Fábrica de São Caetano, no PIS

- Fábrica de Jacupiranga, no PIJ

A figura 3.3. mostra o fluxograma de produção numa fábrica de superfosfato.

FÁBRICA DE MAP

Equipamento que produz: fosfato monoamônio (MAP), quimfós e serranfós.

Assim como as granuladoras e fábricas de superfosfato, essa fábrica possui custos iniciais de processamento e tempo mínimo de obtenção do produto.

Unidade existente:

- Fábrica de Jacupiranga, no PIJ

A figura 3.4. mostra o fluxograma de produção numa fábrica de MAP.

FÁBRICA DE ÁCIDO FOSFÓRICO

Equipamento que produz: ácido fosfórico grau fertilizante e ácido fosfórico grau técnico.

Devido aos altos custos para aquecimento das caldeiras até se atingir o equilíbrio, essa fábrica opera durante as 24 horas do dia, todos os dias do mês, parando apenas duas vezes ao ano para manutenção de 40 dias cada.

Unidade existente:

- Fábrica de Jacupiranga, no PIJ

A figura 3.5. mostra o fluxograma de produção nessa fábrica.

FÁBRICA DE ÁCIDO SULFÚRICO

Equipamento que produz ácido sulfúrico.

Suas características de operação são semelhantes às de fábrica de ácido fosfórico.

Unidades existentes:

- Fábrica de Santo André, no PIS
- Fábrica de Jacupiranga, no PIJ

A figura 3.6. mostra o fluxograma de produção nessa fábrica.

3.4. Sistema de Distribuição e Comercialização dos Produtos.

A distribuição de produtos de uma empresa de fertilizantes assume grande importância, pois dela depende a competitividade do mercado em relação às concorrentes, já que os fretes são cobrados à parte, e representam parcela significativa em comparação com o preço final do produto.

A comercialização dos produtos depende do sistema de distribuição, pois o vendedor é obrigado a fixar o frete e a forma do produto que a empresa pode fornecer, e

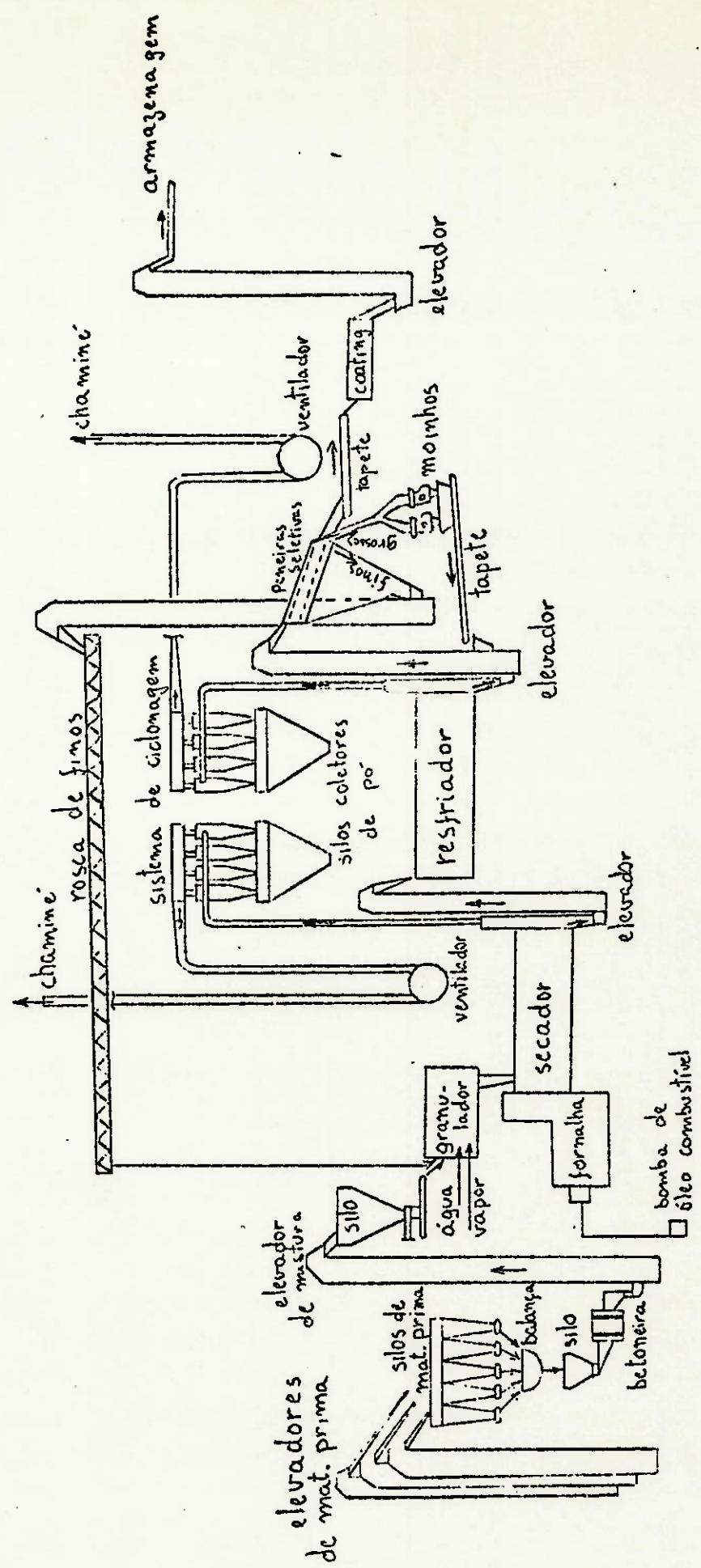


FIGURA 3.1. FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO NUMA GRANULADORA

Adaptado de fluxogramas da empresa

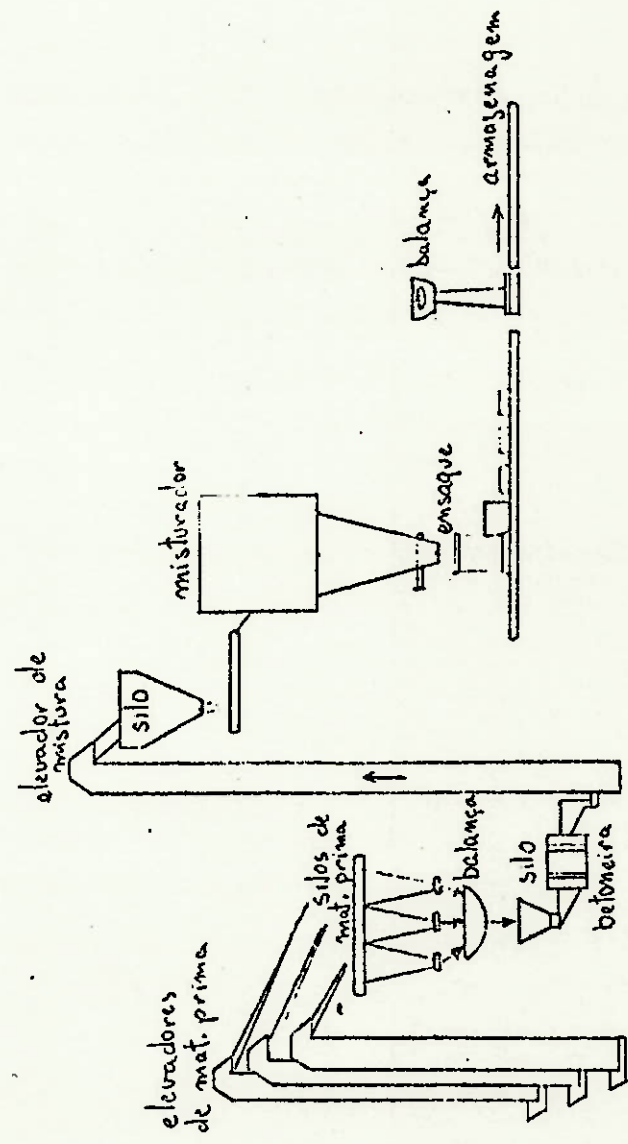


FIGURA 3.2. FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO NUMA MISTURADORA
Adaptado de fluxogramas da empresa

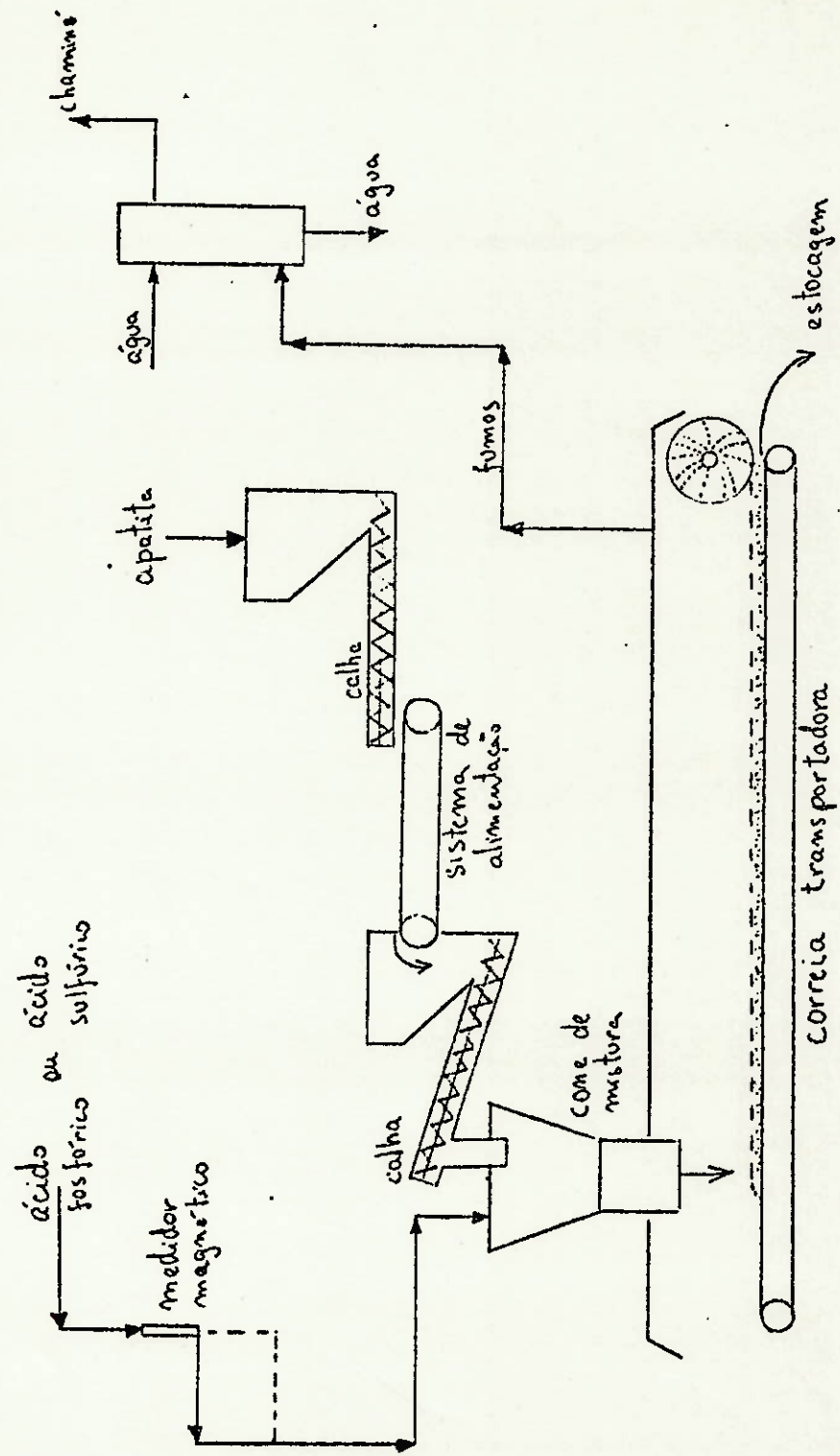


FIGURA 3.3. FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO NUMA FÁBRICA DE SUPERFOSFATO

Adaptado de fluxogramas da empresa

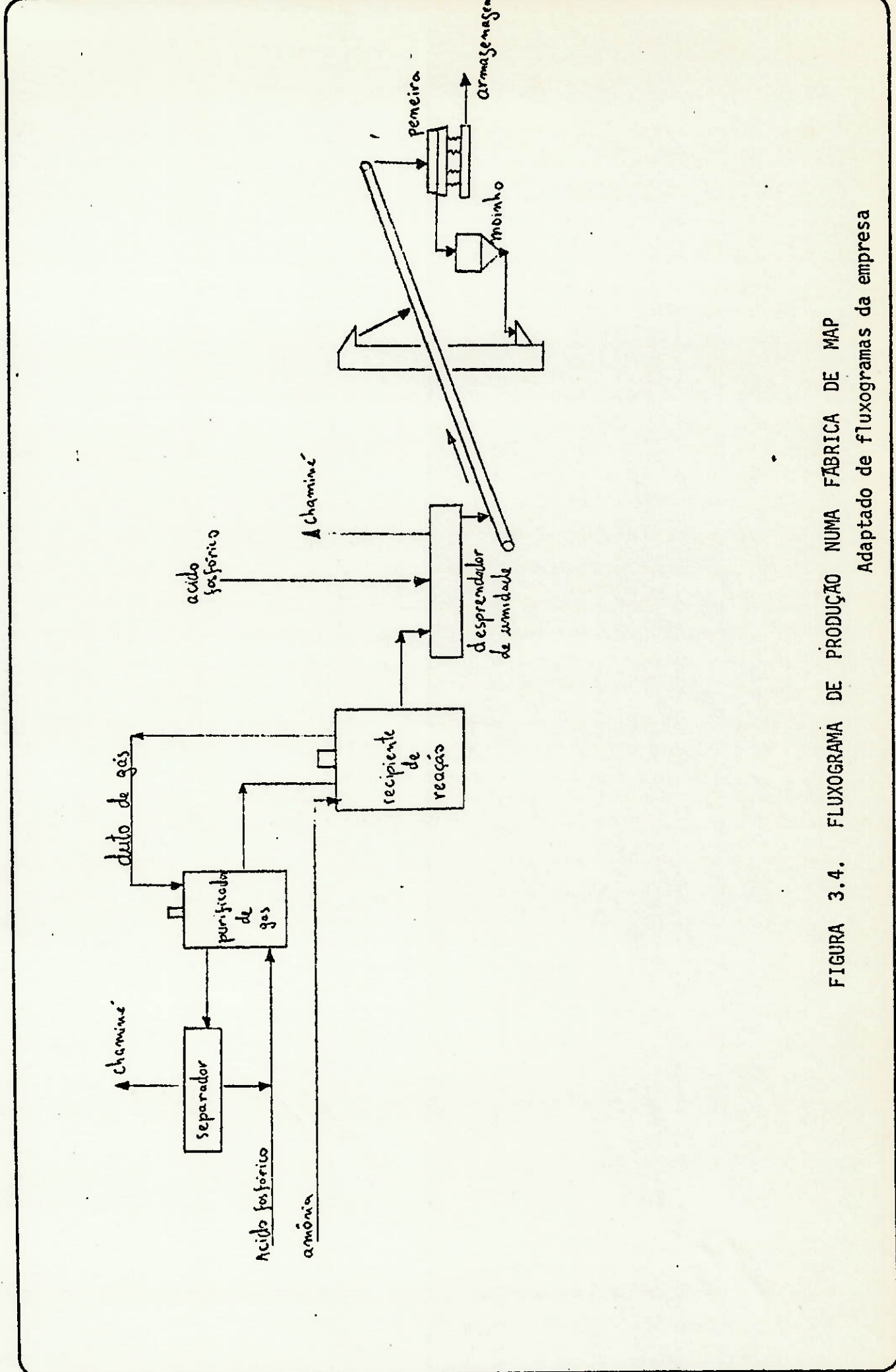


FIGURA 3.4. FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO NUMA FÁBRICA DE MAP
Adaptado de fluxogramas da empresa

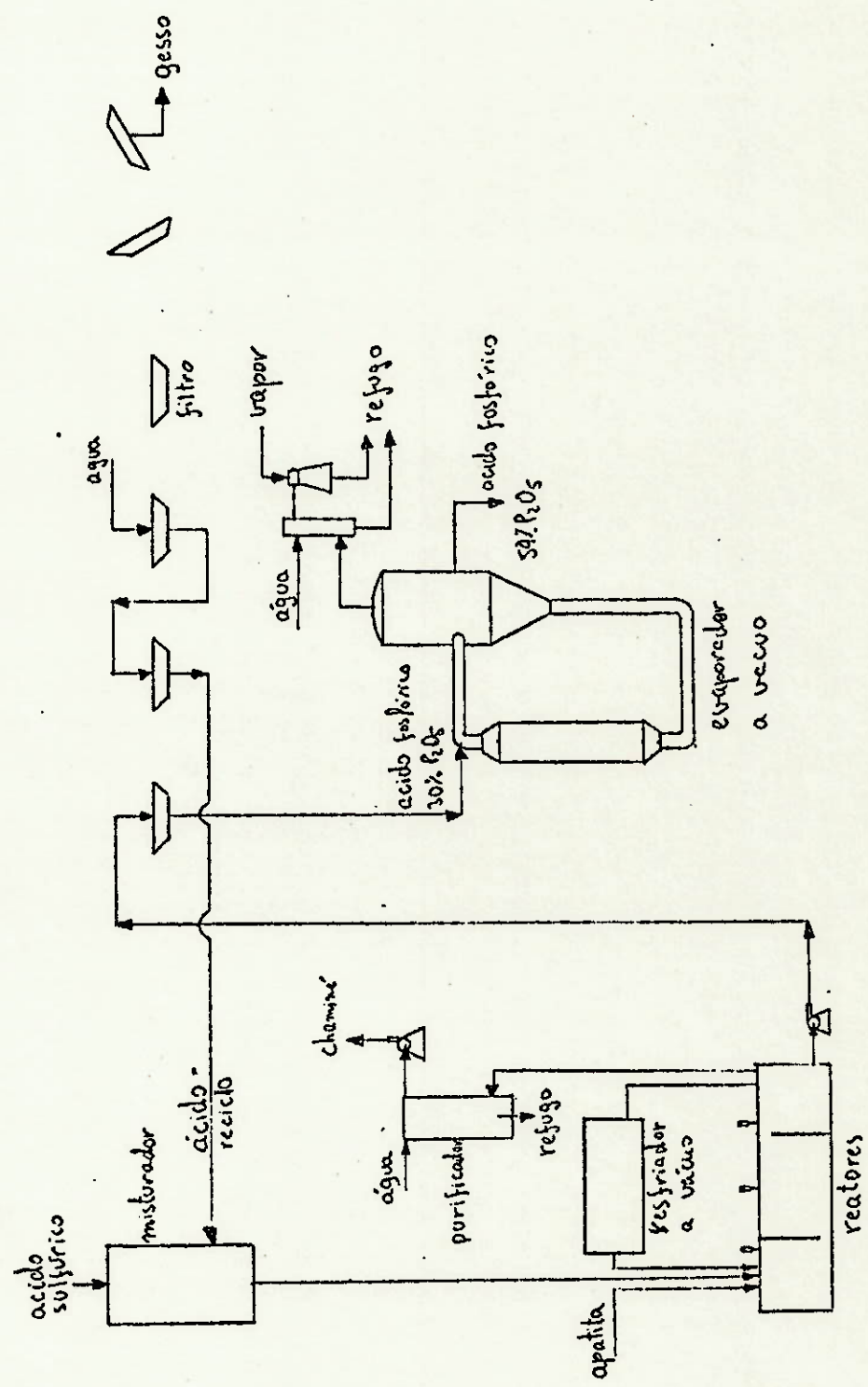


FIGURA 3.5. FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO NUMA FÁBRICA DE ÁCIDO FOSFÓRICO
Adaptado de fluxogramas da empresa

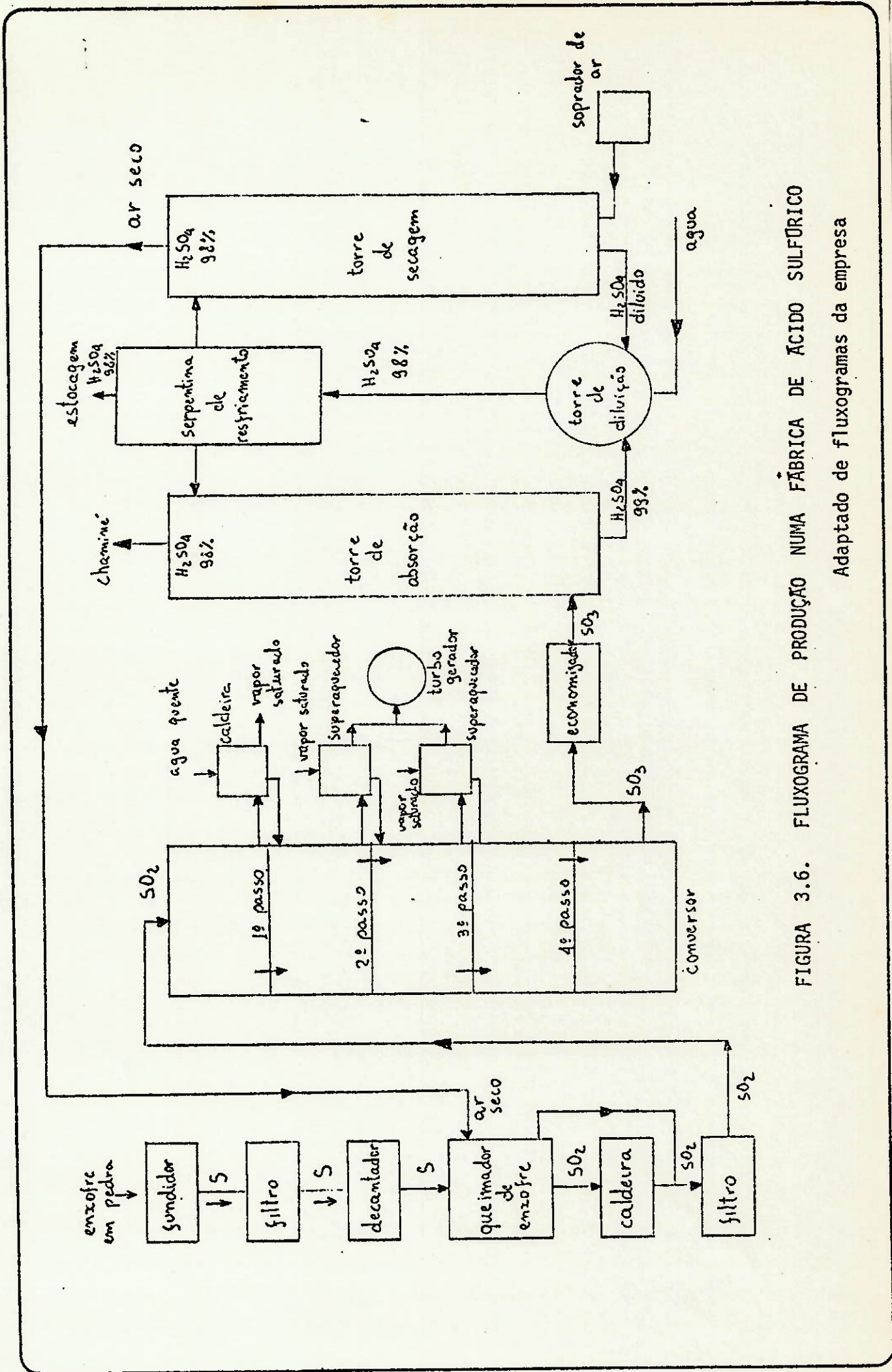


FIGURA 3.6. FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO NUMA FÁBRICA DE ÁCIDO SULFÚRICO

Adaptado de fluxogramas da empresa

esses parâmetros dependem do local onde o produto será fabricado.

SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

O sistema rodoviário é o que se encontra em melhor situação, sendo portanto o mais utilizado.

O sistema ferroviário é utilizado somente para se transportar os produtos do PIS e de Ponta Grossa para alguns mini-depósitos da empresa espalhados pelos centros consumidores.

O transporte marítimo é usado externamente para trazer as matérias-primas importadas. Essas são descarregadas, ou em Santos, ou em Paranaguá. A partir daí, usa-se o sistema rodoviário para suprir as diversas fábricas.

O produto pode ser transportado a granel ou ensacado, e o destino pode ser o cliente final, ou mini-depósitos chamados de filiais-depósito. As filiais-depósito armazenam os produtos para posterior distribuição, porém em pequenos lotes.

As vendas são efetuadas de duas maneiras:

Vendas CIF: a empresa é responsável pelo transporte do produto, e cobra o frete do cliente.

Vendas FOB: o cliente é responsável pelo transporte. Nesse caso a empresa avisa o cliente quando o produto estiver pronto.

SISTEMA DE COMERCIALIZAÇÃO

A empresa se utiliza de uma rede de filiais, regionais, promotores e agentes que constituem a hierarquia: cada filial possui várias regionais, cada regional vários promotores e cada promotor vários agentes.

Os agentes e promotores são responsáveis pelas vendas a clientes, passando os pedidos e previsões para sua regional. Esta passa as informações para sua filial, que por sua vez informa à administração de vendas (no caso de previsões) e à fábrica encarregada de atender o pedido (vendas efetuadas). Em caso de vendas para cooperativas, usinas de álcool e outras empresas de fertilizantes, as regionais, filiais ou fábricas podem receber diretamente os pedidos e fazer as previsões.

CAPÍTULO IV

4. MERCADO DE FERTILIZANTES

4. Mercado de Fertilizantes

4.1. Demanda de Fertilizantes no Brasil

Nos países em desenvolvimento o fertilizante pode constituir um insumo muito caro para o agricultor. O impacto do fertilizante nos custos de produção e nos preços dos alimentos é, portanto, extremamente importante para aqueles responsáveis pela formulação de políticas governamentais. Mesmo as estimativas mais conservadoras a respeito da contribuição deste insumo na produção de alimentos indicam que o adubo, tomado isoladamente, é o fator que mais contribui para a produção e a produtividade de grãos, respondendo por cerca de 40% do resultado total.

Com a nova ênfase dada ao alimento da produção agrícola em três direções diferentes - alimentos, exportação e energia -, crescerá a importância de estudos de demanda de fertilizantes. Esses estudos poderão ter diferentes objetivos tais como estimar a demanda interna de nutrientes (demanda de mercado) a nível regional ou agregada e de estimar a demanda da empresa, isto é, a participação que uma determinada empresa tem na demanda de mercado. A estimativa de demanda de fertilizantes para um exploração agrícola específica também poderá fornecer resultados úteis e, finalmente, pode-se concluir que, sem tais estudos, dificilmente poder-se-á estabelecer comparações entre a

demanda estimada e as metas de produção interna e as necessidades de importação.

Com o aumento da competição no setor crescerá a importância de estudos sobre a mensuração e previsão de mercado. O campo de mensuração da demanda contém termos que podem causar alguma confusão, portanto a definição de alguns termos se faz necessária.

Demanda de Mercado

A demanda de mercado por uma classe de produtos é o volume total que seria comprado por um grupo definido de compradores em uma área geográfica definida, em um período definido, em ambiente de marketing definido, sob um programa de marketing definido.

Demanda de Empresa:

A demanda de uma empresa é o volume de vendas estimado da empresa a níveis alternativos de esforço de marketing.

Classe de Produtos:

Para a indústria de fertilizantes a demanda total de mercado constitui a demanda total dos macronutrientes primários. Para se atender a esta demanda existem, obviamente, diferentes tipos de fertilizantes disponíveis no mercado entre aqueles contendo um ou mais

nutrientes como os superfosfatos, fosfatos mono e diamônio, uréia, cloreto de potássio, etc... Além desses, tem-se ainda as formulações de NPK. Devido as diferenças em qualidade, concentração e preços, as oportunidades para venda desses produtos num determinado mercado variam. Entretanto, todos esses produtos pertencem apenas a uma classe de produtos - fertilizantes.

Compradores - Grupo de Compradores - Localização:

O consumidor final do fertilizante é o agricultor. A capacidade de compra dos agricultores geralmente varia dependendo do tipo de exploração agrícola e do tamanho de suas propriedades. Conseqüentemente, cada grupo de agricultores precisa ser analisado no sentido de se poder identificar quais são aqueles grupos que oferecem o maior potencial de compra. Esses grupos devem se relacionar a áreas ou regiões e a demanda de mercado para essas regiões bem definidas (município, estado, região centro, etc.) deve ser estimada. Com este tipo de análise se torna mais fácil identificar as áreas potencialmente fortes e fracas, o que possibilitaria as unidades produtoras de fertilizantes um melhor planejamento de marketing e, dessa maneira, poder atingir seus objetivos em termos de vendas, conquista de novas fatias de mercado, lançamentos de novos produtos, etc.

4.2. Técnicas de Previsão de Demanda

O setor de fertilizantes admite as seguintes técnicas de previsão da demanda pelas empresas.

- Levantamento de intenções dos compradores
- Opinião da força de vendas
- Opinião de especialista
- Projeção de tendências históricas
- Variação da área cultivada
- Análise estatística da demanda.

Levantamento de Intenções dos Compradores

Por este método, a quantidade que os usuários comprariam durante um período futuro seriam estimadas. A consolidação de tais estimativas pelos clientes da empresa quantificaria a demanda para a empresa. Com este método seria possível identificar os compradores potenciais e esses compradores indicariam o quanto deveriam comprar. Para a estimativa da demanda de produtos industriais com número geralmente pequeno de compradores, esse método poderia ser útil. Entretanto, considerando-se o grande número de agricultores e o fato de que as decisões com respeito a compra de insumos geralmente não são feitas com muita antecedência, esse método não parece ser prático quando se procura avaliar a demanda de fertilizantes a nível de empresa.

Opinião da Força de Vendas:

De acordo com esse método, aqueles vendedores que estivessem bem familiarizados com seus territórios fariam uma avaliação da demanda futura em seus territórios e o resultado agregado dessas estimativas constituiria a previsão total da demanda pelos produtos da empresa. Acredita-se que quando os vendedores são envolvidos na formulação de previsões da demanda, eles tendem a se sentir comprometidos em atingir as previsões, tornando mais fácil a companhia atingir seus objetivos de vendas. Por outro lado, os vendedores podem ser parciais - algumas vezes otimistas, algumas vezes pessimistas, resultando em super estimativas ou subestimativas. Ademais, tais estimativas podem não incluir a ampla gama de fatores econômicos que afetam a demanda. Porém, já que esse método constitui uma maneira rápida de se chegar a uma estimativa, muitas indústrias, inclusive a de fertilizantes, vêm usando essa técnica de previsão da demanda.

Opinião de Especialistas:

Outro método de previsão envolver a sondagem da opinião de executivos bem informados do setor, bem como distribuidores ou especialistas externos. Os especialistas baseiam suas opiniões no comportamento anterior de vendas, esforço de mercado e em suas próprias experiências. Embora seja relativamente fácil e não exija muito tempo, esse

método também não é científico e talvez não passe de mera coleção de "palpites".

Projeção de Tendências Históricas:

Projeção de vendas utilizando-se este método baseia-se no desempenho das vendas no passado e em prováveis tendências. Portanto, as projeções são feitas com base em análises estatístico-matemáticas de dados históricos. Este método, no entanto, só é válido se as tendências históricas prevalecerem no futuro.

Variação da Área Cultivada:

Admite-se neste caso que a demanda de mercado esteja estreitamente relacionada à área cultivada com culturas que consomem fertilizantes. O método requer uma projeção da área cultivada e, com as recomendações de adubação para cada cultura, faz-se uma projeção das necessidades de adubos. Vale destacar que a pressuposição implícita neste método é de que os adubos serão empregados nas doses médias para cada cultura.

Numa análise mais profunda da variação da área cultivada não se pode deixar de levar em consideração as alterações na estrutura de uso do solo a nível regional, isto é, possíveis variações da composição de culturas. A partir da safra 1980/81, por exemplo, parece ter-se consolidado uma nova tendência: de um lado a redução no

cultivo do trigo e do outro uma expansão das culturas de verão em direção a produtos de mercado interno, especialmente feijão e milho. Além disso, acredita-se também numa possível estagnação quanto a expansão da área com soja. Como os produtos de mercado interno consomem menos fertilizantes, é possível que o crescimento da área cultivada nos próximos anos não leve necessariamente a aumentos muito maiores no consumo de fertilizantes.

Análise Estatística da Demanda:

Como já discutido acima, são muitos os fatores que afetam a demanda de fertilizantes. O objetivo da análise estatística da demanda é descobrir a relação direta entre venda e esses fatores. Embora este método não pretenda incluir o conjunto completo de fatores, ele, pelo menos, leva em consideração os mais importantes, isto é, aqueles diretamente relacionados com o volume de vendas.

Este método é também o mais utilizado quando se pretende estimar a demanda total de mercado a nível regional ou agregado.

4.3. Mercado da Empresa

A empresa atende os seguintes estados: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Para isso ela conta com cinco

filiais assim distribuídas: Filial Campinas, em Campinas; Filial Grandes Clientes, em Ribeirão Preto; Filial Triângulo, em Uberaba; Filial Ponta Grossa, em Ponta Grossa; Filial Porto Alegre, em Porto Alegre. Novamente salientamos que cada filial reúne várias regionais que cobrem mais densamente as regiões consumidoras de insumos agropecuários.

VOLUME E SAZONALIDADE DAS VENDAS

O setor de fertilizantes nos últimos anos mostrou a dificuldade de previsão de vendas devido às constantes mudanças na política de crédito rural. As figuras 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4 mostram a sazonalidade das vendas de fertilizantes (todas as formas) da empresa nos últimos 4 anos, e podemos concluir que a técnica de previsão de demanda mais aconselhável é da opinião da força de vendas, pelo menos enquanto durar esta instabilidade no setor agrícola.

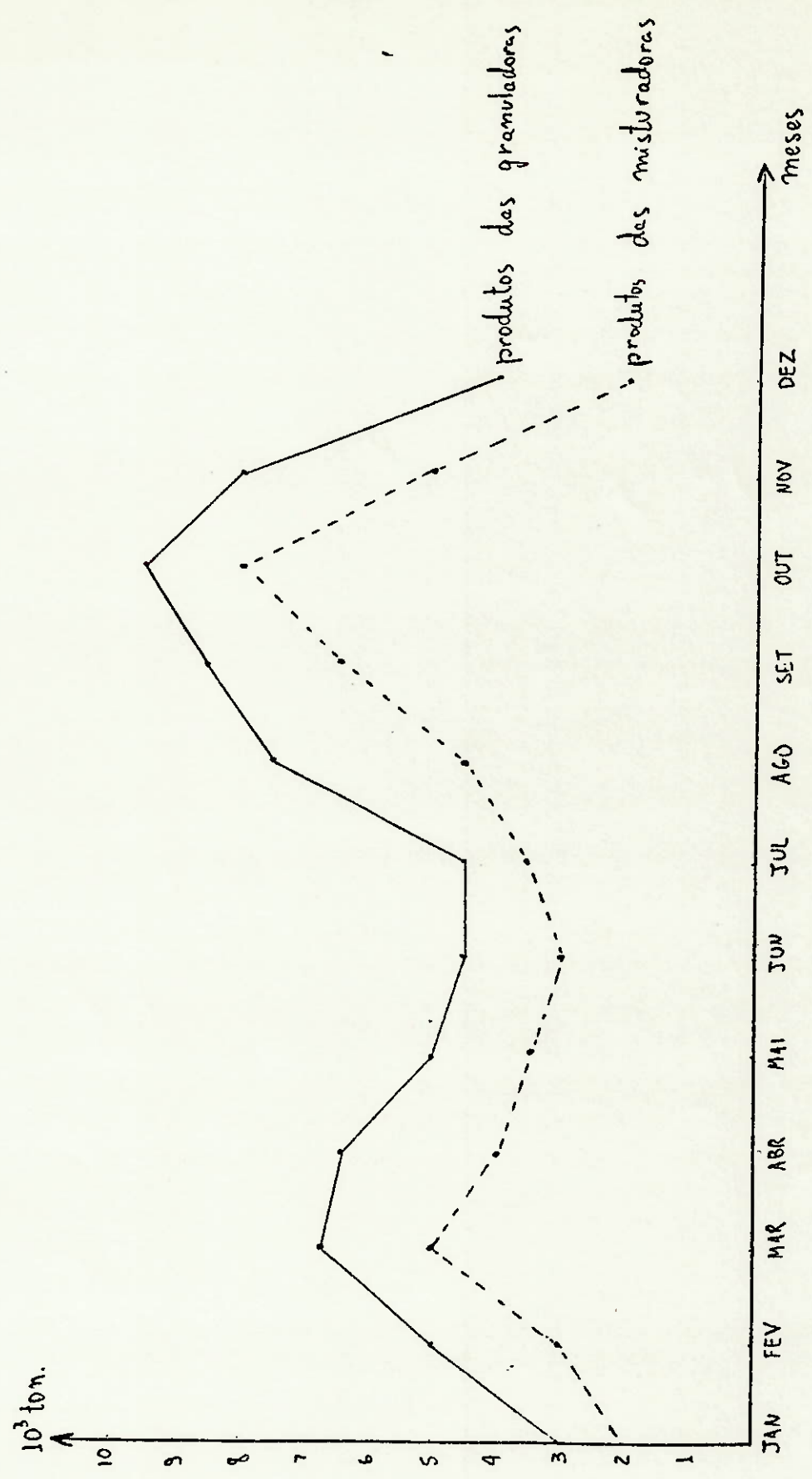


FIGURA 4.1. VENDAS DE FERTILIZANTES MISTOS DA EMPRESA NO ANO DE 1979

Elaborada pelo autor

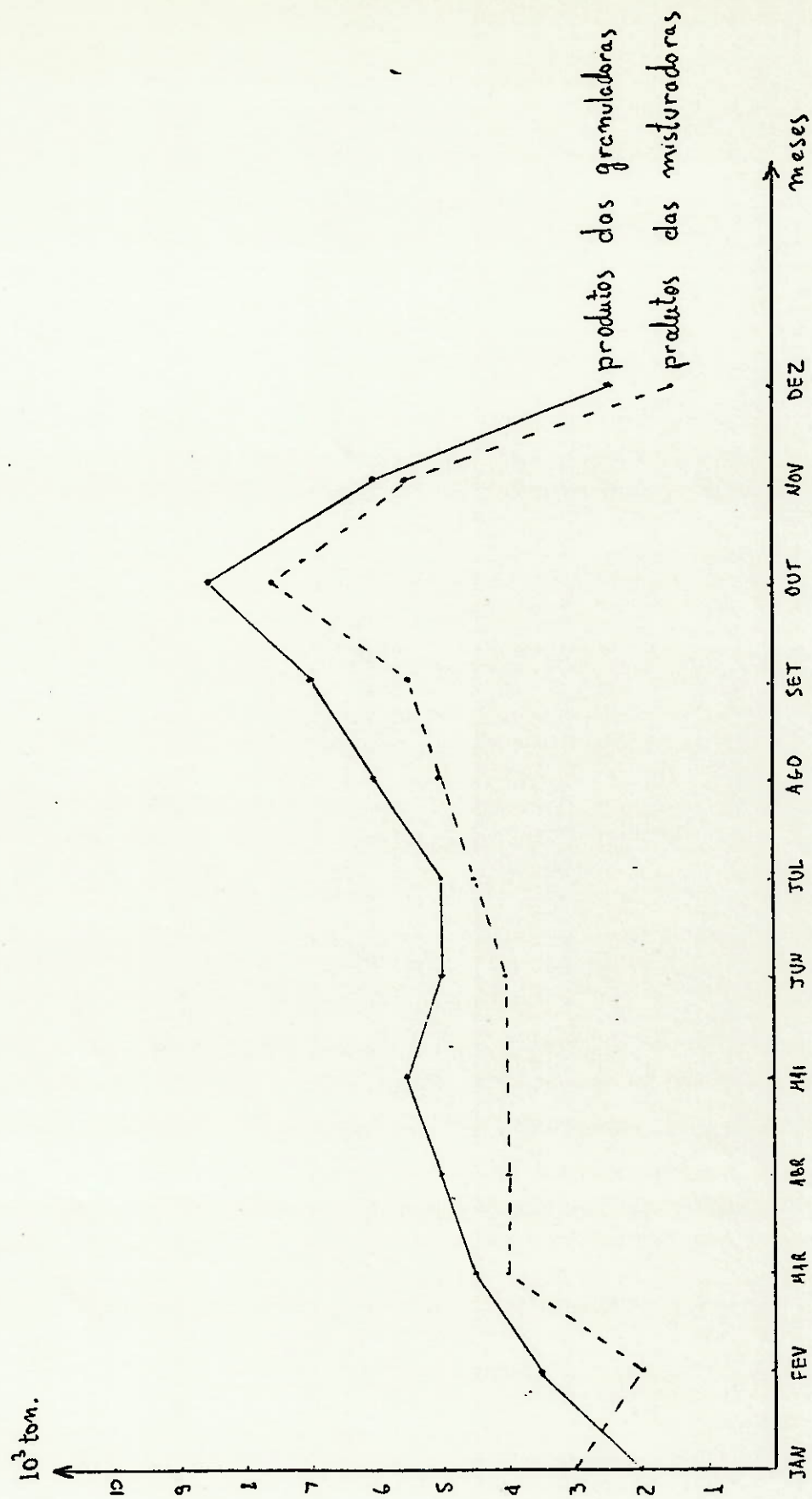


FIGURA 4.2. VENDAS DE FERTILIZANTES MISTOS DA EMPRESA NO ANO DE 1980

Elaborada pelo autor

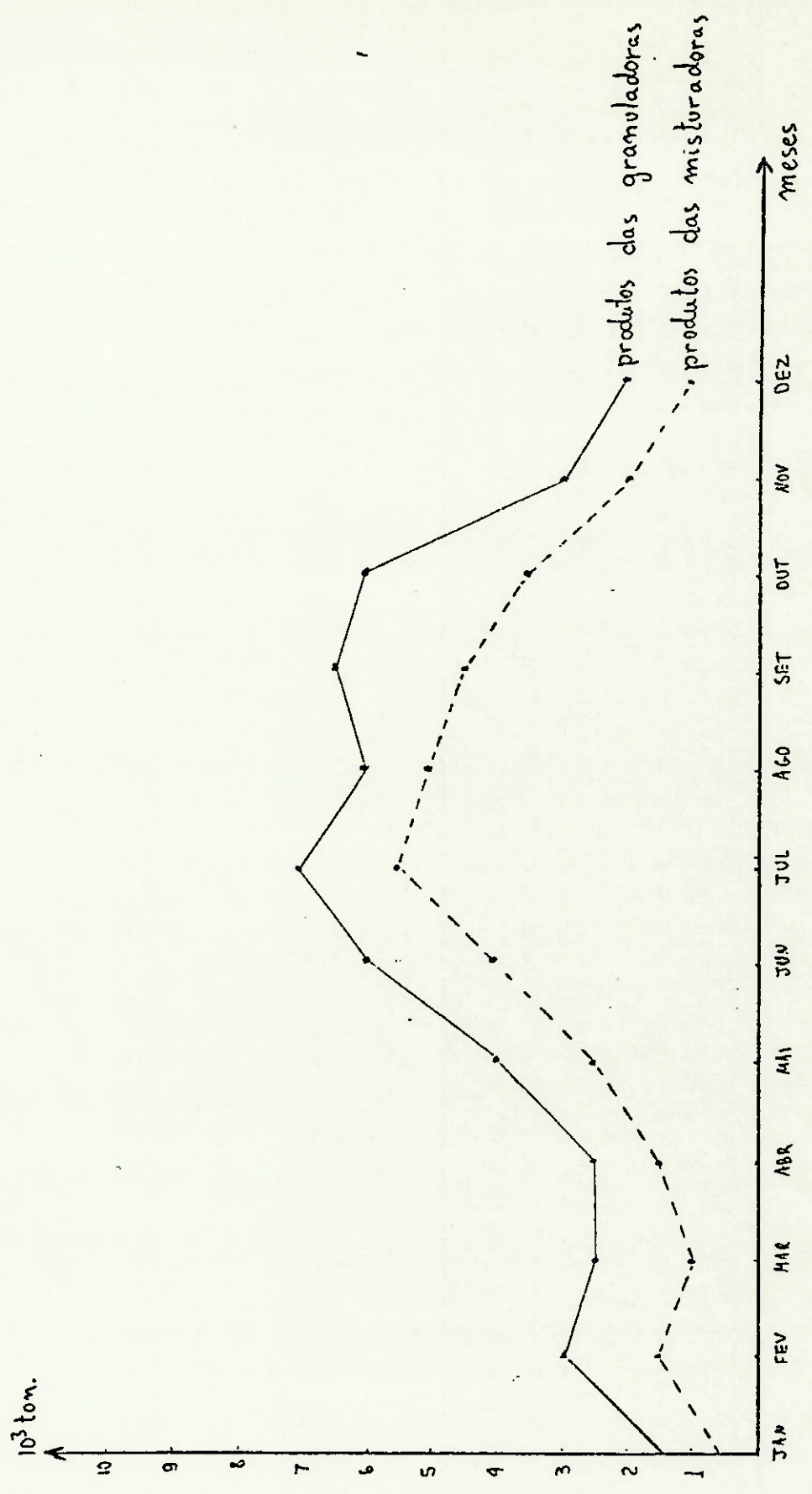


FIGURA 4.3. VENDAS DE FERTILIZANTES MISTOS DA EMPRESA NO ANO DE 1981

Elaborada pelo autor

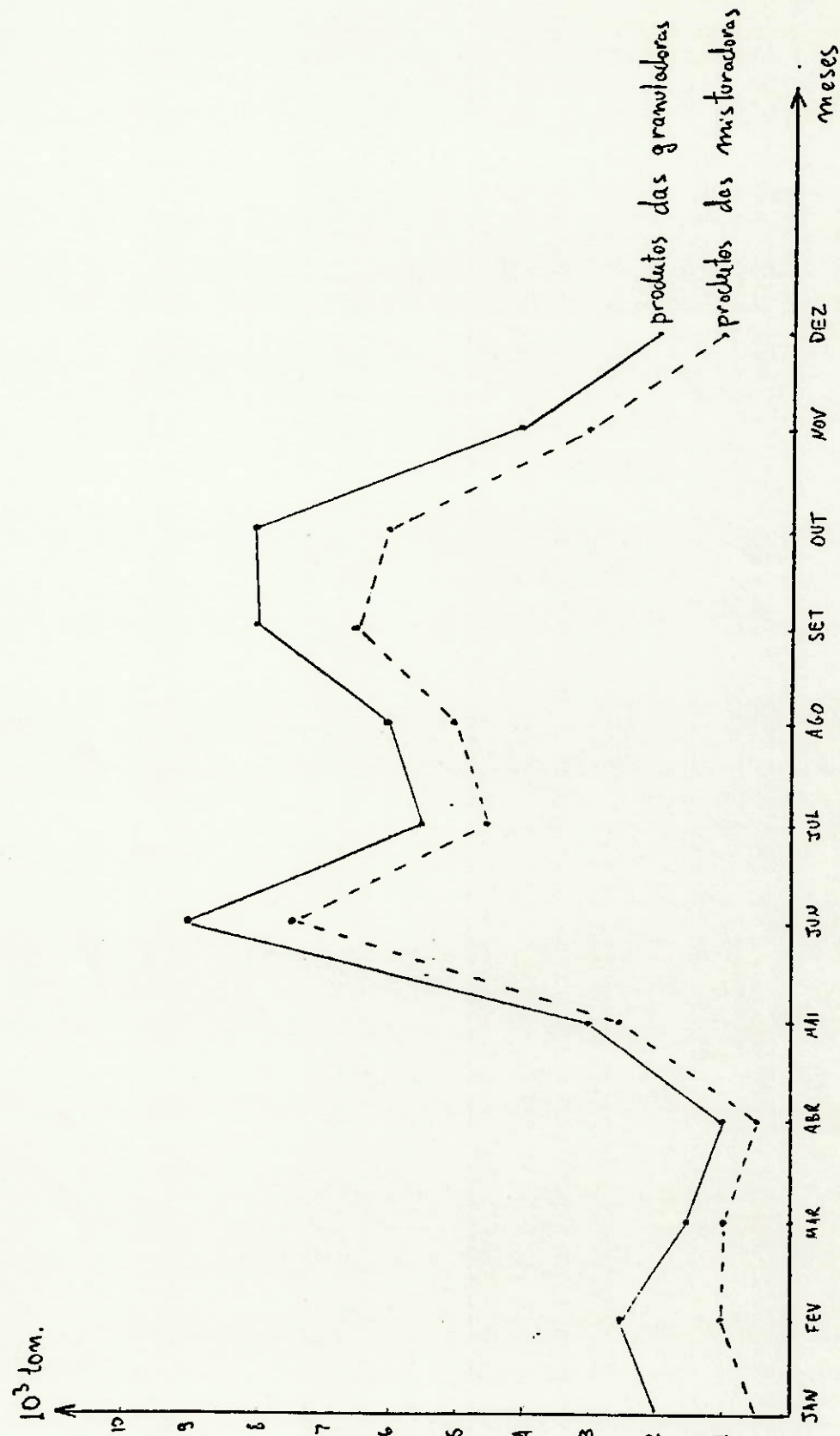


FIGURA 4.4. VENDAS DE FERTILIZANTES MISTOS DA EMPRESA NO ANO DE 1982

Elaborada pelo autor

CAPÍTULO V**5. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

Os objetivos estabelecidos pela direção da empresa e o contato que tivemos com o departamento de projetos nos evidenciou a real necessidade do controle automatizado para três equipamentos de mistura.

Como já foi visto, a mistura de materiais secos pode ser feita com matérias-primas em pó ou granuladas.

A mistura de pó é caracterizada pela mistura de fertilizantes simples sólidos em pó, fazendo-se também, em bom número de casos, o uso de fertilizantes "perolados" (como o nitrato de amônio ou uréia) e fertilizantes convencionais granulados.

No processo de mistura de grânulos ("bulk blending"), trabalha-se normalmente com fertilizantes sólidos, cuja granulometria varia de 1 a 4 mm, minimizando, conseqüentemente, os problemas de segregação e empedramento.

O processo de mistura (pó ou grânulo) é bastante simples, como pode ser verificado na figura 5.1.

Os materiais sólidos armazenados em "bacias", são retirados por meio de uma pá carragadeira e transportados até um elevador de canecas, que despeja o material num silo de matérias-primas. Este silo normalmente tem capacidade para armazenar seis tipos de matéria-prima, e de acordo com a formulação que se está produzindo, descarrega-se um tipo de fertilizante por vez num silo de pesagem até que se obtenha uma batelada (geralmente 1 tonelada). Do silo de dosagem, o material descarregado é

descarregado num misturador (betoneira), que promove a mistura do material, e daí segue para estocagem ou para o silo de ensacamento, onde o material é ensacado para consumo.

A metodologia adotada para a busca de soluções foi a seguinte:

Inicialmente foi programado uma seqüência de fotos para o estudo detalhado de cada componente da máquina, depois foram feitas as primeiras medições das grandezas a serem controladas, a seguir os dados foram analisados e por fim foi feito um modelo matemático.

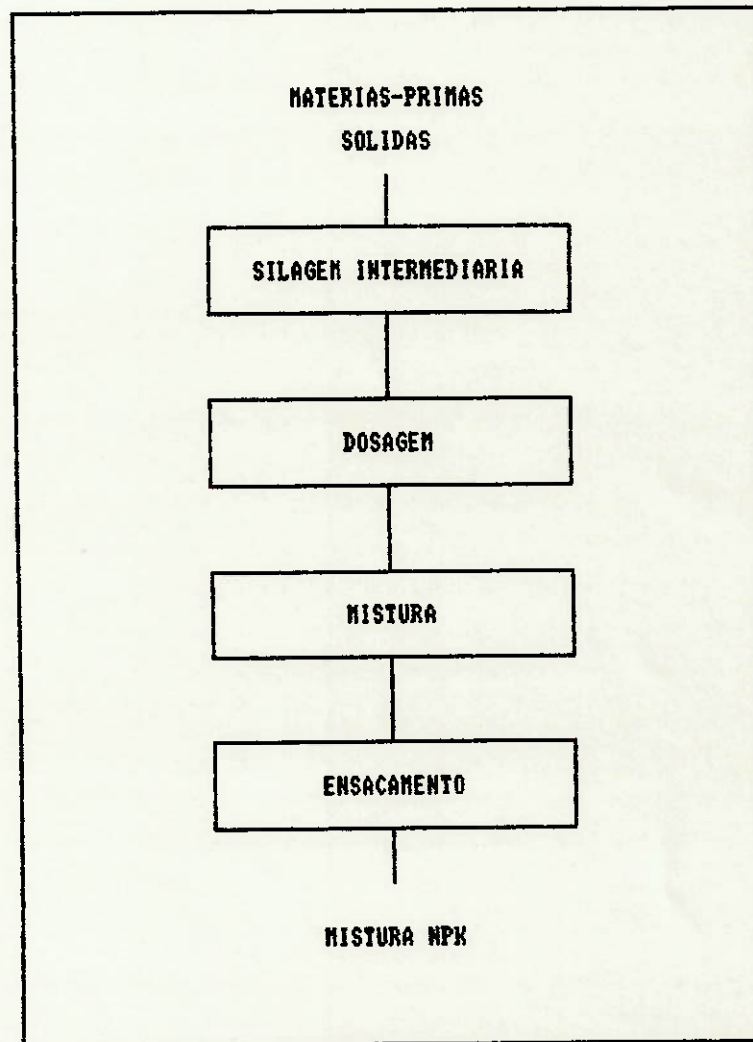


FIGURA 5.1. - DIAGRAMA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE MISTURA DE FERTIZANTES.

CAPÍTULO VI**6. ANÁLISE E SOLUÇÃO DO PROBLEMA**

6.1. Os Modelos Matemáticos

O comportamento dos componentes ou dos sistemas físicos é usualmente tão complexo que sua descrição torna-se intratável pelos métodos matemáticos usuais. O recurso de que se dispõe é o de idealizar aquele comportamento, desprezando maior ou menor número de minúcias; a cada idealização corresponde um modelo matemático do componente ou do sistema.

O exemplo mais bem conhecido de componente que precisa ser estudado com diversos modelos é o reator com núcleo de ferro; o modelo mais elementar apresenta proporcionalidade entre fluxo e força magnetomotriz em regime estacionário, e também tensão proporcional à derivada temporal da corrente; outro modelo apresenta a proporcionalidade entre fluxo e f.m.m. só numa faixa de valores, fora da qual temos "saturação" completa, isto é, fluxo constante, independente da f.m.m.; um outro modelo apresenta saturação gradual; nos amplificadores magnéticos o modelo é o de rápida saturação, sujeito a sinais alternados que entram francamente na região de saturação; nos "chokes" de filtragem de tensão retificada, os sinais alternados são sempre relativamente pequenos; em altas frequências, as capacidades parasitas precisam participar do modelo; etc.

Distinguem-se duas classes gerais de modelos: os lineares e os não lineares. Nos primeiros vale o princípio da superposição, isto é, a resposta a dois

estímulos quaisquer simultâneos x e y é a soma das respostas aos dois estímulos separadamente.

Há lineares invariantes no tempo e variantes no tempo. Nos primeiros vale a superposição, para as respostas aos estímulos x e y medidas em qualquer instante da existência do sistema; este não se modifica no decorrer do tempo. Nos chamados sistemas a sinal mostrado, há variação periódica de um ou mais parâmetros; para sinais "lentos" relativamente a essa variação, tais sistemas têm comportamento linear.

Os não lineares não têm classificação útil conhecida; costuma-se estudar separadamente: sistemas a relés, também chamados "a tudo ou nada"; sistemas a programação dual em que há dois regimes de trabalho, um essencialmente linear e o outro a tudo ou nada; sistemas com não-linearidades inevitáveis na prática, como saturações, folgas de engrenagens e histereses. Os sistemas lógicos são essencialmente não lineares.

Embora sejam descrições somente aproximadas dos sistemas reais, os modelos lineares devem ser examinados sempre; sua maior virtude é permitir tratamento analítico completo, exato e relativamente simples.

6.2. Os Dados Coletados e o Modelo Matemático

O equipamento de mistura foi adquirido de uma antiga indústria que ocupava o atual galpão, e recebeu no

ano passado (1987), uma profunda reforma em toda a estrutura.

Recentemente no mês de maio/1988, iniciou a operação, foi quando pudemos acompanhar todo o processo coletando os dados para o estudo. Os dados foram os seguintes:

ATIVIDADES	TEMPO (s)
Enchimento da moega de matéria-prima pela pá carregadeira	(3,0 + 1,0)
Elevação da matéria-prima para enchimento da caixa sêxtupla	(24,0 + 1,0)
Descarga de 1 TON de material na caixa de pesagem	(24,0 + 1,0)
Enchimento da caixa da betoneira	(80,0 + 5,0)
Mistura	(180,0 + 5,0)
Abertura da comporta da Betoneira	(40,0 + 1,0)
Descarga da Betoneira	(40,0 + 1,0)
Ensaque	(6,0 + 1,0)
Condução da Esteira para o Caminhão	(10,0 + 1,0)

Tabela 6.1.

Para o equipamento em quotas pudemos coletar um importante dado para cálculos posteriores, isto é, dentre todas as matérias-primas usadas nas formulações (NPK)

macronutrientes granulados, o tempo médio no escoamento de 1 tonelada de sólido por uma área de $0,09 \text{ m}^2$ é de aproximadamente 24 segundos. Isto evidencia $41,6 \text{ kg/s}$ numa área de $0,09 \text{ m}^2$ ou $462,96 \text{ kg/s}\cdot\text{m}^2$.

Outro dado adicional constou em determinar o tempo de atuação do cilindro pneumático para o fechamento da boca de descarga do silo. Foram coletados 24 tempos via cronômetro no local (tabela 6.2.).

----- atuação do cilindro pneumático -----	
t (s)	

1,52	1,90
1,50	2,12
1,39	2,15
2,71	2,70
2,00	2,90
2,00	2,72
1,94	2,43
1,97	2,01
1,94	3,00
2,10	1,92
2,30	1,75
2,70	1,98

$$T \text{ médio} = 2,15 \pm 0,05 \text{ s}$$

Tabela 6.2.

A balança usada até o presente momento é uma analógica comum com capacidade para 2.500 kg e um fundo de escala em gramas.

Para o projeto considere apenas a atuação desta balança em conjunto com o sistema de controle a ser projetado. Uma vez que ficou decidido a permanência da antiga balança foi necessário coletar alguns dados referentes ao tempo de resposta da mesma.

O autor permaneceu junto ao operador das válvulas durante um turno de trabalho e coletou um dado muito importante.

Segundo o operador da cabine é necessário acionar a válvula 1 segundo antes do ponteiro atingir o valor na escala, a fim de que decorrido este tempo o peso seja o valor desejado.

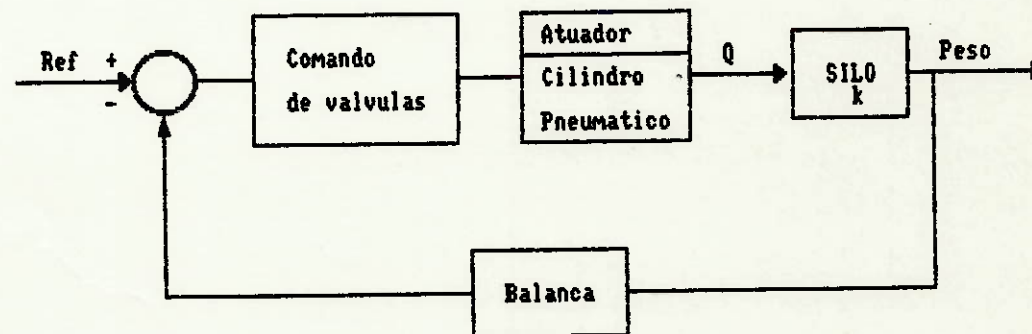
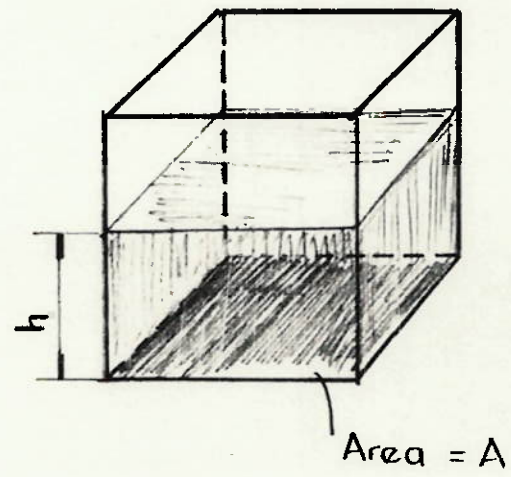


Figura 6.1

6.3. Equacionamento do Problema

Para uma primeira aproximação tomarei o seguinte exemplo (Fig. 6.2)



(Fig. 6.2)

Aplicando a equação da continuidade temos:

$$\textcircled{\text{I}} \quad Q = \rho * A * \frac{dh}{dt}$$

$$\textcircled{\text{II}} \quad P = \rho * A * h * g$$

Q = vazão mássica [kg/s]

ρ = densidade do material que escoar [kg/m³]

A = área [m²]

h = altura do nível do material no recipiente	[m]
t = tempo	[s]
P = peso do material	[N]
g = aceleração da gravidade	[m/s ²]

de (II) temos:

$$(III) \quad h = \frac{P}{\rho A g}$$

de (III) ----> (I) temos:

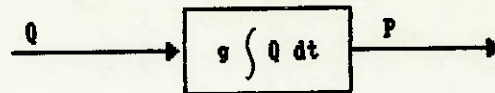
$$(IV) \quad Q = \frac{1}{g} \frac{dP}{dt}$$

Integrando a equação (IV) temos:

$$P = g \int Q dt$$

A expressão anterior nos dá uma idéia da variável a ser controlada, no caso, é a vazão que será regulada a fim de obtermos o peso de determinada matéria-prima para uma dada formulação.

Assim ficaremos com:



O tratamento analítico dos sistemas cujas equações têm 3a. ordem ou ordem superior não leva a solução explícita, geral e simples como nos sistemas de 2a. ordem; é usualmente preciso introduzir valores numéricos dos parâmetros antes da determinação da solução e então fica prejudicado o estudo dos efeitos dos parâmetros sobre a solução.

A teoria dos servomecanismos apresenta vários métodos para vencer a dificuldade apontada e, para muitos deles, a função de transferência é um conceito básico.

Função de transferência de um sistema linear é o quociente da transformada de Laplace da saída do sistema pela da entrada do mesmo, quando todas as condições iniciais são nulas.

A última cláusula da definição é necessária porque em caso contrário não seria unicamente definida a função de transferência de um dado sistema.

Observando o diagrama de blocos da Fig. 6.1., teremos:

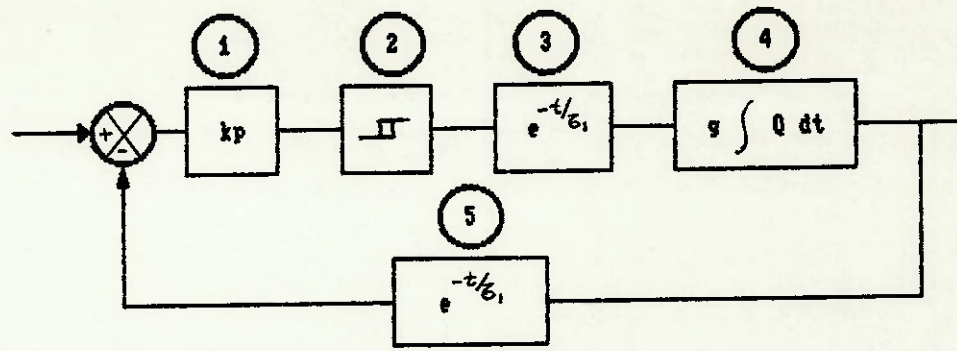
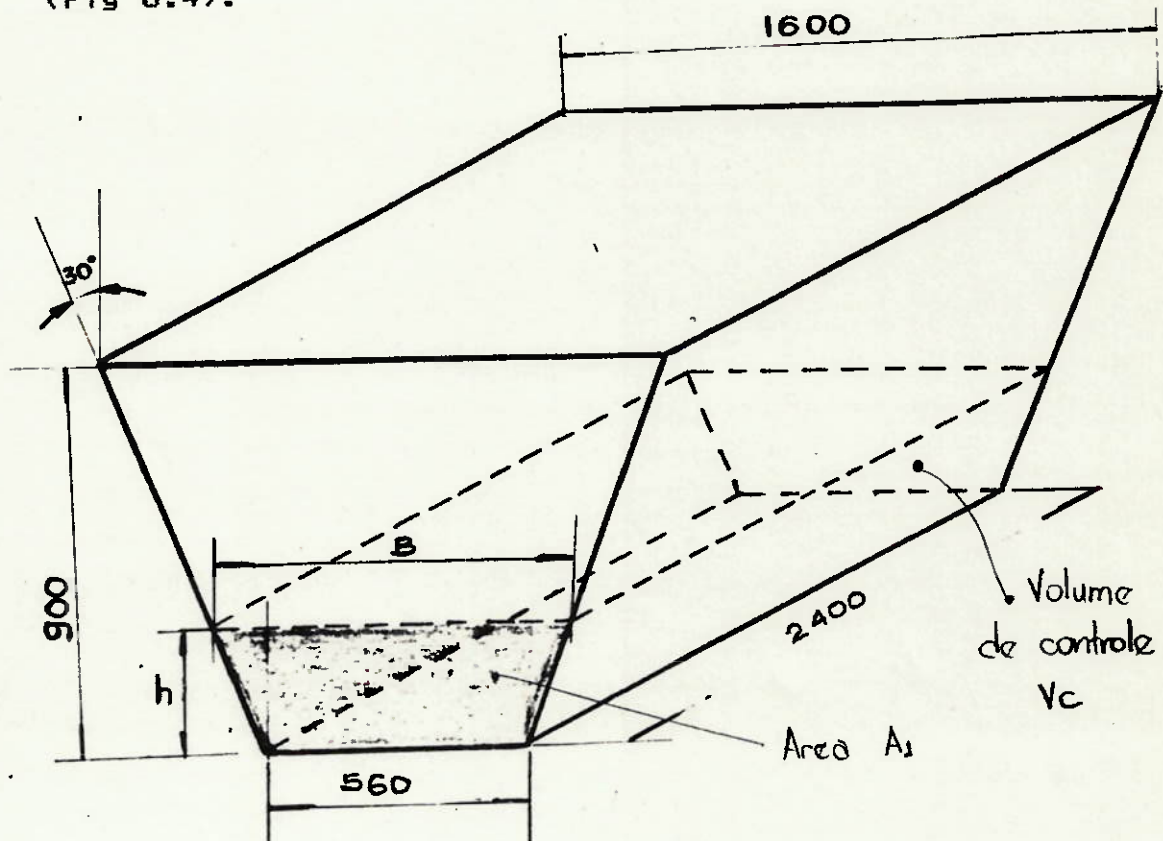


Figura 6.3.

6.3.1. Equacionamento do reservatório da balança

Concentrando a atenção inicialmente para a obtenção da função de transferência do bloco 4 (Fig 6.3) terei o seguinte equacionamento para a caixa de pesagens: (Fig 6.4).



Relações geométricas

$$h = 1 \cos 30^\circ$$

$$\frac{B - 0,56}{2} = 1 \tan 30^\circ$$

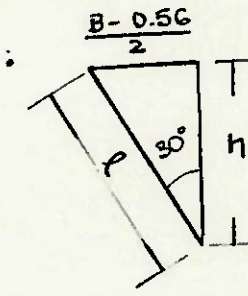
$$B = 0,56 + 2 h \tan 30^\circ$$

$$\text{Volume} = 2,4 * A_1$$

$$\text{Volume} = 2,4 * \left(\frac{0,56 + B}{2} \right) h$$

$$\text{Volume} = 1,2 * (0,56 + 0,56 + 2 h \tan 30^\circ) h$$

$$\text{Volume} = 1,344 h + 1,3848 h^2$$



Aplicando a equação da continuidade no volume de controle VC e designando volume por $V(t)$ temos:

$$V(t) = 1,344 h(t) + 1,3848 h^2(t)$$

$$\frac{dV}{dt} = 1,344 \frac{dh}{dt} + 2,7712 h \frac{dh}{dt}$$

$$Q = \rho \frac{dV}{dt}$$

$$Q(t) = \rho \frac{dh}{dt} (1,344 + 2,7712 h)$$

por outro lado:

$$Q = \frac{1}{g} \frac{dP}{dt} \quad \text{onde } P = \text{peso}; m = \text{massa}$$

$$P(t) = g \int Q dt = m(t) * g = g \rho \left(1,344 h + 2,7712 \frac{h^2}{2} \right)$$

$$m(t) = \int Q dt$$

$$\text{então } m = \rho * V$$

$$m(t) = \rho \left(1,344 h + 2,7712 \frac{h^2}{2} \right)$$

outra forma:

$$Q(t) = \frac{m(t) \left(1,344 \frac{dh}{dt} + 2,7712 h \frac{dh}{dt} \right)}{1,344 h(t) + 1,3848 h^2(t)}$$

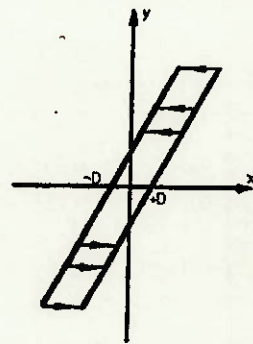
Analisando o bloco 2 existe um fenômeno não linear, a histerese.

Conforme a Fig. 6.4.a para entradas senoidais menores que D, a saída e a função descritiva N são nulas. Para amplitudes de entrada maiores que D, pode-se provar que:

$$N = \frac{1}{\pi} \left(-\frac{\pi}{2} + \theta + \text{sen } \theta \cos \theta \right) - j \frac{\cos^2 \theta}{\pi}$$

onde

$$\theta = \text{sen}^{-1} \left(1 - \frac{2D}{x} \right)$$



(Fig. 6.4.a)

É importante notar que esta função descritiva assume em geral valores não reais.

Nesta fase do projeto introduzirei uma hipótese simplificadora que é a desconsideração do bloco 2, pois o acionamento é muito rápido comparado com outros tempos presentes no sistema. Isto permite dizer que a amplitude $D \rightarrow 0$, assim modelarei o comando de válvulas como um relé ideal.

Os blocos 3 e 4 referentes aos atuadores pneumáticos e a balança são de fácil equacionamento uma vez que serão tratados como atrasos e .

6.4. Tratamento Analítico e Cálculo das Funções de Transferência

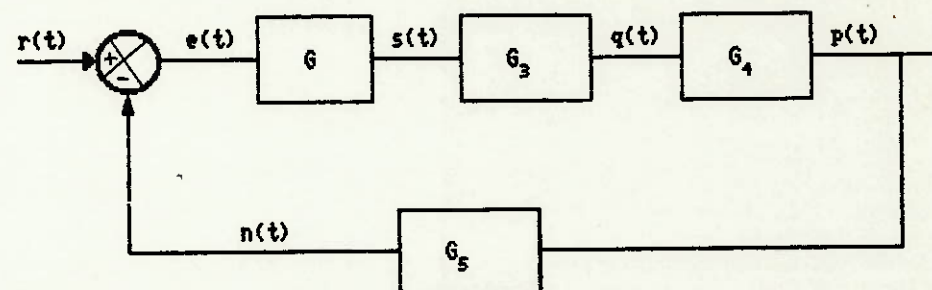


Figura 6.4.b.

Da figura 6.4.b.temos as seguintes equações:

$$\begin{cases} e(t) = r(t) - n(t) \\ n(t) = p(t) e^{-t/\tau_1} \\ p(t) = g \int q(t) dt \\ q(t) = s(t) e^{-t/\tau_1} \\ s(t) = e(t) K_p \end{cases}$$

Achando as funções de transferência temos:

$$G_1 = \frac{\mathcal{L}[s(t)]}{\mathcal{L}[e(t)]} = K_p$$

No caso de G adotarei a aproximação de Padé,

ou seja

$$G_3 = \frac{\mathcal{L}[q(t)]}{\mathcal{L}[s(t)]} = \frac{1/\tau_1}{s + 1/\tau_1}$$

Para o cálculo do G temos:

$$p(t) = g \int q(t) dt \quad (\mathcal{L} - \text{transformando dos dois lados})$$

$$P(s) = g \frac{Q(s)}{s} + \frac{[\int q(t) dt]_{t=0}}{s}$$

$$\text{como } [\int q(t) dt]_{t=0} = 0$$

$$\frac{P(s)}{Q(s)} = \frac{g}{s} \quad \text{portanto}$$

$$G = \frac{g}{s}$$

No cálculo do G_5 adotarei a aproximação de Padé

$$G_5 = \frac{1/\tau_2}{s + 1/\tau_2}$$

No capítulo 6 fiz referência a dois dados coletados muito importantes que são os valores dos ganhos de dois blocos: o G_3 e o G_5 .

No bloco G_3 o tempo para atingir o regime estacionário com valor de 98% do valor total é de: $\tau_2 = 0,53$ s.

No bloco G_5 o tempo é de: $\tau_1 = 0,25$ s.

Assim, substituindo os valores no diagrama temos:

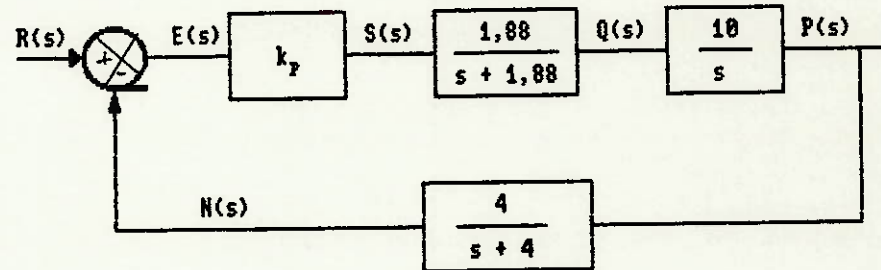


Figura 6.5

Simplificando teremos:

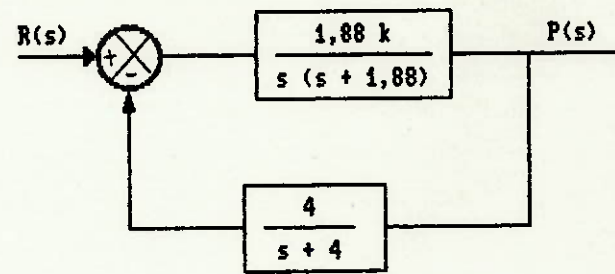


Figura 6.6

Assim podemos calcular a função de transferência global do sistema G_T .

$$G_T = \frac{\frac{18,8 k_p}{s(s + 1,88)}}{1 + \frac{75,2 k_p}{s(s + 1,88)(s + 4)}} = \frac{\frac{18,8 k_p}{s(s + 1,88)}}{\frac{s(s + 1,88)(s + 4) + 75,2 k_p}{s(s + 1,88)(s + 4)}}$$

$$G_T = \frac{18,8 k_p (s + 4)}{s(s + 1,88)(s + 4) + 75,2 k_p} = \frac{18,8 k_p s + 75,2 k_p}{s(s + 1,88)(s + 4) + 75,2 k_p}$$

$$G_T = \frac{18,8 k_p s + 75,2 k_p}{s^3 + 5,88 s^2 + 7,52 s + 75,2 k_p} = \frac{P(s)}{R(s)}$$

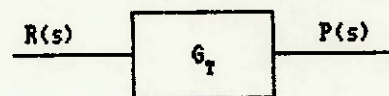


Figura 6.7

Podemos dar uma outra configuração para o diagrama da Fig. 6.6, que será útil na simulação do sistema.

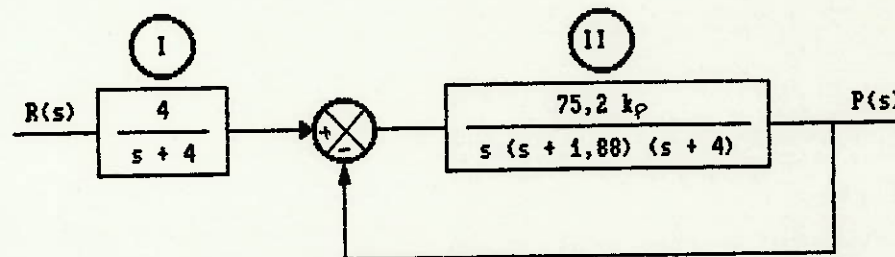


Figura 6.8

O bloco I da Fig. 6.8 representa um atraso de transporte na referência assim podemos partir para uma análise do diagrama anterior com realimentação unitária ou "closed loop step" que será definido posteriormente.

CAPÍTULO VII

7. SIMULAÇÃO DO SISTEMA

7.1. Introdução

A simulação do sistema consiste em uma profunda análise do modelo matemático proposto para o projeto, onde todas as hipóteses e dados adotados podem ser checados rapidamente, desde que haja um "ferramental" adequado para a tarefa.

Neste trabalho muitos dados foram coletados, em especial, dois ganhos foram obtidos inicialmente pela medição de tempos observados durante um turno de trabalho. Os dados receberam um tratamento estatístico mas mesmo assim estimei um erro da ordem de 5 a 10% em função do desvio padrão.

Observando o diagrama de blocos, podemos constatar a adoção de um controlador do tipo proporcional que foi sugerido pelo meu professor orientador, isto simplificou bastante o projeto pois fiquei com uma única incógnita para o problema.

Apesar de resultar em uma única incógnita a ser descoberta, o método adotado para a solução do problema pode ser considerado como "chute e verificação dos resultados".

É claro que o "chute" foi dado com diversos critérios, resultando um método iterativo de convergência bastante rápida.

O "ferramental" mencionado anteriormente consistiu na utilização de um software matemático para a resolução de diversas equações e plotagem de gráficos.

Diversos programas foram sugeridos, por exemplo: PCMATLAB, CAD CLA, CONTROL CAD.

Inicialmente pensei em adotar o PCMATLAB que me foi proposto pelo orientador, mas quando conheci o Laboratório de Automação e Sistemas, LAS, do Departamento de Engenharia Mecânica, constatei que o Control Cad resolveria o meu problema de simulação, uma vez que é muito simples de ser utilizado, vide Anexo I.

7.2. Utilização do Programa CONTROL CAD:

Quando comecei a utilizar o programa verifiquei cuidadosamente todas as opções do menu de comando e adotei o seguinte procedimento para a resolução do problema.

Inicialmente verifiquei que na opção para a entrada da função de transferência, só existia a possibilidade de entrar com uma função cujo denominador fosse um polinômio com coeficientes constantes, mas todos eles conhecidos.

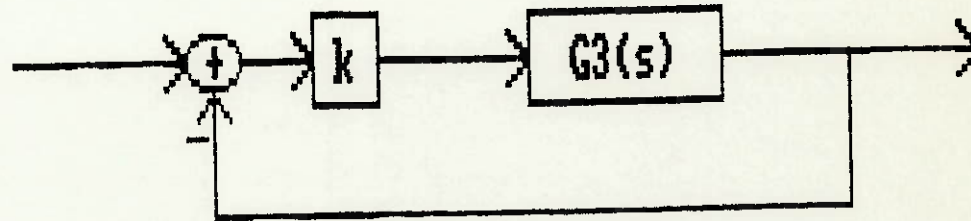
É necessário frisar que a configuração do diagrama da Fig. 6.8 foi muito útil para a determinação da faixa do ganho dentro do regime estável do sistema.

Além disso podemos observar que o bloco I da Fig. 6.8 representa apenas um atraso de transporte que não compromete em hipótese alguma a estabilidade do sistema. Desta forma podemos garantir que a faixa do ganho obtida

para o bloco I será a mesma para a função de transferência global GT (Fig. 6.7).

Assim a função de transferência II foi utilizado inicialmente, (Fig 7.1) e o mesmo foi chamado de $G_3(s)$. Para o caso utilizamos o critério de estabilidade de Routh.

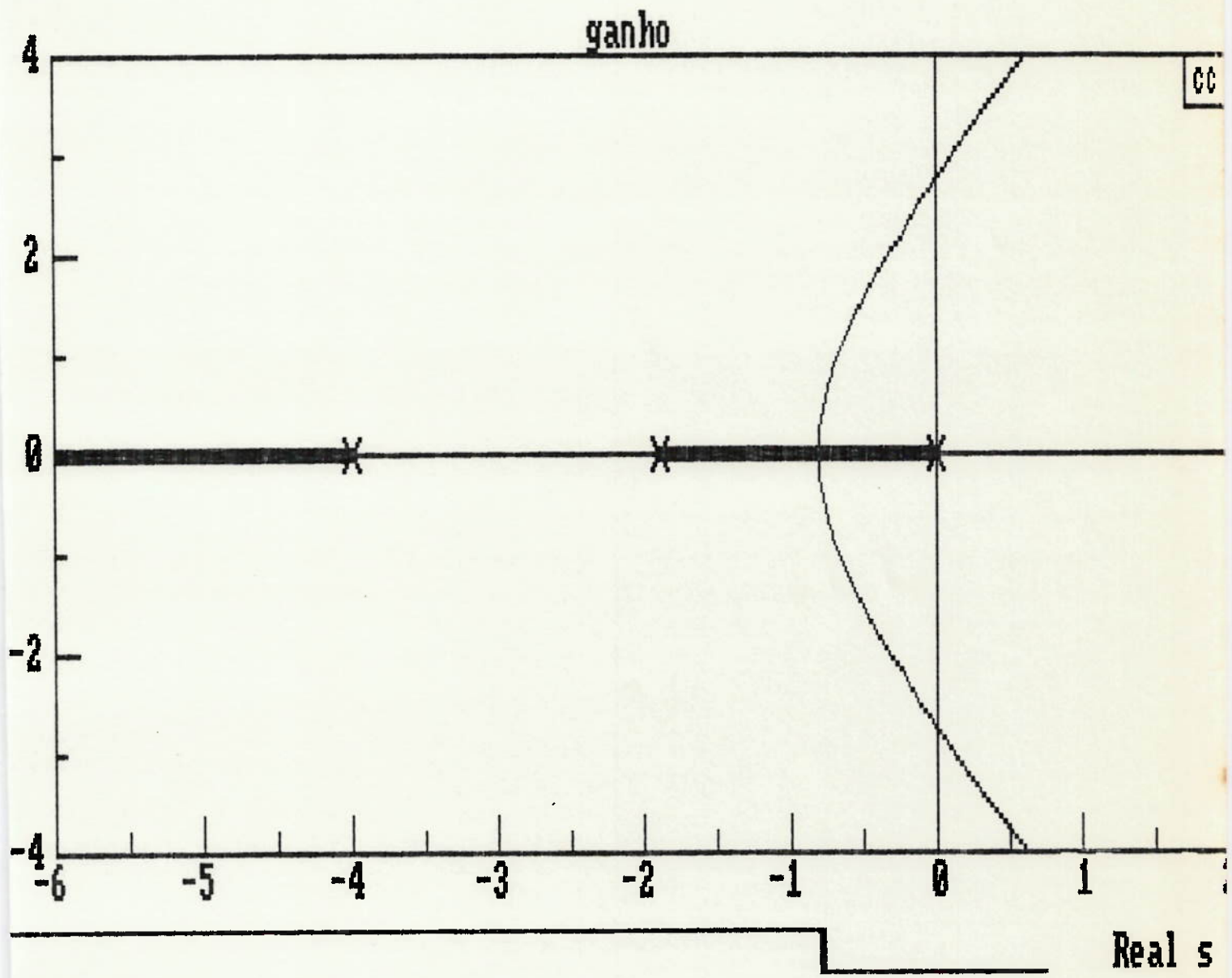
CC>routh, g3



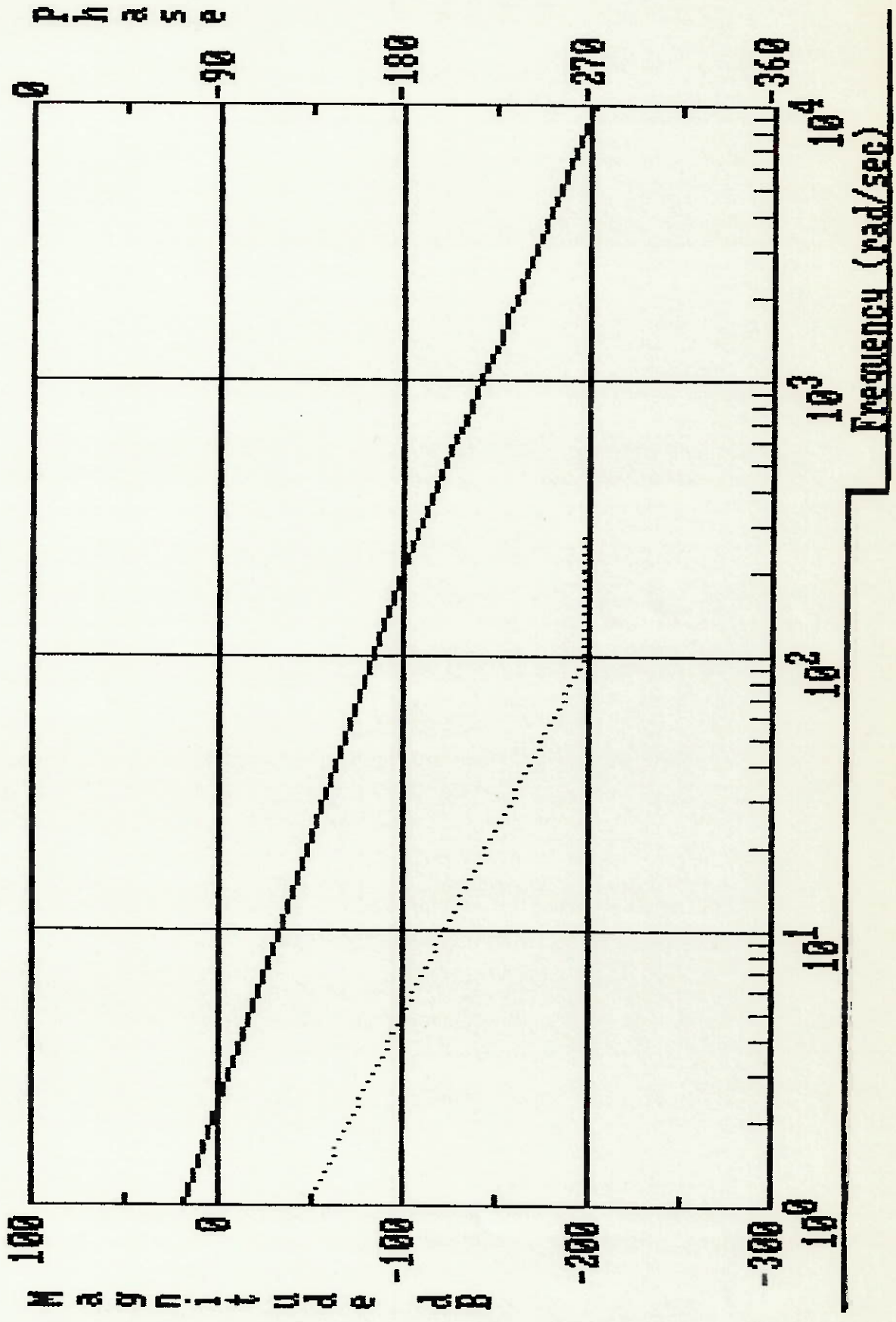
Stable for gain ranges : 0 to .588

O passo seguinte foi traçar o diagrama pelo método do lugar das raízes, Root locus vide gráfico 7.1.

Em seguida foi definido uma faixa de frequências de 0 a 10.000 Hertz e com isso pude traçar o diagrama de Bode (gráfico 7.2).



(Gráfico 7.1)



(gráfico 7.2)

7.3. Simulação

Anteriormente vimos que a faixa do ganho que garante a estabilidade do sistema estava compreendida entre 0 e 0,588, não foi mencionado um critério para o sistema atingir o regime estacionário, portanto é necessário fixar que procurei um ganho que operasse com estabilidade e que proporcionasse um superamortecimento, a fim de atingir a resposta o mais rápido possível, ou seja, com um tempo de acomodação bem pequeno.

A simulação foi executada e seguiu o seguinte roteiro:

Uma vez determinada a faixa de ganho para a estabilidade procurei delimitar o outro campo, ou seja, o do superamortecimento com o menor tempo de acomodação possível. Para isso pude utilizar um recurso adicional do softer para observar a variação do ganho no diagrama do Root locus. O recurso consistiu em posicionar o cursor no eixo real no ponto de cruzamento da curva com o mesmo e anotar alguns valores de ganho na região, tanto para baixo como para cima do valor anotado no cruzamento.

Aqui vale ressaltar que os valores dos ganhos adotados foram substituídos na função de transferência global GT, e a simulação foi feita com cada uma das funções de transferência obtida na substituição do ganho K_p .

Assim os seguintes valores foram adotados para a simulação:

GANHO, K _{Pn}		FUNÇÃO DE TRANSFERÊNCIA, G _{T_n}	DADOS DO GRÁFICO
1	0,01	$\frac{0,85 s + 0,752}{s^3 + 5,88s^2 + 7,52s + 0,752}$	superamortecido
2	0,0367	$\frac{0,68 s + 2,759}{s^3 + 5,88s^2 + 7,52s + 2,759}$	superamortecido Tr = 4,22 s Ts = 7,51 s
3	0,039	$\frac{0,733 s + 2,9}{0,733 s + 2,9328}$ $\frac{0,733 s + 2,9}{s^3 + 5,88s^2 + 7,52s + 2,9328}$	superamortecido
4	0,042	$\frac{0,7896 s + 3,15}{s^3 + 5,88s^2 + 7,52s + 3,15}$	superamortecido Tr = 3,48 s Ts = 5,77 s
5	0,049	$\frac{0,921 s + 3,68}{s^3 + 5,88s^2 + 7,52s + 3,68}$	overshoot
6	0,050	$\frac{0,94 s + 3,76}{s^3 + 5,88s^2 + 7,52s + 3,76}$	overshoot
7	0,070	$\frac{1,36 s + 5,264}{s^3 + 5,88s^2 + 7,52s + 5,264}$	overshoot Tp = 3,77 s Tr = 1,82 s Ts = 5,88 s

ts = tempo de acomodação

tr = tempo de subida

tp = instante de pico

Tabela 7.1

Da tabela 7.1 podemos ver que temos sete ganhos k_p que foram chutados da seguinte forma:

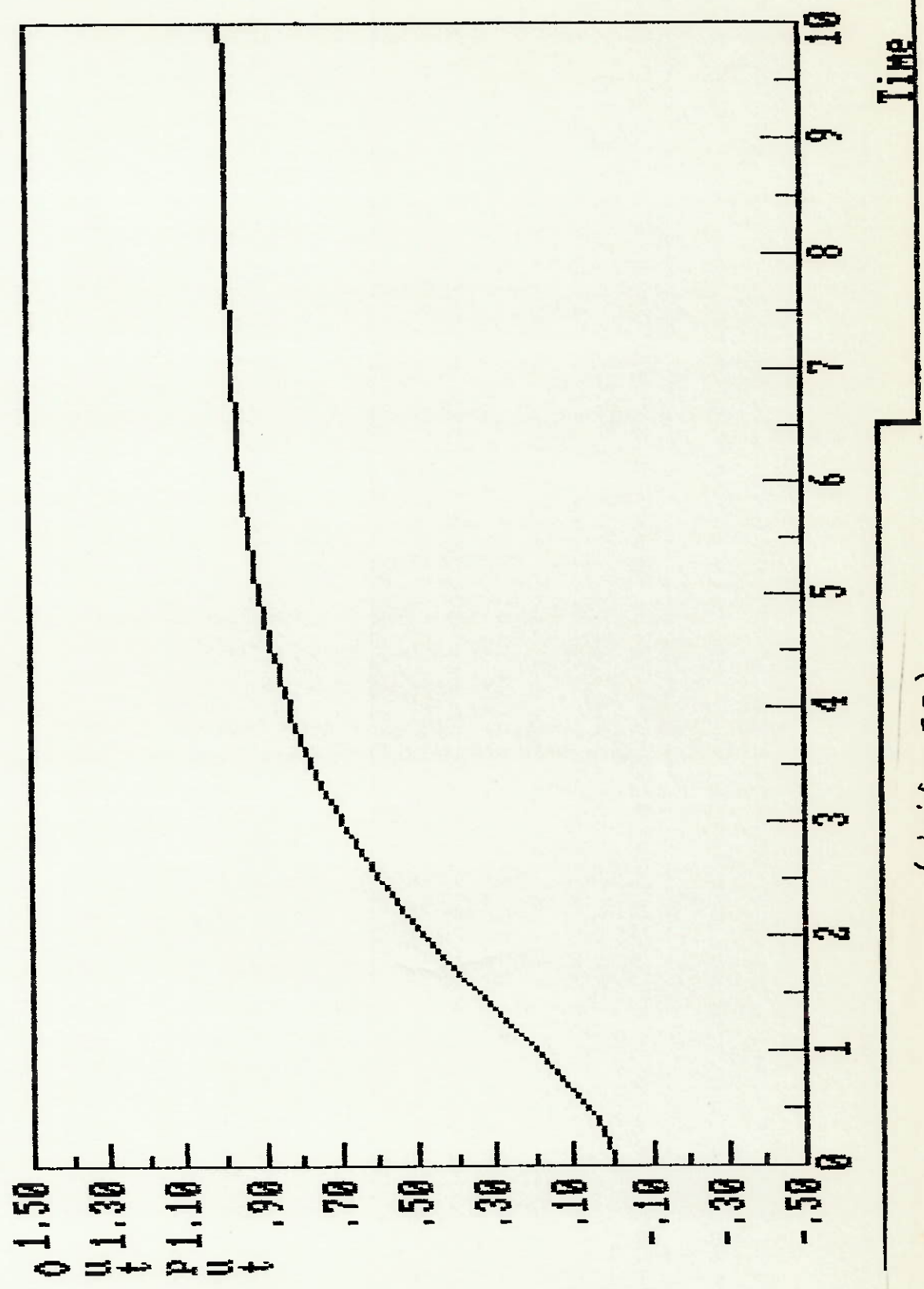
O primeiro chute foi dado com o valor de $k_{p_1} = 0,0367$ que foi o maior valor do ganho obtido posicionando o cursor no eixo Real s do diagrama do Root Locus, gráfico 7.1. Com isso pude usar o comando Time que volta a função de transferência GT no domínio do tempo e traça um gráfico da resposta do sistema. Para o primeiro valor k_{p_1} vide gráfico 7.3.

Em seguida majorei o k_{p_1} da ordem de 200% e fiz um segundo chute $k_{p_2} = 0,070$. Com isso calculei a nova função GT_2 e usando o comando Time tracei o gráfico 7.4 onde pude notar que o sistema apresentava overshoot.

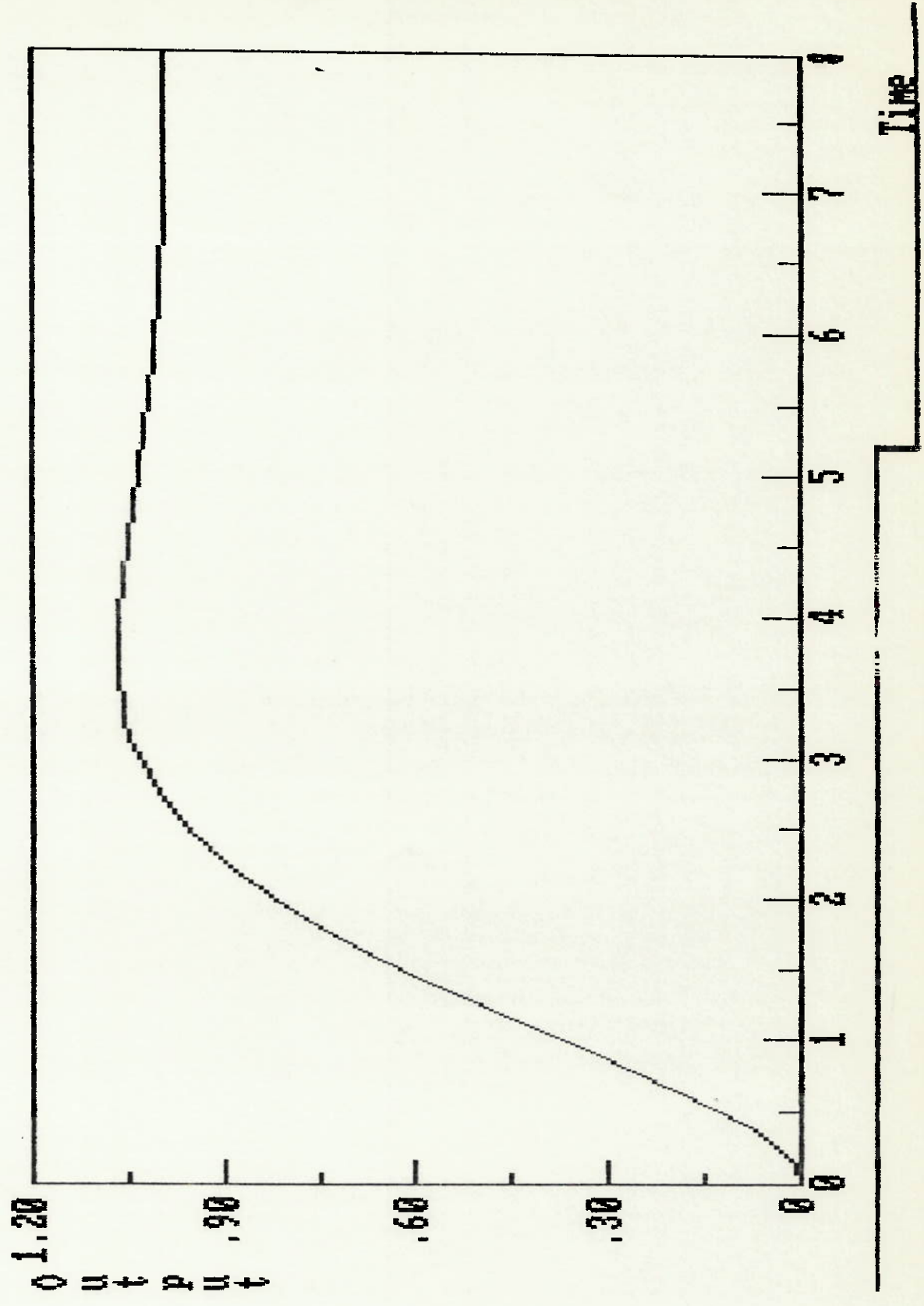
Nos passos seguintes comecei a diminuir o valor de k_{p_2} da ordem de 10% cada vez, até achar o valor $k_{p_4} = 0,042$ onde o sistema não apresentava overshoot. Assim achei conveniente fixar o k_{p_4} como o valor máximo do ganho para o qual o sistema ainda continuava superamortecido, nesta etapa não continuei a variar mais o ganho em frações menores que 10% uma vez que os erros dos outros parâmetros do sistema poderiam variar mais que 10%. Para o k_{p_4} plotei o gráfico 7.5, para este gráfico usei novamente o recurso do cursor e pude anotar os valores dos tempos de acomodação e subida para fazer uma comparação com os demais.

Assim tive o seguinte panorama, para uma variação da ordem de 14% para mais do ganho tive uma variação da ordem de 30% para menos no tempo vide tabela

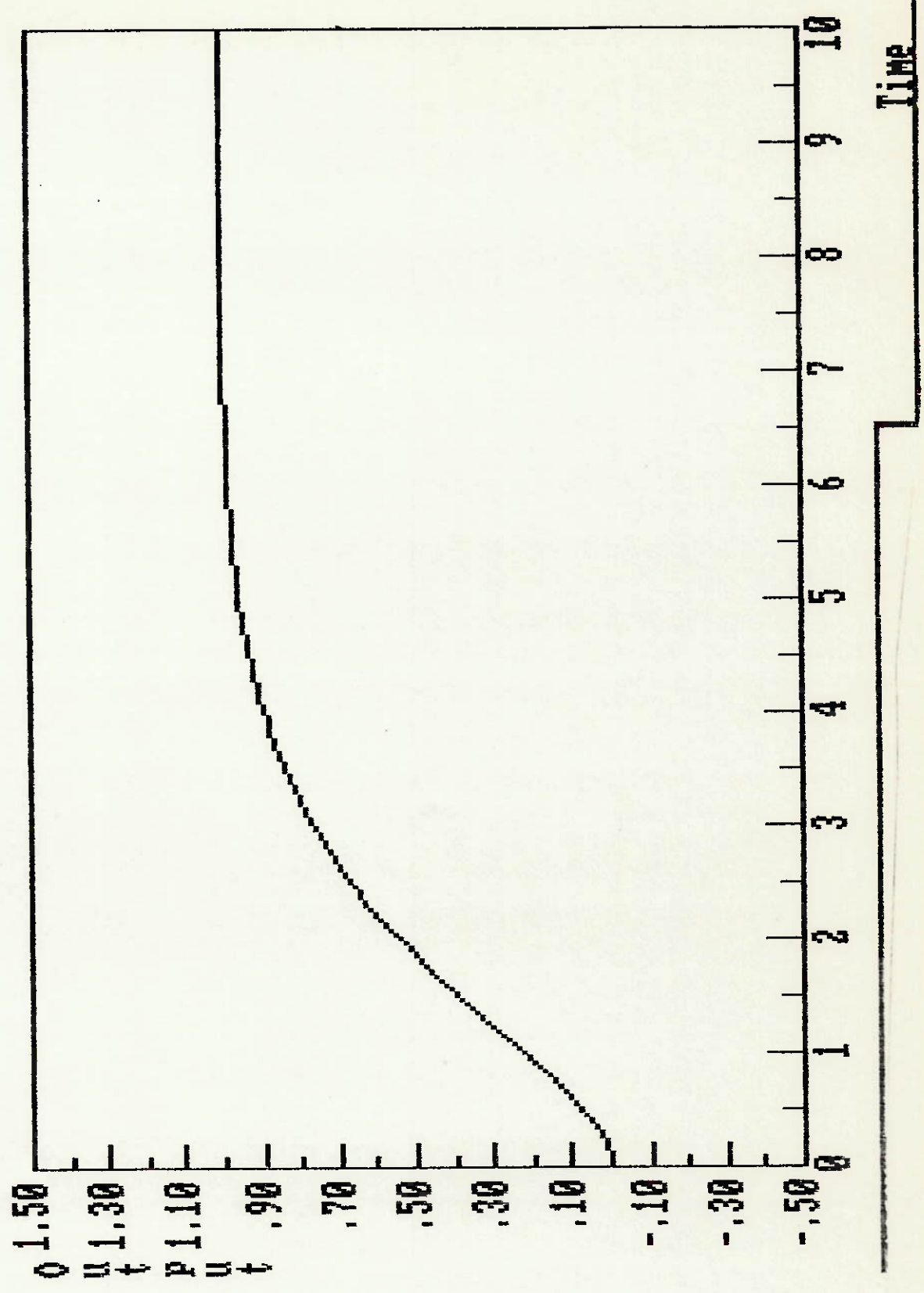
7.1. Evidentemente, esta comparação percentual é apenas uma referência quantitativa muito grosseira do sistema visto que as variações da variável ganho em relação a variável tempo de acomodação poderiam ser determinadas com mais precisão se pudéssemos variar infinitesimalmente o k_p e anotar os valores dos respectivos tempos de acomodação. Tal tarefa não teria sentido pois os erros que estão presentes nos parâmetros adotados, inicialmente poderão sobressair de tal forma que inviabilizaria tal estudo.



(gráfico 1.3)



(Gráfico 7.4)



(Grafico 1.5)

CAPÍTULO VIII**8. SELEÇÃO DO CONTROLADOR**

8.1. Introdução

Nesta fase do projeto partirei para escolha de um controlador que possa resolver o problema assim como os atuadores que executem o controle propriamente dito.

Existem diversos modelos de controladores basicamente quanto à transmissão de dados e informações do processo, os mesmos podem ser divididos em dois grupos: os analógicos e os digitais.

Atualmente, os controladores digitais são muito mais usados do que os proporcionais pela eficiência do controle em si.

A transmissão de dados, isto é, informações quantitativas é um problema fundamental de todo sistema de controle.

Neste capítulo vamos explorar a idéia de discretização da amplitude dos sinais ("digitalização"), sejam eles transmitidos a todo instante ou somente em instantes isolados e periódicos. Essa discretização consiste em codificar a amplitude do sinal qualquer, transformando-a em um conjunto ordenado de sinais que só podem assumir um pequeno número de amplitudes fixas; geralmente, até, estas amplitudes são só duas, 1 e 0, "tudo" e "nada", e o código se chama binário. Quando cada amplitude do sinal dado é transformada em um conjunto ordenado de n sinais, diz-se que o código utilizado é de n dígitos.

A transmissão do conjunto ordenado de sinais que representa o sinal original depois de codificado pode ser feita:

a) Em sucessão no tempo, resultando em uma sucessão de pulsos de determinadas amplitudes..

b) Simultaneamente por vários canais de transmissão..

Tem-se assim, respectivamente, a transmissão sequencial e a paralela..

Suponhamos o problema de transmitir à distância um sinal. É sabido que é impraticável transmitir a amplitude exata de um sinal por rádio ou linha, devido às perturbações designadas pelo nome genérico de ruídos..

Por outro lado, se o sinal é codificado adequadamente, utilizando tantos dígitos e amplitudes distintas quanto necessário, então somente os ruídos suficientemente grandes para levar o receptor a confundir um sinal de nível pré-determinado com um sinal de outro nível pré-determinado, é que afetamos a precisão. Obviamente, pois, a forma de transmissão digital é incomparavelmente mais segura que a analógica..

Se o que temos a transmitir é um número, um dado numérico, sua transmissão analógica via rádio ou fio envolveria transformá-lo em uma voltagem ou corrente proporcional; a precisão máxima de tal processo fica atualmente, no máximo, perto de 0,1%. Para transmitir o número em código digital porém, não haveria limite de

precisão; maior precisão representaria apenas maior número de dígitos.

A questão crítica do problema é a da escolha do código.

Se o código é decimal e a transmissão é sequencial, o receptor deve estar apto a distinguir com segurança um em 10 níveis de amplitude; se o código é binário, basta que o receptor distinga 0 de 1.

O que deve decidir a escolha entre as várias possibilidades é a complexidade, isto é, o custo do equipamento; suponhamos então que seja necessário uma unidade (um transistor ou um triodo, por exemplo) para cada dígito e cada nível a ser identificado; o custo total para receber números de d dígitos e n níveis é portanto igual a dn . Seja k maior número que deve ser recebido; obviamente $k \approx n^d = \text{constante}$. Nestas condições, pode-se mostrar que o mínimo custo ocorre para $n = e = 2,718$. Portanto, n igual a 2 ou 3 está perto do ótimo.

Pela razão acima exposta e devido a facilidade de construção de elementos com dois estados (flip-flop, etc), o código binário é o preferido.

Os principais campos de aplicação dos servos digitais são

a) quando há grande distância entre transmissor e receptor, com conseqüente exposição a ruídos, exemplo: transmissão de posição, via rádio ou via telefone.

b) quando há necessidade de grande precisão na medida de ângulos e distâncias; exemplo: máquinas operatrizes de alta precisão;

c) quando há necessidade de armazenar grande quantidade de valores do sinal de entrada; exemplo: na armazenagem de muitos perfis de peças a serem cortadas precisamente, é boa solução gravar as coordenadas dos pontos de contorno em fitas ou na memória do computador.

d) quando há um computador digital no sistema global, gerando sinais de referência em forma digital.

8.2 Alternativas e Escolha da Solução

No mercado brasileiro existem uma infinidade de empresas que lançam seus produtos destinados a área de automação e controle de processos industriais.

Para este projeto procurei os chamados controladores programáveis, atualmente são um dos equipamentos mais importantes para a automação de equipamentos e processos industriais.

Seu campo de aplicação é quase ilimitado, e o conhecimento de suas potencialidades torna-se cada vez mais necessário.

Ojetivando aumentar a confiabilidade dos circuitos de comandos e, ao mesmo tempo, ganhar espaço físico dos painéis, a indústria investiu sempre no aperfeiçoamento e na redução de tamanho dos relés

eletromecânicos. Com a eletrônica, foi possível substituir, gradativamente, os relés por componentes estáticos que, para as mesmas funções, ofereciam ganho em espaço e velocidade de operação mas, ainda assim, não ofereciam facilidades para modificações. Estes sistemas passaram a ser conhecidos como de "lógica fixa".

Em 1968 surgiu um terceiro sistema que rapidamente se impôs aos mercados americanos, europeu e, mais recentemente, brasileiro, sob o nome genérico "controlador programável".

Sua construção é voltada para a versatilidade e rapidez próprias das modernas máquinas e sistemas, cuja dinâmica de atuação não pode mais ser satisfeita pelos outros sistemas citados. Para tanto, elimina-se todas as frações de comando, cujas ligações, bloqueios, intertravamentos, sinalização, etc, são totalmente controlados por memórias programadas. A saída se reduz a um fio fornecendo ou cortando tensão para um elemento, conforme deva ser sua atuação no processo.

Nos controladores programáveis, os programas são armazenados em memórias EPROM e RAM (CMOS) de 1, 4, 8 até 16 kbytes. A seguir apresentarei um quadro comparativo entre sistemas de comando abordados.

TÉCNICA SITUAÇÕES	RELÉS	LÓGICA FIXA	CONTROLE PROGRAMÁVEL
Linguagem de comunicação	Esquema de ligação de contatos que alimentam e intertram as operações de bobinas, válvulas, sinalizações, etc.	Esquema de ligação de diversos componentes eletrônicos ou diagrama de blocos que resumem a função de um circuito.	Lista de instruções Diagrama de contatos Diagrama de blocos
Profissionais que possuem acesso ao sistema	Eletricistas, técnicos e engenheiros da área elétrica.	Técnicos e engenheiros da área eletrônica.	Todos os citados nos sistemas ao lado, além de elementos da área de mecânica, instrumentação, processamento de dados, etc.
Montagem	Interligação dos componentes e contatos, seguindo um esquema elaborado por projetista, onde o tempo de elaboração depende da complexidade do projeto, e sem o qual não é possível fazer nenhuma construção.	Idem aos relés.	Identificada a quantidade de entradas (sinais de botoeiras, chaves fim-de-curso, sensores, etc.) e saídas (para alimentar relés, válvulas, sinalizadores, etc.), tem-se definido o tamanho do controlador. Assim, pode-se passar à montagem dos componentes da instalação, independentemente das funções de comando que são estabelecidas à parte, em circuito integrado de memória.
Colocação em funcionamento e/ou alterações	As eventuais modificações implicam em inúmeras alterações nas ligações e acréscimo de aparelhos. Estes últimos muitas vezes comprometidos pela falta de espaço no painel.	Idem aos relés, quando não se perde o circuito impresso por completo.	As eventuais modificações implicam apenas na alteração de instruções na memória, sem necessidade de alteração nas ligações da fiação de comando.
Arquivo / modificação	Através de desenhos que precisam ser alterados a cada modificação.	Idem aos relés.	As alterações são feitas via microcomputador pessoal ou maleta, que permitem rápidas modificações em disquetes ou rápida reimpressão da listagem e diagramas, com comentários.
Manutenção	Os componentes que não possuem a vida útil da máquina precisam ser trocados (contatos, bobinas, etc.). Problemas como pó ou corrosão acabam provocando mau contato.	Não há desgaste ou mau contato, pois os componentes de estado sólido.	Idem à lógica fixa.
Localização dos defeitos	Através de painel sinótico.	Idem aos relés.	<ul style="list-style-type: none"> Através de LED's frontais que indicam os estados de cada entrada, saída ou temporizador. Através de placa de teste que indica o estado de cada parâmetro no barramento do controlador informando se a falha é interna ou externa. Através de maleta quando ligado em ON-LINE.
Tempo de operação	Os tempos para fechamento ou abertura de cada componente variam de 5 a 20 ms. Utilizando-os em cadeia, somam-se os tempos das diversas operações.	Os tempos para fechamento ou abertura são da ordem de 2 ms, porém, como nos relés, utilizam-se cadeias onde o tempo total da operação depende dos componentes envolvidos.	A diferença de tempo entre entrada e saída de sinais varia entre 2 e 5 ms. Somando-se o tempo do ciclo do programa (1K = 2 ms) tem-se um atraso de 6...12 ms, já contados todos os intertravamentos em cadeia.
Exemplo de Ligação			

Das muitas alternativas encontradas (vide Anexo II) optei pelo modelo AL-500 da ALTUS com uma arquitetura moderna e compacta, que inclui microprocessador de quarta geração INTEL 8031 e constitui-se na melhor opção em aplicação onde baixo número de pontos e alta performance são exigidos.

O CP AL-500 possui uma memória com capacidade de 16 kbytes de memória EPROM ou RAM (CMOS) e consta com 16 pontos de entradas digitais, 24 VDC ou 110VAC optacoplados, 6 pontos adicionais de 24 VDC integrados no mesmo módulo para interfaceamento com máquinas e processos.

Quanto às saídas, possui 16 pontos de saída digitais, expansíveis a 32 e com variado espectro de opções com relação a tipos de tensões, que podem ser: contato seco (relé); transmissor, 24 VDC/2A; TRIAC, 110VAC/2A.

O controlador possui também opção de configurar como analógicos, 2 pontos de 0 a 10 V, 8 bits e expansíveis através de multiplexação.

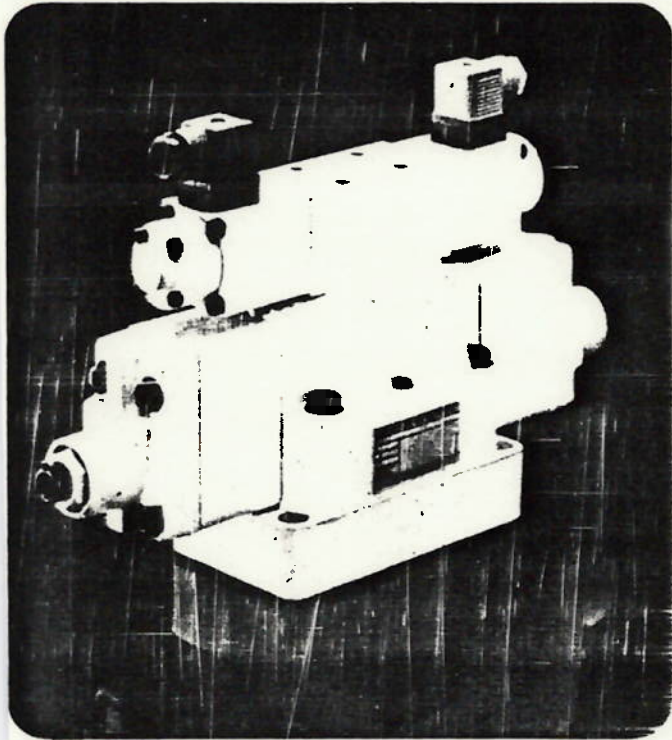
Evidentemente por ter um equipamento digital é necessário usarmos conversores A/D e D/A, para podermos fazer a comunicação do equipamento aos atuadores.

Quanto aos atuadores será necessário anexarmos aos cilindros pneumáticos convencionais utilizados até o presente momento, controladores hidráulicos de velocidade série HYDRO-CHEC, para podermos então conseguir um controle do tipo proporcional. Vale ressaltar que não

existem válvulas pneumáticas do tipo proporcional uma vez que temos um fluido de trabalho, ar, que é compressível.

Este controlador hidráulico é fabricado pela Schrader-Bellais (vide Anexo II), que consiste em um cilindro hidráulico acoplado em paralelo ao pneumático apenas para exercer a função de pilotagem, já que toda a potência de atuação provém do cilindro pneumático. Para controlarmos os controladores hidráulicos usarei válvulas proporcionais e servoválvulas da REXROTH.

Válvulas direcionais proporcionais

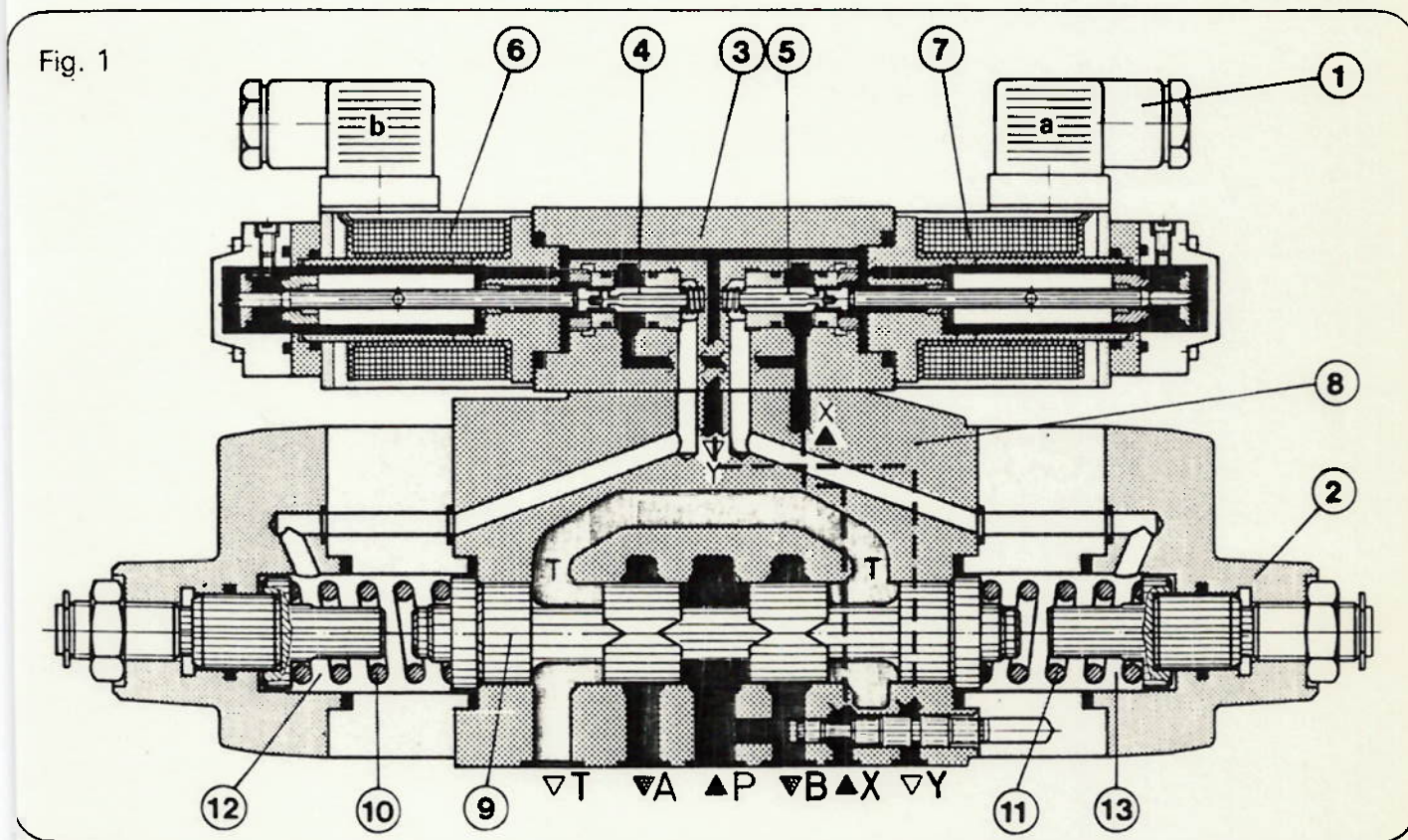


Válvula direcional proporcional de 4 vias, tipo 4WRZ 16.M..

Com uma válvula direcional proporcional podem ser construídos comandos complexos, seqüência de programas como, por exemplo: aceleração, desaceleração e diferentes movimentos de um consumidor.

Velocidade e sentido de movimento são determinados por um único dispositivo. Para isso, a grandeza de saída (por exemplo: vazão) é proporcional à tensão de um sinal elétrico de entrada.

As servo-válvulas têm um comportamento semelhante. As válvulas proporcionais não controlam somente a operação, mas também a regulagem de um circuito hidráulico.



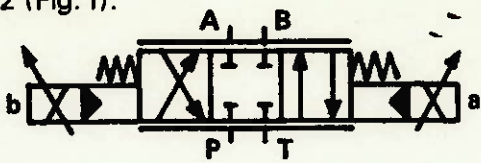
Válvulas Proporcionais

95

As válvulas direcionais proporcionais de 4 vias se compõem de uma válvula pré-operadora 1 e uma válvula principal 2 (Fig. 1).

Símbolo

X = externo
Y = interno



A válvula pré-operadora é uma válvula reguladora de pressão com solenóides proporcionais, isto é, regulável, de corrente contínua em banho de óleo, que transformam um sinal elétrico de entrada em uma força proporcional a este sinal. Um aumento na corrente elétrica corresponde a um acréscimo de força no solenóide. Para se conseguir uma transferência equilibrada e linear dessa força, usa-se apenas uma parte do curso disponível para o trajeto do núcleo.

Basicamente a válvula pré-operadora se compõe de carcaça 3, dois êmbolos pré-operados 4 e 5 e dois solenóides proporcionais 6 e 7.

A válvula principal é uma válvula direcional e se compõe fundamentalmente da carcaça 8, êmbolo principal 9 e molas de centragem 10 e 11.

Quando o sinal de entrada é 0 (zero) as duas câmaras das molas 12 e 13 da válvula principal estão descomprimidas para o tanque através da conexão de dreno pelos orifícios no êmbolo pré-operador.

O êmbolo principal é mantido na posição central pelas molas de centragem 10 e 11.

Quando por exemplo, o solenóide b for energizado, o êmbolo pré-operador 4 se desloca para a direita. O óleo de comando (interno do canal P ou externo por X) chega pelos orifícios transversais e longitudinais no êmbolo pré-operador na câmara da mola 12. Ao mesmo tempo, fecha a passagem de alívio para a conexão Y.

Na câmara da mola a pressão cresce em correspondência à força do solenóide (vide válvula reguladora de pressão, só que, neste caso, a força da mola é substituída pela força do solenóide).

Esta pressão de comando, proporcional à corrente elétrica de entrada, desloca o êmbolo principal 9 contra a força da mola 11 até que a força da pressão seja igual à força da mola.

Maior força no solenóide → maior pressão de pilotagem → maior deslocamento do êmbolo

Desta maneira se consegue uma determinada vazão que é função da corrente elétrica do sinal de entrada.

Pela construção do êmbolo as secções de estrangulamento ou passagem, variam com característica de fluxo linear.

Os comportamentos de comutação e transposição

devem ser especialmente lembrados.

Analisaremos o comportamento da válvula em operação.

A passagem do estado "fechado" para "aberto" e vice versa é sempre controlada.

Não há transposições escalonadas nas secções transversais de passagem. As arestas de comando da carcaça da válvula, permanecem em todas as fases "ligadas" entre si e é por isso que não existe curso em vazio, como nas válvulas direcionais convencionais.

O retorno do êmbolo pré-operador 4, com sinal 0 (zero), para sua posição inicial e com isso o consequente retorno do êmbolo principal para a posição central, faz-se de forma independente da pressão de pilotagem, pelas respectivas molas.

As válvulas proporcionais direcionais podem ser equipadas com um compensador de pressão, instalado como placa intermediária.

Desta forma, consegue-se uma vazão independente da queda de pressão nas secções de estrangulamento ou passagem.

O compensador de pressão pode ser instalado na admissão como válvula de 2 ou 3 vias ou no retorno como válvula reguladora de fluxo de 2 vias.

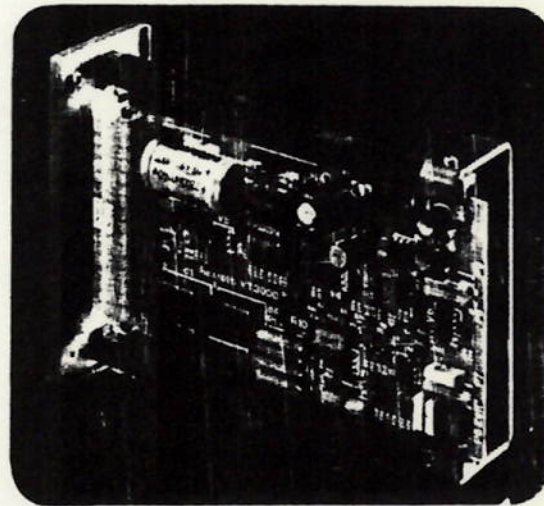
(Princípio da compensação de pressão, vide válvulas reguladoras de vazão).

Uma outra possibilidade é a colocação de um compensador de pressão para várias válvulas proporcionais, montada em uma placa coletora.

Dados técnicos:

Tamanho nominal: 10 a 32
Pressão operacional: até 350 bar
Vazão: até 1200 l/min.

Normalmente se comanda as válvulas direcionais proporcionais com o amplificador elétrico tipo VT-3000, cuja configuração é a seguinte (Fig. 2).



Estas compreendem: (Fig. 2)

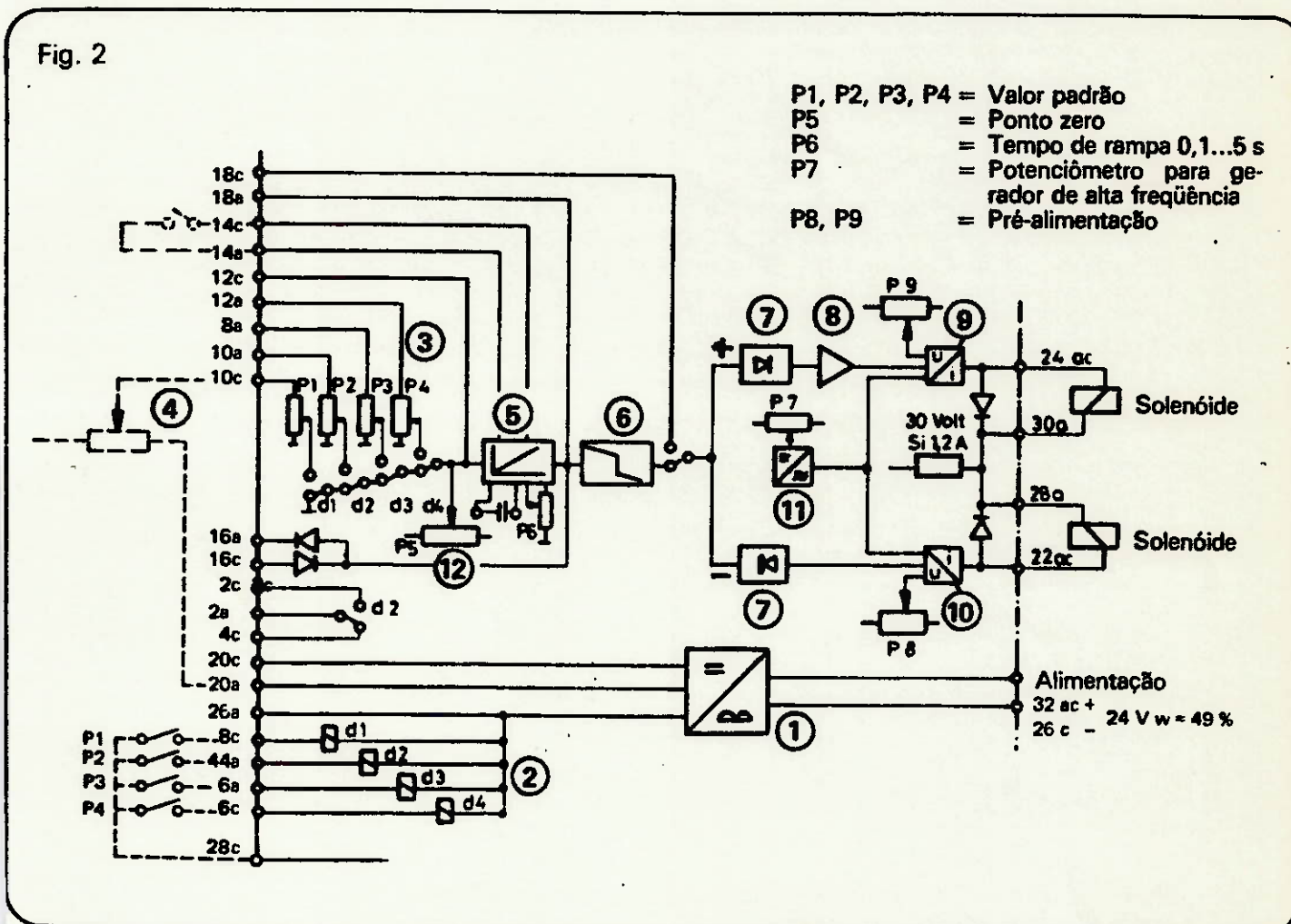
- 1 - Alimentação, reguladora de tensão.
- 2 - Relês (d1 - d4) para seleção dos diferentes valores padrão.
- 3 - Potenciômetros internos para graduação dos valores padrão.
- 4 - Potenciômetro externo para controle remoto.
- 5 - Gerador de "rampas" (0,1...5 s) para regular o sinal de entrada.
O crescimento do sinal de entrada (salto) é regulado pelo gerador de rampas.
- 6 - Gerador de funções.
- 7 - Diodos seletores de sentido.
Diodo superior permite somente a passagem de corrente + (positivo).
Diodo inferior permite somente a passagem de corrente - (negativo).
- 8 - Módulo inversor para igualar sinais.
Corrente (+) se inverte em corrente (-).
- 9 - Retificador (Gerador de corrente contínua) para o solenóide a.
- 10 - Retificador (Gerador de corrente contínua) para o solenóide b.

Estes retificadores trabalham de maneira que a corrente permanece constante, mesmo com variação de resistência (mudança de temperatura). P8 e P9 pré-alimentação de correntes para pré- excitar o solenóide e conseguir tempos reduzidos de resposta.

- 11 - Gerador de alta frequência para melhorar a histerese (sinal senoidal de 200 Hertz).
P7 potenciômetro para gerador de alta frequência.
- 12 - P5 potenciômetro para calibrar o ponto zero.
As imperfeições dos elementos são neutralizadas.
Esta regulagem é feita na fábrica.

Em combinação com esse comando eletrônico, pode-se realizar processos de aceleração e desaceleração de maneira simples. Os valores desejados são dados pela eletrônica e são independentes de influências hidráulicas (viscosidade).

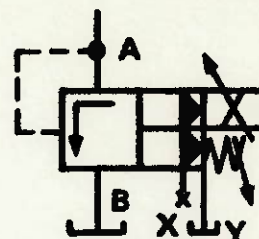
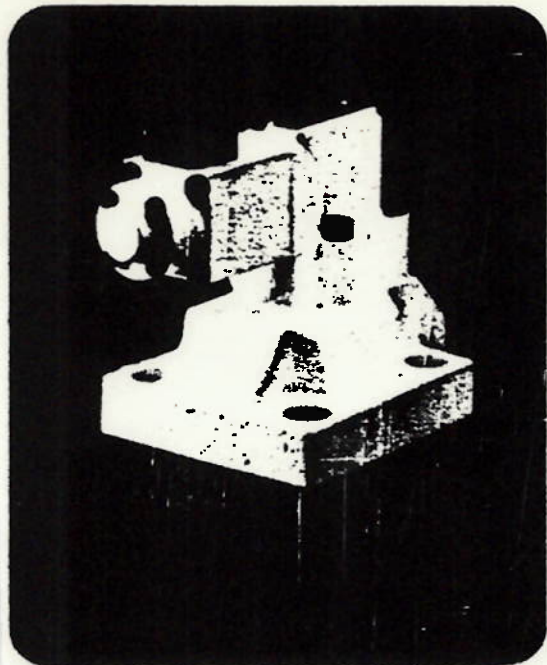
Fig. 2



Válvulas Proporcionais

Válvula limitadora de pressão com solenóide proporcional

Símbolo
Tipo DBEM.. Y



Válvula limitadora de pressão pré-operada tipo DBE, com segurança adicional da pressão máxima.

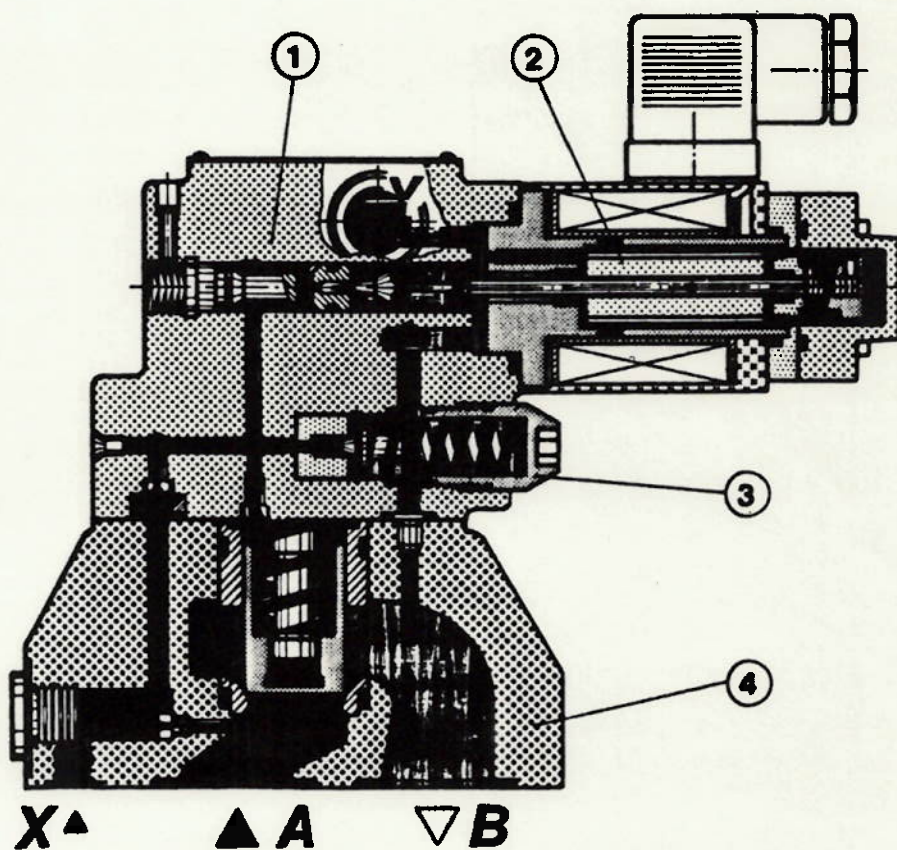
A função básica corresponde à limitadora de pressão pré-operadora tipo DB descrita no capítulo "Válvulas de pressão". A diferença está na válvula pré-operadora. No lugar da mola, foi colocado um solenóide proporcional e o cone pré-operador foi adaptado à características particulares.

Esta válvula se compõe de uma válvula pré-operadora 1 com solenóide proporcional 2, opcionalmente com segurança para pressão máxima 3 e válvula principal 4.

O ajuste da pressão se realiza em função de uma corrente elétrica através de um solenóide proporcional. Uma corrente de entrada mais elevada corresponde a uma maior força do solenóide e com isso a uma pressão maior.

Na figura 3 está representada também a segurança para pressão máxima. Ela impede, por exemplo que, quando se apresenta uma falha na eletrônica, ultrapasse a pressão máxima admissível do sistema.

Fig. 3



Para o comando do solenóide, utiliza-se um amplificador elétrico (Tipo VT 2000). Neste amplificador existem dois potenciômetros para calibrar a corrente nula e a corrente máxima.

A pressão do sistema pode ser comandada à distância por meio de um potenciômetro acoplado ao amplificador.

Dados técnicos:

Tamanho nominal: TN 10, 25, 32
 Pressão operacional: até 315 bar
 Vazão: até 600 l/min

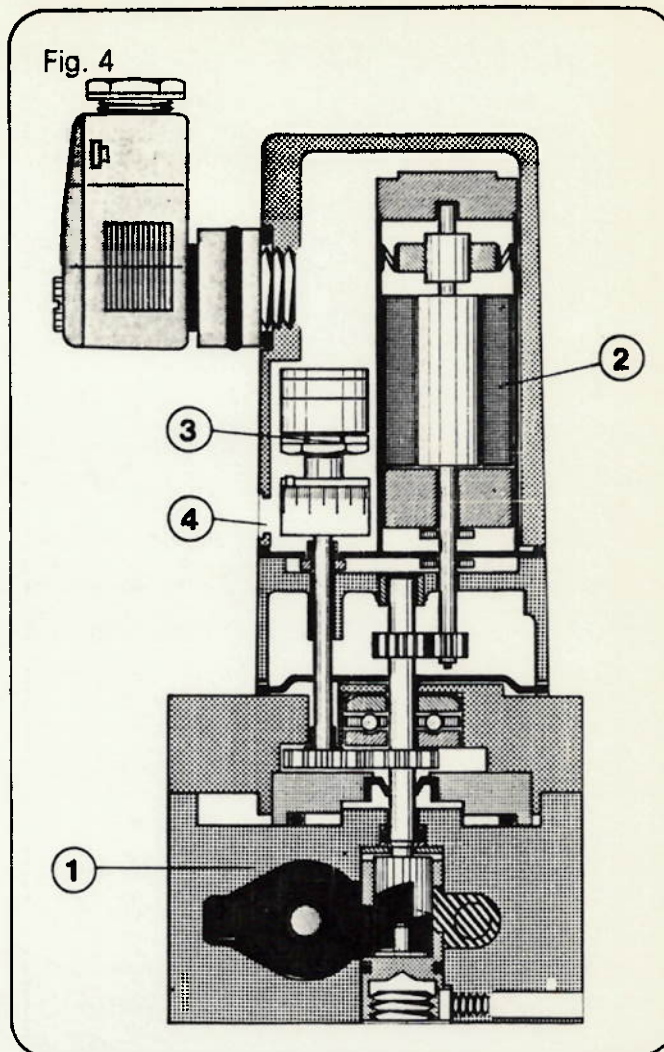
Da mesma forma que existe a válvula limitadora de pressão, existe também a válvula redutora de pressão (TN 10, 25 e 32) com comando por solenóide proporcional.

Válvula reguladora de vazão de 2 vias com servo-motor de corrente contínua.

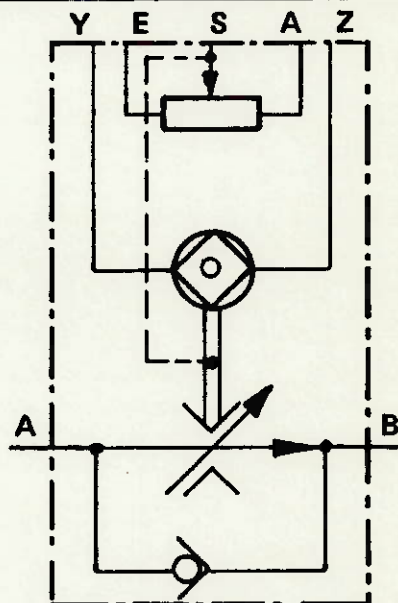


FRE

Esta válvula reguladora de vazão de 2 vias, com acionamento por um servo-motor de corrente contínua, deve ser combinada com as válvulas proporcionais já mencionadas anteriormente.



Símbolo



A válvula reguladora de vazão 1, de 2 vias é idêntica à reguladora de vazão tipo 2 FRM (vide válvulas de vazão) (Fig. 4).

A regulação da secção transversal na passagem do diafragma, isto é, acionamento do pino curvilíneo, é feita através de servo-motor de corrente contínua 2.

Válvulas Proporcionais

O pino curvilíneo e o servomotor são conectados entre si por uma transmissão com engrenagens.

Ao eixo de acionamento do pino curvilíneo de regulação, está acoplado um potenciômetro de precisão 3, cuja função é emitir um sinal de retorno que indica a posição do orifício do pino.

O ângulo de posicionamento chega a 300° para todo o campo de regulação de vazão. Corresponde a uma escala decimal e pode ser lida através do visor 4 instalado no corpo da válvula.

As válvulas reguladoras de fluxo tipo FRE são utilizadas em circuitos de regulação, bem como para comando remoto e comando programado. O acionamento do servo-motor é comandado por um amplificador operacional.

O termo "servo" é utilizado como um conceito muito amplo. De uma forma bastante genérica, se indica com isso uma função, na qual, uma pequena grandeza de entrada (sinal de entrada) corresponde a uma grandeza de saída maior (sinal de saída).

O exemplo mais conhecido é o volante de um automóvel, onde uma pequena força executada pelo motorista corresponde a uma grande força atuante nas rodas. Da mesma maneira isso acontece com a servo-hidráulica.

Um sinal de comando de pequena intensidade, por exemplo de uma potência de 0,08 Watt pode comandar analógicamente potências com centenas de kW. Entretanto, as servo-válvulas são aptas, não apenas para funções de controle analógico, mas principalmente são empregadas em circuitos de regulação eletro-hidráulicos, ao contrário das válvulas proporcionais.

Por exemplo: circuito de posicionamento (manter em posição durante a carga) ou circuitos de regulação de velocidade (manutenção de uma determinada velocidade).

Como o emprego dos conceitos de "Comandar" e "Regular" são empregados com freqüência, convém definir:

Comandar: significa, na técnica das regulação, quando um valor de referência é imposto e o valor consequente surge obrigatoriamente de um equipamento. Este valor real não é controlado e com isso não é corrigido.

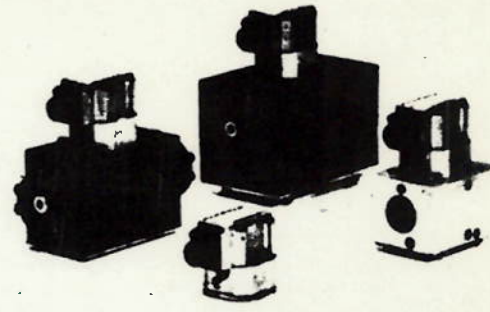
Um exemplo da hidráulica: em uma válvula de fluxo e determina uma posição e se aguarda como resultado, uma vazão correspondente.

Regular: significa que, dado um valor padrão de referência, o valor real é controlado e medido constantemente, sendo transformado em um valor compatível e comparado à grandeza padrão. Caso os valores sejam distintos, a diferença de pressão fornece um sinal que influencia o sistema até que os valores tanto padrão como real se igualem.

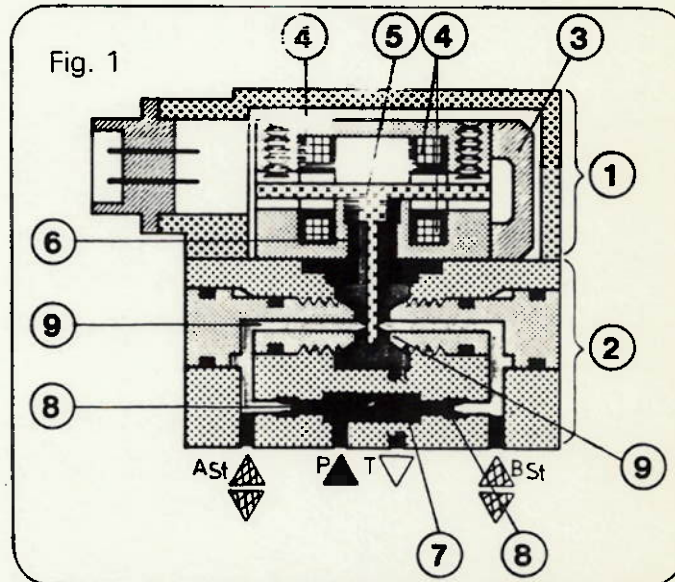
A regulação tem, portanto, a função de, apesar de haver grandes interferências, manter o valor real sempre igual ao valor padrão.

A servo-válvula gera-se um pequeno sinal elétrico que é transformado analógicamente em um sinal de saída hidráulica (pressão, vazão).

Servo-válvulas direcionais



Servo-válvulas de dois estágios, de vários tamanhos nominais. No centro, e isolado, é mostrado o primeiro estágio.



A servo-válvula direcional de 2 estágios compreende basicamente o 1º estágio (servo-motor elétrico de comando 1 e amplificador hidráulico 2) e o 2º estágio (Direcional).

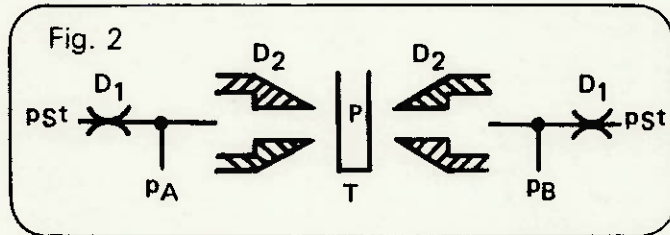
Vejamos o primeiro estágio (Fig. 1).

O motor de comando 1 com ímã permanente 3, bobinas de comando 4 e núcleo com placa de impacto 5 transforma um pequeno sinal elétrico em um movimento proporcional da placa de impacto.

O núcleo (ou âncora) e a placa formam uma peça, presa de forma flexível a um tubo 6 de paredes finas e elásticas. O tubo também isola o motor da parte hidráulica. O motor de comando permanece seco.

Por meio de um sinal elétrico as bobinas de comando são excitadas e o núcleo sofre deflexão contra a força da mola no tubo. O sentido desse deslocamento é determinado pela polaridade da corrente elétrica de entrada.

Quando a âncora se desloca, atua sobre o tubo um momento que é proporcional à grandeza de rotação e, com isso, à grandeza da corrente elétrica. Se a corrente elétrica é interrompida, o tubo retorna à âncora, e conseqüentemente a placa de impacto volta à posição central, atuando como uma mola. A transmissão de momentos desse tipo de motor de comando, tem vantagens especiais: não há atritos, baixa histerese e vedação meio de pressão/motor (não há campo magnético no fluido de pressão). A transformação do deslocamento da placa de impacto em uma grandeza hidráulica se produz no amplificador hidráulico 2. Como amplificador hidráulico, se usa aqui o sistema de bocais e placa de impacto. Para melhor compreensão, utilizaremos um esquema para ilustrar o princípio (Fig. 2).



A pressão piloto pSt atua sobre os dois lados, e o fluxo ao passar pelos gicleurs fixos produz-se uma queda de pressão. Se a secção de passagem de ambos os gicleurs D₁ e D₂ for a mesma a queda de pressão também será igual (por exemplo: pSt = 100 bar, pA = 50 bar, e pT = 0).

Com o desvio da placa de impacto P se modificam as distâncias para os gicleurs de regulação. Por exemplo, a placa se desloca à esquerda: a distância D2 à esquerda diminui, e à direita aumenta.

A distância D2 à esquerda diminui, e à direita aumenta na mesma razão. Inversamente se modificam as pressões em pA e pB. A pressão em pA cresce, e em pB diminui. A diferença pA - pB se utiliza como sinal. O diagrama seguinte mostra a variação da pressão em função da corrente elétrica de entrada (Fig. 3).

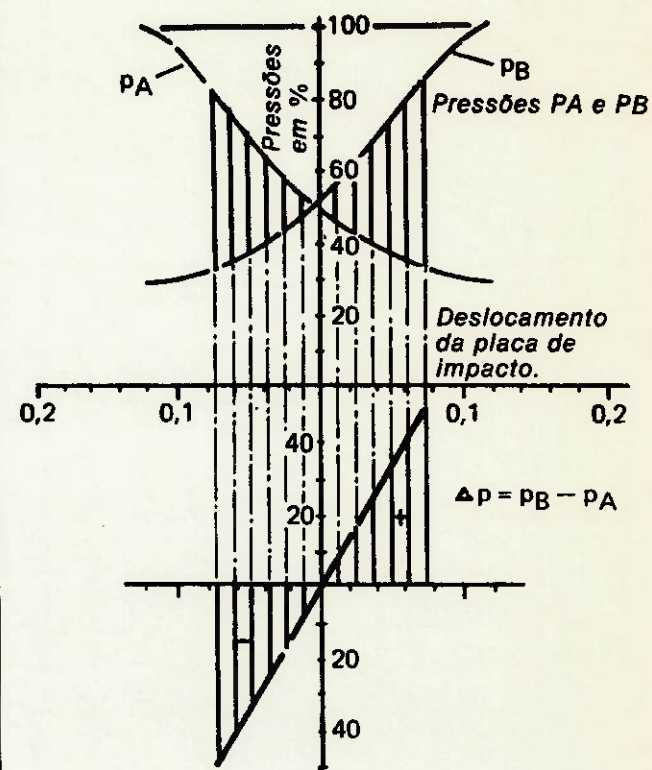
Os gicleurs estão calibrados de tal forma, que a variação da diferença de pressões (pA - pB) é linear, em função da corrente elétrica.

O sistema completo é mostrado na pos. 2 da figura em corte (Fig. 1).

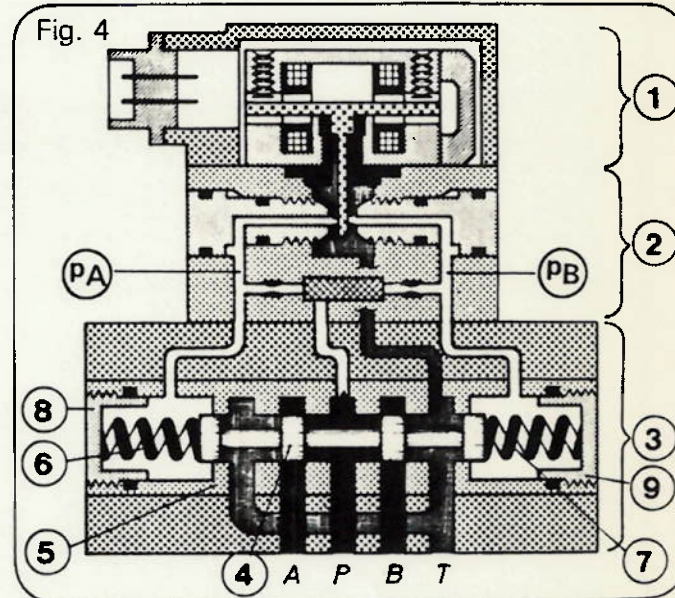
A alimentação do óleo de comando é feita em P através de um filtro de proteção 7 para os gicleurs fixos 8 e seguem para os gicleurs reguláveis 9.

As pressões pA e pB são medidas nas conexões ASt e BSt no segundo estágio 3 e da diferença de pressões entre os gicleurs fixos e reguláveis.

Fig. 3

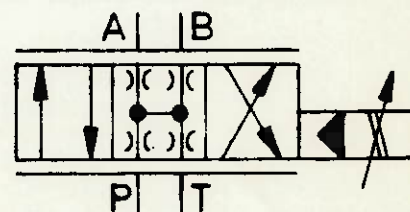


Com esta diferença de pressões, o êmbolo do segundo estágio é controlado (Fig. 4).



Servo-válvulas de 2 estágios, centragem por molas (sinal de retorno barométrico)

Símbolo



Servo-Válvulas

Motor de comando 1: Transforma a corrente elétrica "i" em movimento "s".

Amplificador hidráulico 2: Transforma o movimento "s" em uma diferença de pressões ΔP .

Segundo estágio 3: Transforma as diferenças de pressões " ΔP " em vazão Q.

O segundo estágio é um "comando de êmbolo 4", que se move em uma bucha à prova de desgaste 5, ou, em versões mais simples, se move diretamente na carcaça. O êmbolo está centrado entre as 2 molas 6 e 7.

O êmbolo e a bucha são usinados de tal forma que o curso neutro é praticamente zero.

Dependendo do sistema, necessita-se na prática, sobreposição ligeiramente positiva ou negativa.

Quando o sinal de entrada é zero ($i = 0$) no primeiro estágio, a placa de impacto está centralizada.

As pressões entre os gicleurs fixos e os gicleurs variáveis são iguais ($p_A = p_B$), e no êmbolo de comando, em ambos os lados age a mesma pressão, centralizando o êmbolo. As conexões P, A, B e T estão bloqueadas. Se ocorre um sinal elétrico de maneira que, a placa de impacto se desloca para a esquerda, a pressão cresce na câmara da mola 6 ao mesmo tempo que diminui na câmara da mola 7. A diferença de pressões desloca o êmbolo 4 contra a mola 7 até que as forças de ambos os lados do êmbolo se equilibrem. O êmbolo alcançou sua posição correspondente. Com uma maior diferença de pressão, isto é, com um sinal de entrada maior, o êmbolo avança um pouco mais para um ou para outro lado.

Quanto maior o curso do êmbolo, maior a seção da passagem de P para A ou B, portanto, maior será a vazão e conseqüentemente a velocidade do consumidor.

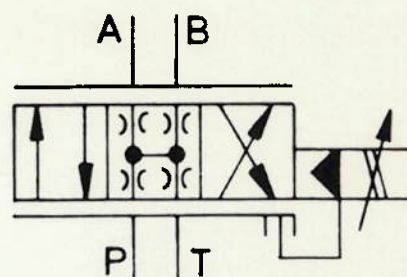
Por meio dos parafusos de ajuste 8 e 9 as molas podem ser ajustadas e, assim, a posição do êmbolo em relação à aresta de comando é influenciada externamente.

Sinal de retorno mecânico (Fig. 5)

Quando o sinal de retorno é mecânico, o êmbolo de comando é acoplado por uma haste elástica ao motor de comando do primeiro estágio. A constante da haste elástica de retorno produz um momento contrário ao momento formado pela mola do motor de comando. Ao alcançar a posição desejada do êmbolo, o momento de torção do motor de comando é igual ao momento da flexão da mola de retorno. A placa de impacto se encontra na sua posição central. Essa igualdade de momentos leva a um equilíbrio de pressões e manutenção da posição do êmbolo. O curso do êmbolo e vazão são, assim, proporcionais à corrente elétrica de entrada.

Por meio dos dispositivos de variação no segundo estágio se pode ajustar externamente a aresta de comando em relação ao êmbolo.

Símbolo



- 1 Válvula na posição inicial.
- 2 Placa de impacto defletida.
- 3 Êmbolo atinge a posição desejada

Fig. 5

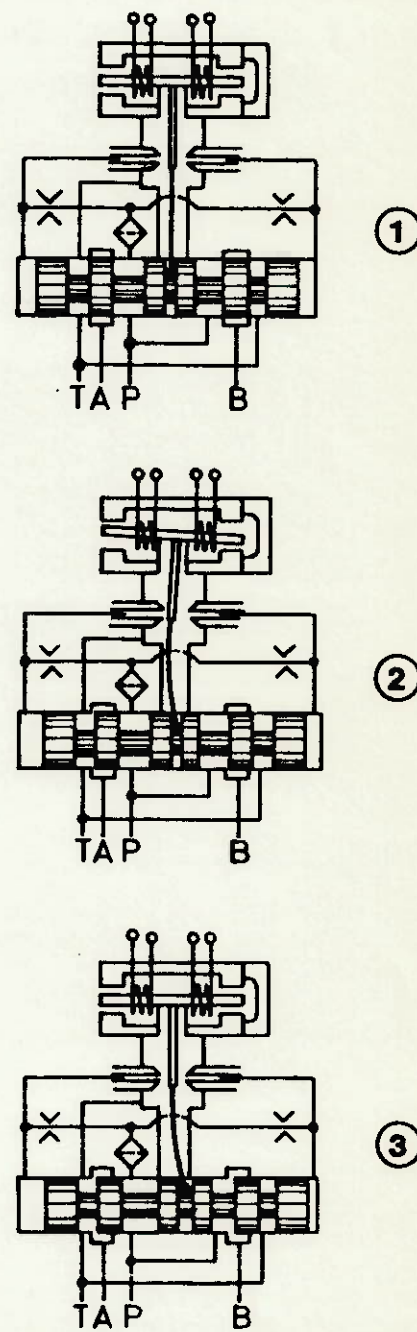
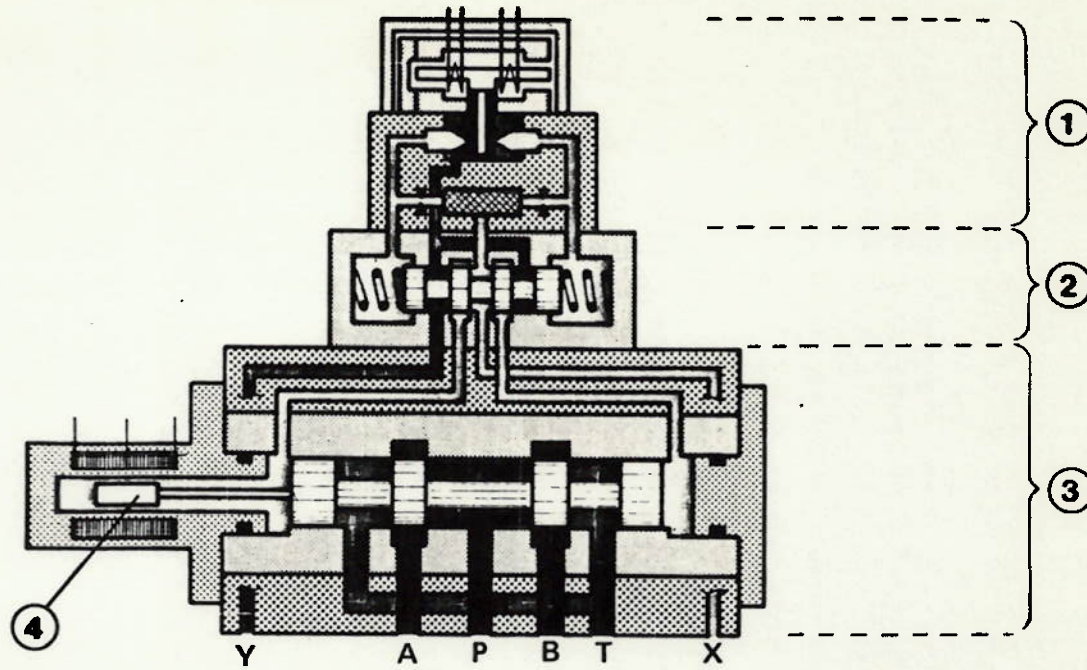


Fig. 6



Sinal de Retorno elétrico

Primeiro estágio 1, segundo estágio 2, terceiro estágio 3

Válvula direcional de 3 estágios com retorno elétrico.

A deflexão do êmbolo de comando é medida por um sensor de posição 4 e comparado com o valor de referência por meio de um amplificador (Fig. 6). Para a medição da posição do êmbolo são bem conhecidos os sensores indutivos de curso que emitem um sinal elétrico de saída, proporcional ao curso do êmbolo.

O núcleo do sensor à prova de pressão é fixado de forma ajustável ao êmbolo.

Com a movimentação do êmbolo, o núcleo produz, em bobinas de recepção alimentadas por corrente alternada, uma diferença de tensão. Este sinal proporcional ao curso é analisado por circuitos eletrônicos próprios e transmitidos à servo-válvula, para que esta introduza as correções necessárias.

Na figura 6 se mostra uma servo-válvula direcional de três estágios. Aqui, o segundo estágio é utilizado como condicionamento do êmbolo principal, no 3º estágio. Isto é necessário quando se quer controlar maiores vazões, com tempos de resposta pequenos.

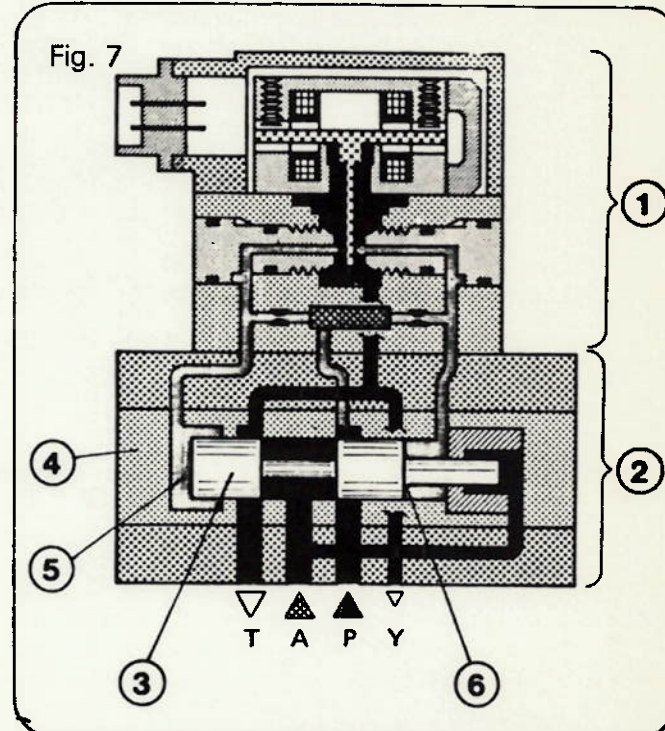
Dados técnicos:

- Maneio nominal: TN 8 a 32
- Pressão operacional: até 315 bar
- Vazão: até 700 l/min
- Medidas de conexão conforme DIN 24340

Servo-válvula de pressão

A servo-válvula de pressão de 3 vias, mostrada na figura 7 é utilizada para reduzir a pressão da bomba a uma pressão menor, proporcional a uma corrente elétrica de entrada.

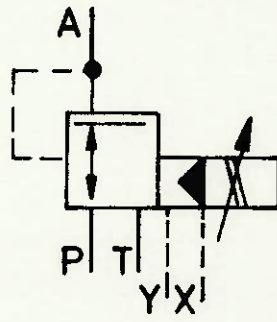
Fig. 7



1 primeiro estágio
2 segundo estágio com êmbolo de regulação de pressão

Servo-Válvulas

Símbolo



Como elemento inicial de comando se usa o já conhecido primeiro estágio de servo-válvulas direcionais.

O êmbolo de regulação 3 se move na bucha de comando 4. Sobre a superfície 5 e sobre a área da coroa circular 6 (relação de áreas 1:2) atua a metade da pressão de comando tomada em P. A metade restante da área do êmbolo está ligada à pressão da conexão A, sendo esta a pressão que se quer reduzir. Esta comunicação trabalha como sinal de retorno hidráulico.

O êmbolo se desloca para a direita até que a pressão na conexão de utilização em A tenha atingido a metade da pressão do sistema, estando assim o êmbolo em equilíbrio.

Uma deflexão da placa de impacto, implica em variação proporcional à pressão do consumidor, até que o êmbolo esteja novamente em equilíbrio, estando esta no campo $p_T \leq p_A \leq p_{ST}$

Todos os tamanhos de válvulas podem ser calibrados externamente, podendo-se assim ajustar o diagrama da pressão em função da corrente elétrica de maneira que quando $i = 0$ tem-se $p_A = 0$.

CAPÍTULO IX

9. CONCLUSÃO

9. Conclusão

Os oito capítulos anteriores abordaram o projeto de um controlador proporcional para um misturador de Fertilizantes granulados.

Com o projeto de formatura, acho que todos os objetivos previamente estabelecidos foram atingidos seguindo o roteiro de uma espiral do projeto.

A abordagem sistemática e detalhada de cada componente do sistema controlador, permite posicioná-lo no seu devido lugar no misturador.

Assim os controladores de velocidade deverão ser instalados junto aos cilindros pneumáticos, (vide Anexo III), as válvulas de controle proporcional devem ser instaladas junto ao quadro das válvulas dos cilindros pneumáticos e o controlador propriamente dito deve ser instalado na cabine de operação do misturador.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ogata, Katsuhiko. Engenharia de controle moderno.
- [2] Castrucci, Plínio Benedicto de Lauro. Controle automático teoria e projeto. São Paulo, EDUSP, Edgar Blücher, 1969.
- [3] Shinnars, S. M. Control System Design, Wiley, 1964.
- [4] D'AZZO, John J. Análise e projeto de sistemas de controle.
- [5] Schmitt, A. Treinamento Hidráulico. G. L. Rexroth GmbH, s.d.
- [6] Schader Bellows. Catálogo. São Paulo, s.d.
- [7] Indumatic, Equipamentos eletrônicos. Catálogo, s.d.
- [8] ALTUS. Catálogo. São Paulo, 1987.

ANEXO I

and DIG commands:
CC) prompt indicates analog mode (Laplace transforms)
DIG) prompt indicates digital mode (z transforms)

ENTER	[{,Gi}{,num {,den}}]	Enter transfer function Gi, n>=0
DELAY	[,time]	Multiply tf by exp(-sT) delay
DISPLAY	{,Gi}	Display tf
PZF	{,Gi}	Display tf in pole-zero-form
TCF	{,Gi}	Display tf in time constant form
SHORTHAND	{,Gi}	Short hand form (complex= zeta,mag)
SINGLE	{,Gi}	Display tf as ratio of single polys
UNITARY	{,Gi}	Display all polynomials as unitary
PFE	{,Gi}	Partial fraction expansion
ILT	{,Gi}{,CAUSAL/,ANTI/,roc}	Inverse Laplace transform
IZT	{,Gi}{,CAUSAL/,ANTI/,roc}	Inverse z transform
LPDISPLAY	{,Gi}{,'message'}	Line printer display
DPDISPLAY	{,Gi}	Double precision display
RECALL	[{,Gi}{,filename}]	Recall Gi from diskfile
STORE	[{,Gi}{,filename}]	Store Gi on diskfile

ot commands (parameters shown for automatic scaling):

CONVERT	[,Gi,Gj,options,time]	Convert Gi(s) to Gj(z), 10 options
WPLANE	{,Gi}	Convert Gi(z) to Gi(s)
STABILITY	{,Gi}	Unity feedback closed loop stability
ROUTH	{,Gi}	Range of stable gains
FREQUENCY	[{,Gi},low,high,#pts,type]	Create frequency file
FREQUENCY	[{,Gi},SP,low,#pts,#reps,type]	Create special digital freq file
LIST	[,ALL/,INFO/,low,high]	List freq file
POINT	[{,Gi},freq]	Compute gi at freq
BODE	[,type,AUTO]	Bode, all plots for Gi used in FREQ
NYQUIST	[,AUTO]	Nyquist plot
INVERSE NYQUIST	[,AUTO]	Inverse Nyquist
LOG NYQUIST	[,AUTO]	Nyquist with log axii
NICHOLS	[,AUTO]	Nichols chart
TIME	[{,Gi},type,AUTO]	Time response
DTIME	[{,Gi},limits,'title',options]	Digital response (no auto entry)
ROOT LOCUS	[,INFO/,AUTO]	Root locus

mmmands with their own subcommand language:

BUILD	Build up transfer functions
MACRO	Editor for macros (indirect command files)
STATE	State space input of transfer functions
ZEROS	Zeros of polynomials
MR	Multi-rate frequency plots
LQG	Linear quadratic Gaussian problem
MIMO	Transfer function matrices

```

BAS Commands
ANALOG          Switch to analog mode
DIGITAL        [,time]      Switch to digital mode
ECHO           {,message}   Print message for macros
PAUSE         {,TIME,secs}  Pause, option for timed pause
SETUP          Setup of screen and of disk file locations
HELP          Display this help message
QUIT          Quit
CLS           Clear screen
FILES         {,wildcards}  List disk files
KILL          [,filename]   Kill disk file
HARDCOPY      Screen dump, code must be loaded
CLOCK {,ANA/DIG}{,COLOR,{back,pallete,face,hands}} Display clock
                                     back=0-31, pallete=0-1, face=0-3, hands=0-3
CALCULATOR    HP calculator
NONSENSE      Toggles nonsense graphics flag
TIC-TAC-TOE   Nonsense, beat the computer!

```

ot commands (parameters shown for manual scaling)

```

DE [,type,freq,mag,phase{,'title',back,fore}]
  type=1-7 (1=|G|, 2=Arg[G], 3=1&2, 4=11+G|, 5=1&4, 6=11+G^-11, 7=1&6)
  freq=type,low,high,#divs or type,AUTO
        type=0(log10),=1(linear), include #divs only for linear
  mag=type,low,high,#divs or type,AUTO (skip for Bode type 2)
        type=0(log10),=1(linear),=2(dB), include #divs for linear and dB
  phase=low,high,#divs or AUTO (include only for Bode 2,3)
  title=ASCII title, enclose in parentheses, default is no title
  back=0(lines),=1(hatch marks) default is lines
  fore=0(lines),=1(points) default is lines
NYQUIST [,real,imag{,'title',back,fore}] (title,fore same as Bode)
  real,imag=low real, high real, #divs, low imag, high imag, # divs
  back=0(lines),=1(hatch marks),=2(circles)
INVERSE NYQUIST [,real,imag{,'title',back,fore}] (same as NYQUIST)
BODE [,mag,phase{,'title',back,fore}] (same as BODE)
; NYQUIST [,real,imag{,'title',back,fore}] (title,back,fore same as NYQUIST)
  real=r1,r2,r3,i1,i2,i3(all entered log10) or AUTO
  negative real axis from -10^r1 to -10^r2, positive from 10^r2 to 10^r3
  negative imag axis from -10^i1 to -10^i2, positive from 10^i2 to 10^i3

```


ot commands (parameters shown for manual scaling)

DE [,type,freq,mag,phase,'title',back,fore]]
 type=1-7 (1=|G|, 2=Arg[G], 3=1&2, 4=1+G|, 5=1&4, 6=1+G⁻¹, 7=1&6)
 freq=type,low,high,#divs or type,AUTO
 type=0(log10),=1(linear), include #divs only for linear
 mag=type,low,high,#divs or type,AUTO (skip for Bode type 2)
 type=0(log10),=1(linear),=2(dB), include #divs for linear and dB
 phase=low,high,#divs or AUTO (include only for Bode 2,3)
 title=ASCII title, enclose in parentheses, default is no title
 back=0(lines),=1(hatch marks) default is lines
 fore=0(lines),=1(points) default is lines

QUIST [,real,imag,'title',back,fore]] (title,fore same as Bode)
 real,imag=low real, high real, #divs, low imag, high imag, #divs
 back=0(lines),=1(hatch marks),=2(circles)

VERSE NYQUIST [,real,imag,'title',back,fore]] (same as NYQUIST)

CHOLS [,mag,phase,'title',back,fore]] (same as BODE)

S NYQUIST [,real,imag,'title',back,fore]] (title,back,fore same as NYQUIST)
 real=r1,r2,r3,i1,i2,i3(all entered log10) or AUTO
 negative real axis from -10^{r1} to -10^{r2}, positive from 10^{r2} to 10^{r3}
 negative imag axis from -10ⁱ¹ to -10ⁱ², positive from 10ⁱ² to 10ⁱ³

ME [{,Gi},type,time,vertical,'title',back,fore]]
 type=1(c.l. step),=2(c.l. impulse),=3(o.l. step),=4(o.l. impulse)
 =5(noncausal o.l. impulse)
 roc (region of convergence) for type=5
 time=low,high,#divs,#points or AUTO
 vertical=low,high,#divs or AUTO
 title=ASCII title, enclose in quotations, default is no title
 back=0(lines),=1(hatch marks) default is lines
 fore=0(lines),=2(points) default is lines

ME [{,Gi},type,time,vertical,'title',back,fore]] (title,back same as TIME)
 type=1(c.l. step),=2(c.l. impulse),=3(o.l. step),=4(o.l. impulse)
 time type=0(samples),=1(time)
 samples=high sample,increment for plotting,#axis divs no AUTO scaling
 time=high time,increment for plotting,# axis divs no AUTO scaling
 vertical=low,high,#divs no AUTO scaling
 fore=0(lines),=1(points),=2(spikes)

IT LOCUS [{,Gi},real,imag,'title',back,fore]] (title,back,fore same as TIME)
 real,imag=low real,high real,#divs,low imag,high imag,#divs or AUTO

es for entering commands and parameters:

Use small or capital letters, spaces are ignored.
 Only the minimum number of characters to be non-ambiguous are needed.
 If no parameters are entered then they are prompted (NOVICES)
 Parameters can be entered on command line separated by commas (EXPERTS).
 All parameters except those with defaults must be included.
 Enclose a parameter in quotes to retain small letters and spaces
 Each command line may have several commands, separated by &'s.
 Commands on different command levels can be mixed.
 The command HELP always lists available commands.
 The command QUIT always branches to next highest command level
 Macros are entered by preceding their name with @.
 Macros can only be started from the CC or DIG command levels.
 Maximum length of a command line is 256 characters, to enter a transfer
 function requiring more characters use BUILD to piece it together.

Further remarks:

1. Many temporary files are stored on disk: \$\$SETUP,\$\$Gi,\$\$Hi,\$\$Pi,\$\$FUN,\$\$HIS. They remain after program quits, and are accessed when restarted if available. Default of \$\$SETUP is created if not available.
2. Once a command starts prompting or executing the only way to abort is to break out of the program. This is not so inelegant as may first appear, because of the temporary files which remain on disk.
3. Other temporary files are deleted before quitting the program, e.g. \$\$TEMP,\$\$PZF,\$\$RES,\$\$ILT,\$\$GFREQ. They remain on disk only if execution is broken while open. No attempt is made to access them after restart.
4. Notation used in HELP files:
 - Gi = G, G1, G2, ..., where i = integer >=0
 - [.] = parameter which is prompted is not included on command line
 - (.) = parameter which has a default value
 - 'message' = parameter which should be enclosed in (double) quotes
 - [CAPITAL] = parameter which is entered in ASCII as shown
usually only the first letter is checked for
 - [small] = parameter entered as a number according the description
 - [A/B/small] = enter either A, B, or a number
5. Internal errors (such as disk full, divide by zero, program not present, array dimension out of bounds, and so on) cause a message to be printed. The program will restart at the appropriate command prompt.
6. No hardcopies? Remember to load a screen dump program before starting CC.

Description of CC programs:

- C = root program, initialization, command processor, chains other programs
ANALOG, DIGITAL, ECHO, PAUSE, CLS, QUIT, KILL, FILES, NONSENSE, HARDCOPY
- C1 = Macro commands
- C2 = Enter and displays, inverse transforms, disk access
- C3 = Newton-Raphson and partial fraction expansion calculations
- C4 = BUILD commands
- C5 = CONVERT, WPLANE
- C6 = STABILITY, ROUTH, ZERO commands, some BUILD and MR commands
- C7,CC8,CC9 = frequency plots and MR commands
- C10 = TIME, DTIME
- C11 = ROOT LOCUS
- C12 = Help for CC, BUILD, and MR
- C13 = CALCULATOR, CLOCK, TIC-TAC-TOE
- C14-CC16 = LQG commands
- C17-CC19 = MIMD commands
- C20-CC29 = STATE commands

ANEXO II

CONTROLADORES DE VELOCIDADE SCHRADER BELLOWS

CONTROLADORES HIDRÁULICOS DE VELOCIDADE-SÉRIE HYDRO-CHECK

Controlam com precisão (hidraulicamente) a velocidade de avanço ou retorno dos cilindros pneumáticos.

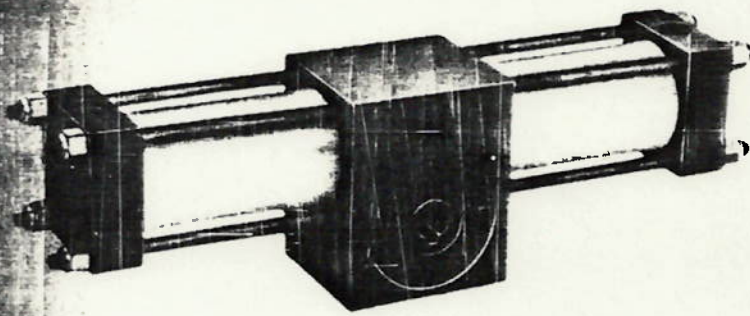


SÉRIE	VELOCIDADE DO CILINDRO (mm/min)						CURSO (mm)						MONTAGEM			OPÇÕES PARA VÁLVULA			AÇÃO DE FRENAGEM			
	MÍNIMA, COM CARGA DE			MÁXIMA, COM CARGA DE			307	101 (4")	152 (6")	230 (9")	304 (12")	381 (15")	457 (18")	PESCOÇO	PÉS	PIVÔ FRONTAL	** STC*	*** SKIP	STOP & SKIP	SIMPLES AÇÃO		DUPLA AÇÃO
	445N	4450N	8885N	445N	4450N	8885N														AVANÇO	RETORNO	AVANÇO E RETORNO
B171a	76	381	—	7620	14478	—	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
B171-2*	12,7	12,7	12,7	7366	12700	15113	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
B171b	—	12,7	12,7	—	10160	11430	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

*Sob Consulta
 **Controle para paradas momentâneas
 ***Controle para avanços intermitentes

ATUADORES ROTATIVOS

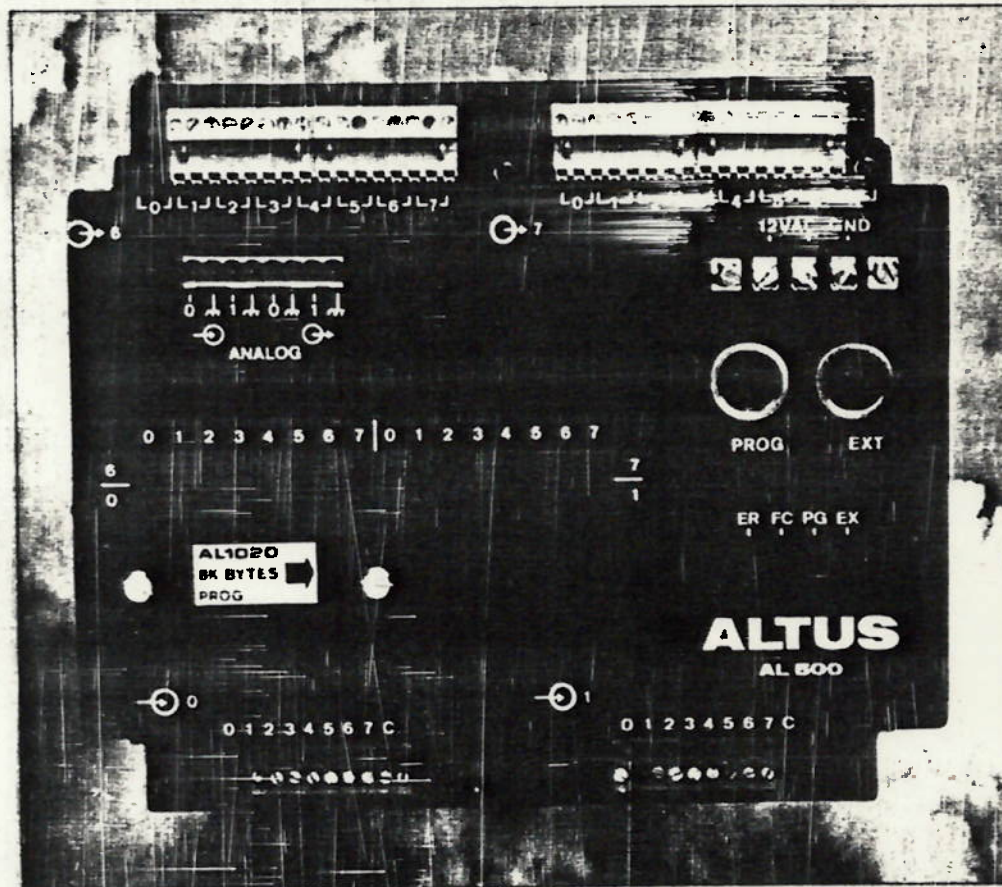
Transmitem torques obtidos por energia pneumática a árvores de transmissão e outros acoplamentos chavetados.



SÉRIE	DIÂMETRO	ROTAÇÃO				AMORTECIMENTO		TORQUE A 6,9 bar (N.m)							
		90°	180°	270°	360°	COM	SEM	19	33	52	117	178	280		
471	1 1/2"	•	•	•	•	•	•	•							
	2"	•	•	•	•	•	•		•						
	2 1/2"	•	•	•	•	•	•			•					
	3 1/4"	•	•	•	•	•	•					•			
	4"	•	•	•	•	•	•						•		
	5"	•	•	•	•	•	•								•

ALTUS

**O MINI CP
BRASILEIRO:
COMPACTO, INTELIGENTE
E FLEXÍVEL**



AL-500

QUEM NÃO É O MAIOR...

Utiliza arquitetura compacta e moderna, que inclui microprocessador de quarta geração INTEL 8031. Chama-se Mini CP AL-500 e constitui-se na melhor opção em aplicações onde baixo número de pontos de acionamento e alta performance são exigidos, aliando a isto a capacidade de interligação em rede de supervisão e controle distribuído a custos compensadores.

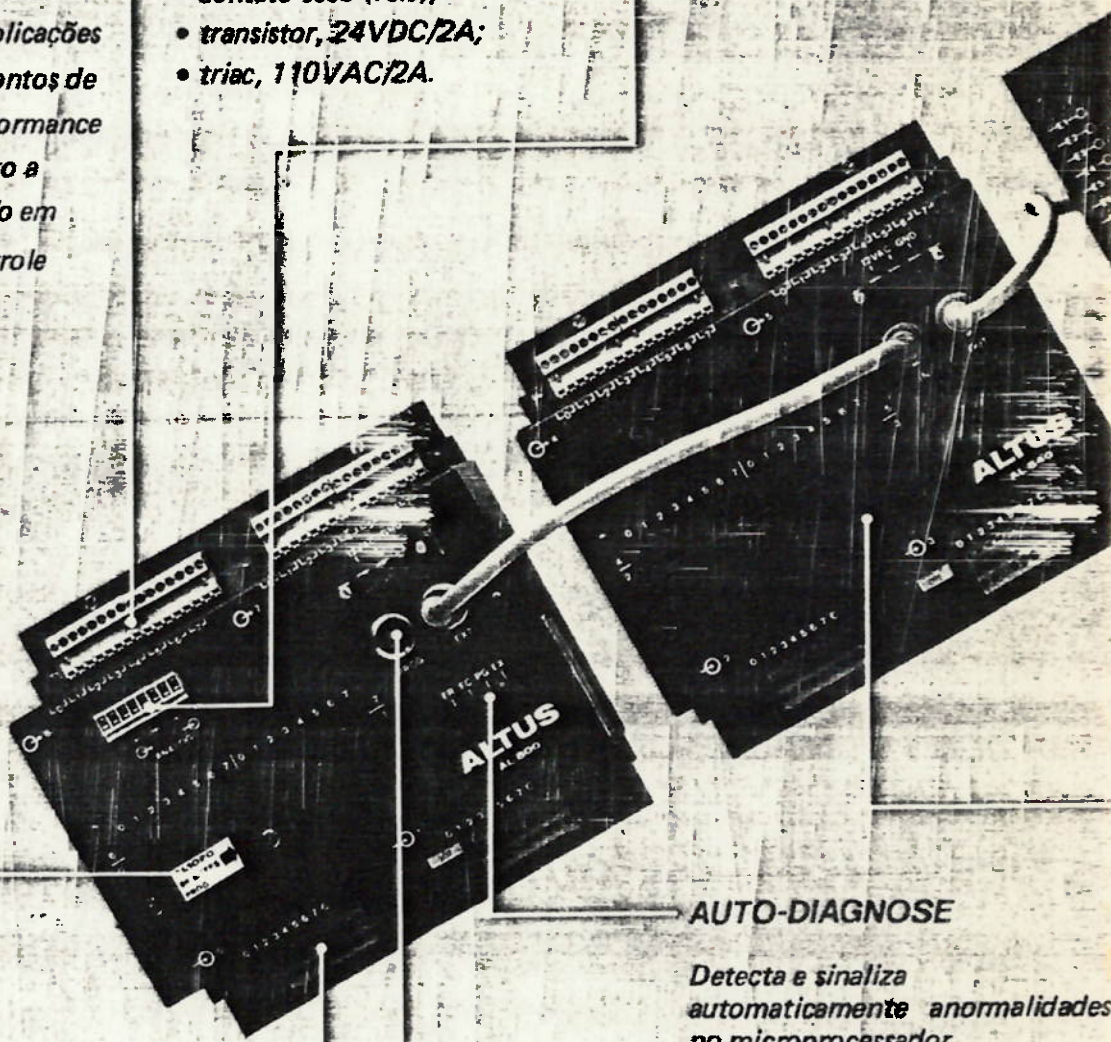
SAÍDAS DIGITAIS

16 pontos de saída digitais, expansíveis a 32, de fácil e rápida substituição e com variado espectro de opções com relação a tipos e tensões:

- contato seco (relé);
- transistor, 24VDC/2A;
- triac, 110VAC/2A.

E/S ANALÓGICAS

2 pontos analógicos 0 a 10 V, 8 bits, configuráveis como entrada e/ou saída e expansíveis através de multiplexação.



MEMÓRIA

- Capacidade de utilização de até 16 kbytes de memória EPROM ou RAM (CMOS).
- cartuchos de EPROM selados e conectados externamente ao Mini CP AL-500 evitando contato manual aos CIs.
- retentividade de programas e dados armazenados em RAM (CMOS) através de bateria.

ENTRADAS DIGITAIS

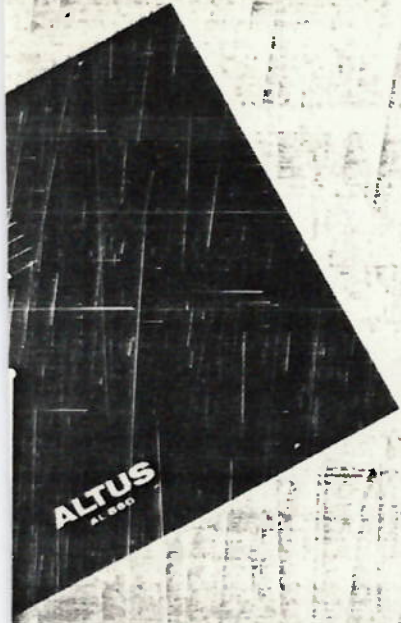
16 entradas digitais, 24 VDC ou 110 VAC, optoacoplados, 5 pontos adicionais, 24 VDC, integrados no mesmo módulo, para interfaceamento com máquinas e processos.

AUTO-DIAGNOSE

Detecta e sinaliza automaticamente anomalias no microprocessador (watch dog timer), na memória (check sum) e no barramento de E/S, garantindo condições de falha segura.

CANAL SERIAL RS-232

Possibilita a monitoração e forçamento "on-line" através dos Terminais de Programação e também a utilização de periféricos como impressora e terminal de vídeo para geração de relatórios.



SOFTWARE AVANÇADO

A linguagem de relés e blocos utilizada pelos CPs ALTUS é universalmente conhecida por electricistas e técnicos, tornando acessível a utilização de um poderoso conjunto de instruções. Cabe destacar:

- **Temporizadores e contadores:** representados por blocos com saídas múltiplas.
- **Instrução de salto:** permite que partes do programa não sejam executadas, diminuindo tempo de execução.
- **Subrotinas:** economizam áreas de memória, de tal forma que lógicas repetidas possam ser escritas uma vez e utilizadas em vários pontos do programa.
- **Quatro operações aritméticas.**
- **Movimentações:** palavras e blocos entre áreas de memória e entre áreas de memória e pontos de E/S.
- **Tabelas:** 640 posições de 16 bits, configuráveis para utilização em sequenciamento, armazenamento de dados, decodificação, etc.
- **Sequenciador:** controla um sequenciamento baseado em tabelas de condições, permitindo evolução genérica do passo.
- **Impressão:** permite o envio de caracteres e valores numéricos para impressoras e vídeos, sem interromper a execução normal do programa.

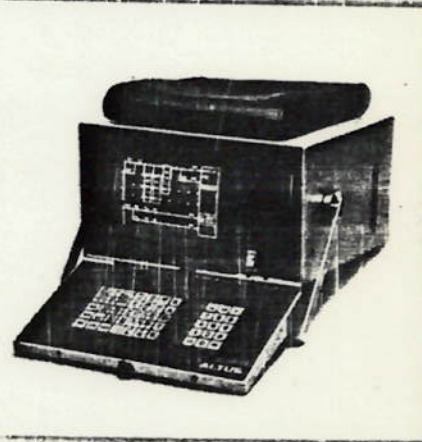


COMPATIBILIDADE

O Mini CP AL-500 é totalmente compatível com o CP ALTUS AL-1000 (modular de até 256 pontos) evitando a necessidade de utilização de terminais diferentes e de treinamento específico.

REDE DE CONTROLADORES PROGRAMÁVEIS

O Mini CP AL-500 é compatível à rede AL-NET o que possibilita sua utilização em sistemas de supervisão e controle distribuído.



INTERFACE MEM/MÁQUINA

Módulo Display e Leds possibilita a visualização direta dos dados internos do CP AL-500 efetuando comunicação eficiente entre o operador e o processo controlado. 16 entradas 24 VDC elementares junto ao Módulo Display para utilização no controle do painel.

EXPANSÃO DE E/S

Permite duplicar o CP AL-500 com mais pontos digitais de E/S disponíveis nas mesmas tensões no módulo básico.

TERMINAIS DE PROGRAMAÇÃO

Os Terminais de Programação ALTUS AL-1800 e AL-2800 são compatíveis a todos os Controladores Programáveis ALTUS. Portáteis e aptos a operar em ambiente industrial hostil, dispõem de teclado específico, facilitando sobremaneira o desenvolvimento de novas aplicações com acompanhamento "on-line" da execução dos programas.

QUALIDADE COMPROVADA

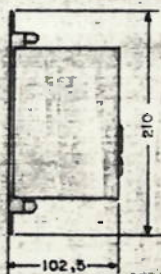
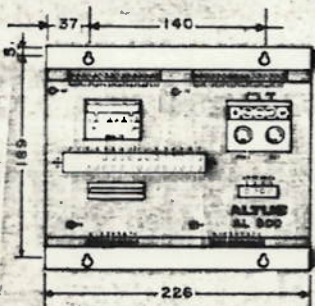
Construído obedecendo as normas NEMA-ICS 2-230 e NEMA-ICS 3-304 o Mini CP AL-500 constitui-se em um sistema compacto extremamente confiável e apto para a utilização em ambiente industrial. Intensos testes de fábrica conferem ao produto o nível máximo de qualidade.

TREINAMENTO

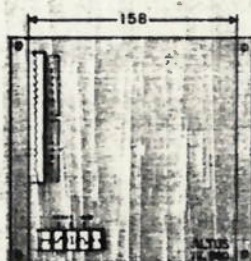
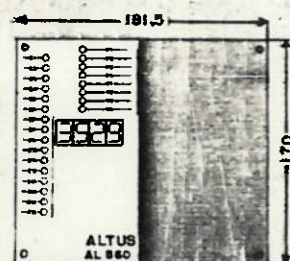
Cursos periódicos oferecidos pela ALTUS propiciam todos os conhecimentos teóricos e práticos necessários a programação, operação e manutenção de seus produtos.

DIMENSOES

• AL-500 e AL-540



• AL-560



VISTA FRONTAL

VISTA TRASEIRA

ENDEREÇOS

Porto Alegre
São Paulo, 655 - Fone: (0512) 43-6633 - Telex: (051) 5010 - CEP: 90230 - CXP 12
Rio de Janeiro
Stella, 515 - 7º andar Conj. 72 Bl. A - Fone: (011) 570-0107 - CEP: 04011
Amaral Peixoto, 36 - Conj. 1114 - Fone: (021) 722-8765 - CEP: 24020 - Niterói
o Horizonte
Alvares Cabral, 344 - Sala 1602 - Fone: (031) 222-1253 - 226-1925 - CEP: 30170

SUORTE E MANUTENÇÃO

Especificação, Assessoria Técnica, Programação, Posta em Marcha, Manutenção: os técnicos da ALTUS, especialmente treinados, resolvem os problemas de forma rápida e competente, acompanhando todas as fases do projeto de automação.

ENGENHARIA DE SISTEMAS

Com a mesma qualidade com que fabrica os Controladores Programáveis, a ALTUS fornece serviços de ENGENHARIA DE SISTEMAS com "pacotes" completos na área de Automação Industrial e Controle de Processos.

ASSESSORIA DE APLICAÇÃO

A ALTUS oferece todo apoio a seus clientes na aplicação de Controladores Programáveis Manuais e Notas de Aplicação, são colocados a disposição do usuário compilando uma vasta experiência na área de Automação Industrial.

MODELOS

UCP

• AL-500/S

• AL-500/R

• AL-500/RD

• AL-500/ED

• AL-500/EA

CARACTERÍSTICAS

• Instruções Básicas

• Instruções Básicas • Retentividade

• Instruções Básicas • Retentividade • 6 pontos digitais adicionais 24 VDC de entrada

• Instruções Básicas e Extendidas • Retentividade • 6 pontos digitais adicionais 24 VDC de entrada

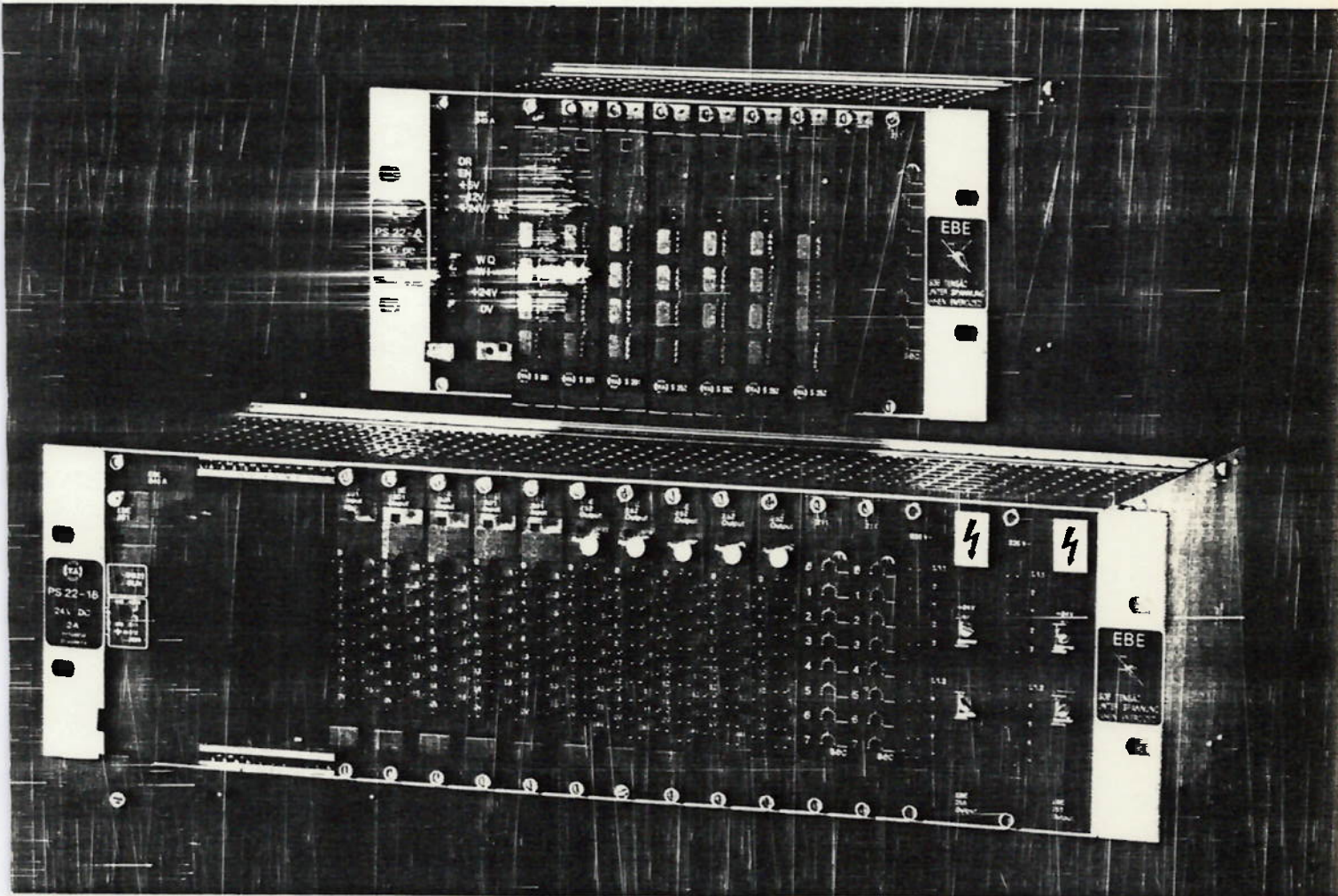
• Instruções Básicas e Extendidas • Retentividade • 2 pontos analógicos de E/S



indumatic
EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS LTDA.

CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

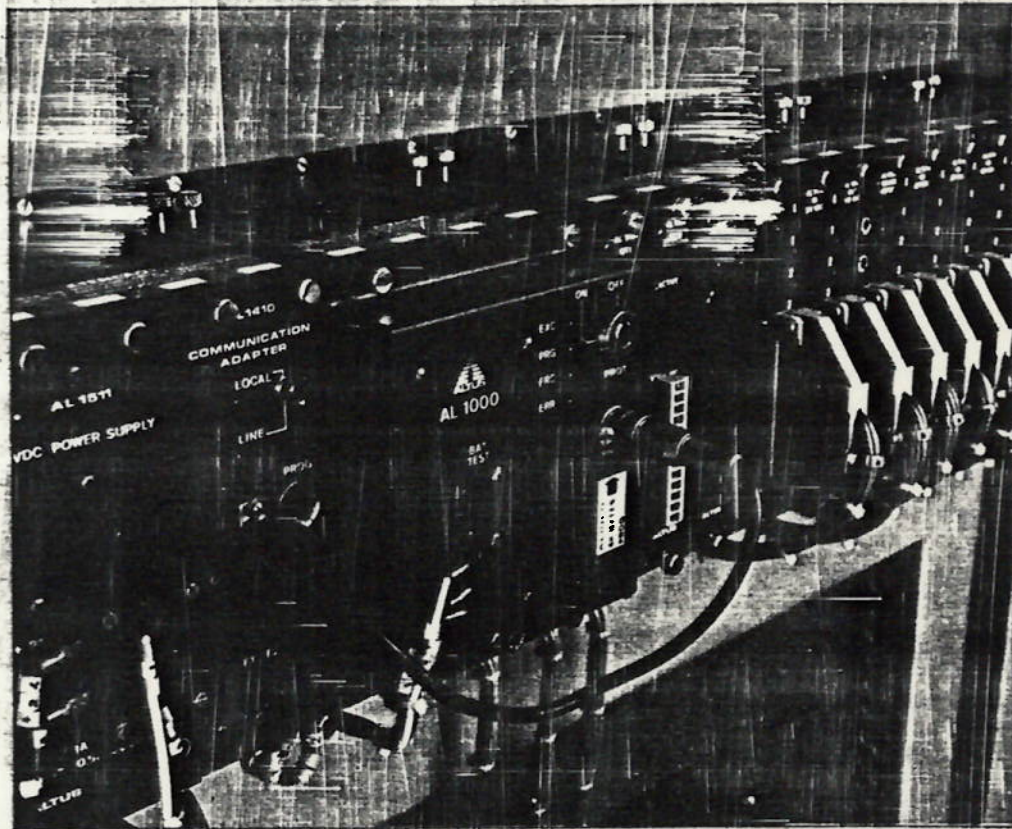
PS-22



- * Para automação e controle de máquinas operatrizes, prensas, fornos, linhas de montagem e processos industriais, substituindo o comando a relés.
- * Sistema modular que apresenta grande versatilidade e economia, pois sua composição é realizada em função do processo a ser automatizado.
- * Alta velocidade de processamento: 2 μ s por instrução.
- * Programação simples através de microcomputador da linha Apple, IBM-PC ou maleta dedicada.

ALTUS

**O CP BRASILEIRO:
MODULAR, INTELIGENTE
E FLEXÍVEL**



AL-1000

A MAIS ALTA TECNOLOGIA PARA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

O Controlador Programável **ALTUS AL-1000** é o equipamento mais moderno desenvolvido no país para Automação Industrial e Controle de Processos. A sua utilização em Máquinas Operatrizes, Injetoras de Plásticos e Processos de Manufatura vem trazendo a técnicos e engenheiros brasileiros a satisfação de contar com todos os recursos necessários para implantar sistemas de controle, desde simples substituição de Painéis de Relés até laços PID.

TAMANHO E INTELIGÊNCIA QUE DOMINAM O MERCADO

Implementado com o microprocessador **INTEL 8031**, o Controlador Programável **ALTUS AL-1000** é fornecido em três modelos: Standard, reunindo um poderoso conjunto de instruções, Numérico agregando ao primeiro capacidade de trabalhar com aritmética BCD de 7 dígitos mais sinal e com módulos de contagem rápida e finalmente o modelo Processo que, com laços PID e um banco de dados de 6K constitui-se no equipamento mais conveniente para a implementação de Sistemas Digitais de Controle Distribuído.

Cada modelo pode ser fornecido com 128 ou 256 pontos de E/S, tendo capacidade de memória EPROM e RAM(CMOS) de 4,8 e 16 kbytes.

Demais Características:

- Monitoração e forçamento "on-line"
- Memória retentiva
- Auto-Diagnose
- Baixo nº de componentes
- Compatibilidade com a rede AL-NET de CPs

SUBSISTEMA DE E/S: COMPLETO E FLEXÍVEL

Caracterizada por rígido controle de qualidade na sua fabricação, bem como robustez adequada a operação em ambientes industriais, a linha de módulos de E/S analógicos e digitais do Controlador Programável **ALTUS AL-1000** apresenta variada gama de tensões de operação. Além disso, dispõem dos seguintes módulos especiais:

- Termopar: efetua leitura direta de sinais de termopares
- Interface para Transdutores Óticos: possibilita a leitura de transdutores óticos lineares (régua) e rotativos ("encoders") para aplicações de posicionamento implementando funções de Controle Numérico ponto a ponto.
- Relógio de Tempo Real: fornece informações de horário e calendário em uma única instrução. Tem proteção contra falta de energia através de bateria.
- Contador rápido: efetua a contagem de sinais de até 100KHz, contagem bidirecional, com comparação por hardware independente da velocidade da UCP.
- Multiplexador de Leds: capaz de acionar 255 leds para utilização de painéis sinóticos, utilizando espaço de endereçamento de apenas um módulo de E/S.



SOFTWARE AVANÇADO

Linguagem de relés e blocos utilizada pelos CPs ALTUS é universalmente conhecida por técnicos e engenheiros, tornando possível a utilização de um pequeno conjunto de instruções para destacar:

Temporizadores e Contadores: apresentados por blocos com funções múltiplas.

Instruções de Salto: permitem que partes do programa não sejam executadas, diminuindo o tempo de execução do mesmo.

Subrotinas: economizam áreas de memória, de tal forma que rotinas repetidas possam ser escritas apenas uma vez e utilizadas em vários pontos do programa.

Quatro Operações Aritméticas

Tratamento de Variáveis BCD: utiliza 7 dígitos mais sinal (9999999/-9999999), com possibilidade de soma, subtração e comparação.

Operações: palavras e blocos entre áreas de memória e entre áreas de memória e pontos de E/S.

Relés: 640 posições de bits configuráveis para utilização em sequenciamento, armazenamento de dados, codificação, etc.

Sequenciador: controla um sequenciamento baseado em relés de condições permitindo a execução genérica do passo.

Impressão: permite o envio de caracteres e valores numéricos para impressoras e vídeos, não interrompendo a execução normal do programa.

Relógios: possibilita o tratamento de uma área de 100 campos de 16 bits com estrutura de banco de dados.

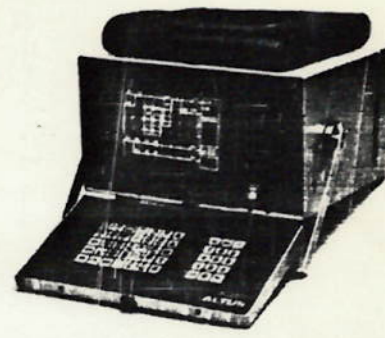
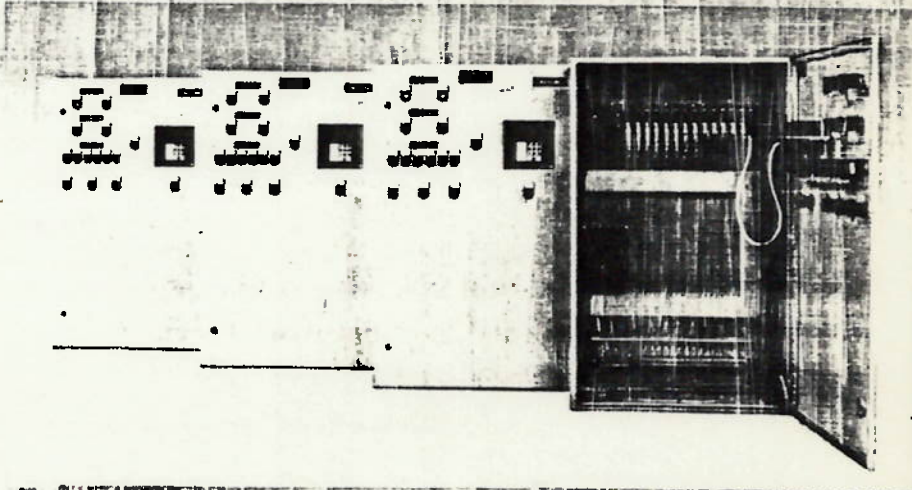
TERMINAIS DE PROGRAMAÇÃO

Os Terminais de Programação AL-1800 e AL-2800 são compatíveis a todos os Controladores Programáveis ALTUS. Portáteis e aptos a operar em ambiente industrial hostil, dispõem de teclado específico, facilitando sobremaneira o desenvolvimento de novas aplicações com acompanhamento "on-line" da execução dos programas.



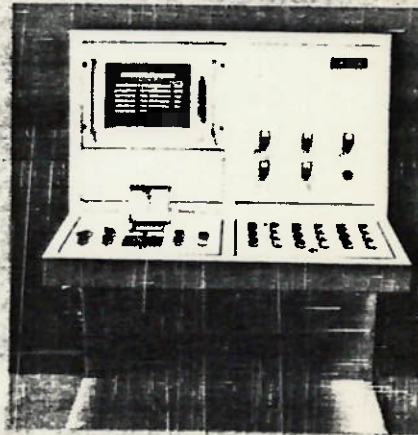
INTERFACE HOMEM/MÁQUINA

Módulos para utilização de display, teclado ou chave thumb-wheel permitem entrada e visualização de dados de forma direta efetuando uma comunicação mais eficiente entre operador e processo. Um canal RS-232 está à disposição para conexão de periféricos como terminal de vídeo colorido (local ou remoto), gravador cassette ou impressora.



REDE DE CONTROLADORES PROGRAMÁVEIS

O CP ALTUS AL-1000 é compatível com a rede AL-NET, a qual permite a conexão de até 31 CPs. Utiliza-se um microcomputador como central de supervisão em uma via de até 1 km, sem utilização de MODEM, em ambiente industrial, assegurando comunicação eficiente entre os componentes da rede.



QUALIDADE COMPROVADA

Construído obedecendo as normas NEMA-ICS 2-230 e NEMA-ICS 3-304 o Controlador Programável ALTUS AL-1000 constitui-se em um sistema modular extremamente confiável e apto para a utilização em ambiente industrial. Intensos testes de fábrica conferem ao produto o nível máximo de qualidade.

TREINAMENTO

Cursos periódicos oferecidos pela ALTUS propiciam todos os conhecimentos teóricos e práticos necessários a programação, operação e manutenção de seus produtos.

SUORTE E MANUTENÇÃO

Especificação, Assessoria Técnica, Programação, Posta em Marcha, Manutenção: os técnicos da ALTUS, especialmente treinados, resolvem os problemas de forma rápida e competente, acompanhando todas as fases do projeto de automação.

ENGENHARIA DE SISTEMAS

Com a mesma qualidade com que fabrica os Controladores Programáveis, a ALTUS fornece serviços de ENGENHARIA DE SISTEMAS com "pacotes" completos na área de Automação Industrial e Controle de Processos.

ASSESSORIA DE APLICAÇÃO

A ALTUS oferece todo o apoio a seus clientes na aplicação de Controladores Programáveis. Manuais e Notas de Aplicação, são colocados a disposição do usuário compilando uma vasta experiência na área de Automação Industrial.

MODELOS

UCP

• AL-1000/128S

NÚMERO DE E/S

128

CARACTERÍSTICAS

• Inst. Básicas e Extendidas

• AL-1000/128N

128

• Inst. Básicas e Extendidas
• Contador Rápido
• Tratamento de Variáveis BCD

• AL-1000/128P

128

• Inst. Básicas e Extendidas
• Contador Rápido
• Tratamento de Variáveis BCD
• PID
• Tratamento de Arquivos

• AL-1000/256S

256

• Inst. Básicas e Extendidas

• AL-1000/256N

256

• Inst. Básicas e Extendidas
• Contador Rápido
• Tratamento de Variáveis BCD

• AL-1000/256P

256

• Inst. Básicas e Extendidas
• Contador Rápido
• Tratamento de Variáveis BCD
• PID
• Tratamento de Arquivos

INDEREÇOS

Porto Alegre

Rua São Paulo, 555 - Fone: (0512) 43-6633 - Telex: (051) 5010 - CEP: 90230 - CXP 12

Porto Seguro

Rua Stella, 515 - 7º andar Conj. 72 Bl. A - Fone: (011) 570-0107 - CEP: 04011

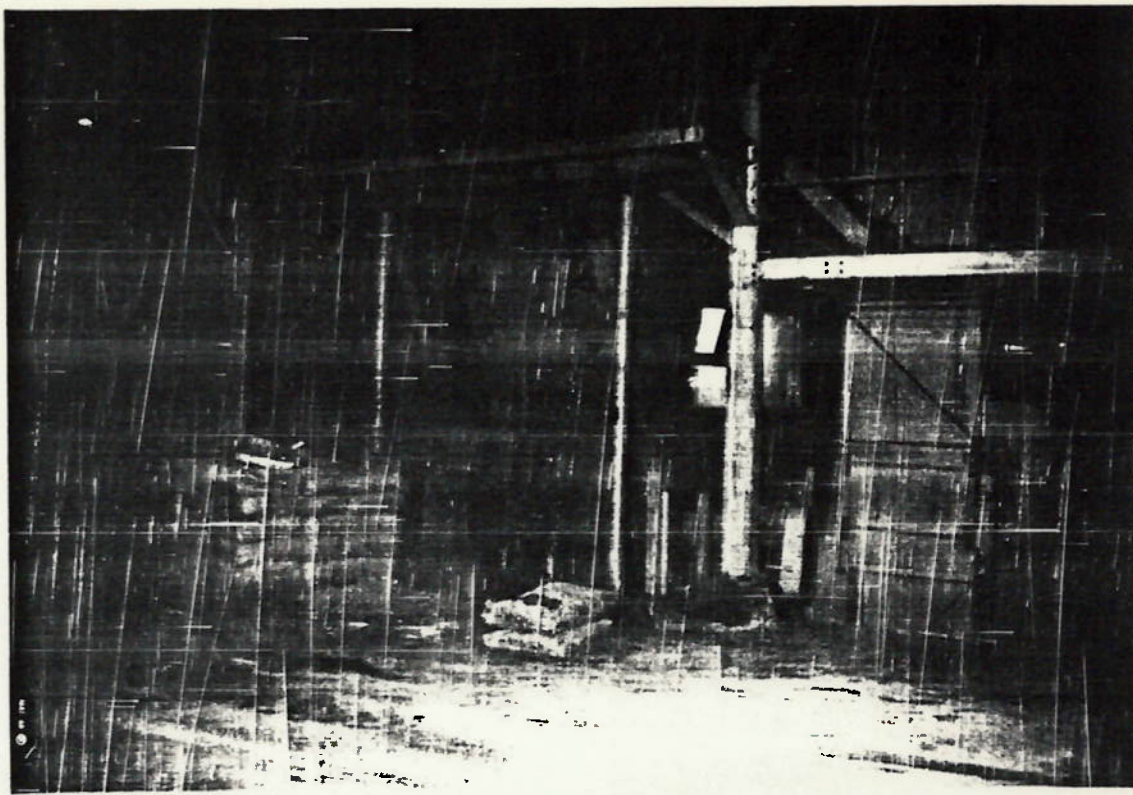
Porto de Janeiro

Rua Amarel Peixoto, 36 - Conj. 1114 - Fone: (021) 722-8765 - CEP: 24020 - Niterói

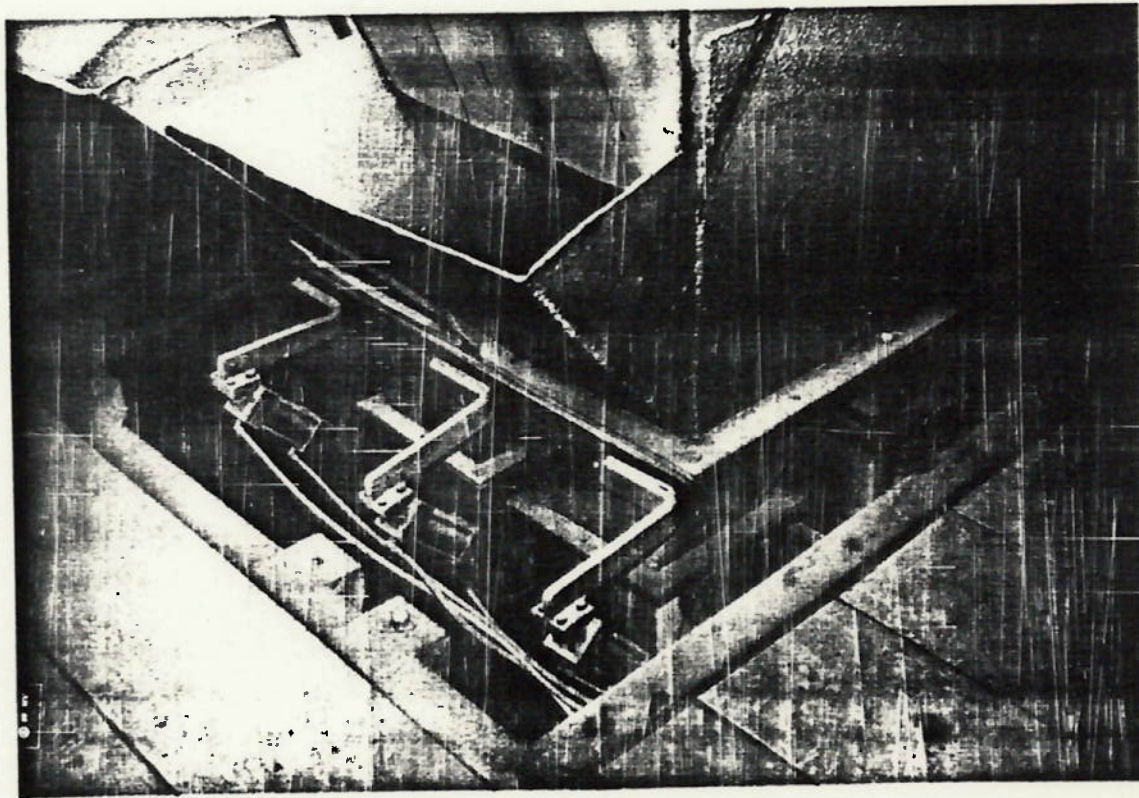
Ilhéus Horizonte

Rua Álvares Cabral, 344 - Sala 1602 - Fone: (031) 222-1253 - 326-1925 - CEP: 30170

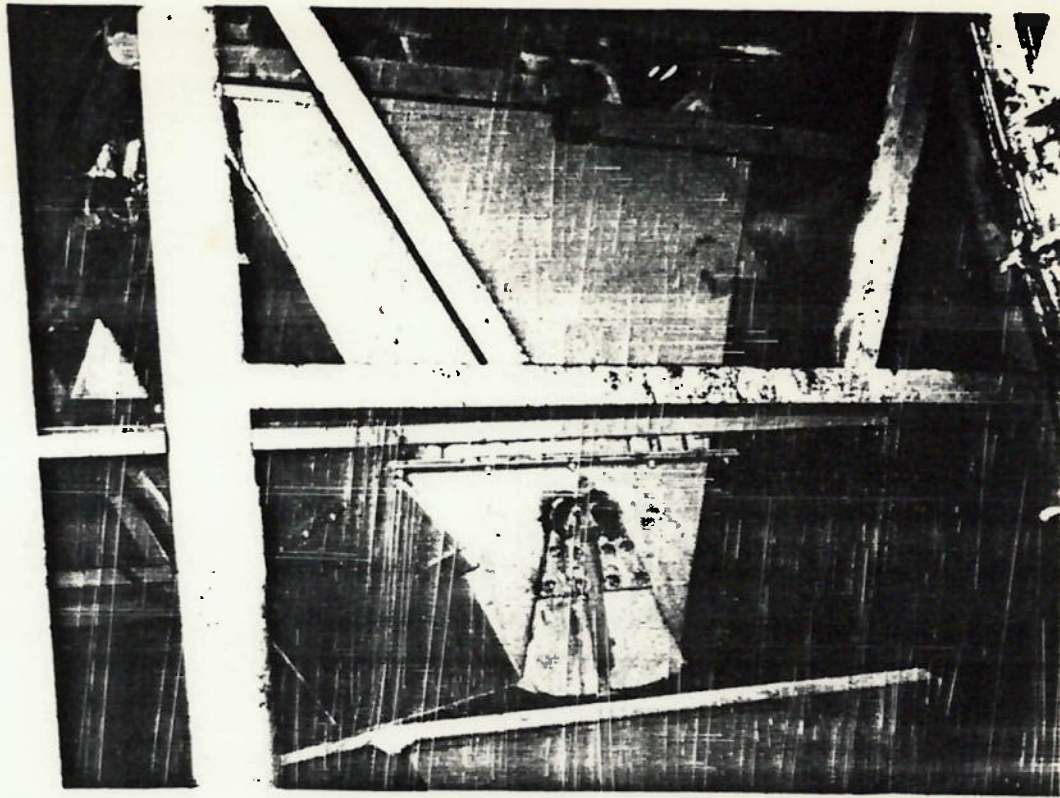
ANEXO III



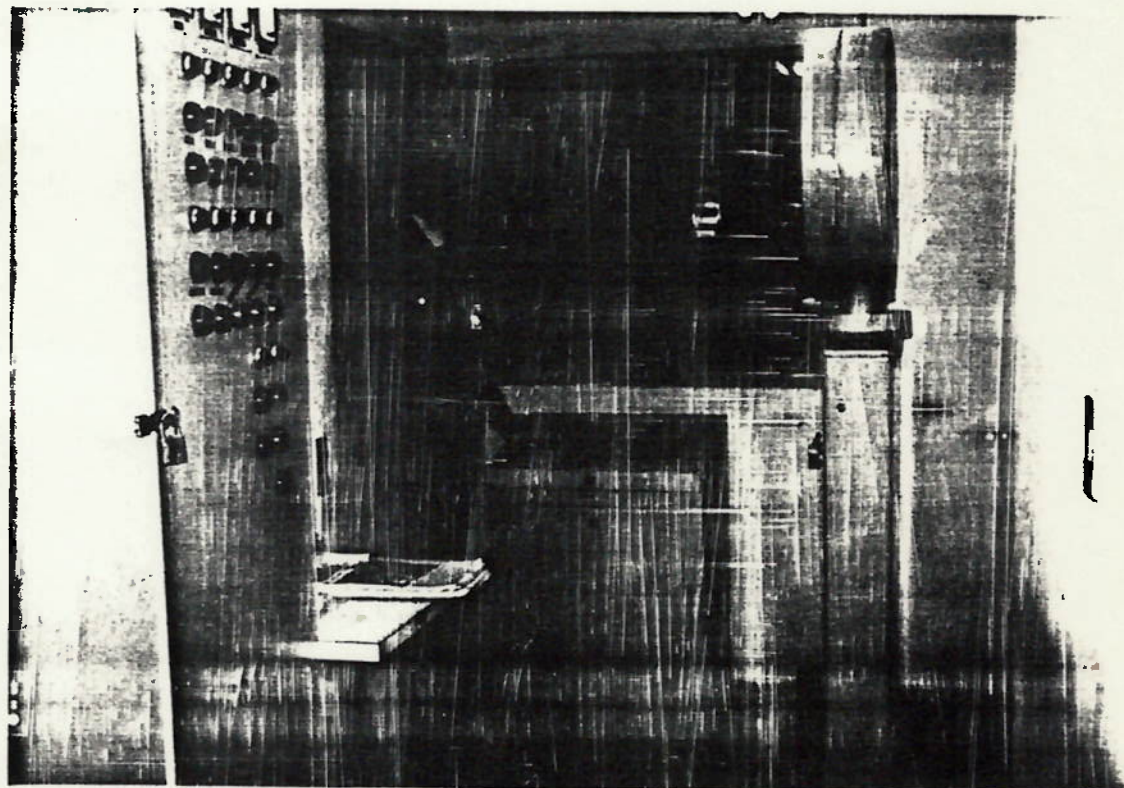
Vista Geral



Caixa Sextupla



Caixa de Pesagens



Cabine de operações

DESENHOS