

AUTOMATION OU AUTOMAÇÃO*

(Tema debatido na reunião dos Estudos e Projectos em 13/2/57)

Não é fácil dar uma definição de automação em virtude do enorme desenvolvimento e extensão da matéria que esta designação encerra.

A automação é mais um passo na substituição do homem pela máquina nas funções menos agradáveis ou mais espinhosas e constitui um progresso da industrialização.

Com efeito, a industrialização passou pelas seguintes fases:

1. Substituição do Homem pela máquinas na realização do trabalho principal: fazer rodar o tear, o torno, impulsionar o veículo ou o navio, etc., trabalhos árduos e violentos.

Contudo nesta fase a decisão pertence ao homem, que pára ou arranca as máquinas com as mãos e actua sobre os comandos dos navios, etc. Nestas operações realiza ainda um esforço apreciável para manter a máquina e o respectivo trabalho sob o seu comando e observação.

2. Para evitar os esforços importantes que era necessário dispendir, introduziram-se os servo mecanismos.

Ao homem continuava a caber a actuação e decisão assim como a observação do trabalho; porém, o esforço físico foi reduzido a um mínimo.

3. Como a fabricação implica a repetição de certas operações, que podem ser conhecidas de antemão, pode esse programa ser registado duma vez para sempre. Se por meio de dispositivos convenientes esse programa puder ser interpretado pela máquina, o comando dessa máquina passa a ser feito sem intervenção do homem, que se limita a observar e ajustar a máquina. O homem programou uma vez apenas e não tem qualquer trabalho repetitivo.

4. Na solução 3 a máquina ainda não observá (controla) o que faz, embora cumpra um programa; daí pode resultar que o trabalho produzido não corresponda ao desejado e seja necessária a presença de um observador humano para garantir que o trabalho feito é igual ao trabalho programado.

Se introduzirmos então uma aparelhagem de observação (de medida) que observe o trabalho realizado e o compare com o programa e se os desvios ou erros observados forem tomados em linha de conta e intervierem na regulação da máquina, teremos atingido e encontrado um método que evita o homem, mesmo a função de observador e controlador.

5. Atingindo o desenvolvimento correspondente a 4, ao homem resta apenas o estabelecimento do programa. Contudo, entre as bases do problema a resolver e o programa, há um trabalho mental importante e difícil de realizar. Ora esse trabalho pode ser efectuado mecânicamente introduzindo um calculador que, a partir dos dados do problema e da axiomática do sistema, tire as conclusões lógicas que se traduzem num programa.

A automação cobre fundamentalmente os problemas 3, 4 e 5, mas tem implicações evidentes sobre 2 e 1.

* - Automação é uma designação tão boa como qualquer outra e tem a vantagem de ser curta e aproximar-se da designação americana.

Meios da automação

A electrónica é o principal meio de que se serve a automação. Se não fosse o prodigioso desenvolvimento da electrónica, a automação não seria praticamente concebível. Contudo, usam-se também dispositivos mecânicos, electro-mecânicos, hidráulicos e pneumáticos para realizar sistemas automáticos.

Dada a posição de relevo da electrónica pode dizer-se que não pode pensar-se em automação sem se dispor de um quadro de engenheiros e especialistas em electrónica.

Ciências básicas da automação

A automação assenta em múltiplos conhecimentos científicos, que podem ser catalogados sob as seguintes designações:

Lógica simbólica - Como vimos em 4, os aparelhos de medida e observação fornecem dados a um dispositivo central que toma decisões lógicas a partir dessas informações. Quer isto dizer, que o dispositivo central obedece a um determinado sistema lógico que lhe é imposto. Cabe à lógica simbólica o estudo de sistemas lógicos. É nos calculadores que se atinge a máxima complexidade.

Cibernética - Os dispositivos mecânicos que vão substituir o homem ou que o vão complementar, têm características humanas (passe o exagero). O estudo da mútua e recíproca interacção do homem e da máquina é feito pela cibernética. A cibernética acompanha a automação, mas visa a resolução de problemas mais complexos, como o estudo da psicologia humana por similes mecânicos.

Servo-mecanismos - Em muitos livros a automação é tratada como uma extensão dos servo-mecanismos. O conhecimento aprofundado de servo-mecanismos é, portanto, fundamental e necessário, até porque a automação se serve desses mecanismos.

Funções periódicas - A maioria dos fenómenos em estudo reduzem-se a fenómenos vibrantes (ou oscilatórios) complexos resultantes de forças externas aplicadas, tornando-se, por isso, necessário saber quais as consequências daí resultantes. As funções periódicas constituem a representação analítica desses sistemas e por seu intermédio se estudam convenientemente os fenómenos em curso.

Estudo da automação

Para cobrir convenientemente todos os aspectos da automação convém catalogar esta matéria em capítulos:

A) Base teórica

Lógica simbólica - Basta conhecer os fundamentos e os principais símbolos (e, ou, negação e implicação) com alguns exemplos e aplicações.

- Funções periódicas - com aplicações, a movimentos transientes e métodos de determinação da estabilidade de sistemas vibrantes. Transformada de Laplace, etc.
- B) Instrumentação - Dado o enorme desenvolvimento da aparelhagem e instrumentação de medida convirá diferenciar, num capítulo separado, esta matéria.
- C) Electrónica - Devem ser tratados os principais dispositivos electrónicos usados.
- D) Servo-mecanismos - Sob esta rubrica deve estudar-se toda a aparelhagem de comando assim como pequenos circuitos fechados de regulação, (Feed-back loops).
- E) Calculadores digitais e de analogia - Descrição de calculadores e princípios do seu funcionamento. Aplicações à resolução de vários problemas.

Para dominar a matéria acima referida é necessário uma equipa, de, pelo menos, os seguintes elementos especializados:

- 1 - Um especialista em cálculo numérico com uma formação de licenciado em Matemáticas ou Engenheiro e dominando sobretudo: probabilidades, estatística, matrizes e séries.
Deverá ocupar-se dos capítulos A e E.
Ao especialista do cálculo numérico caberá o encargo de todo o cálculo, isto é, resolução matemática dos problemas propostos, usando sobretudo os calculadores electrónicos a sua disposição.
- 2 - Um especialista em electrónica, com formação de engenheiro electrotécnico, conhecendo sobretudo circuitos e aplicando bem a transformada de Laplace, com conhecimento de funções periódicas e algumas noções de lógica simbólica.
Deverá ocupar-se dos capítulos B, C e D, em especial de C.
O especialista em electrónica terá o encargo de estabelecer o diagrama de toda a aparelhagem eléctrica de modo a satisfazer e dar solução ao problema proposto.
- 3 - Um especialista em instrumentos e aparelhagem, com a formação de engenheiro electrotécnico e com certa habilidade manual.
Deverá ocupar-se do aspecto prático dos capítulos B, C e D.
Este especialista terá uma característica prática e estará ligado mais à execução e escolha de instrumentação e aparelhagem.
- 4 - Um especialista em automação, com formação de engenheiro da especialidade a que se dirigir a automação. Será químico se a automação se aplicar à indústria química, ou mecânico se se tratar de metalomecânica. Este indivíduo deverá seguir um curso complementar de elementos de servo-mecanismos e instrumentação e ter boa preparação matemática, em especial de funções práticas.
Deverá ter ideias gerais sobre todos os capítulos referidos.

Deverá desempenhar a função difícil de constituir um interprete, traduzindo o problema químico (ou mecânico), em dados electrónicos e reciprocamente. É evidente que este engenheiro trabalhará em íntimo contacto com os especialistas químicos ou mecânicos que conhecem o processo, fábrica ou oficina, a que a automação se vai aplicar.

Embora os 4 especialistas trabalhem cada um em seu campo, terá de reinar, entre eles, um espírito de "team work" e, além disso, todos terão largas zonas de sobreposição de conhecimentos.

Sobretudo nas indústrias químicas, a automação é um fato feito por medida e daí ser imperativo que os 4 especialistas conheçam bem o problema para que a automação respectiva corresponda às necessidades.

Faltou fazer uma referência à cibernética; esta será abordada na medida das necessidades, pelos diversos especialistas, mas é desnecessário criar um especialista em cibernética nesta primeira fase de evolução.

Convém ainda chamar a atenção para uma característica da automação que é o número elevado de problemas e de matérias que cobre e por isso deve encarar-se a automação mais como uma atitude do que como uma especialidade.

AUTOMAÇÃO APLICADA À INDÚSTRIA QUÍMICA

Na indústria química há que distinguir dois tipos de processos:

- processos contínuos
- processos descontínuos

Fundação Cuidar o Futuro

Nos processos contínuos há sobretudo que manter, constantes no tempo, determinados parâmetros, isto é, interessa os fenómenos em regimen estacionário (steady-state). A principal preocupação é desenhar dispositivos que façam voltar o sistema à posição anterior quando este se afastar em consequência de qualquer causa externa.

Nos processos descontínuos o objectivo é realizar uma série de operações pré-determinadas. Essa série de operações constitui um programa a cumprir repetidamente. O sistema está, em geral, em regimen não estacionário (unsteady-state) nas diferentes fases.

Chamemos contudo a atenção para o facto de, em ambos os casos, o sistema estar, de facto, sempre em regimen não estacionário; a diferença está mais nos objectivos a atingir. No primeiro caso o que se deseja é fazer voltar o sistema à posição anterior o mais rapidamente possível; no segundo pretende-se manter o sistema em desequilíbrio controlado de forma a passar de um estado para outro.

Visto o problema por este prisma, a diferença reside no tipo de programa: nos processos contínuos o programa reduz-se a um ponto de funcionamento, enquanto que nos descontínuos, o programa é já uma série de pontos de funcionamento distribuídos no tempo, constituindo uma curva-programa.

Os processos contínuos são pois um caso particular dos processos descontínuos.

Todo o trabalho de investigação fundamental já foi feito com as missilas auto-guiadas. Com efeito, uma missila auto-guiada é o exemplo mais complexo de um sistema em regimen não estacionário que terá de cumprir um programa pre-estabelecido e dificultado ainda por uma série de alternativas que terão de ser

escolhidas logicamente de acordo com um conjunto de informações colhidas pela própria missila em pleno voo.

A missila arranca, toma a altitude conveniente, orienta-se pelas estrelas e cai sobre o alvo ou se destroi conforme as circunstâncias.

Assim a aplicação à indústria está hoje limitada por duas razões fundamentais:

- 1ª. Pela dificuldade de obter especialistas nesta matéria fora dos centros de investigação aeronáuticos.
- 2ª. Pelo preço desses dispositivos que torna pouco económica a aplicação de uma automação completa à indústria química. O homem, embora menos eficiente, é mais barato.

A automação pode aplicar-se tanto a indústrias e fábricas existentes, como pode ser tomada em consideração logo na altura do projecto.

A principal vantagem de projectar fábricas tendo em atenção os requisitos da automação, está na eliminação de certas características dinâmicas das operações tecnológicas a realizar que criam problemas de difícil resolução por via electrónica. Porém a automação pode aplicar-se a velhas fábricas com resultados espectaculares.

ALGUNS EXEMPLOS

Vamos descrever as linhas gerais da aplicação da automação a 3 hipóteses típicas, o que vai permitir descrever a intervenção da automação na indústria química.

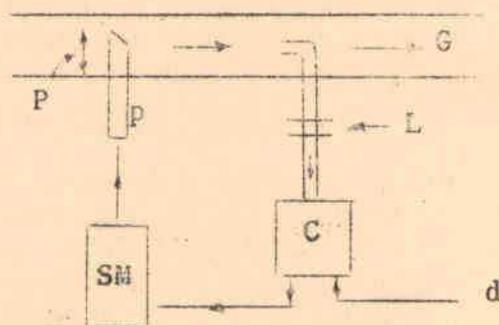
Fundação Cuidar o Futuro

1ª. Controle independente de variáveis (parâmetros) (single loops)

A grandeza G é exclusivamente comandada pela posição do dispositivo D . Seja p a variável que define a posição do dispositivo D .

O controle independente de C por meio da posição p constitui o caso mais simples de um "single loop", expresso o que **traduziremos por circuito singelo**. Um instrumento de leitura L mede uma propriedade física ou química de que se conhece a relação com o valor da grandeza C .

A informação (impulso) resultante dessa leitura é enviada para um dispositivo C que a compara com um valor dado d (Base) e o desvio ou diferença reage sobre um servo-mecanismo $S.M.$, o qual actua na posição p do dispositivo D . A nova posição de p deverá corrigir a grandeza C . Se p teve de ser actuado é porque algo perturbou o estado de regimen do sistema que então já não é estacionário. Sobre a perturbação anterior vai sobrepor-se a perturbação provocada pelo dispositivo D cuja posição p foi modificada. Neste exemplo vê-se, com clareza, que os sistemas assim comandados nunca estão em equilíbrio mas sim oscilam em torno do ponto de funcionamento.



O estudo de sistemas oscilantes não cabe neste capítulo, mas convinha deixar assinalada a natureza do fenómeno.

Uma operação unitária terá, em geral, várias grandezas G a controlar e todas podem ter o seu circuito próprio mas independente umas das outras.

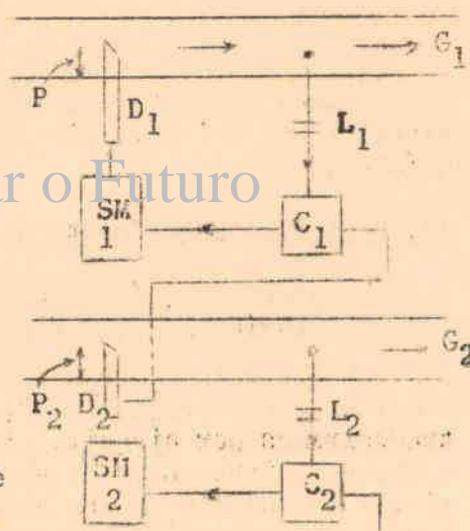
Neste tipo de regulação cabe ao operador a escolha dos valores das várias grandezas para que a operação se realize nas melhores condições; escolhidos esses valores, os vários dispositivos automáticos encarregam-se de os manter constantes ou, mais exactamente, oscilando dentro de apertados limites em torno do valor fixado.

Como não é possível controlar todos os parâmetros de uma operação unitária nomeadamente aqueles que dependem de operações ou grandezas fora do controle do operador, vai ser grande o trabalho reservado a este individuo que terá de tomar decisões complexas em face de inúmeras indicações dos instrumentos de medida.

2º. Controle não independente de uma variável (parâmetro)

Estes sistemas são de um grau acima, em complexidade, aos indicados anteriormente, porque o sistema automático atende simultaneamente a mais de uma grandeza ao mesmo tempo. Dois casos são de considerar:

- a) Uma grandeza G_1 deverá ser comandada em função da posição de um dispositivo D_2 que comanda outra grandeza G_2 . Assim a leitura L_1 é comparada no dispositivo C não com um valor de base b mas sim com um valor que está ligado à posição p_2 do dispositivo D_2 que comanda a grandeza G_2 . Depois, o desvio ou diferença servirá para reagir sobre o servo-motor SM_1 que alterará a posição p_1 do dispositivo D_1 .



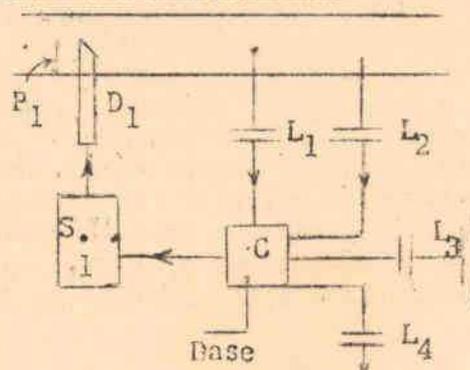
Convém notar que estamos em face de dois sistemas oscilantes interligados, o que complica o problema grandemente.

Este tipo de ligação também se chama uma cascata e pode complicar-se constituindo séries complexas de aparelhos todos dependentes uns dos outros por uma ordem dada.

Um caso simples destes sistemas é uma série de máquinas munidas de dispositivos de encravamento tal que arrancada a primeira todas as outras se sucedem segundo uma certa ordem.

É no estudo destes problemas que intervém a lógica simbólica.

- b) Uma grandeza G é função simultaneamente de mais de uma variável. Várias leituras L_1, L_2, L_3 , etc. são enviadas a um dispositivo C que reagirá a essas informações segundo um certo sistema lógico e toma uma decisão lógica de que resulta um sinal para o S.M.1 que comanda a posição do dispositivo D . O dispositivo C desempenha a função de um autêntico cérebro que conduz correctamente, a partir de determinados dados e toma decisões de acordo com o sistema lógico imposto.



Repare-se que os dispositivos C descritos em a) constituem, no fundo, formas elementares de cérebros electrónicos.

No controle do tipo b) interessa sobretudo a operação lógica a realizar por C.

3ª. Controle simultâneo não independente de várias variáveis (parâmetros)

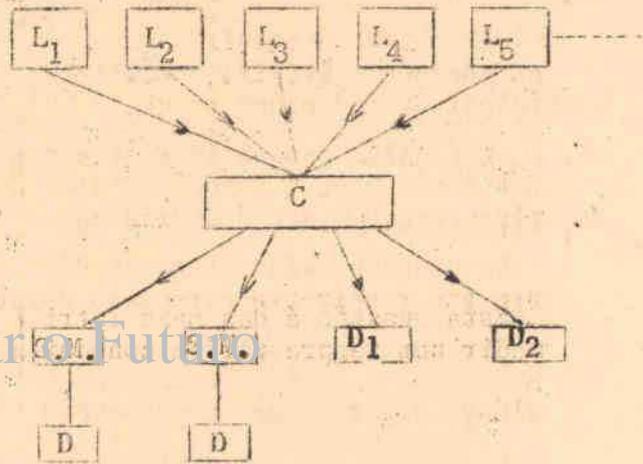
Neste sistema procura-se centralizar toda a decisão (regulação) das operações unitárias que em conjunto constituem um processo.

Daremos dois exemplos extremos que são típicos:

a) Todas as leituras (informação) são enviadas para um dispositivo central C que de posse de toda a informação age segundo um sistema lógico imposto e toma decisões actuando em todos os órgãos de regulação (SM e D).

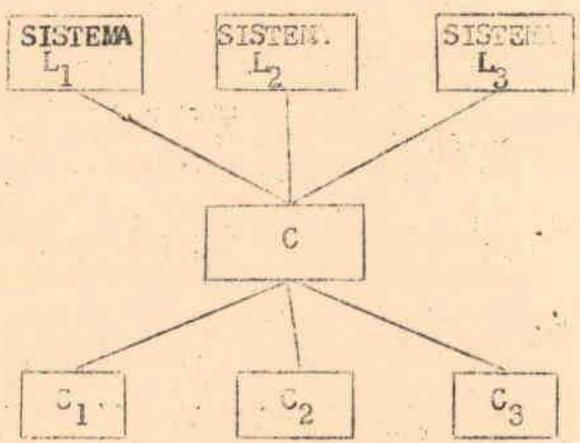
A vantagem desta solução reside na possibilidade de tirar partido de toda a informação ser interpretada por um cérebro único.

A dificuldade está no enorme desenvolvimento desse cérebro que terá de tomar não só decisões de conjunto como de pormenor. Em cibernética corresponderia a um indivíduo que, para andar, não só teria de tomar a decisão de o fazer mas ainda de dar instruções pormenorizadas a cada músculo do seu corpo sobre o que, a cada instante, deveriam fazer.



Um sistema deste tipo só se utiliza em fábricas relativamente simples que funcionam em relação aos restantes órgãos da fábrica como uma operação simples.

b) Nesta solução admite-se que todos os dispositivos do tipo 1, 2 a), 2 b), e até parcialmente 3 b) foram já instalados. Nessas condições o que falta automatizar são apenas as decisões que são tomadas pelo operador em face das leituras dos instrumentos. Os dispositivos do tipo 3 b) têm por missão receber toda a informação necessária e a partir dela tomar as decisões lógicas necessárias e actuar nos parâmetros livres.



Esta solução apresenta as seguintes vantagens:

- Todos os sistemas comandados por dispositivos dos tipos anteriores já são inerentemente estáveis.
- O número de pontos em que há que actuar é muito menor em consequência dos dispositivos do tipo 2 a), 2 b), 3 a) e terem diminuído o número de variáveis independentes.
- O número de leituras que há a centralizar e conduzir para o cérebro é correspondentemente muito menor.

- O cérebro pode ser mais simples e pode trabalhar periodicamente em vez de continuamente.
- O cérebro pode até trabalhar desligado da fábrica, introduzindo no circuito um operador humano que inscreve a informação pertinente e pede ao calculador uma resposta e de novo manualmente faz as afirmações necessárias de acordo com os resultados do cálculo.

COMO AUTOMATIZAR UMA FÁBRICA

Para automatizar uma fábrica (existente ou em projecto) procede-se às seguintes operações e pela ordem indicada:

- 1ª. Flow diagram. — Fixa-se o flow -diagram do processo em estudo. Em geral, estuda-se para várias hipóteses de fabricação.
- 2ª. Estabelecem-se as equações que descrevem o processo em regime estacionário (steady-state). Há três métodos que podem ser usados:
 - a) por via experimental, se a fábrica está já construída;
 - b) por via analítica a partir das reacções que se realizam no processo;
 - c) por via analógica, usando um símile analógico. Os calculadores de analogia têm muito interesse nestes trabalhos.

- 3ª. Linearização das equações referidas em 2ª.

As equações são desenvolvidas em série o mais rapidamente convergente possível e conservam-se apenas os primeiros membros.

Esta operação não é formalmente necessária mas simplifica muito o trabalho que se segue. Dispondo de calculadores de analogia, pode fazer-se o estudo usando directamente as equações referidas em 2ª.

A operação não introduz um erro muito apreciável, uma vez que se pode confundir a tangente com a própria função, se os desvios do ponto de funcionamento não forem muito grandes.

- 4ª. Determinação dos parâmetros das equações linearizadas em 3ª. Os parâmetros são fixados por cálculo ou experimentalmente.

- 5ª. Escolha do ponto ou pontos de funcionamento.

Se o estudo incluir o arranque e a paragem da fábrica é necessário estudar as operações 1ª, 2ª, 3ª, e 4ª, para todos os pontos de funcionamento desde parada até plena carga.

Se o estudo se limitar à marcha normal, só será estudado um único ponto de funcionamento. A fixação desse ponto de funcionamento é feita por razões técnico-económicas e é extrínseco ao problema da automação.

Chegados a esta altura do cálculo, passa-se à escolha dos dispositivos que vão realizar a automação do processo.

- 6ª. Escolha das variáveis que vão ser lidas pelos instrumentos.

Para medir as grandezas a controlar é necessário escolher as variáveis e a instrumentação.

Esta questão é das mais intrincadas porque as variáveis mais fáceis de medir nem sempre variam convenientemente com a grandeza.

A solução óptima seria que as variáveis satisfizessem aos seguintes requisitos:

- a) Variassem linearmente com G no ponto de funcionamento.
- b) Variassem instantaneamente e apreciavelmente
- c) Os respectivos instrumentos fossem simples e seguros.

7ª. Escolha de instrumentação, servo-comandos, etc.

Com base em 6ª, é escolhida provisoriamente toda a instrumentação e aparelhagem de comando e de regulação, etc.

A escolha é provisória porque as operações seguintes podem levar a rever a escolha inicialmente feita.

Atingido o ponto 7ª, entra-se numa nova fase do estudo da automação que é o exame do próprio sistema de controle esboçado anteriormente. Na verdade todos os dispositivos de medida e comando são, por seu turno, sistemas oscilantes com periodicidades próprias e atrasos na resposta (time-lag). Estes precisam de ser tratados duma forma análoga aos sistemas oscilantes que são os processos que se pretende controlar.

8ª. Determinação do "signal flow diagram".

Designando dum modo geral por sinale os impulsos eléctricos (em geral) enviados pela aparelhagem de medida, pelos circuitos de amplificação, etc., etc., há que saber como se estabelecem e circulam esses sinais e se os sistemas electrónicos são inerentemente estáveis na zona de funcionamento, etc. Para esse efeito é necessário estabelecer um diagrama de sinais (signal flow diagram).

9ª. Estabelecimento das equações matemáticas respectivas - "mathematical diagram"

É por meio destas equações que são examinadas as propriedades do "signal flow diagram".

Algumas vezes este estudo passa a uma fase que se descreve por "condensed mathematical description" que é uma forma mais reduzida e simplificada de descrever o sistema.

O método descrito implica várias tentativas e pode chegar-se à 9ª. etapa e ter que refazer as etapas anteriores por força de qualquer inconveniente que só no fim pode ser posto em evidência.

Terminada a descrição das várias etapas do método, convém desde já dizer que os problemas da automação nem sempre têm esta complexidade, pelas razões seguintes:

- a) Os dispositivos electrónicos têm um tempo de resposta extremamente rápido comparado com os tempos de resposta das reacções químicas. Portanto, se os dispositivos electrónicos forem inerentemente estáveis, podem considerar-se de resposta instantânea.
- b) Nem sempre se procura uma automação total mas apenas se pretende controlar alguns parâmetros fundamentais.
- c) As fábricas químicas trabalham quase sempre em regímen estacionário e portanto só merece ser estudado o ponto de funcionamento correspondente à marcha normal; o arranque e a paragem são feitos manualmente.

- d) As alterações que fôr preciso introduzir na marcha da fábrica são conhecidas, em geral, com grande antecedência, e podem assim ser determinados, com tempo, os novos parâmetros.

INSTRUMENTAÇÃO

Apenas com a finalidade de dar uma ideia da variedade de instrumentos que são correntemente empregados para medir variáveis, mencionaremos alguns dos instrumentos mais típicos.

Pressão

Manómetros baseados na expansão de gases e líquidos
Manómetros baseados na deformação de sólidos
Cristais piezoelétricos
Extensómetros acoplados a pontes de Wheatston
Conductância de metais e suas ligas
Absorção de luz ou radiações

Temperatura:

Termómetros de gases, líquidos e sólidos (volume ou pressão).
Pares termoelectricos
Células fotoelétricas
Pirómetros ópticos
Fusibilidade de metais e seus sais
Condutibilidade eléctrica
Cristais piezo-eléctricos

Caudais (líquidos e gases):

Tubeiras
Tubos de Pitot
Descarregadores
Rotâmetros
(Para líquidos metálicos usam-se também métodos electromagnéticos)

Pesagem:

Balanças
Conversão de pesos em pressões
Absorção de radiações

Contagem:

Uma infinidade de dispositivos mecânicos, células fotoelétricas, radiações

Análise:

Interessam sobretudo os métodos de análise contínua que se aplicam quase exclusivamente a gases e líquidos.
Análise de CO₂ pelo método de absorção.
Medição da temperatura atingida numa combustão catafítica.
Colorimetria, usando a amostra ou um reagente sensível à cor.
Constante dieléctrica
Refractrómetro diferencial
Condutividade eléctrica (ou porque o material ioniza a água ou porque a sua decomposição ioniza a água).
Difusão do hidrogénio (Usa-se normalmente o paladium).
pH (Geralmente por comparação com um padrão)
Infravermelhos (Por emissão directa ou por absorção)
Espectrómetros de massa. Hoje são fabricados em pequenas dimensões.
Propriedades paramagnéticas do oxigénio.

Polarização do oxigénio. O oxigénio reagindo com o hidrogénio produzido numa célula electrolítica despolariza esta.
Radioactividade. Usa-se para medir os inertes existentes nos gases de síntese que são previamente expurgados do hidrogénio e outros gases.
Espectrografia. Emissão óptica, raios X, ressonância magnética do núcleo, fluorescência
Espectrofotometria
Condutividade térmica
Ultravioleta.

REGISTO E MANIPULAÇÃO DE DADOS

A instrumentação fornece dados que podem ter fundamentalmente dois destinos:

- 1 - Dados para serem lidos ou registados
- 2 - Dados que constituem "sinais" electrónicos para activar os comandos e servo-comandos.

1 - Dados destinados a serem lidos ou registados

Sobre leitura de dados, pouco há a dizer de novo; resumem-se a quadrantes devidamente arrumados, em geral, concentrados num painel único onde se traçou um diagrama sintético do processo.

Sobre o registo de dados há porém alguns elementos novos.

- a) Centralização dos dados num painel único - O primeiro progresso feito no sentido da automação consistiu em trazer a uma sala única todos os dados escolhidos pela instrumentação. Estes sistemas centralizadores usados em grande escala nas centrais eléctricas, são uma condição imprescindível numa fábrica moderna. Também é nesse local que existem todos os comandos de forma a permitir a actuação do operador de turno sem se afastar do posto de comando. É o posto de observação e comando da fábrica.
- b) Registo dos dados - O processo clássico consiste em dispor de aparelhagem registadora onde se inscrevem 2 ou 3 informações simultaneamente. Este método tem porém o inconveniente de aumentar enormemente o número de aparelhos registadores. Este processo foi substituído pelos "data-log". O "data-log" consiste no registo de todas as informações numa fita magnética; é possível registar cerca de 400 informações codificadas por segundo. O método consiste em alimentar o "data-log" por meio de um "sorter" (escolhedor de dados) que alimenta, segundo uma certa ordem, as informações ao registador de fita magnética. Chegando ao fim, volta a repetir outra série e assim sucessivamente.

A fita passa depois a um analisador que fornece os dados registados ao equipamento registador, tal como:

Registadores numéricos: - que inscrevem numa folha de papel os principais dados. São máquinas de escrever eléctricas. Os números normais são escritos a preto e os anormais a vermelho, o que facilita muito a leitura.

Totalizadores - Em geral são máquinas de somar que inscrevem os totais ao fim de um certo número de leituras ou de certo tempo.

Tabuladoras - Estas máquinas realizam não só as 2 operações atrás referidas como ainda procedem a pequenas operações de cálculo.

Perfuradoras - Máquinas que perfuram cartões que são arquivados para utilização posterior.

Calculadoras - Destinadas a efectuar cálculos complicados segundo programas previamente definidos e que permitem ao operador ter informações mais complexas como o rendimento da operação, índices, taxas, etc.

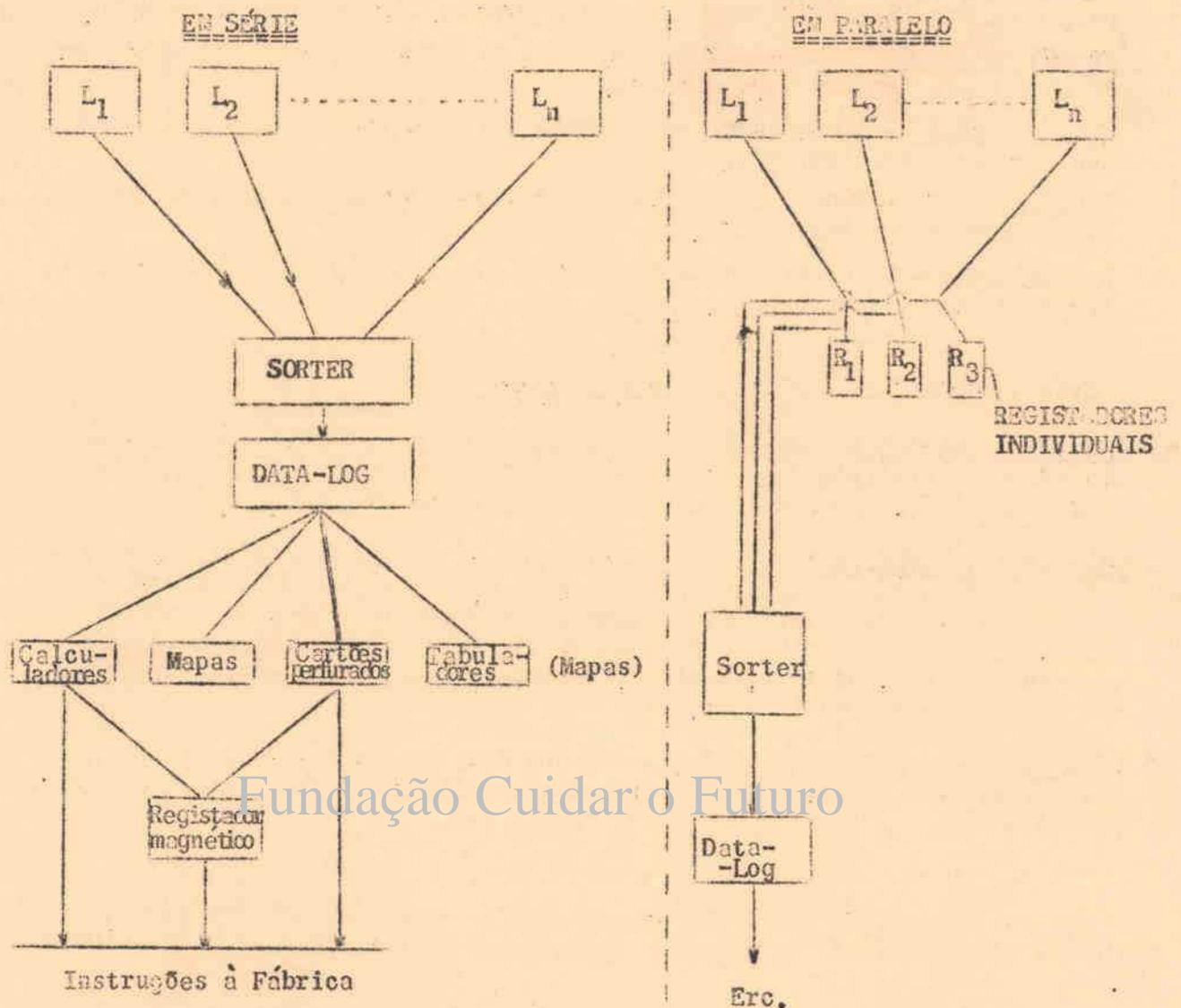
Registadores em fita magnética - São instalados em conjugação com a aparelhagem atrás referida e registam totais e outras informações que se desejam manter para futuras manipulações.

A passagem dos elementos pelo "data-log" não é forçosa podendo ligar-se os aparelhos da leitura a equipamento de registo adequado. A solução da fita magnética tem porém o elevado mérito de ficar, para sempre, um registo completo de tudo o que aconteceu na fábrica.

Podem ainda estas fitas registar as informações em paralelo, isto é, a instrumentação fornece simultaneamente impulsos a aparelhagem de registo e ao "data-log". Esta solução tem a vantagem de permitir analisar independentemente processos elementares que variam rapidamente no tempo. Assim, com uma capacidade de 400 leituras por segundo é possível registar 4 variáveis ao ritmo de 100 leituras por segundo, o que é mais do que suficiente para estudar qualquer processo mesmo se se tratar de uma explosão.

O registo a partir de "data-log" faz-se num ritmo mais lento que é limitado pela velocidade da máquina de escrever, calculadora ou outra, e pelo número dessas máquinas que simultaneamente estão ligadas.

- c) Contabilidade estatística - Disposto de uma máquina de calcular capaz de interpretar cartões perfurados ou fitas magnéticas, é possível fazer toda a contabilidade da fábrica a partir desta instrumentação. Este ponto é muito importante porque se funde, pela primeira vez, as funções de gestão técnica, contabilista e económica numa operação única e mostra duma maneira clara como os problemas estão interligados.
- d) Máquina de calcular acoplada - Faremos uma breve referência à possibilidade de, acoplado uma máquina de calcular com uma memória suficientemente desenvolvida, digerir as informações recebidas, calcular os novos parâmetros de funcionamento da fábrica e a própria máquina de calcular fornecer os impulsos (ordens) aos aparelhos de comando. Assim regularmente, todos os cinco minutos, por exemplo, seriam emanadas ordens do calculador modificando a regulação. Este é o processo pelo qual se antevê a possibilidade de arrancar e parar as fábricas automaticamente; para este efeito o calculador teria um programa de arranque, de funcionamento e de paragem.



2 - Dados que constituem sinais electrónicos

Os instrumentos fornecem impulsos eléctricos que podem servir para efectuar a regulação e comando da aparelhagem.

- a) Funcção encravamento - Um certo número de aparelhos de medida tem a função de fornecer apenas a informação de ser ou não ser determinada medida maior ou menor do que determinado valor. A resposta é apenas uma alternativa (binária) e a função que delas dimana é uma função do tipo "step-function". Estes sistemas não regulam, isto é, não têm uma curva de regulação e são por isso os mais simples. Nem por isso deixa a sua função de ser das mais importantes em todos os problemas de segurança.
- b) Funcção de regulação - Neste caso o instrumento tem uma curva de regulação. O sinal é, em geral, contínuo, embora de intensidade ou frequência variável.
- c) Elementos lógicos - Qualquer que seja o tipo de função nem sempre se pode alimentar o sinal directamente ao comando ou servo-comando; é necessário interpor elementos lógicos que realizam operações deste tipo:

Função disjunção - Basta que qualquer dos instrumentos forneça um impulso para que, por intermédio deste elemento lógico, seja actuado o comando.

Função conjunção - É necessário que todos os aparelhos forneçam um impulso para que o comando seja actuado.

Função negação - É necessário que nenhum aparelho forneça um impulso para que o comando seja actuado.

Função memória - Transporta no tempo o impulso até que venha uma ordem para "esquecer" a informação.

Temporizador - Caso particular de memória que "esquece" a informação ao fim de um tempo determinado.

Esta matéria é do domínio da lógica simbólica.

- d) Cérebro electrónico - Desenvolvendo imenso a alinea c) caímos no domínio dos cérebros electrónicos digitais cuja descrição está fora do domínio desta exposição, e que podem actuar como se indica em l d).
- e) Dispositivos electrónicos de analogia - Quando se pretende fornecer um impulso contínuo aos comandos e não por saltos, as funções de regulação directamente ou através de elementos lógicos alimentam os órgãos de comando. Porém, tanto os dispositivos b) como c) não permitem operações complexas como multiplicar, dividir, derivar, integrar, etc. Nestes casos interpõem-se os dispositivos do tipo e).
- f) Cérebros electrónicos de analogia - Assim como os dispositivos d) são um desenvolvimento de c), assim os dispositivos f) são generalizações dos dispositivos e).

Com esta descrição muito sumária do registo e manipulação dos dados, esperamos ter dado uma ideia da numerosa aparelhagem hoje à disposição da automação.

AUTOMAÇÃO APLICADA À INDÚSTRIA MECÂNICA

Faremos apenas uma rápida resenha às aplicações da automação das indústrias metalomecânicas, uma vez que não é esta a principal actividade da C.U.F.

A automação reveste duas formas em metalomecânica:

- Dispositivos de transferência
- Comando de máquinas ferramentas

Dispositivos de transferência

Quando a uma operação mecânica numa determinada máquina se sucede uma outra numa máquina diferente, é necessário transferir a peça de uma para a outra máquina.

Esta operação era tradicionalmente feita à mão.

A mecanização desta operação começou por alimentadores de peças. Os alimentadores eram, em geral, mecânicos e, embora engenhosos, não tinham grande complexidade.

A segunda fase foi a cadeia. Uma série de máquinas dispostas em série com elementos de transporte mecânicos intermediários. Ao operário cabia a função de ajustar a peça em cada máquina e, eventualmente, retirá-la da máquina depois de acabada a operação.

A terceira fase consistiu em empregar os dpositivos de transferência (transfer machines) que não só transportem a peça de uma máquina para a seguinte, como a ajustam na máquina.

Por este meio um conjunto de operações discretas fica integrado e constitui uma unidade complexa.

Comando de máquinas ferramentas

O avanço da ferramenta de corte da máquina operadora, no sistema clássico, é entregue ao homem que procede às seguintes operações:

- Afina a máquina para realizar uma determinada operação
- Assiste à operação realizada pela máquina
- Com instrumentos apropriados mede o trabalho feito
- Em face das leituras corrige a posição da máquina

Estas 4 operações tipo são repetidas tantas vezes quanto forem necessárias, até atingir por aproximações sucessivas a dimensão desejada.

Uma vez terminada uma operação, o operador passa à seguinte, seguindo a mesma rotina. De operação em operação vai realizando o programa imposto até ao fim.

A descrição feita pode sofrer alternativas, como seja: o programa é feito até final e só então é verificada a peça. A peça sofre três destinos:

- ou está dentro das tolerâncias e é aceite
- ou está fora e neste caso duas hipóteses se podem dar:

ou pode ser reprocessada
ou está inutilizada

Resumindo, ao operador cabem duas funções fundamentais:

- realizar um programa
- controlar o trabalho

São exactamente estas duas funções que podem ser executadas por meio de automação.

Servo-comandos - O primeiro trabalho consiste em prover as máquinas de servo-mecanismos que podem ser eléctricos, hidráulicos ou pneumáticos. Por meio destes servo-mecanismos é possível comandar a máquina fornecendo-lhes "impulsos" provenientes de um centro de comando.

Centro de comando.- O centro de comando tem por função fornecer os "impulsos" a partir de duas fontes de informação:

- os instrumentos de leitura
- programa imposto

Instrumentos de leitura - Vários dispositivos de leitura medem o trabalho à medida que ele é realizado; essas leituras são comparadas com um valor de base e os desvios são destinados a corrigir a ferramenta. É evidente que também podem ser utilizados para verificar peças concluídas.

Programa - O programa é fornecido à máquina por meios de córceas, cartões perfurados ou fitas de papel ou magnéticas. As operações sucedem-se segundo o programa até final, para voltarem a repetir-se sucessivamente.

A similitude com os processos de automação da indústria química é flagrante.

A principal diferença está na maior importância do programa, na indústria mecânica. Assim inúmeros dispositivos de automação se limitam ao programa e não dispõem de qualquer dispositivo de leitura. Nestes casos a leitura faz-se manualmente depois da peça terminar o seu ciclo de operações para ser regeitada ou aproveitada, ou então faz-se em dispositivo automático mas sempre depois do ciclo terminado.

Uma automação só com programa exige a presença do operador para afinar a máquina de tempos a tempos, uma vez que a máquina não aprecia o resultado do seu trabalho porque não tem meios de leitura.

Exemplo de automação mecânica

Pretende-se executar uma came. É um problema a duas dimensões. Há que escolher uma máquina que disponha pelo menos de 2 servo-comandos actuando num plano. Há ainda que prover de dois instrumentos de leitura que meçam o trabalho realizado à medida que ele se efectua.

Admitamos ainda que a came não está desenhada e só se possuem as características fundamentais.

1º. Por meio de um computador determina-se a forma da came satisfazendo às condições impostas. O computador realiza assim o "desenho" da came. As informações apresentam-se sob a forma de coordenadas calculadas, por exemplo, para todos os décimos ou centésimos de segundo (angular) de came. O computador forneceu esses elementos sob a forma de cartões perfurados, fita de papel perfurado ou fita magnética, conforme o tipo de dispositivo de interpretação do comando da máquina operadora. Outra solução seria desenhar a came e fazer uma córcea. Ao conjunto de cartões, fitas magnéticas, de papel ou córceas, chama-se o programa.

2º. O programa é posto na máquina. Esta inicia o trabalho comparando o resultado da leitura do trabalho feito com o programa imposto e corrige os desvios automaticamente.

3ª. Terminado o programa, duas hipóteses são de considerar:

ou se previram dispositivos de alimentação, rejeição ou de transferência, então, no final do programa, foi dada mais uma instrução para fazer actuar esses dispositivos.

ou não existem esses dispositivos e no programa foi dada a instrução de parar a máquina no fim do ciclo.

Disponibilidades no mercado de meios para realizar as formas diversas de automação mecânica

Da exposição feita se vê claramente que enquanto os dispositivos de comando electrónico e instrumentação podem ser concebidos e realizados duma forma praticamente independente da máquina operadora, já os servo-comandos que actuam sobre os comandos da máquina têm de ser feitos especialmente para cada tipo de máquina operadora.

Este segundo problema está hoje resolvido para as máquinas fabricadas pelas firmas mais importantes e existem no mercado jogos de servo-comandos de dimensões reduzidas, fabricados por especialistas ou pelos próprios fabricantes e que se aplicam às máquinas existentes sem dificuldade alguma.

Quanto às máquinas fabricadas, hoje em dia, é dada a opção ao comprador, de trazerem os dispositivos de comando apropriados, mediante um sobrepreço.

Assim no mercado americano pode hoje adquirir-se :

- os jogos de servo-comandos para instalar na máquina operadora
- consolas de comando (hidráulicas, eléctricas, etc.)
- dispositivos de preparação de programas (desde o computador electrónico até às simples perfuradoras manuais)
- instrumentos de medida para todas as finalidades

Preparação do trabalho

Em oficinas não automatizadas, o "programa" é fornecido ao operador por meio de dois elementos: o desenho e a preparação do trabalho. Nas oficinas automatizadas, a sala de preparação de trabalho fornece ao operador um pacote de fichas perfuradas ou uma fita de papel, magnética ou cêrcea.

Por esta forma desapareceu uma série de interventores cada um a interpretar as instruções recebidas e a cometer os erros inerentes.

O "programa" uma vez experimentado está sempre em condições de ser reproduzido de novo e os resultados atingidos são sempre os mesmos e não há que treinar operadores, criar incentivos de trabalho, etc.

Os programas são devidamente aprovados para serem usados quando necessários.

As pequenas séries

O conceito de programa permite resolver o problema das pequenas séries repetidas muitas vezes por ano.

Na verdade o operador não está especializado em determinada peça mas sim no uso de determinada máquina com dispositivos automáticos. A sua especialização é independente da peça fabricada.

Por outro lado o programa tem determinado preço que é dividido pelo número total de peças a fabricar quer o sejam em muitas pequenas séries, quer numa única grande série.

Conjugando estas duas características chegamos à resolução do problema das pequenas séries, com as vantagens de reduzir o stock de peças de reserva para o cliente que pode assim passar pequenas encomendas à medida das suas necessidades.

O programa passa a ocupar em relação às oficinas de mecânica o que o molde é para as fundições. Pode até encarar-se a possibilidade de cliente comprar o programa que seria sua propriedade.

ENQUADRAMENTO ECONÓMICO-SOCIAL DA AUTOMAÇÃO

Quais as repercussões económicas e sociais da automação?

Começemos por apresentar o quadro da distribuição da energia pelos 3 principais contribuidores: o homem, o animal, a máquina.

<u>Ano</u>	<u>Homem</u>	<u>Animal</u>	<u>Máquina</u>	
1.600	18%	82%	0%	
1.700	16%	81%	3%	
1.800	14%	80%	6%	
1.900	11%	52%	37%	1ª. fase da industrialização
1.910	9%	42%	49%	
1.920	7%	31%	62%	
1.930	5%	14%	81%	Fim da primeira fase
1.940	5%	11%	84%	
1.950	5%	6%	89%	2ª. fase (automation) (previsão)
1.960	4%	3%	93%	

Fundação Cuidar o Futuro

Se multiplicarmos estas percentagens pelos valores absolutos da energia total à disposição do homem nas diferentes épocas o que variou entre 5 a 15 vezes de 1.800 até hoje, verifica-se que a industrialização veio principalmente substituir o animal e não o homem.

Só assim se compreende que o número de trabalhadores em todo o mundo tenha aumentado nos últimos 200 anos duma forma impressionante.

Em que foi transformada toda a energia que o homem moderno dispõe a mais? Fundamentalmente é bem estar material. O standard de vida melhorou consideravelmente.

A industrialização tem por principal características uma melhoria material da vida do homem.

O risco não está portanto numa redução do bem estar material mas antes na redução do nível espiritual do homem, se este não souber dedicar-se com igual afinho ao desenvolvimento das coisas do espírito, polarizado como está em acrescentar o seu património material.

A automação é pois um capítulo da industrialização do que só há que esperar mais um incremento do nível de vida.

Com efeito, a automação não reduz o número total de trabalhadores, porque as poucas funções eliminadas na fábrica são substituídas por outras criadas nas fábricas de aparelhagem electrónica e outras, usada na automação.

Evidentemente que, durante um certo período, há que fazer a transferência da mão de obra de umas funções para outras o que implica um árduo trabalho de ensino e aprendizagem. Aliás este trabalho é facilitado pelo natural desaparecimento das gerações mais velhas e pela entrada em produção das novas gerações de trabalhadores.

Em que vai ser investido o sêllo de benefícios dimanantes da automação? Fundamentalmente no aumento do standard de vida, se a repartição desses benefícios for feita com equidade. Aliás, a natureza da automação, essencialmente ocupada a produzir muito, implica a necessidade de criar um grande mercado consumidor que só é realizável tornando possível que um grande número de indivíduos fique em condições de adquirir os produtos das fábricas automatizadas.

Outro aspecto, não menos interessante, está na redução contínua dos trabalhos físicos e até mentais repetitivos. Estes últimos seriam realizados pelos cérebros electrónicos.

Fica assim destinado ao homem quase exclusivamente o **trabalho original** ou aquele em que há que tomar decisões não previstas. Assim, todo o trabalho ou ocupação rotineira e mecânica que psicológicamente é tão deprimente e que constituía um dos grandes males da primeira fase da industrialização poderá ser suprimido e assim voltará a esperança de ver o homem a ocupar-se em actividades mais humanas e onde o **senho pessoal** fique mais evidente, do que a função de complemento de um sistema de máquinas.

Fundação Cuidar o Futuro

António Portela