

GRAFCET

Diagrama Funcional Para Automatismos e Sequências

O GRAFCET - Diagrama Funcional dos Automatismos Sequenciais	3
AUTOMATISMOS E CADERNO DE ENCARGOS	5
1.1 Parte Operativa – Parte Comando	5
1.2 Introdução ao caderno de encargos da parte comando	6
1.2.1 Nível 1 – Especificações funcionais	7
1.2.2 Nível 2 – Especificações tecnológicas	7
1.3 Necessidade de um instrumento de representação	8
O GRAFCET	9
2.1 Exemplo introdutório: Prensa de compressão de matéria pulverulenta	9
2.1.1 Separação Parte Operativa – Parte Comando	9
2.1.2 Funcionamento geral do sistema	10
2.1.3 Estudo da parte de comando	11
2.1.4 Passagem ao nível 2	13
2.2 Os elementos do GRAFCET	15
2.2.1 Etapas	15
2.2.2 Transições	16
2.2.3 Ligações orientadas	17
2.3 Regras de evolução	18
2.4 Representação de sequências múltiplas	19
2.4.1 As agulhagens : Escolha condicional entre várias sequências	19
2.4.2 Sequências simultâneas	23

O GRAFCET - Diagrama Funcional dos Automatismos Sequenciais

Nos últimos anos, apareceram numerosos métodos de descrição do caderno de encargos de um sistema lógico. Uns, estabelecidos por investigadores (Rede de Petri, etc.), apoiam-se em importantes trabalhos teóricos. Outros, criados por industriais, insistem predominantemente na execução (diagrama de Girard, organigramas, norma DIN 40719, etc.).

O espírito destas diferentes tentativas afigura-se o mesmo: permitir o estudo de um automatismo de modo rigoroso e fácil de aplicar na indústria, o que não é o caso de bom número de estudos teóricos. Com efeito, estes não têm suficientemente em conta as características dos automatismos industriais, nomeadamente o facto de que utilizam um grande número de variáveis de entrada, das quais, poucas são significativas num dado instante.

A AFCET (Associação Francesa para a Cibernética Económica e Técnica), por intermédio do grupo de trabalho "Sistemas lógicos", empreendeu desde 1975 uma importante reflexão sobre o modo de unificar a representação do caderno de encargos de um automatismo lógico.

Uma comissão ad-hoc, agrupando, de um modo equilibrado, industriais e investigadores, estudou os diferentes modelos apresentados e, no seu relatório final apresentado em 1977*, propôs um método de descrição do caderno de encargos dos automatismos lógicos: O GRAFCET "Grafo de Comando Etapa-Transição".

Este método é um DIAGRAMA FUNCIONAL, isto é, uma representação gráfica, logo concisa e de fácil leitura, que permite descrever as funções realizadas pelo automatismo.

Para distingui-lo dos outros diagramas funcionais muito correntemente utilizados na indústria mas não beneficiando de um tal suporte teórico nem de um tal consenso, era necessário dar-lhe um nome próprio.

O nome de GRAFCET foi escolhido, lembrando assim a sua origem e colocando bem em evidência a sua originalidade.

O acolhimento favorável desde já manifestado pela indústria e pelo ensino mostraram que esta iniciativa foi judiciosa.

A ADEPA (Agência para o Desenvolvimento da Produção Automatizada, em França), cuja missão é promover a automatização no seio das pequenas e médias empresas, assumiu como objectivo, sem introduzir alterações de fundo, dar ao GRAFCET uma forma susceptível de conduzir a normas francesas e internacionais. Isso conduziu à mudança do grafismo proposto pela AFCET para respeitar os usos gerais de normalização. O grafismo original mantém-se válido, bem entendido.

Uma proposta foi já feita à CEI (Comissão Electrotécnica Internacional) , onde está em curso uma discussão donde se espera surja uma normalização mais racional que as propostas estrangeiras não deixavam entrever.

Por outro lado, a ADEPA, empenha-se em difundir o GRAFCET, em explicá-lo e em convencer todos os potenciais utilizadores do interesse que há em dar uma representação clara e sem ambiguidades, do funcionamento dos seus automatismos.

I

AUTOMATISMOS E CADERNO DE ENCARGOS

Antes de descrever o GRAFCET, as suas regras de funcionamento e as suas possibilidades de utilização, é necessário introduzir uma metodologia na concepção dos sistemas automatizados.

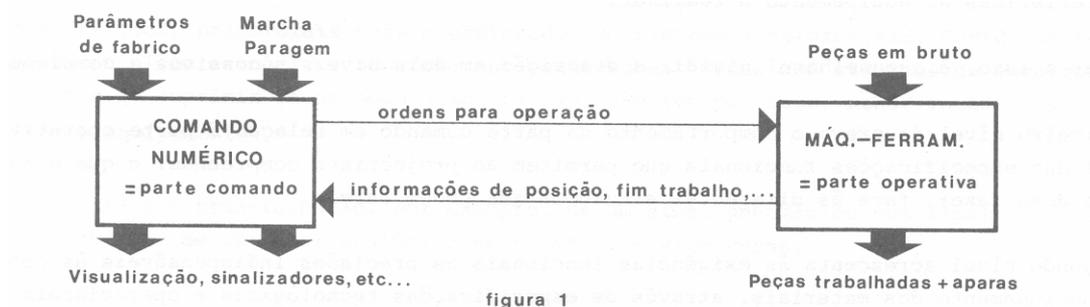
Esta assenta em três princípios fundamentais:

- Desde a concepção, o sistema a construir deve ser decomposto numa parte operativa e numa parte de comando. Esta estrutura permite um diálogo proveitoso entre o futuro utilizador do sistema e o técnico de automatismos, responsável pela parte de comando.
- Importa dar uma descrição precisa do funcionamento da parte comando, por uma aproximação progressiva das funções a realizar, até à sua materialização.
- A linguagem corrente presta-se mal a essa descrição. Dai, a necessidade de adoptar uma linguagem específica: o GRAFCET.

1.1 Parte Operativa – Parte Comando

De uma maneira geral, um sistema automatizado, pode decompor-se em duas partes cooperantes: uma é dita parte operativa (ou parte de potência) e outra parte comando (ou autómato).

Por exemplo, numa máquina-ferramenta de comando numérico, a parte operativa é a máquina-ferramenta propriamente dita e a parte comando o equipamento de comando numérico.



De igual modo, num ascensor, o conjunto electromecânico (cabina, motor, portas) constitui a parte operativa, os botões de chamada, a lógica e os armários de aparelhagem constituem a parte comando.

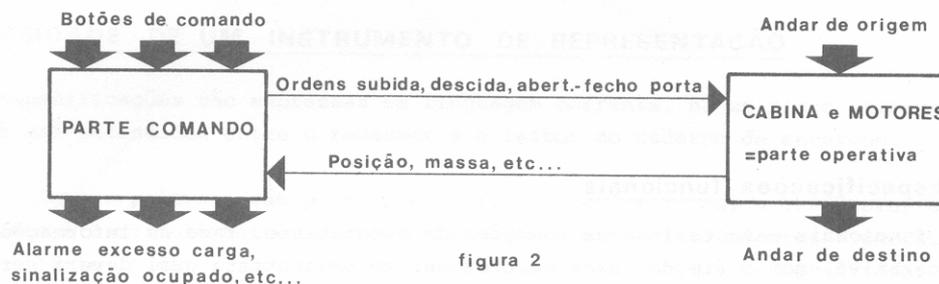


figura 2

A parte operativa efectua operações (transformação de peças brutas em peças trabalhadas, translação da cabina do andar de partida ao andar de chegada), desde que a ordem lhe seja dada pela parte comando.

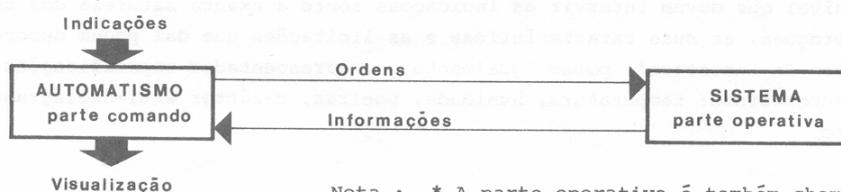
Graças às informações (posição, etc.) dadas pela parte operativa, a parte comando é mantida informada do estado de avanço das operações.

Para além deste diálogo por ordens e informações com a parte operativa, a parte comando troca informações com o exterior do sistema (condutor, utilizador, vigilante,...) de onde recebe indicações e a quem fornece sinalizações acústicas e/ou luminosas.

Numa máquina-ferramenta de comando numérico, a parte comando recebe os parâmetros de fabrico, os sinais de marcha e paragem, etc., acende sinalizadores luminosos, acciona os avisadores sonoros de alarme,... Num ascensor, é graças aos botões e à vontade dos utilizadores que a parte comando recebe estas informações, visualiza, num sinóptico, o andar onde se encontra a cabina, o sentido do seu deslocamento, acciona o sinalizador luminoso de excesso de carga, etc.

Resumindo:

A parte operativa é o sistema físico a automatizar. A parte comando é um automatismo que elabora a saída das ordens destinadas ao sistema e os sinais visuais em função das informações enviadas pela parte operativa e das indicações que recebe à entrada. Limitar-nos-emos aqui aos automatismos lógicos para os quais as informações tratadas apresentam um carácter "tudo ou nada". O caderno de Encargos de um automatismo é a descrição do seu comportamento em função da evolução do seu meio ambiente, isto é, não somente das suas entradas, mas também das suas condições gerais de utilização.



Nota : * A parte operativa é também chamada parte potência.

** A parte comando é também chamada autómato.

1.2 Introdução ao caderno de encargos da parte comando

O técnico de automatismos encarregado da concepção e da realização da parte comando deve procurar no caderno de encargos uma descrição clara, precisa, sem ambiguidades nem omissões, do papel e das características do equipamento a realizar.

Para chegar a isso, é aconselhável dividir a descrição em dois níveis sucessivos e complementares:

- O primeiro nível descreve o comportamento da parte comando em relação à parte operativa: é o papel das especificações funcionais que permitem ao projectista compreender o que o automatismo deve fazer, face às diferentes situações que podem surgir.
- O segundo nível acrescenta às exigências funcionais as precisões indispensáveis às condições de funcionamento dos materiais, através de especificações tecnológicas e operacionais.

Seriando os problemas, dum lado os funcionais, do outro os tecnológicos, este método evita ao leitor sentir-se submerso, de repente, sob uma multidão de detalhes mais prejudiciais que úteis.

1.2.1 Nível 1 – Especificações funcionais

As especificações funcionais caracterizam as reacções do automatismo, face às informações providas da parte operativa, com o fim de fazer compreender ao projectista qual deverá ser o papel da parte comando, a construir. Devem portanto, definir, de um modo claro e preciso, as diferentes funções, informações e comandos implicados na automatização da parte operativa, sem considerar de modo algum as tecnologias.

Consequentemente, nem a natureza nem as características dos diferentes captadores ou accionadores utilizados têm lugar nas especificações. Pouco importa, a esse nível, que se efectue um deslocamento, por intermédio de um cilindro hidráulico ou pneumático, ou ainda de um motor eléctrico.

O que importa saber é, em que circunstâncias o deslocamento se deve efectuar.

Pelo contrário, importa que as seguranças de funcionamento previstas, sejam incorporadas nas especificações funcionais, na medida em que não dependem directamente da tecnologia dos captadores ou accionadores.

1.2.2 Nível 2 – Especificações tecnológicas

As especificações tecnológicas precisam o modo como um automatismo deverá inserir-se fisicamente no conjunto que constitua o sistema automatizado e no meio que o rodeia. Estas são as precisões a fazer, em complemento das especificações funcionais, para que se possa projectar um automatismo que comande realmente a parte operativa.

É somente a este nível que devem intervir as indicações sobre a exacta natureza dos captadores e accionadores empregues, as suas características e as limitações que daí podem decorrer. A estas especificações de interface*, podem igualmente ser acrescentadas especificações sobre o meio ambiente do automatismo: temperatura, humidade, poeiras, carácter anti-deflagrante, tensões de alimentação, etc.

Especificações funcionais

As especificações operacionais têm relação com o acompanhamento do funcionamento do automatismo no decurso da sua existência. Trata-se aqui das considerações respeitantes ao equipamento, uma vez realizado e posto em exploração:

fiabilidade, ausência de avarias perigosas, disponibilidade, possibilidades de modificação do equipamento em função de transformações na parte operativa, facilidade de manutenção, diálogo homem-máquina, etc.

Estas considerações, primordiais para o explorador do sistema a automatizar, devido às repercussões que têm no plano económico, são frequentemente subestimadas nos cadernos de encargos. Por vezes difíceis de exprimir de um modo quantitativo, não têm por isso, menor incidência no modo de realizar o equipamento.

Nota: * Interface - transformação, por exemplo, de um sinal pneumático num sinal eléctrico, de um valor analógico em numérico e vice-versa.

1.3 Necessidade de um instrumento de representação

Quando as especificações são expressas em linguagem corrente, há um risco permanente de incompreensão ou de mal-entendidos entre o redactor e o leitor do caderno de encargos.

Com efeito, algumas palavras são pouco precisas, mal definidas ou, o que é pior ainda, têm vários sentidos. Isto é particularmente verdade para os termos de gíria técnica: perfeitamente definidos num certo contexto, poderiam ser para um não-iniciado, ou totalmente herméticos, o que seria um mal menor, ou interpretados num sentido contrário, o que seria catastrófico.

A linguagem corrente revela-se, além disso, bastante mal adaptada à descrição precisa de sistemas sequenciais, particularmente quando comportam escolhas entre diversas evoluções possíveis ou sequências que se desenvolvem simultaneamente. É por isso que é útil dispor de um método de representação do caderno de encargos que seja normalizado, desprovido de ambiguidades e entretanto, fácil de compreender e utilizar.

o GRAFCET, descrito no capítulo seguinte, propõe-se responder a tais exigências.

II

O GRAFCET

O GRAFCET é um método de descrição do caderno de encargos da parte comando dum sistema automatizado, utilizável tanto no nível 1 como no nível 2.

O funcionamento do automatismo pode ser representado graficamente por um conjunto:

- DE ETAPAS, às quais estão associadas **ACÇÕES**
 - DE **TRANSIÇÕES**, às quais estão associadas **RECEPTIVIDADES**
 - DE **LIGAÇÕES ORIENTADAS**, Ligando as etapas às transições e as transições às etapas

Antes de introduzir estes conceitos e a sua representação iremos mostrar a sua importância, assim como o significado, a partir de um exemplo simplificado.

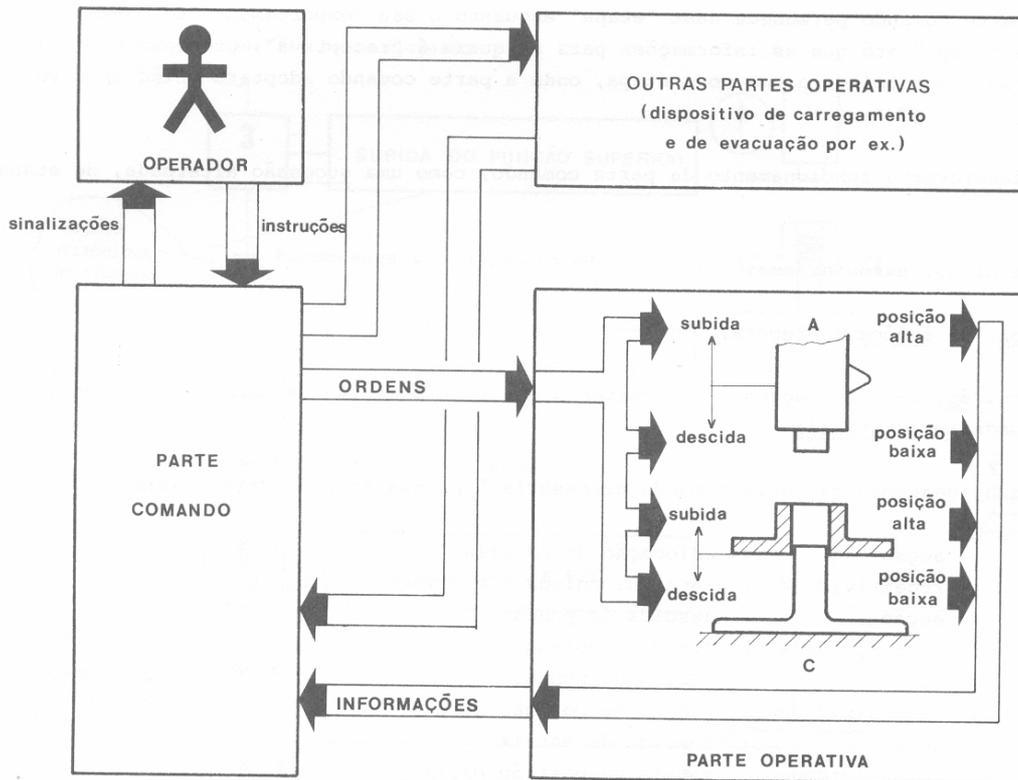
2.1 Exemplo introdutório: Prensa de compressão de matéria pulverulenta

Propomo-nos estudar a automatização de urna prensa destinada ao fabrico de peças, a partir de matéria pulverulenta comprimida.

2.1.1 Separação Parte Operativa – Parte Comando

A parte operativa, representada muito esquematicamente na figura abaixo, compõe-se :

- de um punção inferior fixo C
- de um punção superior A e de urna matriz B, móveis
- de um subconjunto de colocação de material
- de um subconjunto de evacuação da peça comprimida



2.1.2 Funcionamento geral do sistema

O ciclo de trabalho é o seguinte:

- a matriz está na posição alta do seu curso e o punção inferior que nela fica enfiada, delimita na sua parte inferior num espaço suficiente para receber a matéria a comprimir. O punção superior está então na sua posição mais alta o que desobstrui a parte superior da matriz e permite a introdução da matéria.
- Quando a matéria pulverulenta está colocada, o punção superior desce, comprime a matéria ao penetrar na matriz e depois sobe para a posição alta.
- A matriz desce então até que o punção inferior aflore, o que liberta a peça que acaba de ser comprimida. Essa peça pode seguidamente ser retirada.
- Finalmente, a matriz retoma o seu lugar e um novo ciclo pode então começar.

Estas acções não poderão ser obtidas senão quando a parte comando emite ordens convenientes no momento requerido.

Os momentos requeridos serão determinados a partir dos dados ou informações provenientes da parte operativa.

2.1.3 Estudo da parte de comando

Consideremos a prensa parada, à espera de um novo carregamento de material. A matriz e o punção estão imóveis e a descida desta última não será comandada pelo automático senão depois da recepção de informação "material carregado". Entretanto, essa mesma informação, se for renovada por erro durante a subida do punção, não terá qualquer efeito sobre o comportamento da parte comando. Diremos que o automático era "receptivo" no primeiro caso, para a informação "material carregado" e que não o era no segundo caso.

Diremos que a parte comando permanece numa "etapa" enquanto o seu comportamento se mantém constante. Permanece nessa "etapa" até que as informações para as quais é "receptiva", provocam a passagem de uma "transição", conduzindo a uma nova etapa, onde a parte comando adoptará então um novo comportamento.

Podemos agora descrever o funcionamento da parte comando, como uma sucessão alternada, de etapas e transições.

Em consequência disso, associaremos:

- a cada etapa, as acções a efectuar
- a cada transição, as informações que permitem a sua transposição, na forma de uma condição lógica chamada receptividade.

Desse modo, o funcionamento da parte comando necessária à prensa será descrita assim:

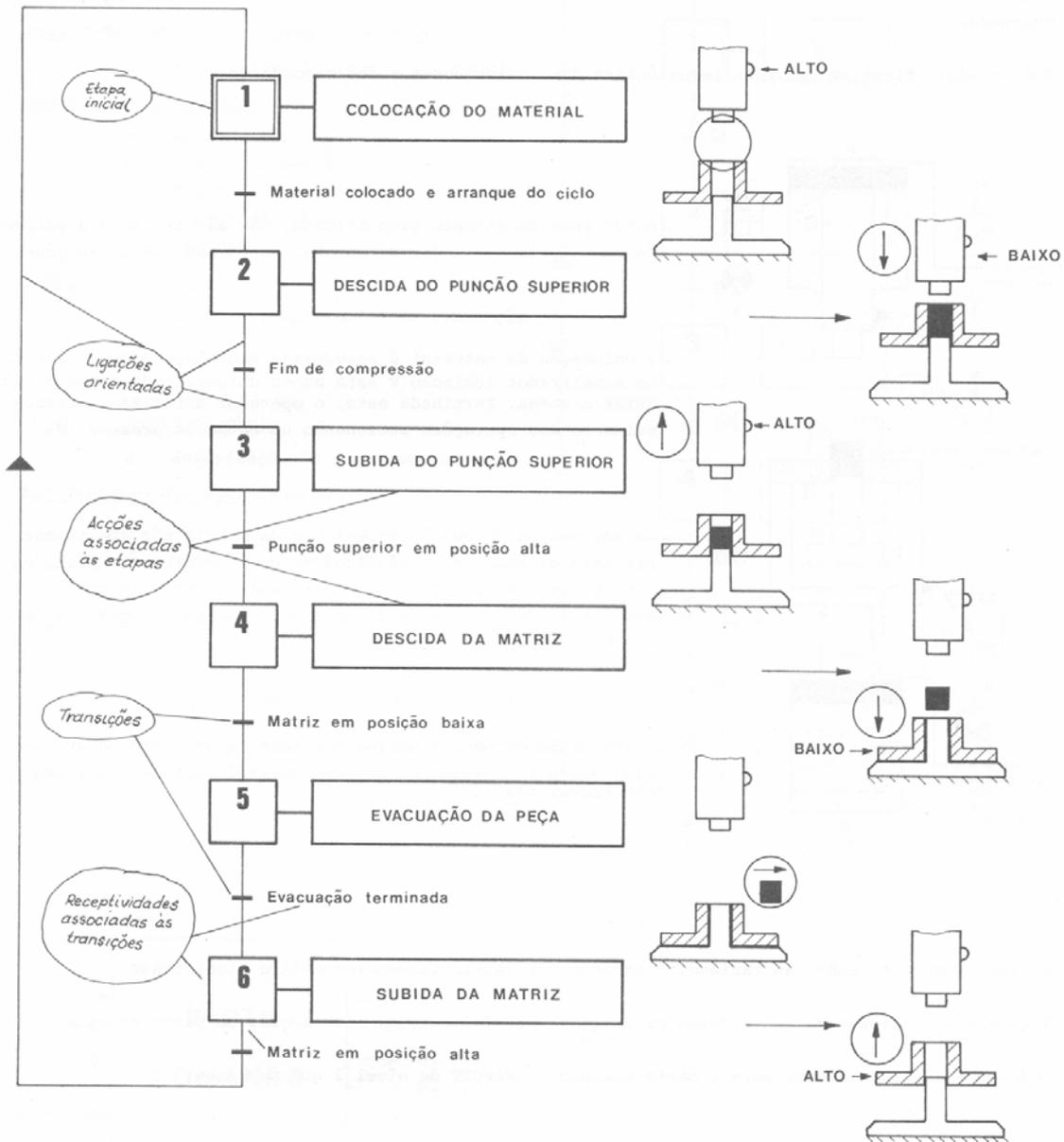
Etapa 1	: acção	: colocação do material
Transição 1 – 2	: receptividade	: material colocado e arranque do ciclo
Etapa 2	: acção	: descida do punção
Transição 2-3	: receptividade	: fim da compressão
Etapa 3	: acção	: subida do punção
Transição 3-4	: receptividade	: punção na posição alta
Etapa 4	: acção	: descida da matriz
Transição 4 - 5	: receptividade	: matriz na posição baixa
Etapa 5	: acção	: evacuação da peça comprimida
Transição 5-6	: receptividade	: peça evacuada
Etapa 6	: acção	: subida da matriz
Transição 6-1	: receptividade	: matriz na posição alta

Verifica-se ser mais cómodo representar este funcionamento sobre forma gráfica, donde o GRAFCET da página seguinte, ilustrado para fins de compreensão dos estados correspondentes da parte operativa.

Às acções indicadas, estritamente necessárias ao funcionamento da prensa, poderiam juntar-se outras acções para o mundo exterior, tais como a ligação de sinalizadores luminosos, etc. (por exemplo: "chamada do operador para evacuar a peça" na etapa 5).

Finalmente, note-se que atribuímos um papel particular a uma das etapas: a etapa inicial. A escolha desta etapa é imposta por considerações funcionais, ligadas à parte operativa.

GRAF CET DE NÍVEL 1 DA PRENSA



O GRAFCET mostra que:

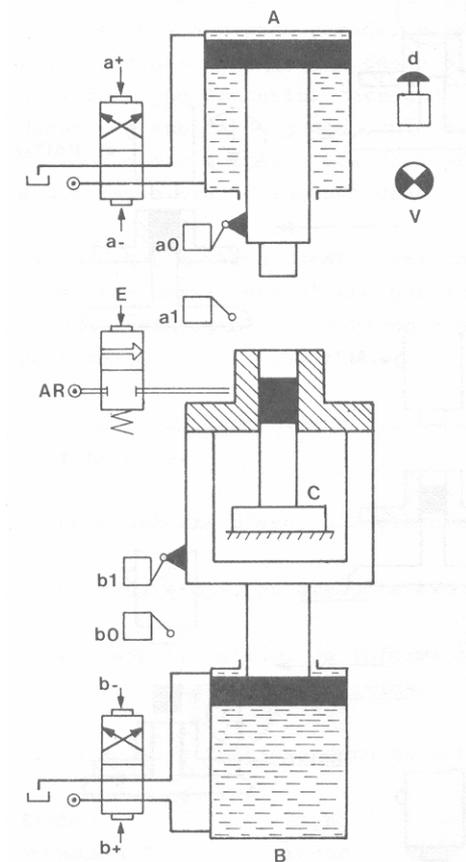
- As ligações da etapa à transição e da transição à etapa - as etapas e as acções que lhe estão associadas
- as transições e as receptividades que lhe estão associadas

Nota: As ligações sem seta estão implicitamente orientadas do alto para baixo.

2.1.4 Passagem ao nível 2

O GRAFCET que acabámos de estabelecer é um GRAFCET de nível 1 (cf. capítulo 1) pois que não toma em consideração senão o aspecto funcional sem qualquer implicação tecnológica. Não sabemos, por exemplo, como dar fisicamente a ordem de descida ao punção, nem como se assegura que a peça é evacuada.

Convém agora fixar as escolhas tecnológicas dos accionadores e dos captadores:



- Sendo este um exemplo simplificado, não são tratados a paragem de emergência, os modos de marcha, assim como as protecções.
- A colocação de material manualmente pelo operador. Um sinalizador luminoso V está aceso durante todo o tempo que durar a carga. Terminada esta, o operador autoriza o prosseguimento das operações accionando um botão de pressão d.
- Os movimentos do punção superior e da matriz são efectuados por meio de êmbolos hidráulicos de duplo efeito. As posições alta e baixa do punção e da matriz são controladas com o auxílio de detectores de fim-de-curso (respectivamente ao e a1' b1 e b0).
- A evacuação da peça é obtida por meio de um jacto de ar, mantido durante um segundo. O jacto de ar é comandado por uma electroválvula E.

A lista seguinte lembra as variáveis introduzidas, assim como o respectivo significado.

É funcional, apresentá-las na forma de um quadro de informações e de acções da parte comando.

Podemos então estabelecer para a parte comando o GRAFCET de nível 2 que se segue.

GRAFSET DE NÍVEL 2 DA PRENSA

ORDENS

Para o meio exterior e para o operador

v : sinalização luminosa “sob tensão”

comando dos accionadores

a+ : descida do punção

a- : subida do punção

b- : descida da matriz

b+ : subida da matriz

E : Evacuação

Ligar temporizadores

LT1 : ligar a temporização de evacuação

Desenvolvimento do ciclo

d : autorização de arranque do ciclo

Fim de curso dos accionadores

a1 : posição baixa do punção

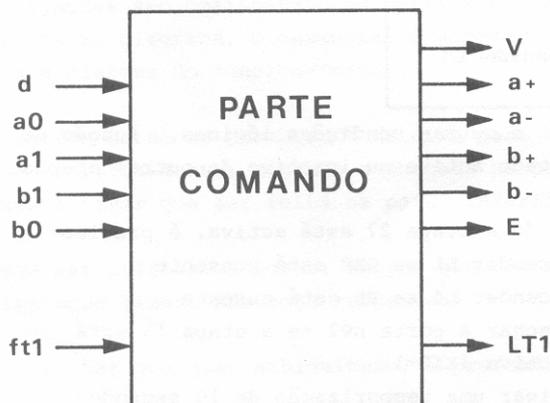
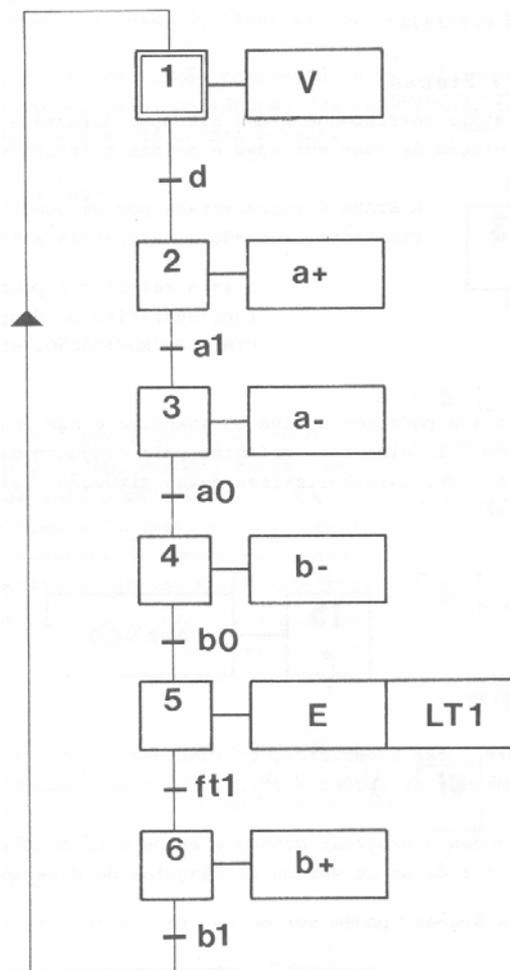
a0 : posição alta do punção

b0 : posição baixa da matriz

b1 : posição alta da matriz

Fim de temporização

ft1 : fim da temporização de evacuação



2.2 Os elementos do GRAFCET

O exemplo simplificado precedente permitiu apresentar de um modo intuitivo os três conceitos fundamentais do GRAFCET. Etapa - transição - ligações orientadas. Iremos agora dar-lhes definições mais precisas.

2.2.1 Etapas

Uma etapa corresponde a uma situação durante a qual o comportamento de todo ou parte do sistema em relação às suas entradas e saídas é invariável.

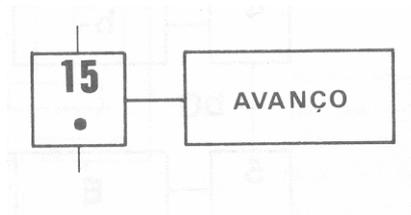
A ETAPA é representada por um quadrado ou um rectângulo referenciado numericamente, estando a referência situada na parte superior.

A esta referência pode ser acrescentado um nome simbólico, representativo da função principal da etapa (ex: ESPERA, FIM, SINCRONIZAÇÃO, etc.).



Uma etapa pode ser activa ou inactiva e num instante determinado, a situação do sistema automatizado é inteiramente definida pelo conjunto das etapas activas. Para cada etapa fixam-se as acções a efectuar, características dessa situação. Estas acções só são efectivas quando a etapa estiver activa.

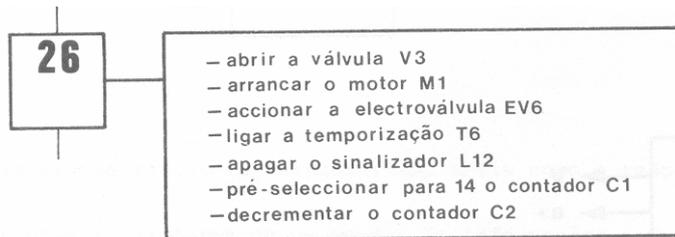
Ex: Torna-se funcional representar as etapas activas, num instante bem determinado, colocando um ponto ou uma outra referência pré-estabelecida na parte inferior dos símbolos correspondentes.



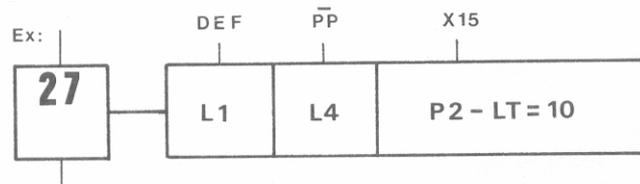
Ao nível das especificações funcionais, não se definiram os accionadores nem os captadores, mas unicamente as acções a efectuar e o seu encadeamento.

As acções a efectuar quando a etapa está activa são descritas, de modo literal ou simbólico, no interior de um ou vários rectângulos de dimensões quaisquer, ligados à etapa e do seu lado direito.

Estas acções podem ser de natureza muito diversa:



Além disso, a execução destas acções pode ser submetida a outras condições lógicas" função de variáveis de entrada, de variáveis auxiliares ou do estado activo ou inactivo de outras etapas.



Quando a etapa 27 está activa, é preciso: acender L1 se DEF está presente
 acender L4 se PP está ausente
 fechar a porta nº2 se a etapa 15 está activa (X15=1)
 ligar uma temporização de 10 segundos, etc.

Nota: representar-se-à por X_i a variável booleana correspondente à etapa.

Ao nível das especificações tecnológicas (nível 2), dever-se-à precisar o modo como as acções são realizadas, tendo em conta o material escolhido para captadores e accionadores.

Tomando em consideração estas novas especificações, pode levar à modificação do GRAFCET de nível 1.

2.2.2 Transições

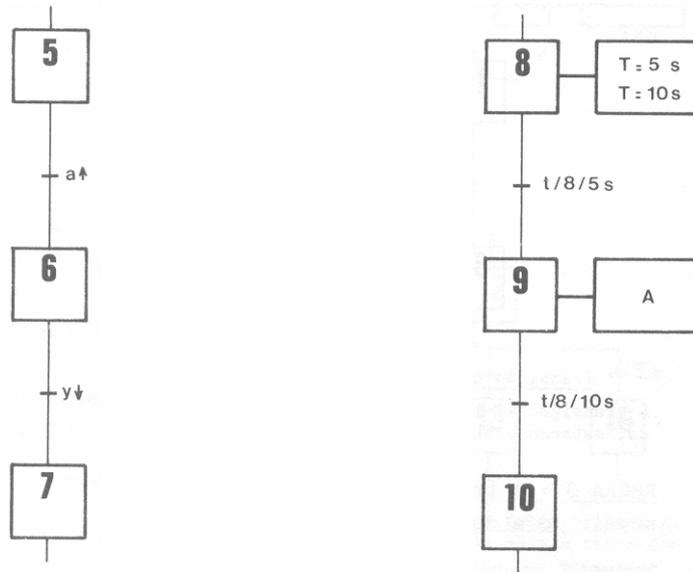
AS TRANSIÇÕES indicam as possibilidades de evolução entre etapas. t associada a cada transição uma condição lógica chamada RECEPTIVIDADE, que permite distinguir, de entre todas as informações disponíveis, apenas aquelas que são susceptíveis, num dado instante, de fazer evoluir a parte comando.

A RECEPTIVIDADE, escrita na forma de proposição lógica, é uma função combinatória de informações exteriores (directivas do operador, estados dos detectores, dos contadores, dos temporizadores, etc.), de variáveis auxiliares ou do estado activo ou inactivo de outras etapas.

Estas receptividades podem exprimir-se sob formas diversas:

Ex.

- posição vertical de um móvel
- fim de curso de porta aberta, accionado
- temperatura > 300°C
- valor do contador C 10 > valor especificado - apoiou-se 3 vezes no botão-M, etc.



As receptividades podem também fazer intervir mudanças de estado de variáveis.

A notação $a+$ representa o aspecto "ascendente" da variável a (passagem do estado lógico "0" ao estado lógico "1") e a notação $y+$ representa o aspecto "descendente" da variável y (passagem do estado lógico "1" ao estado lógico "0").

Para fazer intervir o tempo numa receptividade, basta indicar após a referência t , a sua origem e duração; a origem será o instante do começo da última activação de uma etapa anterior.

Ex: a notação $t/8/10s$ significa 10 segundos decorridos após a última activação da etapa 8.

Quando uma etapa se encontra na origem de um tempo, pode ser útil indicá-la como uma acção associada a essa etapa.

Nota: Uma receptividade sempre verdadeira é escrita $= 1$.

2.2.3 Ligações orientadas

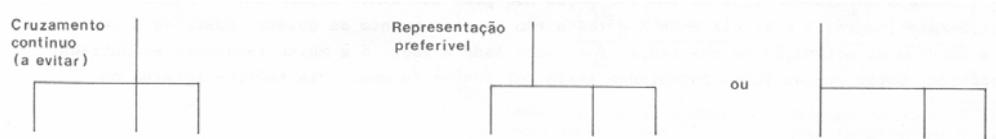
As ligações indicam as vias de mudança de estado do GRAFCET.

As ligações são horizontais ou verticais, salvo em casos em que os traços oblíquos tragam clareza ao diagrama. O essencial é adoptar uma representação que contribua o mais possível para a clareza do funcionamento.

O sentido geral do percurso é de cima para baixo. A chegada e a partida numa etapa são representadas verticalmente, estando a chegada na parte superior. Se, em casos muito particulares, a chegada tiver que ser feita na parte inferior, será obrigatória a inclusão de uma seta.

Devem ser utilizadas setas, sempre que uma melhor compreensão possa daí resultar e sempre que a orientação fixada não seja respeitada.

Para evitar qualquer ambiguidade, é preferível evitar os cruzamentos contínuos ou linhas de ligação.



2.3 Regras de evolução

Devido o carácter activo ou inactivo de cada uma das etapas evoluir, os três conceitos precedentes não podem chegar para definir um GRAFCET. É além disso necessário fixar um conjunto de regras de evolução.

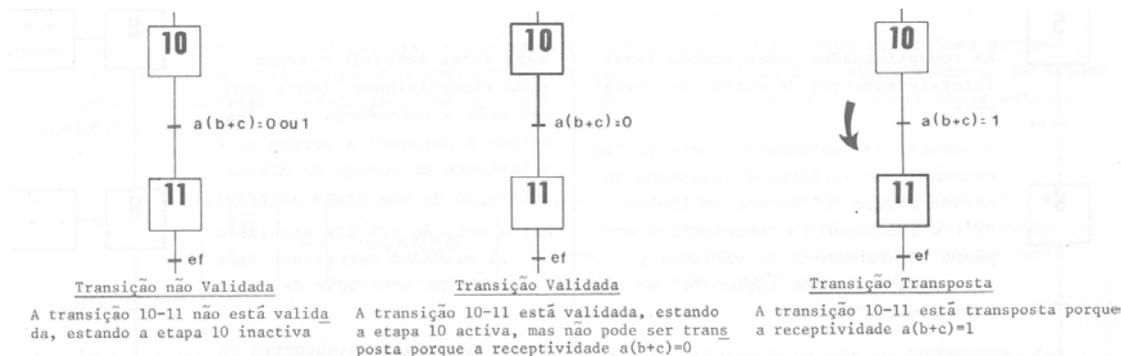
REGRA 1 : A INICIALIZAÇÃO fixa as etapas activas no início de funcionamento. são activadas incondicionalmente e referenciadas no GRAFCET duplicando os lados dos símbolos correspondentes.



REGRA 2 : Uma TRANSIÇÃO pode ser validada ou não validada. ~ validada quando TODAS as etapas imediatamente precedentes estão activas. Não pode ser transposta senão:

quando for validada

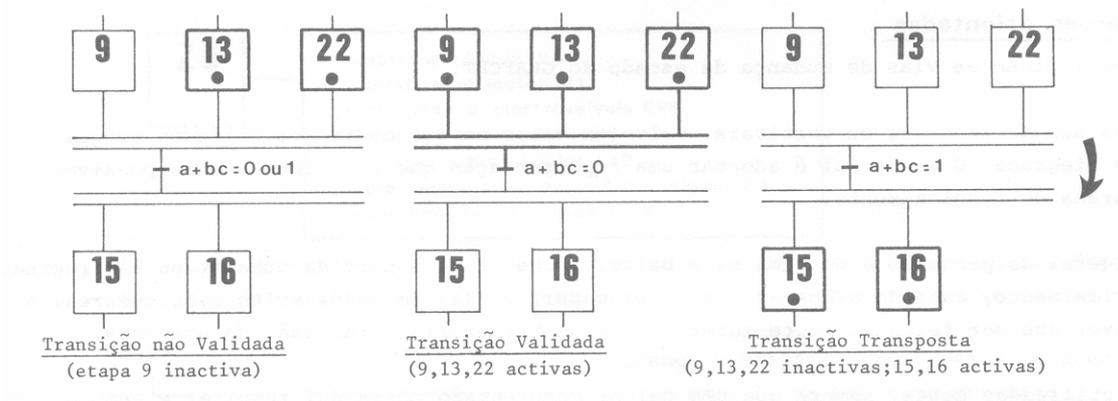
E quando a receptividade associada à transição for verdadeira
A TRANSIÇÃO é então obrigatoriamente transposta.



REGRA 3 : A transposição de uma TRANSIÇÃO provoca a activação de TODAS as etapas imediatamente a seguir e a desactivação de TODAS as etapas imediatamente precedentes.

Exemplo: Caso de transição entre várias etapas

Quando várias etapas estão ligadas a uma mesma transição, convém, por razões de ordem prática, representar o agrupamento de ligações por dois traços paralelos.



REGRA 4 : Várias transições simultaneamente transponíveis são simultaneamente transpostas.

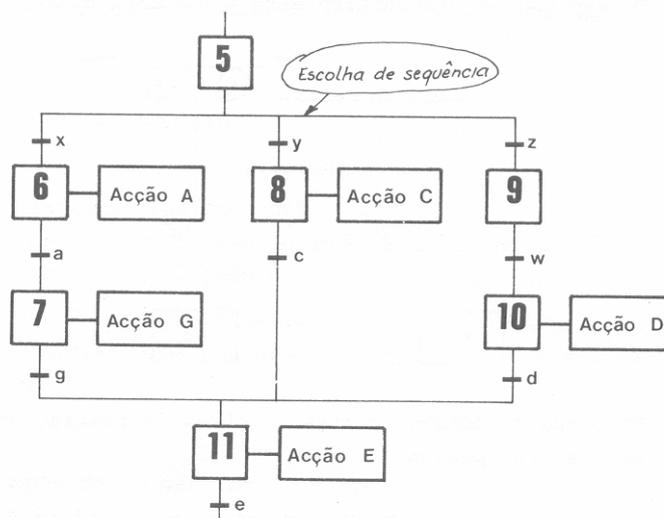
REGRA 5 : Se, no decurso do funcionamento, uma mesma etapa deve ser desactivada e activada simultaneamente, ela permanece activa.

NOTA: O tempo de transposição de uma transição não pode ser nunca rigorosamente nulo, mesmo se, teoricamente (regras 3 e 4) ela pode ser feita tão pequena quanto se quiser. Passa-se o mesmo com a duração da activação de uma etapa. Por outro lado a regra 5 é muito raramente encontrada na prática. Estas regras foram formuladas assim por razões de coerência teórica interna do GRAFCET.

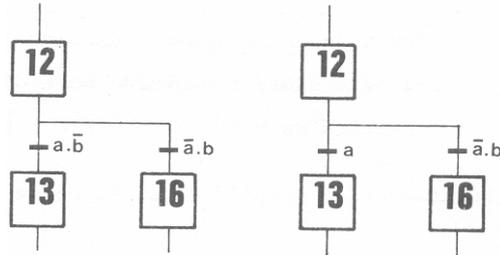
2.4 Representação de seqüências múltiplas

2.4.1 As agulhagens : Escolha condicional entre várias seqüências

Um GRAFCET é geralmente constituído por várias seqüências, isto é, por várias séries de etapas a executar, uma após as outras e é muitas vezes necessário efectuar uma selecção exclusiva de uma só dessas seqüências.



Na agulhagem formada pela escolha de sequência a realizar, as diferentes transições que correspondem às receptividades x , y e z , por serem simultaneamente validadas pela mesma etapa 5, poderiam, pela regra 4 da simultaneidade, ser transpostas simultaneamente. Na prática, somos frequentemente levados a fazer essas receptividades exclusivas. Podemos igualmente introduzir prioridades.

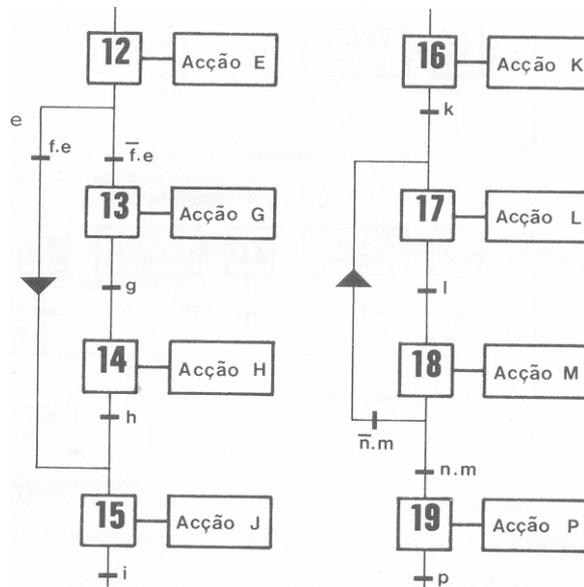


Receptividade $a.b$ e $\bar{a}.b$ exclusivas. Se a e b estão presentes ao mesmo tempo, nenhuma transição poderá ser transposta a partir da etapa 12.

Prioridade à receptividade a . A prioridade dada à transição 12-13 permite que esta seja transposta sempre que a e b estejam presentes ao mesmo tempo.

Salto de etapas e retomada de sequência

O salto condicional é uma agulhagem particular que permite saltar uma ou várias etapas sempre que as acções a realizar se tornem inúteis, enquanto que a retomada de sequência permite, pelo contrário, retomar uma ou várias vezes a mesma sequência enquanto uma condição fixada não for obtida.



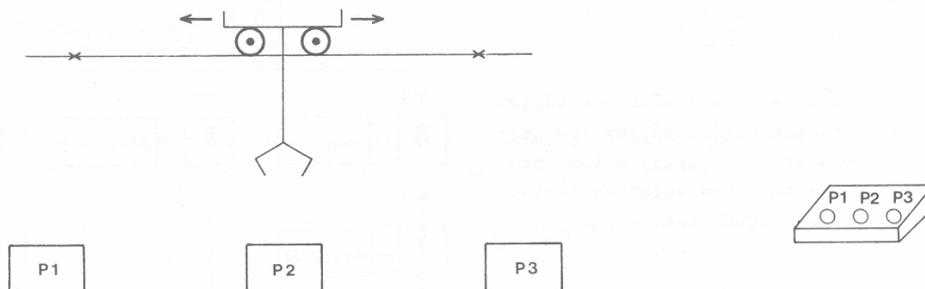
Salto da etapa 12 à etapa 15 pela receptividade $f.e$

Retomada da sequência 17-18 pela receptividade $\bar{n}.m$ enquanto a receptividade $n.m$ não se efectuar.

Primeiro exemplo de agulhagem: serviço de 3 postos

Seja um dispositivo de manipulação, podendo servir 3 postos P1, P2 e P3.

No repouso, o dispositivo está presente num dos 3 postos com a garra aberta.

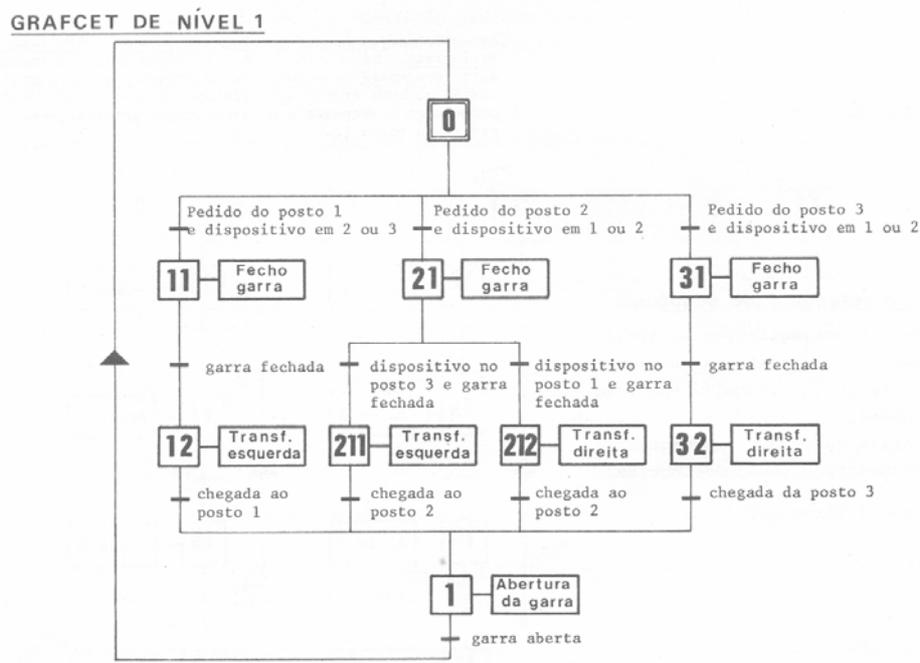


Um posto de comando contém 3 botões de pressão correspondendo a pedidos de transferência para um dos três postos.

Quando o dispositivo está em repouso, o pedido de um outro posto desencadeia a sequência seguinte:

- fecho da garra (tomada da carga)
- transferência à esquerda ou à direita consoante o pedido
- abertura da garra logo que o posto desejado é atingido

Por razões de simplificação supõe-se que um só pedido pode ser feito de cada vez

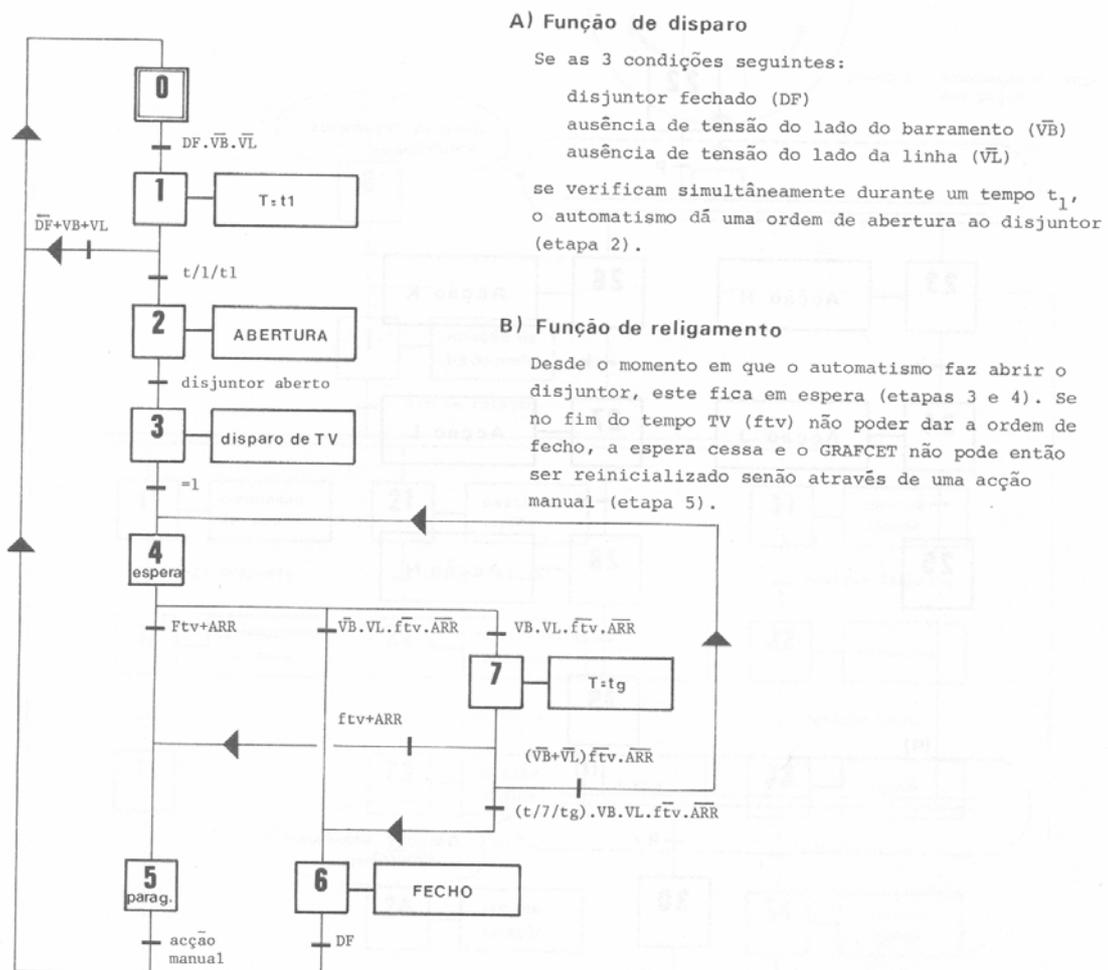


A elaboração do GRAFCET de nível 2 suporia resolvidos nomeadamente os seguintes problemas:

- segurança de exclusividade dos ramos
- como é comandada a transferência, etc.

Segundo exemplo de agulhagem: automatismo para controle de falta de tensão

A ausência de tensão de ambos os lados de um disjuntor fechado é uma situação anormal e perigosa. O papel de um automatismo de falta de tensão é o de fazer abrir o disjuntor quando um caso desses acontece e seguidamente fechá-lo mediante certos controles, quando a tensão volta de um lado ou de outro.



Uma acção exterior (ARR) produz o mesmo efeito. Pelo contrário, se uma das tensões regressa durante essa espera (VL ou VB) duas sequências são encaradas:

RETORNO

Se VL vier primeiro, fecha-se o disjuntor e inicializa-se de novo o GRAFCET (etapa 6).

FECHO de VB e VL

O retorno de VB e VL dispara uma segunda temporização TG (etapa 7)

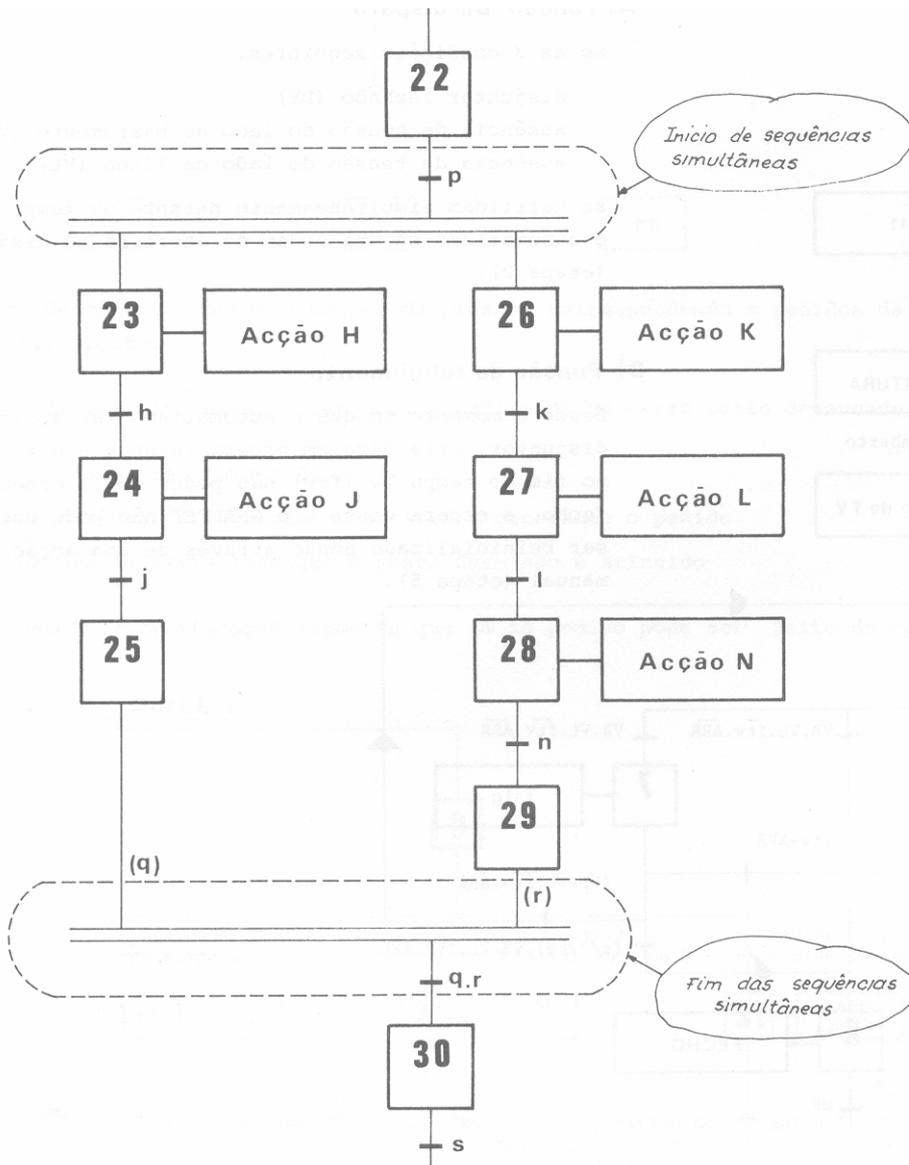
Se as duas tensões estiverem presentes durante o tempo tg, fecha-se o disjuntor (etapa 6).

Caso contrário, o automatismo entra em espera (etapa 4). Finalmente, o expirar do tempo TV (ftv) provoca a paragem do automatismo (etapa 5), na espera de uma reinicialização manual.

2.4.2 Sequências simultâneas

Um GRAFCET pode comportar várias sequências que se realizam simultaneamente mas em que as evoluções das etapas activas em cada ramo, ficam independentes.

Para representar estes funcionamentos simultâneos, uma TRANSIÇÃO ÚNICA e dois traços paralelos indicam o principio e o fim das sequências, isto é, a activação simultânea dos ramos assim realizados e o seu desenvolvimento até uma sequência comum.



A partir da etapa 22, a receptividade provoca a activação simultânea das etapas 23 e 26. Estas duas sequências 23-24-25 e 26-27-28-29 evoluirão então de maneira totalmente independente e só:

- quando as etapas de fim de ramo 25 e 29 estão activas,

- quando a receptividade for verdadeira ($q.r = 1$), é que a transição é transposta.

A etapa 30 torna-se então activa e as etapas 25 e 29 inactivas.

NOTA: As condições particulares de cada ramo podem ser assinaladas entre parêntesis, por cima dos traços paralelos do agrupamento.

Exemplo de seqüências simultâneas: GRAFCET de nível 1 de uma unidade de furação –roscagem

