

**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**Departamento de Engenharia Mecânica e**  
**Gestão Industrial**

**PARECER**

**PROGRAMA PRODEP**  
**Medida 4.3**  
**Acção de Formação nº 4**

**RELATÓRIO FINAL**

**"Desenvolvimento de um sistema de simulação  
no sistema SLAM II"**

**por**

**Pedro Miguel da Silva Moreira da Silva**

**Porto e FEUP, 30 de Setembro de 1993**

Instituto de Engenharia  
Faculdade de Engenharia  
Biblioteca

Nº  
CDU 621.047.3 / LEM 1992 / SI&P  
01/10/09

## PARECER

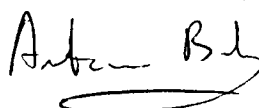
O aluno finalista do Curso de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial **PEDRO MIGUEL DA SILVA MOREIRA DA SILVA** realizou no INEGI, no âmbito do programa PRODEP, medida 4.3/7/7/92/93, um estágio cujo trabalho se encontra descrito no relatório apresentado com o título **"Desenvolvimento de um sistema de simulação no sistema SLAM II"**

Durante a execução do conjunto de tarefas que lhe foram atribuídas, o referido estagiário atingiu os objectivos que lhe foram propostos, mostrando ter conhecimentos adequados e empenho.

Face à qualidade do trabalho produzido cumpre-me informar que o estágio realizado se revestiu de grande interesse para a formação de alunos, como futuros engenheiros.

Porto, 27 de Dezembro de 1993

O Supervisor





**INEGI** instituto de  
engenharia mecânica  
e gestão industrial

Faculdade de Engenharia

Rua dos Bragas • 4099 PORTO CODEX • PORTUGAL  
Telef. (02) 311254 • Telex 27323 FEUP P • Fax 319125

Instalações Laboratoriais e Administrativas

R. do Barroco, 174/214 • 4465 S. Mamede de Infesta • PORTUGAL  
Telef. (02) 9537348 (4 Linhas) • Fax (02) 9537352

## PARECER

O aluno finalista do Curso de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial **PEDRO MIGUEL DA SILVA MOREIRA DA SILVA** realizou no INEGI, no âmbito do programa PRODEP, medida 4.3/7/7/92/93, um estágio cujo trabalho se encontra descrito no relatório apresentado com o título **"Desenvolvimento de um sistema de simulação no sistema SLAM II"**

Durante a execução do conjunto de tarefas que lhe foram atribuídas, o referido estagiário atingiu os objectivos que lhe foram propostos, mostrando ter conhecimentos adequados.

Face à qualidade do trabalho produzido cumpre-me informar que o estágio realizado se revestiu de grande interesse para esta instituição.

Porto, 27 de Dezembro de 1993

O Supervisor

# Seminário de Aplicações Informáticas

## Desenvolvimento de um modelo de simulação no sistema SLAM

### 1. Definição do problema (\*)

Pretende-se processar, em quatro máquinas, dez famílias de tarefas com diferentes seqüências de maquinagem. A seqüência das operações e os tempos respectivos estão representados na tabela seguinte. O movimento das peças entre as diferentes máquinas é assegurado por transportadores. O tempo médio de transporte de uma peça entre duas máquinas é de 3 unidades de tempo.

Família	Nº Tot.	1ª Oper.		2ª Oper.		3ª Oper.		4ª Oper.		5ª Oper.		6ª Oper.		7ª Oper.		T. Total
		M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	
A	5	T	9	Fr	6	R	23									190
B	10	Fr	7	T	7	F	2	R	51							670
C	8	T	8	F	9	Fr	7	T	1	F	4	R	35			512
D	10	F	19	Fr	14	T	5	Fr	22							600
E	9	Fr	4	T	12	R	26									378
F	5	T	12	Fr	5	T	9	F	18	R	58					510
G	5	Fr	4	F	9	T	9	R	9	Fr	14					225
H	4	F	9	T	6	Fr	6	T	15	R	21	Fr	5	R	51	452
I	2	T	7	F	21	Fr	21									80
J	4	T	15	F	21	R	21									340

(T - Torno; Fr - Frezadora; F - Furadora; R - Rectificadora)

### 2. Objectivo do trabalho

Desenvolvimento de um modelo de simulação no sistema SLAM II que permita determinar uma configuração conveniente para a oficina, através da análise dos efeitos de configurações alternativas sobre os fluxos de produção. O modelo deve incluir a capacidade de animação e representação gráfica do sistema em estudo. A mudança de cor para indicar o estado das máquinas (ocupada, livre ou avariada) e a formação de filas de espera de tarefas junto das máquinas devem ser aspectos a considerar na animação do modelo. A observação directa do funcionamento do modelo e a análise dos resultados obtidos deverão permitir, se possível, melhorar as regras de sequenciamento sugeridas.

---

(\*) Adaptado de J.M. Bastos: *SIMVIS - Simulação Visual e Interactiva*, Trabalho de Síntese elaborado para prestação de Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, FEUP, 1985

## INDICE:

1 - INTRODUÇÃO A SIMULAÇÃO

2 - SLAM SYSTEM

3 - DESCRIÇÃO DE UM MODELO

4 - DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES UTILIZADOS NO MODELO

4.1 - A NETWORK (REDE)

- 4.1.1 - NÓ CREATE
- 4.1.2 - NÓ ASSIGN
- 4.1.3 - ACTIVITY
- 4.1.4 - NÓ GOON
- 4.1.5 - BLOCO RESOURCE
- 4.1.6 - NÓ AWAIT
- 4.1.7 - NÓ FREE
- 4.1.8 - NÓ COLT
- 4.1.9 - NÓ PREEMPT
- 4.1.10 - NÓ ALTER
- 4.1.11 - NÓ TERMINATE

4.2 - O CONTROL

- 4.2.1 - GEN
- 4.2.2 - LIMITS
- 4.2.3 - NETWORK
- 4.2.4 - INITIALIZE
- 4.2.5 - MONTR
- 4.2.6 - FIN

4.3 - FACILITY BUILDING (CENÁRIO)

4.4 - O SCRIPT (GUIÃO)

- 4.4.1 - INIT
- 4.4.2 - BAR
- 4.4.3 - INUM
- 4.4.4 - FILL
- 4.4.5 - SMOOTH
- 4.4.6 - EXIT

## 5 - DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO DO MODELO

5.1 - NETWORK

5.2 - CONTROL

5.3 - FACILITY BUILDING

5.4 - SCRIPT

## 6 - EXEMPLOS EXEMPLIFICATIVOS DO MODELO EM FUNCIONAMENTO

### 7 - RESULTADOS OBTIDOS DO MODELO (REGRA FIFO)

7.1 - QUATRO MAQUINAS (1 TORNO,1 FREZA,1 FURADORA,1 RECTIF.)

7.2 - CINCO MAQUINAS (2 TORNOS,1 FREZA,1 FURADORA,1 RECTIF.)

7.3 - CINCO MAQUINAS (1 TORNO,2 FREZAS,1 FURADORA,1 RECTIF.)

7.4 - CINCO MAQUINAS (1 TORNO,1 FREZA,2 FURADORAS,1 RECTIF.)

7.5 - CINCO MAQUINAS (1 TORNO,1 FREZA,1 FURADORA,2 RECTIF.)

## 8 - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS DO MODELO

## 9 - CONCLUSÕES

## 10 - BIBLIOGRAFIA

## 1 - INTRODUÇÃO A SIMULAÇÃO

Simulação é um procedimento para a resolução de problemas através da definição e análise de um modelo a estudar.

A simulação consiste em estudar o comportamento de uma secção de produção, na base de um modelo informático. Pode ser feita para instalar uma nova secção ou para melhorar uma unidade já existente. A simulação de processo permite de analisar o comportamento de uma secção em diferentes circunstâncias, sem construir uma secção piloto, e sem perturbar ou desmontar uma secção em funcionamento.

Há muitos problemas de decisão que, devido à sua estrutura interna ou à sua complexidade, são muito difíceis (ou impossíveis) de analisar com os métodos de construção de modelos usados em Investigação Operacional (isto é, o método dedutivo e o de inferência estatística).

A simulação é o último recurso do analista de Investigação Operacional, muito embora seja o de maior utilização. De facto sempre que não é possível explicitar:

$$U = f (X_i, Y_j) \quad (\text{função objectivo})$$

$U \rightarrow$  medida de utilidade

$X_i \rightarrow$  variáveis controláveis

$Y_j \rightarrow$  variáveis incontroláveis

$$\text{e } R_k (X_i, Y_j) \leq 0 \quad (\text{restricções})$$

o recurso à simulação é (quase) inevitável.



Após o modelo estar desenvolvido várias experiências podem ser levadas a cabo:

- sem construir os sistemas reais, se apenas são propostas dos mesmos que queremos experimentar.
- sem perturbar-mos o próprio sistema, no caso das experiências que queremos fazer serem caras ou perigosas.
- sem destruir o próprio sistema, no caso de querermos determinar os seus limites de resistência.

Os modelos de simulação são abstrações da realidade. Estes devem ser fácil e rapidamente construídos; sendo necessário o envolvimento de todas as pessoas relacionadas com o projecto.

A implementação de soluções ou recomendações para melhorar as "performances" do sistema também é parte integrante da metodologia da simulação.

## 2 - SLAM SYSTEM

O SLAM SYSTEM é uma linguagem de simulação avançada baseada no Fortran, que nos permite construir de uma forma rápida e eficiente modelos de sistemas reais. O modo de funcionamento do SLAM é essencialmente gráfico, correndo perfeitamente sob o WINDOWS. A forma de programação é gráfica, sendo esta traduzida automaticamente em instruções textuais usadas pelo computador. O utilizador, pode em qualquer altura passar do modo gráfico para o modo "texto" e vice-versa, e programar em ambos os modos. No entanto a programação em modo gráfico é mais simples e rápida, e evita a introdução de erros desnecessários.

O SLAM tem contribuído para o uso da simulação em todo o mundo, embora em Portugal, este infelizmente ainda não seja muito utilizado.

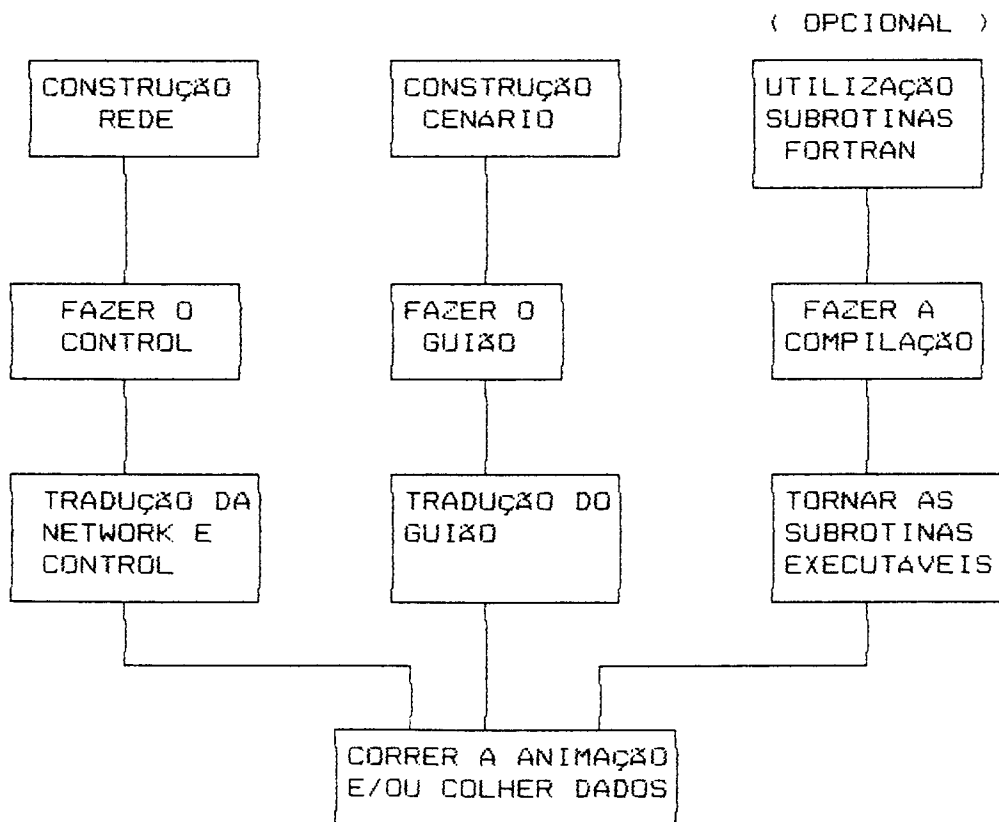
### 3 - DESCRIÇÃO DE UM MODELO

Um modelo é basicamente constituído por duas partes: simulação e animação, actuando estas entre si durante a simulação.

A parte de simulação é essencialmente constituída por dois conjuntos: a rede (network) e o control.

A parte de animação é constituída essencialmente por dois conjuntos: o cenário (facility) e o guião (script).

Em baixo mostra-se os passos necessários para a construção de modelo na sua forma mais geral.



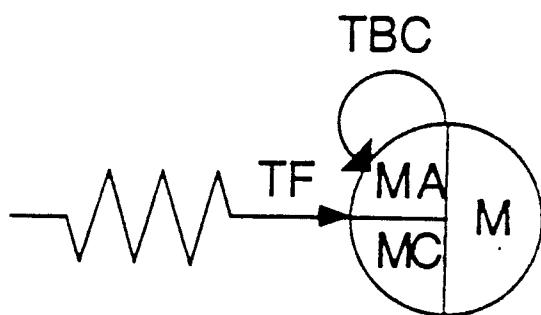
### 4 - DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES UTILIZADOS NO MODELO

#### 4.1 - NETWORK

A NETWORK (rede) consiste num conjunto de símbolos gráficos interligados, que simulam as operações do sistema em estudo. De um modo geral os símbolos fornecidos permitem representar uma larga variedade de problemas.

Os símbolos gráficos usados na construção da nossa rede são descritos de seguida:

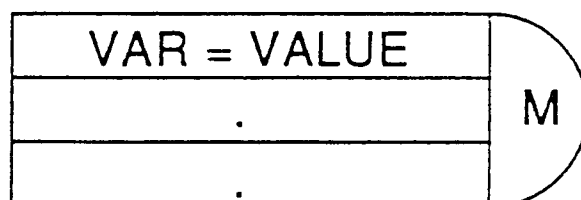
#### 4.1.1 - NÓ CREATE



Este nó é utilizado para gerar entidades (no nosso caso as peças a serem trabalhadas) dentro da rede.

PARÂMETROS	SIGNIFICADO
TBC	Tempo entre geração de entidades ( no nosso caso este valor é 0, pois todas as peças de cada familia são criadas no mesmo instante).
TF	Tempo a que a primeira entidade deverá ser gerada ( no nosso caso todas as entidades serão geradas no tempo 0).
MA	Nº do atributo que em cada entidade guardará o tempo de criação da respectiva entidade.
MC	Nº máximo de entidades que cada nó pode gerar ( no nosso caso o nº total de peças de cada familia é gerado em cada nó).
M	Nº de actividades posteriores que é possível iniciar após a libertação de cada entidade do respectivo nó.

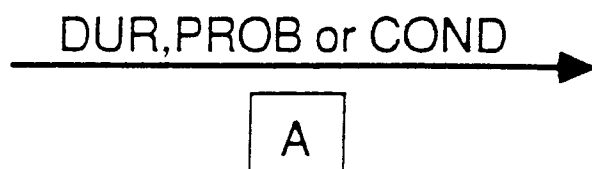
#### 4.1.2 - NÓ ASSIGN



Este nó é utilizado para atribuir valores a diversas variáveis no momento da passagem de determinada entidade pelo nó. As variáveis podem ou não ser intrínsecas às entidades.

PARAMETROS	SIGNIFICADO
VAR	Tipo de variável a ser atribuído determinado valor.
VALUE	Número ou expressão aritmética que pode incluir expressões com outras variáveis.
M	Nº de actividades posteriores que é possível iniciar após a libertação de cada entidade do respectivo nó.

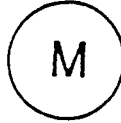
### 4.1.3 - ACTIVITY



O símbolo ACTIVITY não representa um nó, mas sim um caminho a ser percorrido pelas entidades, ligando os vários nós. Durante a passagem pela "ACTIVITY" as entidades podem ser atrasadas segundo leis estatísticas, seguir caminhos alternativos ou verem o seu prosseguimento condicionado pelo valor de atributos determinados.

PARÂMETROS	SIGNIFICADO
A	Nº identificativo da actividade.
DUR	Duração da actividade, ou tempo durante o qual a entidade fica retida.
PROB	Número ou expressão aritmética que pode incluir expressões com outras variáveis.
COND	<p>Condição: funciona como o vulgar (se - então) das linguagens de programação. As diversas condições possíveis são :</p> <p>.LT. &lt;</p> <p>.LE. &lt;=</p> <p>.EQ. =</p> <p>.GE. &gt;=</p> <p>.GT. &gt;</p> <p>.NE. &lt;&gt;</p>

#### 4.1.4 - N6 GOON



O n6 GOON funciona apenas como elemento de liga76o entre v6rios n6s ou mais frequentemente entre v6rias actividades. As entidades passam por este n6 directamente sem provocar qualquer altera76o na simula76o.

PAR6METROS	SIGNIFICADO
M	N6 de actividades posteriores que 6 possivel iniciar ap6s a liberta76o de cada entidade do respectivo n6.

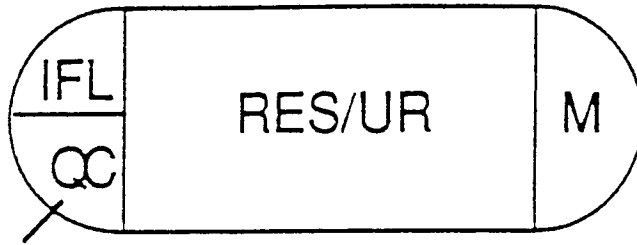
#### 4.1.5 - BLOCO RESOURCE

NUM	RLBL	IRC	IFL1	IFL2	...
-----	------	-----	------	------	-----

O bloco RESOURCE define um tipo de recurso (no nosso caso as diversas máquinas e transportador).

PARAMETROS	SIGNIFICADO
RLBL	Nome do recurso.
CAP	Capacidade do recurso, isto é, nº de recursos do mesmo tipo disponíveis.
IFLs	Cada recurso está associado a uma ou mais filas de espera (nó AWAIT) identificada(s) por um número.

4.1.6 - NÓ AWAIT

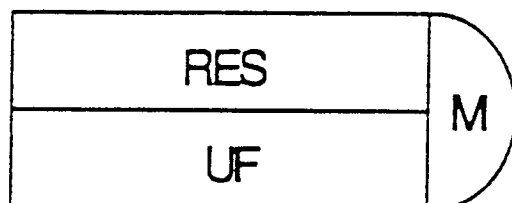


Este nó funciona como fila de espera das várias entidades que percorrem o sistema, até que haja recursos disponíveis, sendo então libertadas as respectivas entidades.

PARÂMETROS	SIGNIFICADO
IFL	Nº associado ao parâmetro da fila de espera, estando este associado ao bloco RESOURCE.
QC	Capacidade da fila de espera, isto é, nº de entidades que ela pode conter.
RES/UR	Nome do recurso que utiliza este nó como fila de espera. Quando UR unidades do recurso RES estiverem disponíveis, as entidades são libertadas e as UR unidades do recurso RES apreendidas.
M	Nº de actividades posteriores que é possível iniciar após a libertação de cada entidade do respectivo nó.



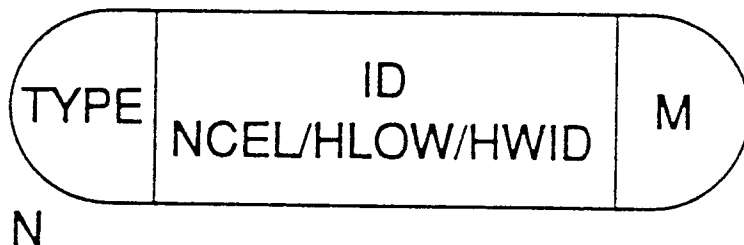
#### 4.1.7 - NÓ FREE



Este nó é utilizado para libertar UF unidades do recurso RES. é feita uma verificação às filas do nó AWAIT, na ordem especificada no bloco RESOURCE, para determinar se existem algumas unidades do recurso RES livres; em caso afirmativo, a entidade é libertada do nó AWAIT (da fila de espera).

PARÂMETROS	SIGNIFICADO
RES	Nome do recurso.
UF	Nº de entidades a libertar.
M	Nº de actividades posteriores que é possível iniciar após a libertação de cada entidade do respectivo nó.

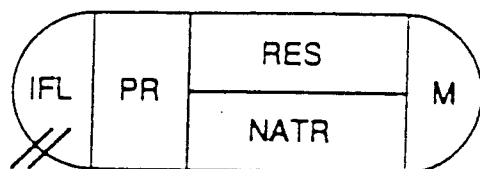
4.1.8 - N6 COLCT



Este nó é utilizado para coligir estatísticas que serão apresentadas na forma mais conveniente ao utilizador: sob a forma de material impresso, ou no visor do computador (estatísticas importantes, gráficos de vários tipos, etc).

PARÂMETROS	SIGNIFICADO
TYPE OR VARIABLE	<p>FIRST -&gt; Grava o tempo da primeira chegada ao nó.</p> <p>ALL -&gt; Grava o tempo de todas as chegadas.</p> <p>BETWEEN -&gt; Usa o tempo da primeira chegada como ponto de referência; de seguida grava o tempo entre chegadas.</p> <p>INT(NATR) -&gt; Grava o intervalo entre o tempo de chegada ao respectivo nó COLCT e o tempo guardado no atributo NATR da entidade em questão (MA do nó CREATE).</p>
M	<p>Nº de actividades posteriores que é possível iniciar após a libertação de cada entidade do respectivo nó.</p>

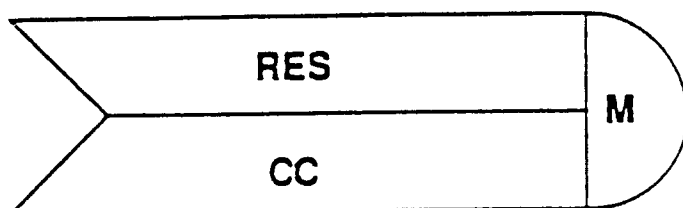
4.1.9 - NÓ PREEMPT



Este nó é um tipo especial do nó AWAIT, em que quando uma entidade chega a este, este apodera-se da capacidade de um recurso, ficando este bloqueado, sem poder trabalhar. Este nó serve, por exemplo, para simular avarias em máquinas.

PARÂMETROS	SIGNIFICADO
IFL	Nº associado ao parâmetro da fila de espera, estando este associado ao bloco RESOURCE.
PR	Prioridade para prender as entidades (LOW(K) ou HIGH(K) onde K é o nº de um atributo).
RES	Nome do recurso que utiliza este nó como fila de espera.
NATR	Grava o tempo de processo em que cada entidade se encontrou "preza". Este tempo é guardado no atributo NATR.
M	Nº de actividades posteriores que é possível iniciar após a libertação de cada entidade do respectivo nó.

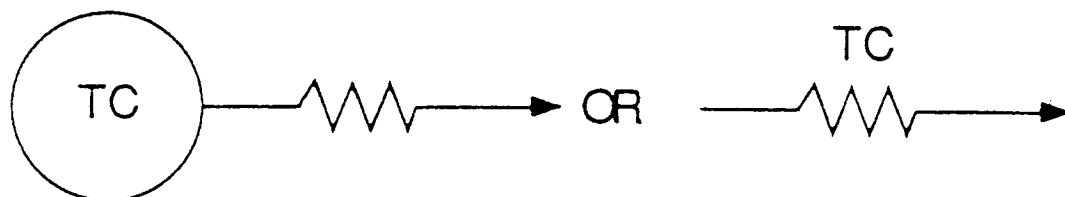
4.1.10 - NÓ ALTER



Este nó é utilizado para mudar a capacidade dum recurso por um determinado nº de unidades.

PARAMETROS	SIGNIFICADO
RES	Nome do recurso que se pretende que se altere a sua capacidade.
CC	Número de unidades que se pretende que o recurso mude a sua capacidade. Se CC for positivo, a capacidade aumenta CC unidades; se for negativo diminui CC unidades.
M	Nº de actividades posteriores que é possível iniciar após a libertação de cada entidade do respectivo nó.

#### 4.1.11 - NÓ TERMINATE



Este nó é usado para destruir entidades e/ou terminar a simulação. Todas as entidades que chegam a este nó são destruídas.

PARÂMETROS	SIGNIFICADO
TC	No instante da chegada da entidade nº TC a simulação termina (no nosso caso à chegada da 62ª entidade termina a simulação).

## 4.2 - CONTROL

O CONTROL é constituído por um conjunto de comandos que definem as regras de processamento da rede. Os comandos do CONTROL usados no nosso modelo são descritos de seguida:

### 4.2.1 - GEN

Este comando é sempre o primeiro a utilizar em qualquer CONTROL. Neste comando estão incluídos: o nome do analista, o nome de identificação do projecto, a data, o nº de corridas da simulação e outras opções de edições de estatísticas.

### 4.2.2 - LIMITS

Este comando tem o seguinte formato: LIMITS, MFIL, MATR, MNTRY. Este, é o segundo a utilizar em qualquer CONTROL. é usado para especificar limites inteiros para o nº de filas de espera que existem no modelo (MFIL), o maior nº de atributos utilizados por entidade (MATR) e o máximo nº de entidades concorrentes em todas as filas de espera (MNTRY).

### 4.2.3 - NETWORK

Este comando associa a NETWORK ao CONTROL e permite guardar ou chamar outra NETWORK.

### 4.2.4 - INITIALIZE

Este comando tem o seguinte formato: INITIALIZE, TTBEG, TTFIN, JJCLR/NCCLR, JJVAR, JJFIL.

Este é utilizado para especificar o tempo inicial da simulação (TTBEG), o tempo final (TTFIN) e ainda outras opções iniciais para a limpeza de estatísticas, inicialização de variáveis e inicialização de filas.

#### 4.2.5 - MONTR

O formato deste comando é o seguinte: MONTR, OPTION, TFRST, TSEC, VARIABLES.

Este, pode ser usado para limpar estatísticas quando se tem um período de aquecimento num modelo, por forma a eliminar qualquer influência das condições iniciais de partida. De entre as várias opções que o comando nos proporciona destacamos a opção TRACE, opção esta que é indispensável quando se pretende fazer animação.

Esta opção permite traçar o caminho (TRACE) e visualizar todas as mudanças de estado do sistema, bem como todos os estados intermédios das entidades. No fundo TRACE é um filme promenorizado duma simulação.

#### 4.2.6 - FIN

Este comando apenas serve para fechar o CONTROL.

#### 4.3 - FACILITY

O FACILITY BUILDING é um programa de desenho contido no SLAM SYSTEM. Este serve apenas para criar (desenhar) todo o fundo da animação. A animação propriamente dita só será "ligada" à simulação através do SCRIPT, que será descrito no ponto a seguir.

#### 4.4 - SCRIPT

O SCRIPT é um conjunto de instruções que associam acontecimentos no modelo de simulação (NETWORK), com acções de animação.

Uma instrução no SCRIPT pode implicar: a mudança de cor de uma área (desenhada no FACILITY), o movimento de um símbolo ao longo de um trajecto pré-definido no FACILITY BUILDING, a apresentação de texto, valores numéricos, gráficos, etc.

Os comandos do SCRIPT usados no nosso modelo são descritos de seguida:

##### 4.4.1 - INIT

Este comando serve para iniciar a animação, indicando o nome do FACILITY a que se pretende que o SCRIPT seja correspondido. Neste também se indica qual o tempo em segundos, que se pretende que a animação dure.

##### 4.4.2 - BAR

Este comando apresenta um gráfico durante a animação. Em baixo apresentam-se os parâmetros deste comando e o respectivo significado:

PARÂMETROS	SIGNIFICADO
SIMEVENT	É o tipo de acontecimento na simulação que faz iniciar a acção (um nó, uma actividade, etc).
EVENTID	É a identificação do acontecimento referido no SIMEVENT (label do nó, nº da actividade, etc).
IDBAR	É a identificação do gráfico definido no FACILITY BUILDING que será usado.
GLRP	É a localização da posição do gráfico na animação, defenida através dos respectivos LRP colocados durante a construção do cenário.
INTNUM	É a variável que será apresentada no gráfico.



#### 4.4.3 - INUM

Este comando apresenta o valor numérico de uma variável num local previamente definido no FACILITY BUILDING (cenário), através de um LRP. Os parâmetros deste comando e respectivo significado são apresentados em baixo:

PARÂMETROS	SIGNIFICADO
SIMEVENT	é o tipo de acontecimento na simulação que faz iniciar a acção (um nó, uma actividade, etc).
EVENTID	é a identificação do acontecimento referido no SIMEVENT (label do nó, nº da actividade, etc).
NLRP	é a posição definida por um LRP onde será afixado o valor.
INTNUM	é a variável que será apresentada no LRP.

#### 4.4.4 - FILL

Este comando permite preencher numa cor proporcionada pelo programa, uma área cercada definida por um LRP. Os parâmetros deste comando e o respectivo significado são descritos em baixo:

PARÂMETROS	SIGNIFICADO
SIMEVENT	é o tipo de acontecimento na simulação que faz iniciar a acção (um nó, uma actividade, etc).
EVENTID	é a identificação do acontecimento referido no SIMEVENT (label do nó, nº da actividade, etc).
COLOR	é o código da cor a ser usada.
FLRP	é a localização do LRP, em torno do qual deve ser preenchida a área.

#### 4.4.5 - SMOOTH

Este comando permite a movimentação de um simbolo entre dois LRP. O simbolo a mover tem de ser definido no FACILITY BUILDING.

Os parâmetros deste comando e o respectivo significado são descritos em baixo:

PARAMETROS	SIGNIFICADO
SIMEVENT	É o tipo de acontecimento na simulação que faz iniciar a acção (um nó, uma actividade, etc).
EVENTID	É a identificação do acontecimento referido no SIMEVENT (label do nó, nº da actividade, etc).
IDSYMB	É a identificação do simbolo a mover, previamente definido no FACILITY BUILDING.
BLRP	É a localização do LRP, que indica o inicio do trajecto.
ELRP	É a localização do LRP, que indica o fim do trajecto.
TIME	O simbolo inicia o movimento no instante do acontecimento referido em SIMEVENT e EVENTID e termina esse movimento após TIME unidades de tempo se terem escoado.

#### 4.4.6 - EXIT

Este comando serve apenas para terminar o SCRIPT e consequentemente o fim da animação.

## 5 - DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO DO MODELO

### 5.1 - NETWORK

A NETWORK encontra-se dividida em blocos para tornar mais acessível a compreensão do leitor.

Esta começa com 10 nós create (bloco 1) que iram criar as 62 entidades que depois de efectuadas as respectivas operações necessárias passaram a ser as 62 peças das 10 famílias diferentes.

As entidades são criadas todas no instante zero e esse dado é memorizado no atrib(8) de cada entidade. Quando as entidades tiverem sofrido todas as operações necessárias iram então abandonar o sistema e o valor que se encontra no atrib(8) servira para calcular o tempo de cada entidade no sistema, i.é o tempo que cada peça demorou para ser fabricada.

Depois de criadas as entidades estas são encaminhadas para o bloco 2 através de activitys que, neste caso, tem a única função de estabelecer ligações entre os nós.

O bloco 2 é constituído por dois grupos de nós assign, ligados pelas respectivas activitys. O facto de existirem dois grupos de nós assign e não apenas um, devesse à limitação por parte destes nós que só permite um número limitado de atribuições em cada nó.

No primeiro grupo de nós assign aos atributos 1 a 7 de cada entidade serão atribuídos os valores correspondentes às sete operações possíveis. Sendo uma operação no torno definida com o valor 1, uma operação na frezadora com o valor 2, na furadora com o 3 e na rectificadora com o 4. Resulta por exemplo para uma entidade que representa uma peça da família A os seguintes atributos de 1 a 7: atrib(1)=1; atrib(2)=2; atrib(3)=4; atrib(4)=0; atrib(5)=0; atrib(6)=0; atrib(7)=0.

O primeiro grupo de nós assign contém ainda os tempos que demora a efectuar cada uma das 7 operações possíveis, estes tempos são os valores atribuídos aos atributos 9 a 15 de cada entidade.

O segundo grupo contém as seguintes atribuições para cada entidade:

-atrib(17) n° de peças a fabricar da família desta entidade.

-atrib(18) n° total de operações necessárias para fazer todas as peças da família desta entidade.

-atrib(19) tempo total para fazer todas as peças da família desta entidade.

-atrib(20) soma dos tempos de operação para cada peça da família desta entidade.

-atrib(21) n° de operações necessárias a cada peça da família desta entidade.

Este último grupo de nós assign converge num nó goon com o label G1 através de activitys, que tem apenas a função de ligação.

A seguir ao nó G1 as entidades seguem um dos quatro caminhos possíveis (bloco 3). Pela activity 17 seguem as entidades que tem o atrib(1)=1, ou seja as entidades que necessitam de uma operação na máquina 1 (torno). Pela activity 18 seguem as entidades que tem o atrib(1)=2 e necessitam de uma operação na frezadora. Se a operação necessária for na furadora (atrib(1)=3), então as entidades são encaminhadas pela activity 19. Por último quando a operação necessária é a rectificação, então as entidades prosseguem pela activity 20.

Escolhida a operação necessária as entidades são encaminhadas para o bloco 4, que corresponde a 4 nós await. Estes são as respectivas filas de espera dos recursos: torno; frezadora; furadora e rectificadora. Aqui as entidades ficam em fila de espera segundo o critério estabelecido no control, que neste caso será FIFO.

Quando um recurso está disponível a respectiva entidade avança através de uma das 4 activitys que compõem o bloco 5 e que representam a operação a efectuar, esta terá como duração o valor contido no atrib(9) da entidade.

Posto isto a operação termina e a máquina (recurso) fica de novo disponível, isto acontece quando a entidade deixa a activity para entrar no respectivo nó free (bloco 6). Este recurso tornado disponível prontamente irá ser de novo utilizado se existir mais entidades na fila de espera da respectiva máquina.

Passado o nó free a entidade encaminhar-se-á para um novo conjunto de nós assign (bloco 7), onde ocorrerá a seguinte deslocação entre os valores atribuídos aos atributos 1 a 7 da respectiva entidade:

-atrib(23)=atrib(1)

-atrib(1)=atrib(2)

-atrib(2)=atrib(3)

-atrib(3)=atrib(4)

-atrib(4)=atrib(5)

-atrib(5)=atrib(6)

-atrib(6)=atrib(7)

No segundo grupo dá-se a deslocação dos respectivos tempos de operação (atributos 9 a 15):

-atrib(9)=atrib(10)

-atrib(10)=atrib(11)

-atrib(11)=atrib(12)

-atrib(12)=atrib(13)

-atrib(13)=atrib(14)

-atrib(14)=atrib(15)

Estes nós assign (bloco 7) tem a função de retirar do grupo de atributos 1 a 7, (que contém os códigos das máquinas consoante a sequência de operações

necessária para produzir determinada peça), a operação que acabou de ser realizada, sendo as restantes operações necessárias deslocadas de um atributo. Deste modo o atrib(1) continua a conter o código da próxima operação a ser efectuada nesta entidade que terá a duração do valor contido no atrib(9).

De seguida as entidades são encaminhadas para o nó goon G2, passando agora por um nó assign que decrementa o atrib(21) de cada entidade, em uma unidade. Atrib(21) que possui a informação do número de operações a realizar para produzir a peça representada pela entidade que neste momento passa no nó assign.

Posto isto a entidade chegará ao nó goon G3, a partir daqui terá que seguir um dos dois caminhos possíveis.

Se ainda restarem operações a efectuar (atrib(21).GT.0) a esta entidade para estar concluída a peça, então a entidade seguirá para o nó goon G5 através da activity 51. Caso contrário, se a peça já estiver concluída (atrib(21)=0), então a entidade avançará pela activity 21 em direcção ao nó assign que se lhe segue.

Este nó incrementa o contador II (variável geral) que representa o nº de peças produzidas até ao momento.

Continuando a entidade de novo tem de escolher um de dois caminhos possíveis. Se não for a entidade que representa a última peça (62) então avançará pela activity 22 até ao nó goon G4. Caso seja a última peça então seguirá pela activity 23 para o nó alter, o qual fará com que o recurso retorno seja aumentado numa unidade. O motivo desta alteração será explicado mais à frente.

O nó goon G4 é o próximo ponto de passagem da entidade, deste saem 10 activitys (bloco 8) que terão a função de separar as entidades consoante a família a que pertencem. A escolha é feita através do valor contido no atrib(17), por exemplo: atrib((17)=1 trata-se da família A, atrib(17)=2 trata-se da família B, e assim sucessivamente.

Após esta separação as entidades que agora já representam peças concluídas vão passar pelo respectivo nó assign do bloco 9. Este bloco é utilizado para colectar dados que seram utilizados na animação, usa-se as variáveis gerais X(6) a X(15) (uma para cada família de peças) como contadores das unidades produzidas até ao momento, deste modo é possível na animação representar uma tabela que apresenta as peças produzidas até ao momento e o respectivo tempo que demoraram a ser produzidas.

Após isto as entidades encaminham-se para o nó goon (bloco 10) pelas activitys 56 a 65 que tem a função de encaminhar as entidades par o nó colct (bloco 11) . Este calcula o tempo que cada peça demorou para ser fabricada, faz isto por subtrair o valor do atrib(8) ao valor da variável TNOW (tempo actual). A média destes tempos no sistema é utilizada depois para comparar com tempos médios no sistema com mais máquinas, e poder assim avaliar os resultados das alterações no sistema.

Entretanto as entidades que ainda não efectuaram todas as operações necessárias (atrib(21).GT.0) foram encaminhadas para o nó goon G5 e vão entrar no bloco 12, isto porque necessitam de ser transportadas pelo AGV para a máquina que efectuará a próxima operação.

Este bloco 12 serve para simular a actuação do AGV. Apresenta quatro ramais, um para cada máquina. Nestes estão representadas as filas de espera das peças que acabaram de ser operadas na respectiva máquina e necessitam de transporte para a próxima operação noutra máquina.

O AGV vai movimentar-se da seguinte maneira: a fila de espera que tiver mais peças operadas á espera de transporte será a escolhida pelo AGV para o próximo percurso deste, portanto, vai deslocar-se da máquina que operou a entidade para a máquina que efectuará a próxima operação nesta entidade. Chegando a esta máquina o AGV verificará se existem entidades (peças) à espera de transporte

para outra operação (noutra máquina), se sim, desloca-se para a máquina da próxima operação, se não, recomeça o ciclo descrito atrás, vai deslocar-se em vazio para a máquina que tiver mais peças à espera de transporte.

Há ainda outra possibilidade que é não existirem peças à espera de serem transportadas em nenhuma máquina, neste caso o AGV fica parado na máquina onde se encontrava e espera que surja necessidade de algum transporte.

Os nós await AGVTOR, AGVFREZ, AGVFUR e AGVRECT são as filas de espera para o transporte após cada máquina ter operado a peça. Cada um destes nós tem um ficheiro no qual está colocado o n° de entidades que se encontra à espera. O acesso ao valor que se encontra nesses ficheiros é feito mediante a função NNQ(x), para cada ficheiro x.

O nó await RETORNO é a fila de espera que fará com que o AGV espere que surja necessidade de transporte por parte de uma peça acabada de operar.

As entidades chegadas ao nó goon G5 vão seguir uma das activitys 66, 67, 68 ou 69, consoante o valor do atributo 23 que representa o código da última operação efectuada nesta entidade.

Assegur passaram por um nó alter que aumenta em uma unidade o recurso RETORNO. Esta alteração é necessária devido ao seguinte raciocínio: cada entidade vai funcionar como que pagando a viagem de retorno da entidade que a antecedeu, assim deste modo, quando o AGV não tem entidades à espera de transporte na máquina a que chegou e também não tem entidades à espera de transporte nas outras 3 máquinas, necessita esperar que surja uma entidade, i.é, que alguma entidade termine de ser operada e vá para a fila de espera respectiva. Deste modo esta entidade passará por um alter RETORNO e a entidade que a antecedeu que estava esperando no nó await RETORNO pode prosseguir, pois o AGV já tem nova entidade para transportar. Se a entidade que acabou de chegar tivesse sido operada na mesma máquina que a anterior, o AGV automaticamente encaminha-la-à



para a máquina da sua próxima operação, caso contrário se a entidade surgir de outra máquina o AGV fará o retorno em vazio para essa tal máquina que acabou de operar na entidade que acabou de chegar.

Excepção feita a este raciocínio será a primeira e a última entidades. Como o pagamento da viagem da primeira entidade será feito pela segunda entidade, então a primeira não necessita de pagar a viagem de nenhuma.

A primeira entidade a chegar ao nó goon G5 é a primeira das que faram a operação mais curta, que será na frezadora. Por isso essa entidade não passa pelo nó alter RETORNO antes do nó await AGVFREZ.

No caso da última entidade a ser operada (nº62), como não existe mais nenhuma para lhe pagar a viagem terá que ser a antepenúltima (nº61) que após sofrer a sua última operação (atrib(21)=0) e depois de passar pela activity 21 irá prosseguir pela activity 23 (II=61) para o nó alter RETORNO e possibilitar que a última entidade possa ir efectuar a sua última operação, isto acontece pois o recurso RETORNO foi alterado em uma unidade que possibilitará á entidade que esperava no nó await RETORNO prosseguir.

As entidades deixaram o await AGVTOR, ou qualquer outra das filas de espera do AGV, quando o recurso AGVTOR se tornar disponível, i.é quando o AGV se dirigir para o torno para transportar uma peça que já foi operada nele.

Saindo da fila de espera do AGVTOR a entidade seguirá por uma das activitys 70, 71 ou 72, consoante a sua próxima operação seja na frezadora (CFRA), na furadora (CFUA) ou na rectificadora (CREA). O mesmo se passará para qualquer dos outros 3 nós await do AGV (o AGVRECT só segue para CFRC, isto porque da rectificadora apenas se fazem movimentos para a frezadora).

Deixando o torno o AGV encaminha-se para uma das outras três máquinas, por exemplo para a frezadora: a entidade dirige-se para o nó goon CFRA através da activity 70 e demorá o tempo de 3 unidades. Chegando lá passa pelo nó await

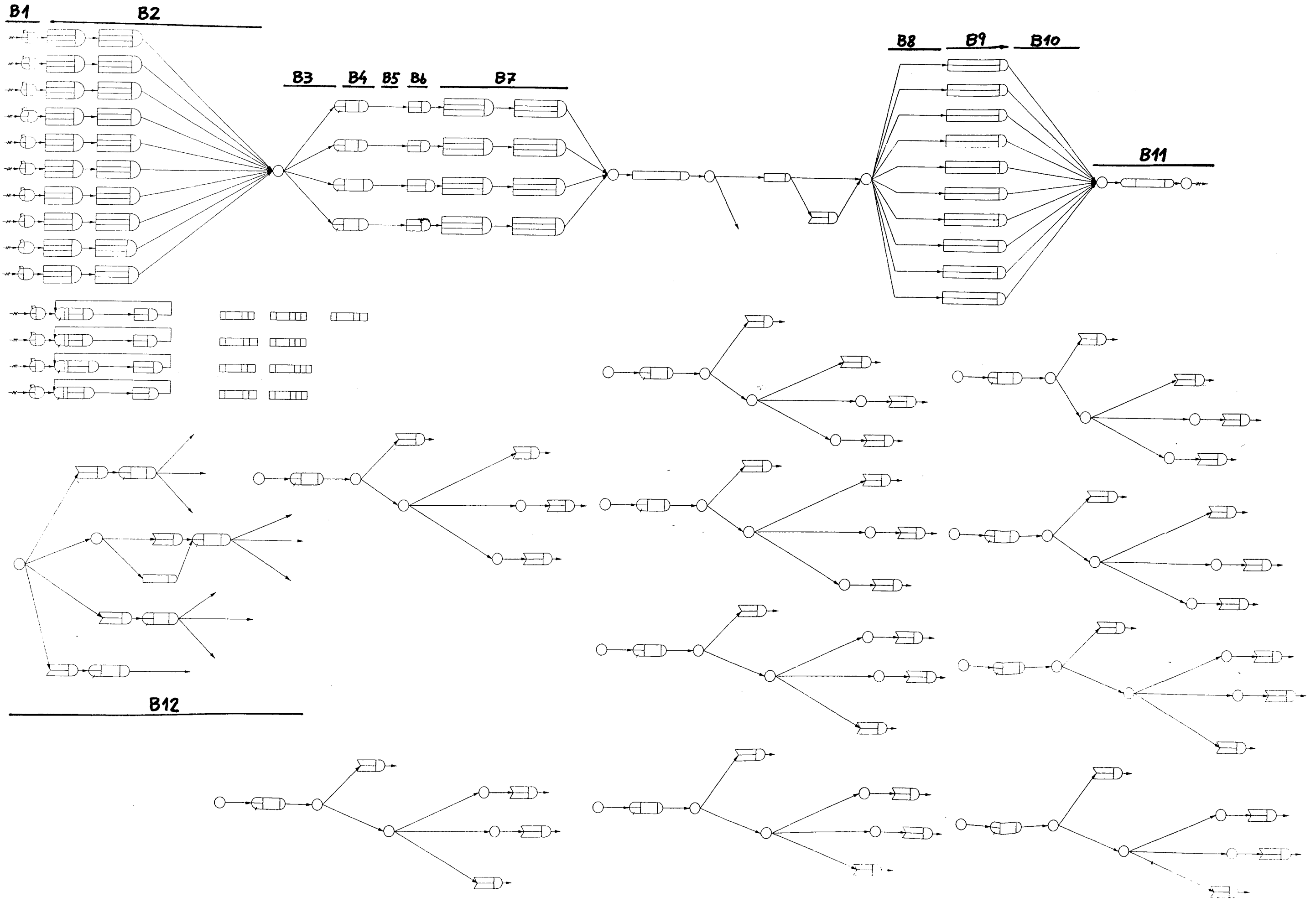
RETORNO R21, caso já lhe tenha sido paga a viagem, caso contrário espera que tal aconteça.

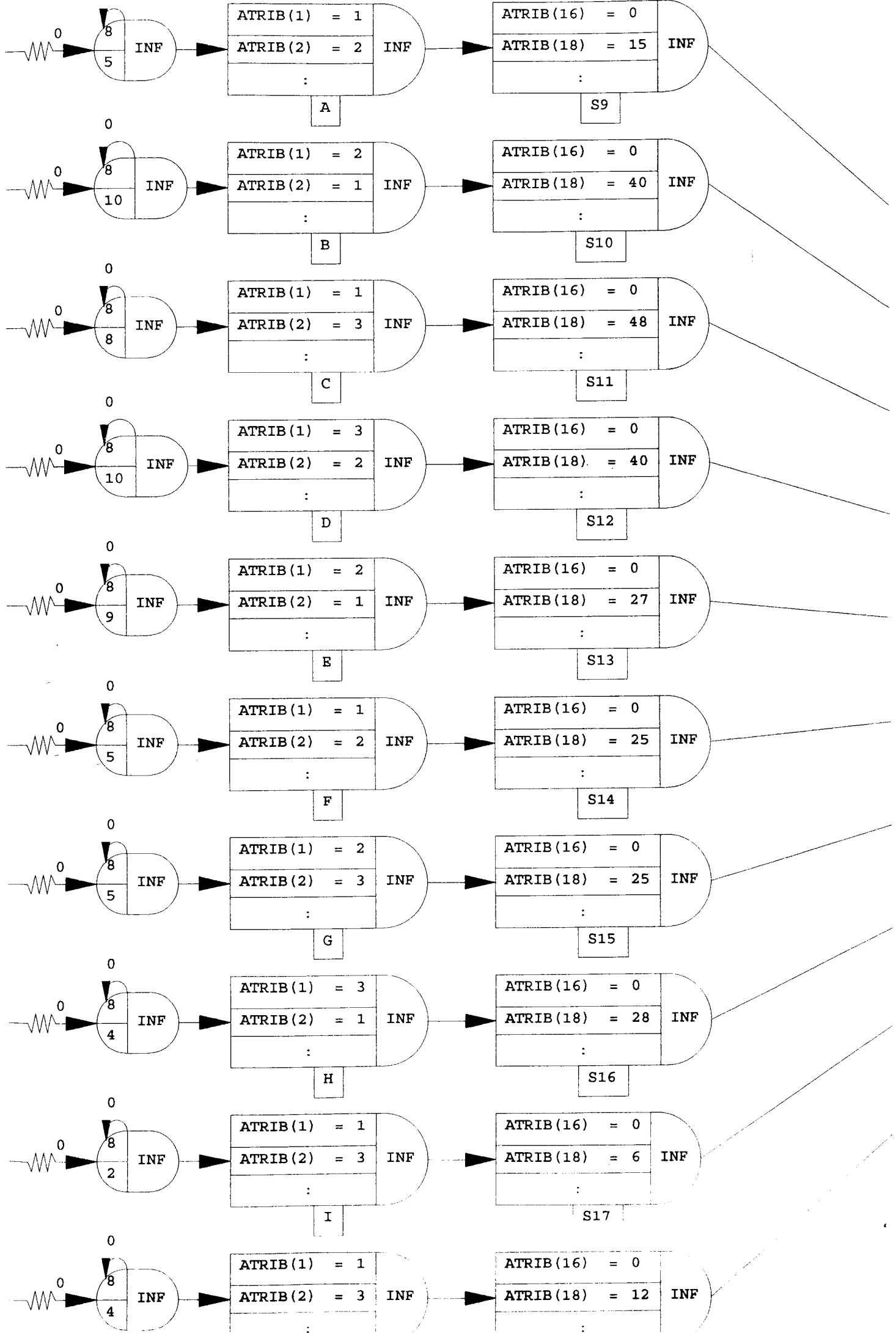
Depois, se existirem entidades à espera de transporte na frezadora então NNQ(10).GT.0, e a entidade segue pela activity 80 e liberta um recurso do AGVFREZ, senão existirem (NNQ(10)=0) então seguirá pela activity 81 para um nó goon que antecede as activitys 82, 83 e 84, estas permitem à entidade "escolher" qual dos ficheiros 9 (torno), 11 (furadora) e 12 (rectificadora) tem mais elementos, i.é, qual das máquinas tem mais peças à espera de serem transportadas. Por exemplo se for o torno, a entidade seguirá pela activity 82 para libertar (alterar) um recurso do AGVTOR que possibilitará ao AGV deslocar-se da frezadora para o torno em vazio para ir buscar uma peça.

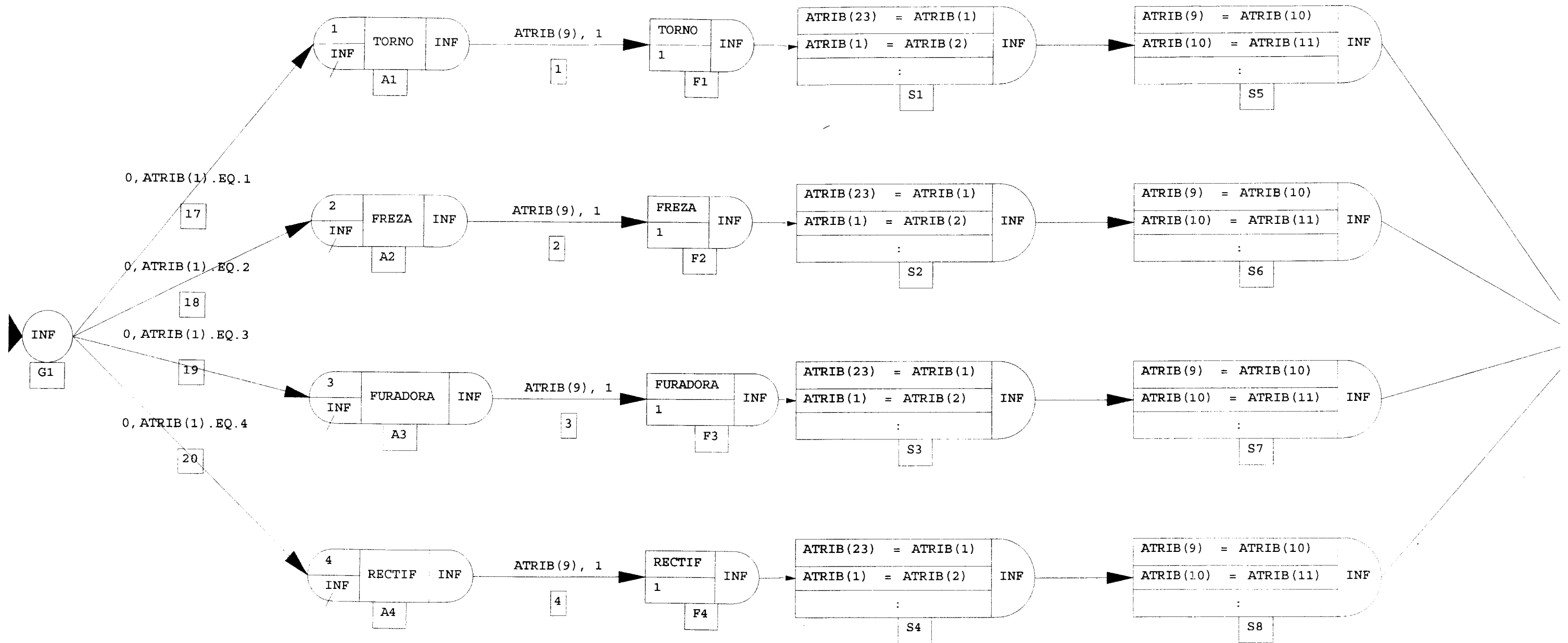
A entidade volta assegurar de novo para o nó goon G1 para um novo ciclo de operação.

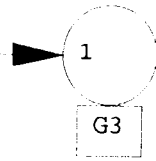
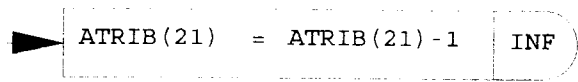
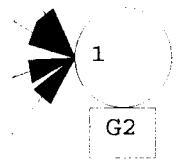
O que acabou de ser explicado para o torno passa-se do mesmo modo para as outras máquinas.

O motivo de existirem 10 caminhos, (CTOA, CTOB, CFRA, CFRB, CFRC, CFUA, CFUB, CREA, CREB e CREC) e não apenas 4 (CTOR, CFREZ, CFUR e CRECT) prende-se com a necessidade de diferenciar e individualizar todos os caminhos possíveis, para efeitos da animação, mas o raciocínio é idêntico par cada um dos 10 caminhos.



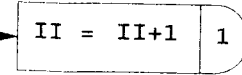






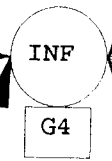
0, ATRIB(21).EQ.0

21



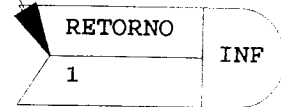
0, II.NE.61

22



0, II.EQ.61

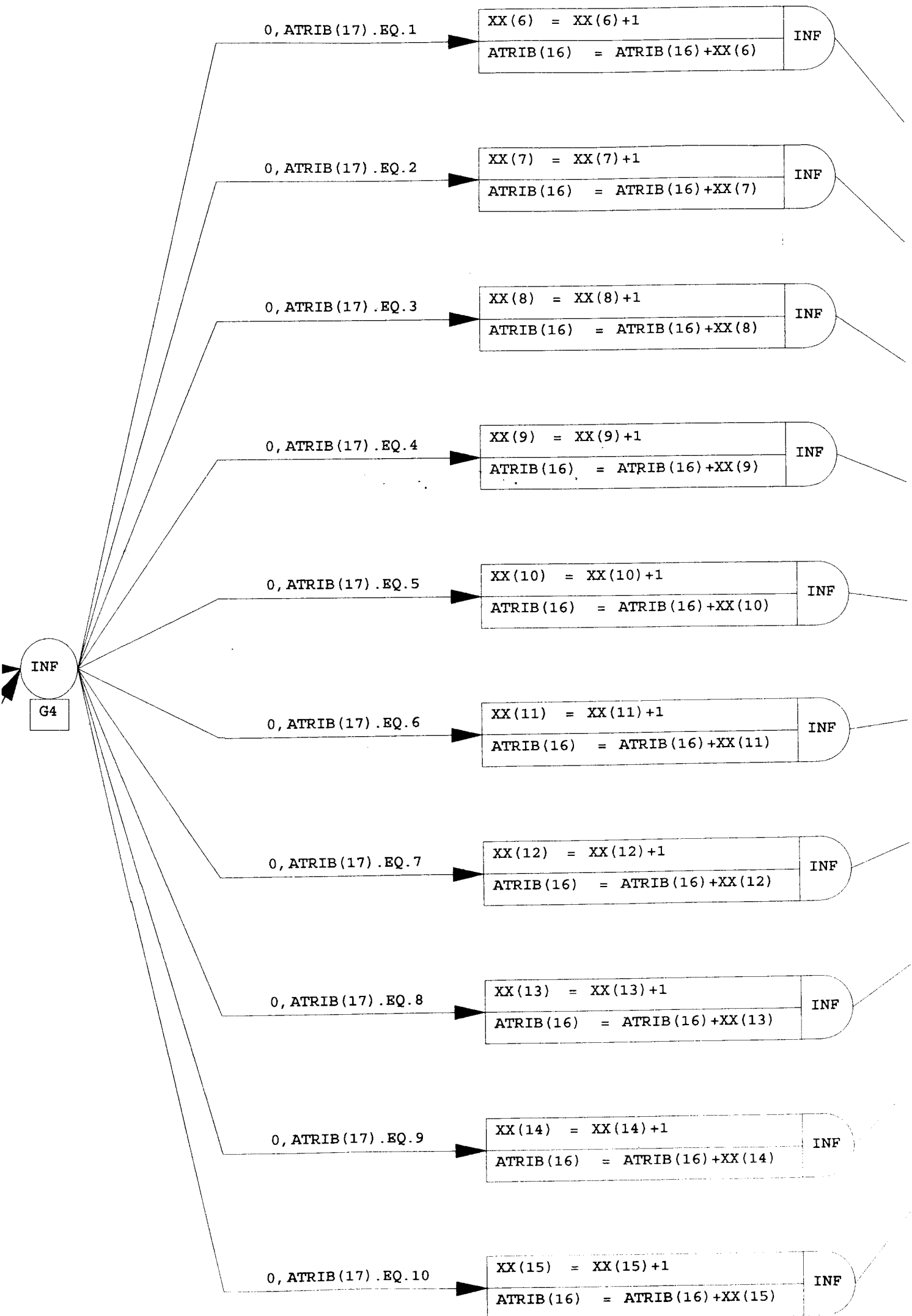
23

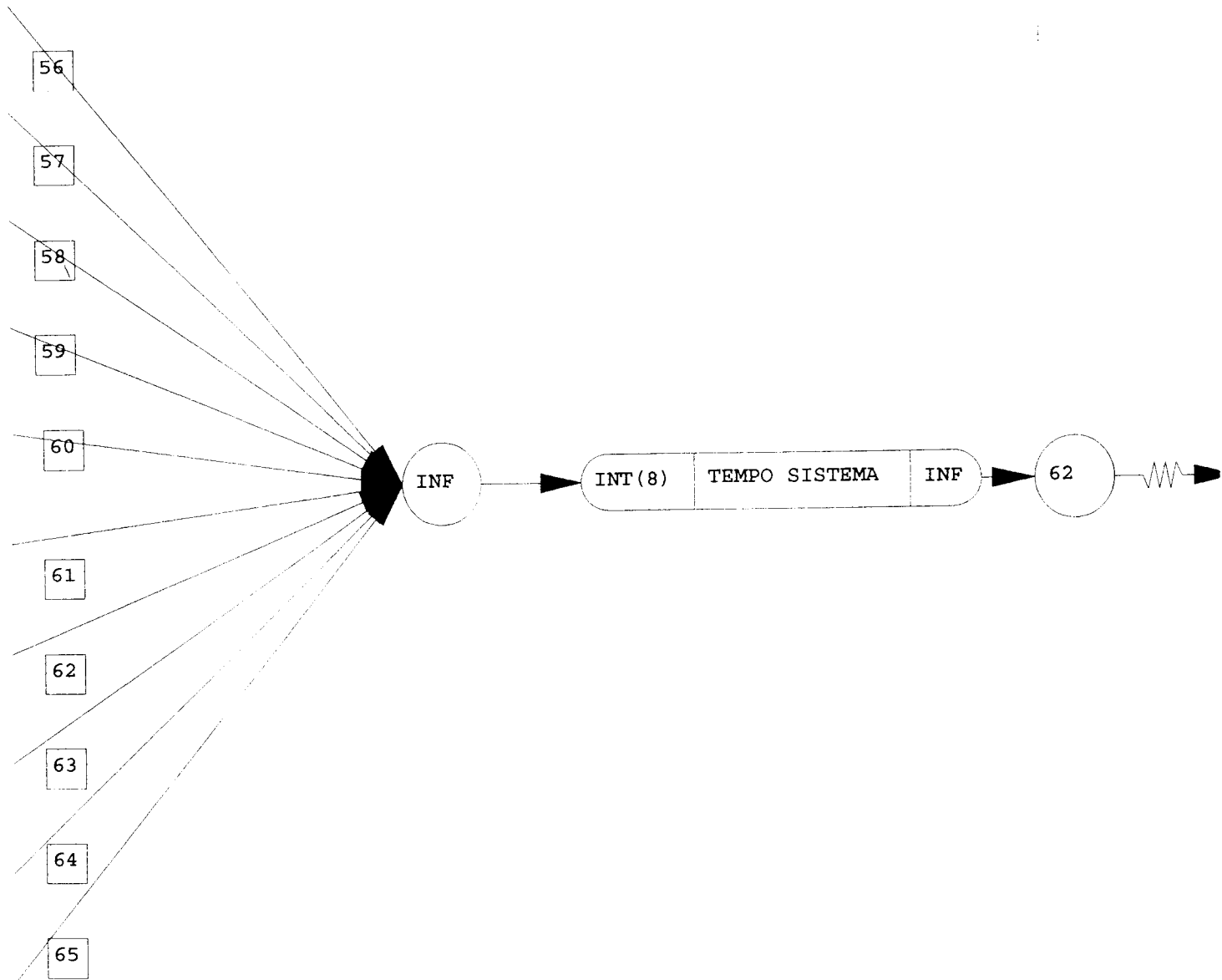


0, ATRIB(21).GT.0

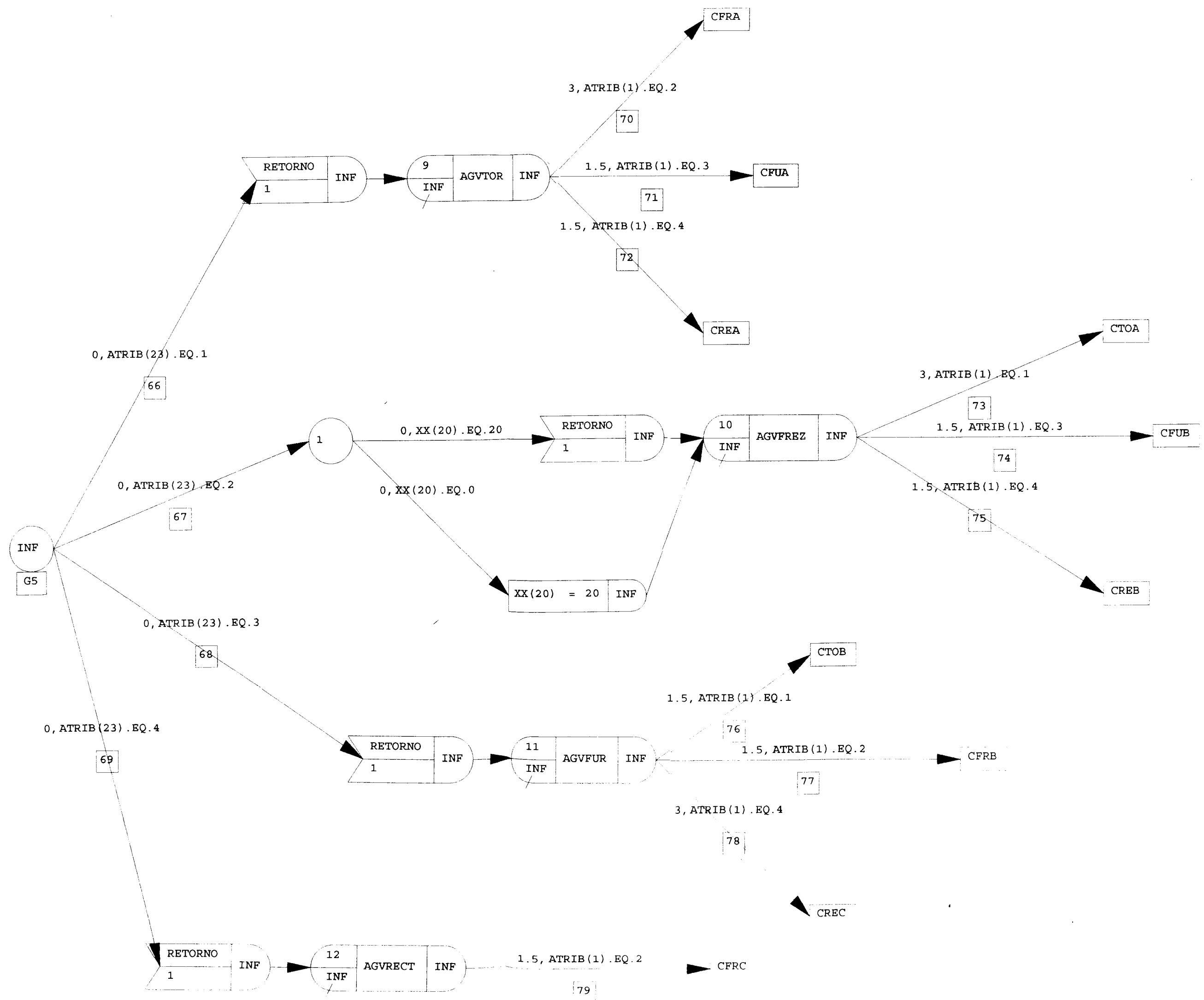
51

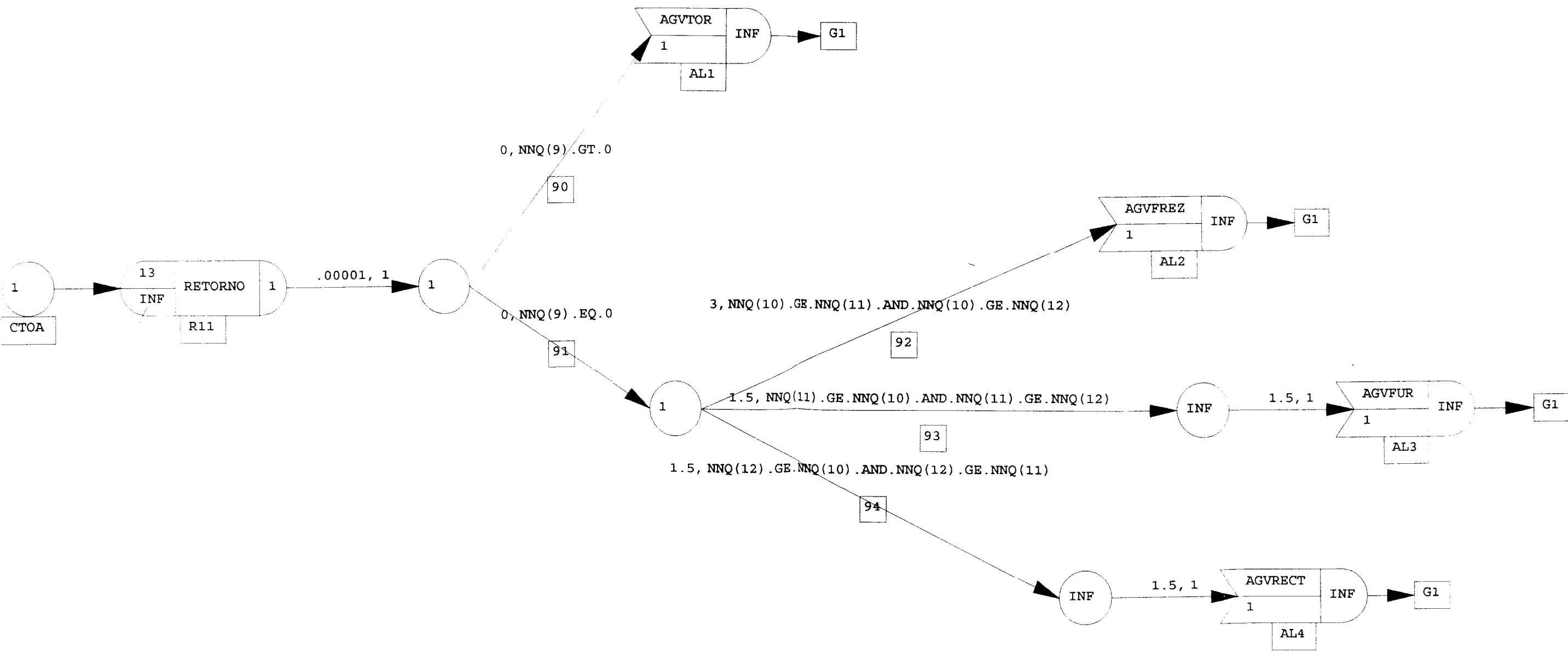
G5

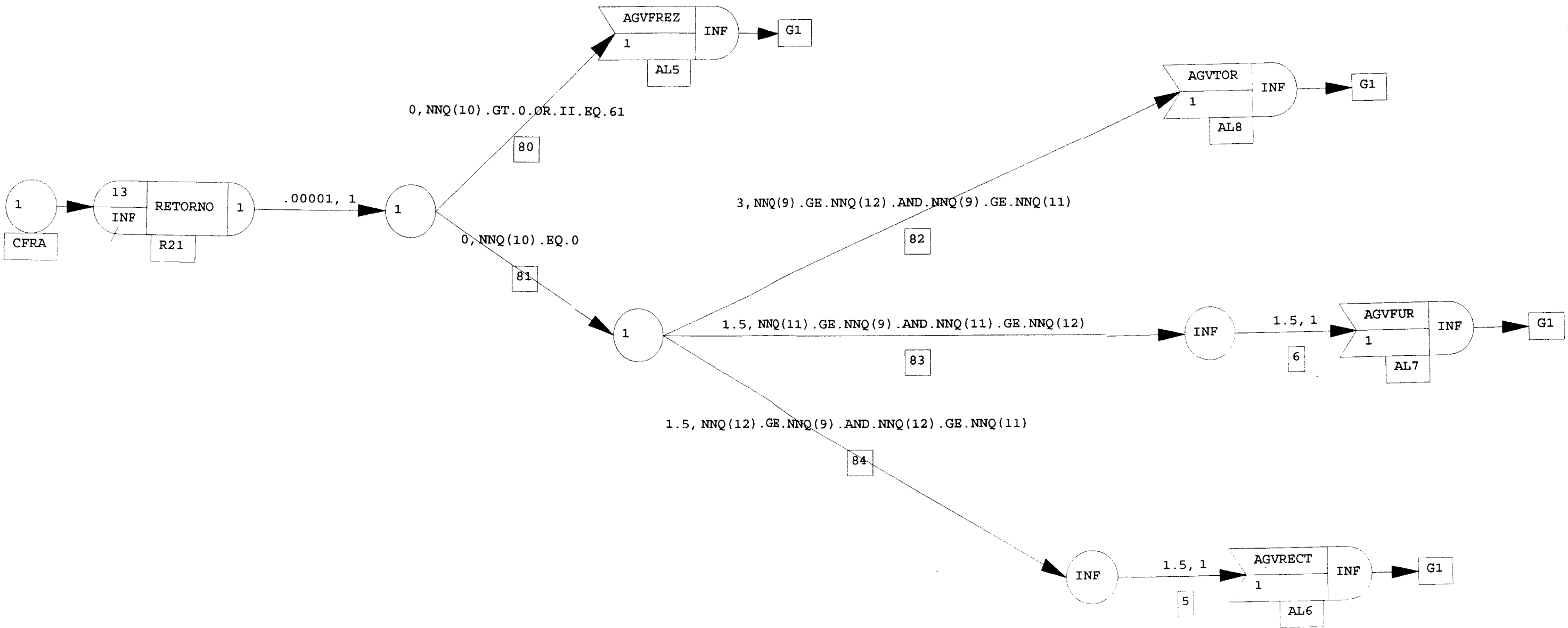


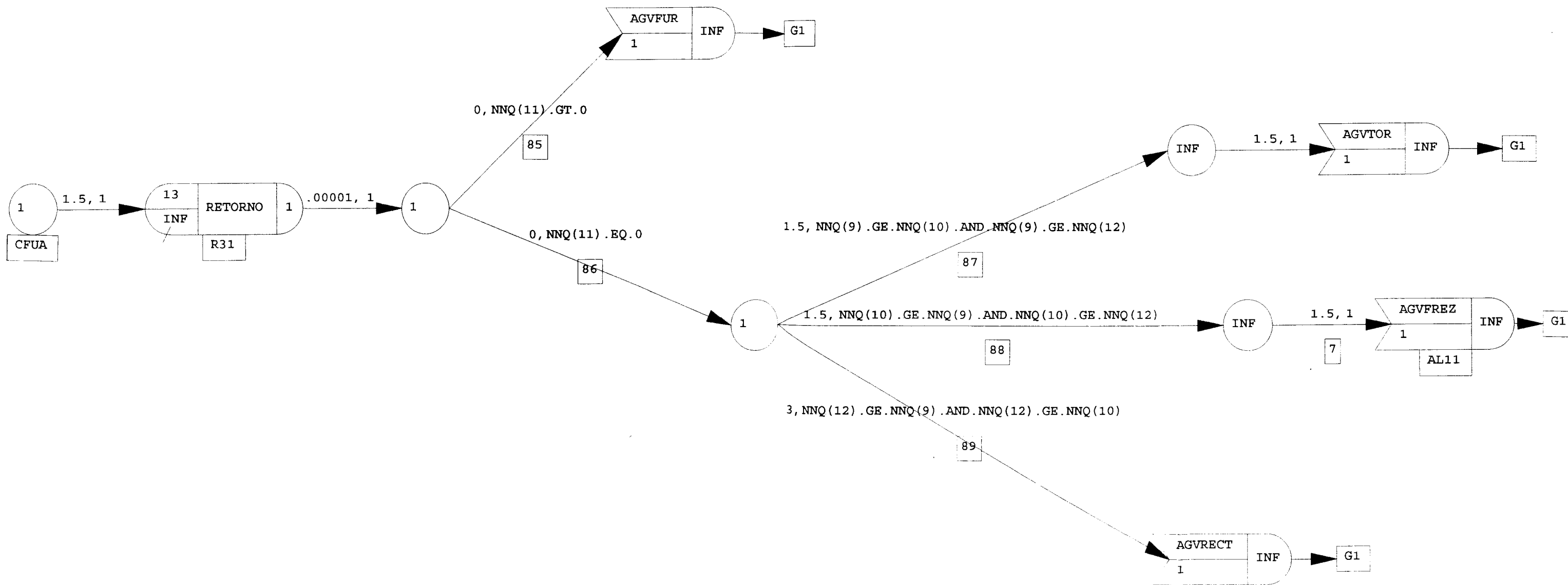


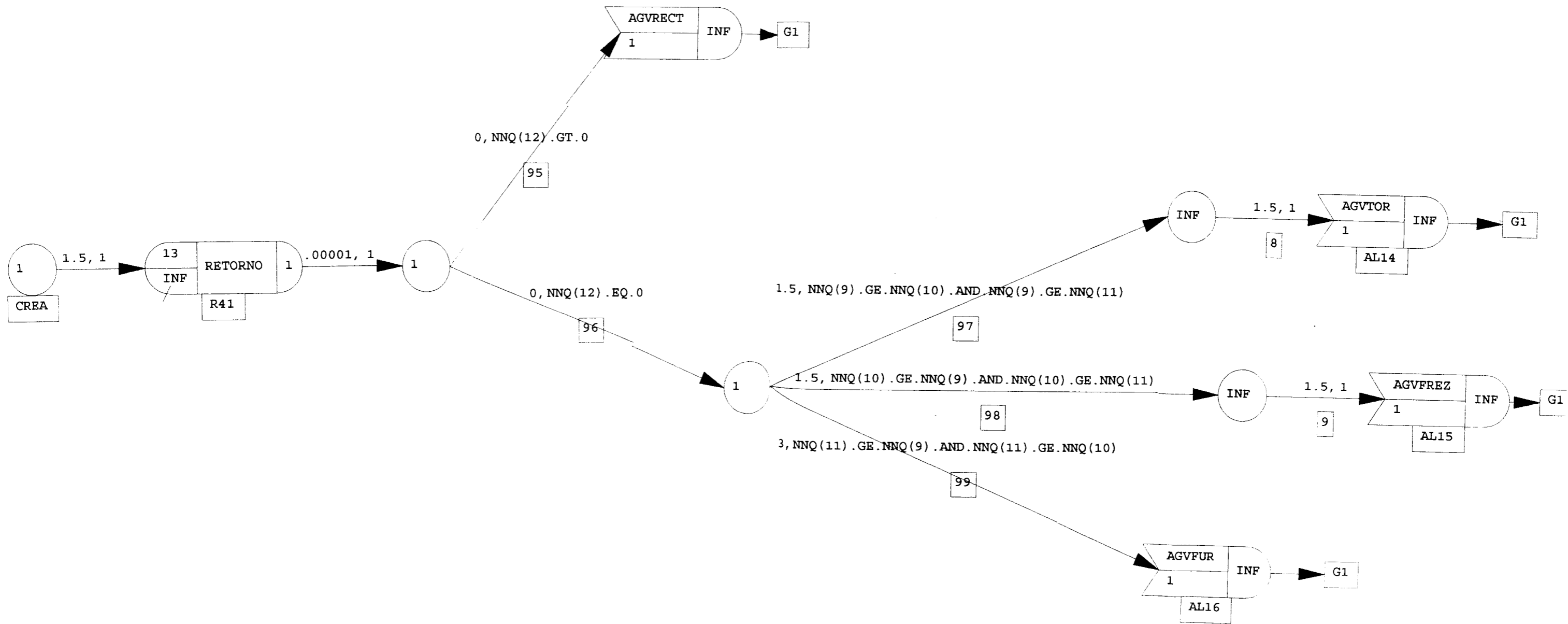


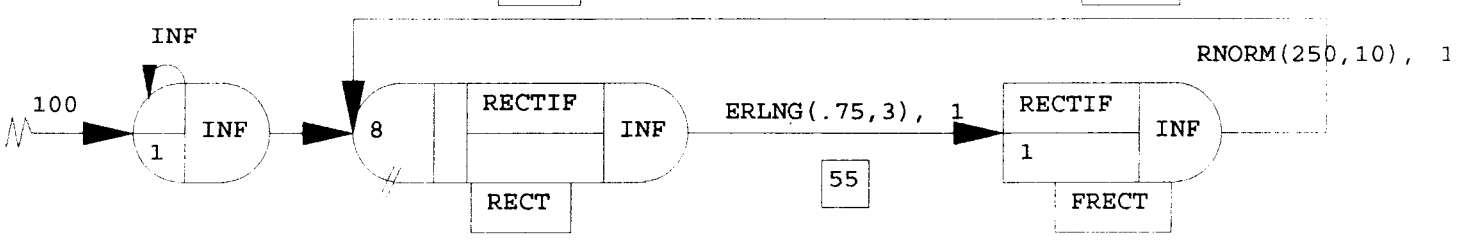
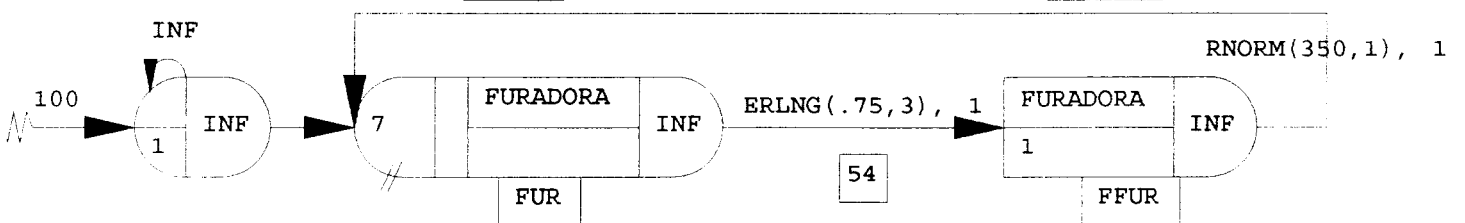
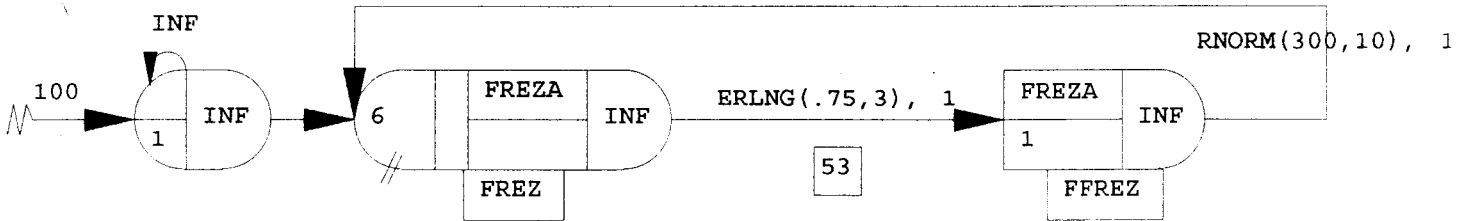
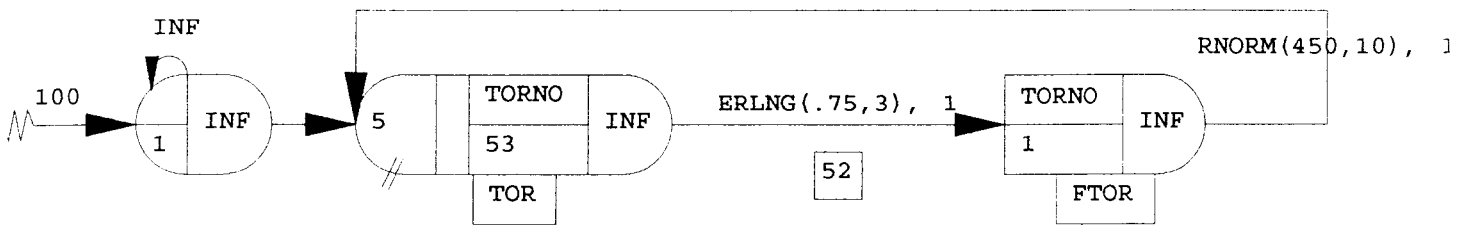












5	AGVTOR	0	9
---	--------	---	---

1	TORNO	1	5	1
---	-------	---	---	---

9	RETORNO	0	13
---	---------	---	----

6	AGVFREZ	1	10
---	---------	---	----

2	FREZA	1	6	2
---	-------	---	---	---

7	AGVFUR	0	11
---	--------	---	----

3	FURADORA	1	7	3
---	----------	---	---	---

8	AGVRECT	0	12
---	---------	---	----

4	RECTIF	1	8	4
---	--------	---	---	---

## 5.2 - CONTROL

O CONTROL usado no nosso modelo foi o seguinte:

```
GEN,ALBERTO & PEDRO,SEMINARIO,8/26/1993,1,Y,Y,Y/Y,Y,Y/1,132;  
LIMITS,13,26,120;  
NETWORK;  
INITIALIZE,,2000,Y;  
MONTR,TRACE,,ATRIB(16),ATRIB(21),ATRIB(17);  
FIN;
```

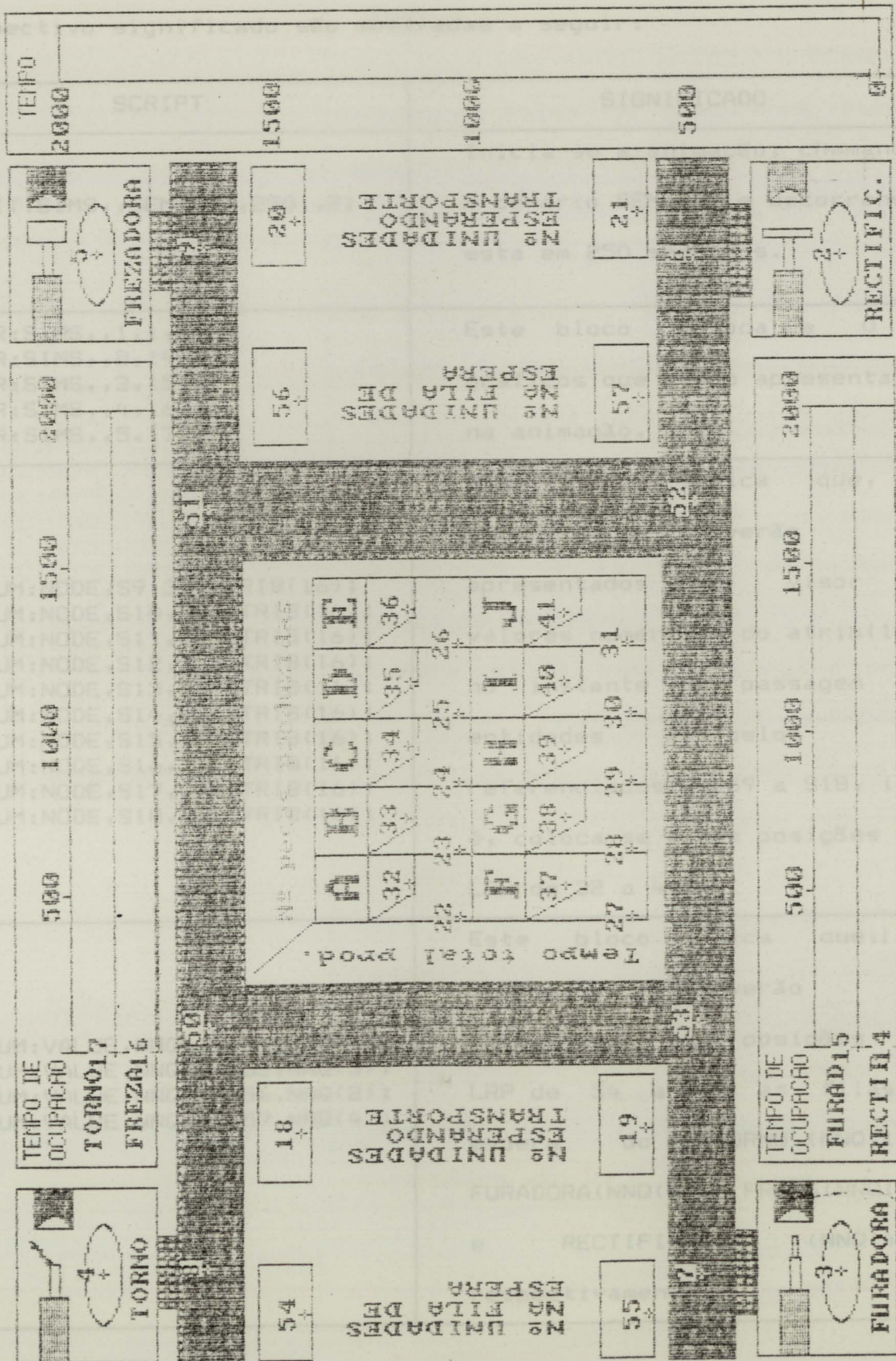
O seu significado é o seguinte:

GEN -----	ALBERTO & PEDRO - nome. SEMINARIO - projecto. 8/26/1993 - data. 1 - nº de corridas do nosso modelo de simulação. Y,Y,Y/Y,Y,Y/1 - opções para a saída de resultados. 132 - nº de colunas a ser usadas na folha de resultados.
LIMITS ---	13 - nº de filas de espera utilizadas no nosso modelo. 26 - nº de ordem do maior atributo por entidade. 120 - máximo nº possível de entidades concorrentes numa determinada fila de espera ao mesmo tempo.
INITIALIZE	., - por defeito o tempo de inicio da simulação corresponde ao tempo 0. 2000 - a simulação termina no instante da chegada da ultima entidade (62ª) ao nó TERMINATE. Por alguma razão, se nem todas as entidades conseguirem chegar ao fim,a simulação termina ao fim de 2000 unidades de tempo.
MONTR ----	Este comando faz-nos um trace, em que nos descreve o comportamento das variáveis atrib(16), atrib(21) e atrib(17) durante toda a simulação.



### 5.3 - FACILITY BUILDING

O cenário com os respectivos LRPs, utilizados para a animação do nosso modelo, estão apresentados na figura abaixo:



## 5.4 - SCRIPT

Para uma interpretação correcta e rápida do SCRIPT, aconselha-se uma visualização simultânea do cenário, exposto no ponto anterior.

Todas as instruções utilizadas no SCRIPT do nosso modelo e respectivo significado são mostradas a seguir:

SCRIPT	SIGNIFICADO
INIT:SIMS,,SEMINAR,250,,2;	Inicia-se a animação, chamando o cenário SEMINAR e decorrendo esta em 250 segundos.
BAR:SIMS,,1,1,0; BAR:SIMS,,2,14,0; BAR:SIMS,,3,15,0; BAR:SIMS,,4,16,0; BAR:SIMS,,5,17,0;	Este bloco coloca a 0 os gráficos que serão apresentados na animação.
INUM:NODE,S9,32,ATRIB(16); INUM:NODE,S10,33,ATRIB(16); INUM:NODE,S11,34,ATRIB(16); INUM:NODE,S12,35,ATRIB(16); INUM:NODE,S13,36,ATRIB(16); INUM:NODE,S14,37,ATRIB(16); INUM:NODE,S15,38,ATRIB(16); INUM:NODE,S16,39,ATRIB(16); INUM:NODE,S17,40,ATRIB(16); INUM:NODE,S18,41,ATRIB(16);	Este bloco indica que, na animação deverão ser apresentados no visor os valores numéricos do atrib(16), no instante da passagem das entidades pelos nós referenciados de S9 a S18, isto é, coloca-se 0 nas posições dos LRP de 32 a 41.
INUM:VALUE,NNQ(1),54,NNQ(1); INUM:VALUE,NNQ(3),55,NNQ(3); INUM:VALUE,NNQ(2),56,NNQ(2); INUM:VALUE,NNQ(4),57,NNQ(4);	Este bloco indica que, na animação deverão ser apresentadas nas posições dos LRP de 54 a 57 as filas de espera do TORNO (NNQ(1)), FURADORA(NNQ(3)), FREZA(NNQ(2)) e RECTIFICADORA (NNQ(4)), respectivamente.

SCRIPT (CONTINUAÇÃO)	SIGNIFICADO
<pre> FILL:ACTS,1,14,4; FILL:NODE,F1,10,4; FILL:NODE,TOR,4,4; FILL:NODE,FTOR,10,4; FILL:ACTS,2,14,5; FILL:NODE,F2,10,5; FILL:NODE,FREZ,4,5; FILL:NODE,FFREZ,10,5; FILL:ACTS,3,14,3; FILL:NODE,F3,10,3; FILL:NODE,FUR,4,3; FILL:NODE,FFUR,10,3; FILL:NODE,S9,10,2; FILL:ACTS,4,14,2; FILL:NODE,F4,10,2; FILL:NODE,RECT,4,2; FILL:NODE,FRECT,10,2; </pre>	<p>Este bloco tem a função de mudar a cor das máquinas: VERDE, AMARELO e VERMELHO, consoante estas se encontrem livres, ocupadas ou avariadas respectivamente.</p> <p>Quando uma entidade passa por uma das actividades referenciadas de 1 a 4 dá-se a coloração da máquina com a cor de código 14 (AMARELO).</p> <p>Quando uma entidade termina a operação isto é, quando entra nos nós FREE referenciados de F1 a F4 a máquina respectiva é colocada com a cor de código 10 (VERDE).</p> <p>Sempre que uma entidade chega a um dos nós PREEMPT (TOR, FREZ, FUR ou RECT), a respectiva máquina é colocada com a cor de código 4 (VERMELHO). Após reparação da máquina, isto é, quando a entidade que sai do nó PREEMPT e chega ao nó FREE respectivo (FTOR, FFREZ, FFUR ou FRECT), a respectiva máquina é novamente colocada com a cor de código 10 (VERDE).</p> <p>Os LRP de localização destas instruções vão de 2 a 5.</p>

SCRIPT (CONTINUAÇÃO)	SIGNIFICADO
<pre> BAR:NODE,F1,1,1,TNOW; BAR:NODE,F2,1,1,TNOW; BAR:NODE,F3,1,1,TNOW; BAR:NODE,F4,1,1,TNOW; BAR:NODE,G1,1,1,TNOW; </pre>	<p>Este bloco tem a função de actualizar o gráfico que representa o tempo de duração da simulação. Este gráfico é actualizado sempre que uma entidade atravessa um dos nós referenciados de F1 a F4 e G1. Este é o gráfico nº 1, e é apresentado a partir do LRP 1. A variável de contagem de tempo é a variável de sistema TNOW.</p>
<pre> BAR:NODE,G2,5,17,XX(2); BAR:NODE,G2,4,16,XX(3); BAR:NODE,G2,3,15,XX(4); BAR:NODE,G2,2,14,XX(5); </pre>	<p>Este bloco tem a função de actualizar os 4 gráficos que representam os tempos de ocupação do TORNO (representado no LRP 17), FREZADORA (representado no LRP 16), FURADORA (representado no LRP 15) e RECTIFICADORA (representado no LRP 14). Os tempos de ocupação das máquinas são representados através do valor das variáveis XX(2) a XX(5).</p> <p>Estes gráficos são actualizados sempre que uma entidade atravessa o nó GOON referenciado como G2.</p>

SCRIPT (CONTINUAÇÃO)	SIGNIFICADO
<pre>SMOOTH:ACTS,70,1,8,9,.FALSE.,0; SMOOTH:ACTS,71,1,8,50,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,CFUA,1,50,53,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,R31,1,53,7,.FALSE.,0; SMOOTH:ACTS,72,1,8,50,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,CREA,1,50,53,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,R41,1,53,6,.FALSE.,0;</pre>	<p>Este bloco vai fazer todos os movimentos que saiem do TORNO com peça (símbolo 1).</p> <p>Quando alguma entidade passar na actividade 70, faz-se o percurso TORNO-FREZA; quando passar na actividade 71, nó CFUA e nó R31, faz-se o percurso TORNO-FURADORA; quando passar na actividade 72, nó CREA e nó R41, faz-se o percurso TORNO-RECTIFIC.</p>
<pre>SMOOTH:ACTS,82,2,9,8,.FALSE.,0; SMOOTH:ACTS,83,2,9,51,.FALSE.,0; SMOOTH:ACTS,6,2,51,52,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,AL7,2,52,7,.FALSE.,0; SMOOTH:ACTS,84,2,9,51,.FALSE.,0; SMOOTH:ACTS,5,2,51,52,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,AL6,2,52,6,.FALSE.,0;</pre>	<p>Este bloco vai fazer todos os retornos da FREZA sem peça (símbolo 2), após se ter feito o percurso TORNO-FREZA com peça.</p> <p>Quando alguma entidade passar na actividade 82, faz-se o percurso FREZA-TORNO; quando passar actividade 83, actividade 6 e nó AL7, faz-se o percurso FREZA-FURADORA; quando passar na actividade 84, actividade 5 e nó AL6, faz-se o percurso FREZA-RECTIFICADORA.</p>

SCRIPT (CONTINUAÇÃO)	SIGNIFICADO
<pre>SMOOTH:ACTS,88,2,7,53,.FALSE.,0; SMOOTH:ACTS,7,2,53,50,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,AL11,2,50,9,.FALSE.,0;</pre>	<p>Este bloco vai fazer o retorno da FURADORA sem peça (símbolo 2), após se ter feito o percurso TORNO-FURADORA com peça.</p> <p>Quando alguma entidade passar na actividade 88, actividade 7 e nó AL11, faz-se o percurso FURADORA-FREZADORA.</p> <p>Os restantes retornos da FURADORA não são escritos no SCRIPT, pois através da análise dos resultados sumários fornecidos pelo programa (SUMMARY REPORT), vê-se que não há mais nenhum retorno da FURADORA.</p>
<pre>SMOOTH:ACTS,97,2,6,52,.FALSE.,0; SMOOTH:ACTS,8,2,52,51,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,AL14,2,51,8,.FALSE.,0;  SMOOTH:ACTS,98,2,6,52,.FALSE.,0; SMOOTH:ACTS,9,2,52,51,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,AL15,2,51,9,.FALSE.,0;  SMOOTH:ACTS,99,2,6,7,.FALSE.,0;</pre>	<p>Este bloco vai fazer todos os retornos da RECTIFICADORA sem peça (símbolo 2), após se ter feito o percurso TORNO-RECTIFICADORA com peça.</p> <p>Quando alguma entidade passar na act. 97, act. 8 e nó AL14, faz-se o percurso RECTIFICADORA-TORNO; quando passar na act. 98, act. 9 e nó AL15, faz-se o percurso RECT.-FREZA; quando passar na act. 99, faz-se o percurso RECTIFICADORA-FURADORA.</p>

SCRIPT (CONTINUAÇÃO)	SIGNIFICADO
<p>SMOOTH:ACTS,73,1,9,8,.FALSE.,0;  SMOOTH:ACTS,74,1,9,51,.FALSE.,0;  SMOOTH:NODE,CFUB,1,51,52,.FALSE.,0;  SMOOTH:NODE,R32,1,52,7,.FALSE.,0;  SMOOTH:ACTS,75,1,9,51,.FALSE.,0;  SMOOTH:NODE,CREB,1,51,52,.FALSE.,0;  SMOOTH:NODE,R42,1,52,6,.FALSE.,0;</p>	<p>Este bloco vai fazer todos os movimentos que saiem da FREZA com peça (símbolo 1).  Os percursos da FREZA para uma das restantes máquinas, faz-se segundo um raciocinio idêntico ao que se fez nos movimentos que saiem do TORNO com peça.</p>
<p>SMOOTH:ACTS,92,2,8,9,.FALSE.,0;</p>	<p>Esta instrução vai fazer o retorno do TORNO para a FREZA sem peça (símbolo 2), após se ter feito o percurso FREZA-TORNO com peça.</p>
<p>SMOOTH:ACTS,28,2,7,53,.FALSE.,0;  SMOOTH:ACTS,29,2,53,50,.FALSE.,0;  SMOOTH:NODE,AL20,2,50,9,.FALSE.,0;</p>	<p>Este bloco vai fazer o retorno da FURADORA para a FREZA sem peça (símbolo 2), após se ter feito o percurso FREZA-FURADORA com peça.</p>
<p>SMOOTH:ACTS,30,2,6,52,.FALSE.,0;  SMOOTH:ACTS,31,2,52,51,.FALSE.,0;  SMOOTH:NODE,AL27,2,51,8,.FALSE.,0;  SMOOTH:ACTS,32,2,6,52,.FALSE.,0;  SMOOTH:ACTS,33,2,52,51,.FALSE.,0;  SMOOTH:NODE,AL28,2,51,9,.FALSE.,0;  SMOOTH:ACTS,34,2,6,7,.FALSE.,0;</p>	<p>Este bloco vai fazer todos os retornos da RECTIFICADORA sem peça (símbolo 2), após se ter feito o percurso FREZA-RECTIFICADORA com peça.</p>

SCRIPT (CONTINUAÇÃO)	SIGNIFICADO
<pre>SMOOTH:ACTS,76,1,7,53,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,CT08,1,53,50,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,R12,1,50,8,.FALSE.,0;  SMOOTH:ACTS,77,1,7,53,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,CFR8,1,53,50,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,R22,1,50,9,.FALSE.,0;  SMOOTH:ACTS,78,1,7,6,.FALSE.,0;</pre>	<p>Este bloco vai fazer todos os movimentos que saiem da FURADORA com peça (símb.1).</p> <p>Os percursos da FURADORA para uma das restantes máq., faz-se segundo um raciocinio idêntico ao que se fez nos movimentos que saiem do TORNO com peça.</p>
<pre>SMOOTH:ACTS,10,2,8,9,.FALSE.,0;</pre>	<p>Esta instrução vai fazer o retorno do TORNO para a FREZA sem peça (símbolo 2), após se ter feito o percurso FURADORA-TORNO com peça</p>
<pre>SMOOTH:ACTS,11,2,9,8,.FALSE.,0;  SMOOTH:ACTS,12,2,9,51,.FALSE.,0; SMOOTH:ACTS,13,2,51,52,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,AL23,2,52,7,.FALSE.,0;  SMOOTH:ACTS,14,2,9,51,.FALSE.,0; SMOOTH:ACTS,15,2,51,52,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,AL24,2,52,6,.FALSE.,0;</pre>	<p>Este bloco vai fazer todos os retornos da FREZADORA sem peça (símbolo 2), após se ter feito o percurso FURADORA-FREZADORA com peça.</p>
<pre>SMOOTH:ACTS,35,2,6,52,.FALSE.,0; SMOOTH:ACTS,36,2,52,51,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,AL30,2,51,8,.FALSE.,0;  SMOOTH:ACTS,37,2,6,52,.FALSE.,0; SMOOTH:ACTS,38,2,52,51,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,AL31,2,51,9,.FALSE.,0;  SMOOTH:ACTS,39,2,6,7,.FALSE.,0;</pre>	<p>Este bloco vai fazer todos os retornos da RECTIFICADORA sem peça (símbolo 2), após se ter feito o percurso FURADORA-RECTIFICADORA com peça.</p>



SCRIPT (CONTINUAÇÃO)	SIGNIFICADO
<pre>SMOOTH:ACTS,79,1,6,52,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,CFRC,1,52,51,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,R23,1,51,9,.FALSE.,0;</pre>	<p>Este bloco vai fazer o movimento RECTIFICADORA-FREZADORA com peça (símbolo 1).</p> <p>Os restantes movimentos da da RECTIFICADORA para as restantes máquinas não são escritos no SCRIPT, pois através da análise dos resultados sumários fornecidos pelo programa SLAM (SUMMARY REPORT), vê-se que não há mais nenhum movimento da RECTIFICADORA.</p>
<pre>SMOOTH:ACTS,16,2,9,8,.FALSE.,0; SMOOTH:ACTS,24,2,9,51,.FALSE.,0; SMOOTH:ACTS,25,2,51,52,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,AL25,2,52,7,.FALSE.,0; SMOOTH:ACTS,26,2,9,51,.FALSE.,0; SMOOTH:ACTS,27,2,51,52,.FALSE.,0; SMOOTH:NODE,AL26,2,52,6,.FALSE.,0;</pre>	<p>Este bloco vai fazer todos os retornos da FREZADORA sem peça (símbolo 2), após se ter feito o percurso RECTIFICAD.-FREZA com peça.</p>
<pre>INUM:VALUE,NNQ(9),18,NNQ(9); INUM:VALUE,NNQ(11),19,NNQ(11); INUM:VALUE,NNQ(10),20,NNQ(10); INUM:VALUE,NNQ(12),21,NNQ(12);</pre>	<p>Este bloco indica que, na animação deverão ser apresentadas nas posições dos LRP de 18 a 21, as filas de espera de transporte do TORNO(NNQ(9)), FURADORA (NNQ(11)), FREZA(NNQ(10)) e RECTIFICADORA(NNQ(12)), respectivamente.</p>

SCRIPT (CONTINUAÇÃO)	SIGNIFICADO
<pre> INUM:ACTS,56,32,ATRIB(16); INUM:ACTS,57,33,ATRIB(16); INUM:ACTS,58,34,ATRIB(16); INUM:ACTS,59,35,ATRIB(16); INUM:ACTS,60,36,ATRIB(16); INUM:ACTS,61,37,ATRIB(16); INUM:ACTS,62,38,ATRIB(16); INUM:ACTS,63,39,ATRIB(16); INUM:ACTS,64,40,ATRIB(16); INUM:ACTS,65,41,ATRIB(16); </pre>	<p>Este bloco indica, que na animação deverão ser apresentados no visor os valores numéricos do atrib(16), no instante da passagem das entidades pelas actividades referenciadas de 56 a 65, isto é, coloca-se o nº de peças produzidas de cada família nas posições dos LRP de 32 a 41.</p>
<pre> INUM:ACTS,56,22,TNOW; INUM:ACTS,57,23,TNOW; INUM:ACTS,58,24,TNOW; INUM:ACTS,59,25,TNOW; INUM:ACTS,60,26,TNOW; INUM:ACTS,61,27,TNOW; INUM:ACTS,62,28,TNOW; INUM:ACTS,63,29,TNOW; INUM:ACTS,64,30,TNOW; INUM:ACTS,65,31,TNOW; </pre>	<p>Este bloco indica, que na animação deverão ser apresentados no visor os valores numéricos do tempo actual na simulação, no instante da passagem das entidades pelas actividades referenciadas de 56 a 65, isto é, quando uma entidade de uma dada família termina todas as operações a que está sujeita, coloca-se no visor o tempo ao qual cada peça de cada família, fica produzida. Estes valores são colocados nas posições dos LRP de 22 a 31.</p>
<pre> EXIT:SIMC,; </pre>	<p>Esta instrução termina a animação.</p>

## 6 - EXEMPLOS EXEMPLIFICATIVOS DO MODELO EM FUNCIONAMENTO

Na figura 1 mostra-se o transportador carregando uma peça fazendo o transporte entre duas das máquinas. Nesta também se vê o estado das máquinas, estando o TORNO, a FREZADORA e a FURADORA ocupadas (cor amarela), enquanto que a RECTIFICADORA está avariada (cor vermelha).

Na figura 2 mostra-se o transportador fazendo o percurso entre duas das máquinas vazio (sem peça). Nesta também se vê o estado das máquinas, estando o TORNO, a FREZADORA e a FURADORA livres (cor verde), enquanto que a RECTIFICADORA está ocupada (cor amarela).



FIGURA 1



FIGURA 2

## 7 - RESULTADOS OBTIDOS DO MODELO (REGRA FIFO)

Nas páginas seguintes, apresentam-se os resultados extraídos do SLAM II (SUMMARY REPORT) para a situação inicial (ponto 7.1) e situações alternativas (pontos 7.2 a 7.5). Estes resultados foram obtidos segundo a regra FIFO - First In First Out, que por defeito é a utilizada pelo SLAM II, isto nas prioridades das filas de espera. Caso se quisesse simular outras regras de sequenciamento (como por exemplo MOR - Most Operations Remaining, LOR - Least Operations Remaining, LPT - Longest Processing Time, SPT - Shortest Processing Time, LIFO - Last in First Out, etc), dever-se-ia acrescentar ao CONTROL a instrução PRIORITY, que é usada para estabelecer o critério de prioridade numa determinada fila de espera.

7.1 - QUATRO MAQUINAS (1 TORNO,1 FREZA,1 FURADORA,1 RECTIF.)

SIMULATION PROJECT SEMINARIO

BY ALBERTO & PEDRO

DATE 8/26/1993

RUN NUMBER 1 OF 1

CURRENT TIME .1870E+04

STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

\*\*STATISTICS FOR VARIABLES BASED ON OBSERVATION\*\*

	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	COEFF. OF VARIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NO.OF OBS
TEMPO SISTEMA	.929E+03	.496E+03	.534E+00	.219E+03	.187E+04	62

\*\*FILE STATISTICS\*\*

FILE NUMBER	LABEL/TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH	AVERAGE WAIT TIME
1	A1 AWAIT	7.883	11.347	29	0	186.556
2	A2 AWAIT	1.881	4.264	23	0	45.665
3	A3 AWAIT	3.567	6.090	17	0	119.090
4	A4 AWAIT	10.920	9.232	28	0	378.065
5	TOR PREEMPT	.000	.000	1	0	.000
6	FREZ PREEMPT	.000	.000	1	0	.000
7	FUR PREEMPT	.000	.000	1	0	.000
8	RECT PREEMPT	.000	.000	1	0	.000
9	AWAIT	1.216	2.320	11	0	28.774
10	ZACJ AWAIT	1.045	2.021	9	0	32.561
11	AWAIT	1.386	2.383	12	0	46.286
12	AWAIT	.010	.098	1	0	2.000
13	R11 AWAIT	.516	.500	1	0	4.731
14	CALENDAR	6.398	1.635	18	4	2.073

\*\*REGULAR ACTIVITY STATISTICS\*\*

ACTIVITY INDEX/LABEL	AVERAGE UTILIZATION	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL	CURRENT UTIL	ENTITY COUNT
1	.3493	.4767	1	0	79
2	.4028	.4905	1	0	77
3	.3268	.4690	1	0	56
4	.8718	.3343	1	0	54
5	.0000	.0000	0	0	0
6	.0024	.0490	1	0	3
7	.0024	.0490	1	0	3
8	.0080	.0892	1	0	10
9	.0032	.0566	1	0	4
10	.0000	.0000	0	0	0
11	.0000	.0000	0	0	0
12	.0016	.0400	1	0	2
13	.0016	.0400	1	0	2
14	.0000	.0000	0	0	0

15	.0000	.0000	0	0	0
16	.0000	.0000	0	0	0
17	.0000	.0000	1	0	79
18	.0000	.0000	1	0	77
19	.0000	.0000	1	0	56
20	.0000	.0000	1	0	54
21	.0000	.0000	1	0	62
22	.0000	.0000	1	0	61
23	.0000	.0000	1	0	1
24	.0000	.0000	0	0	0
25	.0000	.0000	0	0	0
26	.0048	.0692	1	0	6
27	.0048	.0692	1	0	6
28	.0008	.0283	1	0	1
29	.0008	.0283	1	0	1
30	.0008	.0283	1	0	1
31	.0008	.0283	1	0	1
32	.0048	.0692	1	0	6
33	.0048	.0692	1	0	6
34	.0000	.0000	0	0	0
35	.0136	.1160	1	0	17
36	.0136	.1160	1	0	17
37	.0000	.0000	0	0	0
38	.0000	.0000	0	0	0
39	.0144	.1193	1	0	9
41	.0000	.0000	1	0	5
42	.0000	.0000	1	0	10
43	.0000	.0000	1	0	8
44	.0000	.0000	1	0	10
45	.0000	.0000	1	0	9
46	.0000	.0000	1	0	5
47	.0000	.0000	1	0	5
48	.0000	.0000	1	0	4
49	.0000	.0000	1	0	2
50	.0000	.0000	1	0	4
51	.0000	.0000	1	0	204
52	.0036	.0600	1	0	4
53	.0043	.0654	1	0	6
54	.0069	.0826	1	0	6
55	.0103	.1007	1	0	8
56	.0000	.0000	1	0	5
57	.0000	.0000	1	0	10
58	.0000	.0000	1	0	8
59	.0000	.0000	1	0	10
60	.0000	.0000	1	0	9
61	.0000	.0000	1	0	5
62	.0000	.0000	1	0	5
63	.0000	.0000	1	0	4
64	.0000	.0000	1	0	2
65	.0000	.0000	1	0	4
66	.0000	.0000	1	0	79
67	.0000	.0000	1	0	60
68	.0000	.0000	1	0	56
69	.0000	.0000	1	0	9
70	.0385	.1924	1	0	24
71	.0297	.1697	1	0	37
72	.0144	.1193	1	0	18
73	.0738	.2615	1	0	46
74	.0040	.0632	1	0	5
75	.0072	.0847	1	0	9
76	.0072	.0847	1	0	9
77	.0160	.1257	1	0	20
78	.0433	.2036	1	0	27
79	.0072	.0847	1	0	9
80	.0000	.0000	1	0	18

81	.0000	.0000	1	0	6
82	.0048	.0692	1	0	3
83	.0024	.0490	1	0	3
84	.0000	.0000	0	0	0
85	.0000	.0000	1	0	34
86	.0000	.0000	1	0	3
87	.0000	.0000	0	0	0
88	.0024	.0490	1	0	3
89	.0000	.0000	0	0	0
90	.0000	.0000	1	0	40
91	.0000	.0000	1	0	6
92	.0096	.0976	1	0	6
93	.0000	.0000	0	0	0
94	.0000	.0000	0	0	0
95	.0000	.0000	0	0	0
96	.0000	.0000	1	0	18
97	.0080	.0892	1	0	10
98	.0032	.0566	1	0	4
99	.0064	.0799	1	0	4

\*\*RESOURCE STATISTICS\*\*

RESOURCE NUMBER	RESOURCE LABEL	CURRENT CAPACITY	AVERAGE UTIL	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL	CURRENT UTIL
1	TORNO	1	.35	.478	1	0
2	FREZA	1	.41	.491	1	0
3	FURADORA	1	.33	.472	1	0
4	RECTIF	1	.88	.322	1	0
5	AGVTOR	80	62.18	25.135	79	79
6	AGVFREZ	60	49.97	14.776	60	60
7	AGVFUR	56	42.89	18.523	56	56
8	AGVRECT	9	3.33	3.977	9	9
9	RETORNO	204	157.53	59.859	204	204

RESOURCE NUMBER	RESOURCE LABEL	CURRENT AVAILABLE	AVERAGE AVAILABLE	MINIMUM AVAILABLE	MAXIMUM AVAILABLE
1	TORNO	1	.6471	0	1
2	FREZA	1	.5929	0	1
3	FURADORA	1	.6663	0	1
4	RECTIF	1	.1179	0	1
5	AGVTOR	1	.0297	0	1
6	AGVFREZ	0	.0064	0	1
7	AGVFUR	0	.0000	0	0
8	AGVRECT	0	.0000	0	0
9	RETORNO	0	3.5397	0	17

7.2 - CINCO MAQUINAS (2 TORNOS,1 FREZA,1 FURADORA,1 RECTIF.)

SIMULATION PROJECT SEMINARIO

BY ALBERTO & PEDRO

DATE 8/26/1993

RUN NUMBER 1 OF 1

CURRENT TIME .1850E+04

STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

\*\*STATISTICS FOR VARIABLES BASED ON OBSERVATION\*\*

	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	COEFF. OF VARIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NO.OF OBS
TEMPO SISTEMA	.912E+03	.504E+03	.552E+00	.243E+03	.185E+04	62

\*\*FILE STATISTICS\*\*

FILE NUMBER	LABEL/TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH	AVERAGE WAIT TIME
1	A1 AWAIT	1.339	4.340	22	0	31.367
2	A2 AWAIT	2.564	4.666	23	0	61.597
3	A3 AWAIT	4.470	7.387	21	0	147.678
4	A4 AWAIT	11.301	8.476	26	0	387.166
5		.000	.000	0	0	.000
6		.000	.000	0	0	.000
7		.000	.000	0	0	.000
8		.000	.000	0	0	.000
9	AWAIT	3.382	4.954	18	0	79.190
10	ZAAS AWAIT	2.701	4.499	15	0	83.268
11	AWAIT	1.852	3.674	16	0	61.198
12	AWAIT	.022	.145	1	0	4.445
13	R11 AWAIT	.536	.499	1	0	4.858
14	CALENDAR	2.404	1.713	15	0	.790

\*\*REGULAR ACTIVITY STATISTICS\*\*

ACTIVITY INDEX/LABEL	AVERAGE UTILIZATION	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL	CURRENT UTIL	ENTITY COUNT
1	.3530	.7062	2	0	79
2	.4070	.4913	1	0	77
3	.3303	.4703	1	0	56
4	.8811	.3237	1	0	54
5	.0000	.0000	0	0	0
6	.0000	.0000	0	0	0
7	.0016	.0402	1	0	2
8	.0049	.0696	1	0	6
9	.0041	.0635	1	0	5
10	.0000	.0000	0	0	0
11	.0000	.0000	0	0	0
12	.0024	.0493	1	0	3
13	.0024	.0493	1	0	3
14	.0000	.0000	0	0	0



15	.0000	.0000	0	0	0
16	.0000	.0000	0	0	0
17	.0000	.0000	1	0	79
18	.0000	.0000	1	0	77
19	.0000	.0000	1	0	56
20	.0000	.0000	1	0	54
21	.0000	.0000	1	0	62
22	.0000	.0000	1	0	61
23	.0000	.0000	1	0	1
24	.0008	.0285	1	0	1
25	.0008	.0285	1	0	1
26	.0024	.0493	1	0	3
27	.0024	.0493	1	0	3
28	.0000	.0000	0	0	0
29	.0000	.0000	0	0	0
30	.0032	.0569	1	0	4
31	.0032	.0569	1	0	4
32	.0024	.0493	1	0	3
33	.0024	.0493	1	0	3
34	.0032	.0569	1	0	2
35	.0073	.0851	1	0	9
36	.0073	.0851	1	0	9
37	.0024	.0493	1	0	3
38	.0024	.0493	1	0	3
39	.0178	.1324	1	0	11
41	.0000	.0000	1	0	5
42	.0000	.0000	1	0	10
43	.0000	.0000	1	0	8
44	.0000	.0000	1	0	10
45	.0000	.0000	1	0	9
46	.0000	.0000	1	0	5
47	.0000	.0000	1	0	5
48	.0000	.0000	1	0	4
49	.0000	.0000	1	0	2
50	.0000	.0000	1	0	4
51	.0000	.0000	1	0	204
56	.0000	.0000	1	0	5
57	.0000	.0000	1	0	10
58	.0000	.0000	1	0	8
59	.0000	.0000	1	0	10
60	.0000	.0000	1	0	9
61	.0000	.0000	1	0	5
62	.0000	.0000	1	0	5
63	.0000	.0000	1	0	4
64	.0000	.0000	1	0	2
65	.0000	.0000	1	0	4
66	.0000	.0000	1	0	79
67	.0000	.0000	1	0	60
68	.0000	.0000	1	0	56
69	.0000	.0000	1	0	9
70	.0389	.1934	1	0	24
71	.0300	.1706	1	0	37
72	.0146	.1199	1	0	18
73	.0746	.2627	1	0	46
74	.0041	.0635	1	0	5
75	.0073	.0851	1	0	9
76	.0073	.0851	1	0	9
77	.0162	.1263	1	0	20
78	.0438	.2046	1	0	27
79	.0073	.0851	1	0	9
80	.0000	.0000	1	0	24
81	.0000	.0000	0	0	0
82	.0000	.0000	0	0	0
83	.0000	.0000	0	0	0
84	.0000	.0000	0	0	0

85	.0000	.0000	1	0	31
86	.0000	.0000	1	0	6
87	.0032	.0569	1	0	4
88	.0016	.0402	1	0	2
89	.0000	.0000	0	0	0
90	.0000	.0000	1	0	46
91	.0000	.0000	0	0	0
92	.0000	.0000	0	0	0
93	.0000	.0000	0	0	0
94	.0000	.0000	0	0	0
95	.0000	.0000	1	0	2
96	.0000	.0000	1	0	16
97	.0049	.0696	1	0	6
98	.0041	.0635	1	0	5
99	.0081	.0897	1	0	5

\*\*RESOURCE STATISTICS\*\*

RESOURCE NUMBER	RESOURCE LABEL	CURRENT CAPACITY	AVERAGE UTIL	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL	CURRENT UTIL
1	TORNO	2	.35	.706	2	0
2	FREZA	1	.41	.491	1	0
3	FURADORA	1	.33	.470	1	0
4	RECTIF	1	.88	.324	1	0
5	AGVTOR	80	64.72	22.955	79	79
6	AGVFREZ	60	48.77	16.483	60	60
7	AGVFUR	56	42.48	18.860	56	56
8	AGVRECT	9	4.55	3.667	9	9
9	RETORNO	204	159.65	60.753	204	204

RESOURCE NUMBER	RESOURCE LABEL	CURRENT AVAILABLE	AVERAGE AVAILABLE	MINIMUM AVAILABLE	MAXIMUM AVAILABLE
1	TORNO	2	1.6470	0	2
2	FREZA	1	.5930	0	1
3	FURADORA	1	.6697	0	1
4	RECTIF	1	.1189	0	1
5	AGVTOR	1	.0276	0	1
6	AGVFREZ	0	.0038	0	1
7	AGVFUR	0	.0000	0	0
8	AGVRECT	0	.0000	0	0
9	RETORNO	0	7.8558	0	31

7.3 - CINCO MAQUINAS (1 TORNO,2 FREZAS,1 FURADORA,1 RECTIF.)

SIMULATION PROJECT SEMINARIO

BY ALBERTO & PEDRO

DATE 8/26/1993

RUN NUMBER 1 OF 1

CURRENT TIME .1832E+04

STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

\*\*STATISTICS FOR VARIABLES BASED ON OBSERVATION\*\*

	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	COEFF. OF VARIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NO.OF OBS
TEMPOSISTEMA	.908E+03	.493E+03	.543E+00	.216E+03	.183E+04	62

\*\*FILE STATISTICS\*\*

FILE NUMBER	LABEL/TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH	AVERAGE WAIT TIME
1	A1 AWAIT	8.103	11.538	29	0	187.898
2	A2 AWAIT	.452	2.537	22	0	10.753
3	A3 AWAIT	3.569	6.067	17	0	116.767
4	A4 AWAIT	10.718	9.145	28	0	363.611
5		.000	.000	0	0	.000
6		.000	.000	0	0	.000
7		.000	.000	0	0	.000
8		.000	.000	0	0	.000
9	AWAIT	1.257	2.363	11	0	29.141
10	ZAAS AWAIT	2.174	4.603	18	0	66.384
11	AWAIT	1.491	2.512	11	0	48.769
12	AWAIT	.010	.099	1	0	2.000
13	R11 AWAIT	.513	.500	1	0	4.608
14	CALENDAR	2.448	1.727	15	0	.794

\*\*REGULAR ACTIVITY STATISTICS\*\*

ACTIVITY INDEX/LABEL	AVERAGE UTILIZATION	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL	CURRENT UTIL	ENTITY COUNT
1	.3564	.4789	1	0	79
2	.4110	.6810	2	0	77
3	.3335	.4715	1	0	56
4	.8897	.3132	1	0	54
5	.0000	.0000	0	0	0
6	.0000	.0000	0	0	0
7	.0025	.0495	1	0	3
8	.0066	.0807	1	0	8
9	.0025	.0495	1	0	3
10	.0000	.0000	0	0	0
11	.0000	.0000	0	0	0
12	.0008	.0286	1	0	1
13	.0008	.0286	1	0	1
14	.0000	.0000	0	0	0

15	.0000	.0000	0	0	0
16	.0000	.0000	0	0	0
17	.0000	.0000	1	0	79
18	.0000	.0000	1	0	77
19	.0000	.0000	1	0	56
20	.0000	.0000	1	0	54
21	.0000	.0000	1	0	62
22	.0000	.0000	1	0	61
23	.0000	.0000	1	0	1
24	.0000	.0000	0	0	0
25	.0000	.0000	0	0	0
26	.0049	.0699	1	0	6
27	.0049	.0699	1	0	6
28	.0008	.0286	1	0	1
29	.0008	.0286	1	0	1
30	.0008	.0286	1	0	1
31	.0008	.0286	1	0	1
32	.0049	.0699	1	0	6
33	.0049	.0699	1	0	6
34	.0000	.0000	0	0	0
35	.0123	.1101	1	0	15
36	.0123	.1101	1	0	15
37	.0008	.0286	1	0	1
38	.0008	.0286	1	0	1
39	.0164	.1269	1	0	10
41	.0000	.0000	1	0	5
42	.0000	.0000	1	0	10
43	.0000	.0000	1	0	8
44	.0000	.0000	1	0	10
45	.0000	.0000	1	0	9
46	.0000	.0000	1	0	5
47	.0000	.0000	1	0	5
48	.0000	.0000	1	0	4
49	.0000	.0000	1	0	2
50	.0000	.0000	1	0	4
51	.0000	.0000	1	0	204
56	.0000	.0000	1	0	5
57	.0000	.0000	1	0	10
58	.0000	.0000	1	0	8
59	.0000	.0000	1	0	10
60	.0000	.0000	1	0	9
61	.0000	.0000	1	0	5
62	.0000	.0000	1	0	5
63	.0000	.0000	1	0	4
64	.0000	.0000	1	0	2
65	.0000	.0000	1	0	4
66	.0000	.0000	1	0	79
67	.0000	.0000	1	0	60
68	.0000	.0000	1	0	56
69	.0000	.0000	1	0	9
70	.0393	.1943	1	0	24
71	.0303	.1714	1	0	37
72	.0147	.1205	1	0	18
73	.0753	.2639	1	0	46
74	.0041	.0639	1	0	5
75	.0074	.0855	1	0	9
76	.0074	.0855	1	0	9
77	.0164	.1269	1	0	20
78	.0442	.2056	1	0	27
79	.0074	.0855	1	0	9
80	.0000	.0000	1	0	17
81	.0000	.0000	1	0	7
82	.0115	.1064	1	0	7
83	.0000	.0000	0	0	0
84	.0000	.0000	0	0	0

85	.0000	.0000	1	0	34
86	.0000	.0000	1	0	3
87	.0000	.0000	0	0	0
88	.0025	.0495	1	0	3
89	.0000	.0000	0	0	0
90	.0000	.0000	1	0	40
91	.0000	.0000	1	0	6
92	.0098	.0986	1	0	6
93	.0000	.0000	0	0	0
94	.0000	.0000	0	0	0
95	.0000	.0000	0	0	0
96	.0000	.0000	1	0	18
97	.0066	.0807	1	0	8
98	.0025	.0495	1	0	3
99	.0115	.1064	1	0	7

\*\*RESOURCE STATISTICS\*\*

RESOURCE NUMBER	RESOURCE LABEL	CURRENT CAPACITY	AVERAGE UTIL	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL	CURRENT UTIL
1	TORNO	1	.36	.479	1	0
2	FREZA	2	.41	.681	2	0
3	FURADORA	1	.33	.471	1	0
4	RECTIF	1	.89	.313	1	0
5	AGVTOR	80	61.92	25.222	79	79
6	AGVFREZ	60	50.19	14.850	60	60
7	AGVFUR	56	42.67	18.634	56	56
8	AGVRECT	9	3.26	3.913	9	9
9	RETORNO	204	157.19	60.062	204	204

RESOURCE NUMBER	RESOURCE LABEL	CURRENT AVAILABLE	AVERAGE AVAILABLE	MINIMUM AVAILABLE	MAXIMUM AVAILABLE
1	TORNO	1	.6436	0	1
2	FREZA	2	1.5890	0	2
3	FURADORA	1	.6665	0	1
4	RECTIF	1	.1103	0	1
5	AGVTOR	1	.0278	0	1
6	AGVFREZ	0	.0022	0	1
7	AGVFUR	0	.0000	0	0
8	AGVRECT	0	.0000	0	0
9	RETORNO	0	4.8101	0	21

7.4 - CINCO MAQUINAS (1 TORNO,1 FREZA,2 FURADORAS,1 RECTIF.)

SIMULATION PROJECT SEMINARIO

BY ALBERTO & PEDRO

DATE 8/26/1993

RUN NUMBER 1 OF 1

CURRENT TIME .1851E+04

STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

\*\*STATISTICS FOR VARIABLES BASED ON OBSERVATION\*\*

	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	COEFF. OF VARIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NO.OF OBS
TEMPO SISTEMA	.918E+03	.479E+03	.522E+00	.234E+03	.185E+04	62

\*\*FILE STATISTICS\*\*

FILE NUMBER	LABEL/TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH	AVERAGE WAIT TIME
1	A1 AWAIT	7.641	11.164	29	0	179.037
2	A2 AWAIT	2.766	5.039	23	0	66.493
3	A3 AWAIT	.809	2.530	12	0	26.732
4	A4 AWAIT	11.171	9.229	29	0	382.907
5		.000	.000	0	0	.000
6		.000	.000	0	0	.000
7		.000	.000	0	0	.000
8		.000	.000	0	0	.000
9	AWAIT	1.423	2.476	10	0	33.331
10	ZAAS AWAIT	1.822	2.952	9	0	56.218
11	AWAIT	2.161	3.016	10	0	71.429
12	AWAIT	.011	.106	1	0	2.333
13	R11 AWAIT	.525	.499	1	0	4.760
14	CALENDAR	2.414	1.646	15	0	.792

\*\*REGULAR ACTIVITY STATISTICS\*\*

ACTIVITY INDEX/LABEL	AVERAGE UTILIZATION	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL	CURRENT UTIL	ENTITY COUNT
1	.3528	.4778	1	0	79
2	.4068	.4912	1	0	77
3	.3301	.6829	2	0	56
4	.8806	.3243	1	0	54
5	.0000	.0000	0	0	0
6	.0000	.0000	0	0	0
7	.0000	.0000	0	0	0
8	.0073	.0851	1	0	9
9	.0049	.0696	1	0	6
10	.0032	.0568	1	0	2
11	.0000	.0000	0	0	0
12	.0000	.0000	0	0	0
13	.0000	.0000	0	0	0
14	.0000	.0000	0	0	0

15	.0000	.0000	0	0	0
16	.0000	.0000	0	0	0
17	.0000	.0000	1	0	79
18	.0000	.0000	1	0	77
19	.0000	.0000	1	0	56
20	.0000	.0000	1	0	54
21	.0000	.0000	1	0	62
22	.0000	.0000	1	0	61
23	.0000	.0000	1	0	1
24	.0000	.0000	0	0	0
25	.0000	.0000	0	0	0
26	.0057	.0751	1	0	7
27	.0057	.0751	1	0	7
28	.0000	.0000	0	0	0
29	.0000	.0000	0	0	0
30	.0008	.0285	1	0	1
31	.0008	.0285	1	0	1
32	.0032	.0568	1	0	4
33	.0032	.0568	1	0	4
34	.0049	.0696	1	0	3
35	.0130	.1131	1	0	16
36	.0130	.1131	1	0	16
37	.0032	.0568	1	0	4
38	.0032	.0568	1	0	4
39	.0097	.0981	1	0	6
41	.0000	.0000	1	0	5
42	.0000	.0000	1	0	10
43	.0000	.0000	1	0	8
44	.0000	.0000	1	0	10
45	.0000	.0000	1	0	9
46	.0000	.0000	1	0	5
47	.0000	.0000	1	0	5
48	.0000	.0000	1	0	4
49	.0000	.0000	1	0	2
50	.0000	.0000	1	0	4
51	.0000	.0000	1	0	204
56	.0000	.0000	1	0	5
57	.0000	.0000	1	0	10
58	.0000	.0000	1	0	8
59	.0000	.0000	1	0	10
60	.0000	.0000	1	0	9
61	.0000	.0000	1	0	5
62	.0000	.0000	1	0	5
63	.0000	.0000	1	0	4
64	.0000	.0000	1	0	2
65	.0000	.0000	1	0	4
66	.0000	.0000	1	0	79
67	.0000	.0000	1	0	60
68	.0000	.0000	1	0	56
69	.0000	.0000	1	0	9
70	.0389	.1934	1	0	24
71	.0300	.1705	1	0	37
72	.0146	.1199	1	0	18
73	.0746	.2627	1	0	46
74	.0041	.0635	1	0	5
75	.0073	.0851	1	0	9
76	.0073	.0851	1	0	9
77	.0162	.1263	1	0	20
78	.0438	.2046	1	0	27
79	.0073	.0851	1	0	9
80	.0000	.0000	1	0	19
81	.0000	.0000	1	0	5
82	.0081	.0897	1	0	5
83	.0000	.0000	0	0	0
84	.0000	.0000	0	0	0

85	.0000	.0000	1	0	37
86	.0000	.0000	0	0	0
87	.0000	.0000	0	0	0
88	.0000	.0000	0	0	0
89	.0000	.0000	0	0	0
90	.0000	.0000	1	0	43
91	.0000	.0000	1	0	3
92	.0032	.0568	1	0	2
93	.0008	.0285	1	0	1
94	.0000	.0000	0	0	0
95	.0000	.0000	0	0	0
96	.0000	.0000	1	0	18
97	.0073	.0851	1	0	9
98	.0049	.0696	1	0	6
99	.0049	.0696	1	0	3

\*\*RESOURCE STATISTICS\*\*

RESOURCE NUMBER	RESOURCE LABEL	CURRENT CAPACITY	AVERAGE UTIL	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL	CURRENT UTIL
1	TORNO	1	.35	.478	1	0
2	FREZA	1	.41	.491	1	0
3	FURADORA	2	.33	.683	2	0
4	RECTIF	1	.88	.324	1	0
5	AGVTOR	80	62.00	25.402	79	79
6	AGVFREZ	60	48.90	15.182	60	60
7	AGVFUR	56	44.71	16.582	56	56
8	AGVRECT	9	3.23	3.505	9	9
9	RETORNO	204	157.98	58.746	204	204

RESOURCE NUMBER	RESOURCE LABEL	CURRENT AVAILABLE	AVERAGE AVAILABLE	MINIMUM AVAILABLE	MAXIMUM AVAILABLE
1	TORNO	1	.6472	0	1
2	FREZA	1	.5932	0	1
3	FURADORA	2	1.6699	0	2
4	RECTIF	1	.1194	0	1
5	AGVTOR	1	.0276	0	1
6	AGVFREZ	0	.0038	0	1
7	AGVFUR	0	.0000	0	0
8	AGVRECT	0	.0000	0	0
9	RETORNO	0	5.3053	0	20



7.5 - CINCO MAQUINAS (1 TORNO,1 FREZA,1 FURADORA,2 RECTIF.)

SIMULATION PROJECT SEMINARIO

BY ALBERTO & PEDRO

DATE 8/26/1993

RUN NUMBER 1 OF 1

CURRENT TIME .1169E+04

STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

\*\*STATISTICS FOR VARIABLES BASED ON OBSERVATION\*\*

	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	COEFF. OF VARIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NO.OF OBS
TEMPO SISTEMA	.669E+03	.257E+03	.384E+00	.219E+03	.117E+04	62

\*\*FILE STATISTICS\*\*

FILE NUMBER	LABEL/TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH	AVERAGE WAIT TIME
1	A1 AWAIT	12.431	11.997	29	0	183.949
2	A2 AWAIT	3.122	5.012	23	0	47.402
3	A3 AWAIT	5.592	6.801	17	0	116.732
4	A4 AWAIT	4.004	5.426	17	0	86.685
5		.000	.000	0	0	.000
6		.000	.000	0	0	.000
7		.000	.000	0	0	.000
8		.000	.000	0	0	.000
9	AWAIT	2.167	2.845	12	0	32.065
10	ZAAS AWAIT	1.731	2.401	9	0	33.734
11	AWAIT	2.362	2.833	12	0	49.305
12	AWAIT	.018	.133	1	0	2.333
13	R11 AWAIT	.237	.425	1	0	1.358
14	CALENDAR	3.833	1.538	14	0	.793

\*\*REGULAR ACTIVITY STATISTICS\*\*

ACTIVITY INDEX/LABEL	AVERAGE UTILIZATION	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL	CURRENT UTIL	ENTITY COUNT
1	.5586	.4966	1	0	79
2	.6441	.4788	1	0	77
3	.5227	.4995	1	0	56
4	1.3944	.7865	2	0	54
5	.0000	.0000	0	0	0
6	.0038	.0619	1	0	3
7	.0038	.0619	1	0	3
8	.0128	.1125	1	0	10
9	.0051	.0715	1	0	4
10	.0000	.0000	0	0	0
11	.0000	.0000	0	0	0
12	.0026	.0506	1	0	2
13	.0026	.0506	1	0	2
14	.0000	.0000	0	0	0

15	.0000	.0000	0	0	0
16	.0051	.0715	1	0	2
17	.0000	.0000	1	0	79
18	.0000	.0000	1	0	77
19	.0000	.0000	1	0	56
20	.0000	.0000	1	0	54
21	.0000	.0000	1	0	62
22	.0000	.0000	1	0	61
23	.0000	.0000	1	0	1
24	.0013	.0358	1	0	1
25	.0013	.0358	1	0	1
26	.0051	.0715	1	0	4
27	.0051	.0715	1	0	4
28	.0013	.0358	1	0	1
29	.0013	.0358	1	0	1
30	.0013	.0358	1	0	1
31	.0013	.0358	1	0	1
32	.0077	.0874	1	0	6
33	.0077	.0874	1	0	6
34	.0026	.0506	1	0	1
35	.0192	.1374	1	0	15
36	.0192	.1374	1	0	15
37	.0013	.0358	1	0	1
38	.0013	.0358	1	0	1
39	.0205	.1418	1	0	8
41	.0000	.0000	1	0	5
42	.0000	.0000	1	0	10
43	.0000	.0000	1	0	8
44	.0000	.0000	1	0	10
45	.0000	.0000	1	0	9
46	.0000	.0000	1	0	5
47	.0000	.0000	1	0	5
48	.0000	.0000	1	0	4
49	.0000	.0000	1	0	2
50	.0000	.0000	1	0	4
51	.0000	.0000	1	0	204
56	.0000	.0000	1	0	5
57	.0000	.0000	1	0	10
58	.0000	.0000	1	0	8
59	.0000	.0000	1	0	10
60	.0000	.0000	1	0	9
61	.0000	.0000	1	0	5
62	.0000	.0000	1	0	5
63	.0000	.0000	1	0	4
64	.0000	.0000	1	0	2
65	.0000	.0000	1	0	4
66	.0000	.0000	1	0	79
67	.0000	.0000	1	0	60
68	.0000	.0000	1	0	56
69	.0000	.0000	1	0	9
70	.0616	.2404	1	0	24
71	.0475	.2127	1	0	37
72	.0231	.1502	1	0	18
73	.1180	.3227	1	0	46
74	.0064	.0798	1	0	5
75	.0115	.1068	1	0	9
76	.0115	.1068	1	0	9
77	.0257	.1581	1	0	20
78	.0693	.2539	1	0	27
79	.0115	.1068	1	0	9
80	.0000	.0000	1	0	18
81	.0000	.0000	1	0	6
82	.0077	.0874	1	0	3
83	.0038	.0619	1	0	3
84	.0000	.0000	0	0	0

85	.0000	.0000	1	0	34
86	.0000	.0000	1	0	3
87	.0000	.0000	0	0	0
88	.0038	.0619	1	0	3
89	.0000	.0000	0	0	0
90	.0000	.0000	1	0	40
91	.0000	.0000	1	0	6
92	.0154	.1231	1	0	6
93	.0000	.0000	0	0	0
94	.0000	.0000	0	0	0
95	.0000	.0000	1	0	1
96	.0000	.0000	1	0	17
97	.0128	.1125	1	0	10
98	.0051	.0715	1	0	4
99	.0077	.0874	1	0	3

\*\*RESOURCE STATISTICS\*\*

RESOURCE NUMBER	RESOURCE LABEL	CURRENT CAPACITY	AVERAGE UTIL	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL	CURRENT UTIL
1	TORNO	1	.56	.497	1	0
2	FREZA	1	.64	.479	1	0
3	FURADORA	1	.52	.499	1	0
4	RECTIF	2	1.39	.787	2	0
5	AGVTOR	80	52.05	27.138	79	79
6	AGVFREZ	60	45.83	17.426	60	60
7	AGVFUR	56	34.96	19.509	56	56
8	AGVRECT	9	3.03	3.936	9	9
9	RETORNO	204	135.10	66.109	204	204

RESOURCE NUMBER	RESOURCE LABEL	CURRENT AVAILABLE	AVERAGE AVAILABLE	MINIMUM AVAILABLE	MAXIMUM AVAILABLE
1	TORNO	1	.4414	0	1
2	FREZA	1	.3559	0	1
3	FURADORA	1	.4773	0	1
4	RECTIF	2	.6056	0	2
5	AGVTOR	1	.0436	0	1
6	AGVFREZ	0	.0060	0	1
7	AGVFUR	0	.0000	0	0
8	AGVRECT	0	.0000	0	0
9	RETORNO	0	6.0908	0	18

## 8 - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS DO MODELO

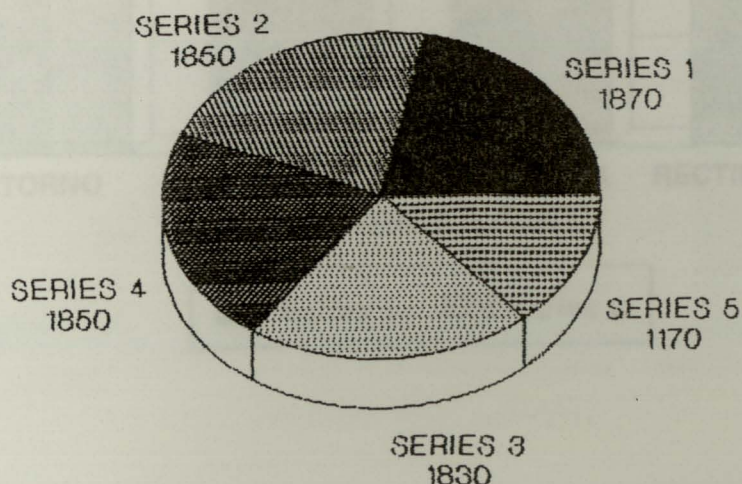
De seguida, apresentam-se os resultados apresentados no ponto anterior de uma forma comparativa e gráfica para uma mais rápida e correcta interpretação.

Neste ponto, em todos os gráficos apresentados, utiliza-se a seguinte notação:

- \* SERIES 1 -> QUATRO MAQUINAS (1 TORNO,1 FREZA,1 FURAD.,1 RECTIF.)
- \* SERIES 2 -> CINCO MAQUINAS (2 TORNOS,1 FREZA,1 FURAD.,1 RECTIF.)
- \* SERIES 3 -> CINCO MAQUINAS (1 TORNO,2 FREZAS,1 FURAD.,1 RECTIF.)
- \* SERIES 4 -> CINCO MAQUINAS (1 TORNO,1 FREZA,2 FURAD.,1 RECTIF.)
- \* SERIES 5 -> CINCO MAQUINAS (1 TORNO,1 FREZA,1 FURAD.,2 RECTIF.)

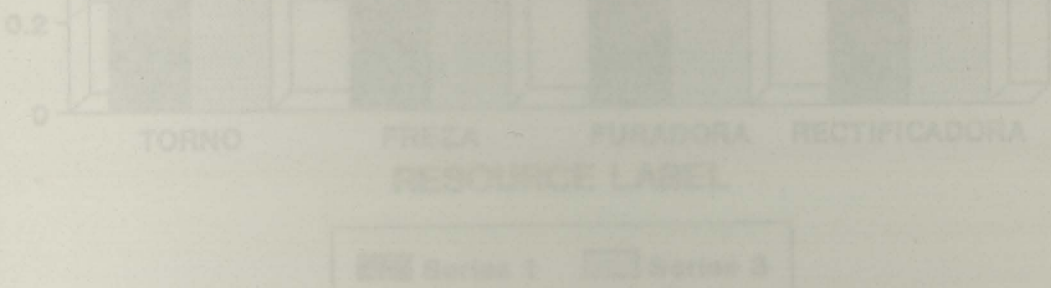
Em primeiro lugar apresenta-se um gráfico comparativo do TEMPO NO SISTEMA, isto é, do tempo que se demora a produzir a ultima peça, para as cinco séries apresentadas em cima.

### TEMPO NO SISTEMA

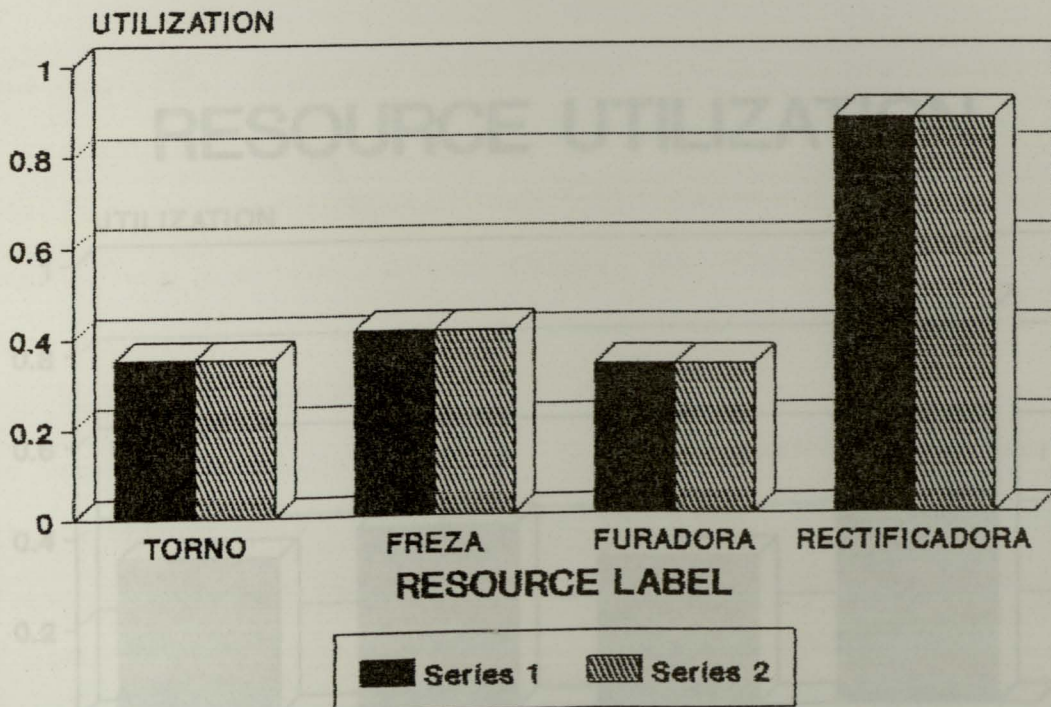


Do gráfico TEMPO NO SISTEMA, apresentado na página anterior, vê-se que a introdução de mais um TORNO, FREZADORA ou FURADORA não traz vantagens significativas no tempo total de produção. A introdução de mais uma RECTIFICADORA, é que vai diminuir significativamente o TEMPO NO SISTEMA (tempo total de produção), isto é, vai diminuí-lo 700 unidades de tempo em relação ao sistema inicial.

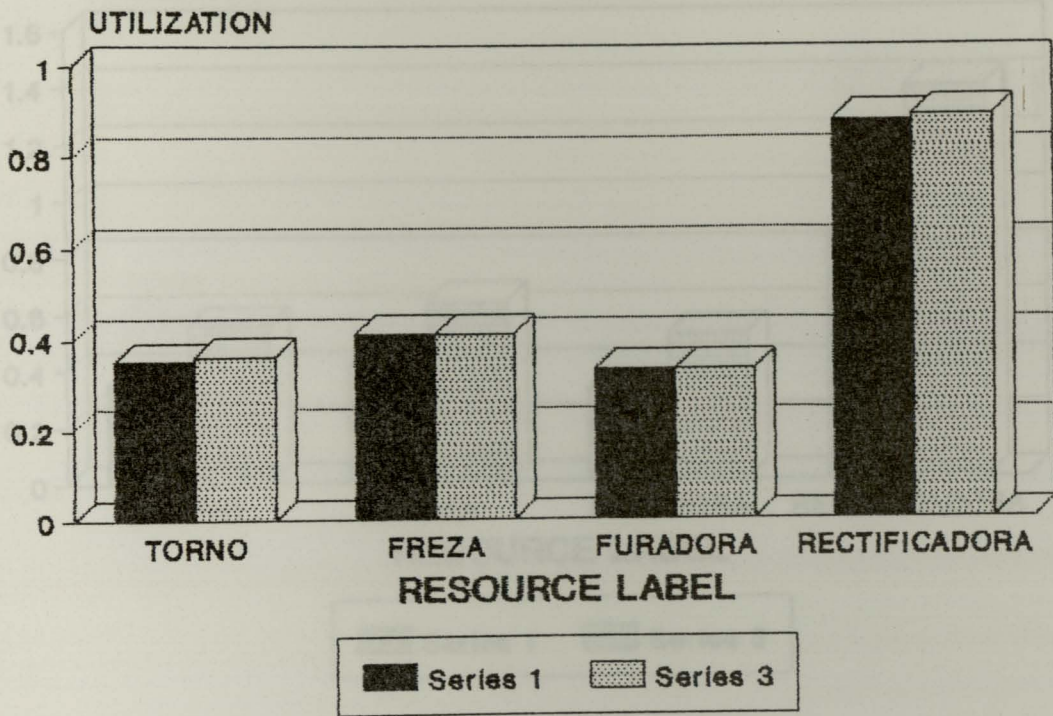
De seguida, apresentam-se 4 gráficos em que se compara, com a introdução de mais uma máquina em cada gráfico, a utilização destas em relação à situação inicial (4 máquinas).



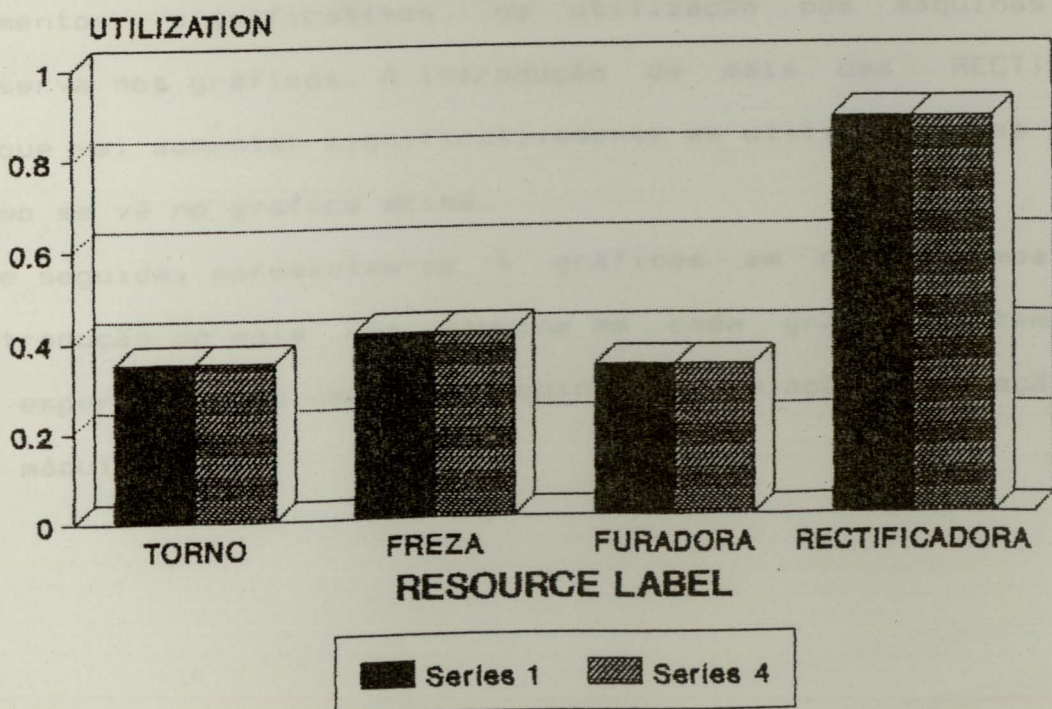
## RESOURCE UTILIZATION



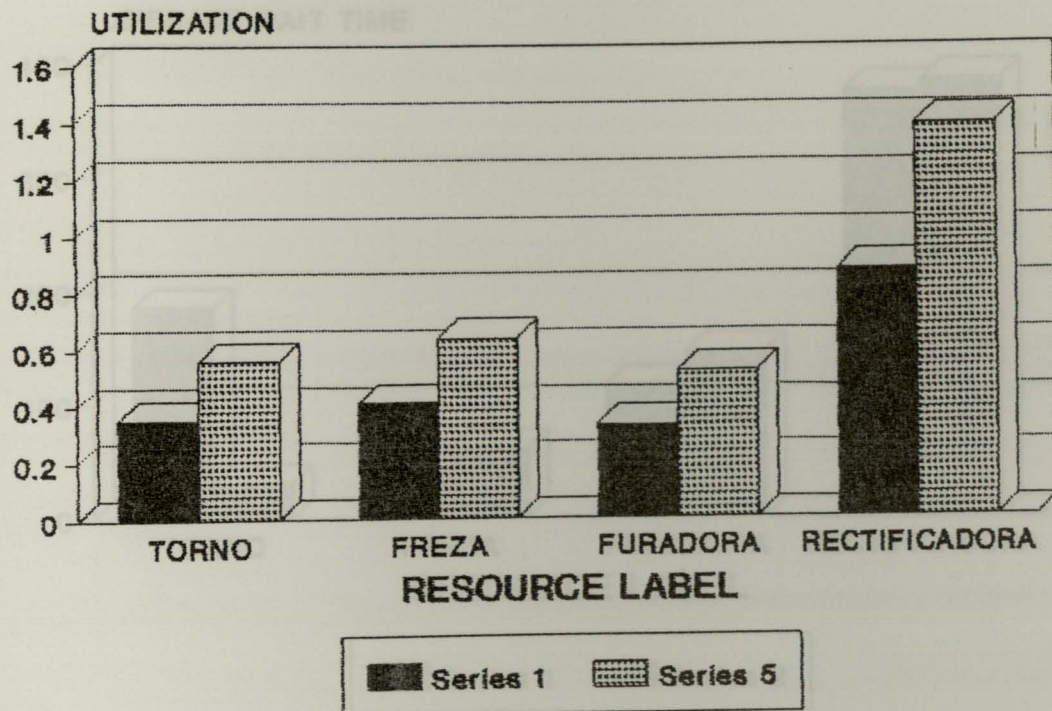
# RESOURCE UTILIZATION



# RESOURCE UTILIZATION



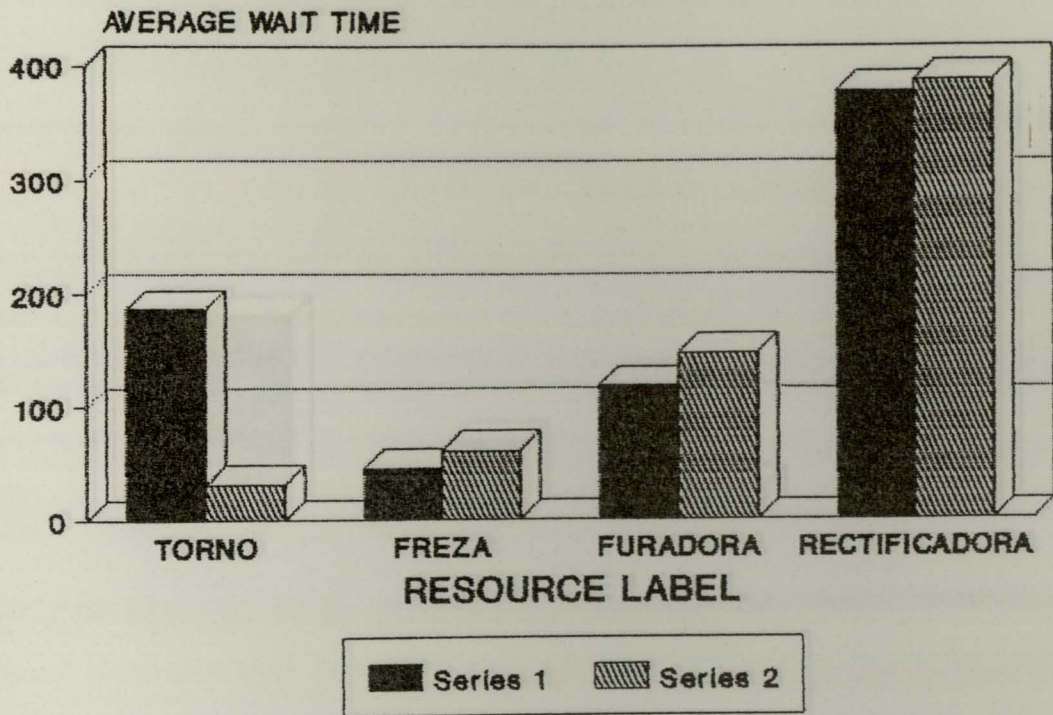
# RESOURCE UTILIZATION



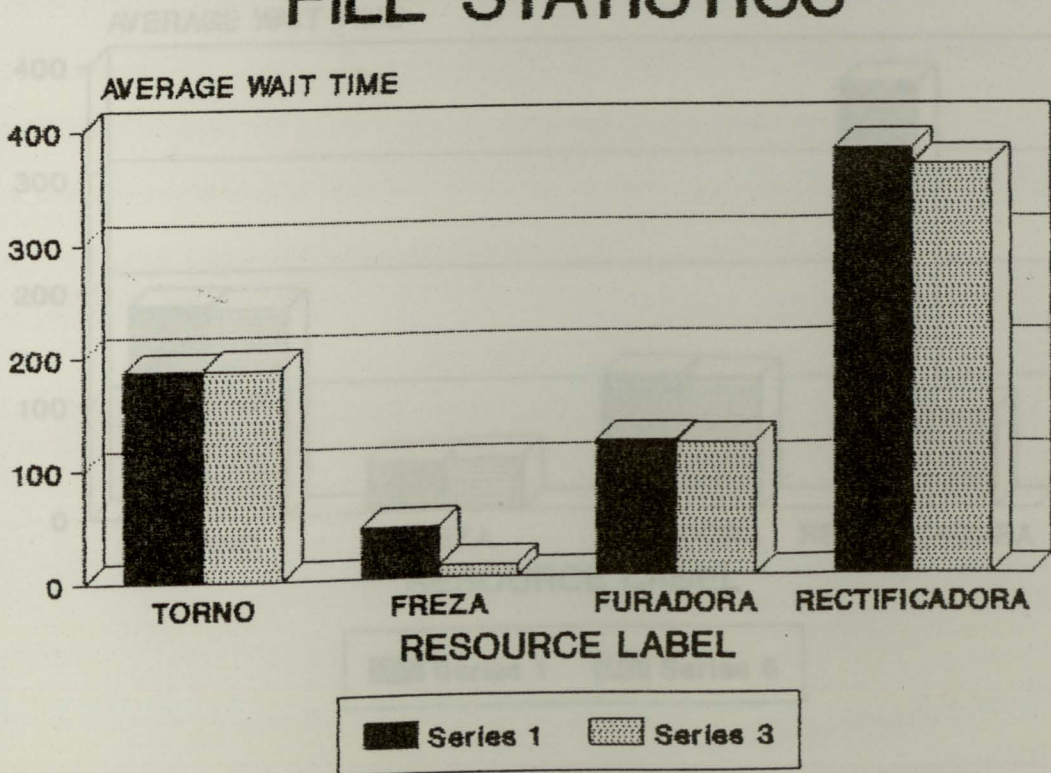
Dos gráficos RESOURCE UTILIZATION apresentados atrás, vê-se que a introdução de mais um TORNO, FREZADORA ou FURADORA não traz aumentos significativos na utilização das máquinas, como se observa nos gráficos. A introdução de mais uma RECTIFICADORA, é que vai aumentar significativamente as utilizações das máquinas, como se vê no gráfico acima.

De seguida, apresentam-se 4 gráficos em que se compara, com a introdução de mais uma máquina em cada gráfico, o tempo médio de espera em cada uma das máquinas em relação à situação inicial (4 máquinas).

# FILE STATISTICS

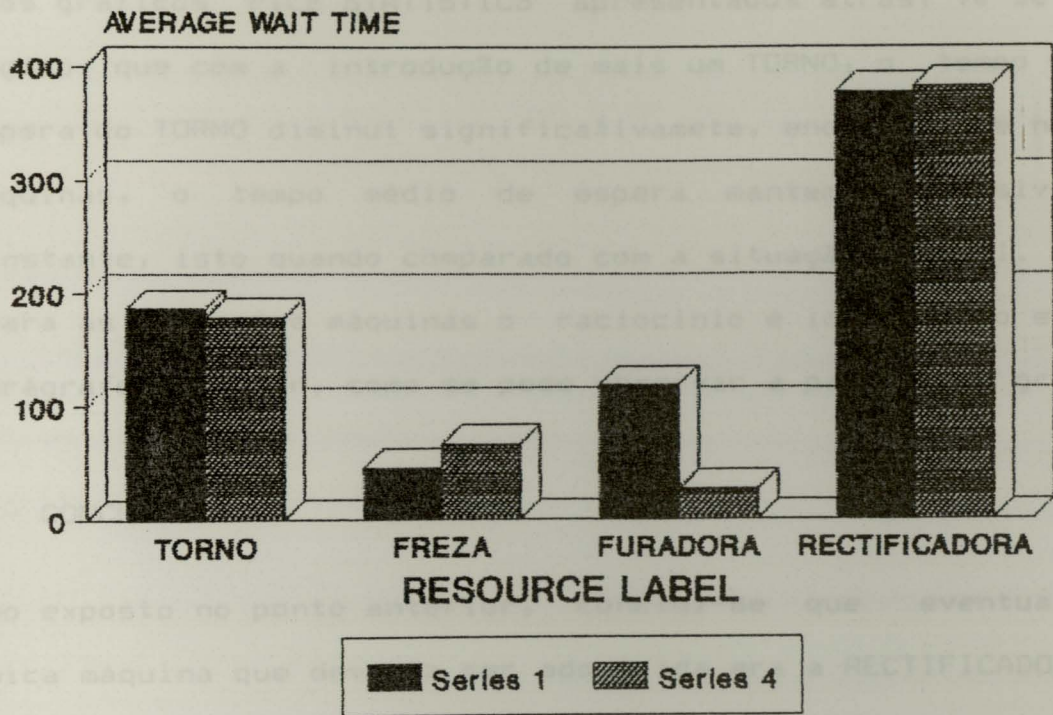


# FILE STATISTICS

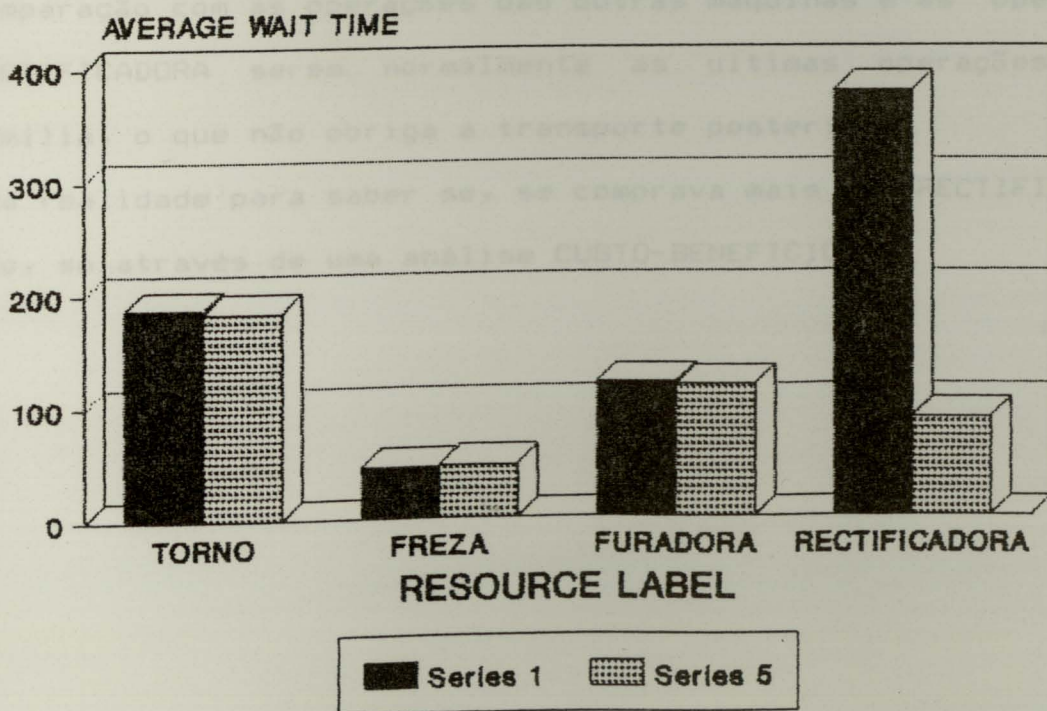




# FILE STATISTICS



# FILE STATISTICS



Dos gráficos FILE STATISTICS apresentados atrás, vê-se como é lógico, que com a introdução de mais um TORNO, o tempo médio de espera do TORNO diminui significativamente, enquanto que nas outras máquinas, o tempo médio de espera mantém-se sensivelmente constante, isto quando comparado com a situação inicial.

Para as restantes máquinas o raciocínio é idêntico ao exposto no parágrafo anterior, como se pode observar a partir dos gráficos.

#### 9 - CONCLUSÕES

Do exposto no ponto anterior, conclui-se que eventualmente a única máquina que deveria ser adquirida era a RECTIFICADORA. Esta é a única máquina que baixa consideravelmente o tempo total de produção (TEMPO NO SISTEMA), aumentando consequentemente a utilização de todas as máquinas. Isto é devido fundamentalmente, à RECTIFICADORA ter de fazer operações de tempo muito elevado em comparação com as operações das outras máquinas e as operações da RECTIFICADORA serem normalmente as últimas operações de cada família, o que não obriga a transporte posterior.

Na realidade para saber se, se comprava mais uma RECTIFICADORA ou não, só através de uma análise CUSTO-BENEFICIO.

10 - BIBLIOGRAFIA

- INTRODUCTION TO SIMULATION AND SLAM II  
A. Alan B. Pritsker
- MANUAL DO SLAM II  
Pritsker Corporation
- SLAM II QUICK REFERENCE MANUAL  
Pritsker Corporation
- SLAM SYSTEM USER'S GUIDE VERSION 2.1  
Pritsker Corporation
- APONTAMENTOS SOBRE SIMULAÇÃO  
Engº C. Moreira da Silva



FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000101556