

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

DAS5203 - MODELAGEM E CONTROLE DE SISTEMAS A  
EVENTOS DISCRETOS

---

## Experiência 6

---

*Alunos:*

Ígor A. R. YAMAMOTO  
Iago SILVESTRE

*Professores:*

Fabio BALDISSERA  
José E. R. CURY  
Max H. de QUEIROZ

Junho de 2016

# Sumário

<b>1</b>	<b>Roteiro Experiência 6</b>	<b>2</b>
1.1	Objetivo . . . . .	2
1.2	Descrição do Processo . . . . .	2
1.3	Atividades . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Resolução</b>	<b>6</b>
2.1	Modelos da Planta . . . . .	6
2.2	Simulação . . . . .	7
2.3	Modelo Restrição $R_a$ . . . . .	8
2.4	Modelo Restrição $R_b$ . . . . .	8
2.5	Modelos Combinados . . . . .	10
2.6	Supervisor . . . . .	12

# 1 Roteiro Experiência 6

## 1.1 Objetivo

O objetivo desta experiência é praticar a modelagem de restrições para sistemas a eventos discretos com autômatos e apresentar metodologias e ferramentas para manipulação e simulação desses modelos.

## 1.2 Descrição do Processo

Considere a Estação de Processamento na Figura 1, cujo funcionamento é comandado por um controlador lógico programável (CLP) conforme a seguinte sequência de passos:

1. a esteira aguarda até que o sensor de entrada detecte a chegada de uma peça em P0;
2. a esteira avança até que uma peça seja posicionada em P1;
3. a mesa gira 60° → a peça é testada;
4. a mesa gira 60° → a peça é furada;
5. a mesa gira 60° → o atuador retira a peça da mesa.

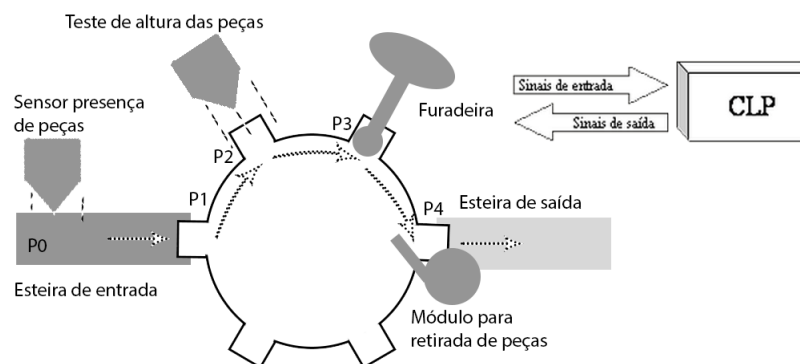


Figura 1: Estação de Processamento

Conforme o programa original do fabricante, a célula opera em seqüência apenas uma peça por vez. Ou seja, a esteira só pode ser acionada novamente depois que o manipulador retirar a peça da mesa, desde que o sensor de entrada tenha indicado a chegada de uma nova peça. Os sinais de entrada e saída do CLP são apresentados na Tabela 1.

EQUIPAMENTO	SINAL	TIPO	DESCRIÇÃO*
Esteira	sp1	entrada	Sinal do sensor que indica a chegada de uma peça na esteira
	a1	saída	Comando que inicia o depósito de uma peça na mesa giratória (P1).
	b1	entrada	Sinal de final de operação da esteira automática.
Mesa Giratória	a0	saída	Comando que inicia um giro de 60° da mesa.
	b0	entrada	Sinal de final de operação da mesa giratória.
Teste	a2	saída	Comando que inicia o teste de uma peça situada na posição P2.
	b2	entrada	Sinal de final de operação do teste automático.
Furadeira	a3	saída	Comando que inicia a furação da peça que estiver na posição P3.
	b3	entrada	Sinal de final de operação da furadeira automática.
Atuador	a4	saída	Comando que inicia a retirada de uma peça da mesa giratória (P4).
	b4	entrada	Sinal de final de operação do atuador.
Indicador do Módulo Seguinte	sp5	entrada	Transição <u>positiva</u> do sinal, indicando ocupação do módulo seguinte
	sn5	entrada	Transição <u>negativa</u> do sinal, indicando desocupação do módulo seguinte

Tabela 1: Equipamentos e eventos

\* NOTA: uma vez iniciada qualquer operação, seu final não pode ser evitado.

### 1.3 Atividades

1. Obtenha modelos  $G_i$ ,  $i = 0, 1, \dots, 5$  para os seis equipamentos, usando os eventos listados na Tabela 1. Classifique os eventos como controláveis ou não-controláveis.
2. Simule o funcionamento concorrente dos seis equipamentos no SUPREMICA. Identifique problemas que podem ocorrer pela falta de uma lógica de coordenação entre os equipamentos. No relatório, comente-os e aponte possíveis meios para resolvê-los.
3. Apresente o modelo de uma restrição  $R_a$  que coordene o atuador com o módulo seguinte, de modo que o atuador não possa iniciar a retirada de uma peça da mesa enquanto o módulo seguinte estiver ocupado.
4. Apresente o modelo de uma restrição  $R_b$  que coordene a operação em seqüência da esteira, mesa, furadeira, teste e robô, de modo que o sistema processe apenas uma peça por vez.

No SUPREMICA, simule  $G$  sob o efeito de  $R_a$  e  $R_b$ . Verifique se as operações estão coordenadas conforme o esperado. No relatório, apresente uma tela com uma seqüência gerada pelo SUPREMICA, contendo no mínimo 20 eventos (listados na aba trace).

5. Através da operação synchronize do SUPREMICA, obtenha os seguintes modelos:
  - $G = \parallel_{i=0,1,\dots,5} G_i$
  - $R = R_a \parallel R_b$
  - $K = R \parallel G$

ATENÇÃO: No SUPREMICA, deve-se alterar manualmente o autômato  $K$  de Planta para Especificação.

Explique o que  $G$ ,  $R$  e  $K$  representam na prática, em termos de comportamento do sistema. No relatório, apresente o grafo dos autômatos resultantes (apenas se forem compreensíveis) e o número de estados, de eventos e de transições.

6. Através da operação synthesize do SUPREMICA, calcule um supervisor ótimo  $S$  tal que  $Lm(S/G) = SupC(K, G)$ . Caso  $SupC(K, G) \neq K$

identifique os maus estados de  $K$  que foram removidos e explique por que.

## 2 Resolução

### Modelagem dos subsistemas

#### 2.1 Modelos da Planta

Os Modelos dos subsistemas da planta são apresentados nas Figuras 3 a 8. As classificações dos eventos do sistema, quanto a controlabilidade, estão indicadas na Figura 2.  $C$  são os eventos controláveis e  $U$ , os eventos não-controláveis.

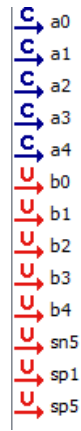


Figura 2: Controlabilidade dos Eventos

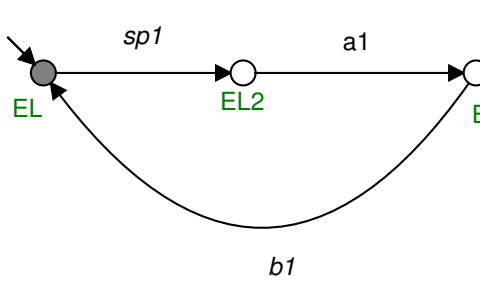


Figura 3: G0 - Esteira

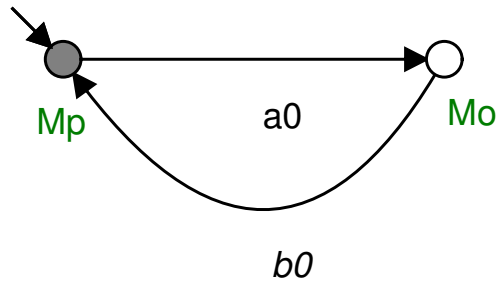


Figura 4: G1 - Mesa Giratória

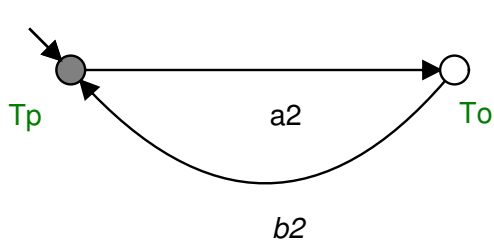


Figura 5: G2 - Teste

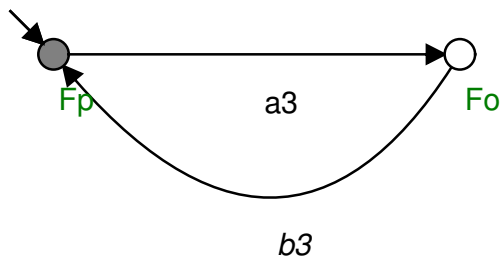


Figura 6: G3 - Furadeira

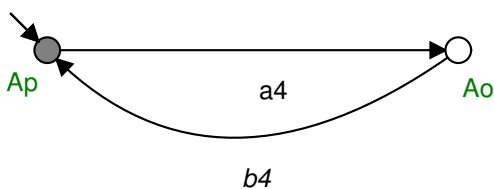


Figura 7: G4 - Atuador

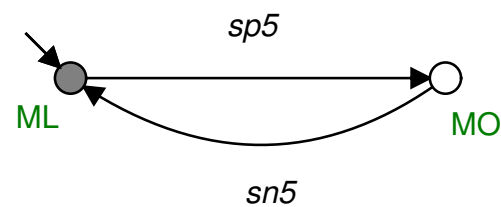


Figura 8: G5 - Indicador do Módulo Seguinte

## 2.2 Simulação

Se não tivermos uma coordenação dos modelos, estaremos modelando um sistema que pode realizar operações indesejáveis durante seu funcionamento, na figura 9 uma dessas situações ocorrem. A peça está na operação de teste e então não pode ser movimentada até que o teste acabe, porém como não há coordenação da mesa e teste, a mesa pode girar e danificar a peça.

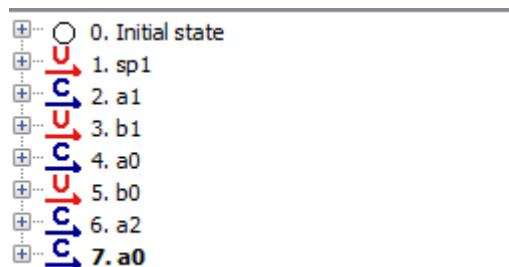


Figura 9: Sequência de estados indesejável



## Modelagem das Restrições

### 2.3 Modelo Restrição $R_a$

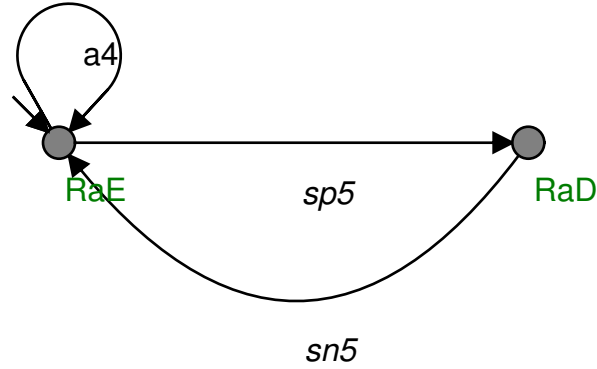


Figura 10: Restrição  $R_a$

Com essa restrição, o evento  $a4$ , que representa o início de retirada da peça da mesa giratória, só pode ocorrer caso o sistema esteja em  $RaE$ , um estado que representa que o próximo módulo está livre. A partir do momento que  $sp5$  ocorre, o sistema vai para  $RaD$ , onde a retirada da peça não pode ocorrer, somente voltando a  $RaE$  quando  $sn5$  ocorre, evento que representa a desocupação do módulo seguinte.

### 2.4 Modelo Restrição $R_b$

De acordo com a figura 11, a restrição modelada  $R_b$  obriga que o sistema apenas opere uma peça por vez, uma peça ainda pode estar esperando para ser operada, já que  $sp1$  e  $a1$  não são restritas, porém só uma pode estar dentro da mesa giratória.

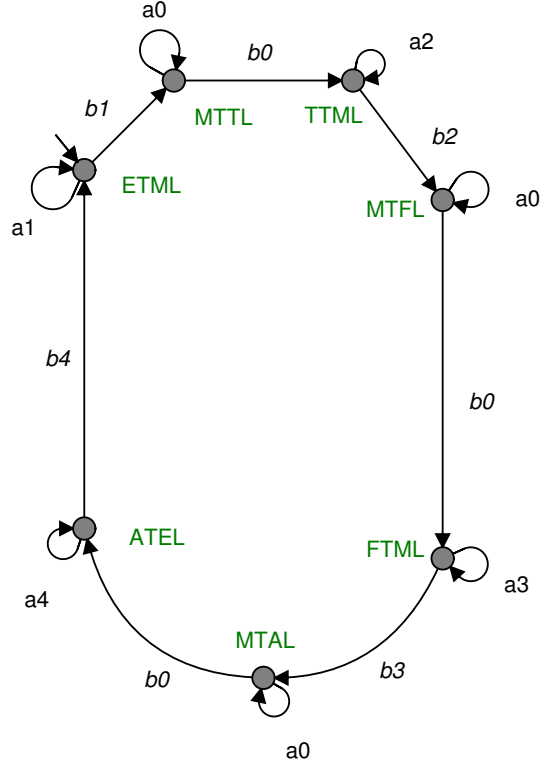


Figura 11: Restrição  $R_b$

Podemos fazer alguns testes para ver se as restrições estão funcionando como esperado, a figura 12 apresenta uma sequência de eventos interessante. Nessa sequência, podemos ver em 4. que  $sp1$  pode ocorrer mesmo depois de uma peça entrar na mesa giratória, só que somente uma pode estar dentro da mesa ao mesmo tempo. A partir do evento 15, podemos verificar que somente realizando  $sn5$ , o evento  $a4$  pode ser realizado. A partir do ponto que essa peça é entregue, a peça sinalizada por  $sp1$  no evento 4 pode continuar a operar, como é demonstrado a partir do evento 19. Se somente uma peça pode estar sendo operada na mesa giratória, e a propriedade da peça somente puder ser entregue se o próximo módulo está livre, as restrições  $R_a$  e  $R_b$  estão funcionando corretamente.

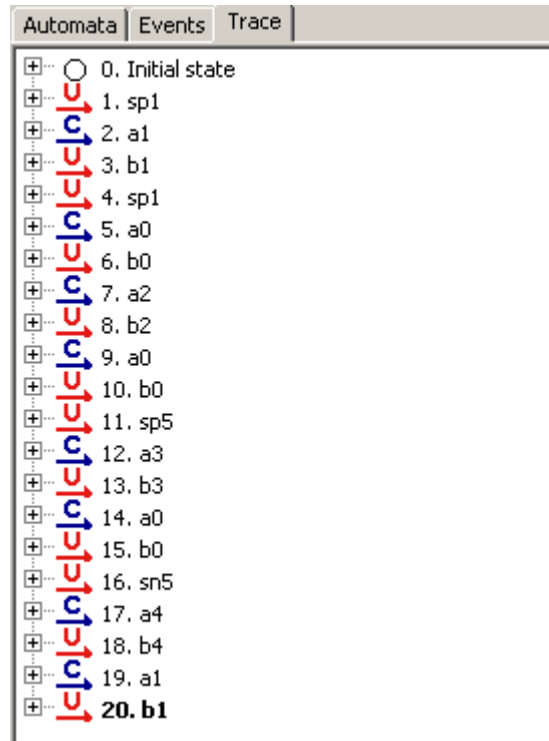


Figura 12: Restrição  $R_b$  e  $R_a$  funcionando

## Síntese da Lógica de Controle

### 2.5 Modelos Combinados

- $G = \parallel_{i=0,1,\dots,5} G_i$   
O modelo não será apresentado já que não é compreensível.

- $R = R_a \parallel R_b$

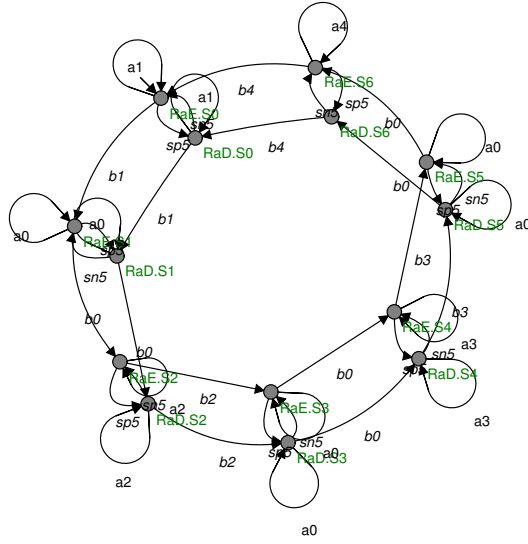


Figura 13: Restrição  $R_a \parallel R_b$

- $K = R \parallel G$

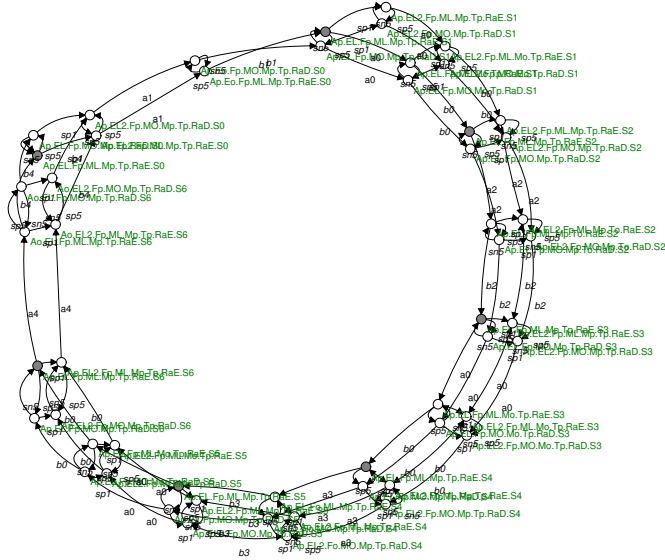


Figura 14: Sincronização de G e R

Name	...	Q	Σ	→
G	...	96	13	576
R	...	14	12	41
K	...	54	13	130

Figura 15: Número de estados, eventos e transições

O modelo G representa a síntese de uma planta onde todos os módulos podem ocorrer ao mesmo tempo, sem restrição alguma. Já o modelo R representa a síntese das restrições, onde todos os estados alcançáveis estão representados. A composição desses dois modelos irá gerar K, que representa o automato da planta com as restrições de operação Ra e Rb.

## 2.6 Supervisor

A partir da ferramenta *synthesize* do SUPREMICA, o seguinte supervisor foi adquirido, ele tem o mesmo número de transições e estados de K.

Name	...	Q	Σ	→
K	...	54	13	130
sup(G  K)	...	54	13	130

Figura 16: Número de estados, eventos e transições