



**UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO**

**APLICATIVO PARA CONTROLE DE
FERROVIA UTILIZANDO PROCESSAMENTO
EM TEMPO REAL E REDES DE PETRI**

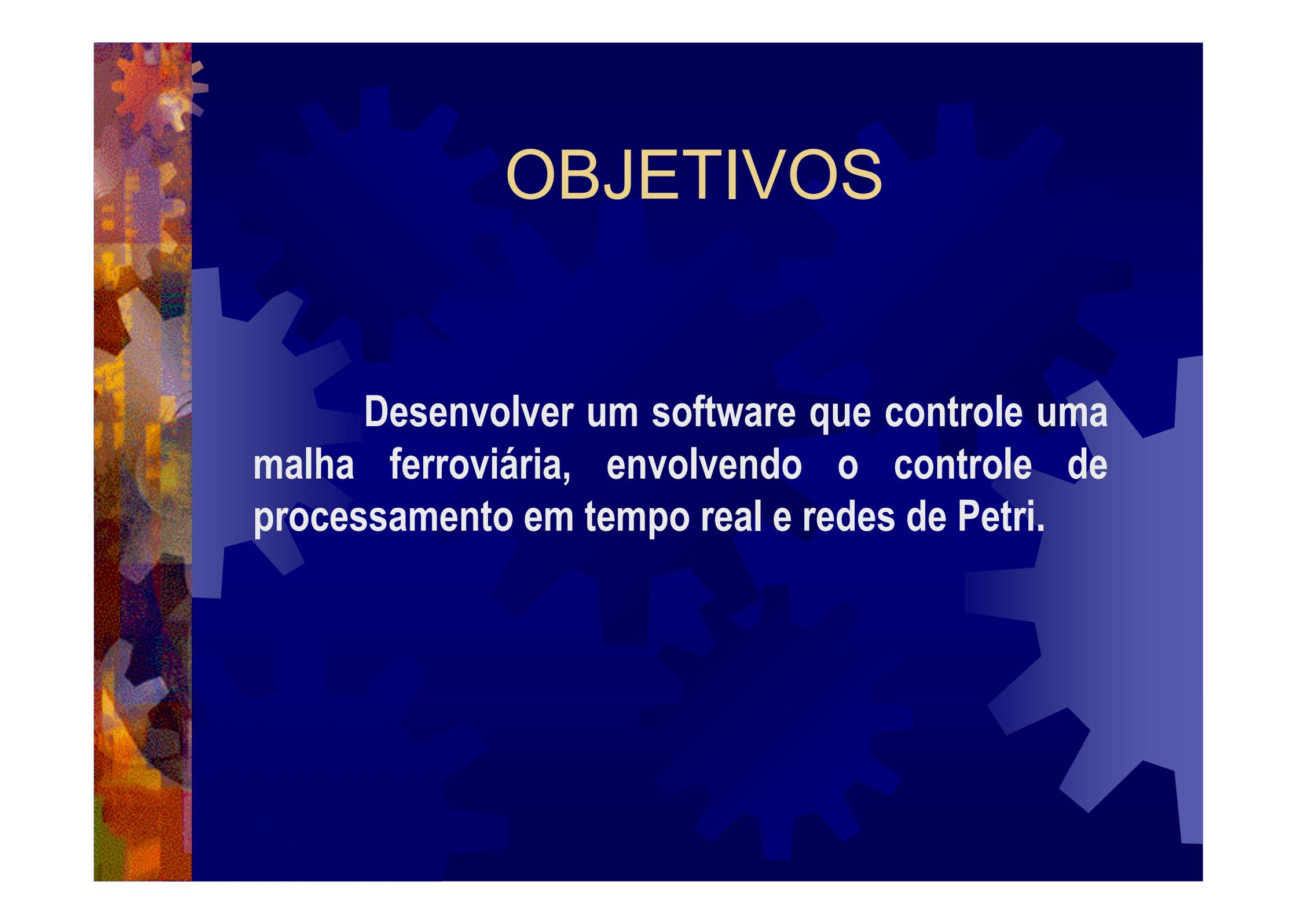
Acadêmico: *Lucas Andreas Schubert*

Orientador: Prof. José Roque Voltolini da Silva



ROTEIRO

- **Objetivos**
- **Introdução**
- **Redes de Petri**
- **Processamento em tempo real**
- **Especificação**
- **Implementação**
- **Considerações finais**
- **Extensões**



OBJETIVOS

Desenvolver um software que controle uma malha ferroviária, envolvendo o controle de processamento em tempo real e redes de Petri.

INTRODUÇÃO

- **Necessidade**
 - **Segurança**
 - **Economia**
- **Modelagem de maneira formal**



REDES DE PETRI

- Surgimento de uma tese intitulada “comunicação de autômatos” em 1962 por Carl Adam Petri.
- Foi difundida por pesquisadores da *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), entre 1968 e 1976.

DEFINIÇÃO

Rede de Petri é uma ferramenta gráfica e matemática que se adapta bem a um grande número de aplicações em que as noções de eventos e de evoluções simultâneas são importantes.

Cardoso (1997)

Elementos de uma Rede de Petri

- Lugar



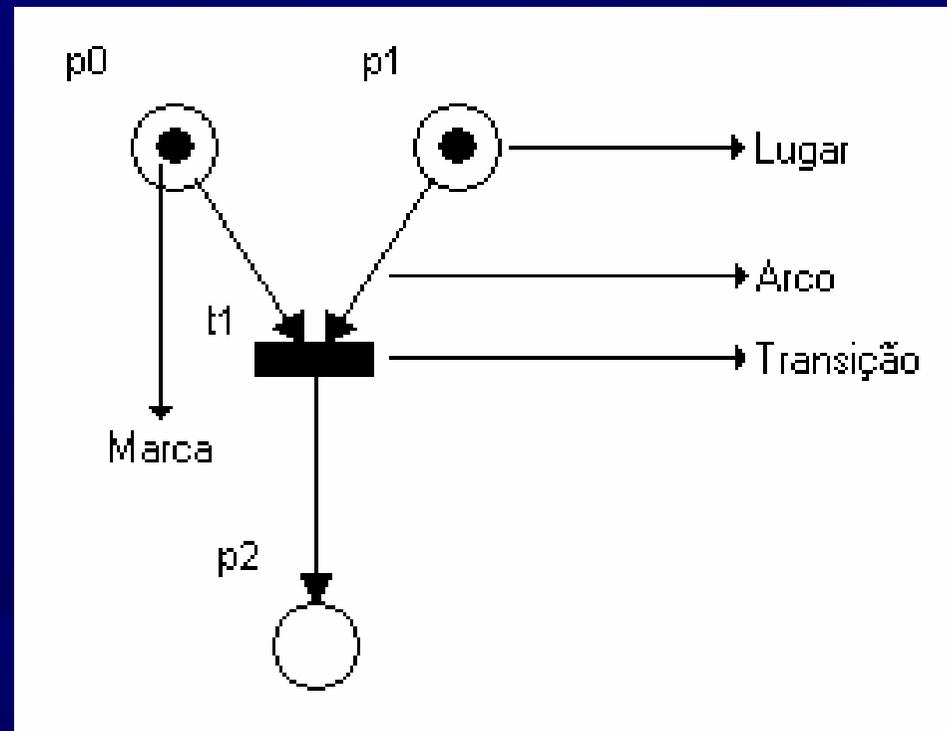
- Transição



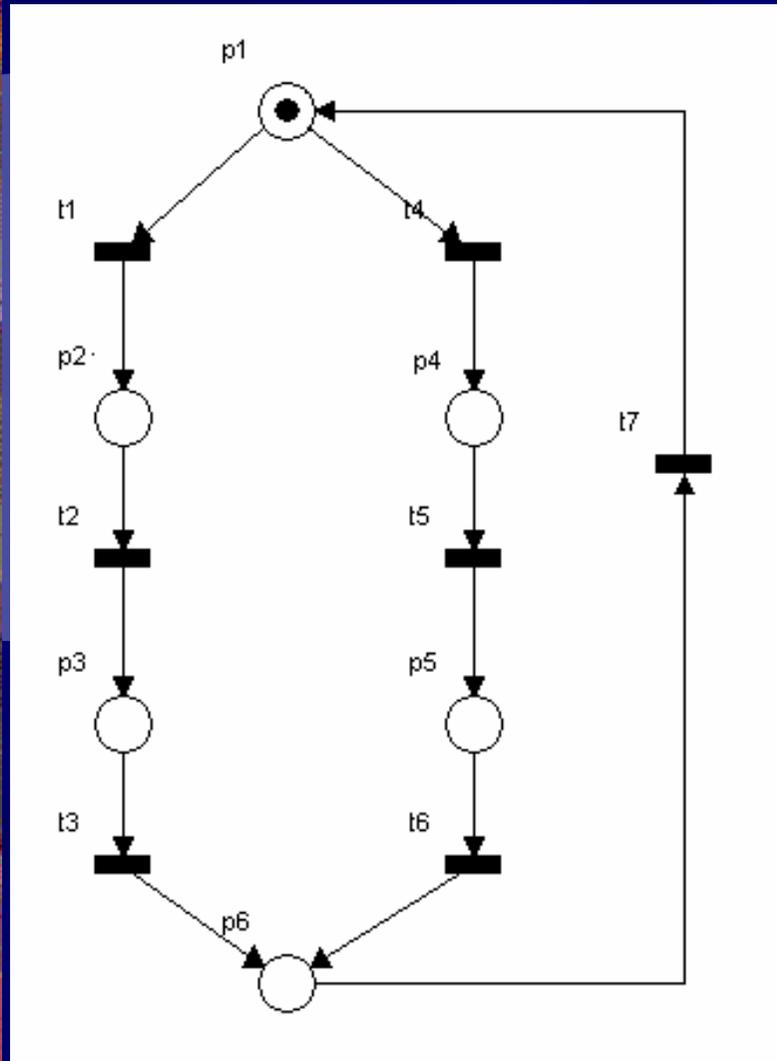
- Arco



- Ficha



Representação Gráfica de uma Rede de Petri



Características:

- Limitada
- Viva
- Reiniciável
- Pura
- Conflito estrutural efetivo
- Paralelismo estrutural

Representação Matemática de uma Rede de Petri

Definição matemática: $R (P , T , Pré , Post , M)$

$$\left(\begin{array}{c} p1 \\ p2 \\ p3 \\ p4 \\ p5 \\ p6 \end{array} , [t1 \ t2 \ t3 \ t4 \ t5 \ t6 \ t7] , \begin{array}{c} \left[\begin{array}{ccccccc} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right] , \left[\begin{array}{ccccccc} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] , \left[\begin{array}{c} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right] \end{array} \right)$$

- Pré: Matriz que mostra os arcos que vão de P para T
- Post: Matriz que mostra os arcos que vão de T para P
- Matriz de incidência: $C = Post - Pré$

Classificação das Redes de Petri

- Redes de Petri ordinárias
- Redes de Petri de alto nível
 - Redes de Petri orientadas a objeto
 - Redes de Petri coloridas
- Redes de Petri com representação de tempo
 - Rede de Petri temporizada
 - Rede de Petri P-Temporizada
 - Rede de Petri T-Temporizada
 - Rede de Petri temporal
- Rede de Petri Estocásticas



PROCESSAMENTO EM TEMPO REAL

- A origem do termo “computação em tempo real”, não é clara, provavelmente originário do projeto *Whirlwind* ou do projeto *Semiautomatic Ground Environment Air Defence System*.

DEFINIÇÃO:

Sistemas de tempo real são aqueles onde a corretude do sistema não depende apenas da computação lógica, mas também o tempo em que o resultado é produzido.

Stankovic (1992)



Requisitos para Sistemas em Tempo Real

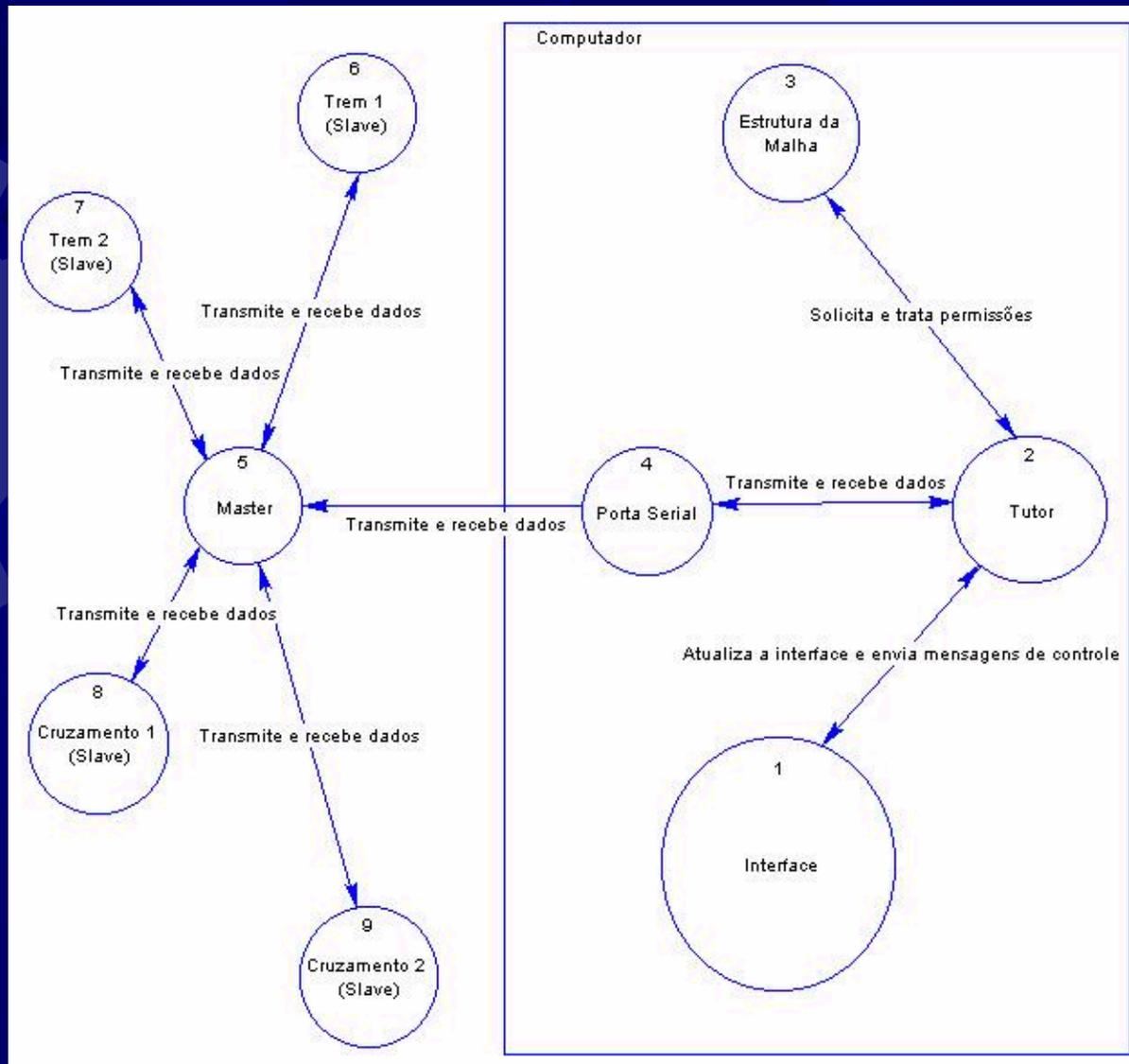
- **Tempo real crítico e não crítico**
- **Simultaniedade**
- **Previsibilidade**
- **Fidelidade**

ESPECIFICAÇÃO

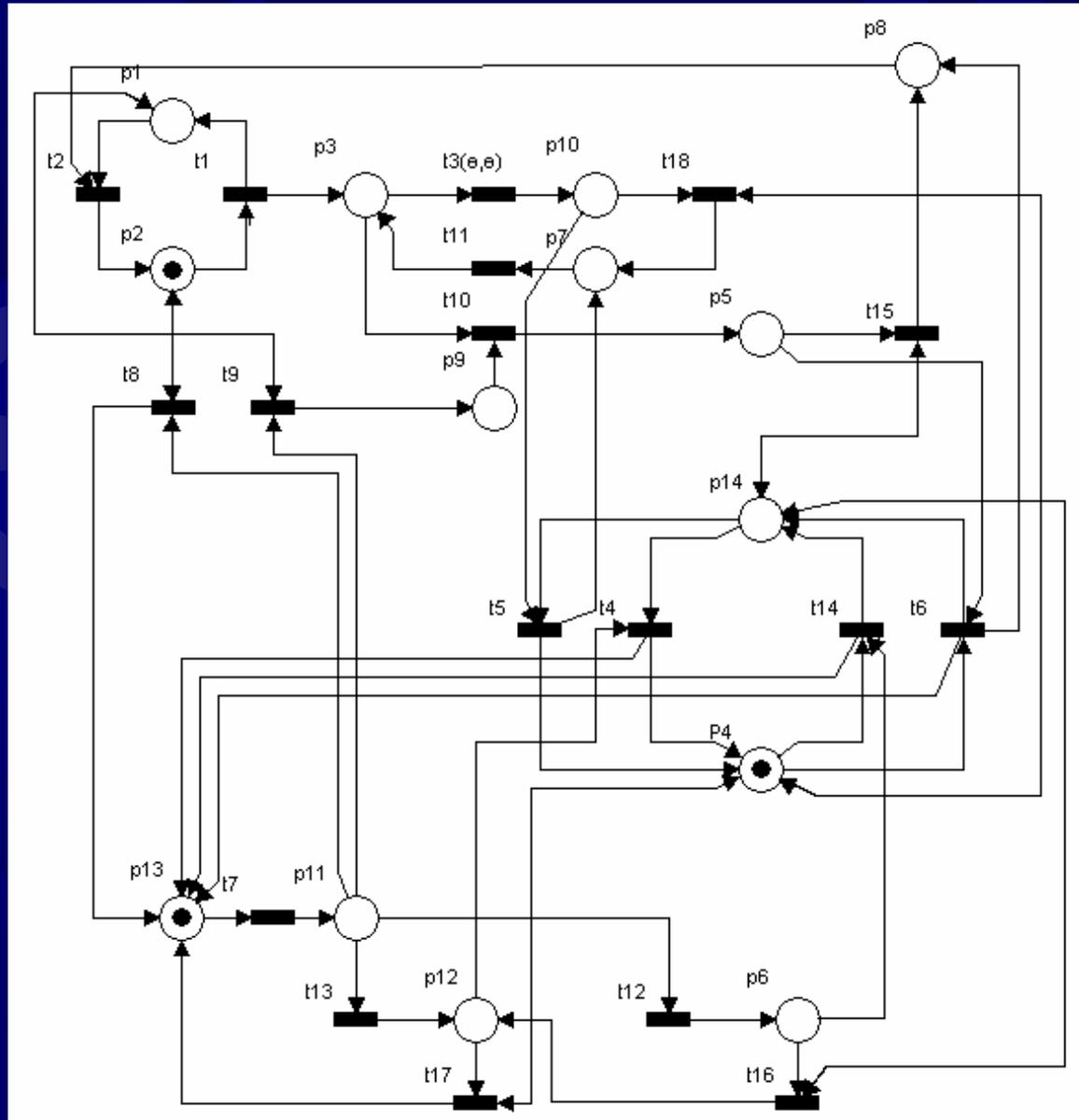
Programas utilizados para a especificação do protótipo:

- HPSim Version 1.1
- Platform independent Petri net editor (PIPE)

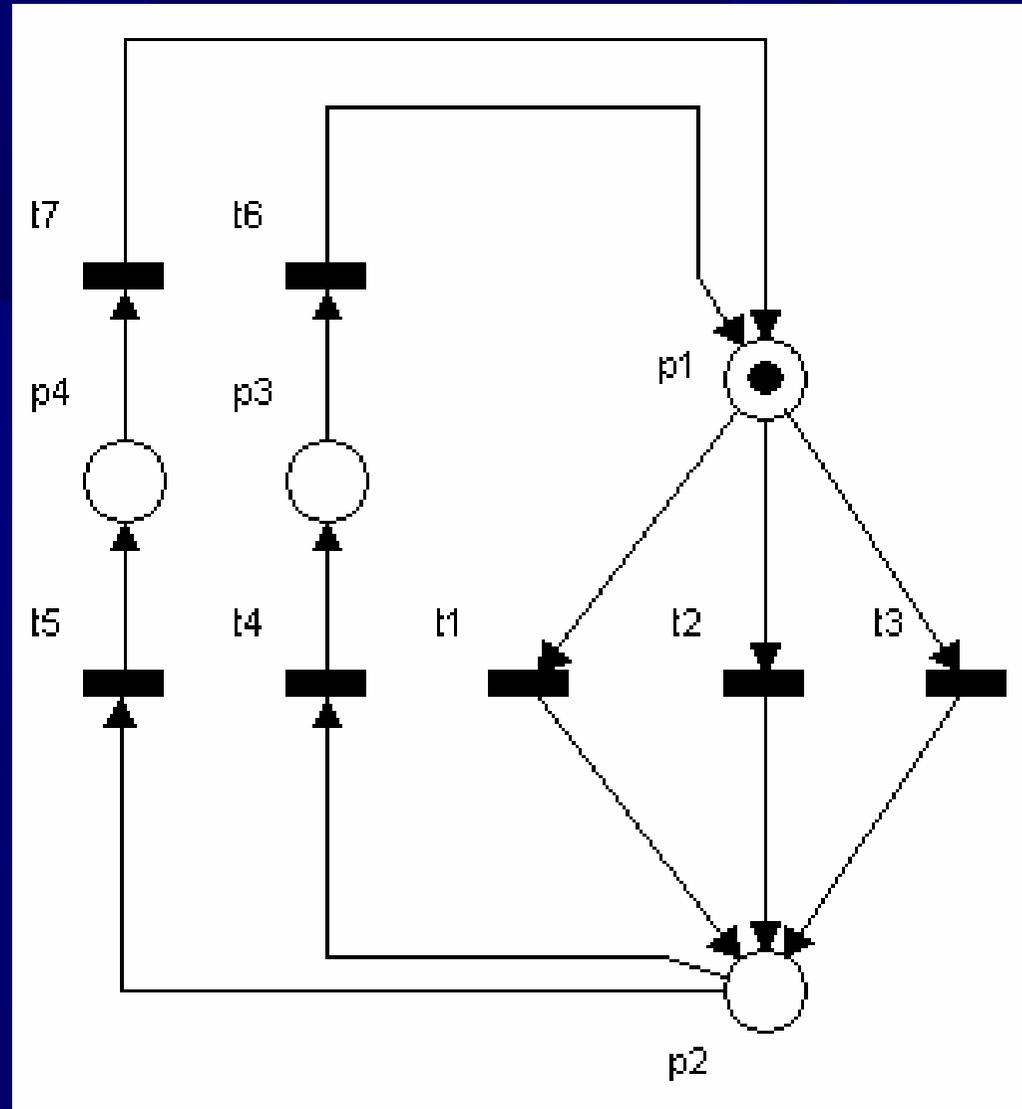
Diagrama de contexto da Especificação



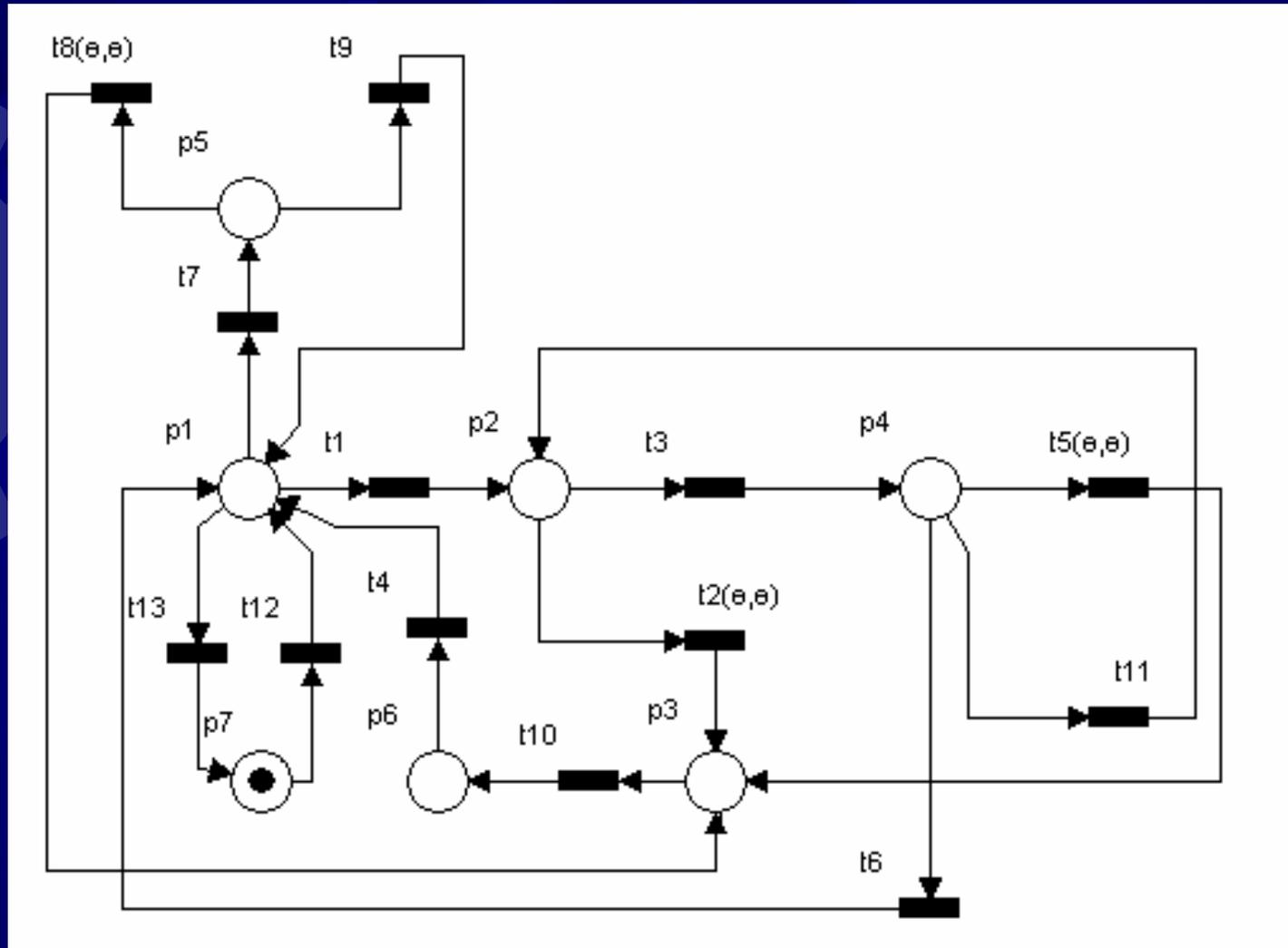
Especificação do Módulo do Trem



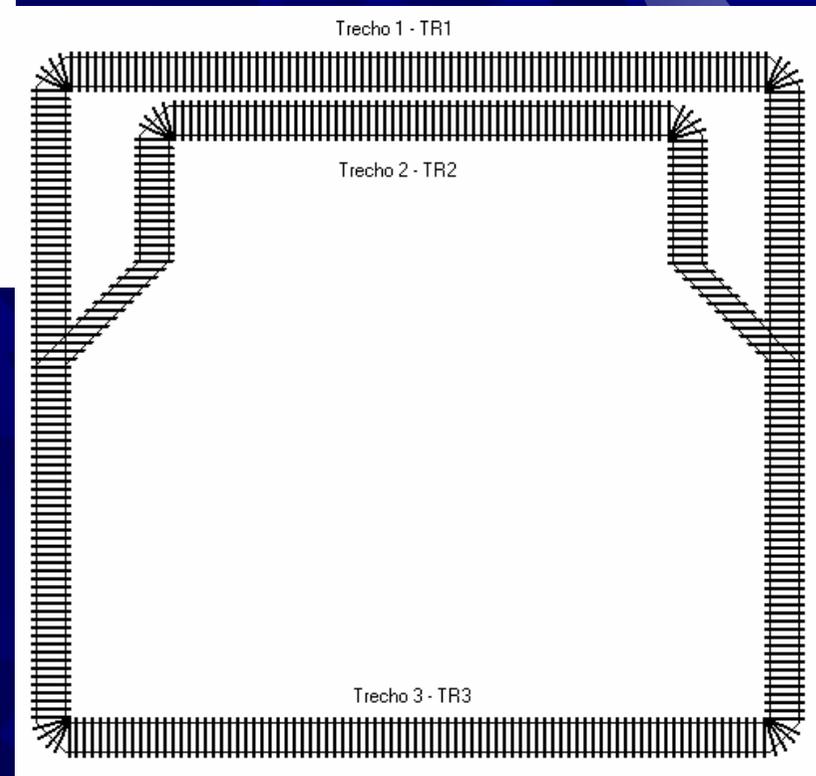
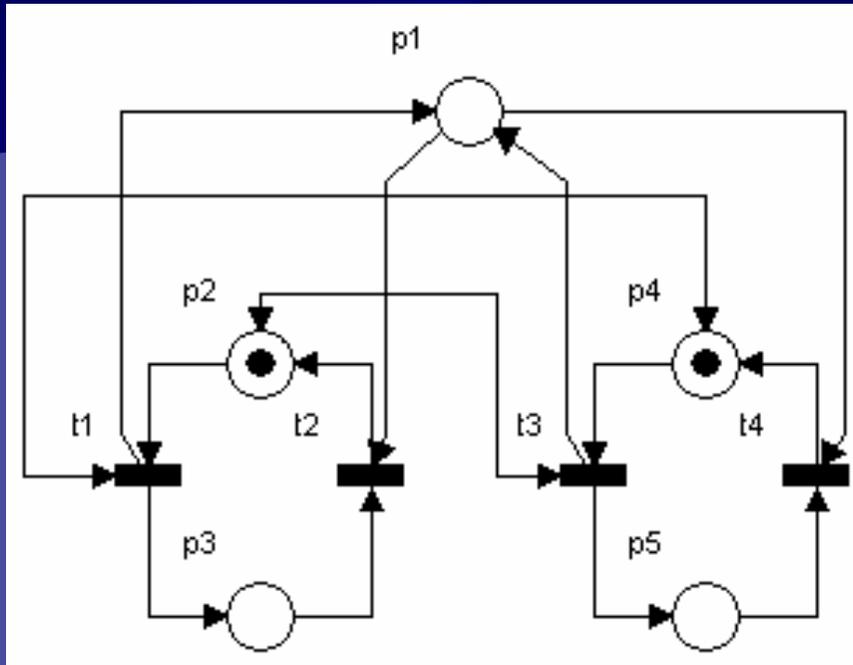
Especificação do Módulo Tutor



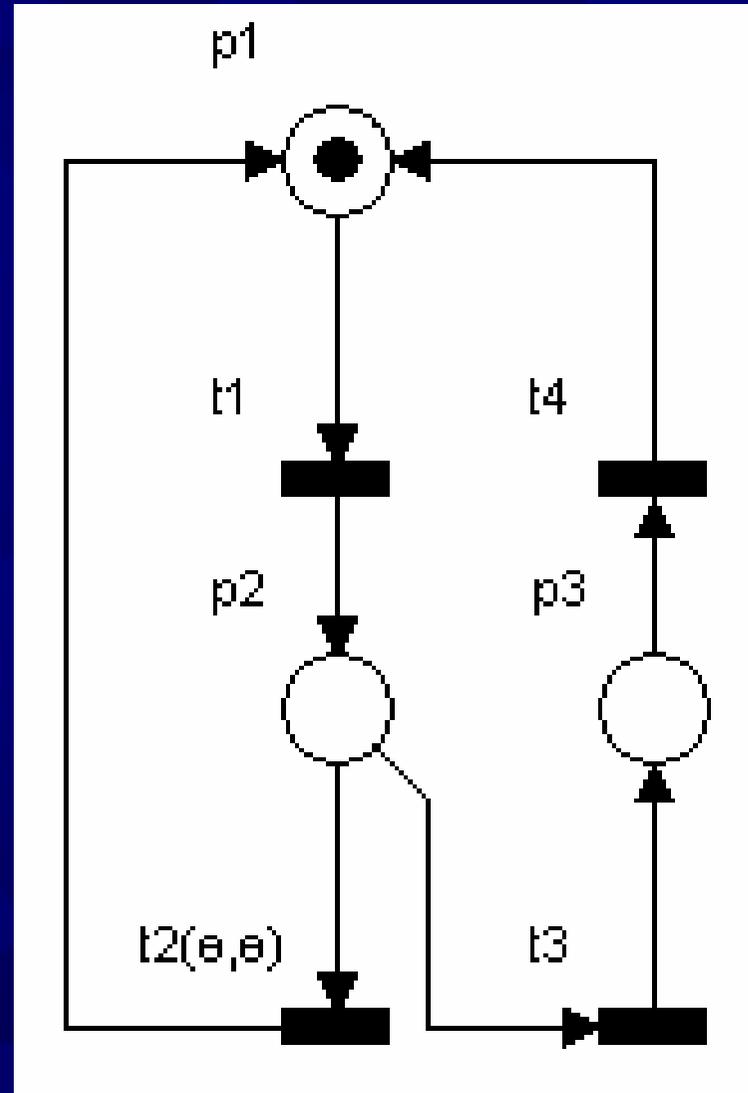
Especificação do Módulo da Porta Serial



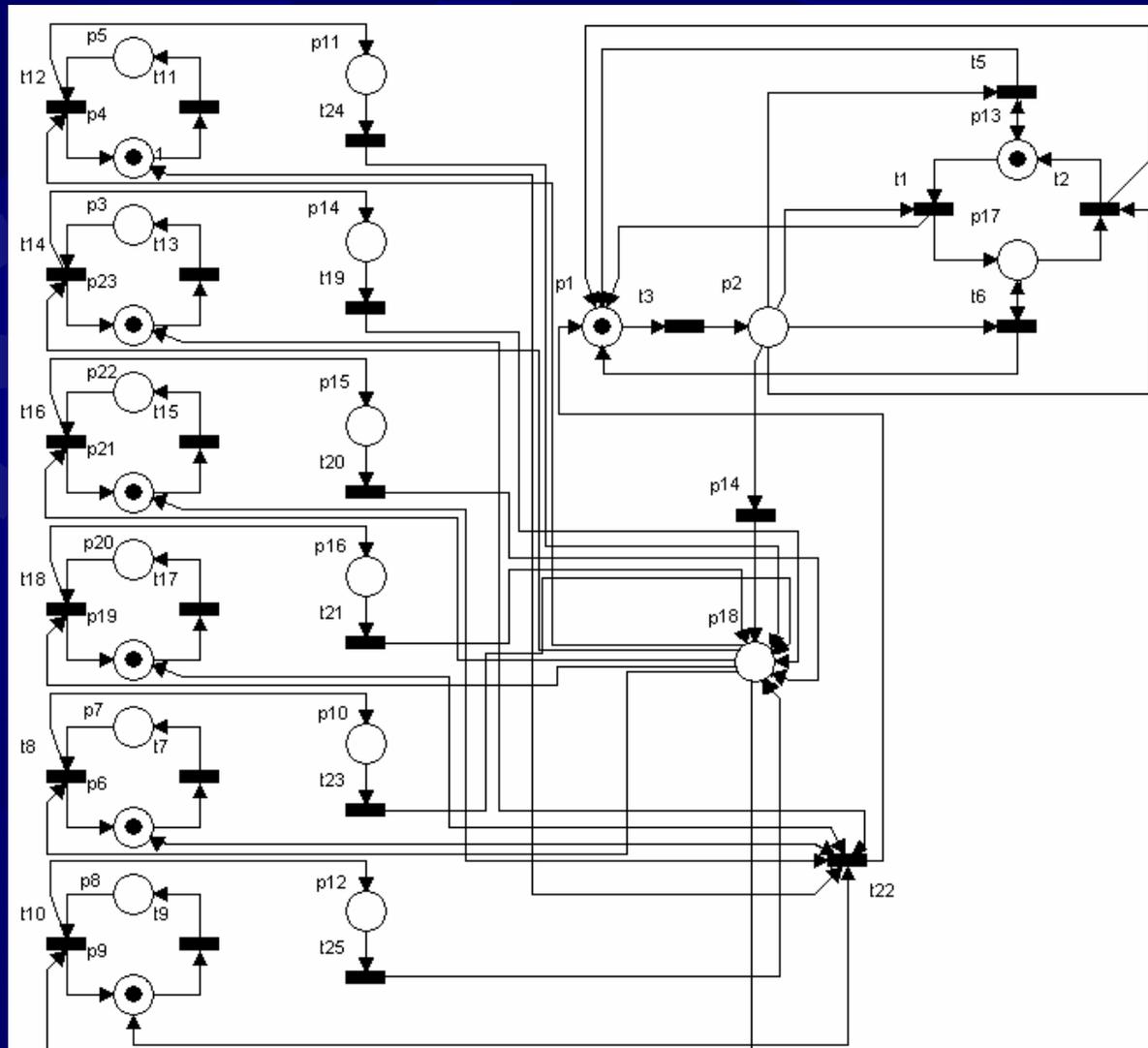
Especificação da Estrutura da Malha



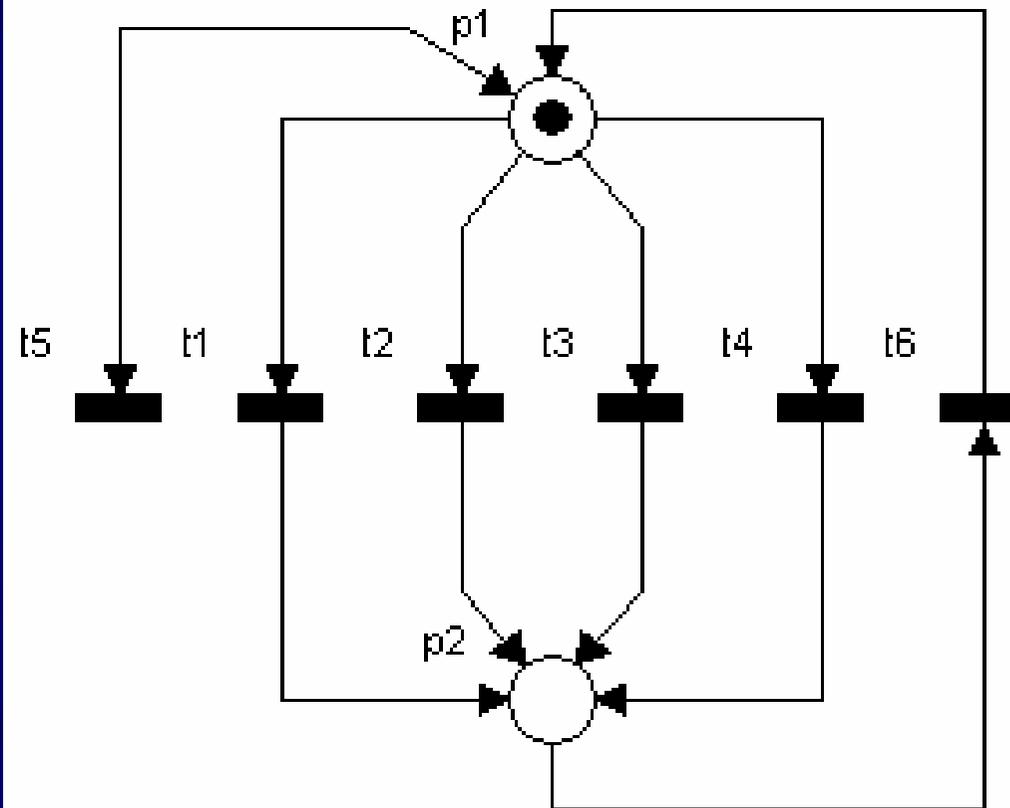
Especificação do Módulo Master



Especificação do Módulo do Cruzamento



Especificação do Módulo da Interface



Especificação dos Pacotes de Mensagens

Constante	Descrição
EOT	Encerra a conexão com o dispositivo corrente.
ACK	Mensagem recebida e compreendida
ENQ	Solicita o início de uma conexão
TR1	Trem 1
TR2	Trem 2
CR1	Cruzamento 1
CR2	Cruzamento 2
*	Todos
A1	Acesso liberado
A0	Acesso negado
-	Divisor de constantes
,	Separador de sensores
S1	Sensor do cruzamento S1 ativo
S2	Sensor do cruzamento S2 ativo
S3	Sensor do cruzamento S3 ativo
S4	Sensor do cruzamento S4 ativo
S5	Sensor do cruzamento S5 ativo
S6	Sensor do cruzamento S6 ativo
S1T	Sensor 1 do trem esta ativo.
LT	Ligar trem
PF	Parar trem



IMPLEMENTAÇÃO

Programas utilizados:

- **Delphi 6 Enterprise**
- **PicBasic Pro compiler**

Verificação da sensibilização das transições no módulo da estrutura da malha

```
function TEstruturaMalha.T1Sensibilizada: boolean;  
begin  
  result := (Fp2 and Fp4);  
end;  
  
function TEstruturaMalha.T2Sensibilizada: boolean;  
begin  
  result := (Fp1 and Fp3);  
end;  
  
function TEstruturaMalha.T3Sensibilizada: boolean;  
begin  
  result := (Fp2 and Fp4);  
end;  
  
function TEstruturaMalha.T4Sensibilizada: boolean;  
begin  
  result := (Fp1 and Fp5);  
end;
```

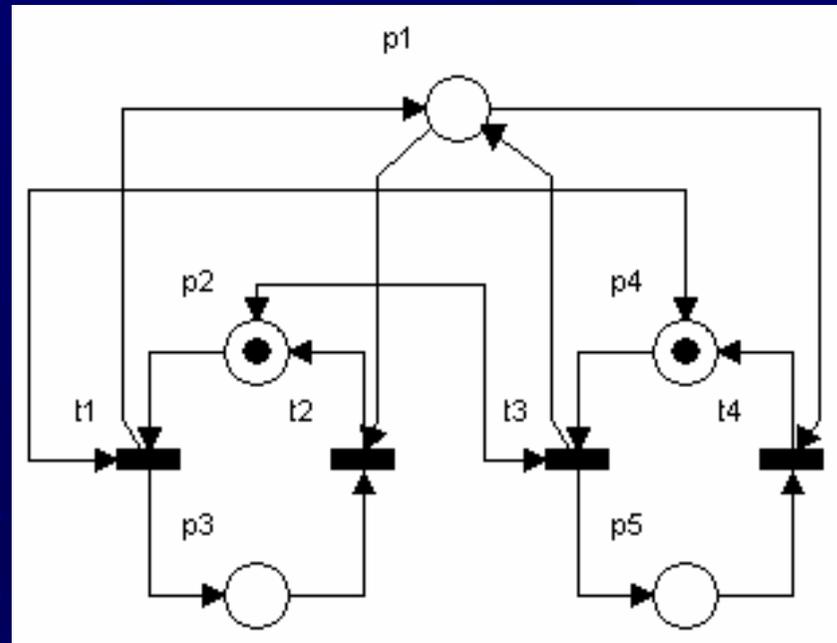
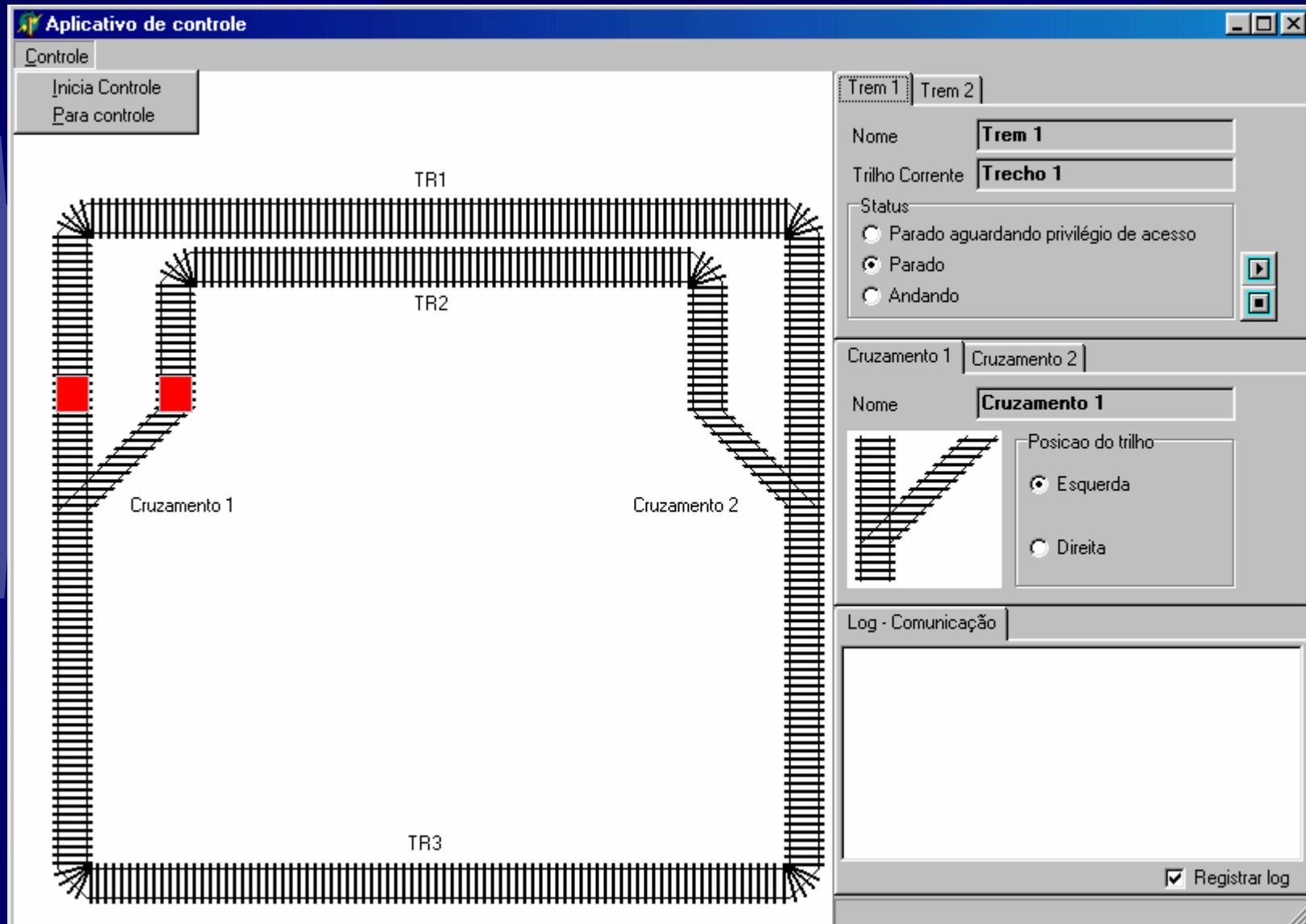


Imagem do Protótipo





CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Especificação
- Desenvolvimento
- Dificuldades encontradas
 - Software
 - Hardware

EXTENSÕES

- Implementar uma rotina que armazene informações da malha, e através desta, configurar automaticamente a malha ferroviária que deve ser controlada
- Melhorar a transmissão de mensagens feitas entre os dispositivos, levando em consideração o protocolo de comunicação BSC-3
- Implementar o controle de outros objetos na malha ferroviária, como por exemplo, estações de trem, cruzamentos
- Implementar rotas que os trens devem seguir
- Incluir prioridades para cada trem



Agradecimentos

- **Prof. José Roque Voltolini da Silva**
- **Prof. Miguel Alexandre Wisintainer**
- **Empresa Bremen Sistemas e Serviços**