



INTRODUÇÃO AO USO DE REDES DE PETRI NO ENSINO DA ENGENHARIA

Caio Raveli Freitas Barbosa – caio.raveli@gmail.com

Katielle Dantas Oliveira – katielledantas@gmail.com

Thiago O. Rodrigues – thiagoliveira08@gmail.com

Francisco D. C. Rebouças – davi.reboucas91@gmail.com

Stéphanie A. Braga – stephanie.abraga@gmail.com

Érika B. D. Bezerra – erikabdiniz@gmail.com

Jorge F. M. C. Silva – jf.engtelecom@gmail.com

Carlos M. J. M. D. Junior – cmauriciojd@gmail.com

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Departamento de Telemática.

Av. 13 de maio, 2081, Benfica.

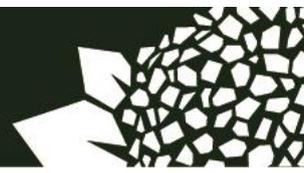
60040 - 531 – Fortaleza – Ceará

***Resumo:** O objetivo deste trabalho é mostrar como o aprendizado da modelagem de sistemas usando Redes de Petri é importante nos cursos de engenharia. Através delas podemos facilitar o desenvolvimento de qualquer projeto, tendo uma visualização geral do experimento sendo simulado. Esta foi uma das metodologias aplicadas em um minicurso de 16 horas pelo Grupo de Desenvolvimento de Sistemas de Telecomunicações e Sistemas Embarcados (GDEST) no Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), que contava com alunos de cursos técnicos e de outros cursos superiores além dos de Engenharia de Telecomunicações. Também apresentaremos uma pequena aplicação de uma Rede de Petri dos semáforos de duas vias desenvolvidos no decorrer deste minicurso, utilizando uma ferramenta de simulação chamada Visual Object Net ++. Concluindo-se assim, através de testes e observação, que o ensino das Redes de Petri poderia ser mais explorado nos cursos técnicos ou superiores que precisam da modelagem de sistemas para desenvolver projetos.*

***Palavras-chave:** Redes de Petri, Modelagem, Minicurso.*

1. INTRODUÇÃO

A questão da modelagem de sistemas é talvez a parte mais importante de qualquer projeto a ser desenvolvido, pois é onde podemos enxergar todas as partes do projeto físico de uma forma minimizada. Porém, não é explorada de uma forma adequada pelos estudantes de engenharia, pois a maior parte deles consideram-na como uma atividade bastante monótona e acabam atribuindo-a aos estudantes focados na área de desenvolvimento de projetos.



Alguns dos métodos mais comuns para modelagem são: os Diagramas de Fluxo, os Diagramas de Processos, a *Universal Modeling Language* (UML), as técnicas IDEF0 e IDEF3 e as Redes de Petri (MALDONADO, 2008).

Abordaremos neste trabalho uma introdução ao uso de Redes de Petri no ensino da engenharia. Essa ferramenta oferece uma série de vantagens, como: facilita na visualização e no aprendizado do sistema simulado, auxilia o conserto no caso de alguma falha no experimento, trazendo assim um maior controle do mesmo, e também nos permite o estudo do sistema em um longo período de tempo simulado (PENHA *et al*, 2004).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Uma fundamentação teórica básica sobre Redes de Petri será melhor compreendida se a dividirmos em pequenos tópicos, tais como: contexto histórico, definição básica e como poderíamos usá-la.

2.1. Contexto histórico

A Rede de Petri é uma teoria defendida em uma tese de doutorado pelo alemão Carl Adam Petri em 1962 na Universidade de Darmstadt, Alemanha. Inicialmente chamada de *Kommunikation mit Automaten* (Comunicação com Autômatos), tinha como objetivo fazer com que máquinas de estados pudessem se comunicar. Esta técnica teve um melhor início na França em relação a controle de sistemas de fabricação automatizada (CARDOSO & VALETTE, 1997). Assim, este modelo recebeu como nome de Rede de Petri em homenagem ao próprio autor. Existem algumas variações, são elas: Redes de Petri Coloridas, Temporizadas ou Estocásticas. São modelos bastante importantes, porém não fazem parte da teoria original, então não estenderemos a elas as abordagens deste trabalho (PENHA *et al*, 2004).

2.2. Definições e conceitos básicos

A Rede de Petri ou Rede de Transição é uma ferramenta gráfica e matemática para sistemas distribuídos discretos (quando mudanças de estados ocorrem em instantes precisos) (CARDOSO & VALETTE, 1997). Ela tem como principal foco a modelagem de sistemas. Logo, ela possui uma grande gama de aplicabilidade nos processos de qualquer sistema, trazendo assim uma grande importância por conta que podemos fazer uma análise bem detalhada do experimento.

Uma Rede de Petri é definida formalmente (matematicamente) por uma quádrupla:

$$R = \langle P, T, Pre, Post \rangle \quad (1)$$

Onde temos que P é um conjunto finito de lugares de dimensão n, T é um conjunto finito de transições de dimensão m, Pre é a aplicação de entrada (lugares precedentes ou incidência anterior) e Post é a aplicação de saída (lugares seguintes ou incidência posterior) (CARDOSO & VALETTE, 1997).

Mas de uma maneira informal, nós temos que a Rede de Petri pode ser representada por apenas alguns conceitos e elementos bem mais simples de serem compreendidos. Veremos um pequeno exemplo na Figura 1:

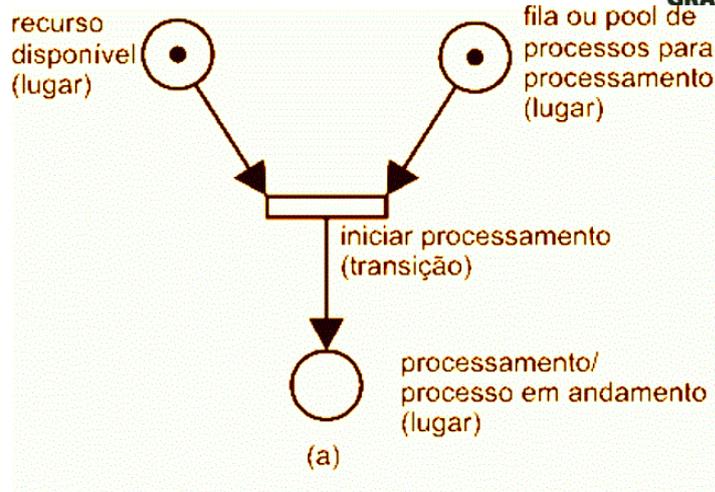


Figura 1: Elementos de uma Rede de Petri

Temos os lugares ou *places* que são representados graficamente por um círculo, que são condições, atividades ou recursos, etc. Ainda podemos dividi-los em lugares de entrada (que são as pré-condições, dados de entrada, sinais de entrada, lugares precedentes, etc.) e lugares de saída (que são pós-condições, dados de saída, sinais de saída, conclusões, incidência posterior, etc.). Temos também as transições que são representadas por uma barra ou um retângulo (que são eventos, processamento, processamento do sinal, etc.), as fichas, ou marcas ou *token*, são representadas pelos círculos escuros dentro dos lugares (são os estados de um sistema) e, por último, os arcos que são representados por uma seta e, assim, indicam os lugares de entrada ou saída para as transições (PENHA *et al*, 2004) (MOODY & ANTSAKLIS, 1998).

2.3. Marcação, disparo e poder de expressão

Uma marcação de um sistema é dada por uma determinada distribuição de fichas. É necessário que façamos uma marcação inicial e uma marcação final, pois erros de definição da marcação inicial podem causar falhas no fim ou no decorrer do projeto. Mas durante o processo, para um melhor entendimento do que estamos fazendo, podemos fazer marcações para quaisquer estados (que na Rede de Petri são modelados pela adição de fichas) ou lugares. Para marcação de estados utilizamos a seguinte forma: $M_0 = (n^\circ \text{ fichas em } p_1, n^\circ \text{ de fichas em } p_2, \dots)$. E para marcação de lugares usamos apenas este simples modelo: $m(P_i) = n^\circ \text{ de fichas no lugar}$ (PENHA *et al*, 2004).

Em uma Rede de Petri os lugares são elementos passivos e as transições são elementos ativos (modificam o estado do sistema). Nisto, cada lugar pode ter de zero a um certo número inteiro de fichas. Porém, para ocorrer um evento de mudança de estado, o lugar que é ligado por um arco a uma transição (lugar de entrada), deve ter pelo menos uma ficha contida nele, isto validará a condição de que a transição está *habilitada*. Então, quando essa condição existir, o *disparo* será o evento que ocorre quando a transição consome uma ficha do lugar de entrada levando-a até o lugar de saída seguindo seus respectivos arcos. Vale observar que uma transição habilitada pode ou não disparar. Isso vai ocorrer de acordo com o peso do arco, e este peso é quem determina quantas fichas sairão do lugar de entrada indo para a transição e quantas fichas saindo da transição entrarão no lugar de saída (OLIVEIRA, 2006).

As Redes de Petri têm vários poderes de expressão ou comportamentos que serão de acordo com qual sistema que queremos modelar. Temos a sequência, a concorrência, o sincronismo, os caminhos alternativos, a repetição, a alocação de recursos e o conflito. São todos eles uma forma de como as fichas irão seguir, e o que vai determinar como os escolhermos será as condições que o projeto a ser modelado nos fornece (MOODY & ANTSAKLIS, 1998). Mostraremos e definiremos apenas um desses poderes na Figura 2, para termos uma noção prática de como seriam essas formas de expressão.

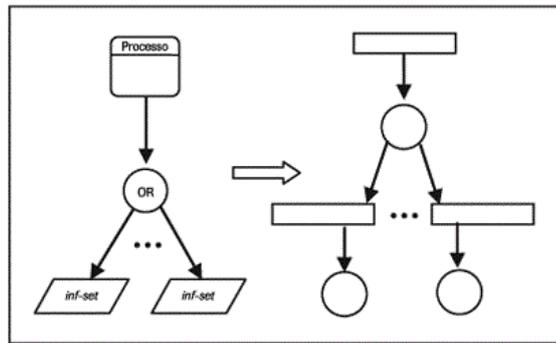


Figura 2: Concorrência

- **Concorrência:** é quando o sistema apresenta caminhos paralelos (podem trabalhar juntos ao mesmo tempo) ou pseudo-paralelos (quando o paralelismo é aparente, mas nunca terão eventos simultâneos) (CARDOSO & VALETTE, 1997).

2.4. Resumo dos conceitos

Na Figura 3 é apresentada uma forma resumida de como aprendemos os conceitos básicos de Redes de Petri, e em seguida, descreveremos na forma matricial as definições aprendidas, antes e depois do disparo.

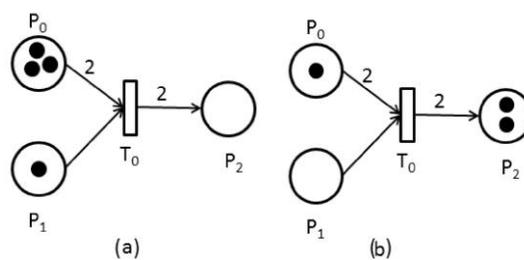


Figura 3: (a) Marcação antes do disparo. (b) Marcação final.

Na Figura 3(a) temos as seguintes características: P(lugares), T(transições), F(arcos), W(pesos), m_0 (marcação inicial) e m (marcação final):

$$P = \{P_0, P_1, P_2\} \quad (2)$$

$$T = \{T_0\} \quad (3)$$

$$F = \{(P_0, T_0), (P_1, T_0), (T_0, P_2)\} \quad (4)$$

$$W = \{(P_0, T_0) = 2, (P_1, T_0) = 1, (T_0, P_2) = 2\} \quad (5)$$

$$m_0 = (3, 1, 0) \quad (6)$$

$$m = (1, 0, 2)$$

(7)

Desta forma, podemos ver que antes, pela marcação inicial, temos três fichas no lugar P1 e uma ficha no lugar P2. Em seguida acontece o disparo da transição T0, quando o arco (P0, T0) tem peso dois dizendo que obrigatoriamente sairão duas fichas deste mesmo lugar e o arco (P1, T0) não tem nenhuma indicação de peso, logo atribui-se que seu peso é um, dizendo que sairá apenas uma ficha do mesmo. Posteriormente, como o arco (T0, P2) tem peso dois, isso indica que duas fichas sairão da transição e entrarão no lugar de saída como mostrado na Figura 3(b).

3. METODOLOGIA E DIDÁTICA

Os conceitos iniciais das Redes de Petri foram apresentados em um minicurso ministrado pelo Grupo de Desenvolvimento de Sistemas de Telecomunicações e Sistemas Embarcados (GDESTE). O minicurso contava com a presença de alunos do curso de Engenharia de Telecomunicações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Desta forma, os alunos puderam utilizar da ferramenta para fazer algumas aplicações básicas que veremos no tópico quatro deste artigo. Por enquanto iremos nos ater somente a alguns métodos de implementação de concepção da Rede de Petri e por fim apresentando um pouco do seu ambiente de simulação.

3.1. Métodos de concepção

Estes métodos nos auxiliam no entendimento do projeto como um todo, podendo ser uma abordagem procedimental ou não procedimental.

- **Uma abordagem procedimental:** a rede obedece a um comportamento sequencial, podendo ser correspondida por um componente conservativo que contem apenas uma ficha. Neste caso a aplicação é escrita diretamente, e como podemos observar na Figura 4, os lugares compartilhados correspondem aos comandos *if* ou *case* ou *go to*.

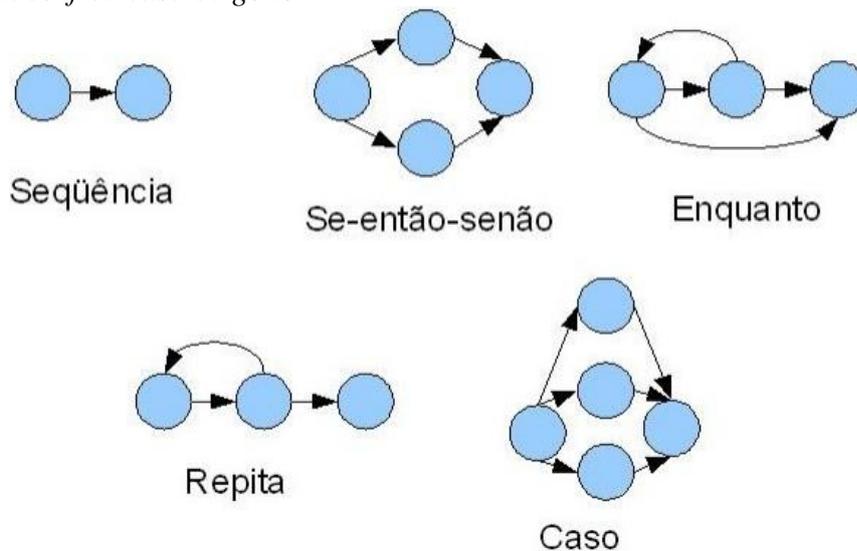


Figura 4: Rede sequencial

- **Uma abordagem não procedimental:** a complexidade varia pouco em função do número de lugares e de transições da Rede de Petri. Ela pode deslocar as fichas de uma forma que respeite as regras de disparo das transições. Assim, esta abordagem é preferível nos casos mais complexos e quando as restrições de tempo de respostas não são críticas (CARDOSO & VALETTE, 1997).

3.2. Ambiente de simulação

As Redes de Petri podem ser simuladas através de algoritmos de linguagens de programação, talvez a mais conhecida pra esse caso seja a linguagem Java, devido sua grande popularidade e sua ótima aplicação em interfaces gráficas. Porém, um software de simulação baseado em Redes de Petri, chamado de *Visual Object Net++*, foi desenvolvido por Rainer Drath, na Ilmenau University of Technology, Alemanha. É um software livre e de fácil utilização (Figura 5).

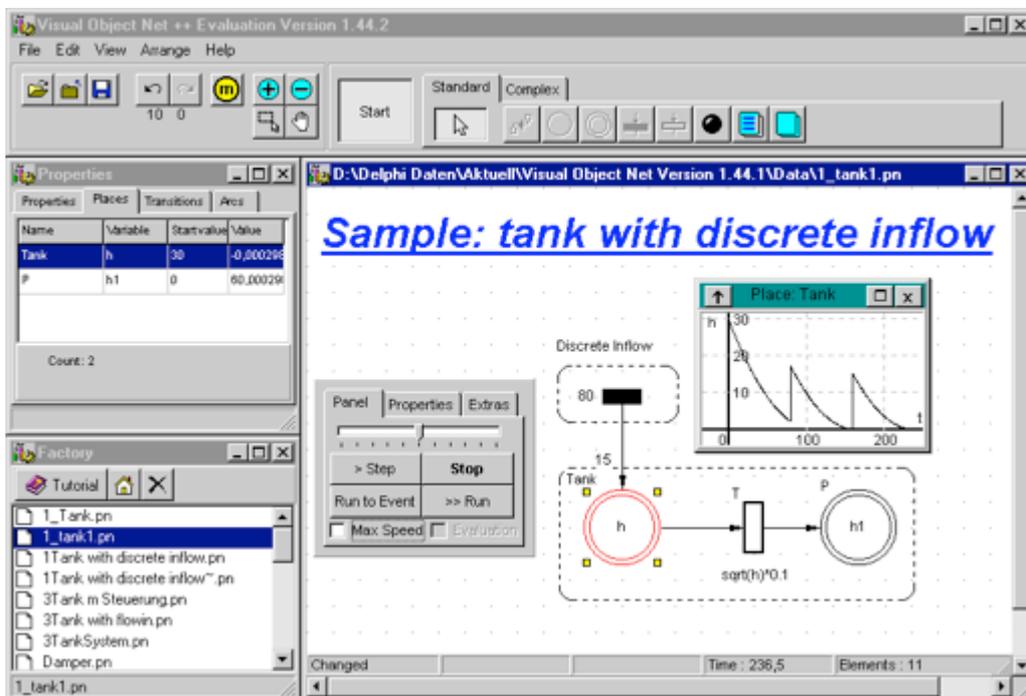


Figura 5: Visual Object Net++

Este é o ambiente mais adequado para simulações de Redes de Petri. Como podemos ver, ele possui um menu principal no canto superior esquerdo, similar aos produtos da *Microsoft Windows*. Também nos apresenta um menu com funções específicas das Redes de Petri na parte central superior. Em seguida, no canto esquerdo da tela, temos uma janela de propriedades dos elementos inseridos, e abaixo dela, uma janela de nossos projetos elaborados. Finalmente, no meio é onde podemos fazer a edição gráfica (onde aplicaremos os componentes) das nossas aplicações.

4. APLICAÇÕES

As Redes de Petri são ferramentas para simulação de eventos discretos. Ou seja, são aplicações de qualquer gênero que tenham como uma exigência básica para início de

projeto, uma definição precisa de mudança de estados. Então, como falamos anteriormente, teremos como exemplo a modelagem dos semáforos de duas vias que foi estudada no minicurso proposto pelo GDEST. Assim, podemos ver na Figura 6 como ele ficaria:

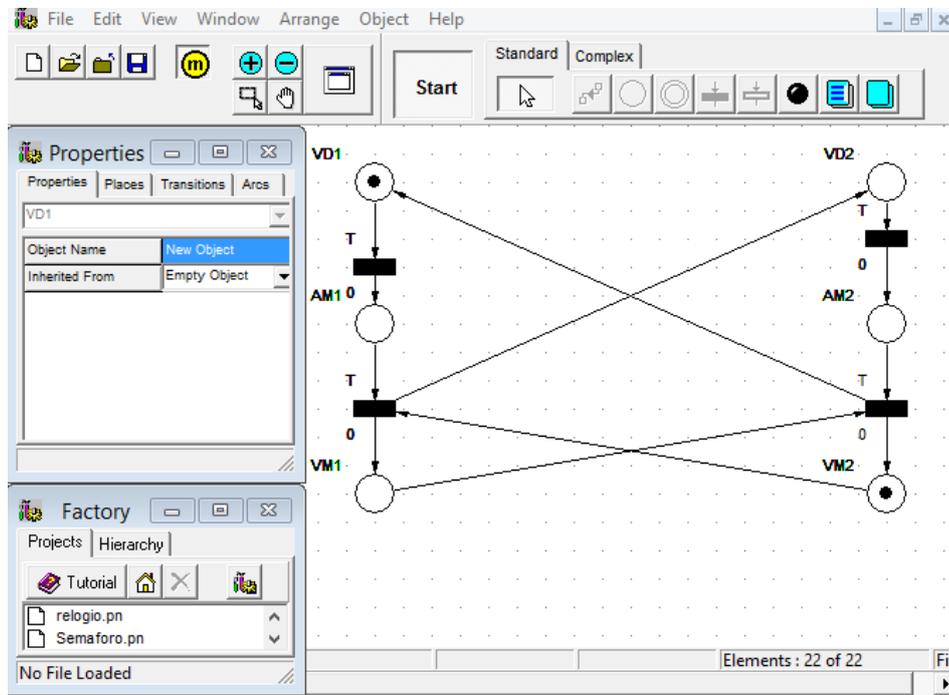


Figura 6: Semáforos de duas vias

Temos na Figura 6 que os sinais do primeiro semáforo são representados por VD1 (verde 1), AM1 (amarelo 1) e VM1 (vermelho 2) e os do segundo semáforo são VD2 (verde 2), AM2 (amarelo 2) e VM2 (vermelho 2). A simulação ocorrendo no *Visual Object Net++* nos demonstrará que o tempo que uma ficha espera no sinal vermelho o tempo que é preciso uma ficha passar do sinal verde até o amarelo. Depois disso, no instante que uma ficha leva pra sair do sinal amarelo para o sinal vermelho (fechar o sinal), é exatamente o mesmo tempo que a ficha sai do outro sinal vermelho e vai direto para o sinal verde (abrindo o sinal). Não defini os sinais com suas respectivas numerações porque os eventos acontecem simultaneamente e sendo o mesmo processo para ambos os semáforos. Assim, a modelagem pela Rede de Petri nos deu uma grande ajuda no entendimento de como ocorre o trabalho dos semáforos que controlam duas vias, nos dando uma visualização melhor do projeto se precisarmos alterá-lo, melhorá-lo ou até mesmo compartilhá-lo com outros projetistas para evitar erros de execução. Por fim, podemos ver na Tabela 1 também o processo dos dois semáforos, tendo um “x” como marcação de que o sinal está aceso e, obviamente, da transição 2 os processos voltam para a situação 1.

Tabela 1: Semáforo de duas vias



	VD1	AM1	VM1	VD2	AM2	VM2
Situação 1	x					x
Transição 1		x				x
Situação 2			x	x		
Transição 2			x		x	

5. CONCLUSÕES

De acordo com todos os estudos que fizemos no decorrer deste trabalho sobre as Redes de Petri, podemos assim concluir que estas são ferramentas bastante poderosas na simulação de eventos, projetos, trabalhos, etc.

Demonstramos de uma forma bastante sucinta algumas das utilidades desta ferramenta. Neste caso, ainda há muito a ser explorado e estudado sobre suas outras funções e até sobre suas outras variações, embora a Rede de Petri simples que estudamos já é de bastante eficiência.

Segundo a grade curricular dos cursos de engenharia das universidades brasileiras, existe uma carência muito grande em disciplinas que tenham como objetivo o ensino das Redes de Petri, atribuindo esse tipo de modelagem aos cursos voltados a computação ou afins. Porém, concluímos no decorrer deste trabalho, que estas ferramentas podem ser utilizadas para sistemas discretos em projetos de qualquer curso de engenharia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARDOSO, Janette; VALETTE, Robert. Redes de Petri. Florianópolis: Editora UFSC, 1997. 157 p, il.

GUIMARÃES, Lucas; RODRIGUES, Maxweel. Uma nova abordagem para a gestão de custos: as redes de Petri como ferramenta de apoio para o método de custeio baseado em atividades. Anais: XXVI - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza: Praia do Futuro, 2006.

MALDONADO, M.U.; DONADEL, A.C; VARVAKIS, G. Modelagem de Processos Intensivos em Conhecimento: Um estudo comparativo. VI Congresso Latino-americano de Dinâmica de Sistemas. Talca: Universidad de Talca, 2008.

MOODY, J. O., ANTSAKLIS, P. J. Supervisory Control of Discrete Event Systems Using Petri Nets. In: International Series on Discrete Event Dynamic Systems. Ed. Kluwer Academic Publishers, 1998. 192p, il.

OLIVEIRA, César Augusto Lins. UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO, Departamento de Sistemas Computacionais. Simulação de Redes de Petri em Ambiente Java, 2006. 95p, il. Trabalho de Conclusão de Curso.

PENHA, D. O.; FREITAS, H. C.; MARTINS, C. A. P. S. Modelagem de Sistemas Computacionais usando Redes de Petri: Aplicação em projeto, análise e avaliação. Anais da IV Escola Regional de Informática RJ/ES. Rio de Janeiro, 2004.



PETRI NET THEORY AND APPLICATIONS. Vienna: I-Tech Education and Publishing. 2008.

INTRODUCTION TO THE USE OF PETRI NETS IN ENGINEERING EDUCATION

***Abstract:** The objective of this paper is to show how the learning of systems modeling using Petri nets is important in engineering courses. Through them we can facilitate the development of any project, having an overview of the experiment being simulated. This was one of the methodologies applied in a short course of 16 hours by the Grupo de Desenvolvimento de Sistemas de Telecomunicações e Sistemas Embarcados (GDESTE) at the Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), which included students of technical courses and other graduations beyond the Telecommunication Engineering. We will also show a small application of a Petri net of two-way traffic lights developed during this short course, using a simulation tool called Visual Object Net + +. Finally, through testing and observation, that the teaching of Petri nets could be more explored in the technical courses or graduations that need modeling systems to project develop projects.*

***Key-words:** Petri Nets, Modeling, Short Course.*