

MODELAGEM E ANÁLISE DO SISTEMA DE ENSINO BASEADA EM REDE DE PETRI INTERPRETADA – AVALIAÇÃO DO EMPENHO DE PROFESSORES

Francisco L. G. Dos Santos¹, Francisco J. A. de Aquino²

¹Departamento de Telemática, Campus Fortaleza – Instituto Federal do Ceará, IFCE.

²Professor Orientador – Departamento de Telemática, Campus Fortaleza – Instituto Federal do Ceará, IFCE.

E-mail: leolgds@gmail.com

Resumo. Este trabalho trata do uso do formalismo da Rede de Petri para modelagem do sistema de ensino baseado em eventos discretos, que além da complexidade das atividades envolvidas, apresenta dificuldades na implementação, tomada de decisões e operação uma vez que envolve diferentes profissionais com opiniões e metodologias de ação distintas. No decorrer do trabalho explicitamos o fluxo de itens e os recursos envolvidos como pessoas e equipamentos nos modelos desenvolvidos em PFS (*Production Flow Schema*) e MFG (*Mark Flow Graph*) que são interpretações de Redes de Petri. O sistema de ensino do Instituto Federal do Ceará (IFCE) é usado como estudo de caso e o software *Visual Object Net* é empregado como ferramenta de apoio para a modelagem.

Palavras Chaves: rede de petri, modelagem, professores.

Abstract. This paper deals with the use of the formalism of Petri net for modeling learning system based on discrete events, in addition to the complexity of the activities involved, presents difficulties in the implementation, operation and decision making as it involves professionals with different opinions and methodologies action distinct. During the work we explicit the flow of items and resources such as people and equipment involved in the models developed in PFS (*Production Flow Schema*) and MFG (*Mark Flow Graph*) that are interpretations of Petri nets. The education system of the Federal Institute of Ceará (IFCE) is used as a case study and the software *Visual Object Net* is used as a supporting tool for modeling.

KeyWords: Petri net, modeling, teachers.

I INTRODUÇÃO

Atualmente, a maioria das organizações busca apoio nos diversos aparatos tecnológicos para o melhor gerenciamento e organização interna de suas atividades, em especial devido ao número crescente de aplicações para resolver problemas específicos do negócio o que torna essa busca cada vez mais intensa. No que diz respeito à educação, ao sistema de ensino, não é diferente.

É importante destacarmos que desenvolver e acompanhar da melhor forma o sistema de ensino de uma grande instituição como o Instituto Federal de Educação (IFCE) exige um conhecimento e domínio tanto do conceito de processos

como das tecnologias da informação relacionadas com coleta, tratamento de dados e tomada de decisões.

Além disso, é preciso levar em consideração o componente principal desse sistema, o professor, uma vez que este representa o “motor de acionamento” para o funcionamento do sistema como um todo. Deve-se atentar também para a relação professor-aluno e como essa relação pode influenciar na melhoria ou degradação, dado que o aluno é o maior produto do sistema. Produto este que deve ser mensurado pela qualidade do processo de ensino-aprendizado que deve ser reformulado a cada dia com o intuito de aprimorar o aprendizado.

Somando-se a isso, temos de um lado o mercado de trabalho e do outro a universidade. Aquela esta sempre buscando por inovações, algo que possa ser usado para gerar lucro, um bom profissional com conhecimentos técnicos e habilidades para criar e com isso acaba estimulando a competitividade entre os futuros profissionais, ou seja, alunos frutos do sistema de ensino atual e com isso tais alunos tem que se adaptar e buscar melhores qualificações; já este é preciso analisar a forma de ensino, como está preparando seus alunos, se desenvolvem atividades práticas, se estão se atualizando no que diz respeito ao que o mercado exige. Como mediador entre os dois anteriormente citados temos a figura do professor, que deve corresponder com as expectativas do mercado sem, no entanto deixa a universidade, o sistema de ensino falhar.

Muitas vezes é preciso uma reforma no ensino que por ser focado mais nas aulas expositivas tradicionais e colocando em segundo plano as atividades práticas, acaba centralizando na figura do professor a gestão e condução do processo de ensino-aprendizagem, o que inibe a participação e reflexão dos alunos e os induz a trabalhar isoladamente.

Neste contexto é preciso considerar vários indicadores como quantidade de disciplinas por professores, desenvolvimento de atividade administrativa conjuntamente com atividades de ensino, dedicação de cada professor a turmas específicas, para estabelecer uma modelagem como forma de avaliar e propor melhorias.

No entanto, verifica-se que se comparado com um sistema produtivo típico existe uma falta de experiência e prática em técnicas de modelagem e ferramentas computacionais para a avaliação e tomada de decisões sobre processos e serviços. Assim, este trabalho introduz os conceitos de sistemas a

eventos discretos, teorias de redes de Petri e técnicas de simulação para modelagem e análise de sistemas ensino.

O restante deste trabalho está estruturado como segue. A seção seguinte apresenta o conceito de organizações complexas, sistemas a eventos discretos (SED) e a teoria de Redes de Petri. Na seção posterior serão apresentadas interpretações para aplicação de Redes de Petri em sistemas de ensino sendo introduzidas: *Production Flow Schema* (PFS) e *Mark Flow Craph* (MFC) e na sequência teremos o estudo de caso do sistema de ensino do IFCE em que a técnica de modelagem e análise proposta é comparada com as técnicas tradicionalmente utilizadas para análise. Por fim, teremos a conclusão do trabalho.

II CONCEITOS IMPORTANTES

O termo organização, de acordo com Etzione [1969] é uma unidade social que é orientada atingir metas específicas. Assim, "organização complexa" é uma entidade de grande porte como, por exemplo: hospitais, universidades, grandes empresas, etc. onde existem uma relação de "consentimento" entre aquele que têm poder e aquele em quem este poder é exercido.

Segundo Novaes [1992] a universidade é uma organização complexa que envolve:

- Grande número de cargos e funções diferentes (recursos humanos com diferentes qualificações).
- Grande diversidade e quantidade de unidades e departamentos, geralmente independentes entre si.
- Constante pressão para melhora da qualidade e redução de custos.

A. SISTEMAS DINÂMICOS E EVENTOS DISCRETOS

Na modelagem e análise de organizações de ensino, além do problema de identificar todas as formas de interação de suas partes tem-se também a dificuldade de tratar a aleatoriedade dos fluxos de alunos e de como dimensionar o grau de inadequação ou desatualização da estrutura física e funcional frente às novas demandas de serviço ou de mercado. Também são comuns os casos em que alterações estruturais ou funcionais causam transtornos durante a sua implantação, tornando discutível a melhora da eficiência e qualidade.

Assim, é fundamental um estudo efetivo de cada situação através de modelos que expressem as principais características do objeto de estudo, com precisão e detalhamento suficientes evitando o desperdício de tempo e energia na implementação de mudanças inadequadas [Miyagi PE, 1997].

Considerando-se "estado" do sistema a configuração ou situação em um dado instante, uma universidade é um sistema dinâmico onde seus estados mudam ao longo do tempo; é também um sistema a eventos discretos (DES) [Ho, 1992], uma vez que os componentes envolvidos no

sistema, por exemplo, professores e alunos, interagem de uma forma discreta sendo que teremos um número fixo de professores responsáveis por quantidade conhecida de disciplinas.

B. MODELAGEM DE SISTEMA A EVENTOS DISCRETOS

Existem diversos trabalhos os quais afirmam que há varias técnicas para a modelagem de sistemas DES (*discrete events systems*), ou seja, não existe uma técnica geral e que cada uma das técnicas distintas quando empregadas podem conduzir para resultados diversos uma vez que envolvem uma série de requisitos diferentes para um mesmo referencial, tendo assim visões diferentes para um mesmo objeto.

Dentre as técnicas usadas para modelagem e análise de DES, algumas são bastante conhecidas, entre as quais se destacam três [Cao, 1991; Ho, 1992]:

- Processo Semi Markov Generalizado (GSMP)
- Rede de Filas
- Rede de Petri

O Processo Semi Markov Generalizado (GSMP) diz respeito a um modelo estocástico para sistemas de eventos discretos estocásticos, ou seja, trata-se de um processo caracterizado essencialmente por uma estrutura baseada em eventos, onde existe uma dependência histórica da idade dos estados (i.e. necessita-se saber os tempos de espera de cada estado). No entanto, como propriedade essencial nas cadeias de Markov o estado futuro apenas depende exclusivamente do seu estado atual [Pedro, Frade, Martins, Souza, 2008].

Uma rede de filas pode ser aberta, fechada ou mista. Numa redes de filas aberta (*open queueing networks* - OQN), os Jobs entram na rede, recebem processamento em um ou mais nós, e eventualmente saem da rede. O número de jobs fluindo entre os nós é uma variável aleatória. Numa rede de filas fechada (*closed queueing network* - CQN), ao contrário, não há chegadas ou partidas externas de jobs. A taxa de partidas de cada nó é uma variável aleatória, mas o número de jobs fluindo entre os nós é fixo. Se a rede tiver múltiplas classes de jobs, podemos redefinir sub-redes abertas para algumas classes e sub-redes fechadas para outras. Neste caso, a rede de filas é chamada mista [Bitran, Morabito, 1995].

Entretanto, entre as técnicas propostas, a Rede de Petri é a que apresenta várias características apropriadas para modelar a situação em questão [Miyagi MM, 1996]:

- Possui uma representação gráfica relativamente "simples", que permite uma interpretação precisa e que facilita a análise do sistema;
- Permite a construção do modelo em diferentes níveis hierárquicos de abstração (com maior ou menor grau de detalhamento);
- Explicita vários casos de interação em situações distintas.

Isso se deve principalmente pelo fato do não imediatismo com relação à inclusão de tempos de cada atividade desde o início da modelagem se concentrando principalmente na estruturação lógica do sistema.

C. REDES DE PETRI (RdP)

Por que as Redes de Petri se tornaram um importante modelo para representar diferentes sistemas? Uma Rede de Petri possui um conjunto de elementos capaz de descrever as diversas partes de um sistema que estamos habituados a tratar em Ciência da Computação [Buyya 1999], tais como: concorrência, controle, conflitos, sincronização e compartilhamento, por exemplo.

Sendo assim, pode-se definir uma Rede de Petri (RdP) como $R = (P, T, AE, AS)$ onde:

- $P = \{P_1, P_2, \dots, P_m\}$ é um conjunto de *places*.
- $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$ é um conjunto de transições.
- $P \cap T = \emptyset$ os conjuntos P e T são disjuntos.
- AE: $P \times T$ é o conjunto de arcos de entrada nas transições.
- AS: $T \times P$ é o conjunto de arcos de saída das transições.
- Lugares ou *Places*: representam uma condição, uma atividade ou um recurso.
- Fichas, Marcas ou *Tokens*: representam o estado de um sistema.
- Transições: representam um evento.
- Arcos: indicam os lugares de entrada ou saída para as transições.

De acordo com a figura 1, teremos:

- $P = \{Place 1, Place 2\}$
- $T = \{Transição\}$
- $AE = \{Place 1, Transição\}$
- $AS = \{Transição, Place 2\}$

A evolução dos estados, em RdP se dá quando um evento ou ação associado a uma transição T qualquer ocorre, nesse caso teremos a movimentação do token, ou seja, a remoção do *Place 1* sendo adicionada ao lugar de saída *Place 2*.

Uma RdP possui dois grande grupos de propriedades, cuja as propriedades estáticas são aquelas que dizem respeito a estrutura da rede em si e que não mudam com seu funcionamento e propriedades dinâmicas dizem respeito ao seu comportamento.

III MODELAGEM

A modelagem diz respeito à representação do sistema fazendo uso da abstração para análise de seu funcionamento baseado em conceitos e funcionalidades. Essa modelagem envolve a listagem de relacionamentos das atividades envolvidas e como se dá o processo de execução paralela das atividades.

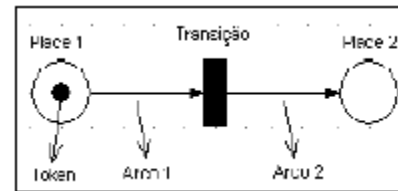


Figura 1- Rede de Petri (Penha; Freitas; Martins,2004)

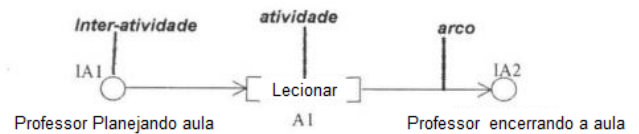


Figura 2- Exemplo de PFS

A. TÉCNICA PRODUCTION FLOW SCHEMA (PFS)

Trata-se de uma técnica descrita em Miyagi (1996), que utiliza a abordagem top-down com o objetivo de facilitar e sistematizar a modelagem baseada em RdP, onde as atividades podem incluir vários outros eventos que estão dispostos com uma certa hierarquia. O PFS faz a representação do sistema sem detalhá-los mais especificamente.

Na figura 2 temos a ilustração de uma PFS com seus elementos, onde:

- atividade (componente ativo) - representa uma ação ou um conjunto de ações que alteram o estado do item.
- inter-atividade ou distribuidor (componente passivo) representa a disponibilização dos itens que fluem no sistema para a visualização dos estados deste.
- arco (fluxo de materiais, pessoas, informações) representa a relação entre uma inter-atividade e uma atividade e vice-versa.
- IA_i = lugar 1.
- A_i = atividade de atendimento.
- IA_2 = lugar 2.

B. TÉCNICA MARK FLOW GRAPH (MFG)

A técnica de MFG refere-se à modelagem a partir do uso de uma classe da RdP onde tem-se o detalhamento do funcionamento dinâmico do sistema, ou seja trata-se de uma Rede de Petri interpretada. De acordo com a figura 3, os elementos que integram uma MFG são:

- Box/Transição - representa uma condição/ representa um evento
- marca - representa a manutenção de uma condição
- arco - representa a relação entre as condições e os eventos
- arco de sinal de saída - representa um sinal para um elemento externo
- gate - representa um sinal que habilita ou inibe um evento

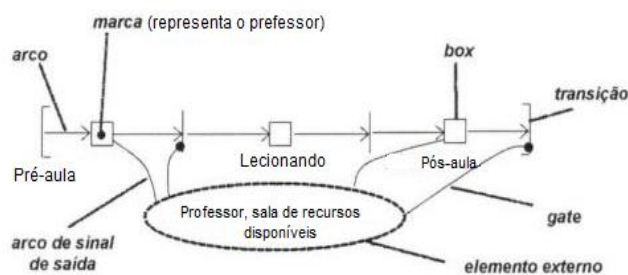


Figura 3- MFG para sistema de ensino.

Para um nível de detalhamento maior sobre MFG, consultar Miyagi (2002).

IV ESTUDO DE CASO – IFCE

O IFCE trata-se de uma instituição de ensino renomada na cidade de Fortaleza que se destaca no ensino técnico e superior no estado do Ceará. Conta com um quadro extenso de professores e alunos que colaboram e interagem entre si para gerar um produto de qualidade e reconhecimento – uma educação de excelência e voltada para o atendimento das necessidades do mercado de trabalho.

A modelagem neste caso visa identificar e analisar o empenho dos professores da instituição. Com isso, o estudo foi conduzido seguindo os passos abaixo para modelar, simular e avaliar se o procedimento proposto é efetivo para auxiliar a tomada de decisões da gerência do sistema:

- Definição dos objetivos da modelagem.
- Coleta de dados de professores.
- Construção do modelo utilizando a metodologia PFS/MFG.
- Verificação do modelo através de simulação (evolução das marcas no grafo MFG).
- Validação do modelo através de interpretação dos resultados.

A partir daí pode-se elaborar um PSF definindo o fluxo de atividades e posteriormente derivamos o MGF correspondente.

A figura 4 representa a descrição PSF completa para o sistema de ensino do IFCE com todas as interatividades. A figura 5 representa o MFG correspondente onde em (a) temos a explosão da atividade ingressar na instituição, em (b) temos a explosão da atividade separação por centro, em (c) temos a explosão da atividade interação com os alunos, em (d) temos a explosão da atividade de ensino, em (e) temos a explosão da atividade de pesquisa, em (f) temos a explosão da atividade de extensão e em (g) temos o esboço completo.

Para a validação do modelo utiliza-se a simulação e nesse caso o software de apoio utilizado foi o Visual Object Net – que foi desenvolvido por pesquisadores da Universidade de São Paulo e tem como objetivo o apoio a pesquisas científicas. A figura 6 representa um print da tela com a implementação para o caso do IFCE. A partir dessa simulação podemos acompanhar detalhadamente o comportamento e o fluxo entre as atividades.

Ainda considerando o sistema de ensino do IFCE, analisaremos o modelo da figura 7 que representa um professor que exerce atividades de ensino de disciplinas, desenvolve atividades de pesquisa, e ainda responde por um programa de iniciação a docência, como programas PET's.

No caso, temos um professor que exerce a atividade de Pró-reitor, ministra aula em três disciplinas diferentes, é responsável por três laboratórios de pesquisa e tutor de um PET (Programa de Educação Tutorial). Além de tudo, ainda tem suas responsabilidades familiares, incluindo seus filhos e esposa. A partir da simulação usando o software Visual Object Net, constatamos que teríamos um funcionamento ideal de fluxos tendo por base de análise o atendimento de todas as atividades, ou seja o alcance de todos os estados representados.

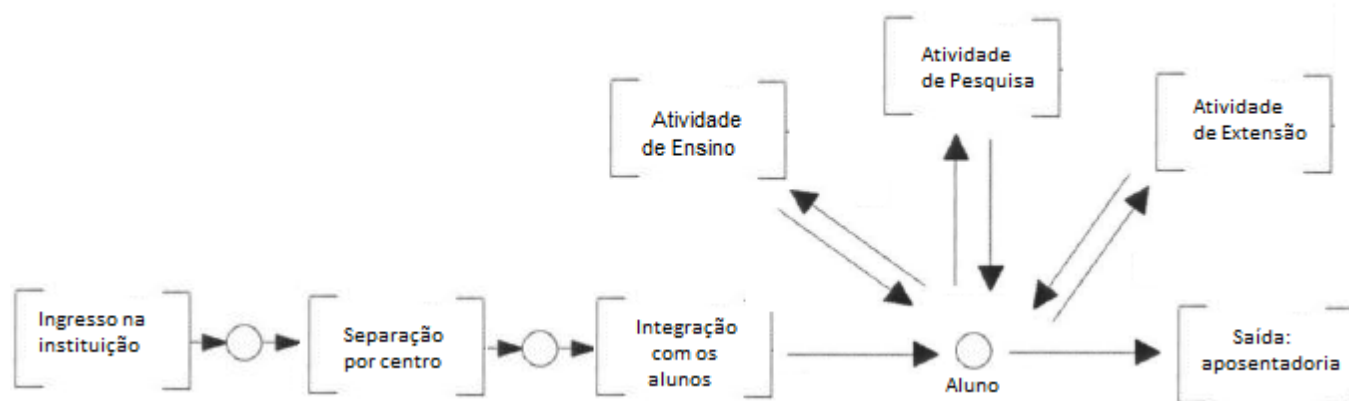


Figura 4- PSF para sistema de ensino do IFCE.

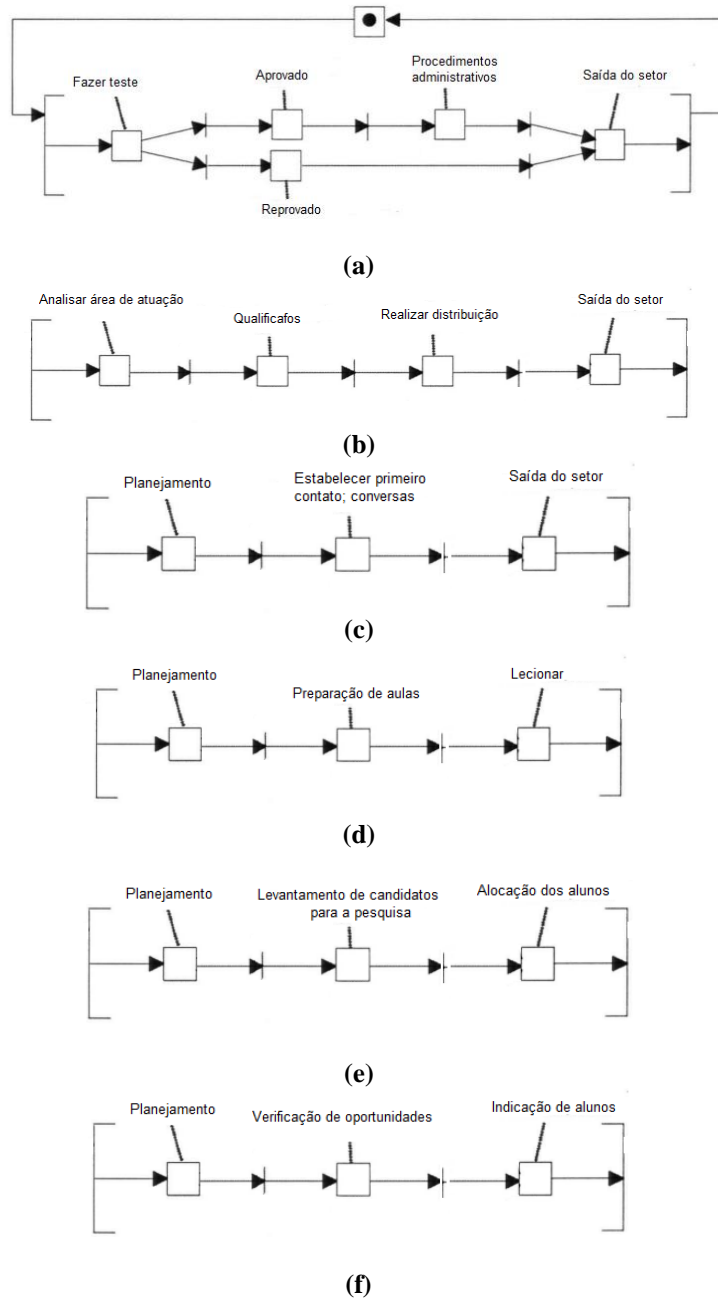


Figura 5- MFG correspondente para cada atividade de PSF. Explosão de atividades: (a) ingressar na instituição, (b) separação por centro, (c) interação com os alunos, (d) ensino, (e) pesquisa e (f) extensão.

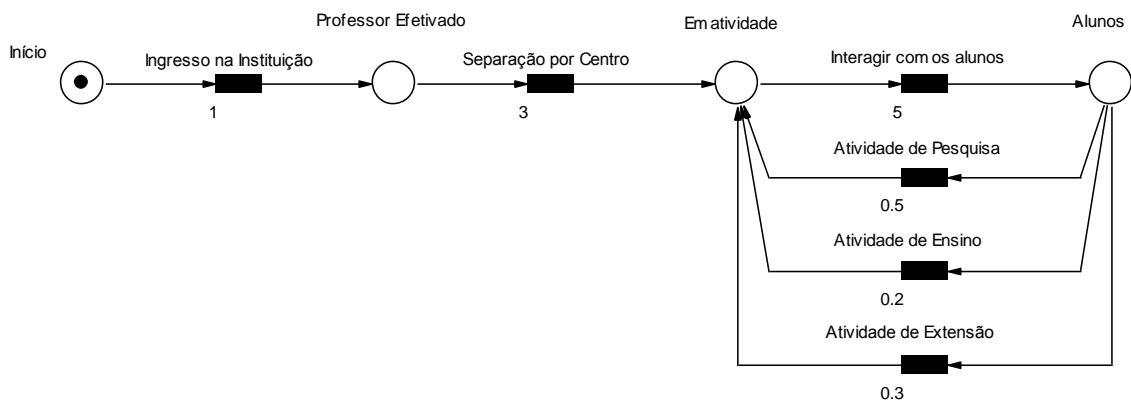


Figura 6- Simulação do modelo para IFCE usando Visual Object Net.

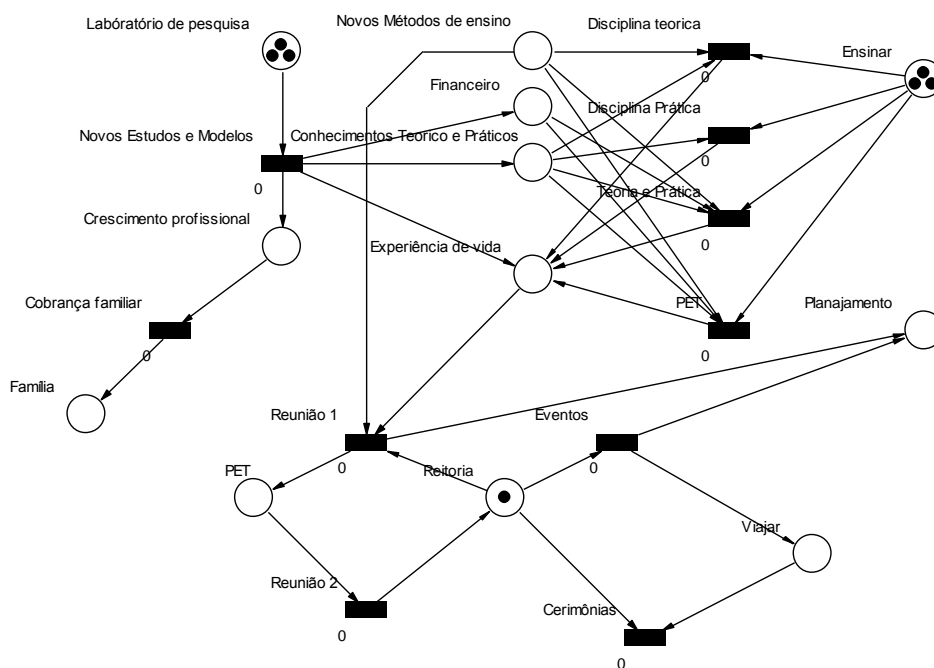


Figura 7- Simulação do modelo para professor que exerce várias atividades.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi proposta a modelagem e análise do sistema de ensino baseado em Rede de Petri, fazendo uso do formalismo para representação das funcionalidades do sistema. O processo de modelagem e os modelos em estudo apresentados permitem aos profissionais envolvidos no sistema uma compreensão do funcionamento do serviço e a implicação de uma ação de um setor em outra sendo o uso de simulações recomendado quando se deseja obter resultados mais detalhados de sistemas que não estejam disponíveis ou cuja execução real não deixa claro a ordem dos fluxos. Uma desvantagem seria a dificuldade para a interpretação dos resultados. A metodologia PFS/MFG são abordagens que permite aos gerentes e membros do sistema identificar os problemas estruturais durante a própria construção dos modelos e concerta-los.

REFERÊNCIAS

1. Bitran, G. R., Morabito, R. (1995). Um exame dos modelos de redes de filas abertas aplicados a sistemas de manufatura discretos: parte I. Disponível em: <http://www.dep.ufscar.br/docentes/morabito/g%26p95.a.pdf> [acessado em 20/09/13]
2. Buyya, R. (1999), "High Performance Cluster Computing", Volume 1, Prentice Hall.
3. Cao XR e Ho yc. Perturbation Analysis of Discrete Event Dynamic Systems, Kluwer Academic Publ., 1991.
4. Etzioni A. A Sociological Reader on Complex Organization. Praeger HRW Inc., 1969.
5. Ho Y. Discrete Event Dynamic Systems : Analysing Complexity and Performance in the Modern World. In: IEEE Press, 1992.
6. Miyagi PE. Controle Programável - Fundamentos do Controle de Sistemas a Eventos Discretos. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, Sp, 1996.
7. Miyagi PE, et ai. Application of PFS Model based analysis of manufacturig system for performance assessment. f. of the Braz. Soc. Mechanical Sciences. ABCM, 19(1):58-71, 1997.
8. Miyagi, P.E.; et al., "Petri net approach for modelling system integration in intelligent buildings". Journal of The Brazilian Society of Mechanical Sciences, ABCM, Rio de Janeiro, RJ, vol. 23, n.4, pp.341-350, 2002.
9. Pedro, A. M., Frade, M. J., Martins, P., Souza, S. M. (2008). Aprendizagem de processos semi-Markovianos generalizados: dos sistemas de eventos discretos estocásticos aos testes e á verificação. Disponível em: <http://wiki.di.uminho.pt/twiki/pub/Research/EVOLVE/Publications/lsdes.pdf> [acessado em 20/09/2013].