

REDES DE PETRI COLORIDAS NO AUXÍLIO À COMPOSIÇÃO DE EQUIPES MULTIDISCIPLINARES

Daniel Biasoli, Lisandra Manzoni Fontoura

¹Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e da Comunicação Aplicadas à Educação

daniel@biasoli.com, lisandramf@gmail.com

Resumo. *Este estudo visa encontrar subsídios em uma pesquisa que pauta redes de Petri, em específico as redes de Petri coloridas (RdPC), para auxiliar à composição de equipes multidisciplinares. Para formalizar a pesquisa utiliza-se uma ferramenta de modelagem e simulação, esperando-se, com este experimento, adotar um método que sirva como base para a compreensão do processo a ser desenvolvido por equipes multidisciplinares, podendo ser utilizado, inclusive, como apoio para mudanças operacionais, promover ações coordenadas, além poder influenciar uma equipe quanto ao seu envolvimento em tarefas para a concretização de objetivos comuns.*

Palavras-chave: *multidisciplinares, redes de Petri, redes de Petri coloridas*

Abstract. *This study aims to find subsidies in a research about Petri nets, in particular the colored Petri nets, to assist the composition of multidisciplinary teams. To formalize the research was used a modeling and simulation tool, it is expected, this experiment was to adopt a method that serves as a basis for understanding the process to be developed by multidisciplinary teams that can be used even as support for operational changes, to promote coordinated action, as well as a team can influence their involvement in tasks to achieve common goals.*

Key-words: *multidisciplinary teams, Petri nets, colored Petri nets*

1. INTRODUÇÃO

Uma equipe multidisciplinar está ligada para que seja possível alcançar e compartilhar um objetivo comum, criando vínculos diante dos seus desafios do dia-a-dia de trabalho. Todos os envolvidos devem estar centrados na mesma direção para que possam avançar em seus projetos, criando possibilidades, compartilhando tanto seus acertos como erros e tendo em mente que uma boa relação estimula a cooperação.

Sendo assim, todas as partes envolvidas em um projeto, que envolva uma equipe multidisciplinar, devem compreender a cultura e o comportamento de uma instituição. Redes de Petri coloridas (RdPC) possuem uma grande quantidade de recursos que podem ser utilizados para facilitar esta compreensão. Com o auxílio de uma ferramenta de modelagem e simulação, deseja-se contextualizar uma investigação suficientemente

ampla, de forma que seja possível enxergar, nessa tecnologia, potencial para auxiliar a formação de equipes multidisciplinares.

Para formalizar a pesquisa, será utilizada a ferramenta CPNTools, detalhada em um dos tópicos deste artigo, esperando-se, com este experimento, adotar um método que sirva como base para a compreensão do processo a ser desenvolvido por equipes multidisciplinares, podendo ser utilizado, inclusive, como apoio para mudanças operacionais, promover ações coordenadas, além de ser uma boa maneira de influenciar uma equipe quanto ao seu envolvimento em tarefas para a concretização de objetivos comuns.

Assim, dividiu-se este trabalho em tópicos. O primeiro relata a importância das técnicas de modelagem e simulação, sob a perspectiva de um embasamento histórico. O segundo aborda conceitos de modelagem e simulação. Na sequência, faz-se um breve apanhado a respeito de redes de Petri e RdPC. Para dar seguimento ao trabalho, realiza-se um estudo de caso utilizando-se RdPC, modelando-se a elaboração de materiais didáticos para um curso à distância e, só então, discutem-se os resultados encontrados.

2. MODELAGEM E SIMULAÇÃO

2.1. Contexto Histórico

Durante a época do Renascimento (1200 – 1600 dC), ou renascimento da aprendizagem, artistas e cientistas usaram modelos em seus desenhos de estátuas ou edifícios. Estes modelos foram apresentados como uma forma de buscar aprovação de um projeto antes de iniciá-lo. Estes projetos poderiam ser desde bustos de mármore a sarcófagos, por exemplo. Sabe-se que um dos mais ilustres renascentistas, Leonardo Da Vinci, fez uso repetido de modelagem para testar o *design* de muitas de suas invenções e projetos. Seu trabalho gerou diversos manuscritos, que felizmente foram recolhidos e estão disponíveis para a análise do público.

Na segunda metade do século XV, no Sul da Europa Oriental, surgiu o jogo de Xadrez. Sendo um jogo de estratégia, até os dias de hoje é natural que o jogador de xadrez realize simulações mentais de modo a tentar prever futuras jogadas de seu oponente, simular o planejamento do adversário ou prever uma futura jogada.

No século XVIII, com a Inglaterra no auge do seu poder naval, um escocês chamado John Clerk desenvolveu um método (*Wargaming*) de utilização de modelos de navios para obter *insights* táticos, baseado em modelagem e simulação (YOUNG JP; 1957).

Em 2001, a UNESCO desenvolveu um modelo de simulação genérico (EPSSim - *Education Policy and Strategy Simulation*), a fim de contribuir para o planejamento e programação das ações de desenvolvimento dos sistemas educacionais nacionais. Este projeto serve, atualmente, como ferramenta para demonstração e formação de concepções políticas de ensino, a médio e longo prazo. Com ligeira adaptação, ele também pode ser usado para testar a viabilidade da política de educação global de um determinado país (UNESCO, 2005).

Avanços no que tange o desenvolvimento de software e hardware, bem como melhorias na área de Inteligência Artificial, aceleraram o ritmo de maturação da Modelagem e Simulação como disciplina e ferramenta. Os elementos atuais melhoram

as capacidades de simulação para fenômenos mais complexos, como a humana, personalidade em simulações social e conflitual.

Atualmente pode-se aplicar Modelagem e Simulação em qualquer campo onde a experimentação seja conduzida usando modelos dinâmicos. Isso inclui todos os tipos de engenharia e estudos científicos, bem como ciência social, empresarial, médica e os domínios da educação.

Foi o cientista político Herbert A. Simon (1916-2001) que introduziu o conceito de *learning by doing* (também conhecido como Aprendizagem Vivencial). Esse conceito trata-se da simulação de modelos que permitam a imitação do funcionamento de um sistema real ou que possa tornar-se real utilizando modelagem e simulação. Esse conceito adota a teoria de que para imitar uma operação ao longo do tempo deve-se gerar uma história, real ou artificial, que seja possível tirar conclusões a respeito das características operacionais do sistema que venha a ser apresentado (BANKS,1998).

Com base no mérito da imitação do funcionamento de um sistema real, propõe-se o uso de uma ferramenta que possa auxiliar a formação de equipes multidisciplinares de aprendizagem, potencializando o sucesso das metas de formação destes times. Para tanto, faz-se necessário a utilização de um modelo em que o grupo deva estar envolvido. Assim, pedagogos, professores, entre outros, devem interagir de modo a se atingir os objetivos, tanto tecnológicos quanto pedagógicos. Sob essa perspectiva, a precisão na forma de comunicação das informações relacionadas ao objetivo da formação de uma equipe multidisciplinar de aprendizagem, deve ser atingida com qualidade e minimizando o tempo de produção do material final.

2.2. Modelagem x Simulação

Um modelo é uma representação de um evento ou um estudo de caso planejado. Pode ser a representação de um sistema real, sendo utilizado para que se possa entender melhor um determinado aspecto sobre determinado ponto de vista. Um modelo pode descrever um sistema em algum nível de abstração ou em múltiplos níveis de abstração, com o objetivo de representar o sistema de forma suficientemente confiável. A simulação é uma metodologia que pode descrever o comportamento desse sistema utilizando um modelo matemático ou um modelo simbólico (FISHWICK, 1995).

A simulação é uma técnica admissível por ocorrer em ambientes em que os experimentos possam se repetir várias vezes sem prejuízo aos atores envolvidos, provocados pelas situações de incerteza, servindo para refinar processos existentes e prever o funcionamento dos novos.

De acordo com BRUSTOLIN & SILVA (2007), as ferramentas de simulação permitem representar um sistema real, respeitando todas as regras e condições reais, prevendo o comportamento dos processos e comparando as mais diversas possibilidades sobre diferentes cenários propostos, tendo por conotação parâmetros técnicos e/ou econômicos. Assim, a simulação torna possível o estudo, a análise e a avaliação de inúmeras conjunturas que não poderiam ser conhecidas de antemão fazendo-se uso de outras técnicas.

Adotando-se esta prática, a análise da geração de diferentes cenários pode orientar o processo de tomada de decisão, além de servir como apoio didático e propor soluções para a melhoria de desempenho.

Aqui se deseja que a simulação seja empregada, não só como suporte ao aumento de produtividade, mas também de maneira pedagógica, no auxílio à composição de equipes multidisciplinares. Para isto é imprescindível que seja realizada, anteriormente, a modelagem do sistema de produção que será gerenciado. Nesse contexto, a modelagem é a prática para se construir modelos que representem o sistema real e que possibilitem experimentos, enquanto que a simulação é a técnica utilizada para analisar e validar o modelo em questão, ou seja, à execução de um modelo dá-se o nome de simulação (MELLO, 2007).

É importante ressaltar que a simulação se concentra não somente no projeto e entendimento de agentes artificiais, mas também na modelagem do comportamento humano social e na tomada de decisão individual. Dessa forma, torna-se necessário representar interações sociais, comportamentos de grupos, colaboração e a emergência de estruturas sociais – (LIED e SELBITTO, 2009 apud SAMUELSON e MACAL, 2006).

Segundo Prado (1999), para obterem-se resultados confiáveis, duas etapas devem ser seguidas: a construção do modelo da situação atual e a inclusão de alterações no modelo da situação atual para refletir a situação futura desejada.

Segundo Tavieria (1997), os principais modelos de simulação são:

- Os determinísticos ou estocásticos, ou seja, quando todas as variáveis do modelo são fixas (determinísticas) ou quando envolvem distribuições de probabilidade;
- Os estáticos ou dinâmicos, ou seja, quando o modelo se altera ou não ao longo do tempo;
- Os discretos ou contínuos, ou seja, quando as alterações de estado do modelo são feitas em pontos do tempo, se desenvolvendo de maneira contínua.

Com base nestas definições, uma modelagem utilizando redes de Petri coloridas para auxiliar equipes multidisciplinares exige um modelo dinâmico, pois espera-se que o modelo possa ser alterado ao longo do seu tempo de vida. O modelo deve seguir uma lógica para representar o processo, reconhecendo as variáveis de entrada e suas variações estatísticas ao longo do tempo (FOGARTY; BLACKSTONE JR. & HOFFMANN, 1991).

3. REDES DE PETRI

Rede de Petri é uma técnica de descrição formal que faz uso de uma modelagem matemática e gráfica desenvolvida por Carl Adam Petri, com o intuito de representar sistemas concorrentes, controle, conflitos de sincronização e compartilhamento.

Para maiores informações a respeito de dados históricos de redes de Petri podem ser encontrados em Marrangello (2005), Peterson (1977) e Murata (1989).

Como ferramenta gráfica, as redes de Petri podem ser utilizadas como um modo de comunicação visual, auxiliando na modelagem de sistemas, de forma similar a

fluxogramas, diagramas de blocos e de redes. Além disso, são utilizadas em redes de simulação de atividades dinâmicas e em simulação de sistemas (W.M.P., 1998 e YU *et al.*, 2009).

Como ferramenta matemática, é possível configurar equações de estado, equações algébricas e outros modelos matemáticos que regem o comportamento dos sistemas.

Segundo Peterson (1977), redes de Petri são um poderoso método para descrever e analisar o fluxo de informações e controle de sistemas, principalmente aqueles que apresentam comunicação síncrona, assíncrona, atividades concorrentes e paralelas.

Atualmente existem diversas extensões de redes de Petri. Dentre elas, pode-se destacar as coloridas, as temporizadas e as estocásticas.

Este trabalho pretende abordar somente redes de Petri coloridas por estas serem capazes de modelar sistemas suficientemente complexos, devido a quantidade de recursos que dispõem, possibilitando uma redução no tamanho dos modelos.

Diversos trabalhos têm valorizado a estrutura formal das redes de Petri para representar e potencializar a modelagem e a análise de sistemas reais. Pádua *et al.* (2003), Pádua (2008), Oliveira (2008) são boas referências para iniciar um estudo nesse sentido.

Segundo Khadka & *et al.* (2007), redes de Petri suportam simulações de sistemas com simultaneidade em diferentes fases da sua execução.

Para Yu & *et al.* (2009), redes de Petri são ferramentas de modelagem gráfica e matemática aplicáveis a vários sistemas, mas tendem a aumentar rapidamente de tamanho quando a complexidade dos sistemas estudados é ampliada. Dessa forma, redes de Petri muito grandes tornam-se inconvenientes para uso, tornando-se impraticável a utilização deste recurso para modelagem de sistemas complexos. A fim de solucionar problemas como este, Yu & *et al.* (2009) destaca que é possível reduzir o tamanho do modelo com a utilização de redes de Petri Coloridas (RdPC).

4. REDES DE PETRI COLORIDAS

O trabalho de Gehlot & *et al.* (2009) propõe redes de Petri coloridas aplicadas à simulação de serviços WEB para que se possa avaliar a simultaneidade, bem como recursos de comunicação e suas restrições, além da qualidade de serviços que possam utilizar tanto comunicação síncrona quanto assíncrona, podendo, ainda, descrever o impacto de aspectos não-funcionais como, por exemplo, a granularidade de serviços. Verifica-se, no trabalho em questão, um grande potencial no que diz respeito à formalização de modelagem e utilizando-se de redes de Petri Coloridas, pois a solução proposta pode ser adaptada.

O trabalho de Souza (2005) propõe a utilização de redes de Petri coloridas (RdPC) na produção de Objetos de Aprendizagem, que são recursos digitais desenvolvidos para serem utilizados dentro do contexto educacional como ferramenta de apoio ao processo de aquisição de conhecimento do indivíduo.

Kristensen *et al.* (2004), produziu estudos de RdPC e teve bons resultados quanto à formalização e ao planejamento de requisitos em projetos de desenvolvimento de software.

Para encontrar uma técnica capaz de analisar situações complexas de maneira formal, adotou-se RdPC como um dos objetos de estudo, pois na literatura pesquisada, foram muito eficientes em relação a concorrência, paralelismo, sincronização, não-determinismo e exclusão mútua.

Nesse sentido, uma rede de Petri Colorida (RdPC) é composta por três partes: estrutura, inscrições e declarações. A estrutura é um grafo direcionado, com dois tipos de nós (lugares e transições), com arcos interconectando nós de tipos diferentes. As inscrições são associadas aos lugares, transições e arcos. As declarações são tipos, funções, operações e variáveis. Quando a expressão do arco é avaliada, ela gera um multi-conjunto de fichas coloridas. Expressões podem conter constantes, variáveis, funções e operações definidas nas declarações, e não produzem efeito colateral.

Para maiores informações sobre redes de Petri coloridas, podem ser encontradas em Chiola & et al (1997), Gehlot & *et al* (2009) e Francês (2003).

5. A FERRAMENTA DE MODELAGEM CPN TOOLS

A atividade de modelagem é considerada chave para a aplicação da técnica de inspeção de processos. A modelagem contribui para o registro dos processos, além de incentivar o raciocínio sobre a melhor maneira de reorganizá-los (OLIVEIRA, 2007).

De acordo com Pádua & et al (2003), Oliveira (2007) e outros autores, a ausência de técnicas mais complexas para análise do gerenciamento de um processo é um dos principais problemas enfrentados.

Pádua & et al (2003) afirma que é importante aplicar um certo nível de formalismo na modelagem para diminuir riscos de decisões equivocadas em relação ao projeto do modelo de negócios e muitos dos métodos existentes de modelagem não têm um grau de formalismo suficiente no que se refere à sintaxe e à semântica, trazendo dificuldades para análises complexas dos modelos.

Em relação a ferramentas, existe uma grande quantidade de recursos computacionais que auxiliam na modelagem de redes de Petri. Algumas dessas ferramentas podem ser vistas no site “Petri nets World” (<http://www.informatik.uni-hamburg.de/TGI/PetriNets/>).

Para o desenvolvimento do estudo de caso proposto, utilizou-se a ferramenta CPN *Tools* versão 2.2, que serve para editar, simular e analisar redes de Petri coloridas. Esse software é o resultado do projeto de pesquisa CPN2000, da universidade de Aarhus, patrocinada pelo Danish National Centre for IT Research (CIT), George Mason University, Hewlett-Packard, Nokia e Microsoft. Ela pode ser obtida gratuitamente através do endereço [HTTP://www.daimi.au.dk/CPnets/CPN2000/](http://www.daimi.au.dk/CPnets/CPN2000/).

A tela de abertura do CPN Tools pode ser visualizada através da Figura 1:

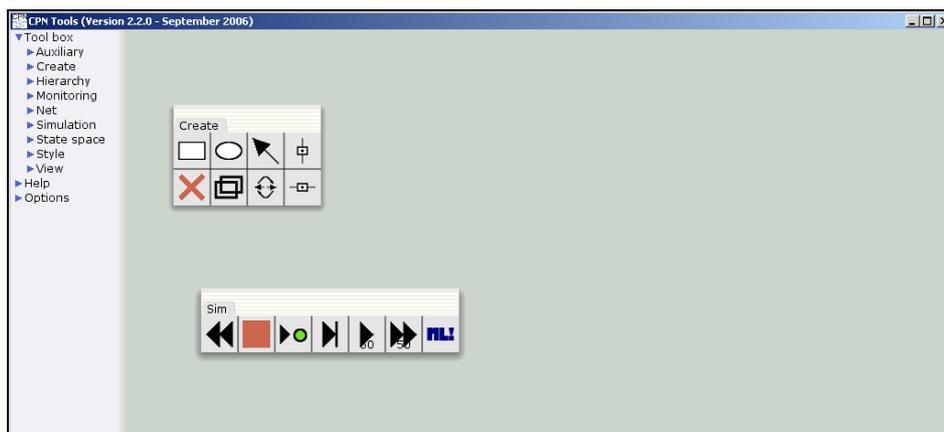


Figura 1 - Tela inicial do CPN Tools 2.2

O desenvolvimento da modelagem do estudo de caso foi efetuado em um computador com sistema operacional Windows XP e placa de vídeo 3D, compatível com a biblioteca gráfica OpenGL 2.0, sendo esta uma exigência do próprio *CPN Tools*. Em relação a sistemas operacionais, o software está disponível para versões Windows (inferiores à versão 6.0), MAC-OS e Linux.

6. O ESTUDO DE CASO

Trabalhar com pessoas, romper padrões tradicionais no senso comum, criar uma presença física e promover uma comunicação honesta são experiências complicadas em um trabalho que envolva equipes de áreas distintas. Cada equipe é única e capaz de provocar resultados inesperados, interessantes e, muitas vezes, surpreendentes.

No entanto, o sucesso de um trabalho de uma equipe multidisciplinar passa pelo sucesso da definição do objetivo pelo qual esta fora formada.

Para mostrar a expressividade de um modelo simulado utilizando redes de Petri coloridas, elaborou-se um estudo de caso baseado na construção de um material didático para um curso à distância. Contudo, antes de apresentar a modelagem, serão mostrados fragmentos do roteiro de atividades para elaboração de material didático.

6.1. Conteúdo do Material Didático

O estudo de caso proposto é baseado no conceito apresentado na disciplina de Gestão de Equipe Multidisciplinar do curso de Tecnologias da Informação Aplicadas à Educação. Sob essa perspectiva, o material ou conteúdo didático das disciplinas de um curso à distância é elaborado pelos professores pesquisadores, responsáveis por cada uma das disciplinas que fazem parte da matriz curricular do curso a ser ofertado. Ao concluir tal material, o professor o envia à Coordenação de Revisão para que seja analisado e retificado, se for o caso, nas suas três Subcoordenações ou Grupos. Na Subcoordenação Pedagógica, sofre análise e revisão dos conteúdos didáticos. Na Subcoordenação de Português, passa pela revisão dos textos em busca de incorreções na ortografia, redação e/ou na digitação. Na Subcoordenação de Direitos Autorais, sujeita-se à análise sob a luz das normas e leis que versam sobre direitos da propriedade intelectual e industrial.

Transita também pela Subcoordenação de Material Didático de Curso da Coordenação de Gestão, na qual passa pelas análises de conformidade em relação ao estilo linguístico e à mídia escolhida para multiplicação do conteúdo. Após a apreciação dos revisores e concluídas as revisões, o material didático retorna ao professor pesquisador para que este faça os ajustes e correções necessárias.

6.2. Planejamento

Um fluxograma pode ser a base fundamental para o processo de modelagem de um estudo de caso em redes de Petri.

A elaboração inicial do processo de formação de uma equipe multidisciplinar para elaboração de conteúdos do material didático de um curso a distância pode ser um esforço da própria equipe. Isso a torna confiável e compromissada com as propostas a serem desenvolvidas.

Com base no estudo de caso apresentado, desenvolveu-se um modelo, utilizando Business Process Modeling Notation (BPMN), das atividades a serem modeladas em RdPC, conforme pode-se observar na Figura 2. BPMN é um padrão desenvolvido visando oferecer uma notação mais facilmente compreendida e usada por todos os envolvidos nos processos de negócio: dos estrategistas e analistas de negócio (que criam versões iniciais dos processos) aos técnicos responsáveis pela seleção e implementação das tecnologias que apoiarão o gerenciamento e monitoramento desses processos (OLIVEIRA, 2010 apud BPMI/OMG, 2006):

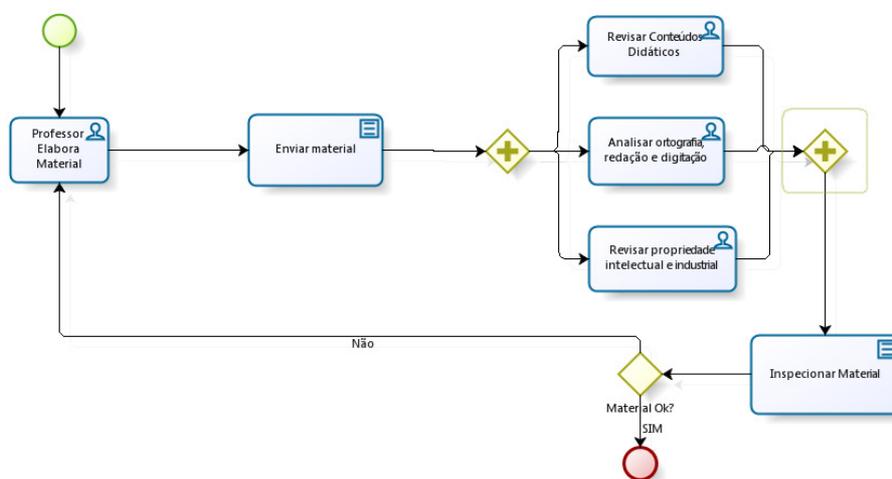


Figura 2 - BPMN - Elaboração de Material Didático

O processo a ser modelado e, posteriormente simulado é de fácil compreensão e com grande capacidade de demonstrar os principais pontos a serem considerados neste artigo. Devido a isso, este recurso será utilizado como base para a modelagem de uma RdPC para o estudo de caso discutido.

6.3. Desenvolvimento

Para iniciar o processo de modelagem, precisa-se conhecer bem o que deve ser modelado. O não conhecimento do todo pode produzir um modelo que não reflita a

realidade. Assim, é fundamental que todos os dados necessários sobre o processo a ser executado sejam identificados. Esse é o primeiro passo a ser realizado quando se deseja automatizá-lo através de uma modelagem utilizando RdPC.

Dessa forma, analisando-se a Figura 2, para o processo de Elaboração de Material Didático, tem-se a definição dos seguintes dados:

- Condição de início: O professor deve possuir material a ser elaborado.
- Atividades: As atividades que compõem o processo são: Elaborar Material, Enviar material (à coordenação de revisão), Revisar conteúdos didáticos (pela Subcoordenação Pedagógica), Analisar ortografia, digitação e redação (pela Subcoordenação de Português), Avaliar propriedade intelectual e industrial (pela Subcoordenação de Direitos Autorais) e Inspeccionar material (Subcoordenação de Material Didático de Curso da Coordenação de Gestão).
- Papéis: Os papéis estão associados à Equipe Multidisciplinar: Um ou mais professores, uma coordenação de revisão, formada por uma Subcoordenação Pedagógica, uma Subcoordenação de Português (com três profissionais: um para avaliar a redação, outro para inspecionar a ortografia e outro para avaliar a digitação), uma Subcoordenação de Direitos Autorais e uma Subcoordenação de Material.
- Tarefas associadas aos papéis: Professor: Desenvolver material didático; Subcoordenação Pedagógica: Revisar conteúdos didáticos; Subcoordenação de Português: analisar ortografia, digitação e redação; Subcoordenação de Direitos Autorais: avaliar propriedade intelectual e industrial; Subcoordenação de Material Didático: Inspeccionar material didático.
- Participantes: Os participantes ou atores podem ser, por exemplo, o professor “Geremias”, a revisora de Português “Juliana” e assim por diante.
- Rotas: As atividades podem ser executadas sequencialmente, paralelamente ou condicionalmente. Os trabalhos das subcomissões podem ser realizados em paralelo, porém para que a atividade de inspeção final, da Subcoordenação de Material Didático seja executada, é preciso aguardar até que as atividades em paralelo sejam finalizadas.
- Documentos: O material didático deve ser atualizado, sempre que houver sugestões de alteração por parte das subcoordenações.

6.4. Modelagem do Item

O modelo simulado foi modelado em cima de dados fictícios. A quantidade de tempo sugerida para o trabalho de cada subcoordenação é meramente ilustrativa. O importante aqui é demonstrar que o uso da ferramenta CPNTools, que trabalha com RdPC, embora de uso complexo, pode ser um bom ponto de partida para auxiliar a formação de equipes multidisciplinares.

No modelo, cada tarefa do processo está representada por transições e assume-se que duas transições ou mais podem disparar simultaneamente, conforme pode-se observar nas transições “Iniciar análise da Subcoordenação de Propriedade Intelectual”, “Iniciar análise da Subcoordenação de Português” e “Iniciar análise da Subcoordenação Pedagógica”.

Para o processo, foi desenvolvido um contador para delinear o tempo de término de cada atividade de um profissional, através de marcações temporais das transições do modelo. Todos os colaboradores envolvidos em atividades (transições) que representem custo temporal tiveram suas marcações alteradas para indicar o término de sua atividade. Na ferramenta *CPN Tools*, o tempo de marcação é exposto ao lado do símbolo @.

Na Figura 3 é possível identificar a implementação dessa contagem para as atividades do(a) Pedagogo(a):

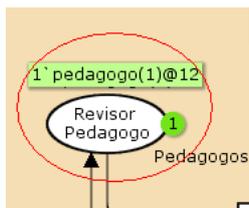


Figura 3 - Atividades do Pedagogo

Ainda referenciando-se a Figura 3, estima-se que o pedagogo tenha completado sua tarefa após doze dias do início do processo, ou seja: se o material foi construído pelo professor em dez dias, o pedagogo teve dois dias de trabalho de revisão.

6.4.1. A Implementação

O modelo implementado e simulado contém cinco tipos diferentes de cores: uma representa os professores, outra representa a Subcoordenação Pedagógica, outra representa a Subcoordenação de Direitos Autorais, outra representa a Subcoordenação de Português e, por fim, outra que representa o fluxo de passagem do material pela rede modelada.

As atividades de cada colaborador, na rede, foram implementadas pelas funções “pedagogo_trab”, “ortografia_trab”, “digitacao_trab”, “redacao_trab”, “direito_trab”, “professor_trab”.

A Figura 3 descreve a declaração de variáveis utilizadas no desenvolvimento do modelo:

```

▼Declarations
▼colset INT = int;
▼val professores = 1;
  val revisores_pedagogos = 1;
  val revisores_portugues = 3;
  val revisores_direito = 1;
  val materiais = 1;
▼var i : INT;
▼colset Material = index material with 1.. materiais timed;
▼colset Professor = index professor with 1.. professores timed;
▼colset Pedagogos = index pedagogo with 1.. revisores_pedagogos timed;
▼colset Portugues = index portugues with 1.. revisores_portugues timed;
▼colset Direito = index direito with 1.. revisores_direito timed;
▼var m: Material;
▼fun pedagogo_trab(material(i)) = 1`pedagogo(i);
▼fun ortografia_trab(material(i)) = 1`portugues(i+1);
  fun digitacao_trab(material(i)) = 1`portugues(i);
  fun redacao_trab(material(i)) = 1`portugues(i + 2);
  fun direito_trab(material(i)) = 1`direito(i);
  fun professor_trab(material(i)) = 1`professor(i);

```

Figura 4 - Declaração de Variáveis

6.4.2. O Modelo

O modelo inicia sua simulação com o item (etapa 1), em que é solicitada a construção de um material didático a um professor, conforme mostra a Figura 5:

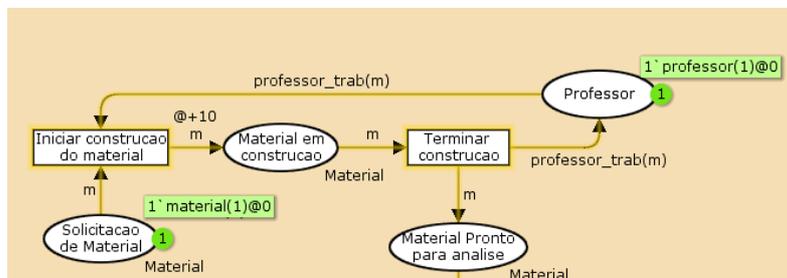


Figura 5 - Condição de Início

Na transição “Iniciar construção do material”, estipula-se um prazo de dez dias para a conclusão de tal tarefa, que só deve ser finalizada ao “token” m, (de material) alcançar a transição “terminar construção”.

Observa-se na Figura 6, que o professor desloca-se nas próximas etapas da simulação, até completar sua tarefa:

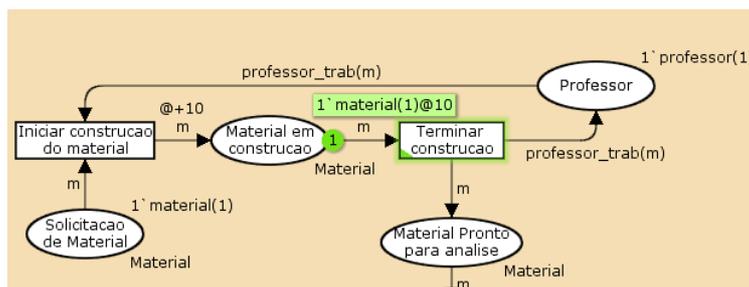


Figura 6 - Área onde professor encontrava-se ocioso não é mais possível encontrá-lo

Ao concluir sua tarefa, o professor retorna para sua posição inicial até ser acionado, novamente, pela Subcoordenação de Material Didático de Curso da Coordenação de Gestão, conforme pode ser observado na Figura 7:

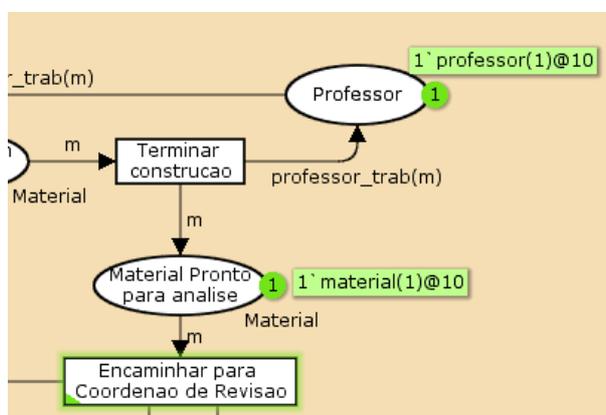


Figura 7 - Professor retorna a seu estado inicial

Ao ser encaminhado para a Coordenação de Revisão, o material é enviado para análise das três subcoordenações de revisão: Pedagógica, de Português e de Direitos

Autorais. O modelo implementado simula o trabalho efetuado por essas subcoordenações, conforme demonstra a Figura 8:

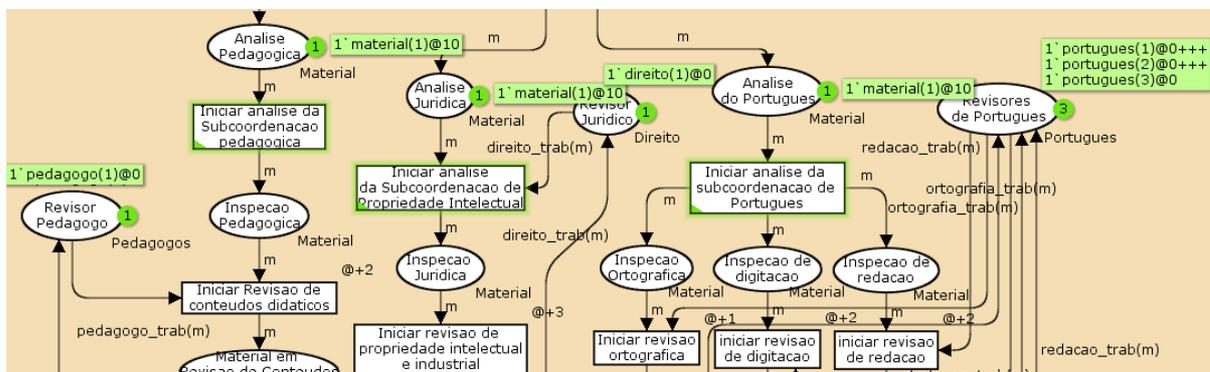


Figura 8 - Encaminhamento de Material para Subcoordenações

Aqui é possível observar o trabalho realizado por cada subcomissão contendo profissionais de áreas adversas. Mais à esquerda, observando-se a Figura 8, existe um(a) pedagogo(a), pronto(a) para iniciar a revisão de conteúdos didáticos. Ao centro, existe um Revisor(a) Jurídico(a) e, mais à direita, três profissionais da área de Português: um para realizar a revisão de ortografia, outro para realizar a revisão ortográfica e outro para revisar a digitação.

O programa CPNTools simula o trabalho desses profissionais de forma análoga ao trabalho do professor demonstrado nas Figuras 6, 7 e 8 deste artigo.

O detalhe importante é que se algum profissional falhar ou não completar todo o processo que lhe é conferido, o processo de revisão do trabalho elaborado pelo professor não é concluído. Um trabalho depende do outro, principalmente porque temos aqui processos dependentes entre si. Aqui se pode observar a importância da simulação do processo e o entendimento do modelo por parte dos profissionais envolvidos neste projeto: os componentes de uma equipe multidisciplinar estão ligados para se alcançar e compartilhar um objetivo comum, criando vínculos diante dos seus desafios do dia-a-dia de trabalho. Todos os envolvidos devem remar na mesma direção para poderem ir avançando em seus projetos e suas possibilidades, compartilhando tanto seus acertos como erros e tendo em mente que uma boa relação estimula a cooperação.

A Figura 9 mostra a simulação em andamento, com os profissionais em atividade no processo de elaboração de material didático:

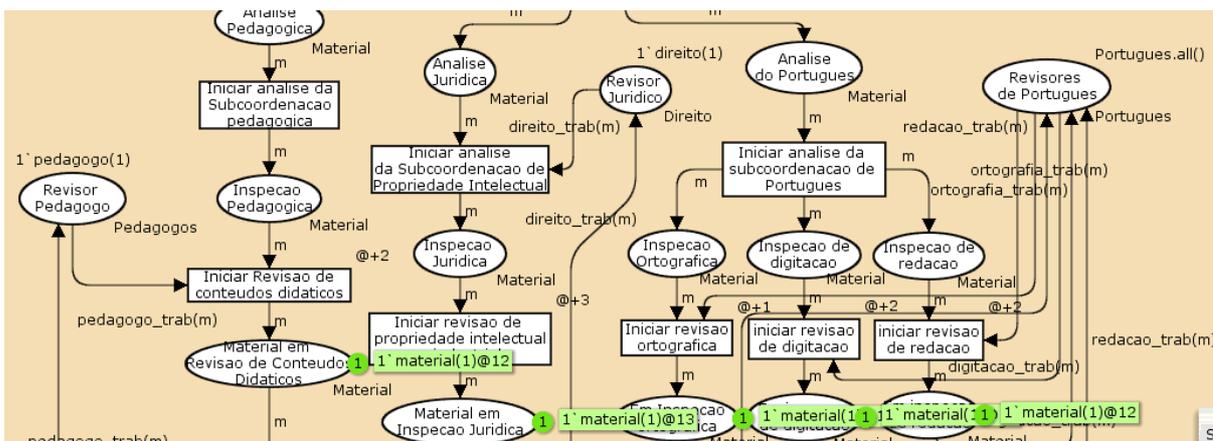


Figura 9 - Profissionais em atividade

Os *tokens* 1`pedagogo(1) (profissional da Subcoordenação Pedagógica), 1`direito(1) (profissional da Subcoordenação de Direitos Autorais), 1`portugues(1) (profissional da Subcoordenação de Português), 1`portugues(2) (profissional da Subcoordenação de Português) e 1`portugues(3) (profissional da Subcoordenação de Português), que estavam em verde, na Figura 6 somente retornarão ao estado inicial após os profissionais representados por estas marcas concluírem seu trabalho, na simulação.

Na Figura 10 tem-se o retorno dos profissionais ao seu estado inicial, após concluírem seus trabalhos:

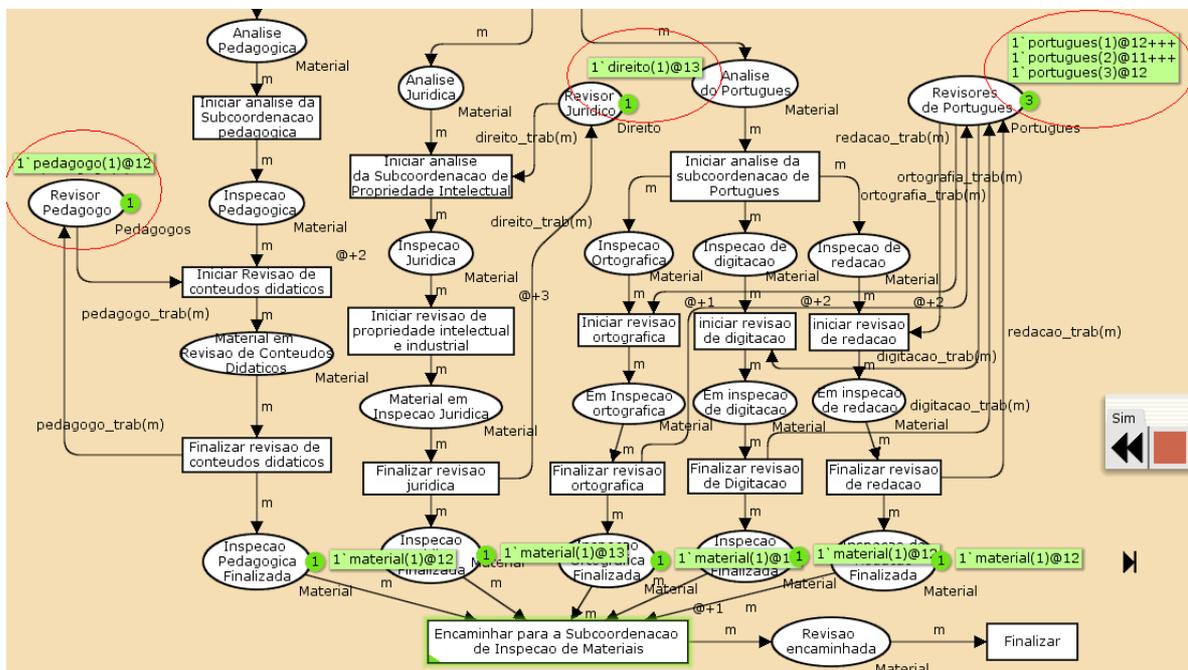


Figura 10 - Conclusão dos trabalhos

De acordo com a Figura 10 também é possível observar que cada transição de início de uma tarefa contém um tempo estipulado para término e entrega. Este tempo é

utilizado pela ferramenta CPNTools para calcular o tempo final de execução de todo o processo e estimar o prazo de conclusão da criação de um material didático para um curso a distância.

Mesmo as atividades sendo executadas em paralelo, este prazo é calculado com precisão, validando matematicamente previsões iniciais.

Nota-se que através da simulação é possível “jogar” com a equipe, de modo que se consiga prever o desempenho desta quanto ao cumprimento de suas tarefas, diminuindo ou aumentando o número de profissionais envolvidos.

Neste experimento é possível, também, incluírem-se outras subcoordenações que possam, um dia, fazer parte do processo, como por exemplo, uma Subcoordenação de Design. O objetivo hipotético dessa subcoordenação seria avaliar a conformidade visual do material didático desenvolvido. Pode-se, utilizando a proposta deste trabalho, avaliar tempo e desempenho em relação à inclusão dessa nova subcoordenação, outra coordenação ou atividade.

A flexibilidade de prever situações possibilitada pelas RdPC diz respeito à fundamentação de que uma equipe multidisciplinar deve estar apta a mudanças organizacionais. É imprescindível que as pessoas estejam dispostas a alterar comportamentos e, inclusive, a forma de pensar, para que sejam implementadas soluções técnicas que melhorarão o fluxo de trabalho em uma instituição.

Na era do conhecimento, ninguém ganha o jogo sozinho. As instituições precisam de uma inteligência de grupo, pois a agregação de conhecimento se dá entre equipes.

7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A constituição de equipes multidisciplinares de aprendizagem deve seguir um modelo de processo que possa otimizar o desenvolvimento das atividades exercidas por esses grupos. Por sua vez, estes são frequentemente divididos em equipes pedagógicas, as quais são responsáveis por uma parte do projeto.

Experiências concretas têm mostrado que a heterogeneidade dessas equipes dificultam a comunicação de diversos detalhes importantes em projetos multidisciplinares. Discutiu-se, então, a introdução de uma etapa formal no processo de constituição de equipes multidisciplinares. Essa discussão foi baseada na utilização de uma ferramenta que utiliza conceitos de Redes de Petri Coloridas (RdPC).

O estudo de caso elaborado sob a ferramenta CPNTools, comprovou que essas redes podem ser bastante eficientes, permitindo que erros sejam detectados ainda na fase de montagem da equipe, evitando assim que falhas possam ocorrer durante a execução de um projeto.

Devido à capacidade de representação gráfica, matemática e da possibilidade de simulações e verificações, as RdPC caracterizaram-se como um poderoso método de modelagem, sendo adequadas exatamente às características mais importantes de um sistema de modelagem de processos.

Diante do exposto foram elaboradas representações das atividades e suas sincronizações, dos recursos determinados para as atividades, das regras do processo e

principalmente do fluxo de trabalho. Dessa maneira é possível trocar informações padronizadas entre os participantes do projeto, além de analisar o processo antes de sua implementação, tornando a formação de uma equipe multidisciplinar mais compreensível e eficiente.

No contexto deste trabalho, as RdPC serviram como uma base de sustentação de uma análise paralela de uma equipe multidisciplinar. Após a observação de um fluxograma de trabalho a ser desenvolvido pela equipe, é aplicada uma modelagem utilizando-se RdPC, a qual retorna valores temporais simulados e mais condizentes com a realidade.

O entendimento do processo gera ligações legítimas e capazes de amparar os insucessos eventuais no trabalho, além dos abalos educacionais e interpessoais. A equipe traz em si o seu sentido mais verdadeiro, pois dela fazem parte indivíduos que unidos fazem a diferença e buscam o mesmo objetivo.

Assim, considera-se que os resultados obtidos com a realização desta pesquisa foram satisfatórios, permitindo concluir que realmente RdPC podem ser uma ótima solução para auxiliar a formação de equipes multidisciplinares, bem como aumentar o desempenho da força de trabalho destas equipes.

Como sugestão para trabalhos futuros, entende-se que seja possível testar o uso de outros tipos de ferramentas de modelagem, como o Arena. Pode-se, também, construir um simulador específico para trabalhos com equipes multidisciplinares, permitindo a criação automática de telas com controles de interação que possibilitem uma melhor compreensão da dinâmica de construção dessas equipes em termos de fluxo de atividades, espaços temporais e relações de interação entre colaboradores de um projeto.

8. REFERÊNCIAS:

- BANKS J, **Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice . Prática**. New York : John Wiley & Sons, Inc ; 1998.
- BRUSTOLINI, J. R; SILVA, E. M; **Simulação do Processo de Congelamento em uma Unidade Produtora de Aves**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Anais, 2007.
- CHIOLA, G. & et al; **A Symbolic Reachability Graph For Coloured Petri Nets**. Dipartimento di Informatica, Università di Torino, Italy, 1997. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.25.6066>.
- FISHWICK PA. **Simulation Model Design and Execution: Building Digital Worlds**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall ; 1995 .
- FOGARTY, D. W.; BLACKSTONE Jr.; J. H.; HOFFMANN, T. R. **Production & Inventory Management**. 2 ed. Cincinnati: South-Western Publishing Co., 1991.
- FRANCÊS, Carlos Renato Lisboa. **Introdução às Redes de Petri**. Laboratório de Computação Aplicada, Universidade Federal do Pará, 2003.
- GEHLOT, Vijay; EDUPUGANTI, Kranthima; **Use of Colored Petri Nets to Model, Analyze, and Evaluate Service Composition and Orchestration**. Proceedings of

the 42nd Hawaii International Conference on System Sciences, 2009 - Center of Excellence in Enterprise Technology, Department of Computing Sciences, Villanova University, Villanova, PA, USA, 1985.

KHADKA, Binsan, MIKOLAJCZAK, Boleslaw; **Incorporating Object-Orientedness in Transformations from Live Sequence Charts to Colored Petri Nets**. Fifth International Conference on Information Technology: New Generations, Computer and Information Science Department - University of Massachusetts Dartmouth, Dartmouth, MA, 2007.

KRISTENSEN, Lars Michael; JORGENSEN, Jens Bæk; JENSEN, Kurt; **Application of Coloured Petri Nets in System Development**. Department of Computer Science, University of Aarhus, Denmark, ACPN 2003, LNCS 3098, pp. 626–685, 2004. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004.

LIED, Jonas; SELBITTO, Miguel Afonso; **Aplicação da Modelagem Por Redes de Petri Para Avaliação Ocupacional de Trabalhadores**. Revista Produção On Line, ISSN 1676 - 1901 / Vol. IX/ Num. III/ 2009.

MELLO, B. A; **Modelagem e Simulação de Sistemas**. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, 2007.

MURATA, T.; **Petri nets: Properties, analysis and applications**. *Proceedings of the IEEE*. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org>, 1989.

MARRANGHELLO, N. **Redes de petri: Conceitos e aplicações, DCCE/IBILCE/UNESP**. Disponível em: http://www.dcce.ibilce.unesp.br/_norian/cursos/mds/ApostilaRdPCA.pdf.

Ören TI. **Toward the Body of Knowledge of Modeling and Simulation (M & SBOK)**. In: Proceedings. of IITSEC (Interservice/Industry Training, Simulation Conference) ; 2005 Nov 28 – Dec 1; Orlando, FL. pp. 1 – 19.

OLIVEIRA, César Augusto Lins de; **Uma Abordagem para Melhoria de Workflow Baseada em Redes de Petri Estocásticas Generalizadas**. Dissertação de Mestrado - Universidade de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Computação, 2008.

OLIVEIRA, Kênia Santos de; **Estudo e Análise de Modelagem de Sistemas de Workflow Baseada em Redes de Petri**. Projeto final do curso de Bacharelado em Ciência da Computação. Universidade Federal de Goiás, 2007.

PÁDUA, S. I. D.; SILVA, A. R. Y.; INAMASU, R. Y.; PORTO, A. J. V; **Aplicações e Potencial das Redes de Petri na Engenharia de Produção**. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 10, Bauru, UNESP, 2003. *Anais*. Available from WWW: URL: <http://www.bauru.unesp.br/acontece/simpep.html>. Acesso em 30 de maio de 2010.

PÁDUA, S. I. D.; Inamasu, R. Y; **Mapeamento do Modelo de Processos de Negócio do EKD em Redes de Petri**. *Produção*, v. 18, n. 2, p. 260-274, 2008.

PETERSON, J. L.; **Petri nets**. Department of Computer Sciences, The University of Texas, 1977.

PETERSON, J.L.; **Petri Nets na Introduction**. Prentice Hall, Inc., 1981.

- UNESCO. **Education Policy & Strategy Simulation Model EPSSim – Version 2.1** User's Guide; United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP France, 2005.
- W.M.P. van der Aalst; **The Application of Petri Nets to Workflow Management.** *The Journal of Circuits, Systems and Computers*, 8(1):21–66, 1998.
- W.M.P. van der Aalst; H.M.W. Verbeek; D. Hauschildt; **A Petri-net-based Tool to Analyze Workflows.** In B. Farwer, D.Moldt, and M.O. Stehr, **Petri Nets in System**
- YOUNG JP. **History and Bibliography of War Gaming.** Department of the Army; Bethesda, Maryland 1957.
- YU, Yong; LI, Tong; LIU, King; DAI, Fei; ZHAO, Na; **OR-transition Colored Petri Net and its Application in Modeling Software System.** Second International Workshop on Knowledge Discovery and Data Mining - School of Software, Yunnan University, Kunming, China, 2009.