

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XXI Jornada de Pesquisa

## CARACTERÍSTICAS E TIPOS DE REDES DE PETRI<sup>1</sup>

**Leandro Fritzen Klem<sup>2</sup>, Fabricia Roos-Frantz<sup>3</sup>.**

<sup>1</sup> Projeto de pesquisa realizado no Mestrado Modelagem Matemática da UNIJUI

<sup>2</sup> Aluno do Mestrado em Modelagem Matemática da UNIJUI

<sup>3</sup> Professora PhD do DCEEng - Department of Exact Sciences and Engineering da UNIJUI

Propostas por Carl Adam Petri, as redes de Petri, segundo Francês (2003), constituem se em uma técnica de modelagem que permite a representação de sistemas, utilizando como alicerce uma forte base matemática. Essa técnica possui a particularidade de permitir modelar sistemas paralelos, concorrentes, assíncronos e não determinísticos. Segundo Barroso (2013) é também uma ferramenta gráfica de uso geral. Juntas, ferramenta gráfica e matemática, permitem modelar o comportamento de sistemas dinâmicos a eventos discretos, descrever as relações existentes entre condições e eventos e visualizar propriedades tais como paralelismo, sincronização e compartilhamento de recursos.

### INTRODUÇÃO

A representação gráfica de uma rede de Petri básica é formada por dois componentes: um ativo chamado de transição (barra) e outro passivo denominado lugar (círculo).

Os lugares equivalem às variáveis de estado e as transições correspondem às ações realizadas pelo sistema. Esses dois componentes são ligados entre si através de arcos dirigidos.



Figura 1. Grafo e seus Elementos Básicos.

Os arcos podem ser únicos ou múltiplos (Francês 2003). A Figura 1 mostra os elementos básicos de um grafo associado às redes de Petri. Para Reisig (2014) o conceito de Redes de Petri é baseado na ideia de que é o menor número de elementos de estados e eventos que mudam as condições dos elementos do estado. Com isso, a ideia central é que um elemento recebe dados de seu ambiente, processa e, assim, produz novos dados, que são liberados no ambiente. Ao fazê-lo, o componente não precisa saber a origem ou destino dos seus dados.

Com relação a sua composição, uma Rede de Petri possui alguns elementos básicos: os estados que são usados para modelar os componentes passivos dos sistemas, ou seja, são as variáveis de estado; as ações que são usadas para modelar os componentes ativos dos sistemas, levando o sistema de um

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XXI Jornada de Pesquisa

estado a outro; e as relações de fluxo que são utilizadas para especificar como ocorre a transformação de um estado em outro devido as ações no sistema, como mostrado na figura 2.

Elemento	Representação
Estado	
Ações	
Elementos das relações de fluxo	

Figura 2. Elementos e suas representações.

É importante destacar, segundo Marranghello (2005) que usualmente em alguns modelos, os estados são representados por círculos e as ações por barras ou quadrados.

No caso das redes lugar/transição, por exemplo, utilizam-se círculos e barras. Em outros casos, como algumas redes estocásticas, as ações podem ser representadas tanto por barras quanto por retângulos, para diferenciar ações com disparo imediato de ações com disparo temporizado.

A Figura 3 apresenta uma Rede de Petri para modelar um ano letivo em uma Universidade. O ano letivo começa com o primeiro período (semestre) letivo, seguido das primeiras férias (de julho), logo após, tem-se o segundo período letivo, e finalmente as férias de final de ano.

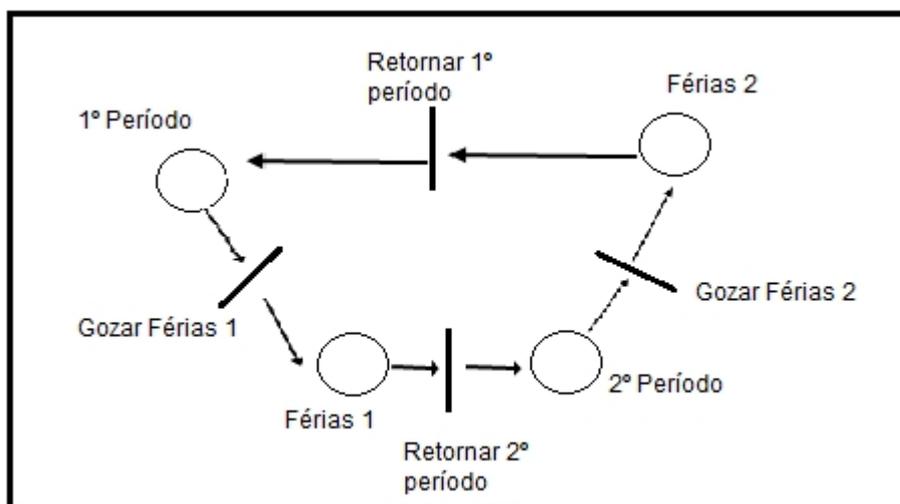


Figura 3. Ano Letivo Representado Graficamente em Redes de Petri.

As Redes de Petri são consideradas processos estocásticos, ou seja, qualquer tipo de evolução temporal que seja analisável em termos de probabilidade. Uma maneira de classificar as Redes de

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** XXI Jornada de Pesquisa

Petri é quanto ao seu grau de abstração, pois, as mesmas podem ser separadas em Redes de Petri de baixo nível e Redes de Petri de alto nível.

Segundo Marraghello (2005) as Redes de Petri de baixo nível são aquelas cujo o significado de suas marcas não são diferenciáveis a não ser pela estrutura da rede à qual estão associadas, destaca-se que na década de setenta este foi o tipo de rede mais utilizada, por permitir uma compactação razoável dos modelos. Para o mesmo autor, as Redes de Petri de alto nível são aquelas cujas marcas incorporam alguma semântica, viabilizando sua diferenciação. Neste sentido, considera-se semântica como sendo a atribuição de valores ou cores às marcas, ou a adoção de noções de tipos de dados abstratos.

Existem extensões que podem abranger as Redes de Petri de baixo nível e as de alto nível, as quais buscam incluir hierarquias e aspectos temporais. Dentre elas merecem destaque: as extensões coloridas que tem por objetivo reduzir o tamanho do modelo; as extensões temporizadas que congregam aspectos temporais determinísticos aos modelos e as extensões hierárquicas que visam representar modelos de sistemas complexos de forma mais compreensível.

#### REDES DE PETRI COLORIDAS

As redes de Petri coloridas de acordo com Marraghello (2005) têm por objetivo reduzir o tamanho do modelo, permitindo que os tokens sejam individualizados, através de cores atribuídas a eles, assim, diferentes processos ou recursos podem ser representados em uma mesma rede. As cores não significam apenas cores ou padrões. Elas podem representar tipos de dados complexos, usando a nomenclatura de colorida apenas para referenciar a possibilidade de distinção entre os tokens. As redes de Petri coloridas são compostas por três diferentes partes, sendo elas, estrutura, declarações e inscrições.

A estrutura é conhecida como um grafo dirigido com dois tipos de vértices (lugares e transições). Os lugares são representados por elipses e as transições por retângulos. As declarações compreendem a especificação dos conjuntos de cores e declarações de variáveis. Já as inscrições variam de acordo com o componente da rede.

Este tipo de Rede de Petri é muito utilizado, pois, é capaz de modelar sistemas grandes e complexos, devido a quantidade de recursos que dispõe, possibilitando uma redução nos tamanhos dos modelos. Sendo assim, para uma melhor compreensão, torna-se importante observar a Figura 4, que trata de um exemplo de Rede de Petri Colorida, segundo Maciel et al (1996), os arcos são rotulados com cores (a, b e c). Para que uma transição desta rede esteja habilitada, é necessário que os lugares de entrada desta transição tenham marcas do tipo (cor) associados ao arco que interliga estes lugares a transição. A transição  $t_0$  não se encontra habilitada, pois o lugar  $P_0$  não possui uma marca da cor a, contudo a transição  $t_1$  está habilitada, pois o lugar  $P_1$  possui uma marca da cor a e o lugar  $P_2$  possui marcas das cores a, b, o que satisfaz as condições rotuladas nos arcos que interligam estes lugares à transição  $t_1$ . O disparo desta transição retira as marcas das cores associadas aos arcos, dos lugares de entrada e adiciona aos lugares de saída marcas de cor igual à cor associada ao arco que interliga a transição aos lugares de saída. Neste caso, uma marca de cor c é depositada no lugar  $P_4$ .



**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XXI Jornada de Pesquisa

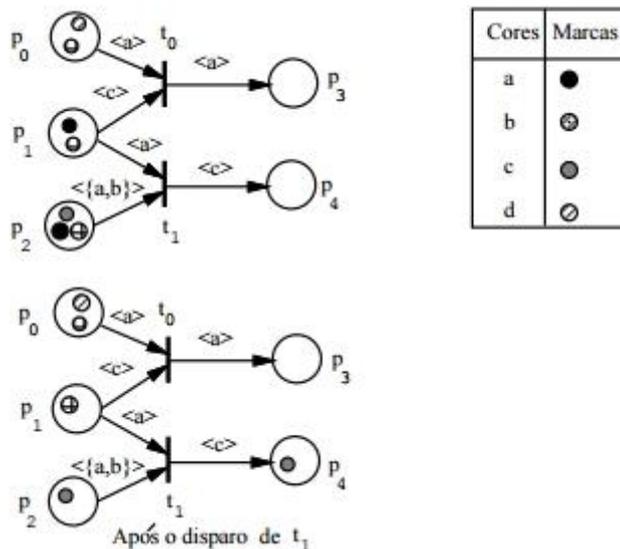


Figura 4. Redes Coloridas

Nas redes apresentadas acima, as marcas são identificadas por cores, contudo as marcas podem ser estruturas mais complexas. Nas redes coloridas apresentadas, as marcas são definidas como tipos de dados e é possível efetuar operações complexas sobre estes dados.

#### REDES DE PETRI TEMPORIZADAS

Para este estudo, além, das Redes de Petri coloridas, é possível a representação de sistemas dinâmicos a eventos discretos, com atividades concorrentes e assíncronas. Entretanto, para que seja possível especificar sistemas de tempo real, avaliar o desempenho de sistemas dinâmicos de um modo geral e examinar questões referentes ao seu escalonamento, por exemplo, é necessário que se considerem informações relativas ao tempo em que ocorrem os eventos no sistema considerado.

De acordo com Marraghello (2005), a associação do tempo a componentes da rede pode se realizar de várias maneiras. Sendo elas:

- O tempo associado a lugares. Os tokens (após o disparo) estarão disponíveis a disparar uma nova transição após um certo tempo que está associado ao lugar.
- O tempo associado às marcas. O tempo indica quando a marca ficará disponível para o disparo.
- O tempo associado às transições. Utiliza tempos associados às transições (subtende-se que está se referindo às Redes de Petri temporizadas com tempos associados às transições).

Ainda diz Marraghello (2005) que este tipo de Rede de Petri pode ser determinística ou estocástica. As determinísticas surgiram na primeira metade da década de setenta e indicam tempos absolutos relativos à execução dos eventos correspondentes. As estocásticas, por sua vez, permitem considerar incertezas nos instantes de execução de eventos do sistema associando a eles funções de probabilidade para a determinação de sua execução.

#### REDES DE PETRI HIERARQUICAS

Além das Redes de Petri coloridas e temporizadas, existem as Redes de Petri hierárquicas, que segundo Marraghello (2005) foram criadas, quando percebeu-se a apresentação de problemas quanto ao tamanho do sistema, ficando cada vez mais difícil manter a clareza do modelo. Visando

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XXI Jornada de Pesquisa

diminuir esse obstáculo criou-se mecanismos para agrupar ou refinar partes do modelo, mantendo a consistência com os elementos. Nesta representação dois componentes são fundamentais para viabilizar uma representação e mais alto nível: a superpágina e a subpágina. A primeira representa um agrupamento (transições, lugares e arcos), visando gerar um modelo mais compacto e inteligível, como o exemplo de uma “caixa preta”. Já as subpáginas são o detalhamento de uma superpágina, de forma a esclarecer alguns detalhes omitidos na representação em alto nível. O exemplo que está na Figura 6 que trata das Redes de Petri hierárquicas, em que segundo Marraghello (2005) um dos morfismos utilizados para a obtenção de redes hierárquicas é a substituição de transições. Neste caso, algumas transições da rede são designadas como transições de substituição e correspondem a uma sub-rede. Cada rede pode ter diversas sub-redes e as sub-redes podem ser aninhadas em vários níveis de detalhamento. A interface entre uma transição de substituição e a sub-rede correspondente é feita por meio de lugares-porta. A Figura-5a apresenta uma rede de Petri contendo uma transição de substituição e a Figura- 6b apresenta a sub-rede correspondente. A Figura-6c mostra a rede resultante da substituição da rede da Figura-6b na rede da Figura-6a.

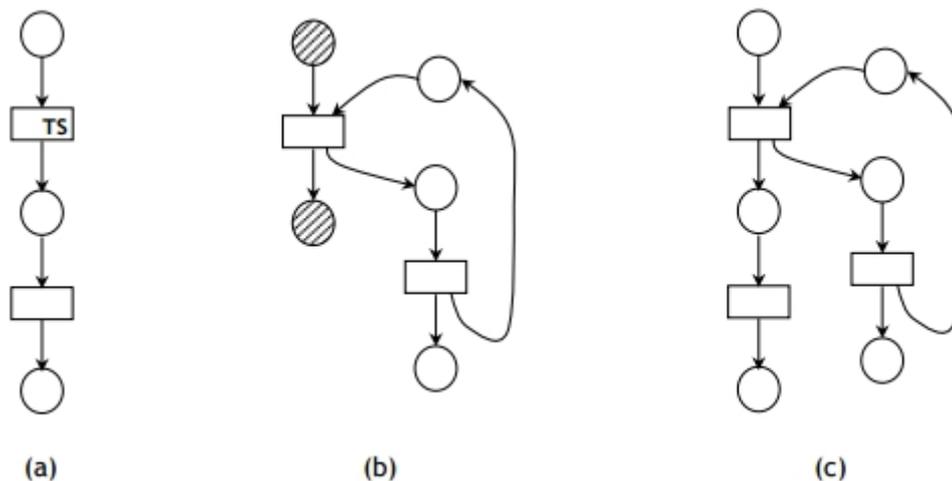


Figura 6. Rede de Petri Hierárquica por estratificação de transições.

Através da Figura.6a percebe-se que a transição de substituição é identificada com as letras TS. Esta transição deve ser substituída pela sub-rede, ou seja, quando deseja-se desfazer a hierarquia da rede e a recuperação do modelo completo, sem hierarquias. Na Figura.6b, observa-se alguns lugares hachurados, sendo estes utilizados para identificar os lugares-porta. Estes lugares são cópias dos lugares de entrada e de saída da transição de substituição, na rede de nível hierárquico superior. Ao substituir a sub-rede na transição de substituição correspondente, estes lugares desaparecem do modelo, sendo usados apenas para refletir, na sub-rede, o comportamento da rede mais abstrata.

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constata-se através do conceito de Redes de Petri e das suas diferentes extensões como as já relacionadas, coloridas, temporizadas e hierárquicas, que pode-se relacionar importantes áreas que utilizam-se destas aplicações, como: automação de escritórios e de manufatura, avaliação de

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** XXI Jornada de Pesquisa

desempenho, bancos de dados, circuitos integrados, protocolos de comunicação, sistemas distribuídos e sistemas de produção, evidenciando assim, a sua real importância e necessidade.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AALST, W. M. P. van der (2015). Business Process Simulation Survival Guide, Handbook on Business Process Management, International Handbooks on Information Systems, Jan vom Brocke, Michael Rosemann, p. 337-370, Springer Berlin Heidelberg.

BARROSO N M C. SOARES J M. BARROSO G C. MOTA J C M. NETO H B. Modelagem de conceitos e processos matemáticos por Redes de Petri coloridas: o caso da integrabilidade de funções reais. Bolema vol. 27 no 45. Rio Claro. 2013.

BERK I V D. JANSEN S. LUIENBURG L. Software Ecosystems: A Software Ecosystem Strategy Assessment Model. In: 2nd Int'l Workshop on Soft. Ecosyst., pp. 127-134 (2010).

BOSCH, J. From Software Product Lines to Software Ecosystems. In: 3th Software Product Line Conference, pp. 11-119 (2009).

DOS SANTOS, Mauricio Pereira. Introdução à simulação discreta. Rio de Janeiro: UERJ, 1999.

FRANCÊS C R L. Introdução às Redes de Petri. Pará, PA, 2003.

GOLD. R. Petri Nets in Software Engineering. Ingolstadt. 2004.

LINTHICUM, D. S. Enterprise Application Integration. 1. ed. [S.l.]: Wesley, Publisher Addison, 1999.

MACIEL P R M. LINS R D. CUNHA P R F. Introdução às Redes de Petri e Aplicações. Campinas, SP, 1996.

MARRANGHELLO N. Redes de Petri: Conceitos e Aplicações. São Paulo, SP, 2005.

PIDD M. "Computer Simulation in Management Sciences", John Wiley and Sons, Chichester, 4th edition, 1998.

PRESSMAN, R S. Engenharia de software. McGraw Hill Brasil, 2011.

REISIG J W D. Os conceitos de Redes de Petri. Berlin, 2014.

SAKURADA N. MIYAKE D I. Aplicação de Simuladores de Eventos Discretos no Processo de Modelagem de Sistemas e Operadores de Serviços. Gestão & Produção, v.16, n.1, p. 25-43, 2009.

SANTOS R, WERNER C, BARBOSA O, ALVES C. Software Ecosystems: Trends and Impacts on Software Engineering. In: 26th Brazilian Sym. on Software Eng., pp. 206-210 (2012).

SAWICKI S. FRANTZ R Z. FERNANDES V B. FRANTZ F R. YEVSEYEVA I. CORCHUELO R. Characterising Enterprise Application Integration Solutions as Discrete-Event System. In Handbook of Research on Computational Simulation and Modeling in Engineering, 1ed. Hershey, Pennsylvania: IGI Global, v.1, p.255-282, 2015.

YU L, RAMASWAMY S. e BUSH J. Symbiosis and software evolvability. IT Professional, 2008.