

Análise e aplicação da rede de Petri no sistema de saúde brasileiro

Alexandre Zamora Zerbini Denigres, Eduardo Luiz Kose

Resumo – Este trabalho apresenta a análise e a aplicação da modelagem de sistemas a eventos discretos no sistema de saúde brasileiro, focando-se na utilização da Rede de Petri. Após uma descrição breve do funcionamento do sistema de saúde do Brasil, é apresentado estruturas que recebem inputs e outputs específicos que caracterizam suas funções neste setor. Em seguida, conceitos que serão usados no trabalho são explicados e apresentados para a maior compreensão do leitor. Os conceitos são aplicados no sistema brasileiro de maneira global e local para a maior facilidade no entendimento do esquema. Por fim, são discutidas as análises feitas no sistema todo em comparação aos textos lidos e os conceitos utilizados em sala de aula.

Palavras-chave – Análise de sistemas, Modelagem de processos, Rede de Petri, Sistemas de saúde

1 Introdução

Sistemas de saúde são construções sociais que têm por objetivo garantir meios adequados para que os indivíduos façam frente a riscos sociais, tais como o de adoecer e necessitar de assistência, para os quais, por meios próprios, não teriam condições de prover. Dessa maneira, o Estado tem a obrigação de providenciar e manter o sistema de saúde em funcionamento para a população.

No Brasil, o sistema de saúde se baseia na Constituição Federal Brasileira de 1988 onde é explícito que a saúde é um direito de todos e um dever do Estado, resultando na criação do SUS (Sistema Único de Saúde), órgão público responsável pelo sistema de saúde gratuito brasileiro, e na criação do SSAM (Sistema Supletivo de Assistência Médica), órgão complementar ao SUS de iniciativa privada que visa a assistência social por meio de planos de saúde. Cerca de 75% da população é atendida no SUS e 25% no SSAM, evidenciando um caráter suplementar das iniciativas privadas.

Para a manutenção desses sistemas no Brasil, aproximadamente 5% do PIB é destinado em gastos na saúde, pouco para uma nação que apresenta déficit nesse setor e pouco se comparado aos países desenvolvidos.

No sistema de saúde brasileiro, há basicamente 4 estruturas de saúde que formam o sistema como um todo: as clínicas para o atendimento com consulta, os prontos socorros para o atendimento em geral, as UTIs para atendimentos graves e os hospitais para a internação e atendimentos. Essas estruturas podem ser representadas por caixas pretas com inputs e outputs próprios que irão ajudar a modelar e sistematizar o sistema de saúde de modo geral. Ao longo do texto, será explicado com mais detalhes cada estrutura e suas características específicas.

Neste trabalho será mostrado análises nas maneiras de aplicação da modelagem a eventos discretos do sistema de saúde brasileiro utilizando a rede de Petri, proporcionando em uma melhor compreensão do sistema de saúde como um todo. Também será dividido o sistema em duas áreas, uma macro, que englobaria o paciente até o centro de atendimento, e outra micro, que é o atendimento propriamente dito dentro do centro de atendimento, como, por exemplo, em um hospital. Vale ressaltar que essa aplicação da análise da modelagem a eventos discretos foi feita de modo simplificado a fim de apenas obter facilidade no entendimento do sistema de saúde brasileiro.

2 Revisão bibliográfica

Apesar da evidente distinção entre o ambiente industrial e o hospitalar, a abordagem de sistemas a eventos discretos no setor da saúde segue uma linha muito próxima do setor produtivo no que se refere à estrutura e ao funcionamento. O dinamismo e a discretização de eventos estão presentes neste ambiente, dado que um hospital também é um sistema dinâmico, onde seus estados (configuração ou situação em um dado instante) mudam ao longo do tempo e seus componentes (pacientes e recursos) interagem de uma forma discreta (HO, 1992; MIYAGI et al., 2002).

Para demonstrar essa semelhança, pode-se se apresentar uma série de conceitos importantes relacionados à simulação discreta inseridos no contexto das organizações de saúde. Entre eles, o próprio conceito de sistema, que é definido como um grupo de objetos que estão agregados de acordo com uma relação de interdependência para atingir certos objetivos (MIYAGI, 2006). Os objetos, no caso, são constituídos pelos pacientes, médicos, funcionários, quartos, salas de espera, salas de operação, farmácia, depósitos, etc., assim como o objetivo a ser atingido é o atendimento do paciente.

Um dos conceitos principais a serem introduzidos no contexto do sistema de saúde, análogo ao produtivo típico, é o de “produtos” hospitalares, que seriam divididos entre produtos centrais (serviços médicos) e, associados a eles, os produtos periféricos, necessários para a realização dos primeiros (MIYAGI et al., 2002).

O grande desafio e diferença se encontram principalmente na modelagem da organização de saúde, em que fatores como a identificação de todas as formas de interação, o tratamento da aleatoriedade dos fluxos de pacientes e o dimensionamento do grau de inadequação ou desatualização da estrutura física e/ou funcional frente às novas demandas de serviço demonstram-se obstáculos neste processo (MIYAGI et al., 2002).

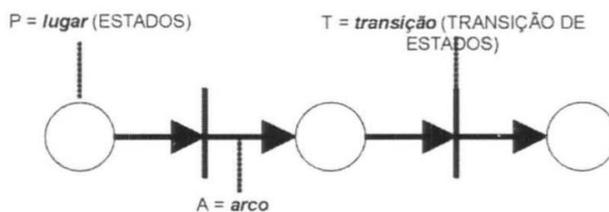
A fim de evitar alterações estruturais ou funcionais que possam causar durante a sua implantação o desperdício de tempo e energia, entre outros transtornos, é essencial que seja feito um estudo efetivo de cada situação através de modelos que expressem as principais características do objeto de estudo, com precisão e detalhamento suficientes (MIYAGI, 1997). Nesse sentido, costuma-se utilizar a Rede de Petri, uma técnica que apresenta várias características apropriadas para modelar o serviço de saúde (MIYAGI, 2000). Entre elas, pode-se citar a sua representação gráfica simples, a permissão de diferentes níveis hierárquicos de abstração (com maior ou menor grau de detalhamento) e uma teoria bem fundamentada para verificação de propriedades qualitativas e quantitativas do sistema (MIYAGI et al., 2002).

Essa técnica é baseada em poucos elementos estruturais e algumas regras (suficientes para representar a lógica e a dinâmica dos sistemas). Ela permite a representação de estruturas hierárquicas, isto é, dependendo do nível de detalhamento desejado, é possível desenhar um fluxo somente das atividades principais (conceituais) e à medida da necessidade, desenha-se modelos mais sofisticados (REISIG, 1992).

A título de uma melhor compreensão dos exemplos que serão demonstrados posteriormente, é válida uma breve descrição dessa ferramenta. Os elementos estruturais da Rede de Petri estão ilustrados na Figura 1 (PETERSON, 1981) e são apenas três:

- As **transições** (T), que representam as transições de um estado para o outro.
- Os **lugares** (P), que representam os estados do sistema.
- Os **arcos orientados**, que mostram a sequência de evolução dos estados do sistema.

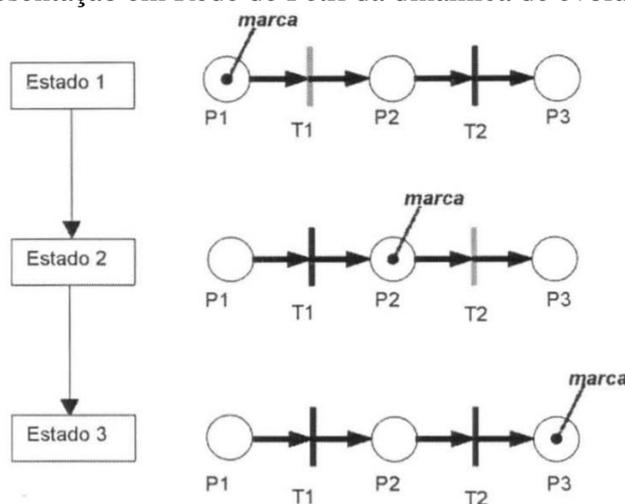
Figura 1 - Elementos estruturais da Rede de Petri



Fonte: MIYAGI, MIYAGI, KISIL (2002)

Em seguida, pode-se observar na Figura 2 a evolução dos estados, ilustrado pela evolução da marca, que segue a seguinte regra: quando o evento ou ação associado à transição T1 ocorre, a marca é removida do lugar de entrada P1 e outra no lugar de saída P2 é adicionada e assim sucessivamente (MIYAGI et al., 2002).

Figura 2 - Representação em Rede de Petri da dinâmica de evolução dos estados



Fonte: MIYAGI, MIYAGI, KISIL (2002)

3 Aplicação no sistema de saúde brasileiro

Após a análise do funcionamento do sistema de saúde brasileiro e da rede de Petri, deseja-se neste trabalho analisar a aplicação da modelagem a eventos discretos no sistema de saúde do Brasil de maneira macro (sistema para o paciente chegar até o local a ser atendido) e micro (dentro de hospitais).

De maneira geral, é recomendável que, primeiro, se identifique todos os elementos que são envolvidos no sistema de saúde, seja ele macro ou micro: os locais de atendimento, recursos, pacientes, médicos, transporte, salas e tudo referente ao uso dos hospitais e prontos-socorros. Tais elementos na situação real são imprevisíveis e dinâmicos a todo instante, logo, para maior facilidade e compreensão, deve-se simplificar esses elementos a fim de proporcionar um método de modelagem do sistema como um todo. Para tanto, há a possibilidade de linearização dos recursos e a separação dos atendimentos aos pacientes em vários modelos.

Esses elementos podem ser agrupados em 6 grupos para facilitar o entendimento do problema. Entidade (objeto de interesse do sistema), Atributo (propriedade da entidade), Recurso (objeto que “opera” as entidades), Atividade (ação que ocorre no sistema), Evento (ação que altera o estado do sistema) e Variáveis de Estado (descreve a situação do sistema). Para melhor visualização, a Tabela 1 mostra esses componentes de maneira mais clara.

Tabela 1 – Elementos do sistema de saúde

| Sistema | Entidades | Atributos | Recursos | Atividades | Eventos | Variáveis de Estado |
|---------|-----------|---------------------|---|-------------------------|---|--|
| Saúde | Pacientes | Tipo de assistência | Médicos, Enfermeiras, Funcionários, Ambulâncias | Atendimento ao paciente | Chegada e saída dos locais de atendimento | número de pacientes esperando, número de médicos disponíveis |

3.1 Análise macro

Para uma análise macro, foi dito que há a possibilidade de separar os vários tipos de atendimentos ao paciente, podendo então separar os diferentes tratamentos de cada paciente, agrupando nas 4 estruturas de saúde citadas e exibidas na Figura 3.

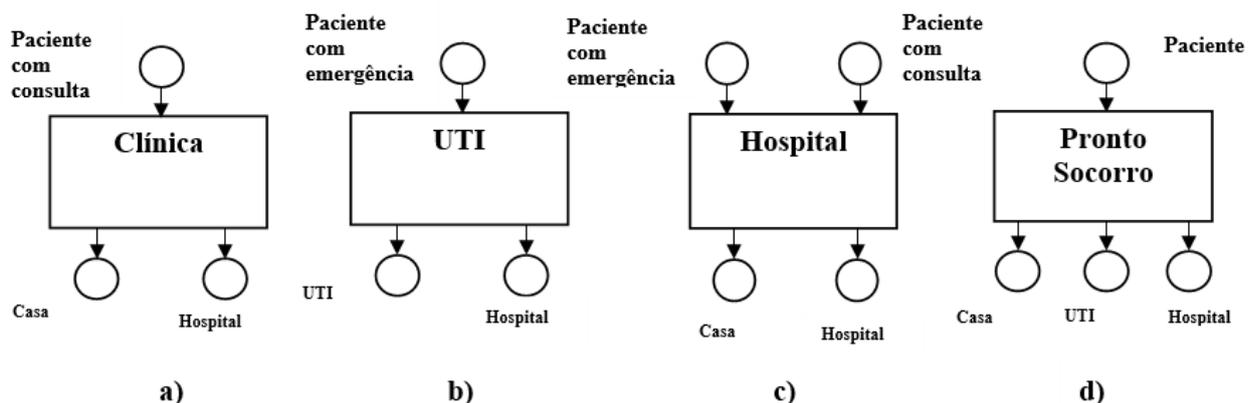
O primeiro local são as clínicas, onde os pacientes podem agendar consultas e serem atendidos pontualmente caso o problema seja resolvido. O médico ou enfermeira poderá mandar o paciente para casa ou para o hospital caso o problema não seja resolvido.

O segundo local são os prontos socorros, onde são atendidos pacientes de forma imediata sem consulta pré-agendada. Dependendo do estado do paciente, o médico poderá mandá-lo para a UTI, ser internado para o hospital ou para casa caso o atendimento do paciente seja concluído.

O terceiro local são as UTIs, que recebem pacientes gravemente feridos e que necessitam de assistência de maneira emergencial. O paciente poderá ser encaminhado para o hospital ou continuar na UTI dependendo de seu estado.

O quarto local são os hospitais, que recebem pacientes com consulta ou com emergência, visto que nele há a possibilidade da assistência nos dois casos. O paciente então poderá continuar internado no hospital ou levar alta e ser mandado para casa.

Figura 3 - Estruturas de saúde esquematizada para rede Petri

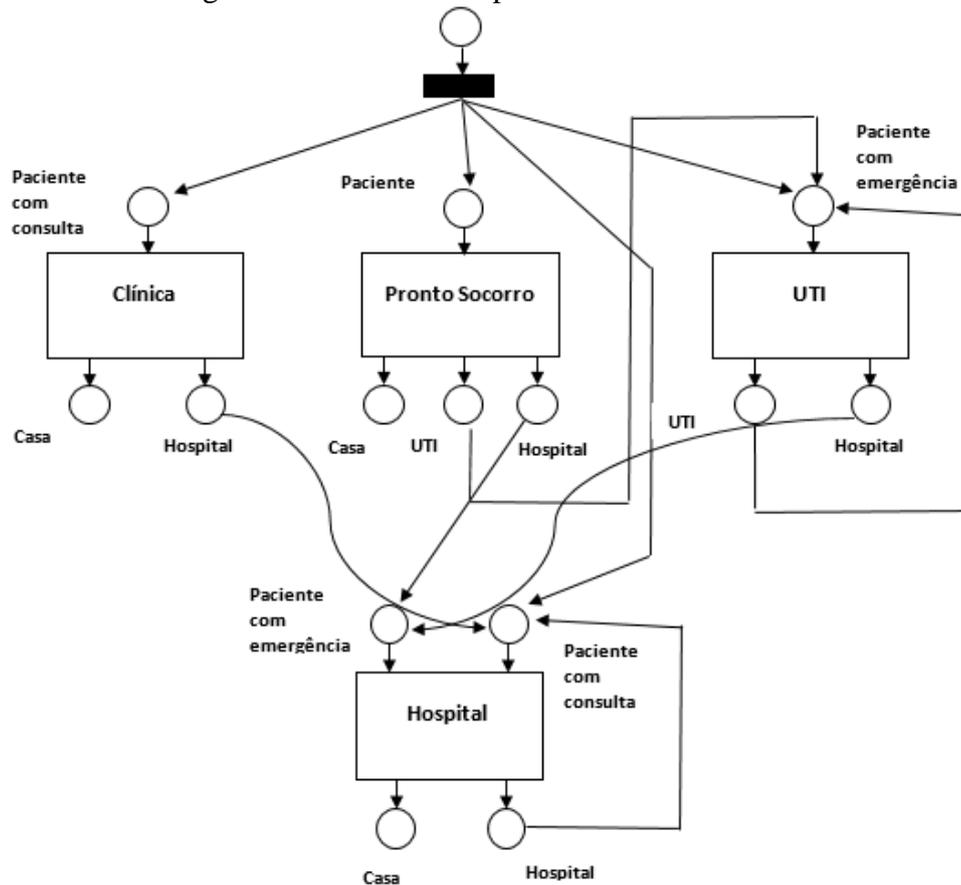


No exemplo do contexto brasileiro, o paciente poderá, então, se dirigir à uma clínica para uma consulta, a um hospital ou pronto de socorro para ser atendido ou à UTI caso for de extrema urgência. Outro exemplo é o paciente gravemente ferido se dirigir à UTI e logo em seguida ser tratado no hospital para receber alta, ou então o paciente se dirigir à uma clínica e terminar internado no hospital. Dessa maneira, cada local específico possuirá inputs e outputs específicos que caracterizam seus locais

A Figura 4 mostra de maneira resumida e esquemática um modelo para o sistema de saúde brasileiro com as estruturas citadas anteriormente sem a preocupação do número das entidades e

recursos participante.

Figura 4 - Rede de Petri para o sistema macro.

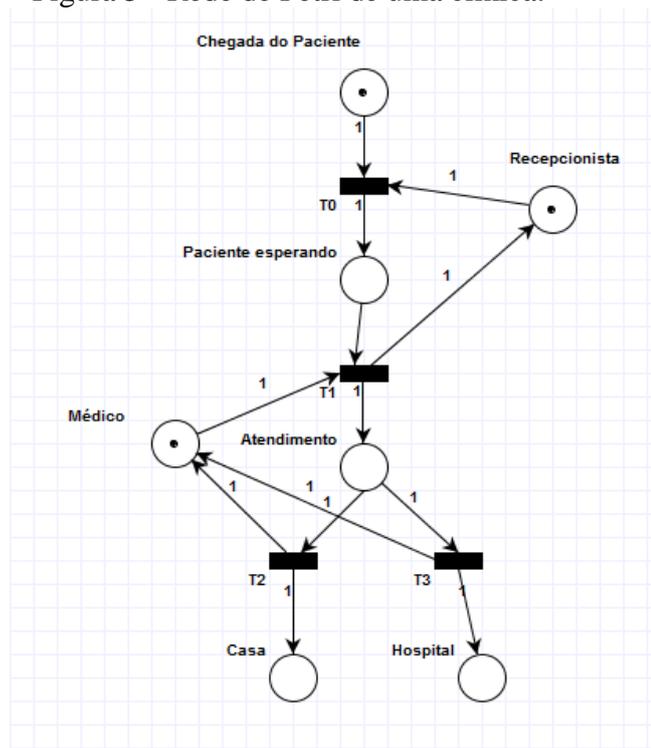


3.2 Análise Micro

Partindo agora para uma análise micro, podemos modelar rapidamente as estruturas de saúde pela Rede de Petri. Por fins didáticos, a modelagem foi feita apenas para as clínicas, visto que nos outros locais haveria similaridade com o modelo feito com as devidas modificações e complexidades.

Nessa análise, o paciente ao chegar na clínica precisa ser atendido pela recepcionista e assim aguardar para ser chamado e atendido. Já é pressuposto que o paciente tenha agendado a consulta. Ao ser chamado, o paciente é tratado com o médico que poderá encaminhá-lo para casa ou para o hospital dependendo de sua gravidade.

Figura 5 - Rede de Petri de uma clínica.



4 Discussão

Os métodos de modelagem vistos para os sistemas de produção ou manufatura são similares aos de saúde e, por essa razão, é possível modelar de maneira análoga por métodos estudados em aula.

Várias abordagens para o assunto foram pesquisadas para a modelagem do sistema de saúde brasileiro, porém quase todos os métodos envolveram a modelagem com a Rede de Petri como última etapa, visto a sua facilidade de entendimento e uso.

O uso dessa ferramenta proporciona uma análise esquemática do funcionamento do sistema de saúde, acarretando no melhor entendimento do fluxo de pacientes que dele participam. O uso de locais, transições e arcos representando os elementos no sistema de saúde ajudam a entender melhor, ou ao menos através de uma visão diferente, quais problemas são presentes e como se manifestam em um sistema de tal importância para o país.

O uso de outro método, como o ProModel poderia ser utilizado para uma análise mais pontual e detalhada como em um hospital. Porém esse modelo não mostraria um esquema objetivo e simplificado na análise do fluxo de pacientes. Seria levado mais em questão o tempo gasto em cada local de operação das entidades e os recursos utilizados nele. Caso esse meio de modelagem fosse aplicado levaria em conta uma análise de modo mais detalhado o sistema de saúde, porém não foi executado em conta pela dificuldade de execução e a falta de artigos relacionadas a ele.

5 Conclusões

Este trabalho propôs analisar e discutir as aplicações da modelagem a eventos discretos do sistema de saúde brasileiro. Quatro estruturas de saúde foram apresentadas para se obter um modelo representativo do sistema como um todo. Cada estrutura é modelada como uma rede de Petri e em seguida a junção de seus inputs e outputs formam a rede macro que sintetiza o modelo de saúde brasileiro.

Essa modelagem foi feita de modo bem simples e resumida, não foi considerado a quantidade de entidades e recursos utilizados. Dessa maneira, esse trabalho analisou apenas o fluxo de pacientes que comportam a rede de saúde brasileiro, possibilitando a identificação de gargalos e

problemas estruturais do sistema.

Acredita-se que a modelagem em sistemas de saúde de modo geral por meio da Rede de Petri, não só especificamente no Brasil, auxiliaria na análise do fluxo de pacientes que frequentam o sistema total. Assim haveria a possibilidade de melhoras pontuais que aumentariam esse fluxo e iriam aliviar os gargalos locais que prejudicam a rede onde entidades e recursos participam, melhorando então, os índices de saúde de um país.

6 Referências bibliográficas

FANTI, Maria Pia; MANGINI, Agostino Marcello; UKOVICH, Walter; LESAGE, Jean-Jacques; VIARD, Kevin. A Petri Net Model of an Integrated System for the Health Care at Home Management. 2014 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE), 2014

HO Y. Discrete Event Dynamic Systems: Analysing Complexity and Performance in the Modern World. In: IEEE Press, 1992.

MAHULEA, C.; GARCÍA-SORIANO, J. M. & COLOM, J. M. Modular Petri net modeling of Spanish Health System. Proceedings of 2012 IEEE 17th International Conference on Emerging Technologies & Factory Automation, Sept. 2012, pp.1-8

MIYAGI, M.M.; MIYAGI, P.E. & KISIL, M. Modelagem e Análise de Sistemas de Saúde Baseados em Redes de Petri Interpretadas. Revista Produção, ABEPRO, São Paulo, SP, vol.11, n.2, pp.23-39, 2002.

MIYAGI P.E., et al. Application of PFS Model based analysis of manufacturing system for performance assessment. J. of the Braz. Soc. Mechanical Sciences. ABCM, 19(1):58-71, 1997.

MIYAGI P.E., Introdução à Simulação Discreta, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Mecatrônica de Sistemas Mecânicos, 2006.

PETERSON JL. Petri Net Theory and the Modeling of Systems, Prentice Hall, Englewood Cliffs., 1981.

REISIG, W. Petri Nets - An Introduction. Springer Verlag, Berlin, 1992.

Title – Brazilian health system analysis and application of Petri net

Abstract – This study presents the modeling analysis and application of the discrete event system in the Brazilian health system, giving focus by using Petri net. After a brief explanation of the Brazilian health system, the structures that receive specific inputs and outputs is explained which mark their roles in this sector. After that, concepts which will be used in this study are explained and presented for more comprehensive understanding by the reader. These concepts are applied in the Brazilian health system by global and local ways for more simplicity to understand this scheme. Last but not least, analysis made in the whole system is discussed in comparison with the articles read and the notation used in classroom.

Keywords – System analysis, process modeling, Petri net, brazilian health system

Alexandre Zamora Zerbini Denigres, estudante de graduação do curso de Engenharia Mecatrônica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Professor voluntário na ONG Matemática em Movimento (participante do programa social institucional Poli Cidadã).

Eduardo Luiz Kose, estudante de graduação do curso de Engenharia Mecatrônica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Membro da equipe do AeroDesign da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Keep Flying e integrante da equipe de e-Sports Poli Plague.