

# Redes Bayesianas no Diagnóstico Médico.

Renato S. Pessete<sup>1</sup>, Kleber Magno Maciel Vieira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ciências da Computação quinta fase, 2002  
INE

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil, 88040-900

Fone (0XX48)333-9999, Fax (0XX48)333-9999

[renato@inf.ufsc.br](mailto:renato@inf.ufsc.br), [kleber@inf.ufsc.br](mailto:kleber@inf.ufsc.br)

## Resumo

*Este artigo apresenta um sistema de apoio a decisão médica baseado na aplicação de redes probabilísticas (redes Bayesianas). A tecnologia utilizada é ideal para o tratamento de incerteza, muito comum na área médica e, além disso, modela o conhecimento do especialista do domínio de uma forma intuitiva. É o único formalismo que permite realizar qualquer um dos tipos possíveis de inferência probabilística, ou seja, causal, diagnóstico, intercausal ou misto. O artigo descreve o sistema SEAMED V 2.0, usando, como exemplo, o domínio de conhecimento em cardiopatias congênitas.*

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial, Raciocínio Probabilístico, Redes Bayesianas, Informática Médica, Sistema de Apoio à Decisão.

## Introdução

As pessoas resolvem problemas e tomam decisões em ambientes onde a informação é parcial (isto é, não completa) ou aproximada (isto é, não exata). Têm-se tentado emular essa capacidade em sistemas inteligentes, mas para problemas formulados com informação parcial ou aproximada, pode-se obter apenas soluções aproximadas, ou seja, com incerteza. Portanto torna-se necessário dispor de formas para lidar com a incerteza. As abordagens utilizadas consideram contexto simbólico ou contexto numérico.

A abordagem simbólica usa uma teoria lógica que determina o mecanismo de inferência a utilizar, sendo adequada para tratar a incerteza em informação incompleta (e justificar as conclusões finais), mas inadequada para o caso de informação imprecisa, por não provê meios para quantificar os níveis de confiança associados à informação disponível. A abordagem numérica representa a incerteza como uma quantidade precisa em uma dada escala ou como um valor fuzzy, permitindo definir um cálculo que especifica o mecanismo a utilizar para combinar e propagar a incerteza durante o processo de raciocínio.

## Metodologia

Redes probabilísticas isto é modelos baseados em representações gráficas das dependências probabilísticas do domínio da aplicação. O uso dessas redes apresenta as seguintes vantagens: a) permite representar e manipular a incerteza com base em princípios matemáticos fundamentados, b) modela o conhecimento do especialista do domínio de uma forma intuitiva e c) único formalismo que permite realizar qualquer um dos tipos possíveis de inferência probabilística ou seja causal, diagnóstico, intercausal ou misto. Redes Bayesianas (BN), redes de Markov (MN) e diagramas de influências (ID) são redes probabilísticas. Uma BN é um grafo acíclico orientado, onde os nós representam variáveis aleatórias e o arco unindo dois nós representa a dependência probabilística entre as variáveis associadas. Cada nó possui armazenada a função de distribuição de probabilidades condicional dos valores que pode ser assumidos pela variável aleatória associada ao nó, dado os valores de seus nós pais (isto é aqueles diretamente ligados ao nó em questão).

A característica principal das redes probabilísticas é a habilidade para explorar a estrutura do grafo e reduzir o cálculo (da

probabilidade condicional de um evento, dada a evidência disponível) a uma série de cálculos locais, usando somente variáveis obtidas de um nó e seus vizinhos em uma estrutura de grafo, evitando calcular a função de distribuição de probabilidades conjunta global. A representação gráfica também explicita relações de dependências e constitui uma ferramenta poderosa na aquisição de conhecimentos e no processo de verificação.

## O Sistema SEAMED V 2.0

O Sistema SEAMED V 2.0 é formado por dois módulos distintos: o módulo de construção e o módulo de consulta. O sistema permite, através do módulo de construção, a definição (através de um ambiente gráfico) da estrutura da rede bayesiana e a entrada das probabilidades a priori, para um domínio de conhecimento previamente definido. O módulo de consulta permite a realização de inferências probabilísticas, a avaliação das probabilidades a posteriori e a explanação do diagnóstico sugerido.

A metodologia de aquisição de conhecimento utilizada foi capaz de explicitar as regras envolvidas no processo diagnóstico das 12 cardiopatias congênitas mais frequentes, segundo levantamento realizado no banco de dados de pacientes do Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul. Foram considerados os seguintes diagnósticos: comunicação enteratrial (CIA), persistência do canal arterial (PCA), comunicação interventricular (CIV), tetralogia de Fallot (FALLOT), estenose pulmonar (EP), coarctação da aorta (COAO), transposição dos grandes vasos (TGV), defeito septal atrioventricular (DSAV), drenagem venosa anômala pulmonar total (CVAPT), atresia tricúspide (ATRTRI), estenose aórtica (EAO) e atresia pulmonar (ATRPUL). O processo decisão considera a seleção dos sinais, sintomas e exames subsidiários necessários para a formulação da hipótese diagnóstica. Os itens considerados estão ordenados em exames físicos (ausculta, cianose...), exames laboratoriais, história clínica (tosse, posição de cócoras...) e exames complementares (Raio X, ECG...).

### Módulo de Construção

Este módulo permite a representação gráfica do domínio através de um grafo acíclico orientado, onde os nós abstraem variáveis aleatórias (sinais, sintomas e exames complementares), grafadas no sistema por elipses; e o arco unindo duas elipses representa a dependência probabilística entre elas.

Conforme a fig. 1, a elipse selecionada (DSAV - Defeito do Septo Atrioventricular, que é uma variável diagnóstica), possui uma tabela,

apresentada na parte inferior da tela, que indica a distribuição de probabilidades condicional dos valores que podem ser assumidos por ela, dados os valores de seus nodos pais. Tais nodos representam sinais e exames relacionados ao diagnóstico em questão (Frase\_107 - RX com cardiomegalia; Frase\_18 - Síndrome de Down; Frase\_137 - ECG com padrão de hemibloqueio anterior esquerdo; e Frase\_104 - RX com hiperfluxo pulmonar)

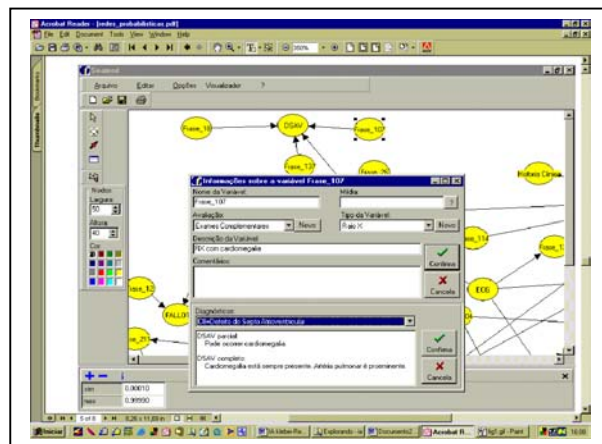


Fig 1. Módulo de Construção de BN

Além dos relacionamentos probabilísticos, para facilitar a compreensão, foi agregado ao sistema um recurso para auxílio a explanação do mecanismo de inferência do sistema. No módulo de construção, a partir da seleção de uma elipse, é possível interagir com a janela de Informações sobre a variável, apresentada na Fig. 2. Nela, pode-se:

- alterar o nome da variável;
- alterar a descrição da variável;
- acrescentar comentários que serão visíveis durante a consulta;
- agregar recursos multimídia como sons, imagens e filmes destinados a facilitar a compreensão do usuário médico;
- classificar a variável em um grupo, como por exemplo, a Frase\_107 - RX com cardiomegalia é um exame complementar; e
- acrescentar textos que relacionam a variável com um determinado diagnóstico, como por exemplo, a Frase\_107 - RX com cardiomegalia, possui o seguinte texto relacionado ao diagnóstico DSAV - Defeito do Septo Atrioventricular:

DSAV parcial:

Pode ocorrer cardiomegalia.

DSAV completo:

Cardiomegalia está sempre presente. Artéria pulmonar é proeminente.

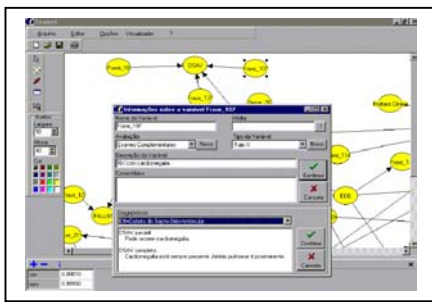


Fig 2. Informações sobre a variável

Com a rede bayesiana completa e bem formada (sem ciclos e com todos os nodos conectados), pode-se compilar a rede. Esse processo envolve uma série de algoritmos, não tratados neste artigo, que resulta em uma árvore de universo de crenças preparada para coletar e distribuir evidências pela rede bayesiana.

### Módulo de Consulta

O módulo de consulta é dividida em duas páginas que são: Entrada de Evidências e Laudo. A entrada de evidências permite que o usuário altere as probabilidades de ocorrência de uma determinada variável.

Para tanto, seleciona-se as evidências que formam a anamnese do paciente, indicando o potencial de crença para cada uma das evidências observadas.

3er. Simposio Argentino de Informática y Salud - SADIO 131

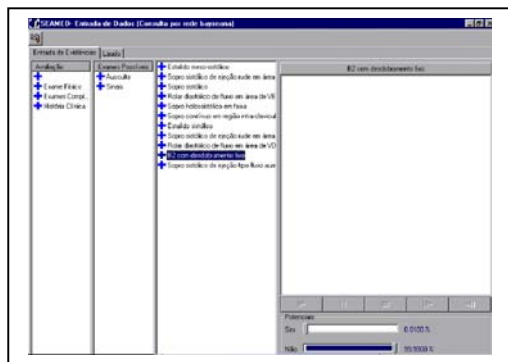


Fig 3. Entrada de Evidências

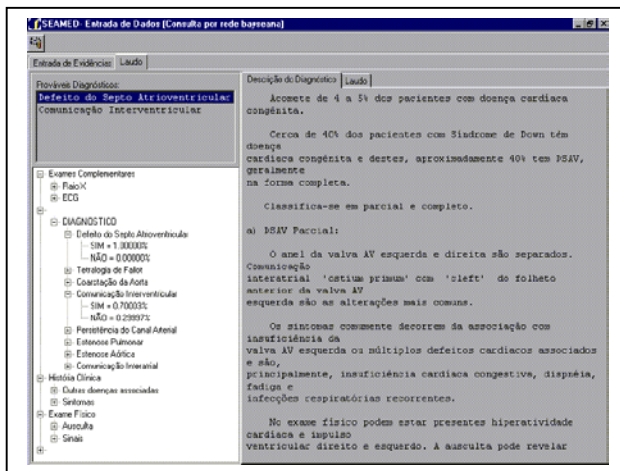
Na fig. 3, o exemplo mostra a escolha da avaliação Exame Físico, do exame possível Ausculta e da variável específica B2 com desdobramento fixo e a seleção de 99,99% de probabilidade de ausência desta situação. Quando da existência de uma mídia relacionada a variável selecionada, no caso B2 com desdobramento fixo, a mesma estaria visível na área superior direita da tela. Após a entrada das evidências, o sistema propaga-as através da rede bayesiana, coletando e distribuindo as novas probabilidades em um processo iterativo. Encerrada essa etapa, são listados os diagnósticos que obtiveram uma probabilidade de ocorrência superior a 50%. Para cada diagnóstico listado, o sistema apresenta uma explanação textual que descreve o diagnóstico selecionado, bem como o laudo propriamente dito, que possui

intrinsecamente informações sobre as alterações ocorridas na rede Bayesiana no momento da propagação das evidências.

Na área inferior esquerda da tela, o sistema permite a visualização, em forma de árvore, das variáveis

e suas probabilidades agrupadas sob a forma que foram classificadas no módulo de construção. A Figura 4, apresenta o diagnóstico DSAV - Defeito do Septo Atrioventricular selecionado e sua respectiva explanação textual descrevendo-o.

Fig 4. Laudo



### Discussão e Conclusões

Com o uso da tecnologia de raciocínio probabilístico é possível melhorar a performance de produtos utilizando uma técnica que constitui o estado da arte em sistema baseados em conhecimento. Como desenvolvimentos futuros da ferramenta criada com recursos desse projeto, estão previstos os seguintes: construção de outros aplicativos para apoio a decisão na área médica, através da modelagem de novos domínios na área de saúde; expansão da ferramenta computacional para que também possa avaliar diagramas de influências, e expansão da ferramenta computacional para realização de inferências em redes Bayesianas múltiplas seccionadas.

### Referências

#### Bibliografia

- [1] M. Henrion; et al. Decision Analysis and Expert Systems. AI Magazine. AAAI Press: Winter. 1991, p. 64-91.
- [2] F. V. Jensen and K. G. Olsen; S. K. Andersen, An Algebra of Bayesian Belief Universes for Knowledge-Based Systems. Networks. New York: John Wiley & Sons, Inc., v.20, p.637-659, 1990.
- [3] S. L. Lauritzren and D. J. Spiegelhalter, Local Computations with Probabilities on Graphical Structures and their Application to Expert

- Systems (with discussion). *Journal Royal Statistical Society, Series B*, v50, n. 2, p.425-448, 1988.
- [4] M. Ladeira, R. M. Viccari and H. Coelho, Raciocínio Probabilístico em Sistemas Inteligentes. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, XIX, 1999, Rio de Janeiro. Anais ... v.2, JAI – Jornada de Atualização em Informática. Rio de Janeiro: EntreLugar, 1999. 544p. p.307-365.
- [5] C. Flores, Arquitetura de uma Ferramenta para Desenvolvimento de Sistemas Especialistas para o Apoio ao Tratamento Farmacológico, IV Congresso Brasileiro de Informática em Saúde - CBIS 94, Porto Alegre, 1995.
- [6] J.M. Barreto, Inteligência Artificial no limiar do século XXI, *Duplic*, 2001, p.142-146.