

## Criação de redes bayesianas para o ensino em Biomedicina

**Amanda Dalla’cort Chaves, Daniela Fernanda Pigozzo, Danielle Naiyumi Furusho, João Miguel Menezes Dutra, Lucas Gazzani Araújo Silva, Cláudio Felipe Kolling da Rocha**

Laboratório de Computação Aplicada – Universidade Feevale (FEEVALE)  
Novo Hamburgo – RS – Brasil

amandachaves@feevale.br, daniela.p@feevale.br,  
daniellefurusho@feevale.br, jmmdutra@hotmail.com  
lucas.gazzani@feevale.br, claudiodarocha@feevale.br

**Abstract.** *Bayesian Networks (RBs) are probabilistic based methods commonly use to deal with uncertainty. It requires a qualitative approach to establish the dependency between edges and distributed nodes, presented in the form of acyclic graph, and a quantitative part, that calculates the probabilistic outcome. They can be used to aid teaching as they can represent the knowledge of a given area. The present work aims to describe the construction of a RB for blood donation, which will be used for teaching and better understanding of clinical screening for Biomedical Sciences undergraduate students.*

**Resumo.** *Redes Bayesianas (RBs) são métodos baseados em cálculos probabilísticos usados para lidar com incertezas. Requer uma parte qualitativa que estabelece uma relação de dependência entre arestas e nodos distribuídas na forma de grafo acíclico, e uma parte quantitativa que determina a probabilidade dos desfechos. Elas podem ser usadas para auxiliar meios de ensino, uma vez que representam o conhecimento de uma determinada área. Este trabalho tem por foco descrever a construção de uma RB de doação de sangue, que será utilizada para o ensino e melhor entendimento da triagem clínica no curso de graduação em Biomedicina.*

### 1. Introdução

Redes Bayesianas (RBs) são ferramentas utilizadas para lidar com situações em que os desfechos envolvem incertezas. Para o campo biomédico, caracterizado por desfechos de causas multifatoriais, RBs podem ser exploradas em diversas frentes. Simulações, diagnósticos e sistemas de ensino em saúde são algumas das muitas aplicações possíveis [Pinheiro et al. 2015].

As RBs são utilizadas no ensino em saúde para relacionar fatores fisiopatológicos que geram uma resposta específica, podendo ou não estar relacionada com patologias. Assim, são úteis para o aprendizado de conduta em diagnóstico, prognóstico e tratamento de doenças e situações clínicas. Além disso, auxiliam no pensamento crítico sobre condutas profissionais e podem ser utilizadas para correlacionar variáveis importantes com desfechos incertos. A busca por trabalhos sobre o desenvolvimento de redes bayesianas para raciocínio clínico-laboratorial e, em especial, triagem e seleção de doadores de sangue, não retornou resultados. Desta forma, o presente trabalho objetiva demonstrar como foi desenvolvida uma RB para

doação de sangue para formalização do conhecimento na área, estruturando as relações entre as variáveis independentes e o desfecho.

## **2. Referencial Teórico**

Para uma boa aprendizagem em saúde, o aluno precisa associar o conhecimento teórico com a prática profissional. Parte dos processos de diagnóstico consistem em identificar a causa de determinada doença através dos sintomas que o paciente apresenta. Além disso, o laboratório de patologia clínica exerce papel fundamental, pois fornece resultados de exames que fortalecem o diagnóstico médico. Por isso, simular situações clínicas mostra-se um excelente método de estudo.

Nesse contexto, RBs são ferramentas essenciais na alimentação de simuladores de casos clínicos [Flores et al. 2003; Lima et al. 2015], pois possibilitam que alunos apliquem conhecimentos científicos adquiridos em sala de aula em situações práticas, explorando métodos e soluções, sem o risco de prejudicar o paciente. Exemplos de simuladores utilizados no ensino em saúde são: Simulador de Casos em Saúde (SIACC), Sistema Interdisciplinar de Análise de Casos Clínicos (SimDeCS) e Health Simulator [Nascimento 2017].

### **2.1 Redes Bayesianas**

As RBs são métodos de cálculos probabilísticos utilizados para situações com desfechos incertos. São constituídas por duas partes: uma qualitativa e outra quantitativa. A primeira estabelece uma relação de dependência entre arestas e nodos distribuídas na forma de grafo acíclico. Os nodos representam variáveis relacionadas à incerteza e as arestas relacionam estas variáveis. A parte quantitativa diz respeito às probabilidades inseridas nos estados dos nodos, sendo a base para o cálculo probabilístico do desfecho [Helwanger 2016; Russell e Norvig 2010; Wiegerinck et al. 2010].

Os nodos inseridos na RB são conectados pelas arestas, que assim demonstram uma relação de causa e efeito entre eles e os nodos pais. Logo, as variáveis não ligadas a um nodo pai são completamente independentes deste [Russell e Norvig 2010]. Então, segundo Russel e Norvig (2010): cada nodo representa uma variável casual e possui uma probabilidade condicional que quantifica os efeitos de seus nodos pais em seus valores probabilísticos. Desta forma, uma aresta liga o nodo X ao nodo Y, tornando X o pai de Y.

As RBs são uma boa escolha para problemas reais que envolvem um número amplo de variáveis associadas [Russell e Norvig 2010]. Exemplos disso, são os diagnósticos e condutas em saúde.

### **2.2 Utilização de Redes Bayesianas em Biomedicina e Saúde**

As RBs podem ser utilizadas em qualquer área que envolva incertezas e raciocínio probabilístico. A área da saúde, por exemplo, envolve incertezas diagnósticas, prognósticas e de conduta. Estas incertezas podem ser inseridas em uma RB para relacionar todas as variáveis fisiopatológicas conhecidas em uma determinada situação clínica. Assim, as RBs são ferramentas interessantes para o ensino em saúde, pois permitem que o aluno avalie e solucione problemas relacionados às variáveis inseridas, à medida que alimentam simuladores e geram situações próximas a realidade [De Seixas et al. 2002; Helwanger 2016; Russell e Norvig 2010].

O uso de RBs em Biomedicina e cuidados em saúde vem sendo útil no auxílio à resolução de diversos tipos de problemas. Em geral, podem ser utilizadas para raciocínio diagnóstico, prognóstico e de tratamento. Vêm sendo utilizadas para resolução de problemas em nível molecular e celular [Castillo et al. 2017; Lucas et al. 2004; Saha et al. 2017]. Por exemplo, na identificação de vias pela interação da integração de proteínas com dados de interações genéticas [Fu et al. 2017] e para estimar variáveis ocultas e interações moleculares perdidas ou erradas [Engelhardt et al. 2017]. Também são descritos usos de RBs para aprimorar o processo diagnóstico em tuberculose [Uçar 2009], doenças da tireóide [Wang et al. 2017], doenças cardiopulmonares [Magrini et al. 2017], câncer de próstata [Rampun et al. 2016], doenças infecciosas [Ray et al. 2016] depressão e comorbidades associadas [Marx et al. 2017], entre outros. Estudos também demonstram sua aplicação para prognóstico de carcinoma pulmonar de células não pequenas [Jochems et al. 2017] e possibilidade de desenvolvimento de úlceras de pressão em pacientes de Unidades de Tratamento Intensivo [Kaewprag et al. 2017].

Além das aplicações acima citadas, as RBs vem sendo utilizadas no ensino em saúde da seguinte forma: na organização de bases e repositórios de dados complexos como na interação entre genes e proteínas [Deeter et al. 2017], na atualização profissional sobre os fatores preditores de resultados analisando a admissão de parâmetros cirúrgicos presentes em casos de Hemorragia subaracnóide aneurismática aguda [Zador et al. 2017]. Ainda é relatado seu uso na avaliação da prevalência de diabetes em brancos e negros de acordo com seus padrões de atividade física [Seixas et al. 2017], na avaliação das experiências dos pacientes sobre seu estado de saúde, buscando identificar fatores que podem ser melhorados para aumentar sua qualidade de vida [Chao et al. 2017], no entendimento de fatores complexos associados a fogachos comuns no climatério [Smith et al. 2017], entre outras. As aplicações para redes Bayesianas em saúde são muitas, exigindo dos profissionais envolvidos uma visão ampla da área biomédica.

O graduado em biomedicina se caracteriza como um profissional multidisciplinar, podendo atuar em mais de 25 áreas do conhecimento. Se destacada sua atuação nas ciências básicas da saúde, como fisiologia, biofísica e imunologia, e na interface básico-clínica, exemplificada pelas habilitações em patologia clínica, imagenologia, banco de sangue e embriologia/reprodução [Brasil 1979, 1983; Conselho Federal de Biomedicina 2002, 2013]. A partir dos avanços da tecnologia na área da saúde e de acordo com sua formação acadêmica, o profissional biomédico também se tornou capaz de atuar em informática em saúde [Conselho Federal de Biomedicina 2013]. Desta forma, o biomédico ocupa posição ímpar na formalização de conhecimento, tanto básico quanto clínico, através da criação de RBs. Com isso em mente, os biomédicos e graduandos em biomedicina do grupo de computação aplicada vem desenvolvendo diferentes RBs, com o objetivo de formalizar conhecimento na área da saúde, alimentando simuladores e jogos sérios para ensino na área biomédica.

O presente estudo tem seu foco na atuação do profissional/estudante de biomedicina na área de hemoterapia, descrevendo a construção de uma RB para doação de sangue.

### 3. Metodologia

Trata-se do desenvolvimento de uma pesquisa descritiva, exploratória e avaliativa, que utiliza diferentes cenários, como triagem clínica e ambiente clínico-laboratorial. Objetiva formalizar o conhecimento de doação de sangue sob a forma de uma RB.

Para a implementação das RBs foram selecionados os assuntos de interesse e, em seguida, as variáveis necessárias para a construção da rede. A partir disso, foram feitos esboços estruturais a mão para estabelecer os nodos das variáveis e a relação entre eles. A estrutura e as informações foram passadas para um software para criação de RBs. As RBs foram pensadas pelos profissionais e alunos de Biomedicina de uma Universidade no Sul do Brasil, de modo que simulassem a situação mais próxima da realidade profissional. Abaixo são apresentadas as etapas utilizadas para elaboração de redes Bayesianas pelos profissionais e alunos de biomedicina da Universidade:

- I. Definição do assunto a ser abordado;
- II. Para a escolha das variáveis a serem incluídas na RB aplicadas ao curso de Biomedicina, se levou em conta a sintomatologia, exames clínicos e histórico do paciente quando aplicadas a uma RB de diagnóstico clínico, ou pontos chave de triagem e condições de saúde do paciente quando aplicados a uma RB de triagem clínica, como na RB de doação de sangue, por exemplo. O critério de análise e seleção das variáveis foi feito tendo em vista dados disponíveis em publicações do Ministério da Saúde, Portarias, resoluções e normativas, além de materiais especializados no assunto;
- III. Esboço e organização estrutural a mão dos nodos e arestas: a organização manual da RB reflete o estado final da mesma já aplicada ao software. As RBs devem ser organizadas em formas de grafos acíclicos, ou seja, uma situação de dependência não cíclica deve ser criada, de forma que o nodo A se conecte a B, mas B não volte a se conectar com A. O nodo A que se conecta a B, é dito o nodo filho de B, o que representa uma ligação de causa e efeito. Isso pode ser representado de forma mais clara, tendo o nodo B como uma determinada doença, e o nodo A como um sintoma decorrente desta doença, ou seja, a doença é o nodo pai do sintoma, pois há uma ligação de causa e efeito entre ambos, e este conhecimento pode ser representado por RB;
- IV. Criação de RBs no software BayesEditor:
  - a. Através do link: (omitido por blind review);
  - b. Adicionar os nodos e estados;
  - c. Ligar as variáveis aos nodos pai;
  - d. Editar probabilidades de todos os nodos;
  - e. Selecionar nodos filhos para verificar a resposta dos nodos pai até chegar ao nodo final com o problema em questão.

### 4. Desenvolvimento

Com base nos princípios de elaboração de uma RB, este artigo apresenta uma proposta para elaboração de uma rede envolvendo as variáveis relacionadas ao processo de doação de sangue. De início, foi utilizado o software Hugin (Hugin Expert S/A versão 8.0) para a criação de RBs. O Hugin é um programa desenvolvido na Dinamarca pela empresa Hugin Expert e uma ferramenta comercial para o desenvolvimento de RBs

[Pinheiro et al. 2015]. No entanto, ele foi substituído pelo Bayes Editor [Helwanger 2016], devido à sua melhor usabilidade e capacidade de contemplar um maior número de nodos. O Bayes Editor se mostrou o software ideal para trabalhar com o auxílio diagnóstico e condutas biomédicas.

As RBs em Biomedicina são construídas de acordo com materiais técnicos sobre os assuntos abordados, sendo os principais Portarias e publicações do Ministério da Saúde e livros e artigos específicos sobre o diagnóstico laboratorial de patologias. Nos assuntos que envolvem o diagnóstico de doenças, as redes seguem o padrão apresentado na Figura 1. Neste contexto os exames clínicos e laboratoriais indicam o diagnóstico. Os exames laboratoriais, realizados por biomédicos e bioquímicos, são importantes para subsidiar o exame clínico e dar suporte ao diagnóstico médico.

No entanto, a RB para doação de sangue apresentada nesse trabalho, não segue o mesmo princípio das redes de diagnóstico. O desenvolvimento de tal rede se justifica pela crescente demanda de transfusões de sangue no país [Ministério da Saúde 2013]. A fim de atender a demanda, a formação de profissionais conhecedores do processo de doação/transfusão é essencial. Além do mais, é necessário garantir a segurança transfusional, pois a prática envolve riscos [Ministério da Saúde 2013]. Por isso, os candidatos a doação são submetidos a uma etapa inicial de triagem clínica, que seleciona quais candidatos são aptos a realizar a doação. Nesta etapa, é realizada a coleta da bolsa de sangue e de amostras que são enviadas ao laboratório para realização dos exames sorológicos subsequentes [Ministério da Saúde 2015]. Desta forma, a rede é composta pela triagem clínica realizada por enfermeiros no serviço de hemoterapia, que corresponde a entrevista e verificação de critérios necessários para doação, e posterior realização de exames laboratoriais.

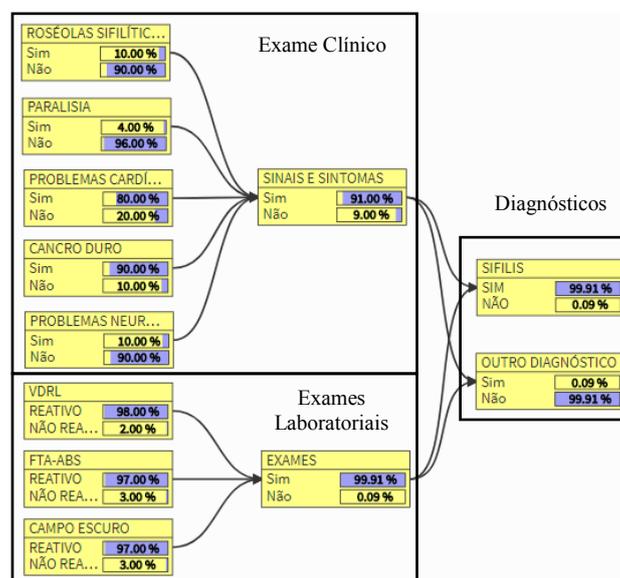


Figura 1: Exemplo de RB em biomedicina para auxílio diagnóstico (Do autor 2017).

## 5. Resultados

Até o presente, o grupo tem uma rede finalizada e validada e outras 4 redes em desenvolvimento, sendo elas: rede de diagnóstico de sífilis, diagnóstico de

leishmaniose, diagnóstico diferencial de Dengue, Zika e Chikungunya e bacteriologia. A rede finalizada tem como objetivo relacionar os fatores necessários para doação de sangue e pode ser visualizada na Figura 2. A RB para doação de sangue é composta por 44 nodos, representando os critérios necessários para a doação e as condições de inaptidão (temporária e definitiva) que descartam a doação.

O primeiro passo para doação de sangue é a triagem clínica, consistindo em uma entrevista sobre hábitos de vida e condição de saúde do doador. Para estar apto para coleta de sangue, o doador deverá possuir os critérios mínimos para doação e não possuir condições de inaptidão temporária ou definitiva. Ambos são verificados durante a entrevista.

Estando apto, a coleta é realizada e parte do sangue do doador será encaminhado para a realização de exames sorológicos. A sorologia visa a segurança do receptor quanto a doenças transmitidas pelo sangue (HIV, HTLV I/II, Hepatite B, Hepatite C, Doença de Chagas e Sífilis). No entanto, no início de uma infecção, os exames podem estar negativos. Com isso em mente, existe a possibilidade do doador autoexcluir sua bolsa, ou seja, indicar em uma folha entregue após a doação, que acredita que seu sangue está inapto para doação. Independentemente do doador ter autoexcluído ou não sua bolsa, os exames sorológicos são realizados. A doação somente será realizada se o doador não autoexcluir a bolsa e tiver todos os exames sorológicos não reagentes.

Dos 44 nodos que compõe a RB, 32 se referem a triagem clínica e 7 aos exames sorológicos. As probabilidades inseridas na rede foram desenvolvidas de duas formas distintas:

- Exames Sorológicos: os valores inseridos na rede são dados epidemiológicos sobre a prevalência das doenças transmitidas pelo sangue na população brasileira.
- Triagem Clínica: o nodo de triagem clínica envolve os nodos filhos critérios e inaptidão (definitiva e temporária). Eles fazem parte da entrevista com o possível doador após o cadastro dele no serviço de hemoterapia, realizada por um enfermeiro ou técnico. Desta forma, foi considerado 99% de probabilidade do indivíduo falar a verdade durante a entrevista e 1% de mentir.

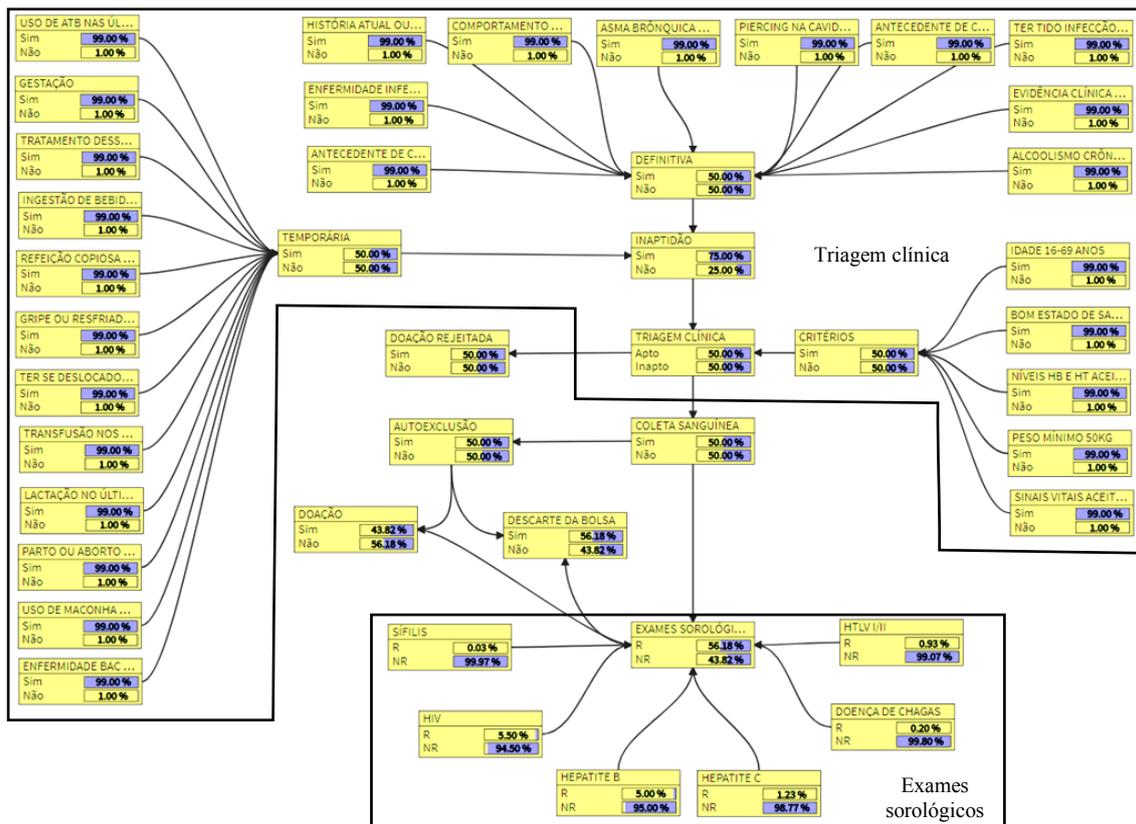


Figura 2. Rede bayesiana para doação de sangue (Do autor 2017).

Como citado anteriormente, os nodos das extremidades são compostos pelos critérios de inaptidão (temporária e definitiva), critérios para aceitação do doador e pelos exames sorológicos. Na Tabela 1 podem ser visualizados os significados e a sua importância no processo de doação:

Tabela 1. Significado dos nodos no processo de doação de sangue (Do autor 2017).

Nodo-pai	Nodos-filho	Significado
Triagem clínica	Inaptidão e critérios	A triagem clínica visa proteger doadores e receptores de sangue. Para isso, são verificadas as condições de saúde do candidato a doação (critérios) e realizada uma entrevista para determinar se o indivíduo não é portador de doenças transmitidas pelo sangue e se ele é capaz de tolerar o processo de doação [Ministério da Saúde 2015].
Exames sorológicos	Sífilis, HIV, Hepatite B, Hepatite C, Doença de Chagas e HTLV I/II	São realizados testes laboratoriais para saber se o doador é reagente para agentes transmissíveis pelo sangue. Caso o indivíduo seja portador de alguma dessas doenças, a bolsa de sangue é descartada [Ministério da Saúde 2015].

## 6. Conclusão

Até o presente momento, foi desenvolvida uma rede completa sobre doação de sangue demonstrada neste trabalho. Ainda, mais 4 redes estão em desenvolvimento. São elas: rede de diagnóstico de sífilis, leishmaniose e diagnóstico diferencial de Dengue, Zika e Chikungunya. A primeira está com nodos e probabilidades editadas. Entretanto, se notou necessidade de inserir mais variáveis e relacioná-las a diferentes fases da doença. A segunda está sendo inserida no Bayes Editor, porém não está estruturalmente desenvolvida ainda. A terceira está estruturalmente desenvolvida, mas faltam editar as probabilidades. A quarta rede se encontra em fase de planejamento.

As RBs são uma excelente ferramenta para o auxílio diagnóstico e de conduta no em saúde. Seu uso no ensino possibilita ao aluno desenvolver um raciocínio crítico e mais preciso quanto às condutas biomédicas. Além disso, o uso de RBs não fica somente restrito ao diagnóstico, pois são úteis desde as áreas básicas do conhecimento em saúde, até as mais específicas, como no caso da hemoterapia.

Gostaríamos, ainda, de salientar o papel do biomédico/estudante de biomedicina no desenvolvimento e teste de novas tecnologias em saúde. Sua formação pleiotrópica permite uma visão multidisciplinar da abordagem na área biomédica, facilitando o desenvolvimento e teste de recursos tecnológicos.

## Referências

- Brasil. Decreto Nº 88.439, de 28 de junho de 1983. Dispõe sobre a regulamentação do exercício da profissão de Biomédico de acordo com a Lei nº 6.684, de 03 de setembro de 1979 e de conformidade com a alteração estabelecida pela Lei nº 7.017, de 30 de agosto de 1982. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 28 jun. 1983. p. 1–13.
- Brasil. Lei Nº 6.684, de 3 de setembro de 1979. Regulamenta as profissões de Biólogo e de Biomédico, cria o Conselho Federal e os Conselhos Regionais de Biologia e Biomedicina, e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 03 set. 1979. p. 1–8.
- Castillo, M. S., Blanco, D., Luna, I. M. T., Carrion, M. C. and Huang, Y. (2017). A Bayesian framework for the inference of gene regulatory networks from time and pseudo-time series data. *Bioinformatics*, n. September, p. 1–7.
- Chao, Y.-S., Wu, H.-T., Scutari, M., et al. (2017). A network perspective on patient experiences and health status: The Medical Expenditure Panel Survey 2004 to 2011. *BMC Health Services Research*, v. 17, n. 1, p. 1–12.
- Conselho Federal de Biomedicina. Ato Resolução Nº 227, de 07 maio de 2013. Dá nova redação ao inciso II do artigo 2º da Resolução nº 78 de 29 de abril de 2002, publicado no D.O.U. seção I página 222 em 24/05/2002. São Paulo, SP, 07 maio. 2013. Seção 1, p. 113–114.
- Conselho Federal de Biomedicina. Resolução Nº. 234, de 05 de dezembro de 2013. Dispõe sobre as atribuições do biomédico habilitado na área de imagenologia, radiologia, biofísica, instrumentação médica que compõe o diagnóstico por imagem e terapia. Brasília, SF, 05 dez. 2013. p. 380-381.
- Conselho Federal de Biomedicina. Resolução Nº 78, de 29 de abril de 2002. Dispõe

- sobre o Ato Profissional Biomédico, fixa o campo de atividade do Biomédico e cria normas de Responsabilidade Técnica. São Paulo, SP, 29 abr. 2002. p. 1–4.
- De Seixas, L., Flores, C. and Vicari, R. (2002). An Architecture for an Intelligent Learning Environment with a constructivist approach. *Saudecoletiva.Ufcspa.Edu.Br*, n. May 2014.
- Deeter, A., Dalman, M., Haddad, J., et al. (2017). Inferring gene and protein interactions using PubMed citations and consensus Bayesian networks. *Plos One*, v. 12, n. 10, p. 1–24.
- Engelhardt, B., Kschischo, M. and Fröhlich, H. (2017). A Bayesian approach to estimating hidden variables as well as missing and wrong molecular interactions in ordinary differential equation-based mathematical models. *Journal of The Royal Society Interface*, v. 14, n. 131.
- Flores, C., Leandro, C., Ladeira, M. and Vicari, R. M. (2003). Uma Experiência do Uso de Redes Probabilísticas no Diagnóstico Médico. *Arntine Symposium on Artificial intelligence*, n. September 2015.
- Fu, C., Deng, S., Jin, G., Wang, X. and Yu, Z.-G. (2017). Bayesian network model for identification of pathways by integrating protein interaction with genetic interaction data. *BMC Systems Biology*, v. 11, n. S4, p. 81.
- Helwanger, F. A. (2016). Um Editor de Redes Bayesianas com Foco em Usabilidade.
- Jochems, A., Deist, T. M., El Naqa, I., et al. (2017). Developing and validating a survival prediction model for NSCLC patients through distributed learning across three countries. *International Journal of Radiation Oncology*, v. 99, n. 2, p. 344–352.
- Kaewprag, P., Newton, C., Vermillion, B., et al. (2017). Predictive models for pressure ulcers from intensive care unit electronic health records using Bayesian networks. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, v. 17, n. S2, p. 65.
- Lima, A., Stahnke, F., Barros, P., et al. (2015). Projeto para desenvolvimento do Simulador Health Simulator. *Anais do Computer on the Beach*, v. 0, n. 0, p. 279–288.
- Lucas, P. J. F., Van Der Gaag, L. C. and Abu-Hanna, A. (2004). Bayesian networks in biomedicine and health-care. *Artificial Intelligence in Medicine*, v. 30, n. 3, p. 201–214.
- Magrini, A., Luciani, D. and Stefanini, F. M. (2017). A probabilistic network for the diagnosis of acute cardiopulmonary diseases. *Biometrical Journal*, n. August, p. 1–22.
- Marx, P., Antal, P., Bolgar, B., et al. (2017). Comorbidities in the diseasome are more apparent than real: What Bayesian filtering reveals about the comorbidities of depression. *PLoS Computational Biology*, v. 13, n. 6, p. 1–23.
- Ministério da Saúde (2013), Técnico em hemoterapia, v. 1, 1ª edição.
- Ministério da Saúde (2015), Promoção da Doação Voluntária de Sangue, 1ª edição.
- Nascimento, F. N. (2017). Desenvolvimento do Módulo de Redes Bayesianas Múltiplas Seccionadas para o Health Simulator.

- Pinheiro, D., Schuh, Â. R., Pinheiro, D., et al. (2015). Redes Bayesianas como geração de conhecimento para games. *Gamepad VIII*, n. September 2017, p. 1–12.
- Rampun, A., Tiddeman, B., Zwiggelaar, R. and Malcolm, P. (2016). Computer aided diagnosis of prostate cancer: A texton based approach. *Medical Physics*, v. 43, n. 10, p. 5412–5425.
- Ray, B., Ghedin, E. and Chunara, R. (2016). Network inference from multimodal data: A review of approaches from infectious disease transmission. *Journal of Biomedical Informatics*, v. 64, p. 44–54.
- Russell, S. J.; Norvig, P. (2010), *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 3<sup>rd</sup> edition.
- Saha, A., Kim, Y., Gewirtz, A. D. H., et al. (2017). Co-expression networks reveal the tissue-specific regulation of transcription and splicing. *Genome Research*, p. 1–17.
- Seixas, A., Henclewood, D. A., Langford, A. T., et al. (2017). Differential and Combined effects of Physical Activity Profiles and Pro-health Behaviors on Diabetes Prevalence among Blacks and Whites in the US Population: A Novel Bayesian Belief Network Machine Learning Analysis. *Journal of Diabetes Research*, v. 2017, n. Cdc, p. 1–10.
- Smith, R. L., Gallicchio, L. M. and Flaws, J. A. (2017). Understanding the complex relationships underlying hot flashes. *Menopause*, v. 25, n. 2, p. 1.
- Uçar, T. (2009). Predicting the existence of mycobacterium tuberculosis on patients by data mining approach.
- Wang, L., Cao, F., Wang, S., Sun, M. and Dong, L. (2017). Using k -dependence causal forest to mine the most significant dependency relationships among clinical variables for thyroid disease diagnosis. *PLOS ONE*, p. 1–17.
- Wiegerinck, W., Kappen, B. and Burgers, W. (2010). Bayesian networks for expert systems: Theory and practical applications. *Interactive Collaborative Information Systems*, p. 547–578.
- Zador, Z., Huang, W., Sperrin, M. and Lawton, M. T. (2017). Multivariable and Bayesian Network Analysis of Outcome Predictors in Acute Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: Review of a Pure Surgical Series in the Postinternational Subarachnoid Aneurysm Trial Era. *Operative Neurosurgery*, v. 0, n. 0, p. 1–8.