



Universidade Federal Rural de Pernambuco
Bacharelado em Sistemas de Informação



Uma aplicação de Redes Bayesianas em Cardiologia Pediátrica.

Bruno Luiz de Assunção Moura

Recife
2014

Bruno Luiz de Assunção Moura

Uma aplicação de Redes Bayesianas em Cardiologia Pediátrica.

Monografia apresentada como exigência para obtenção do grau de Bacharelado em Bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Orientador: Guilherme Vilar

**Recife
2014**

A meus pais e meu irmão (má) que sempre acreditaram que eu podia alcançar meus objetivos, mesmo nos momentos sombrios.

AGRADECIMENTOS

A toda minha família (Bizavó, Avô, tios, tias, primos coisados e agregados).

*A Bianca Belisa, 3**☺. A sua família que tanto me apoio. A Rocky, por ser sempre compreensivo.*

Ao professor e orientador Guilherme Vilar, por me lembrar do meu objetivo de fazer o curso nas aulas de Aspectos Filosóficos e Sociológicos de Informática e ainda me mostrar um caminho.

Ao Dr. Felipe Mourato, sua vontade de colaborar foi essencial para a construção do trabalho.

Aos professores, obrigado pela inspiração. Foi a maior lição que aprendi durante o curso e hoje tenho certeza que a mais importante.

Aos meus amigos, Albim, Ava, Freezer, Fuma e que a zueira never ends.

Aos UkmS e seus eventos.

Aos meus amigos e companheiros de trabalho, especialmente a boy band midiacenter pelo apoio nessa reta final.

RESUMO

Nessa monografia relata-se um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), em que foi criada uma arquitetura de redes bayesianas para diagnosticar cardiopatia pediátrica. Redes bayesianas são grafos acíclicos dirigidos que representam dependências entre variáveis em um modelo probabilístico. Esta abordagem representa uma boa estratégia para lidar com problemas que tratam incertezas, ou seja, onde conclusões não podem ser construídas apenas do conhecimento prévio a respeito do problema. Para construção da arquitetura foi utilizado o software Netica, que foi alimentado com o banco de dados do atendimento de pacientes fornecido pela entidade Círculo do Coração de Pernambuco, entidade civil sem fins lucrativos, iniciada em julho de 1994 pelos integrantes da Unidade de Cardiologia e Medicina Fetal (UCMF) do Real Hospital Português (RHP). Seu principal objetivo é viabilizar o diagnóstico e tratamento de crianças carentes e fetos portadoras de doenças cardíacas. O objetivo dessa monografia é avaliar o funcionamento de uma arquitetura de Rede Bayesiana proposta dentro de um grupo de variáveis das cardiopatias como cianose, pulso, sopro e outras.

Palavras-chave: Rede Bayesiana, cardiopatia pediátrica, diagnóstico.

ABSTRACT

In this monograph, it's reported a work of course conclusion (WCC), in which an architecture of Bayesian networks was created to diagnose pediatric heart disease. Bayesian networks are directed acyclic graphs that represent dependencies among variables in a probabilistic model. This approach represents a good strategy for dealing with problems that treat uncertainties, in other words, where conclusions can't be built only from prior knowledge about the problem. To build the architecture, was used the Netica Software, which was loaded with the database of patient care provided by the entity Círculo do Coração de Pernambuco. Círculo de Coração de Pernambuco is a civil entity nonprofit, started in July 1994 by members of Unidade de Cardiologia e Medicina Fetal (UCMF) of Real Hospital Português (RHP). It's main purpose is to enable the treatment of needy children with heart disease. The purpose of this monograph is to evaluate the behavior of a proposed architecture of Bayesian Network within a group of established variables of heart disease - such as cyanosis, pulse, heath murmur and others.

Keywords: Bayesian Network, pediatric heart disease, diagnosis

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Arquitetura da solução.	20
Figura 2 - Caso 1 – Arquitetura	21
Figura 3 - Caso 2 – Arquitetura 1	22
Figura 4 - Caso 2 – Arquitetura 2	22
Figura 5 - Caso 3 – Arquitetura-	23
Figura 6 – Caso 4 – Arquitetura	24

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro representativo dos resultados dos casos de uso.....	25
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Contextualização.....	9
1.2 Objetivo e justificativa	10
1.3 Organização da monografia	11
2 REDES BAYESIANAS	12
2.1 Teorema de Bayes.....	12
2.2 Conceito de Redes Bayesianas	13
2.3 Aplicações.....	13
2.4 Vantagens do uso de Redes Bayesianas	14
3 PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO	16
3.1 Tecnologias e Ferramentas.....	16
3.2 Metodologia.....	16
4 RESULTADOS	18
4.1 Variáveis	18
4.2 Arquitetura da Solução.....	19
4.3 Avaliação e resultados	20
5 DISCUSSÃO	25
6 CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo introdutório é apresentada a contextualização do estudo, objetivo e a estrutura de organização do trabalho.

1.1 Contextualização

A medicina, em grande parte de sua história e evolução, foi fundamentada nas experiências de cada indivíduo, ou seja, não existia um consenso ou sistematização para o diagnóstico de doenças. Consequentemente os Indivíduos com maiores níveis acadêmicos detinham maior poder de decisão. Outro fundamento muito importante é o uso das teorias fisiopatológicas, estudo que procura entender os fenômenos que provocam alterações no organismo.

Por volta de 1972, surgiu um movimento chamado Medicina Baseada em Evidências (MBE), criado por Archie Cochrane, professor britânico autor do livro *Effectiveness and Efficiency: Random Reflections on Health Services*.

A MBE é baseada em vários segmentos como Metodologia Científica, Estatística, Engenharia, Epidemiologia Clínica e outros. A associação de técnicas de vários segmentos permite avaliar e reduzir a incerteza na tomada de decisões médicas.

Na prática clínica do dia-a-dia, as decisões tomadas baseadas em evidências começam pela identificação dos problemas do paciente, construção de um quadro clínico, levantamento dos recursos a serem utilizados, análise da qualidade das evidências, e, por fim, congrega-las no diagnóstico.

A ideia não é que cada profissional de saúde faça suas próprias sistematizações, haja vista que para a grande maioria dos casos clínicos já foi feito um parecer anteriormente e, assim sendo, as respostas já existem. Essas respostas são encontradas nos guidelines.

Os *guidelines* são “guias” geralmente construídos por grupos de especialistas conceituados, e que, devem ser utilizados para apoio a decisões clínicas específicas. Eles são baseados nas melhores evidências e pesquisas científicas e tem por objetivo uniformizar as práticas médicas, melhorar qualidade e controle do custo na tomada de decisão. Na ausência de evidências ou literatura, é aconselhado que a decisão tomada faça-se por conformidade entre profissionais.

Em paralelo a medicina, temos a evolução da Inteligência Artificial (IA). A IA como é conhecida, é a inteligência semelhante à humana, programas computacionais que adotam conduta inteligente com várias áreas de atuação e uma delas é a de Sistemas Especialistas.

Esses sistemas simulam a decisão de um especialista em uma área específica. A área mais usual desses sistemas é a área da medicina, sendo muito comum o fato médico ter que avaliar um paciente através da ligação de múltiplos fatores.

É neste cenário que a Rede Bayesiana faz o elo entre a Medicina Baseada em Evidências e a Inteligência Artificial. Por se tratar de uma técnica para sistemas especialistas, ela é aplicada nos cálculos probabilísticos causais, ou seja, para descobrir o motivo ou razão. Portanto, esta técnica pode ser usada para descrever práticas médicas baseadas em evidências.

1.2 Objetivo e justificativa

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o funcionamento da RB proposta, que é destinada a diagnosticar cardiopatia pediátrica. Esta avaliação será através da análise de casos de uso que constam no *guideline* encontrado no trabalho de relato de experiência na referência [Mourato, F. A., Moser, L. R. D. N., & da Silva Mattos, S., 2013], por meio da implementação da arquitetura e realização de testes.

A presente monografia pode vir a ser um apoio ou estímulo a trabalhos futuros em diversas áreas como o estudo de cardiopatias pediátricas e a integração entre

medicina e computação para decisões médicas.

1.3 Organização da monografia

Este trabalho está estruturado em seis capítulos:

- **Capítulo 1:** Introdução – Contextualização e objetivos do trabalho.
- **Capítulo 2:** Redes Bayesianas – Elucidar os conceitos de probabilidade, Teorema de Bayes e justificar o uso da RB.
- **Capítulo 3:** Planejamento e Desenvolvimento – Descrição das tecnologias utilizadas e a metodologia do trabalho.
- **Capítulo 4:** Resultados – Apresentação e avaliação dos resultados.
- **Capítulo 5:** Discussão – Discussão dos resultados.
- **Capítulo 6:** Conclusão – Conclusão da monografia e recomendações para trabalhos futuros.

2 REDES BAYESIANAS

O objetivo deste item é elucidar os conceitos sobre probabilidade, Redes Bayesianas e o Teorema de Bayes. Como também justificar o porquê de seu uso para este trabalho.

O foco clássico da probabilidade supõe que as probabilidades são intrínsecas à natureza física do mundo. Por exemplo, ao arremessar uma moeda os valores da probabilidade de que caia cara ou coroa são valores inerentes às propriedades físicas da moeda. Ante esta interpretação, as probabilidades são chamadas frequentistas e com base em experimentos pode-se aferir estas probabilidades [L. L., & da Silva Borges, P. S].

2.1 Teorema de Bayes

O teorema de Bayes é o coração da Rede Bayesiana, pois é nele que ela é fundamentada. O teorema calcula a probabilidade de um evento ocorrer, dado que outro ocorreu. Cada evento possui uma probabilidade previamente conhecida, elas vão mudando com o surgimento de novas evidências ou quando um evento dependente ocorre.

Ele pode ser demonstrado como uma divisão em diversos subconjuntos, que representam as probabilidades conhecidas dos eventos e suas ligações.

Abaixo segue a representação matemática do teorema:

- **Probabilidade incondicional ou a priori:** $P(E)$ Indica a probabilidade inicial de um sistema, ou a probabilidade não dependente de outro evento.
- **Probabilidade condicional:** $P(E|H)$ Indica a probabilidade de acontecer um evento dado que um evento antecedente aconteceu.

- **Distribuição de probabilidade conjunta:** $P(E,H)$ Indica a probabilidade de um evento levando em conta todos os eventos antecedentes.
- **Fórmula do teorema:** $P(H|E) = P(E|H) P(H) / P(E)$. Esta é equação do Teorema de Bayes é uma proposição do teorema da probabilidade total que possibilita a afirmação seguinte: $Pr(E)$ e $Pr(H)$ são as probabilidades a priori de E e H; $Pr(H|E)$ é a probabilidade a posteriori de H condicional E; $Pr(E|H)$ é probabilidade a posteriori de E condicional H [Kevin B. Korb, Ann E. Nicholson, 2004].

2.2 Conceito de Redes Bayesianas

As Redes Bayesianas, de acordo com [Lucas, P., 2004], vieram a se tornar um grande meio para se representar o conhecimento incerto em sistemas especialistas.

A mesma pode ser definida como uma rede probabilística, representada por uma estrutura gráfica composta por relacionamentos entre nós e seus parâmetros. Cada nó representa uma variável aleatória, as ligações entre os nós são as arestas, elas representam as dependências probabilísticas entre as variáveis [Ben-Gal 2007].

Redes Bayesianas são modelos de representações do estudo, que podem lidar com o conhecimento incerto e incompleto do domínio englobado. Ela emprega o conhecimento do especialista e o imita computacionalmente, assim consegue demonstrar as incertezas na forma de grafos acíclicos e direcionados como suas dependências probabilísticas entre os nós [Bettio, k. *et al.*, 2012].

2.3 Aplicações

Redes Bayesianas vêm sendo aplicadas em diferentes tipos de problemas, mas, seu principal foco de origem foi e ainda é a área de diagnósticos médicos. Sua grande

vantagem para tratar de problemas de decisões médicos, é que sua forma de resolução para este caso é semelhante ao raciocínio humano. Apresentamos abaixo algumas aplicações em que foi empregada, desde 1990 até aplicações mais recentes.

“Pathfinder, Heckerman 1990. Stanford – Sistema para diagnósticos de problemas nas glândulas linfáticas. O sistema trata mais de 60 enfermidades sob as probabilidades de mais de 100 causas (sintomas e resultados de testes médicos).” (Artificial, I., Dutra, I., & Ligeiro, R).

“AutoClass, NASA’s Ames Research Center, 1998 - Sistema de exploração e aquisição de conhecimento espacial. Rede bayesiana que permite a interpolação automática de dados espaciais oriundos de diferentes observatórios e planetários espalhados pelo mundo.” (Artificial, I., Dutra, I., & Ligeiro, R).

HEPAR2, Academia Polonês de Ciência, Warsaw, março 2003 – Modelo de probabilidades causais em medicina aplicada ao diagnóstico de doenças do fígado. Dissertação de Ph.D., Instituto de Biocibernética e Engenharia Biomédica.

CANCER, K. B. Korb, A. E. Nicholson. Bayesian Artificial Intelligence, 2nd edition, Section 2.2.2. CRC Press, 2010 – Modelo de probabilidades causais para diagnóstico de câncer.

2.4 Vantagens do uso de Redes Bayesianas

Esta abordagem representa uma boa estratégia para lidar com problemas que tratam incertezas, onde conclusões não podem ser construídas apenas do conhecimento prévio a respeito do problema.

De acordo com [Luna, 2004], algumas das vantagens de se utilizar redes bayesianas suas principais características, permite expressar as assertivas de independência de forma visual e fácil de perceber; representa e armazena uma distribuição conjunta de

forma econômica, explorando a esparcidade do relacionamento entre as variáveis; torna o processo de inferência eficiente computacionalmente; permitem analisar grandes quantidades de dados; pode ser utilizada em vários domínios.

Segundo [Heckerman, 2008] existem inúmeras formas de representações para análise de dados, tais como, redes neurais artificiais, árvores de decisão e técnicas, como, classificação, estimativa da densidade, regressão e agrupamento. No entanto, as Redes Bayesianas se diferenciam pela capacidade de manipular massas de dados por vezes incompletas e a habilidade de aprender partindo de relações casuais.

3 PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO

Este capítulo irá descrever a ferramenta empregada para a construção da arquitetura da solução e a metodologia aplicada.

3.1 Tecnologias e Ferramentas

Atualmente existem várias ferramentas que possuem a capacidade de aplicar as características da Rede Bayesiana, elas variam entre gratuitas e profissionais. Entre elas foi escolhida a ferramenta Netica (NORSYS SOFTWARE CORP, 2005), a mesma possui duas versões, uma gratuita, mas com a quantidade de variáveis limitadas e outra profissional. A versão utilizada neste trabalho é a gratuita, pois atende todas as necessidades desejadas.

O Netica foi escolhido por vários fatores, ser uma ferramenta de fácil uso e compreensão, interface intuitiva para o desenho da rede e seus relacionamentos, simplicidade para importação de dados para construção e aprendizado da rede. Para a demonstração do resultado da rede é possível escolher várias formas de visualizações, desde várias formas de gráficos a relatórios em textos.

3.2 Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas pesquisas bibliográficas, que permitiram tomar conhecimento do que já foi publicado sobre o tema e assuntos semelhantes.

A partir daí, partimos para a definição das variáveis do banco de dados que podem ser classificadas como evidências no diagnóstico de cardiopatias pediátricas. Logo em seguida, fizemos a depuração dos dados do banco, ou seja, tratamento de registros com problemas como campo nulo e caracteres inválidos.

No passo seguinte, elaboramos várias propostas de arquitetura. Selecionamos a que melhor representava nossos objetivos e fizemos sua implementação utilizando a ferramenta Netica.

Por fim, para avaliar arquitetura, ela foi submetida a quatro casos de uso. Esses casos de uso serão feitos a partir de guidelines de uma determinada cardiopatia pediátrica e que, é baseada em medicina por evidências. O que será feito, é, a representação destes na arquitetura da solução e a comparação dos resultados.

Para o levantamento das variáveis, construção e teste da arquitetura, foi consultado um médico especialista na área de cardiologia pediátrica, que, atua na entidade Circulo do Coração de Pernambuco. O Circulo do Coração foi responsável pela disponibilização da base de dados utilizada para a construção e aprendizado da rede, esta base de dados foi gerada pelo atendimento de pacientes e conta com 5.636.00 registros. Os nomes dos pacientes não são mencionados em nenhum momento neste estudo.

4 RESULTADOS

Nesse item, será apresentada a arquitetura da solução e serão abordados quatro casos de uso baseados em *guidelines*, com intuito de avaliar os resultados obtidos.

4.1 Variáveis

Como citado anteriormente no capítulo 3 dessa monografia, previamente a construção da arquitetura foi feita a definição das variáveis relevantes ao objetivo. Abaixo apresentamos as variáveis.

- **Cianose:** “O sintoma da cianose é uma coloração azulada ou púrpura que se manifesta na pele ou nas mucosas, sobretudo nas extremidades. Às vezes, a pessoa pode sentir dores, tonturas e até mesmo desmaiar, dependendo das suas causas. Podem estar presentes os sintomas da doença que tenha causado a cianose. Em outras ocasiões, ela é só um sinal físico e a pessoa nada sente.” (ABC.MED.BR, 2012).
- **Sopro:** “O sangue flui de modo contínuo e em uma única direção dentro das cavidades cardíacas, não produzindo nenhum barulho. O sopro cardíaco é um som que pode ser escutado quando há interferência neste fluxo, havendo turbulência do sangue dentro do coração. O sopro geralmente surge por problemas nas válvulas cardíacas, mas em crianças e em pessoas jovens saudáveis ele pode ser um achado inocente, sem nenhum significado clínico. O sopro costuma ser identificado durante o exame físico médico, através da ausculta cardíaca com o estetoscópio.” (MDSAÚDE.COM, 2014).
- **B2:** “A segunda bulha (B2) ocorre ao final da sístole ventricular, resultado das vibrações originárias do fechamento das valvas semilunares (fechamento das válvulas aórtica e pulmonar, respectivamente). A valva aórtica normalmente se fecha primeiro, seguida da valva pulmonar. O componente pulmonar da 2ª bulha cardíaca geralmente é atribuído ao fechamento e à tensão da válvula

pulmonar.” (D Abreu; G Azevedo; N Almeida, 2011).

- **Pulsos:** É um marcador de risco independente das medidas de pressão arterial e de outras variáveis clínicas [Sá Cunha, 2004].
- **Motivo2:** Motivo pelo qual o paciente deu entrada para atendimento.
- **Faixa de Idade:** Faixa de idade em que o paciente está inserido.
- **Resultado Eco:** Percentagem de diagnósticos normais e anormais.
- **Eco:** Variável que apresenta o diagnóstico.

As variáveis Cianose, Sopro, B2 e Pulso podem ser mais aprofundadas nos respectivos anexos A, B, C e D.

4.2 Arquitetura da Solução

A figura abaixo é a arquitetura inicial construída na ferramenta Netica, cujos valores são preexistentes, ou seja, sem influência das variáveis.

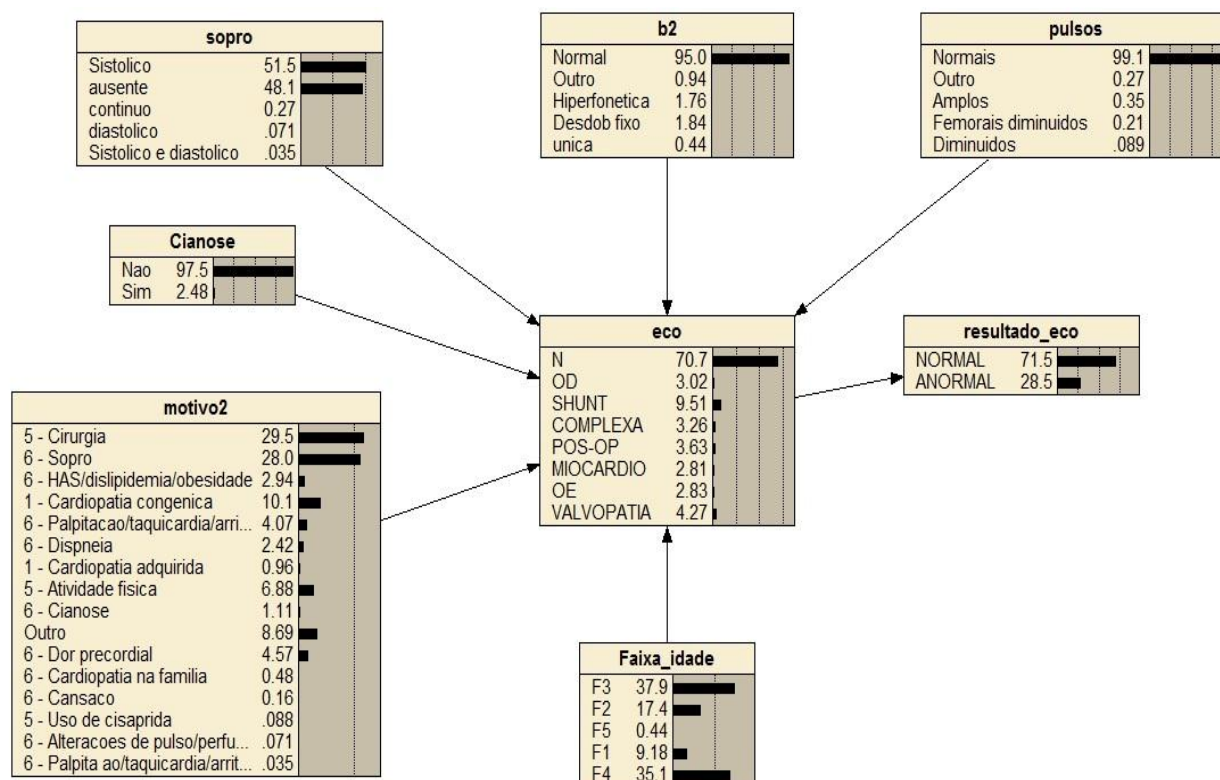


Figura Erro! Indicador não definido. - Arquitetura da solução.
Fonte: Autoria própria.

4.3 Avaliação e resultados

- **Caso 1:** Aproximadamente 44% dos adolescentes com dor torácica acreditam que a mesma é de origem cardíaca (PANTEL; GOODMAN, 1983). Entretanto, a minoria dos casos (1% a 7% dos casos) (COHN; ARNOLD, 2012; SVAVARSDÓTTIR *et al.*,1996; THULL-FREEDMAN, 2010) possui origem cardíaca, principalmente se não existirem outros achados ao exame físico.

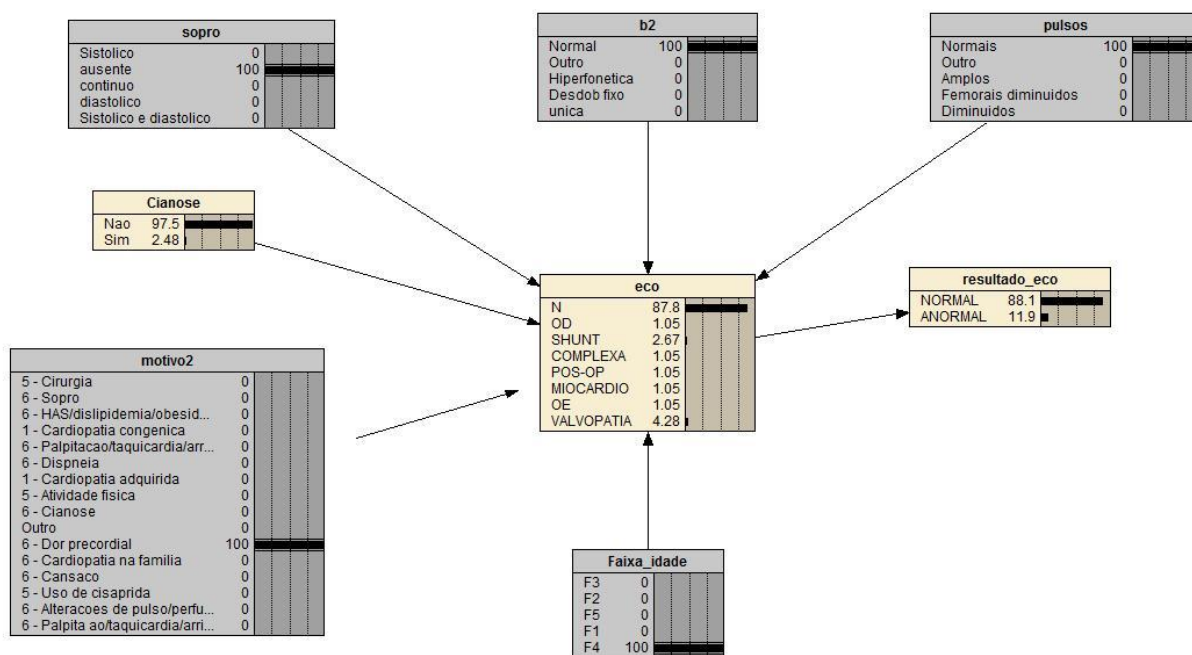


Figura Erro! Indicador não definido. - Caso 1 - Arquitetura
Fonte: Autoria própria.

A arquitetura demonstra que 87,8% dos adolescentes com queixa de dor precordial tinham ecocardiograma normal quando outros aspectos do exame físico eram normais.

- **Caso 2:** O sopro inocente é extremamente comum na infância, sendo geralmente excluído clinicamente (AMARAL *et al.*, 2002). Casos duvidosos, entretanto, devem ser excluídos com exames complementares. São sistólicos em sua maioria e sopros com outras características devem ser analisados (OLIVEIRA; MARTINS, 2013).

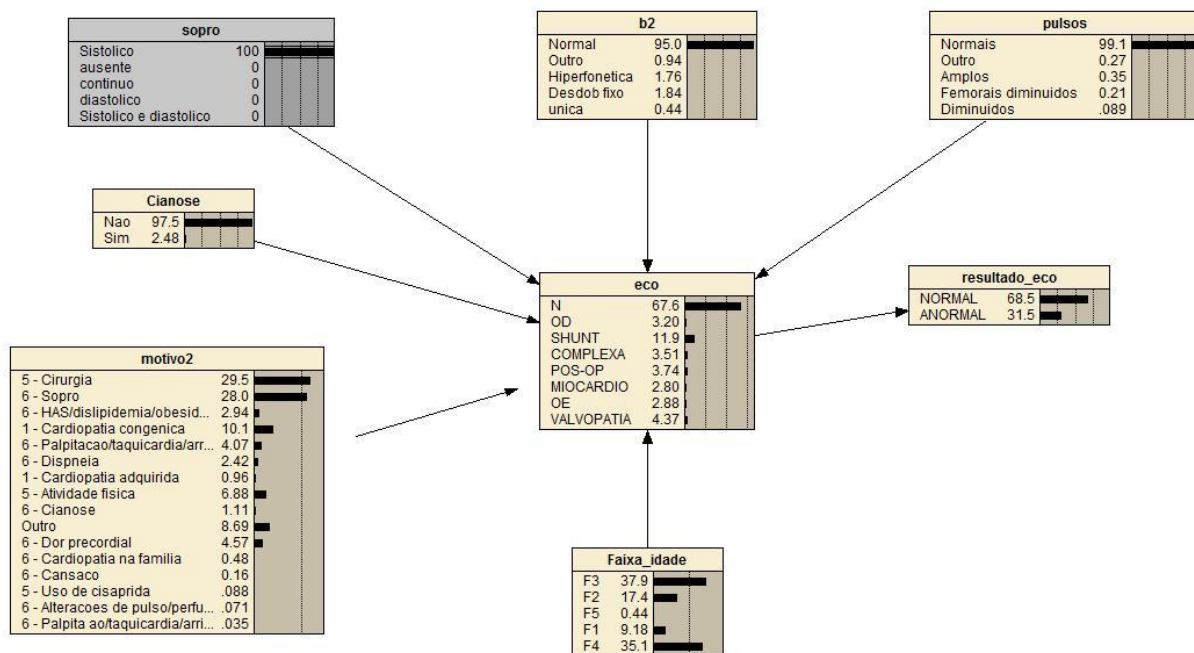


Figura Erro! Indicador não definido. - Caso 2 - Arquitetura 1
Fonte: Autoria própria.

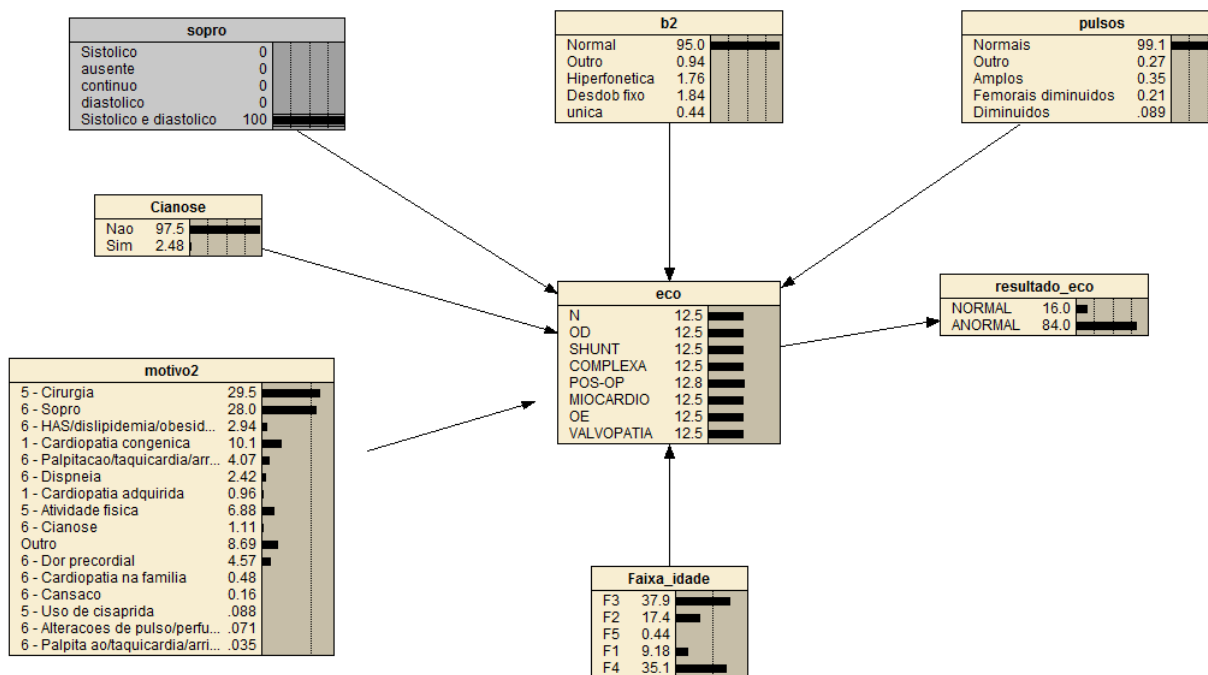


Figura Erro! Indicador não definido. - Caso 2 - Arquitetura 2
Fonte: Autoria própria.

A maioria dos casos com sopro sistólico teve ecocardiograma normal, enquanto que os com outros tipos de sopro essa proporção foi bem menor.

- **Caso 3:** Boa parte das cardiopatias adquiridas na infância é devido a febre reumática (SECKELER; HOKE, 2011). Essa entidade costuma causar lesões nas valvas cardíacas (principalmente a mitral), podendo produzir sopros sistólicos. Usualmente atingem faixas pediátricas mais avançadas (CARVALHO *et al.*, 2012), como escolares e adolescentes.

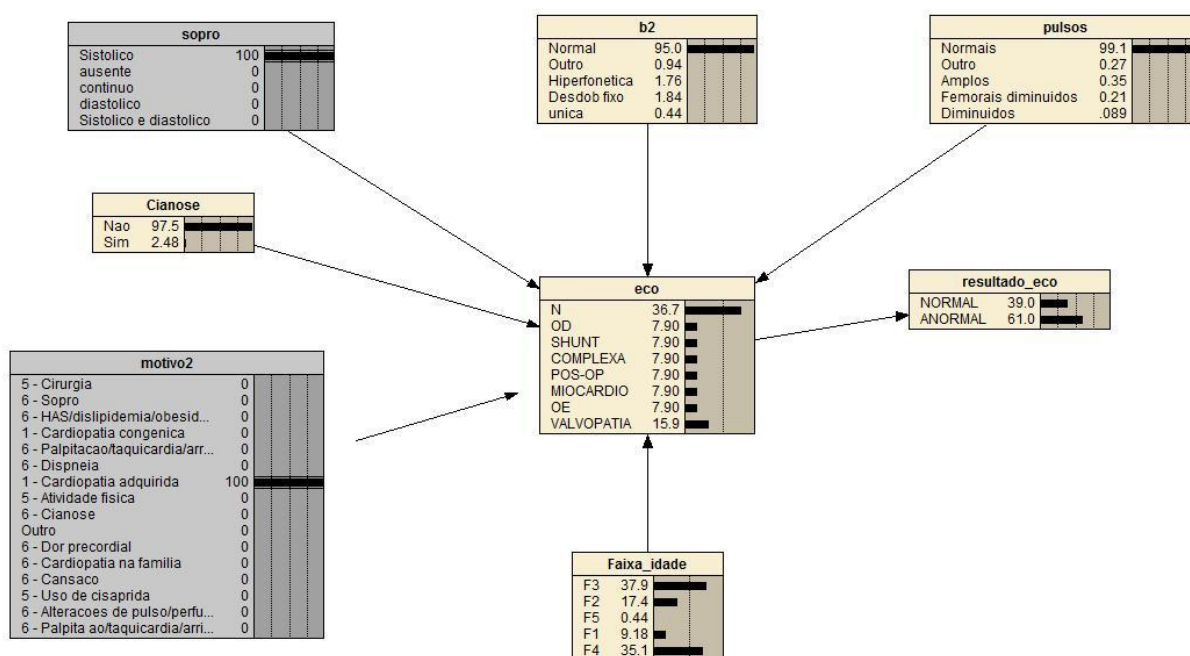


Figura Erro! Indicador não definido. - Caso 3 - Arquitetura
Fonte: Autoria própria.

Notar que quando o motivo da consulta era cardiopatia adquirida e com presença de sopro sistólico, as valvopatias são o principal diagnóstico (eco) quando os ecocardiogramas normais são excluídos. Notar que as faixas etárias mais acometidas são F3 e F4, ou seja, aquelas mais acometidas pela febre reumática.

- **Caso 4:** A presença de cianose no neonato deve sempre levantar a suspeita de cardiopatia congênita complexa. Usualmente a B2 se apresenta única e hiperfonética na transposição das grandes artérias (principal cardiopatia

congenita) (AMARAL *et al.*, 2002).

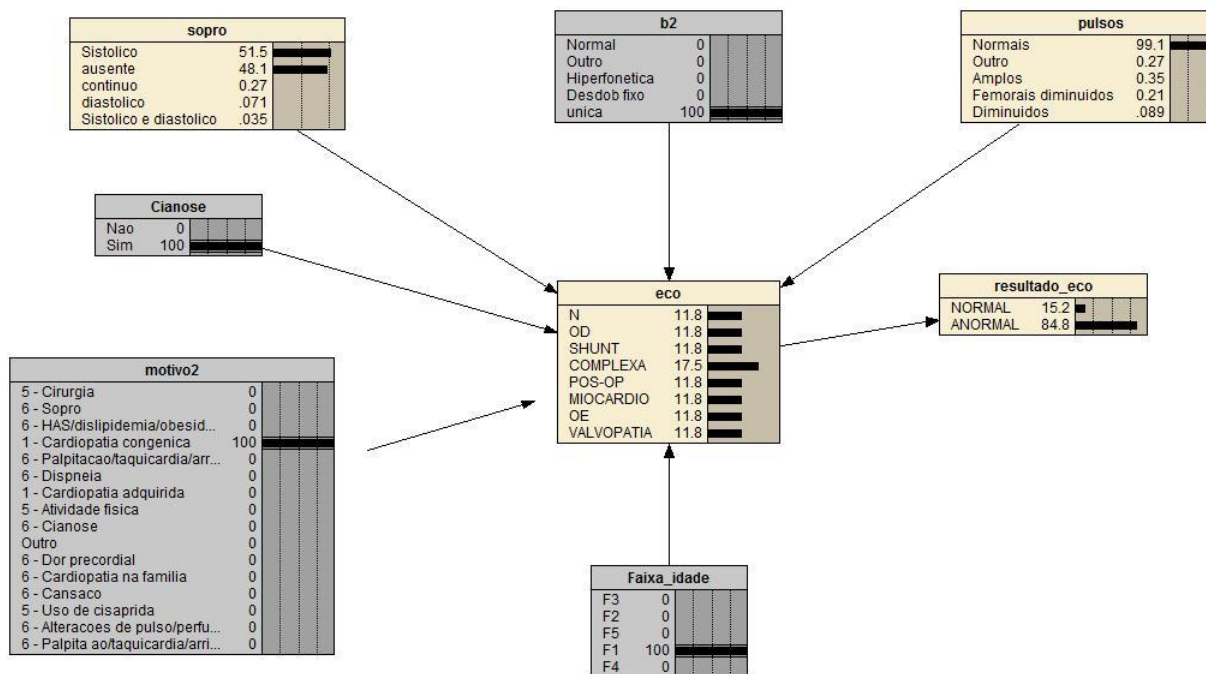


Figura Erro! Indicador não definido. - **Caso 4 - Arquitetura**
Fonte: Autoria própria.

Na presença de cianose, faixa etária neonatal (F1) e com suspeita de cardiopatia congênica (motivo2), as cardiopatias complexas se tornam o principal diagnóstico, apesar de serem o grupo de menor frequência dentre as cardiopatias congênicas.

5 DISCUSSÃO

O quadro abaixo é a representação da avaliação dos casos de uso. No intuito de facilitar o entendimento foram criadas as colunas “Esperado”, que representa os resultados dos casos de uso seguindo o fluxo dos *guidelines* e “Resultado” que demonstra os valores obtidos pela arquitetura proposta.

Quadro 1 - Quadro representativo dos resultados dos casos de uso.

Caso de Uso	Esperado	Resultado
1	1 a 7% dos casos com origem cardíaca.	Sem origem cardíaca predomina com 87.8% dos casos.
2 – Figura 7	Casos com tipo de sopro diferente do inocente, possibilidades com chances muito próximas.	Sem predominância.
3	Predominância das valvopatias.	Excluindo os casos normais, as valvopatias predominam com 15.9% e os demais possuem 7.9%.
4	Predominância das cardiopatias complexas.	Cardiopatias complexas predominam com 17.5% e os demais possuem 11.8%.

Fonte: Autoria própria.

Ao observarmos o quadro acima se percebe que a arquitetura proposta está coerente com o resultado desejado para todos os casos de uso a que foi submetida. No entanto, apesar da segurança que a arquitetura apresenta a RB foi testada em universo restrito de casos, fazendo-se necessário sua aplicação em larga escala, circunstância alheia ao escopo desse trabalho, que objetiva demonstrar a sua real possibilidade de uso no campo médico.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve o propósito de avaliar uma arquitetura de Redes Bayesianas construída, implementada e testada para diagnosticar cardiopatias pediátricas utilizando-se de dados de pacientes e quadros clínicos reais. Diante dos resultados positivos obtidos vislumbra-se a construção de sólida base de conhecimento para novas abordagens em pesquisas ou aplicações futuras.

O aprofundamento deste estudo e sua aplicação no ambiente real onde acontece a interação entre profissionais de saúde e paciente pode vir a ser um relevante sistema de apoio à decisão do médico no diagnóstico clínico, e, por conseguinte, na melhora da prestação do serviço de saúde ao paciente.

REFERÊNCIAS

ASDASD, te. 2010. 300f. Monografia (Bacharelado em asdasas) - asdasd, asdas, 2010.

Mourato, F. A., Moser, L. R. D. N., & da Silva Mattos, S. (2013). Sistema interativo em ambiente móvel para o diagnóstico diferencial de cardiopatias congênitas. *Journal of Health Informatics*, 5(4).

do Sul, C., de Sistemas, L. L., & da Silva Borges, P. S. Uma proposta de navegação adaptativa na WEB utilizando Redes Bayesianas.

Korb, K. B., & Nicholson, A. E. (2003). *Bayesian artificial intelligence*. cRc Press.

Ben-Gal I., Bayesian Networks, in Ruggeri F., Faltin F. & Kenett R., *Encyclopedia of Statistics in Quality & Reliability*, Wiley & Sons (2007).

Bettio, k., Malucelli, A., Tiboni, G., Machado, R.F. Análise da precisão de estimativas de projetos de software utilizando redes bayesianas, SBQS, 2012, Fortaleza-CE. Disponível:

<http://www.ppgia.pucpr.br/pesquisa/engsoft/lib/exe/fetch.php?media=estimativa_red_ebayeanas.pdf>.

MDSAUDE.COM, 2014. Sopro no coração | causas, sintomas e tratamento. Disponível em: <<http://www.mdsaude.com/2010/04/sopro-coracao-sopro-cardiaco.html>>. Acesso em: 27 jul.2014.

ABC.MED.BR, 2012. Cianose: o que é?. Disponível em: <<http://www.abc.med.br/p/pele-saudavel/297740/cianose+o+que+e.htm>>. Acesso em: 27 jul. 2014.

Abreu, D., Azevedo, G., Almeida, N., & Júnior, T. (2011). Fonocardiograma Computadorizado. *Communication Technology*.

Artificial, I., Dutra, I., & Ligeiro, R. Redes Bayesianas: o que são, para que servem, algoritmos e exemplos de aplicações.

Luna, José Eduardo Ochoa. Algoritmos EM para aprendizagem de redes Bayesianas a partir de dados incompletos. Diss. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2004.

Lucas, P., 2004. "Bayesian networks in biomedicine and health-care." Volume 30, Issue 3, 2001-2014.

Heckerman, D. (2008). A tutorial on learning with Bayesian networks. *Innovations in Bayesian Networks* (pp. 33-82). Springer Berlin Heidelberg.

de Sá Cunha, R. (2004). Rigidez arterial: conceito e implicações metodológicas. 147 American and European guidelines for hypertension treatment: a "face-to-face" comparison, 11(3), 152-156.

ANEXOS

Anexo A - Cianose: o que é?

Quando a hemoglobina contida nas hemácias está carregada de oxigênio (oxihemoglobina) o sangue se torna vermelho rútilo e isso empresta à pele e às mucosas sua coloração normal característica. Quando a hemoglobina das hemácias não está oxigenada (desoxihemoglobina) ela torna o sangue mais escuro e ele confere à pele, às mucosas e aos leitos ungueais uma coloração azul-arroxeadada, que pode ser vista sobretudo nas extremidades, isto é a cianose.

Em geral, o sangue que sai do coração normal, via artérias, está oxigenado e é vermelho. Ao circular, deixa o oxigênio nos tecidos e recolhe deles o gás carbônico. O que retorna ao coração, por via venosa, ainda não está oxigenado e é roxo-azulado. Só em sua passagem pelos pulmões perderá o gás carbônico e readquirirá o oxigênio e retornará à cor vermelha. Os indivíduos que tenham pouca hemoglobina ou poucas hemácias, como os anêmicos, por exemplo, podem não exibir cianose e, ao contrário, aqueles com policitemia vera (aumento do número de hemácias) podem mostrá-la com mais facilidade.

Quais são as causas da cianose?

Existem várias causas de cianose, indo desde a falta de oxigênio no ar inspirado até a incapacidade da hemoglobina fixar o oxigênio: doenças cardíacas, pulmonares, circulatórias, intoxicações e falta de oxigênio no ar inspirado.

A cianose é sempre causada por um déficit de oxigenação do sangue e um acúmulo consequente de gás carbônico.

Quais são os tipos de cianose?

Há, basicamente, três tipos de cianose: cianose central, cianose periférica e cianose mista.

- Na cianose central, o sangue que vem dos pulmões para a periferia do corpo já chega a ela com pouco oxigênio, devido a alguma doença do pulmão ou do coração que impede a sua oxigenação.
- A cianose periférica geralmente ocorre quando a circulação normal é impedida ou lentificada por alguma razão ou então o coração não pode enviar a quantidade adequada de sangue para a periferia.
- A cianose mista é uma combinação das duas anteriores.

Quais são os sinais e os sintomas da cianose?

O sintoma da cianose é uma coloração azulada ou púrpura que se manifesta na pele ou nas mucosas, sobretudo nas extremidades. Às vezes, a pessoa pode

sentir dores, tonturas e até mesmo desmaiar, dependendo das suas causas. Podem estar presentes os sintomas da doença que tenha causado a cianose. Em outras ocasiões, ela é só um sinal físico e a pessoa nada sente.

Como o médico faz o diagnóstico da cianose?

O diagnóstico da cianose pode ser feito mediante a história clínica e exame físico do paciente. Além disso, o médico pode precisar de alguns exames para determinar a sua causa, incluindo exames de sangue para saber os níveis de células vermelhas presentes no sangue e o nível de oxigênio delas. Radiografias de tórax ajudam a determinar o estado dos pulmões. Um ecocardiograma pode contribuir para verificar se o coração está bombeando o sangue adequadamente.

Como é o tratamento da cianose?

A cianose não é uma doença, mas um sinal de doença. Por isso, o tratamento deve ser dirigido à causa da cianose. Ela pode ser muito simples, como evitar a exposição a altas temperaturas e a altitudes; ou mais complexas, demandando inclusive uma cirurgia cardíaca.

Como evolui a cianose?

Normalmente, após o tratamento adequado, a cianose não retorna. Em alguns casos, contudo, o médico deve rever periodicamente o paciente para monitorar seu estado de saúde.

Fonte: <http://www.abc.med.br/p/pele-saudavel/297740/cianose+o+que+e.htm>

Anexo B - Sopro no coração | causas, sintomas e tratamento.

O que é sopro sistólico e sopro diastólico?

Sístole é o momento em que os ventrículos estão se contraindo, expulsando o sangue em direção as artérias. Diástole é o momento em que os ventrículos estão relaxados, se enchendo com o sangue vindo dos átrios.

Na sístole, as válvulas aórtica e pulmonar estão abertas e as mitral e tricúspide fechadas. Na diástole ocorre o oposto. Portanto, o primeiro “tum”, fechamento das válvulas mitral e tricúspide, ocorre na sístole. O segundo “tum”, pelo fechamento das válvulas aórtica e pulmonar, ocorre na diástole. Quando o sopro ocorre logo após o primeiro “tum”, ou seja “tuuush-tum”, denominamo-os sopro sistólico. Se o sopro ocorre após o segundo tum, ou seja, “tum-tuuush” estamos diante de um sopro diastólico.

- Os sopros sistólicos são causados por estenoses das válvulas aórtica ou pulmonar, ou por insuficiência das válvulas mitral ou tricúspide.
- Os sopros diastólicos ocorrem por estenoses das válvulas mitral ou tricúspide, ou por insuficiência das válvulas aórtica ou pulmonar.

Os sopros são graduados em I a VI.

- Sopro grau I – sopro muito discreto, inaudível para quem não tem ouvidos treinados.
- Sopro grau II – sopro médio, facilmente audível pelo estetoscópio.
- Sopro grau III – sopro alto.
- Sopro grau IV – sopro muito alto que pode ser sentido com mão ao se tocar no peito do paciente.
- Sopro grau V – sopro muito alto que pode ser escutado mesmo sem encostar o estetoscópio no peito do paciente.
- Sopro grau VI – sopro tão alto que poder ser escutado mesmo sem estetoscópio.

Quanto maior o grau do sopro, mais grave é a doença da válvula acometida.

Como saber se um sopro é benigno ou um sinal de doença do coração?

Até 50% das crianças sem problemas cardíacos podem apresentar sopro no coração. Em geral, o sopro desaparece espontaneamente com o crescimento. Ele ocorre, habitualmente, devido às desproporções entre os tamanhos das estruturas do coração e seus vasos. No adulto, o sopro também pode ser benigno, mas não é tão comum como nas crianças.

O sopro benigno é sempre sistólico e de baixa intensidade (grau I ou II). Sopros

diastólicos ou de grau maior que III são sempre patológicos. O sopro benigno costuma ficar mais intenso quando o paciente se deita e desaparece, ou quase, quando o paciente se senta ou fica em pé.

Nas crianças, as doenças cardíacas que causam sopros são geralmente congênitas, ou seja, defeitos de nascimento, o que faz com que o sopro patológico costume vir acompanhado de sintomas como problemas no desenvolvimento, astenia, falta de apetite, cianose (lábios arroxeados), etc.

Fonte: <http://www.mdsaude.com/2010/04/sopro-coracao-sopro-cardiaco.html>

Anexo C – Ausculta Normal e Bulhas – Fonese e Desdobramentos

A segunda bulha cardíaca (B2) é um som de curta duração, que é gerado pelo fechamento das valvas semilunares, aórtica (A2) e pulmonar (P2). É usualmente examinada com o paciente em decúbito dorsal, mas muitas vezes precisa-se examiná-la com o paciente sentado, por exemplo para avaliação de desdobramentos e do sopro da insuficiência aórtica. Para o exame, usa-se o diafragma do estetoscópio posicionado nos focos aórtico (A2) e pulmonar (P2). Ao exame, ela é a bulha que não coincide como impulso do pulso carotídeo. Normalmente, a ausculta de B2 no foco aórtico (A2) gera um som de maior intensidade do que quando ausculta-se B2 no foco pulmonar (P2), ou seja, o componente aórtico de B2 é normalmente mais intenso que o componente pulmonar, daí retira-se a “regra” $A2 > P2$. Isso se explica porque as pressões que a valva aórtica suporta são muito maiores que aquelas presentes no lado pulmonar. Quando no exame encontra-se $P2 > A2$ significa que a circulação pulmonar encontra-se com uma pressão muito aumentada, caracterizando um quadro de Hipertensão Arterial Pulmonar.

Desdobramento Fixo de B2

Este desdobramento ocorre por um atraso no fechamento da valva pulmonar, mas apresenta uma característica que o distingue de todos os outros que é o fato de não se alterar com a respiração. Ele está tipicamente presente na Comunicação Interatrial (CIA). Nessa situação, durante a inspiração ocorre aumento do retorno venoso, levando a um maior volume no VD e conseqüentemente maior tempo de ejeção. Na expiração, quando esse volume de VD deveria diminuir, ele se mantém alto, porque agora o AD está recebendo sangue do AE, por um shunt esquerda-direita, o que mantém o volume do VD alto, mantendo o atraso de fechamento da valva pulmonar.

Hiperfonese de B2

Quando a segunda bulha cardíaca encontra-se com intensidade aumentada, diz-se que B2 está hiperfonética. As causas, assim como em B1, são de origem cardíacas e extra cardíacas.

Extra cardíacas

Atuam, assim como em B1, facilitando a transmissão do som. Representado pelo tórax de crianças e de indivíduos magras.

Cardíacas

São várias as causas, mas pode-se destacar:

- Hipertensão Arterial Pulmonar: aumenta a intensidade de P2 por aumento da pressão no interior do vaso gerando uma maior velocidade no fechamento das valvas, levando à hiperfonese. Conforme descrito anteriormente, o exame físico mostrará $P2 > A2$.
- Hipertensão Arterial Sistêmica: aumenta a intensidade de A2 pelo mesmo

mecanismo descrito acima. Podendo também contribuir o fato de que uma hipertensão de longa data pode gerar algum grau de dilatação da aorta, o que aproxima a artéria da parede torácica, contribuindo para a hiperfonese.

Fonte:

http://www.uff.br/cursodesemiologia/images/stories/Uploads/semio_cardiovascular/aulas/aula3_b1b2.pdf

Anexo D – Oximetria de pulso no diagnóstico de cardiopatia congénita. Sugestões para a implementação de uma estratégia de rastreio.

A saturação arterial de oxigénio (SatO₂) avaliada por oximetria de pulso (POx) é atualmente usada como 5º sinal vital durante a monitorização de recém-nascido em cuidados intensivos. A sua grande vantagem reside na capacidade de permitir uma monitorização contínua, segura e eficaz da oxigenação sanguínea de um modo não invasivo, à cabeceira do doente, de forma instantânea e sem necessidade de calibração.

A oximetria de pulso é usada tendo como base a absorção da luz vermelha e infravermelha pela hemoglobina oxigenada e desoxigenada. Os aparelhos mais modernos funcionam por transmissão, em que o local selecionado é colocado entre os díodos emissores e receptores de luz. Com base na razão de absorção da luz é feita uma estimativa da oxigenação. A interpretação da POx deve ter em conta vários fatores tais como: mal posição do sensor, artefatos por movimento, luz ambiente e radiação eletromagnética.

Fonte: <http://actapediatrica.spp.pt/article/view/2717/2758>