

Uma abordagem bayesiana para sistema especialista de diagnóstico de estado nutricional através de evidências odontológicas, em crianças de 01 a 07 anos**A bayesian approach to the nutritional state diagnostic specialist system through dental evidence in children from 01 to 07 years**

DOI:10.34117/bjdv6n11-507

Recebimento dos originais:08/10/2020

Aceitação para publicação:24/11/2020

Andréa Cristina Marques de Araújo

Mestre em Ciência da Computação – UFSC

Doutoranda em Ciência da Informação - Universidade Fernando Pessoa (Portugal)

Instituição: Centro Universitário do Estado do Pará CESUPA

Endereço: Av. Gov. José Malcher n.1963 CEP: 66060-232 Belém-PA

E-mail: andreacristinamaraujo@gmail.com

Jacqueline de Fátima Teixeira

Mestre em Ciência da Computação – UFSC

Endereço:Rua Rosemeri Silva Belto, 319 – Neves CEP 84020-423 Ponta Grossa-PR

E-mail jackogut@hotmail.com

Iranildo Ramos da Encarnação

Mestre em Ciência da Computação – UFSC

Instituição: Faculdade Faci Wryden

Endereço:Rua dos Tupinambás, 461- Batista Campos CEP 66050-610 Belém-PA

E-mail iranildo@inputinformatica.com/iranildo.encarnacao@faculdadeideal.edu.br

RESUMO

Neste artigo, apresentamos um Sistema Especialista Probabilístico cujo objetivo é diagnosticar o estado nutricional de crianças de 01 a 07 anos, inclusive determinando o grau de desnutrição em que o paciente se encontra, com base nos conhecimentos de redes bayesianas. O sistema foi inspirado na pesquisa intitulada “Alterações Bucais em Crianças Desnutridas” realizada por duas alunas do Curso de Odontologia da Universidade Federal do Pará - UFPA para efeito de conclusão de curso, e orientado pela professora Dra. Regina Fátima Feio Barroso, Mestre e Doutora em Odontologia Social e professora da UFPA, no qual estudaram e analisaram as alterações bucais encontradas em crianças de 01 a 07 anos desnutridas e eutróficas (não desnutridas), atendidas nas referências para tratamento na Fundação Santa Casa e na URES (Unidade de Referências de Especialidades) – Materno Infantil e Adolescente.

Palavras Chaves: Inteligência Artificial, Sistemas Especialistas Probabilísticos, Redes Bayesianas, Estado Nutricional, Alterações bucais, Odontologia.

ABSTRACT

In this article, we present a Probabilistic Specialist System whose objective is to diagnose the nutritional status of children from 01 to 07 years old, including determining the degree of malnutrition in which the patient is, based on the knowledge of Bayesian networks. The system was inspired by the

research entitled “Oral Alterations in Malnourished Children” carried out by two students of the Dentistry Course at the Federal University of Pará - UFPA for the purpose of completing the course, and supervised by Professor Regina Fátima Feio Barroso, Master and Doctor in Social Dentistry and professor at UFPA, in which they studied and analyzed the oral alterations found in children from 01 to 07 years old malnourished and eutrophic (not malnourished), attended in the references for treatment in the Santa Casa Foundation and in URES (Specialties References Unit) - Maternal Child and Adolescent.

keywords: Artificial Intelligence, Probabilistic Expert Systems, Bayesian networks, Nutritional status, Oral changes, Dentistry.

1 INTRODUÇÃO

A desnutrição, doença com repercussões nos indicadores de saúde da população mundial, é um estado carencial dos componentes nutricionais necessários para o desenvolvimento e crescimento do ser humano, além de possuir uma relação direta com o aparecimento de doenças, uma vez que um organismo debilitado encontra-se mais favorável à instalação de determinadas patologias.

O desnutrido apresenta portanto, alterações em todo seu metabolismo normal, sofrendo desvios anatômicos e/ou funcionais. A cavidade oral não se constitui exceção, e dependendo do período de desenvolvimento do sistema estomatognático, essas manifestações podem ser encontradas.

Sistema estomatognático é o conjunto de aparelhos, órgãos e tecidos que fazem parte do sistema de mordida ou oclusão da cavidade bucal e das articulações, participantes nos movimentos do complexo crânio e face para uma mordida adequada e outros movimentos que quando certos não provocam disfunções. Também estão incluídos o tecido mole da boca, os dentes, e a posição correta destes na arcada dentária.

Crianças desnutridas são alvo de muitas manifestações bucais. As proteínas e as vitaminas como A, D, E e K, são importantes para a formação dos dentes devido a sua origem epitelial, assim como favorecem a saúde dos tecidos adjacentes. Diversos estudos científicos anteriores indicam que a desnutrição altera a resistência do dente aos ataques bacterianos, favorece o desenvolvimento de doenças periodontais e altera o fluxo salivar.

Assim sendo, baseado no trabalho de Conclusão de Curso “Alterações Bucais em Crianças Desnutridas”, cuja pesquisa foi desenvolvida no ano de 1999 por duas concluintes do curso de Odontologia da UFPA, Ana Regina Maués Noronha e Iolane Maria Mendonça Ferreira, orientadas pela professora Dra. Regina Fátima Feio Barroso, Mestre e Doutora em Odontologia Social, no qual estudaram e analisaram as alterações bucais encontradas em crianças de 01 a 07 anos desnutridas e eutróficas, apresentamos a simulação de um sistema especialista probabilístico, aplicando os conhecimentos de redes bayesianas, com a finalidade de diagnosticar o estado nutricional da criança, também definindo o grau em que a doença se apresenta, através das evidências odontológicas (alterações bucais) identificadas na pesquisa como as mais relevantes.

2 SISTEMAS ESPECIALISTAS PROBABILÍSTICOS (SEP)

Sistemas Especialistas (SE) são sistemas computacionais que devem apresentar um comportamento semelhante ao de um especialista humano em um determinado domínio do conhecimento (BARRETO, 1997).

Um Sistema Especialista é denominado probabilístico (SEP), quando a base de conhecimentos pode ser representada por uma distribuição de probabilidades (normalmente hiperdimensional). A base desta distribuição envolve um conjunto de variáveis discretas com atributos. Entre as variáveis existem relações de dependência estocástica, que podem ser especificadas através de fatos e/ou regras. Isto implica em formular regras de produção do tipo SE-ENTÃO, as quais podem ser condicionais ou não condicionais.

Desse modo, podemos então concluir que o SEP é baseado no paradigma simbólico da Inteligência Artificial (IA), tendo em vista que a forma de raciocínio do especialista é passível de representação, sendo disposta em uma base de conhecimentos, onde as inferências são representadas através das regras do tipo SE-ENTÃO.

2.1 ESTRUTURA DO SEP

O desenvolvimento de um Sistema Especialista requer a participação de um *especialista* do domínio em estudo, o qual será a fonte do conhecimento, fornecendo todas as informações necessárias para a montagem da base de conhecimento do sistema, e de um *Engenheiro do Conhecimento*, o qual será responsável pela construção do sistema em si, ou seja, transformará o conhecimento obtido do especialista em forma conveniente e o armazenará no computador.

Esse conhecimento obtido constitui-se em dois tipos: Os *fatos* sobre o problema a resolver e as *regras* que mostram como o especialista raciocina para chegar a uma conclusão. São as regras de raciocínio (BARRETO, 1997).

Portanto, para que o SEP tenha em sua base de conhecimento fatos e regras que representem o conhecimento do especialista em um domínio de aplicação, permitindo que o sistema emule o seu comportamento, é extremamente necessário que o processo de aquisição e representação seja feito de forma mais aprofundada e detalhada possível.

As redes bayesianas são esquemas de representação de conhecimentos utilizadas para desenvolver a base de conhecimentos de um SEP, tendo em vista que sua parte estrutural compreende as relações causais e valores de probabilidade refletindo a força da relação (RUSSEL; NORVIG, 1995).

Portanto, a aquisição do conhecimento do especialista deve permitir chegar-se a uma base de conhecimento representada como uma Rede Bayesiana, contendo informações verossímeis relevantes e com relações causais (BARRETO, 1997). Sobre esta base são feitas inferências que nos levam a

uma conclusão sobre o domínio em estudo. A inferência da Redes Bayesianas é feita através da utilização do teorema de Bayes.

2.2 TEOREMA DE BAYES

A estatística bayesiana tem origem no nome de Thomas Bayes, matemático inglês que viveu no século XVIII, cujos trabalhos na área de probabilidade permitiram o surgimento dessa nova disciplina. Na realidade foi o grande matemático francês Pierre Simon de LaPlace, que desenvolveu o teorema na forma que é hoje conhecido e utilizado.

O teorema de Bayes é de grande importância para o cálculo de probabilidades. Quando melhor compreendido, o teorema se mostra como a lei fundamental que governa o processo de inferência lógica. Raciocínio inferencial é aquele que se baseia em regras válidas de inferência, ou seja, se inspira no uso dos silogismos enunciados por Aristóteles. Trata-se de uma implicação, tendo por antecedente uma conjunção de premissas e a conclusão por consequente. Apenas a forma da implicação é relevante (BARRETO, 1997).

O teorema é a base para analisar um conjunto de informações disponíveis e chegar a uma conclusão objetiva, expressa numericamente, podendo ser aplicado em série, tomando-se a probabilidade a posteriori como sendo a probabilidade a priori de um outro teste diagnóstico, e assim, repetidamente. Para que o teorema possa ser aplicado em seqüência, é necessário que os testes diagnósticos guardem independência condicional.

Dois testes são considerados independentes quando não há associação entre os resultados de ambos, ou seja, dois ou mais eventos dizem-se independentes se a ocorrência ou a não ocorrência de um não influencia a ocorrência do(s) outro(s) (STEVENSON, 1981).

A utilização do Teorema de Bayes constitui-se portanto, em uma técnica utilizada para revisar estimativas probabilísticas iniciais com base em dados amostrais (STEVENSON, 1981). Na prática, isto significa que no processo de tomada de decisões, seja calculada uma probabilidade pela aplicação de um teste diagnóstico (probabilidade a posteriori), considerando uma probabilidade já disponível (probabilidade a priori).

A essência do teorema de Bayes consiste na revisão das probabilidades iniciais (a priori) à luz da evidência amostral. As estimativas revisadas chamam-se probabilidades a posteriori. As bases para a revisão são os resultados de determinada amostra mais o conhecimento das probabilidades condicionais, isto é, probabilidade de cada resultado amostral admitindo-se um estado natural específico.

Mais especificamente, o teorema é um mecanismo fundamental que permite relacionar diversas probabilidades conhecidas de um prognóstico clínico e deduzir uma probabilidade sintética, que, com melhor eficácia estime o resultado.

3 ALTERAÇÕES BUCAIS E NÍVEIS DE DESNUTRIÇÃO**3.1 LOCAL DA PESQUISA E TAMANHO DA AMOSTRA**

A pesquisa observacional foi realizada durante o período de 4 meses (de maio a agosto de 1998), em crianças desnutridas e eutróficas atendidas nas referências para tratamento na Fundação Santa Casa e na URES – Materno Infantil e Adolescente.

As crianças foram selecionadas de forma aleatória obedecendo certos parâmetros: deveriam estar na faixa etária desejada (1 a 7 anos) e não apresentar patologias que fossem interferir nos resultados da pesquisa.

O universo amostral compreendeu 112 crianças: 44 eutróficas, 48 crianças Desnutridas no grau I, 16 crianças Desnutridas no grau II e 04 crianças Desnutridas no grau III. A quantidade reduzida de crianças no grupo DIII se deve ao fato de que estas evoluem rapidamente ao grau anterior ou ao óbito.

3.2 NÍVEIS DE DESNUTRIÇÃO

Os conceitos que definem o estado nutricional estão baseados no padrão de peso em relação ao padrão normal para a idade, sendo utilizado como padrão de referência o percentil 50 da tabela pondo-estrutural norte americana da National Center for Health Statistics, onde a perda ponderal era obtida da seguinte forma: o peso atual da criança era multiplicado por cem e a seguir dividido pelo peso ideal para a idade apresentada pela criança, conforme abaixo:

$$P/I = \frac{(\text{Peso Apresentado} \times 100)}{\text{Peso Ideal para a Idade}} \quad (1)$$

Onde considera-se:

Estado Nutricional	Conceito	P/I	Déficit Ponderal
Eutrófico	Não Desnutrido	Superior a 90%	entre 0 e 10%
DI	Desnutridas de 1º Grau	Entre 76% e 90%	> 10% e < 25%
DII	Desnutridas de 2º Grau	Entre 61% e 75%	> 25% e < 39%
DIII	Desnutridas de 3º Grau	=< 60%	>= 40%

3.3 ALTERAÇÕES BUCAIS EVIDENCIADAS NO ESTADO NUTRICIONAL

De acordo com a pesquisa, as alterações bucais de maior relevância para diagnóstico do estado nutricional, estão abaixo relacionadas:

a) *Tecido Mole*: tecidos da cavidade bucal, como: gengiva, língua, bochecha, lábios (ossos e dentes não estão contemplados neste grupo);

b) *Tecido Gengival*: é o tecido mole, fibroso e muscular coberto de mucosa, onde estão implantados os dentes, ou seja, a gengiva.

c) *Manchas Brancas*: primeiro sinal clínico da cárie, ou seja, é uma desmineralização focal inicial que pode ser vista como uma mancha branca no esmalte do dente (a superfície mais externa do dente, aquela que fica em contato com a boca ou saliva). Quando a mancha branca começa, não tem cavidade, portanto não é considerada cárie. Se não for tratada com flúor e outros cuidados, estas evoluem e formam a cavidade chamada cárie;

d) *Hipoplasia do esmalte*: distúrbio no desenvolvimento do esmalte que aparece como uma superfície defeituosa. Acontece na fase de formação dos dentes e alguns autores afirmam que por problemas nutricionais.

e) *Fluxo Salivar*: é a quantidade de saliva que uma pessoa tem na cavidade bucal. Quanto mais saliva uma pessoa tiver, melhor será a limpeza automática da boca e assim terá menor probabilidade de desenvolver cárie. Isto ocorre porque a saliva possui os minerais cálcio e fósforo, e quando o dente começa a perder estes minerais, ela os repõe imediatamente, lavando o esmalte deste dente e remineralizando-o. Com isto evita-se o estágio inicial da cárie, a mancha branca, e sua possível evolução para cárie;

e.1.) *Xerostômico*: é um indivíduo que não tem um fluxo salivar suficiente para promover a limpeza dos dentes. O fluxo salivar é considerado abaixo do normal quando for inferior a 0,7 ml (NORONHA; FERREIRA; BARRSOSO, 1999);

f) *Retardo na Erupção*: Todos os dentes têm uma idade estimada para erupcionarem, ou seja, nascerem, aparecerem na cavidade bucal (boca) em um lugar próprio. Às vezes, por vários motivos, eles não nascem na data certa (erupcionam antes ou depois). Quando o(s) dente(s) erupcionam(m) depois, chamamos de retardo na erupção, que pode provocar apinhamento dentário ou falta de espaço, acarretando acavalamento dos mesmos.

3.4 RESULTADOS E CONCLUSÕES

As tabelas a seguir refletem a frequência de alterações bucais encontradas na amostra da pesquisa. Delas as autoras concluíram que:

- Não foram encontrados dados estatisticamente significantes quando se relacionou presença de hipoplasia com o grau de desnutrição apresentado pelas crianças, apesar desse resultado não condizer com estudos científicos anteriores de outros autores citados na Revisão Bibliográfica da pesquisa, que encontraram maior número de lesões hipoplásicas em crianças desnutridas;
- Alterações no tecido mole foram bastante evidentes em crianças desnutridas;

- Não foi possível afirmar que a desnutrição possa ser fator predisponente ao aparecimento da cárie dentária, uma vez que os dados obtidos para avaliação do consumo de açúcar e hábito de higiene oral das crianças desnutridas não foram suficientes para esclarecer e concluir que a cárie dentária está relacionada com o grau de desnutrição, apesar de ser observado que essas crianças consumiam mais açúcar na sua alimentação do que as eutróficas;
- Para a lesão de mancha branca encontrou-se uma alta frequência tanto em eutróficos quanto em desnutridos, porém a relação dessas manchas com a desnutrição não foi comprovada nos testes estatísticos;
- O grau de significância quanto a fluxo salivar e desnutrição relacionados, foi estatisticamente relevante, o que comprova a relação entre desnutrição e fluxo salivar;
- As crianças pertencentes ao grupo DIII apresentaram uma frequência bastante significativa de alterações bucais. As alterações de tecido mole foram as mais encontradas, seguidas de retardo na erupção e mancha branca, gengivite e hipoplasia de esmalte.

Tabela 1 - Alterações Bucais por grau de Desnutrição em Crianças de 1 a 7 anos.

Alterações Bucais	E	D I	DII	Totais
Hipoplasia de Esmalte	1 2	1 3	6	31
Tecido Mole	4	8	9	21
Tecido Gengival	1	2	0	3
Mancha Branca	1 3	2 1	7	41
Total	3 0	4 4	22	96

Fonte: Noronha e Ferreira (1999, p.20)

Tabela 2 – Frequência das Alterações Bucais encontradas em DIII.

Alterações Bucais	DIII
Hipoplasia de Esmalte	1
Tecido Mole	3
Tecido Gengival	2
Mancha Branca	2
Retardo na Erupção	2
Total	10

Fonte: Noronha e Ferreira (1999, p.24)

Tabela 3 - Análise do Fluxo Salivar em crianças de 01 até 07 anos.

Grau de Desnutrição	Normal	Xerostômico	Total
Desnutrido	3	10	13
Eutrófico	6	2	8
Total	9	12	21

Fonte: Noronha e Ferreira (1999, p.23)

4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

A primeira etapa do desenvolvimento do sistema foi a determinação da variável em estudo (diagnóstico do Estado Nutricional da criança), as variáveis que influenciam este diagnóstico (as evidências, que são as alterações bucais), e os fatores, que são as probabilidades à priori, baseados na pesquisa utilizada como referência (Figura 1).

A ferramenta utilizada para construção do sistema foi o Nética 1.06 distribuída na rede, por tratar-se de software que executa inferências bayesianas, sem que seja preciso desenvolver o programa completo.

Foram realizadas as primeiras simulações, e os resultados apresentados pelo sistema mostraram a necessidade de um aprimoramento dos valores probabilísticos, o que nos leva a fase seguinte.

Na segunda etapa tivemos a colaboração da Dra. Regina Fátima Feio Barroso (professora orientadora da pesquisa inicial), atuando como a especialista humana do SEP em questão, que além de realizar o refinamento da base de conhecimento nas variáveis, inicialmente consideradas relevantes (hipoplasia de esmalte, tecido mole, tecido gengival, mancha branca), orientou a inclusão de outras evidências consideradas essenciais ao diagnóstico de DIII (retardo na erupção e fluxo salivar) (Figura 2).

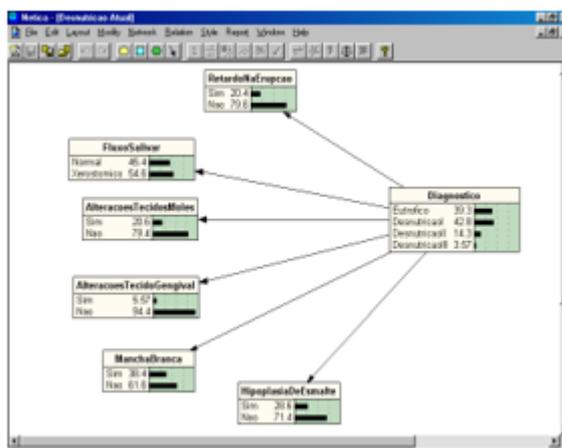
A seguir, foram realizadas novas simulações, e os resultados apresentados foram considerados satisfatórios pela especialista.

Figura 1 – Variável: Fluxo Salivar.



Fonte: Autores

Figura 2 – Grafo de dependências.



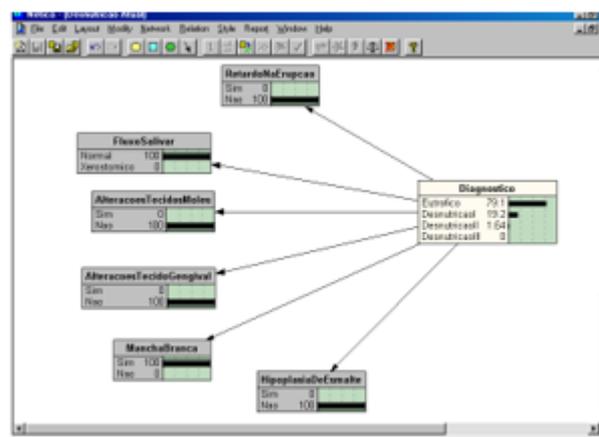
Fonte: Autores

5 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

A utilização do sistema está consolidada no raciocínio dedutivo, onde, a partir das evidências conhecidas chega-se na hipótese à posteriori. Através dos dados na base de conhecimento, serão explicitados os resultados das hipóteses à priori para as evidências.

Através das alterações bucais encontradas no exame odontológico da criança analisada, são determinados os atributos das variáveis em questão. As inferências bayesianas determinam então as probabilidades de ocorrências dos possíveis diagnósticos, dando apoio para decisão do diagnóstico mais provável (Figura 3).

Figura 3 – Consulta ao sistema – exemplo 4.1



6 EXEMPLOS DE INFERÊNCIAS BAYESIANAS

Apresentamos a seguir alguns exemplos dos cálculos realizados pelo Netica simulando as inferências bayesianas.

4.1 Exemplo 1:

Suponha que a criança A apresente as seguintes evidências no exame odontológico:

- e1 = Fluxo Salivar Normal
- e2 = Não apresenta Retardo na Erupção
- e3 = Não apresenta Alteração nos Tecido Mole
- e4 = Não apresenta Alteração no Tecido Gengival
- e5 = Não apresenta Hipoplasia de Esmalte
- e6 = Apresenta Manchas Brancas

Pergunta-se: Dadas as evidências, quais as probabilidades dessa criança apresentar cada um dos possíveis estados nutricionais (eutrófico, DI, DII e DIII) ? Ou em Linguagem Probabilística: $P(H_i | e_1 \wedge e_2 \wedge e_3 \wedge e_4 \wedge e_5 \wedge e_6) = ?$

Resolução:

Cálculo da probabilidade à posteriori para diagnóstico de estado nutricional:

$$\begin{aligned} P(H_i|e_1^e_2^e_3^e_4^e_5^e_6) &= P(H_i) * \\ & P(e_1|H_i) * P(e_2|H_i) * P(e_3|H_i) * P(e_4|H_i) * P(e_5|H_i) * \\ & P(e_6|H_i) * P(e_1^e_2^e_3^e_4^e_5^e_6)^{-1} \end{aligned}$$

Onde:

$P(H_i)$: Hipótese diagnosticada à priori

$P(e_i | H_i)$: vetor λ de probabilidade condicional para cada uma das evidências

$[P(e_1^e_2^e_3^e_4^e_5^e_6)]^{-1}$: constante de normalização α

$P(e_1 | H_i) * P(e_2 | H_i) * P(e_3 | H_i) * P(e_4 | H_i) * P(e_5 | H_i) * P(e_6 | H_i)$: vetor Δ que será o produto dos vetores de probabilidades condicionais λ para cada uma das evidências.

Podendo portanto, a equação ser reescrita assim:

$$P(H_i | e_1^e_2^e_3^e_4^e_5^e_6) = P(H_i) * \alpha * \Delta$$

Resolução:

A $P(H_i)$ será determinada pela razão dos casos específicos sobre todo o universo tratado, ou seja, dadas 44 crianças que apresentam o estado nutricional eutrófico, a probabilidade de uma criança ser eutrófica, entre as 116 crianças abordadas na pesquisa, é de $44/116 = 0,3928 = 39,28\%$.

Desta maneira, podemos determinar o vetor: $P(H_i) = (0,3928 \ 0,4285 \ 0,1430 \ 0,0357)$

$P(e_i | H_i)$ = Vetor que determina as probabilidade de Fluxo Salivar Normal para cada uma das possíveis hipóteses diagnósticas, representado por λ_1 .

$$\text{Então } \lambda_1 = (0,90 \ 0,20 \ 0,10 \ 0,00)$$

Da mesma maneira, obtemos:

$$\lambda_2 = (0,90 \ 0,80 \ 0,70 \ 0,00)$$

$$\lambda_3 = (0,98 \ 0,75 \ 0,55 \ 0,25)$$

$$\lambda_4 = (0,9773 \ 0,97 \ 0,90 \ 0,45)$$

$$\lambda_5 = (0,7273 \ 0,7292 \ 0,625 \ 0,75)$$

$$\lambda_6 = (0,2954 \ 0,4375 \ 0,4375 \ 0,50)$$

$$\text{Sendo: } \Delta = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 * \lambda_5 * \lambda_6$$

$$\text{Temos: } \Delta = (0,1667 \ 0,0371 \ 0,0095 \ 0,00)$$

Sendo a constante de normalização calculada pela restrição: $1 = \alpha * P(H_i) * \Delta$

Temos:

$$1 = \alpha * (0,1667 \ 0,0371 \ 0,0095 \ 0,00) * (0,3928 \ 0,4285 \ 0,1430 \ 0,0357)$$

$$1 = \alpha * (0,06548 \ 0,015897 \ 0,001359 \ 0,00)$$

$$1 = \alpha * 0,082736$$

$$\alpha = 1 \div 0,082736 = 12,086637$$

Tendo obtido os valores de α e Δ , podemos calcular: $P(H_i | e_1^2 e_3^4 e_5^6) = \alpha * P(H_i) * \Delta$

$$P(H_i | e_1^2 e_3^4 e_5^6) = 12,086637 * (0,3928 \ 0,4285 \ 0,1430 \ 0,0357) * (0,1667 \ 0,0371 \ 0,0095 \ 0,00)$$

$$P(H_i | e_1^2 e_3^4 e_5^6) = 12,086637 * (0,06548 \ 0,015897 \ 0,001359 \ 0,00)$$

$$P(H_i | e_1^2 e_3^4 e_5^6) = (0,7914 \ 0,1921 \ 0,01642 \ 0,00)$$

Conclusão

Esta criança tem 79,14% de chance de apresentar estado nutricional eutrófico, 19,21% de estar desnutrida no grau I, 1,642 % de estar desnutrida no grau II e nenhuma chance de estar desnutrida no grau III.

Considerando os resultados obtidos podemos dizer que a criança A tem uma maior probabilidade de ser eutrófica do que estar desnutrida.

4.2 Exemplo 2:

Suponha que a criança B apresente as seguintes evidências no exame odontológico:

e1 = Fluxo Salivar Xerostômico

e2 = Apresenta Retardo na Erupção

e3 = Apresenta Alteração nos Tecido Mole

e4 = Apresenta Alteração no Tecido Gengival

e5 = Apresenta Hipoplasia de Esmalte

e6 = Apresenta Manchas Brancas

$$P(H_i | e_1^2 e_3^4 e_5^6) = ?$$

Resolução:

$$P(H_i) = (0,3928 \ 0,4285 \ 0,1430 \ 0,0357)$$

$$P(e_1 | H_i) = \lambda_1 = (0,10 \ 0,80 \ 0,90 \ 1,00)$$

$$P(e_2 | H_i) = \lambda_2 = (0,10 \ 0,20 \ 0,30 \ 1,00)$$

$$P(e_3 | H_i) = \lambda_3 = (0,02 \ 0,25 \ 0,45 \ 0,75)$$

$$P(e_4 | H_i) = \lambda_4 = (0,0227 \ 0,03 \ 0,10 \ 0,55)$$

$$P(e5 | Hi) = \lambda_5 = (0,2727 \ 0,2708 \ 0,3750 \ 0,25)$$

$$P(e6 | Hi) = \lambda_6 = (0,2954 \ 0,4375 \ 0,4375 \ 0,50)$$

$$\Delta = (0,0000003 \ 0,0001421 \ 0,0019933 \ 0,0515625)$$

$$1 = \alpha * (0,0000003 \ 0,0001421 \ 0,0019933 \ 0,0515625) * (0,3928 \ 0,4285 \ 0,1430 \ 0,0357)$$

$$1 = \alpha * (0,0000001 \ 0,0000608 \ 0,000285 \ 0,0018407)$$

$$1 = \alpha * 0,0021866$$

$$\alpha = 1 \div 0,0021866 = 457,33101$$

$$P(Hi | e1^e2^e3^e4^e5^e6) = 457,33101 * (0,3928 \ 0,4285 \ 0,1430 \ 0,0357) * (0,0000003 \ 0,0001421 \ 0,0019933 \ 0,0515625)$$

$$P(Hi | e1^e2^e3^e4^e5^e6) = 457,33101 * (0,0000001 \ 0,0000608 \ 0,000285 \ 0,0018407)$$

$$P(Hi | e1^e2^e3^e4^e5^e6) = (0,0000457 \ 0,0278057 \ 0,1303393 \ 0,8418091)$$

Conclusão

Segundo os nossos cálculos, esta criança tem 0,00457% de chance de apresentar estado nutricional eutrófico, 27,81% de estar desnutrida no grau I, 13,03 % de estar desnutrida no grau II e 84,18% de estar desnutrida no grau III. Houve uma distorção pequena no percentual encontrado no Nética, quando nos referimos a crianças eutróficas. O programa calculou a probabilidade de 0,007%. Atribuímos essa distorção a perda de precisão nos cálculos, devido os arredondamentos efetuados.

Considerando os resultados obtidos podemos dizer que a criança B tem uma maior probabilidade de ser desnutrida no grau III.

4.3 Exemplo 3:

Suponha que a criança C apresente as seguintes evidências no exame odontológico:

e1 = Fluxo Salivar Xerostômico

e2 = Não apresenta Retardo na Erupção

e3 = Apresenta Alteração nos Tecido Mole

e4 = Apresenta Alteração no Tecido Gengival

e5 = Apresenta Hipoplasia de Esmalte

e6 = Apresenta Manchas Brancas

$$P(Hi | e1^e2^e3^e4^e5^e6) = ?$$

Resolução:

$$P(Hi) = (0,3928 \ 0,4285 \ 0,1430 \ 0,0357)$$

$$P(e1 | Hi) = \lambda_1 = (0,10 \ 0,80 \ 0,90 \ 1,00)$$

$$P(e2 | Hi) = \lambda_2 = (0,90 \ 0,80 \ 0,70 \ 0,00)$$

$$P(e3 | Hi) = \lambda_3 = (0,02 \ 0,25 \ 0,45 \ 0,75)$$

$$P(e4 | Hi) = \lambda_4 = (0,0227 \ 0,03 \ 0,10 \ 0,55)$$

$$P(e5 | Hi) = \lambda_5 = (0,2727 \ 0,2708 \ 0,375 \ 0,25)$$

$$P(e6 | Hi) = \lambda_6 = (0,2954 \ 0,4375 \ 0,4375 \ 0,50)$$

$$\Delta = (0,0000032 \ 0,0005686 \ 0,0046511 \ 0,00)$$

$$1 = \alpha * (0,0000032 \ 0,0005686 \ 0,0046511 \ 0,00) * (0,3928 \ 0,4285 \ 0,1430 \ 0,0357)$$

$$1 = \alpha * (0,0000012 \ 0,0002436 \ 0,0006651 \ 0,00)$$

$$1 = \alpha * 0,0009099$$

$$\alpha = 1 \div 0,0009099 = 1099,0218$$

$$P(Hi | e1^e2^e3^e4^e5^e6) = 1099,0218 * (0,0000032 \ 0,0005686 \ 0,0046511 \ 0,00) * (0,3928 \ 0,4285 \ 0,1430 \ 0,0357)$$

$$P(Hi | e1^e2^e3^e4^e5^e6) = 1099,0218 * (0,0000012 \ 0,0002436 \ 0,0006651 \ 0,00)$$

$$P(Hi | e1^e2^e3^e4^e5^e6) = (0,0013188 \ 0,2677217 \ 0,7309593 \ 0,00)$$

Conclusão

Esta criança tem 0,13% de chance de apresentar estado nutricional eutrófico, 26,77% de estar desnutrida no grau I, 73,10 % de estar desnutrida no grau II e nenhuma chance de estar desnutrida no grau III.

Considerando os resultados obtidos podemos dizer que a criança C tem uma maior probabilidade de ser desnutrida no grau II.

4.4 Exemplo 4:

Suponha que a criança D apresente apenas as seguintes evidências no exame odontológico:

e1 = Apresenta Retardo na Erupção

e2 = Não apresenta Alteração no Tecido Gengival

e3 = Não apresenta Manchas Brancas

$$P(Hi | e1^e2^e3) = ?$$

Resolução:

$$P(Hi) = (0,3928 \ 0,4285 \ 0,1430 \ 0,0357)$$

$$P(e1 | Hi) = \lambda_1 = (0,10 \ 0,20 \ 0,30 \ 1,00)$$

$$P(e2 | Hi) = \lambda_2 = (0,9773 \ 0,97 \ 0,90 \ 0,45)$$

$$P(e3 | Hi) = \lambda_3 = (0,7046 \ 0,5625 \ 0,5625 \ 0,50)$$

$$\Delta = (0,0688605 \ 0,109125 \ 0,151875 \ 0,225)$$

$$1 = \alpha * (0,0688605 \ 0,109125 \ 0,151875 \ 0,225) * (0,3928 \ 0,4285 \ 0,1430 \ 0,0357)$$

$$1 = \alpha * (0,0270484 \ 0,04676 \ 0,0217181 \ 0,0080325)$$

$$1 = \alpha * 0,103559$$

$$\alpha = 1 \div 0,103559 = 9,6563311$$

$$P(Hi | e1^e2^e3) = 9,6563311 * (0,0688605 \ 0,109125 \ 0,151875 \ 0,225) * (0,3928 \ 0,4285 \ 0,1430 \ 0,0357)$$

$$P(Hi | e1^e2^e3) = 9,6563311 * (0,0270484 \ 0,04676 \ 0,0217181 \ 0,0080325)$$

$$P(Hi | e1^e2^e3) = (0,2611883 \ 0,45153 \ 0,2097171 \ 0,0775644)$$

Conclusão

Esta criança tem 26,12% de chance de apresentar estado nutricional eutrófico, 45,15% de estar desnutrida no grau I, 20,97 % de estar desnutrida no grau II e 7,75% de estar desnutrida no grau III.

Considerando os resultados obtidos podemos dizer que a criança D tem uma maior probabilidade de ser desnutrida no grau I.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste sistema usando a redes bayesianas, evidenciou a potencialidade desta técnica na aplicação prática em temas que apresentem raciocínio sobre incerteza. O universo escolhido (Diagnóstico do Estado Nutricional) refletiu claramente essa potencialidade, visto que os diagnósticos obtidos não podem ser atestados com certeza absoluta.

O tema Diagnóstico do Estado Nutricional permitiu avaliar a gravidade da doença desnutrição, que faz com que o indivíduo apresente alterações em todo o seu metabolismo, sendo a cavidade oral uma dessas áreas de manifestação. Dependendo do grau que a doença se apresenta, as alterações bucais são mais evidentes.

No uso da teoria da probabilidade no desenvolvimento de SE de apoio ao diagnóstico, observou-se as seguintes considerações:

- 1) A obtenção das probabilidades das hipóteses H_i e as condicionais $P(H_i/E)$ é considerada uma tarefa difícil, porque geralmente as pessoas têm dificuldade em estimar probabilidades. Na elaboração do sistema em questão, utilizamos os dados estatísticos obtidos na pesquisa tomada por base, e refinamos as probabilidades através da intervenção do especialista;
- 2) Para que um SE apresente comportamento semelhante ao de um especialista humano, a sua base de conhecimento deve ser o mais detalhada e aprofundada possível, isto é, todas as evidências relevantes às hipóteses consideradas devem estar explícitas na base de conhecimento. A confirmação dessa característica dos SE foi comprovada ao atendermos a sugestão do especialista humano, na inclusão de duas novas evidências (Fluxo Salivar e Retardo na Erupção), aprimorando significativamente os resultados diagnósticos;
- 3) Em probabilidade, parte-se do fato que as evidências são independentes. Isto nem sempre é verdadeiro no caso das doenças, posto que alguns sintomas poderiam ser evidência de outros. Para chegar ao diagnóstico clínico, como ponto de partida faz-se a observação dos sintomas apresentados pelo paciente, mas eles não aparecem ao mesmo tempo (BARRETO, 1997). Um sintoma X serve como evidência em favor do resultado X, mas posteriormente poderiam-se apresentar novos sintomas que podem dar maior força à hipótese ou não.

Apesar dessas considerações, concluímos que a rede bayesiana é uma técnica poderosa para representação de um sistema de raciocínio sob incerteza, tendo em vista a facilidade na aquisição de conhecimento e representação do raciocínio probabilístico possível, pois considera que o sistema possa apresentar erros, dentro de uma margem previamente estipulada, similar ao desempenho de um especialista humano.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. C. M.; GOUVEIA, L. B. O digital nas instituições de ensino superior: um diagnóstico sobre a percepção docente em uma instituição de ensino superior em Belém do Pará (Brasil). *Braz. J. of Develop.*, v. 6, n. 7, p. 42551-42555, 2020

BARRETO, J.M. *Inteligência Artificial no Limiar do Século XXI*. Florianópolis: J.M. Barreto, 1997.

NORONHA, A. R. M., FERREIRA, I. M.M., BARROSO, R.F.F. Alterações Bucais em Crianças Desnutridas. *Revista Paraense de Odontologia*, v.4, n.1, e.17-20, jan./jun.1999.

NORONHA, A. R. M., FERREIRA, I. M.M. Alterações Bucais em Crianças Desnutridas. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Graduação em Odontologia, Centro de Ciências da Saúde, UFPA, 1999.

RUSSEL, S., NORVIG, P. *Artificial Intelligence – A Modern Approach*. New Jersey: Prentice- Hall, 1995.

STEVENSON, William J. *Estatística aplicada à Administração*. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1981.