

INOVAÇÕES DE APOIO A DECISÃO NA TELEMEDICINA COM CURVAS ROC LIDAS PELA LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA 2v (PARABAYES)

Santos – SP – Maio 2011

Paulo Roberto Schroeder de Souza

Faculdade de Tecnologia Rubens Lara (BS) – CEETEPS

f.rlara.dir@centropaulasouza.sp.gov.br

2.3.3. - Natureza do Trabalho

B - Descrição de Projeto em Andamento

2.3.4. - Classe

1 - Investigação Científica (TC)

RESUMO

Este trabalho foi elaborado através de um estudo analógico, entre os métodos quantitativos e qualitativos utilizados em medicina onde aplicamos o reticulado representativo da Lógica Paraconsistente com anotações de dois valores (LPA2v). Este novo conceito de apoio a decisão médica foi um dos trabalhos desenvolvido durante as pesquisas de tese o qual esclareceremos melhor nesse artigo. A proposta oferecida está na criação de uma nova teoria aplicadas nas curvas ROC¹ no reticulado LPA2v. O que surpreendemos nesta técnica é a coincidência da equivalência da lógica paraconsistente com os nomes textuais da Saúde como falso-positivo, falso-negativo, doentes e não doentes entre outras classificações apresentadas. Obteremos um visão geral da análise do resultado da doença possibilitando um grau de evidência favorável ou desfavorável no estudo presente. (Em Experiência Final)

Palavras-chave: telemedicina; Lógica Paraconsistente; LPA2v; ROC; falso-positivo; falso-negativo.

1 - Introdução

Vamos começar nesse artigo ousadamente definido a palavra **telemedicina** como sendo “**assistência médica à distância**”.

De acordo com a ATA (*American Telemedicine Association*), a Telemedicina é: "*O uso de informação médica veiculada de um local para outro, por meio de comunicação eletrônica, visando à saúde e educação dos pacientes e do profissional médico, para assim melhorar a assistência de saúde*".

A OMS, Organização Mundial de Saúde afirma: "*A oferta de serviços ligados aos cuidados de saúde, nos casos em que a distância é um fator crítico ...*"

ATA, *American Telemedicine Association* acrescenta: "*Além da oferta de serviços ligados aos cuidados de saúde, inclui também a educação remota para o médico e paciente.*"

Vamos adotar como definição de Telemedicina que: "*O conjunto de serviços clínicos e educacionais que são prestados remotamente e que visam a melhoria e eficiência da prestação de cuidados de saúde.*"

Seguindo esse raciocínio, esse trabalho é um aperfeiçoamento de Apoio a Decisão Médica em área específica conforme segue veremos a seguir [11].

Conforme sabemos, as afirmações de exames clínicos, por exemplo, podem ser verdadeiros em uma situação e falsas em outra. Por isso, considerando que toda verdade é incerta, podem-se estabelecer conexões certas entre incertezas. Todo processo lógico racional seria precisamente concebido como um passar com certeza de uma incerteza a outra. Ao abandonar as "verdades lógicas certas" que, quando trazidas à realidade científica, não correspondem aos fatos, trazemos a idéia de que a verdade é algo cumulativo, portanto, a sua verdade e sua falsidade podem ser marcadas mediante Graus de Evidencia Favorável e de Evidência Desfavorável, definidos por Sensibilidade e Especificidade respectivamente [1].

Cada vez que tentamos diagnosticar mais precocemente uma doença que não tem padrão-ouro de diagnóstico, o ônus que temos seria um maior número de pessoas com diagnóstico errado carregando o estigma da doença (os falso-positivos) e arcando com um tratamento caro e desnecessário. Quando falamos que uma abordagem diagnóstica tem 90% de especificidade, significa que 10% dos pacientes teriam um diagnóstico positivo errado. Esta situação tem valor ainda maior quando trabalhamos com segmentos populacionais em que a prevalência da doença é baixa e, assim, o valor preditivo positivo do teste menor (probabilidade de um teste positivo o ser de

fato). O valor preditivo, como foi dito, não depende apenas do teste, mas sim da prevalência da doença em questão. Quanto mais sensível for um teste, melhor será o seu valor preditivo negativo e quanto mais específico for o teste, maior será a segurança que o oftalmologista terá para confirmar um resultado positivo. Mas, voltemos ao problema da prevalência (e lembremos que estamos tratando de uma doença em que a mesma aumenta com a idade): resultados positivos mesmo de um teste muito específico, quando se referem a pacientes com baixa probabilidade de doença, serão em grande parte falso-positivos. Por isso, exames de rastreamento devem ser aplicados a populações de risco[2].

O objetivo deste trabalho é implementar aplicações da Lógica ao campo das Ciências Médicas e para isso buscamos vincular certo valor estrutural de: “Verdadeiro”, “quase-verdadeiro”, “Falso”, “quase-Falso”, “Inconsistente”, “quase-Inconsistente”, “Indefinido” e “quase-Indefinido”, através de Graus de Certeza e de Incerteza. Com este objetivo, procura-se definir princípios lógicos não em termos abstratos, mas, na forma de termos procedimentais aplicáveis ao diagnóstico médico.

O conhecimento incerto é aquele que é discutível e ao qual normalmente associamos uma medida de incerteza que descreva de algum modo crenças para as quais existem certas evidências de apoio. A Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores (LPA2v) é uma classe de Lógica Paraconsistente que trabalha com evidências e que admite contradição de um modo não-trivial. As anotações são representativas de *graus de crença* e de *descrença* atribuídos à proposição, dando-lhe conotações de valoração que iremos estabelecer ao longo do trabalho[3].

2 - Metodologia

A metodologia desta pesquisa consiste em elaborar métodos de “interpretação” de Bayes na LPA2v para diagnóstico médico, considerando a sua estrutura teórica apresentada em trabalhos relevantes de pesquisas anteriores desse artigo [11]. A partir destas “interpretações” são desenvolvidos modos de aplicações que farão tratamento do conhecimento incerto, traduzindo esses conceitos teóricos em práticos e deixando novas referências para outros ramos de aplicação. No mundo real, as inconsistências são importantes e não

podem ser desprezadas porque são as informações contraditórias que trazem fatos relevantes modificando, às vezes, o resultado da análise completamente. A existência da inconsistência é que induz o Sistema que está sob análise a promover buscas, procurando novas e esclarecedoras informações, com consultas a outros informantes, para obter uma conclusão mais confiável [2]. Neste momento, iremos descrever a analogia de curvas ROC, valores calculados por Bayes, podem ser aplicados nas sub-áreas do reticulado da Paraconsistência, procurando descrever os modelos existentes.

Na Tabela 1 temos as células que definem os valores que são usados para cálculos de sensibilidade, especificidade, valores preditivos e outros como definição.

Paciente\ Exame	Doente (d)	Não doente (d')	Total
positivo	Verdadeiramente Doente (A)	Falso Positivo (B)	Total Positivo A+B
negativo	Falso negativo (C)	Verdadeiramente não doente (D)	Total Negativo A+C
	Total doente A+C	Total não doente B+D	Total da População A+B+C+D

Tabela 1 - Mostrando a Matriz de Confusão,
Doença vs Evidência

Com os valores considerados por um período de evidências e aplicados no modelo da tabela 1 podemos obter através de cálculos pela teoria de Bayes, vários valores de sensibilidade e especificidade e assim aplicar o gráfico da Figura 1 que é a curva de ROC [5].

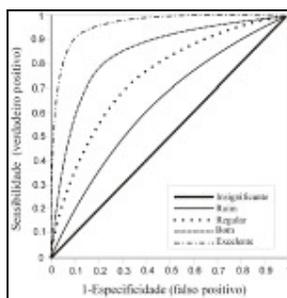


Figura 1 – Curva ROC com níveis de
qualidade de diagnóstico [7]

No gráfico da figura 1, as curvas definem a qualidade do teste. Para cada curva temos vários pontos a serem analisados.

Para a **Sensibilidade**, consideramos a probabilidade do exame ser positivo, teste positivo, dado que o indivíduo é Verdadeiramente Doente = presente.

Mede o quanto o exame acerta entre os doentes.

$$\text{Sensibilidade } \uparrow = \text{falso} - \text{negativo } \downarrow$$

Na **Especificidade**, consideramos a probabilidade de o exame ser negativo, teste negativo, dado que o indivíduo é Verdadeiramente Não-doente = ausente.

$$\text{Especificidade} = p(\text{teste negativo} \setminus \text{ausente}) = d / (b + d)$$

Mede o quanto o exame acerta entre os não-doentes.

$$\text{Especificidade } \uparrow = \text{falso} - \text{positivo } \downarrow$$

Portanto temos como falso-positivo = 1 - especificidade [6]

$$\text{Sensibilidade} = p(\text{teste positivo} \setminus \text{presente}) = a / (a + c)$$

Do lado da Teoria da Lógica Paraconsistência (LPA), podemos dizer quando observamos QUPC (Quadrado Unitário do Plano Cartesiano) (Figura 2) e temos uma das formas de representar a LPA.

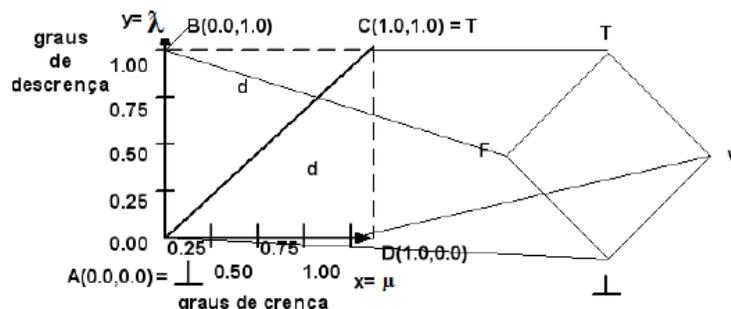


Figura 2 - Quadrado Unitário do Plano Cartesiano da LPA – QUPC [10]

A LPA pode ser estudada em um Quadrado Unitário no Plano Cartesiano (figura 2) no qual são inseridos os graus de Evidência Favorável (Crença) μ e Graus de Evidência Desfavorável (Descrença) λ , no qual definimos dois especialistas, sendo que através desses valores são calculados

os graus de Certeza (Gc) e de Contradição (Gct) (figura 3). Observamos as equações abaixo:

Sendo:

Especialista 1:

μ = Grau de Evidência Favorável

Especialista 2:

Grau de Evidência Desfavorável = $\mu_1 - \mu_2 = \lambda$

onde: $\mu \in [0,1]$

$P\mu$ = Proposição Anotada

$\lambda = 1 - \mu$ $\lambda \in [0,1]$

A partir do Quadrado Unitário podemos calcular os valores dos Graus de Contradição (Gct) e dos Graus de Certeza (Gc) conforme as equações abaixo.

$Gc = \mu - \lambda$ e $Gct = (\mu + \lambda) - 1$

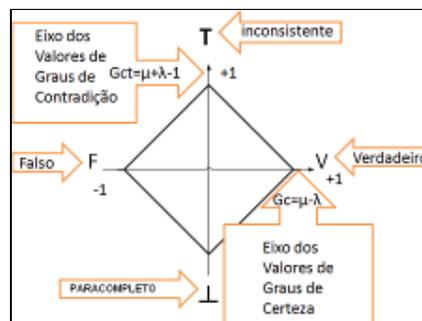


Figura 3 - Eixos dos Graus de Contradição e de Certeza (diagrama de Hasse). [2]

Partindo do diagrama, podemos alocar 12 subáreas nessa subdivisão que serão chamados de resolução de soluções da LPA conforme figura 4.

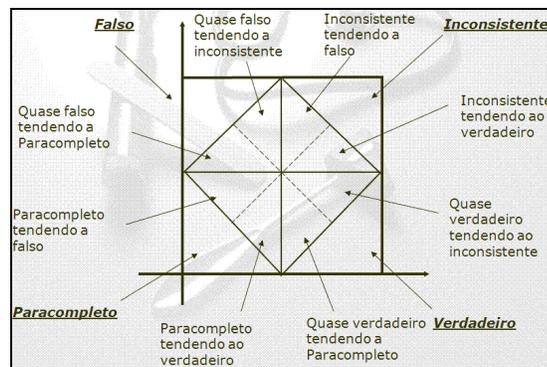


Figura 4 - Definição dos 12 estados com suas respectivas nomenclaturas [5]

3 - Aplicação

Nesta pesquisa apresentada em [5], verificou-se que poderia ser feita uma analogia da LPA com o princípio de Bayes, sendo assim foi elaborado uma tabela comparativa conforme na Tabela 2. Chamaremos essa nova conversão de ParaBayes.

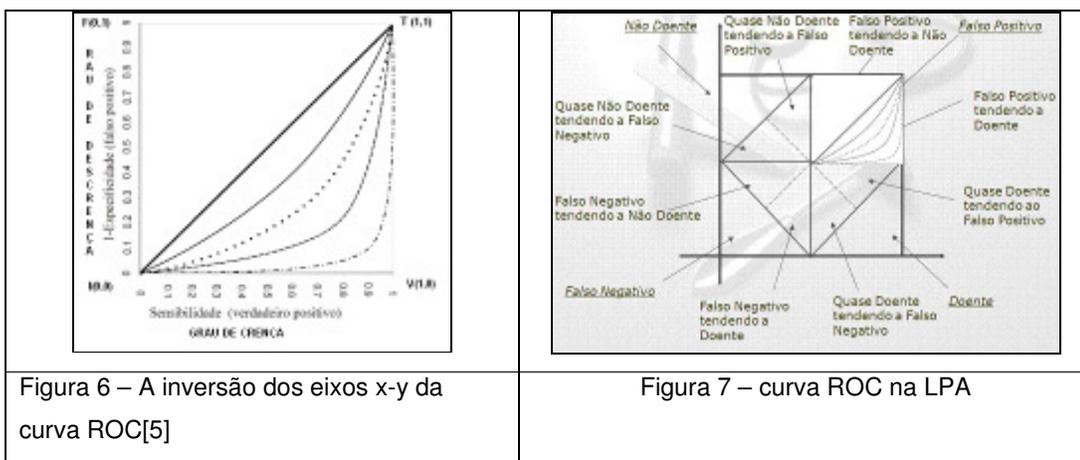
Pela figura 4 mostrado anteriormente, colocamos essa analogia nas figuras 5 e 6.

FALSO	1	NAO DOENTE = ESPECIFICIDADE = VALOR PREDITIVO NEGATIVO	
QUASE FALSO TENDENDO A PARACOMPLETO	2	QUASE NAO DOENTE TENDENDO A FALSO NEGATIVO	
PARACOMPLETO TENDENDO A FALSO PARACOMPLETO	3	FALSO NEGATIVO TENDENDO A NAO DOENTE	
PARACOMPLETO TENDENDO AO VERDADEIRO	4	FALSO NEGATIVO = 1 - SENSIBILIDADE	
QUASE VERDADEIRO TENDENDO A PARACOMPLETO VERDADEIRO	5	FALSO NEGATIVO TENDENDO AO DOENTE	
QUASE VERDADEIRO TENDENDO A INCONSISTENTE	6	QUASE DOENTE TENDENDO A FALSO NEGATIVO	
INCONSISTENTE TENDENDO AO VERDADEIRO INCONSISTENTE	7	DOENTE - SENSIBILIDADE = VALOR PREDITIVO POSITIVO	
INCONSISTENTE TENDENDO A FALSO QUASE FALSO TENDENDO A INCONSISTENTE	8	QUASE DOENTE TENDENDO AO FALSO POSITIVO	
	9	FALSO POSITIVO TENDENDO DOENTE	
	10	FALSO POSITIVO = 1 - ESPECIFICIDADE	
	11	FALSO POSITIVO TENDENDO A NAO DOENTE	
	12	QUASE NAO DOENTE TENDENDO A FALSO POSITIVO	

Tabela 2 – Interpretação da Adaptação e Transição de ParaBayes

Figura 5 – QUPC da LPA Aplicando ParaBayes[5]

O grau de certeza é fornecido pela sensibilidade e o grau de contradição tem-se 1-especificidade.



Agora invertemos a representação da curva ROC e substituímos sua nomenclatura pela área da saúde conforme Figura 6 e 7.

4 - Resultados

Vamos classificar parâmetros da Curva ROC que os servirá como referência de análise conforme Tabela a seguir.

Área (AUC)	Qualidade do diagnóstico
0.9 a 1.0	Excelente
0.8 a 0.9	Bom
0.7 a 0.8	Regular
0.6 a 0.7	Ruim
0.5 a 0.6	Insignificante

Tabela 3: Qualidade do diagnóstico em relação a área da curva ROC [7]

Percebemos também pela tabela que o valor $\frac{1}{2}$ é insignificante, praticamente zero, ou seja, o valor da diagonal no quadrado é irrelevante.

Na Figura 8 abaixo podemos ver dois resultados de testes diagnóstico e perguntamos qual seria o mais apropriado.

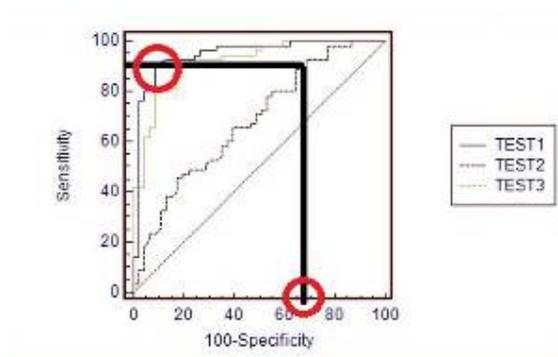


Figura 8 - Exemplo de curva ROC comparando dois testes diagnósticos. Atentar que o teste A tem uma área por sobre a curva muito maior que o teste B[1].

Nesta (Figura 8), poderemos considerando dois especialistas, teste A e teste B, valores que serão definidos como Grau de Evidência Favorável (Sensibilidade) e Grau de Evidência Desfavorável (Falso-positivo = (1-especificidade)), Grau de Certeza na Sensibilidade e Grau de Contradição no Falso –positivo, aplicados na Figura 9.

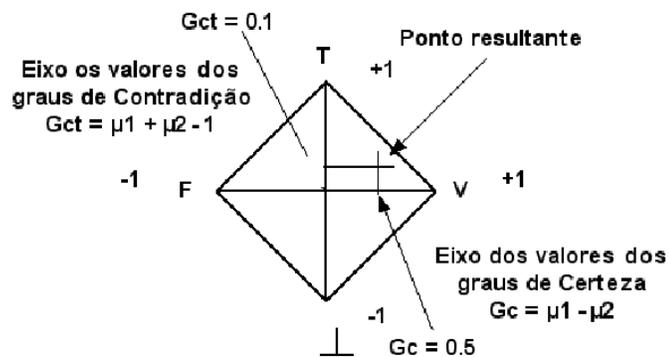


Figura 9 - Demonstrando 2 valores quaisquer de G_c e G_{ct} .

Neste instante teremos para dois especialistas, um único valor como resposta adequada para o apoio a decisão.

5 - Discussão e Conclusões

As técnicas de aplicação do ParaBayes encontradas anteriormente poderão ser utilizadas futuramente para apoio a decisão na telemedicina. Poderão ser usadas as inversões dos eixos que determinarão as áreas AUC na curva ROC. Tomando-se a área AAC (Área Acima (*above*) da Curva) e a AUC (Área Abaixo (*under*) da Curva) e invertendo-as, as considerações feitas através das áreas pré-definidas aplicadas no reticulado da LPA2v poderão ser aplicadas como análise dos resultados. Pode-se, assim, fazer um controle de diagnóstico, dadas as transformações especificadas das 12 áreas pré-definidas como exemplificadas anteriormente.

Partindo desse princípio, temos a idéia do ParaBayes como uma ferramenta a ser desenvolvida futuramente, para ser aplicada em Modelagens dos Sinais (dados) para a área da saúde.

Este trabalho é uma contribuição para o avanço de pesquisas médicas e ser disponibilizado na Rede Mundial de Computadores (Internet), portanto, esperamos que as indicações para aplicações e as conclusões aqui apresentadas e previstas possam servir de base para novos e promissores estudos na área da saúde.

Neste estágio da pesquisa passamos a nos aproximar de valores inexatos para resultados de podemos denominar de quase-verdade, instante que se define próximo a verdade [8,9].

Referências

- [1] DA SILVA FILHO, J. I. *Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores LPA2v com construção de Algoritmo e Implementação de Circuitos Eletrônicos*. 1999. Tese de Doutorado. EPUSP, São Paulo, 1999.
- [2] ALWARD, WL. *apud* PARANHOS JR, A. (2011) Frequency doubling technology perimetry for the detection of glaucomatous visual field loss. *Am J Ophthalmol* 2000; 129(3):376-8.
- [3] DA SILVA FILHO, J.I. *et al.* ;ABE, J.M.; TORRES, G. L. “*Inteligência Artificial com Redes de Análises Paraconsistentes. Teorias e Aplicações*”. Ed.LTC. R.J., 2008.
- [4] MASSAD, E.; DE MENEZES, R. X.; SILVEIRA, P. S. P.; ORTEGA, N. R. S. “*Métodos Quantitativos em Medicina*”, Editora Manole Ltda. - 1.^a Edição, 2004.
- [5] SOUZA, P.R.S. *Métodos De Apoio A Decisão Médica Para Análise Em Diabetes Mellitus Gestacional Utilizando A Probabilidade Pragmática Na Lógica Paraconsistente Anotada De Dois Valores Para Melhor Precisão De Resposta*. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, abril. 2009.
- [6] MASSAD & SILVEIRA. Disciplina de “*Métodos Quantitativos em Medicina*”, mpt-164 / edição 2003. Teorema de Bayes em Medicina. Massad E, Silveira PSP, eds. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://dim.fm.usp.br/bayes/index.php>>. Acesso em: 07.Set.2007.
- [7] CORREIA SILVA, A. *Algoritmos para Diagnóstico Assistido de Nódulos Pulmonares Solitários em Imagens de Tomografia Computadorizada*. 2004. Tese de Doutorado. PUC, Departamento de Informática, Rio de Janeiro, 2004.
- [8] DA COSTA, N. C. A. “*Lógica Indutiva e Probabilidade*”. Editora HUCITEC. 3.^a edição. São Paulo, 2008.
- [9] HIFUME, C. “*Uma Teoria da Verdade Pragmática: A Quase-Verdade de Newton C. A. Da Costa*”. Dissertação de Mestrado. Departamento de Filosofia do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, 2003.
- [10] DA SILVA FILHO, J. I. & ABE, J. M. “*Introdução à Lógica Paraconsistente Anotada*” - Editora Emmy – 1.^a Edição, 2000.
- [11] SOUZA, P.R.S. .Revista Brasileira de Física Médica. ISSN:1984-9001 versão online. ISSN:2176-8978 versão impressa.Vol.5.Pg.24.<<http://www.abfm.org.br/rbfm/>>, abril, 2011.