

TÓPICOS DE SISTEMAS INTELIGENTES BASEADOS EM LÓGICAS NÃO-CLÁSSICAS

JAIR MINORO ABE
(ORG.)



TÓPICOS DE SISTEMAS
INTELIGENTES
BASEADOS EM LÓGICAS
NÃO-CLÁSSICAS

JAIR MINORO ABE
(ORG.)



INSTITUTO DE ESTUDOS AVANÇADOS DA USP

2016

Abe, Jair Minoru, org.

Tópicos de sistemas inteligentes baseados em lógicas não-clássicas /
Jair Minoru Abe,org. – São Paulo, Instituto de Estudos Avançados,WICS,
2016.

197p.

ISBN: 978-85-63007-08-7 (e-book)

1. Sistemas lógicos não clássicos 2. Redes Neurais 3. Lógica
paraconsistente 4. Reconhecimento de imagens (Computação) 5. Tomada
de decisão 6. Automação 7. Robótica I. Título

CDD-511.31

Prefácio

Neste livro são reunidos os trabalhos complementares e convidados que não puderam ser incluídos relativos ao II Workshop on Intelligent Computational Systems (WICS-2014) que se realizou nas dependências da Universidade Paulista, Campus Indianópolis, em 17 de março de 2014. A realização foi patrocinada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista e teve o apoio institucional da Vice-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Paulista, bem como do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo.

A obra compõe-se de contribuições de docentes pesquisadores e discentes de Doutorado. Eles escreveram sobre temas atuais em Computação Inteligente, uma área que vem se estabelecendo de forma sólida na área de Inteligência Artificial ou Sistemas Inteligentes, aliada às Lógicas Não-clássicas, pano de fundo dos tópicos de estudo.

Agradecimentos especiais a Ma. Cristina Corrêa de Oliveira pela ajuda na editoração desta obra.

Jair Minoro Abe

Coordenador do Grupo de Lógica e Teoria da Ciência – IEA-USP

Professor Titular do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - UNIP

Coordenador Geral - II Workshop on Intelligent Computational Systems – WICS 2014

Sumário

Utilização da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial para Controle de uma Unidade Robótica Móvel Autônoma.....	5
Álgebra de Curry N_1 e Álgebra Proposicional N_1	33
Algumas Soluções para o Problema da Amostra Pequena	54
Cálculo Diferencial Integral Paraconsistente	69
Modelo de análise de mamografias através do uso de lógica paraconsistente anotada para auxílio de diagnóstico de patologias da mama.....	97
Redes neurais artificiais paraconsistentes aplicadas no estudo de padrões mutacionais do subtipo F das cepas virais do HIV-1 na terapia antirretroviral.....	116
Reconhecimento de Nevos e Melanomas baseado nas Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes.....	147
Análise de Risco Legal de Seguros Baseado na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$	157
Método Paraconsistente de Avaliação de Desempenho	177
Rede neural artificial paraconsistente na tomada de decisão em transplante Hepático.....	189

Utilização da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial para Controle de uma Unidade Robótica Móvel Autônoma

Cláudio Rodrigo Torres¹

Régis Reis²

^{1,2}Universidade Metodista de São Paulo – UMESP

¹ c.r.t@uol.com.br

Resumo - Mostra-se neste capítulo a possibilidade de implementação de uma variação do Algoritmo Para-analisador na plataforma robótica CRATER. No decorrer do texto apresenta-se a Lógica Paraconsistente Anotada, os robôs móveis autônomos Emmy I e Emmy II, além disso, apresenta-se uma descrição da plataforma robótica CRATER. Apresenta-se duas variações do Algoritmo Para-analisador e sua possível implementação na plataforma robótica CRATER como robô móvel autônomo.

Palavras-chave: Robótica, automação, lógica paraconsistente anotada

Abstract - It is shown in this chapter the possible implementation of a variation of the Para-analyzer Algorithm in the CRATER robotic platform. In the course of the text is presented the Paraconsistent Logic, the Emmy I and Emmy II autonomous mobile robot, moreover, there is a description of the CRATER robotic platform. It is presented two variation of the Para-analyzer Algorithm and their possible implementation in the CRATER robotic platform.

Keywords: Robotics, automation, paraconsistent annotated logic

1 introdução

Apresenta-se neste capítulo a Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ [1-15] como ferramenta para o desenvolvimento de algoritmos a serem implantados em uma plataforma robótica móvel autônoma. Utilizando esta lógica, desenvolveu-se dois algoritmos: o primeiro visa fazer com que a plataforma robótica desvie de obstáculos aleatoriamente distribuídos em um ambiente não estruturado. O segundo algoritmo tem por finalidade fazer com que a plataforma robótica intercepte um objeto em movimento.

Para testar os algoritmos desenvolvidos, foi utilizada a plataforma robótica móvel CRATER, a qual é composta de um conjunto de sensores, atuadores e controlador que possuem todos os requisitos necessários para a implantação e testes dos algoritmos desenvolvidos.

As primeiras aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial no controle de robôs móveis autônomos foram com os robôs Emmy I [16-23], Emmy II [24-33] e Emmy III [34-36]. Os algoritmos de controle implementados na plataforma robótica móvel CRATER são modificações dos algoritmos de controle utilizados nesses robôs.

2 Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$

Antes de apresentar os algoritmos de controle implementados na plataforma robótica CRATER, torna-se necessário apresentar os conceitos básicos da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$.

A Lógica Paraconsistente, nos padrões de rigor atuais, surgiu em 1948, com o lógico polonês Stanisław Jaśkowski (1906 – 1965) e com o lógico brasileiro Newton Carneiro Affonso da Costa em 1954 (nascido em 1929) que, de forma independente, apresentaram as primeiras ideias relacionadas a esta disciplina. Estes estudos iniciais apresentaram a

Lógica Paraconsistente visando sua utilização em trabalhos com contradições de forma não trivial. Em [37] apresentou-se pela primeira vez uma linguagem de programação baseada na Lógica Paraconsistente.

Em 1992 foi estudada a Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$. Na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$, para cada proposição P associa-se um Grau de Evidência Favorável (μ) (ou crença favorável ou ainda outras leituras dependendo da aplicação) e um Grau de Evidência Contrária (λ). Os Graus de Evidência são valores reais entre 0 e 1 que denotam, no caso do Grau de Evidência Favorável, a crença ou a evidência de que a proposição P seja verdadeira. E no caso do Grau de Evidência Contrária o intervalo real fechado entre 0 e 1 denota a descrença ou a evidência de que a proposição P não seja verdadeira.

Define-se o Grau de Certeza como:

$$G_c = \mu - \lambda \quad (1)$$

Também, define-se o Grau de Contradição da seguinte maneira:

$$G_{ct} = (\mu + \lambda) - 1 \quad (2)$$

Dependendo dos valores dos Graus de Evidência podem-se ter quatro estados extremos: verdadeiro, falso, inconsistente e paracompleto.

O estado verdadeiro (V) acontece quando $\mu = 1,0$ e $\lambda = 0,0$.

O estado falso (F) acontece quando $\mu = 0,0$ e $\lambda = 1,0$.

O estado inconsistente (T) acontece quando $\mu = 1,0$ e $\lambda = 1,0$.

O estado paracompleto (\perp) acontece quando $\mu = 0,0$ e $\lambda = 0,0$.

A Figura I mostra graficamente os estados acima descritos.

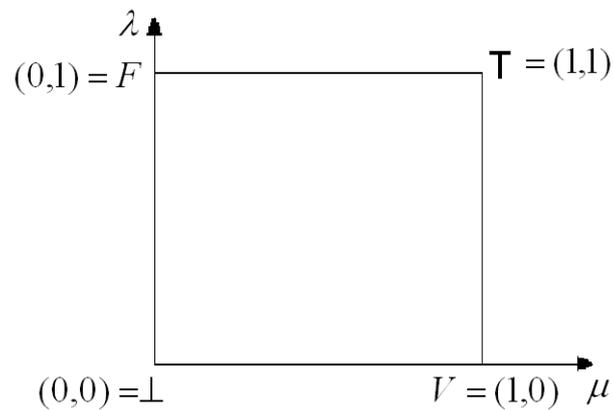


Figura I - Representação gráfica dos estados extremos.

A Figura II apresenta graficamente o Algoritmo Paranalizador.

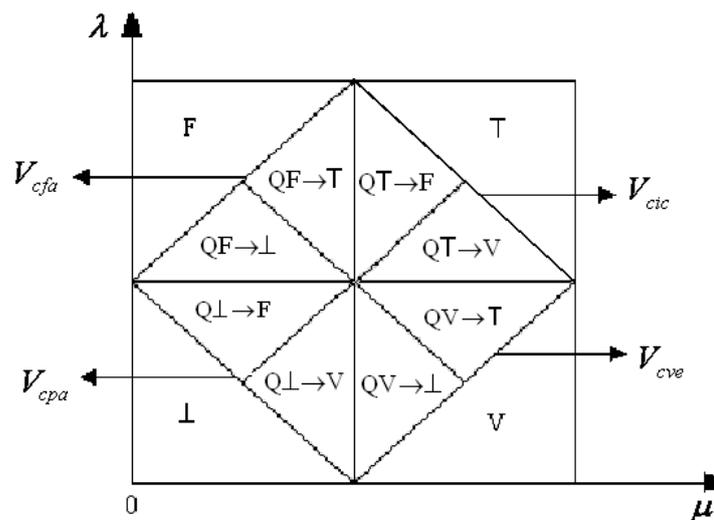


Figura II - Algoritmo paranalizador.

Observa-se, então, que com o Algoritmo Paranalizador, além dos quatro estados extremos, é possível se determinar mais oito estados não extremos. São eles:

QV→T - Quase-verdadeiro tendendo ao inconsistente.

QV→⊥ - Quase-verdadeiro tendendo ao para completo.

QF→T - Quase-falso tendendo ao inconsistente.

$QF \rightarrow \perp$ - Quase-falso tendendo ao paracompleto.

$QT \rightarrow V$ - Quase-inconsistente tendendo ao verdadeiro.

$QT \rightarrow F$ - Quase-inconsistente tendendo ao falso.

$Q\perp \rightarrow V$ - Quase-paracompleto tendendo ao verdadeiro.

$Q\perp \rightarrow F$ - Quase-paracompleto tendendo ao falso.

No Algoritmo Paranalizador também existem quatro valores de controle externos:

V_{cve} – Valor de controle de veracidade, $0 \leq V_{cve} \leq 1$

V_{cfa} – Valor de controle de falsidade, $-1 \leq V_{cfa} \leq 0$

V_{cic} – Valor de controle de inconsistência, $0 \leq V_{cic} \leq 1$

V_{cpa} – Valor de controle de paracompleteza, $-1 \leq V_{cpa} \leq 0$

O tamanho das regiões que representam os estados extremos e não extremos no Algoritmo Paranalizador dependem desses valores de controle externos. A Figura III mostra o Algoritmo Paranalizador quando, por exemplo, se varia V_{cic} .

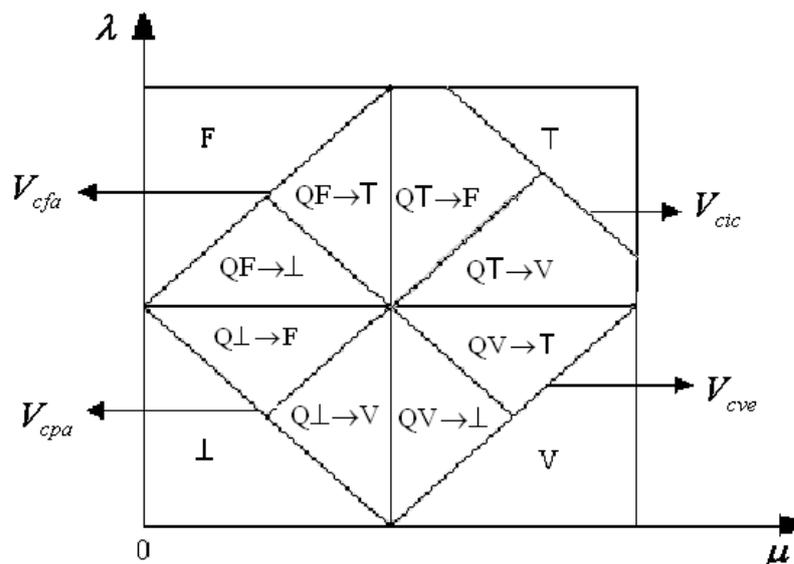


Figura III - Algoritmo paranalizador com uma mudança em V_{cic} .

3 Robô Móvel Autônomo Emmy I

O robô móvel autônomo Emmy I foi construído em 1999 e consiste de uma plataforma móvel de alumínio de formato circular de 30 cm de diâmetro e 60 cm de altura. O robô foi projetado em módulos sobrepostos separados por função no sistema de controle, facilitando a visualização da ação de cada módulo no controle de movimentação do robô.

Na movimentação do robô Emmy I num ambiente não estruturado as informações sobre a existência ou não de obstáculo na sua trajetória são obtidas por intermédio do dispositivo denominado Parasônico. O Parasônico é capaz de captar obstáculos na trajetória do robô transformando-os proporcionalmente as medidas de distância entre o robô e o obstáculo em sinais elétricos, na forma de uma tensão elétrica contínua que pode variar de 0 a 5 volts.

O Parasônico é basicamente composto por dois sensores de ultrassom tipo POLAROID 500 [38] e um Microcontrolador 8051. A função do Microcontrolador 8051 é fazer a sincronização entre as medições dos dois sensores de ultrassom e a transformação da grandeza distância em tensão elétrica.

O sistema de controle de navegação do robô é feito por um Controlador Lógico Paraconsistente - Paracontrol e que recebe e faz o tratamento dos sinais elétricos.

O Paracontrol recebe informações na forma de graus de evidência favorável e contrária, faz uma análise paraconsistente que resulta em sinais representativos de estados lógicos e graus de certeza e de incerteza. As duas formas de saída podem ser utilizadas no controle, dependendo do projeto. O Paracontrol ainda oferece alternativa de ajustes de controle externamente através de potenciômetros.

Com a informação do estado resultante, o microcontrolador decide a ação a ser tomada pelo robô.

A Figura IV mostra as partes principais do robô Emmy I.

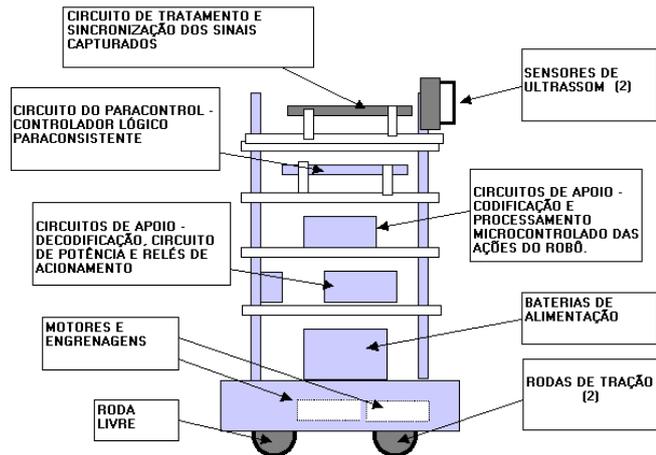


Figura IV – Destaque das partes principais do robô Emmy

O robô Emmy I obteve bons resultados apesar das limitações técnicas como ausência de: múltiplas velocidades, diferentes tipos de sensores, acionamentos de braços mecânicos, sincronização de velocidade entre os motores, amortecedores, freios, etc. Os testes efetuados demonstram que o Paracontrol pode ser aplicado para ajudar a solucionar problemas ligados a navegação de robôs e tratamento de sinais representativos de informações sobre o ambiente. O sistema de controle utilizando o Paracontrol apresenta boa capacidade de modificar o comportamento do robô quando há modificações inesperadas das condições ambientais.

Pode-se ver na Figura V o aspecto físico do robô Emmy I.

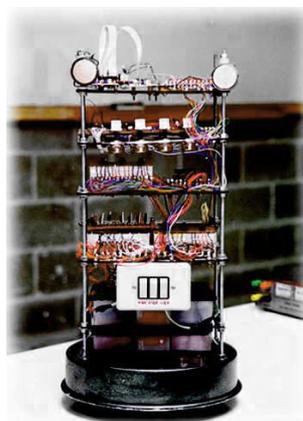


Figura V - Robô Emmy I

4 Robô Móvel Autônomo Emmy II

Investigando-se o controlador do robô Emmy I, chamado de Paracontrol, percebeu-se que o seu funcionamento poderia ser melhorado. Assim, surgiu o robô móvel autônomo Emmy II com objetivo de executar as mesmas funções que o robô Emmy I, mas, com um desempenho mais eficiente.

O robô móvel autônomo Emmy II possui as características mostradas na Figura VI.

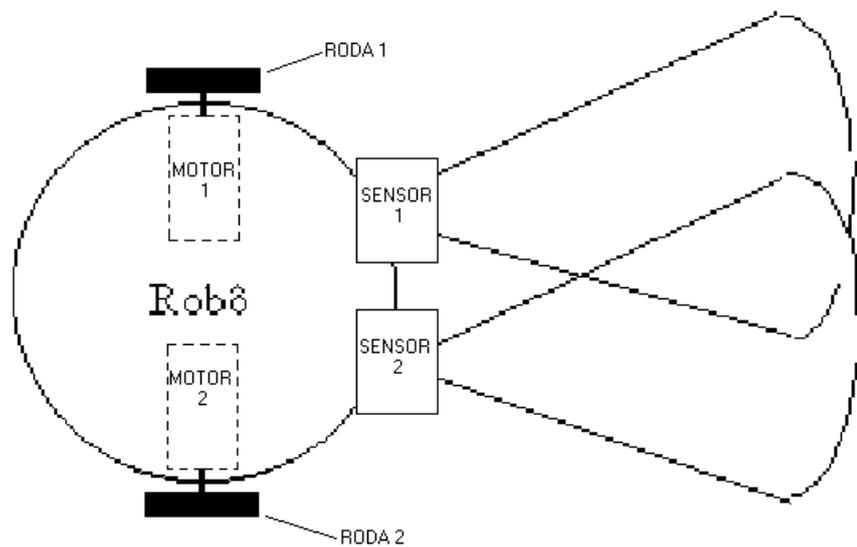


Figura VI - Representação do robô Emmy II.

O robô Emmy II é constituído, basicamente, por dois sensores (S_1 e S_2) e dois motores (motor 1 e motor 2) com rodas presas a seus eixos. Esses elementos estão acoplados a uma plataforma circular de 25cm de diâmetro. Um microcontrolador é responsável por receber os sinais gerados pelos sensores de ultrassom, manipulando-os segundo o algoritmo Para-analisador, e acionar os motores.

O sinal gerado pelo sensor S_1 considera-se como grau de evidência favorável e o sinal originado pelo sensor S_2 considera-se como grau de evidência contrária da proposição

“A frente do robô está livre”. Quando existe um obstáculo próximo ao sensor S_1 o grau de evidência favorável é baixo e quando o obstáculo está distante do sensor S_1 o grau de evidência favorável é alto. Por outro lado, quando existe um obstáculo próximo ao sensor S_2 o grau de evidência contrária é alto e quando o obstáculo está distante do sensor S_2 o grau de evidência contrária é baixo.

O robô decide qual movimento escolher baseado nos valores do grau de evidência favorável, no grau de evidência contrária e no sistema de controle proposto de acordo com o reticulado com os respectivos estados lógicos extremos e não-extremos da Figura VII.

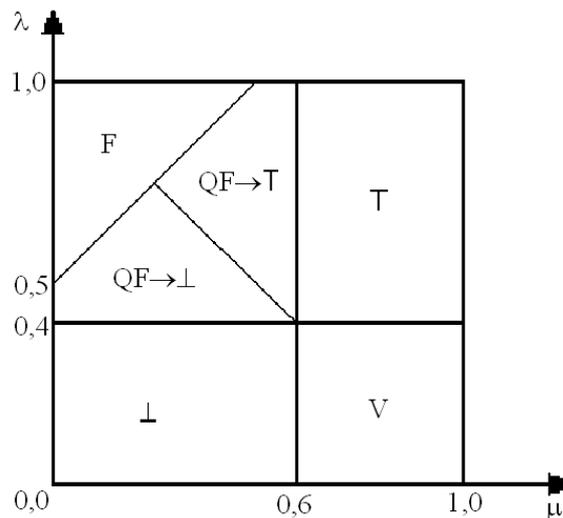


Figura VII - Reticulado com os estados lógicos utilizado pelo robô Emmy II.

A verificação dos valores do grau de evidência favorável e do grau de evidência contrária, tomada de decisão e movimentação dos motores é feita de forma sequencial. Tal sequência de ações é quase imperceptível ao se observar o robô movimentando-se.

Para cada estado, a respectiva decisão é a seguinte:

- Estado V: Ir para frente. Os motores 1 e 2 são acionados para frente¹ ao mesmo tempo.
- Estado F: Ir para trás. Os motores 1 e 2 são acionados para trás ao mesmo tempo.
- Estado \perp : Girar para a direita. Apenas o motor 1 é acionado para frente. Permanecendo o motor 2 parado.
- Estado T: Girar para a esquerda. Apenas o motor 2 é acionado para frente. Permanecendo o motor 1 parado.
- Estado $QF \rightarrow \perp$: Girar para a direita. Apenas o motor 2 é acionado para trás. Permanecendo o motor 1 parado.
- Estado $QF \rightarrow T$: Girar para a esquerda. Apenas o motor 1 é acionado para trás. Permanecendo o motor 2 parado.

As justificativas para as escolhas são as seguintes:

- Quando o estado for Verdadeiro (V), significa que a frente do robô está livre.

Assim, o robô pode seguir em frente.

- Na Inconsistência (T), μ e λ assumem valores altos (i.e., pertencentes à região T). Isto significa que S_1 está distante de um obstáculo e S_2 está próximo de um obstáculo, sendo que o lado esquerdo está mais livre que o direito. Assim, a

¹ Significa obviamente que as respectivas rodas giram fazendo com que o robô se movimente para frente.

Este e outros abusos de linguagem são cometidos ao longo do trabalho.

ação recomendada é girar para a esquerda. Aciona-se apenas o motor 2 para frente e mantendo o motor 1 parado.

- Quando for detectado o estado de Paracompleteza (\perp), μ e λ assumem valores baixos. Isto significa que S_1 está próximo de um obstáculo e S_2 está distante de um obstáculo, sendo que o lado direito está mais livre que o esquerdo. Portanto, a decisão deve ser girar para a direita. Aciona-se apenas o motor 1 para frente e mantendo o motor 2 parado.
- No estado de Falsidade (F), a frente do robô está obstruída por um o obstáculo muito próximo do robô. Portanto, a decisão é recuar.
- No estado Quase-falso tendendo ao Inconsistente ($QF \rightarrow T$), a frente do robô continua obstruída, com as seguintes características: o obstáculo não está tão próximo como na Falsidade e o lado esquerdo está um pouco mais livre do que o direito. A decisão é girar para a esquerda acionando-se apenas o motor 1 para trás e mantendo-se o motor 2 parado.
- No estado Quase-falso tendendo ao Paracompleto ($QF \rightarrow \perp$), a frente do robô continua obstruída, do seguinte modo: o obstáculo não está tão próximo como na falsidade e o lado direito está um pouco mais livre do que o esquerdo. A decisão é girar para a direita, acionando-se apenas o motor 2 para trás e mantendo-se o motor 1 parado.

A plataforma utilizada para a montagem do robô Emmy II possui aproximadamente 25cm de diâmetro e 23cm de altura. Os componentes principais do robô Emmy II são um microcontrolador da família 8051, dois sensores de ultrassom e dois motores de corrente contínua.

Os sensores de ultrassom são responsáveis pela verificação de obstáculos à frente do robô. Os sinais gerados pelos sensores são enviados para o microcontrolador. Os valores do grau de evidência favorável (μ) e do grau de evidência contrária (λ) na proposição “A frente do robô está livre” são determinados pelo microcontrolador com base nos sinais recebidos dos sensores de ultrassom. O microcontrolador também determina o movimento a ser executado pelo robô, ou seja, qual motor deve ser acionado, com base na decisão proveniente do Paracontrol.

A Figura VIII mostra o diagrama em blocos simplificado do robô móvel autônomo Emmy II.

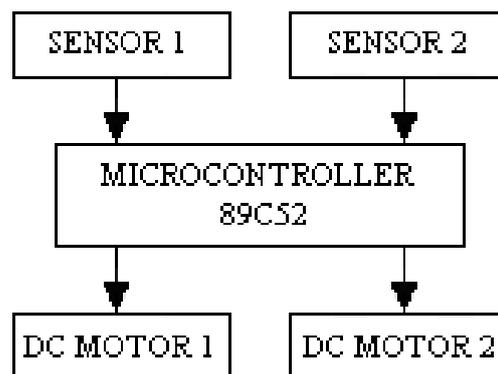


Figura VIII - Diagrama em blocos simplificado do robô Emmy II.

O circuito eletrônico do robô Emmy II se divide em quatro partes:

- Circuito de alimentação.
- Circuito dos sensores.
- Circuito de controle.
- Circuito de atuação.

As Figuras IX, X e XI mostram o robô Emmy II sob diferentes perspectivas.

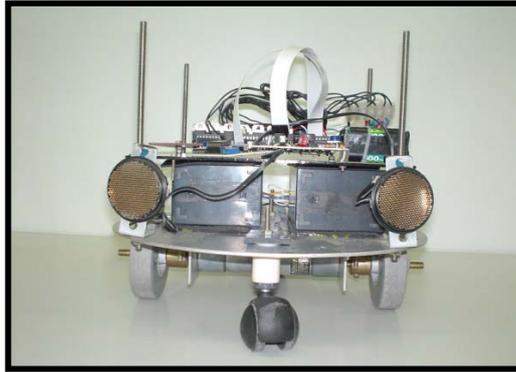


Figura IX - Vista frontal do robô Emmy II, com ênfase nos sensores ultrassônicos.

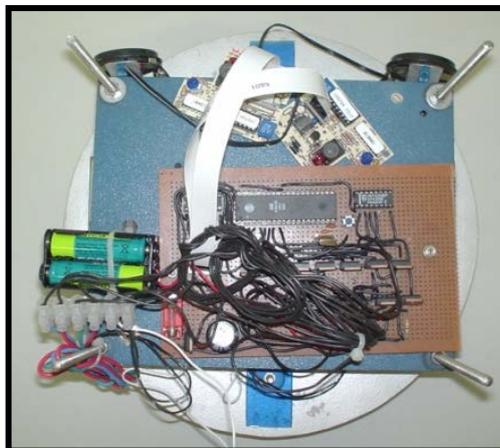


Figura X - Vista superior do robô Emmy II, com ênfase no sistema de controle microprocessado.

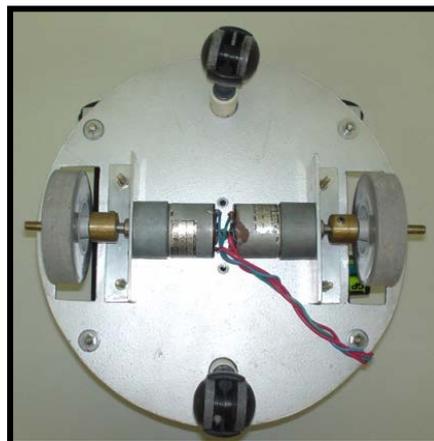


Figura XI - Vista inferior do robô Emmy II, com ênfase na motorização.

O robô Emmy II teve um desempenho satisfatório nos testes realizados, conseguindo desviar da maioria dos obstáculos existentes no ambiente de teste. Entretanto, após a

realização dos testes iniciais, foi contatada a necessidade do desenvolvimento de uma plataforma mais evoluída que contasse, principalmente, com uma maior velocidade de processamento, de modo a executar algoritmos mais elaborados. Neste ponto se iniciou o desenvolvimento da plataforma CRATER.

5 Plataforma Robótica Móvel Crater

Essencialmente, a plataforma robótica móvel CRATER possui as mesmas características da plataforma Emmy II, porém utiliza um conjunto maior e mais desenvolvido de sensores, além de um sistema de controle microprocessado mais eficiente. Adicionalmente, a plataforma CRATER possui algumas mudanças estruturais, que lhe conferem maior flexibilidade e poder de execução de códigos. A figura XII apresenta uma visão geral da plataforma CRATER e a figura XIII ilustra o diagrama de blocos do robô.

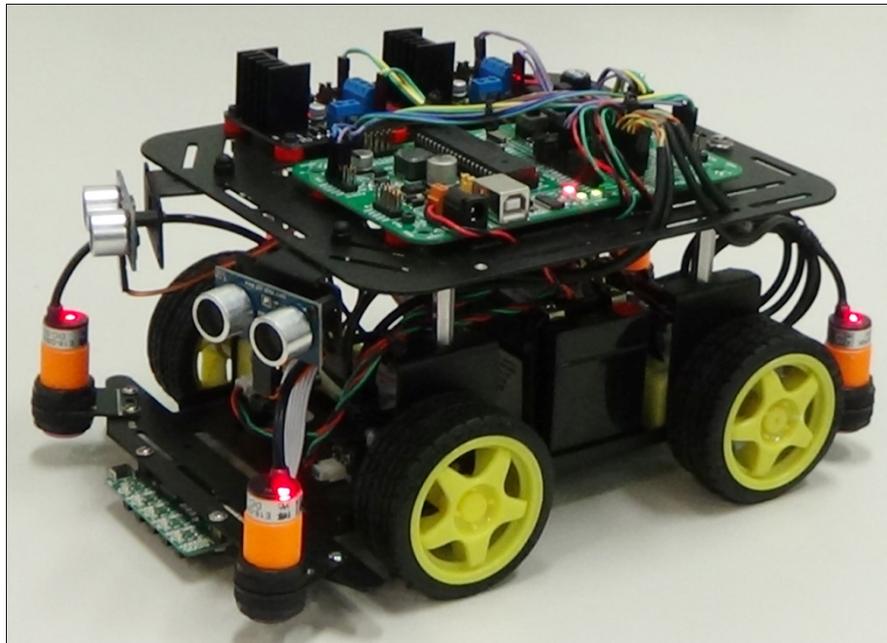


Figura XII - Vista da Plataforma Móvel Autônoma CRATER.

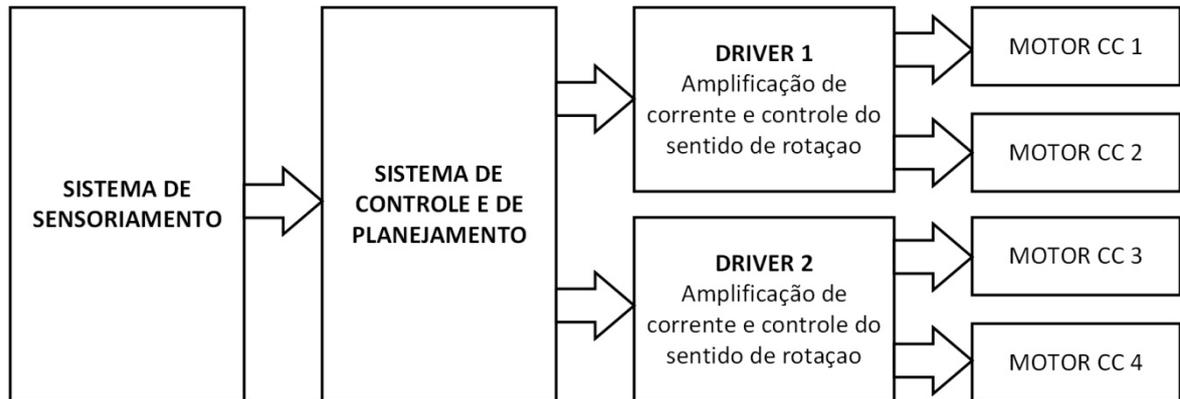


Figura XIII – Esquema de Blocos da Plataforma Móvel Autônoma CRATER.

Como pode ser observado na figura XII, a plataforma é composta por três subsistemas: (1) subsistema de sensoriamento, (2) subsistema de controle e planejamento e (3) subsistema de movimentação, envolvendo os drivers de potência e os motores. Esses três subsistemas formam um sistema de controle de malha fechada, que pode ser observado na Figura XIV.

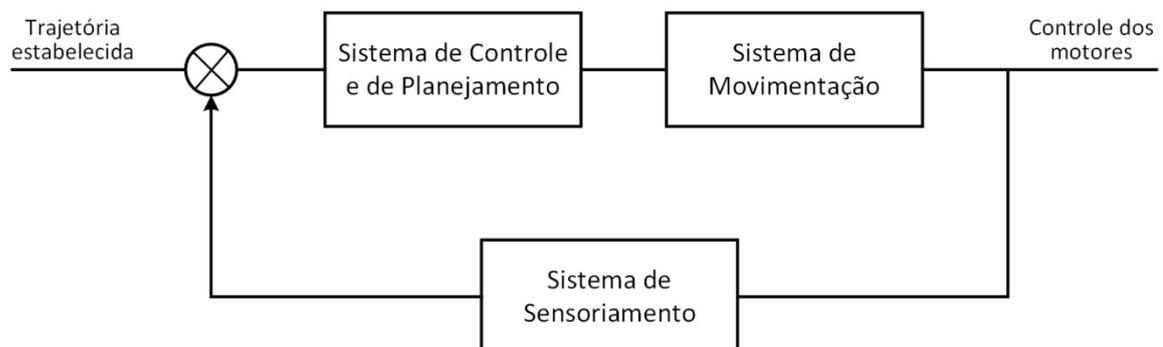


Figura XIV – Sistema de Controle da Plataforma Móvel Autônoma CRATER.

Com relação ao conjunto motriz, este é composto de quatro motores de corrente contínua, cujo acionamento é controlado por dois conjuntos de pontes H duplas, baseadas no circuito

integrado L298N. Uma das pontes H duplas é responsável pelo controle dos motores dianteiros e a outra pelo controle dos motores traseiros.

O conjunto de sensores disponibilizados no robô CRATER é composto de:

4 sensores ópticos apontados para baixo com a finalidade de evitar que o robô caia em degraus ou buracos existentes no chão.

1 sensor seguidor de linha, composto por cinco pequenos sensores ópticos montados lado a lado. Esse conjunto de sensores pode ser programado para fazer com que o robô siga uma linha preta existente em um chão claro.

2 *encoders* montados nos eixos das rodas dianteiras. Possuem a finalidade de medir a distância dos deslocamentos realizados pelo robô.

2 sensores de ultrassom. Possuem a finalidade de detectar e determinar a distância de obstáculos que se encontram no caminho percorrido pelo robô.

A Figura XV ilustra o posicionamento dos sensores e dos motores na plataforma móvel autônoma CRATER.

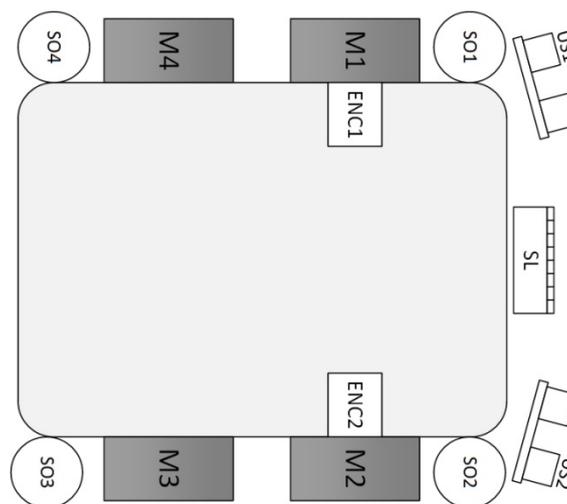


Figura XV – Esquema de Blocos da Plataforma Móvel Autônoma CRATER.

Para executar os algoritmos que irão definir o comportamento da plataforma robótica, é utilizado um sistema microcontrolado baseado no microcontrolador PIC18F4550. Este sistema recebe os sinais enviados pelos sensores, executa os procedimentos estabelecidos pelo programa implantado, e atua sobre os motores, definindo a movimentação que será realizada pelo robô.

6 Algoritmos Desenvolvidos

Para a aplicação da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ na plataforma CRATER foram desenvolvidos dois algoritmos. O primeiro faz com que a plataforma robótica desvie de obstáculos fixos. O segundo algoritmo tem por finalidade fazer com a plataforma robótica intercepte um objeto em movimento.

6.1 Algoritmo para desvio de objetos fixos.

O primeiro problema considerado para a implantação na plataforma robótica foi o de desvio de obstáculos fixos. Neste caso, procurou-se desenvolver um algoritmo que permitisse ao robô se movimentar em um ambiente não estruturado, com obstáculos fixos aleatoriamente distribuídos. Neste ambiente, o robô se movimentará sempre para a frente, sem um destino predefinido, apenas desviando dos obstáculos que possam surgir em sua trajetória. O robô decide qual movimento escolher baseado nos valores do grau de evidência favorável, no grau de evidência contrária e no sistema de controle proposto de acordo com o reticulado com os respectivos estados lógicos extremos e não-extremos ilustrados na Figura 16. Esse algoritmo é muito similar ao algoritmo de controle implementado no Robô Emmy II.

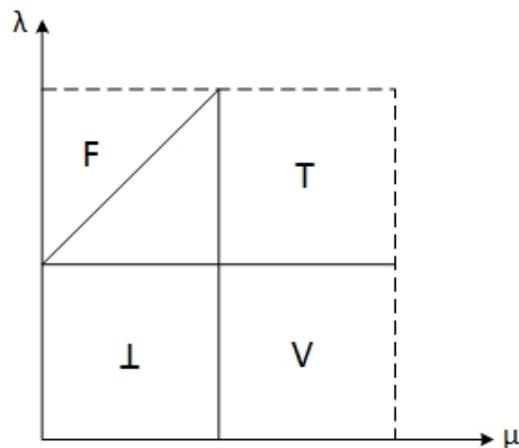


Figura 16 - Reticulado com os estados lógicos utilizado pelo algoritmo de desvio de obstáculos

Para o desenvolvimento do algoritmo, foram utilizadas as seguintes considerações:

Proposição: A frete do robô está livre.

μ = sinal do sensor direito.

$\lambda = 1 - (\text{sinal do sensor esquerdo})$.

V (verdadeiro) – seguir em frente.

F (falso) – ir para trás.

T – Gira para a direita (μ alto significa que a direita do robô está livre; λ alto significa que a esquerda está obstruída).

⊥ – Gira para a esquerda (μ baixo significa que a direita do robô está obstruída; λ baixo significa que a esquerda está livre).

O algoritmo desenvolvido para esta condição de deslocamento se encontra ilustrado na figura XVII.

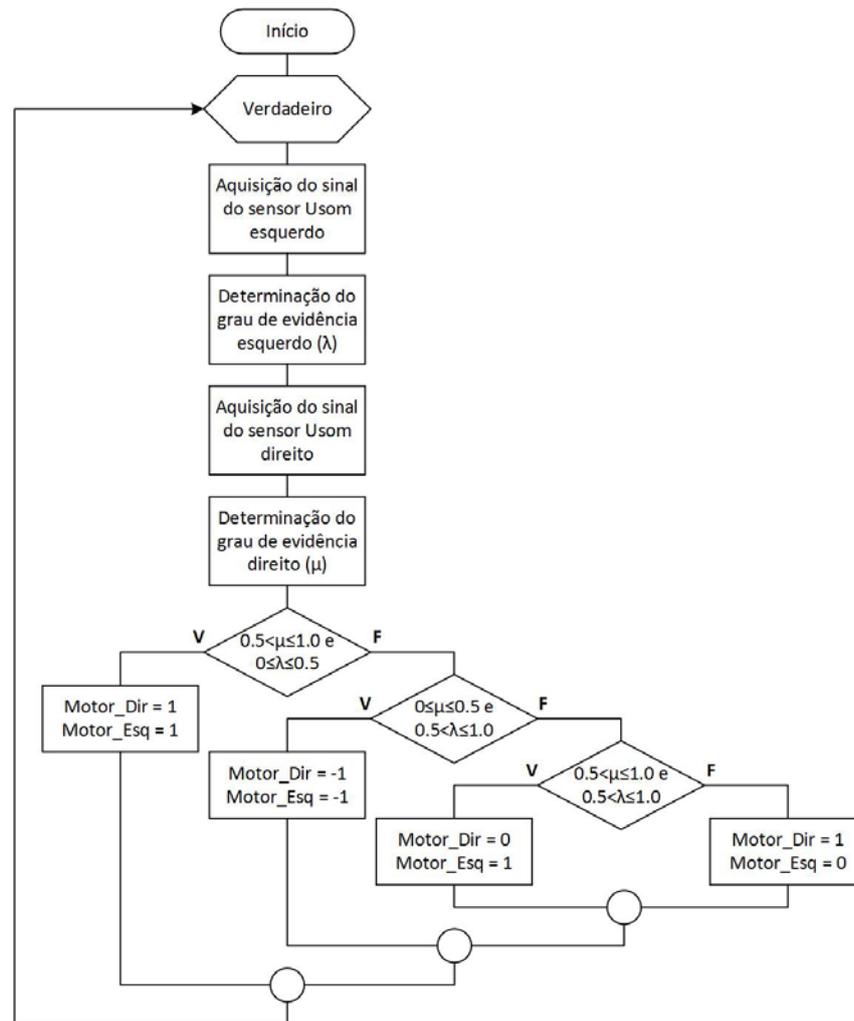


Figura XVII Fluxograma com a estrutura lógica utilizada para o desvio de obstáculos utilizando a lógica paraconsistente anotada.

6.2 Algoritmo para interceptação de objetos móveis.

Um segundo algoritmo foi desenvolvido com a finalidade de interceptação de objetos móveis. Neste caso, o robô deve localizar o objeto e traçar uma rota de modo a interceptá-lo. Este algoritmo foi desenvolvido tendo em vista ser utilizado em plataformas móveis utilizadas em competições de sumô de robôs.

Utilizando o mesmo conceito abordado no algoritmo anterior, o robô decide qual movimento escolher baseado nos valores do grau de evidência favorável, no grau de

evidência contrária e no sistema de controle proposto de acordo com o reticulado com os respectivos estados lógicos extremos e não-extremos ilustrados na Figura XVIII.

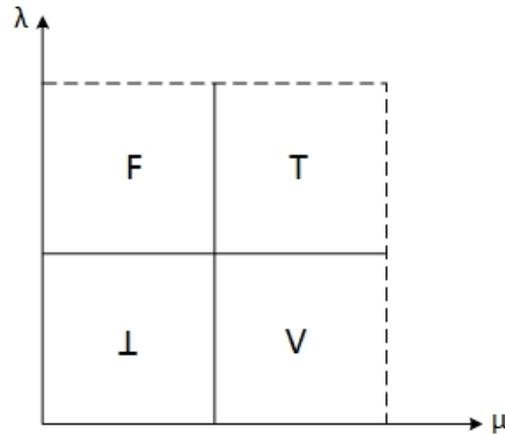


Figura XVIII - Reticulado com os estados lógicos utilizado pelo algoritmo de interceptação de objeto em movimento.

Para o desenvolvimento do algoritmo, foram utilizadas as seguintes considerações:

Proposição: A frente do robô está livre.

μ = sinal do sensor direito.

$\lambda = 1 -$ (sinal do sensor esquerdo).

V (verdadeiro) – Girar até encontrar o objeto em movimento (ou seja, até sair do estado verdadeiro).

F (falso) – seguir em frente.

T – Gira para a esquerda (μ alto significa que a direita do robô está livre; λ alto significa que a esquerda está obstruída).

L – Gira para a direita (μ baixo significa que a direita do robô está obstruída; λ baixo significa que a esquerda está livre).

O algoritmo desenvolvido para esta condição de deslocamento se encontra ilustrado na figura XIX.

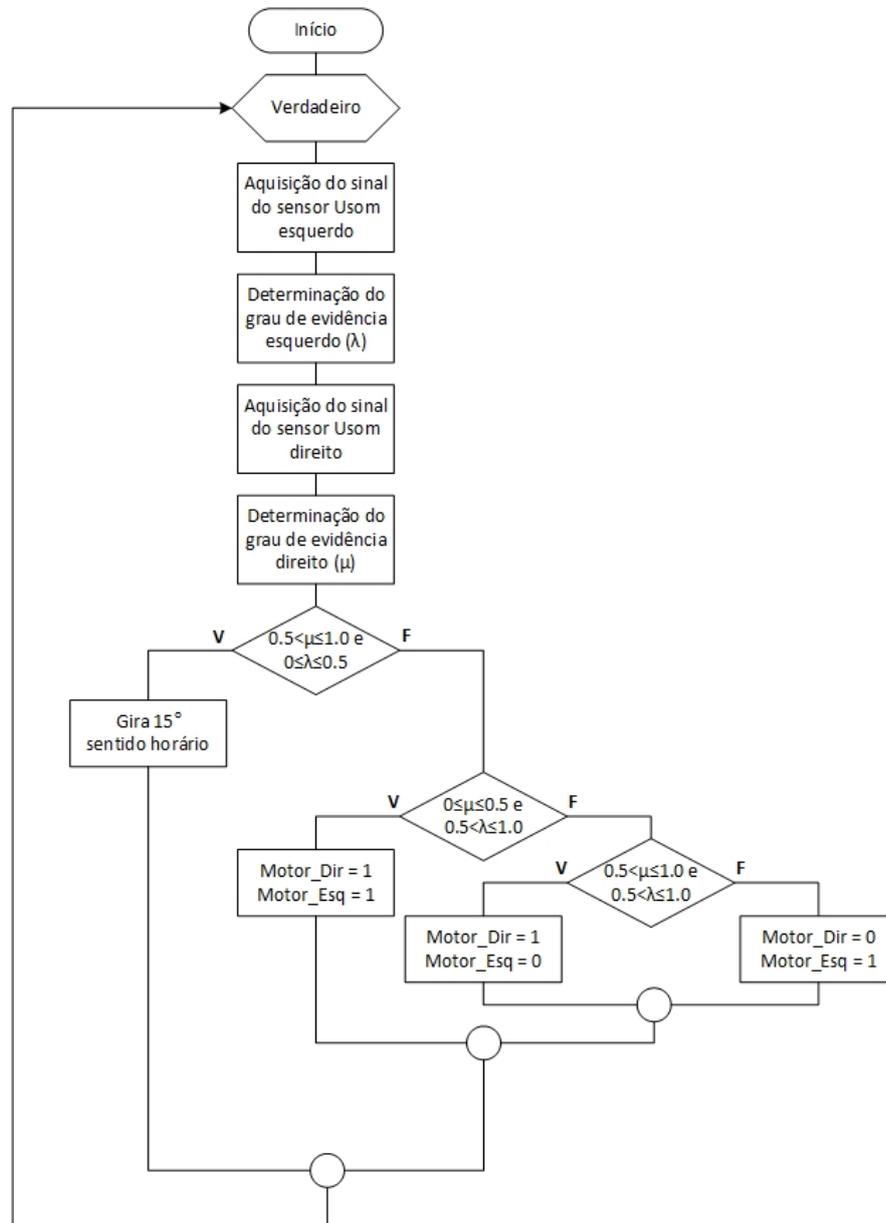


Figura XIX – Fluxograma com a estrutura lógica utilizada para a interceptação de objetos em movimento utilizando a lógica paraconsistente anotada.

7 CONCLUSÕES

Os algoritmos de controle propostos neste texto ainda não foram implementados na plataforma robótica CRATER. Espera-se que esses algoritmos sejam implementados e testados no segundo semestre de 2014. Desta forma, os algoritmos de controle poderão ser refinados até a robô móvel autônomo CRATER tenha um funcionamento adequado.

8 Referências

- [1] ABE, J. M. **Fundamentos da Lógica Anotada**. 1992. 135 fl. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.
- [2] ABE, J. M. Some Aspects of Paraconsistent Systems and Applications. **Logique et Analyse**, v. 157, p. 83-96, 1997.
- [3] ABE, J. M. Annotated logics $Q\tau$ and model theory, in Logic, Artificial Intelligence, and Robotics. In: 2ND CONGRESS OF LOGIC APPLIED TO TECHNOLOGY – LAPTEC’2001. In: ABE, J.M.; DA SILVA FILHO, J. I. [eds.] **Frontiers in Artificial Intelligence and Its Applications**. Amsterdam/Tokyo: IOS Press/Ohmsha, v. 71, p. 1-12, 287, 2001.
- [4] ABE, J. M. & AKAMA, S. A Logical System for Reasoning with Fuzziness and Inconsistencies. In: IASTED INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTITFICIAL INTELLIGENCE AND SOFT COMPUTING (ASC’99). **Anais...** Honolulu, Hawaii, USA, 1999, p. 221-225.

[5] ABE, J. M.; ÁVILA, B. C.; NAKAMATSU, K. Paraconsistent Annotated Logic Programming – Paralog. **International Journal of Computing Anticipatory Systems**, v. 6, p. 51-65, 1999.

[6] ABE, J. M. & DA SILVA FILHO, J. I. Inconsistency and Electronic Circuits. In: INTERNATIONAL ICSC SYMPOSIUM ON ENGINEERING OF INTELLIGENT SYSTEMS (EIS'98). v 3. ALPAYDIN, E. [ed.]. **Artificial Intelligence**, ICSC Academic Press International Computer Science Conventions, Canada/Switzerland, p. 191-197, 1998.

[7] AKAMA, S. & ABE, J. M. Fuzzy annotated logics. In: 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION PROCESSING AND MANAGEMENT OF UNCERTAINTY IN KNOWLEDGE BASED SYSTEMS, IPMU'2000. **Anais...** Universidad Politécnica de Madrid (Spain), jul. 3-7, 2000, Madri, Espanha, v. 1, 504-508, 2000.

[8] DA COSTA, N. C. A.; ABE, J. M.; SUBRAHMANIAN, V. S. Remarks on Annotated Logic. **Zeitschrift fur Mathematische Logik und Grundlagen der Mathematik**, v. 37, p.561-570, 1991.

[9] DA COSTA, N. C. A.; ABE, J. M.; DA SILVA FILHO, J. I.; MUROLO, A. C.; LEITE, C. F. S. **Lógica Paraconsistente Aplicada**. São Paulo: Atlas, 1999.

[10] DA COSTA, N. C. A.; PRADO, J. P. A.; ABE, J. M.; ÁVIVA, B. C.; RILLO, M. Paralog: Um Prolog Paraconsistente Baseado Em Lógica Anotada. Coleção Documentos Série **Lógica e Teoria da Ciência**, col. Documentos, IEA - USP, São Paulo, n.18, p.1 - 28, 1995.

[11] DA SILVA FILHO, J. I. **Implementação de Circuitos Lógicos Fundamentados em Uma Classe de Lógicas Paraconsistentes Anotada**. 1997. 131 fl. Tese (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

[12] NAKAMATSU, K.; ABE, J.M.; SUZUKI, A. Defeasible Reasoning Between Conflicting Agents Based on VALPSN. AMERICAN ASSOCIATION FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE - AAAI'99, AAAI Press – American Association for Artificial Intelligence, Menlo Park, California, USA, p. 20-27, 1999.

[13] NAKAMATSU, K.; ABE, J.M.; SUZUKI, A. Annotated Semantics for Defeasible Deontic Reasoning, Rough Sets and Current Trends in Computing, THE SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROUGH SETS AND CURRENT TRENDS IN COMPUTING - RSCTC'2000. Banff, Canada, Lecture Notes in Artificial Intelligence series, LNAI 2005, Springer-Verlag, 470-478, 2000.

[14] SCALZITTI, A.; DA SILVA FILHO, J. A.; ABE. A Formalization for Signal Analysis of Information in Annotated Paraconsistent Logics. In: 2ND CONGRESS OF LOGIC APPLIED TO TECHNOLOGY – LAPTEC'2001. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, IOS Press, Amsterdam, v. 71, p.215-223, p. 286, 2001.

[15] SYLVAN, R. & ABE, J. M. On general annotated logics, with an introduction to full accounting logics. **Bulletin of Symbolic Logic**, n. 2, p. 118-119, 1996.

[16] DA SILVA FILHO, J. I. **Métodos de aplicações da lógica paraconsistente anotada com anotação com dois valores LPA2v com construção de algoritmo e implementação de circuitos eletrônicos**. 1999. 115 fl. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

[17] DA SILVA FILHO, J. I. & ABE, J.M. Para-Fuzzy Logic Controller – Part I: A New Method of Hybrid Control Indicated for Treatment of Inconsistencies Designed with the Junction of the Paraconsistent Logic and Fuzzy Logic. In: INTERNATIONAL ICSC CONGRESS ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE METHODS AND APPLICATIONS - CIMA'99. 1999. Rochester Institute of Technology, RIT, Rochester, N.Y., USA.

[18] DA SILVA FILHO, J. I. & ABE, J. M. Para-Fuzzy Logic Controller – Part II: A Hybrid Logical Controller Indicated for Treatment of Fuzziness and Inconsistencies. In: INTERNATIONAL ICSC CONGRESS ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE METHODS AND APPLICATIONS - CIMA'99. 1999b. Rochester Institute of Technology, RIT, Rochester, N.Y., USA.

[19] DA SILVA FILHO, J. I. & ABE, J. M. Para-Analyser and Inconsistencies in Control Systems. In: IASTED INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND SOFT COMPUTING (ASC'99). **Anais...** Honolulu, Hawaii, USA, ago. 9-12, p. 78-85, 1999c.

[20] DA SILVA FILHO, J. I. & ABE, J. M. Emmy: a paraconsistent autonomous mobile robot, in Logic, Artificial Intelligence, and Robotics. In: 2ND CONGRESS OF LOGIC APPLIED TO TECHNOLOGY – LAPTEC'2001. In: ABE, J.M.; DA SILVA FILHO, J. I. [eds.] **Frontiers in Artificial Intelligence and Its Applications**. Amsterdam/Tokyo: IOS Press/Ohmsha, v. 71, p. 53-61, 287, 2001.

[21] DA SILVA FILHO, J. I. & ABE, J. M. Paraconsistent electronic circuits. **International Journal of Computing Anticipatory Systems**, v. 9, p.337-345, 2001b.

[22] DA SILVA FILHO, J.I. & ABE, J. M. Para-Control: An Analyser Circuit Based On Algorithm For Treatment of Inconsistencies. In: WORLD MULTICONFERENCE ON SYSTEMICS, CYBERNETICS AND INFORMATICS, ISAS. SCI 2001, Vol. XVI, Cybernetics and Informatics: Concepts and Applications (Part I), p. 199-203, Orlando, Florida, USA, 2001d.

[23] SILVA FILHO, J. I., TORRES, C. R. & ABE, J. M. Robô Móvel Autônomo Emmy: Uma Aplicação Eficiente da Lógica Paraconsistente Anotada, **Seleção Documental**, ISSN 1809-0648, Número 3, Editora ParaLogike, Santos – São Paulo, pág. 19-26, Julho-Setembro/2006.

[24] TORRES, C. R. **Sistema Inteligente Paraconsistente para Controle de Robôs Móveis Autônomos**. 2004. 85 fl. Tese (Mestrado). Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Itajubá.

[25] TORRES, C. R.; ABE, J. M.; LAMBERT-TORRES, G. Sistema Inteligente para Controle de Robôs Móveis Autônomos. I WORKSHOP UNIVERSIDADE–EMPRESA EM AUTOMAÇÃO, ENERGIA E MATERIAIS. **Anais...** Taubaté, São Paulo, 2004.

[26] TORRES, C. R.; ABE, J. M.; LAMBERT-TORRES, G. Robô Móvel Emmy II. **Coleção Documentos**, s. Lógica e Teoria da Ciência, IEA-USP, n. 58, p. 1-14, 2005.

[27] TORRES, C. R., ABE, J. M. & LAMBERT-TORRES, G. Sistema Inteligente para Controle de Robôs Móveis Autônomos, Coleção Documentos, Série Lógica e Teoria da Ciência, IEA-USP, ISSN 16799429, Número 58, pág. 15-28, 2005b.

[28] TORRES, C. R., ABE, J. M.; LAMBERT-TORRES, G. Robô Móvel Autônomo Emmy II, **Seleção Documental**, n. 4, ed. ParaLogike, Santos, São Paulo, p. 5-10, out./dez. de 2006.

[29] TORRES, C. R.; LAMBERT-TORRES, G.; SILVA, L. E. B. da; ABE, J. M. Intelligent System of Paraconsistent Logic to Control Autonomous Moving Robots. In: 32ND ANNUAL CONFERENCE OF THE IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY. Paris: IEEE Press, 2006.

[30] ABE, J. M.; TORRES, C. R.; LAMBERT-TORRES, G.; NAKAMATSU, K.; KONDO, M. Intelligent Paraconsistent Logic Controller and Autonomous Mobile Robot Emmy II. **Lecture Notes in Computer Science**, v. 4252, p. 851-857, 2006.

[31] ABE, J. M., TORRES, C. R., LAMBERT-TORRES, G., NAKAMATSU, K., KONDO, M. Intelligent Paraconsistent Logic Controller and Autonomous Mobile Robot Emmy II. In: 10th International Conference on Knowledge-Based, Intelligent Information & Engineering Systems, KES2006, 2006, Bournemouth. Proceedings of the 10th International Conference on Knowledge-Based, Intelligent Information & Engineering Systems. Bournemouth - UK : KES Pub., 2006b.

[32] TORRES, C. R., ABE, J. M., LAMBERT-TORRES, G. Sistema Inteligente Paraconsistente para Controle de Robôs Móveis Autônomo. **Seleção Documental**, ISSN 1809-0648, Número. 7, Editora ParaLogike, Santos – São Paulo, pág. 13-18, Julho-Setembro/2007.

[33] TORRES, C. R. & BOMBACINI M. R. Robô Autônomo com Sistema de Controle microprocessado e Fundamentado em Lógica Paraconsistente. **Seleção Documental**, n. 5, ed. ParaLogike, Santos, São Paulo, p. 14-18, jan./mar. de 2007.

[34] ABE, J. M.; LAMBERT-TORRES, G.; DA SILVA FILHO, J. I.; TORRES, C. R.; MARTINS, H. G. Paraconsistent Autonomous Mobile Robot Emmy III. In: 6TH

CONGRESS OF LOGIC APPLIED TO TECHNOLOGY – LAPTEC'2007. **Proceedings of the VI Congress of Logic Applied to Technology.** Santos, São Paulo, 2007.

[35] TORRES, C. R.; ABE, J. M.; LAMBERT-TORRES, G.; DA SILVA FILHO, J. I., MARTINS, H. G. Autonomous Mobile Robot Emmy III. In: Nakamatsu, K.; Phillips-Wren, G.; Jain, L.C.; Howlett, R. J.[Orgs.]. **New Advances in Intelligent Decision Technologies**, 1ª ed. Helderberg: Springer-Verlag, 2009, v. 199, p. 317-327.

[36] ABE, J. M.; TORRES, C. R.; LAMBERT-TORRES, G.; DA SILVA FILHO, J. I.; MARTINS, H. G. Paraconsistent Autonomous Mobile Robot Emmy III. In: TORRES, G. L.; J.M. ABE; J. I. DA SILVA FILHO; H. G. MARTINS. [Orgs.]. **Advances in Technological Applications of Logic and Intelligent Systems**. 1 ed. Amsterdam: IOS Press, 2009, v. 186, p. 236-258.

[37] SUBRAHMANIAN, V.S., On the Semantics of Quantitative Logic Programs, In: 4TH IEEE SYMPOSIUM ON LOGIC PROGRAMMING, COMPUTER SOCIETY PRESS. **Anais...** Washington D.C. 1987, p 173-182.

[38] POLAROID, Manual do sensor de ultrassom com sistema POLAROID 500, 1996.

Álgebra de Curry N_1 e Álgebra Proposicional N_1

Jair Minoro Abe^{1,2}

¹Instituto de Estudos Avançados – Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

²Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Paulista, São Paulo, Brasil

jairabe@uol.com.br

Resumo - Em uma série de trabalhos anteriores (ver [3], [5]) apresentamos uma algebrização de sistemas lógicos não clássicos (sistema C_1 , sistema P_1) empregando-se idéias de Rosenbloom, P.C. (1950), The Elements of Mathematical Logic [37]. Neste, apresentamos um estudo algébrico dos sistemas não-aléticos N_n ($1 \leq n \leq \omega$) elaborados e estudados por Da Costa [20], empregando-se a metodologia de Rosenbloom e sua correlação com as álgebras de Curry N_1 .

Palavras-chave: Lógica Algébrica, Lógica Paraconsistente, Lógica Não-alética, Álgebra de Rosenbloom, Álgebra de Curry

Abstract - In a series of previous studies (see [3], [5]) we've presented an algebrization of non-classical logic systems (system C_1 , system P_1) employing ideas of Rosenbloom, PC (1950), The Elements of Mathematical Logic [37]. In this work, we present an algebraic study of non-alethic systems N_n ($1 \leq n \leq \omega$) elaborated and studied by Da Costa [20], employing the Rosenbloom's methodology and its correlation with Curry algebras N_1 .

Keywords: Algebraic Logic, Paraconsistent Logic, Non-alethic logic, Rosenbloom Algebra, Curry Algebra

1 Introdução

A lógica não-alética engloba características das lógicas paraconsistente e paracompleta. Assim, no raciocínio proposicional não-alético aparecem exemplos nos quais uma proposição e sua negação são ambas verdadeiras (e, desse modo, derogando o princípio da contradição) e exemplos nos quais uma proposição e sua negação são ambas falsas (e, desse modo, derogando o princípio do terceiro excluído).

Até poucas décadas atrás, o modelo mais estabelecido para o funcionamento do cérebro humano era, sem dúvida, o sistema Booleano. Porém, com a abrangência que a lógica vem adquirindo através dos anos, sustentar tal posição nos parece inadequada. Com efeito, com o avanço da Informática, técnicas computacionais sofisticadas, aplicações as mais variadas no mundo real, etc. nos faz indicar que o modelo mais adequado para a parte funcional do cérebro humano não seja mais a Booleana, e, sim, no modelo não-alético. Afinal, em muitos aspectos, nosso cérebro manipula contradições e/ou paracompletezas. Seres humanos certamente mantem crenças conflitantes, raciocínios paracompletos, metas contraditórias, etc. ao longo de suas vidas. O lógico polonês Stanisław Jaśkowski (1906 – 1965) chegou mesmo a justificar o cultivo de seu sistema discussivo (ou discursivo) (que é um tipo de lógica paraconsistente) dizendo que nosso discurso é inconsistente.

Neste relatório apresentamos uma versão algébrica dos sistemas não-aléticos N_n ($1 \leq n \leq \omega$) elaborados e estudados por Da Costa [20], Nosso estudo baseia-se nas concepções de Paul Rosenbloom [37].

2 Algebrização dos sistemas proposicionais não-aléticos N_n ($1 \leq n < \omega$)

As lógicas não-aléticas foram descobertas quando se clarificou a dualidade dos sistemas paraconsistentes C_n ($1 \leq n < \omega$). Tais sistemas duais são as lógicas conhecidas como lógicas paracompletas P_n ($1 \leq n < \omega$) que infringem o princípio do terceiro excluído: de duas proposições contraditórias p e $\neg p$ uma deve ser falsa. Verificou-se que se podiam edificar lógicas com características paraconsistentes e paracompletas simultaneamente. Tais lógicas foram nomeadas não-aléticas. Em [20] introduziu-se os sistemas proposicionais não-aléticos N_n ($1 \leq n < \omega$). Convém observar que há lógicas paraconsistentes e que não são paracompletas e vice-versa, ou seja, são conceitos matematicamente independentes. Hoje se conhecem muitos sistemas não-aléticos, incluindo os importantes sistemas anotados. Aplicamos o conceito de sistema de Curry para obter uma algebrização dos sistemas N_n ($1 \leq n < \omega$).

3 As lógicas não-aléticas N_n ($1 \leq n < \omega$)

Nesta seção, resumimos uma família de cálculos proposicionais não aléticos N_n ($1 \leq n < \omega$). Para cada n , $1 \leq n < \omega$, temos diferentes cálculos simbolizados por N_n . Os cálculos não-aléticos N_n ($1 \leq n < \omega$) são cálculos ‘híbridos’ dos cálculos C_n ($1 \leq n < \omega$) [17] e P_n ($1 \leq n < \omega$) [16]. Assim, tais cálculos apresentam as seguintes características:

- (1) O princípio do terceiro excluído, na forma $A \vee \neg A$ não é válido em geral;
- (2) O princípio da não-contradição, na forma $\neg(A \wedge \neg A)$ não é válido em geral;
- (3) De duas proposições contraditórias, A e $\neg A$ não podemos deduzir uma fórmula qualquer B .
- (4) Existem fórmulas A e $\neg A$ que são ambas verdadeiras.

(5) Existem fórmulas A e $\neg A$ que são ambas falsas.

(6) Os cálculos devem conter os esquemas mais importantes e as regras de inferência do cálculo proposicional clássico compatíveis com as condições 1) - 5) acima.

A linguagem dos cálculos N_n ($1 \leq n < \omega$) é a mesma para todos eles; Denotemos por L . A linguagem L é uma linguagem de primeira-ordem cujos símbolos primitivos são os seguintes:

- (1) Variáveis proposicionais: um conjunto infinito enumerável de variáveis proposicionais.
- (2) Conetivos lógicos: \neg (negação), \wedge (conjunção), \vee (disjunção), e \rightarrow (implicação).
- (3) Símbolos auxiliares: parênteses e vírgulas.

Fórmulas e demais conceitos sintáticos usuais são definidas de modo habitual. Em L pomos:

Definição 1. Seja A uma fórmula. Temos que A^0 abrevia $\neg(A \wedge \neg A)$. A^i abrevia $A^0 \dots^0$, onde o símbolo 0 aparece i vezes, $i \geq 1$. (Desse modo, A^1 é A^0). Escrevemos, também, $A^{(i)}$ para $(A \wedge A^1 \wedge A^2 \wedge \dots \wedge A^i)$.

Definição 2. Seja A uma fórmula. Temos que $A^\#$ abrevia $A \vee \neg A$. Escrevemos, também, $A^{[\#]}$ para $A^\# \wedge A^{\#\#} \wedge A^{\#\#\#} \wedge \dots \wedge A^{\#\#n}$, onde $\#n$ significa que o símbolo $\#$ aparece n vezes.

Definição 3. Escrevemos

- 1) $(A \leftrightarrow B)$ para $(A \rightarrow B) \wedge (B \rightarrow A)$ (equivalência)
- 2) $\neg^* A$ para $A^{(n)} \wedge \neg A$ (negação forte).

Os postulados (esquemas de axiomas e regra de inferência) de N_n ($1 \leq n < \omega$) são os seguintes: A, B, C denotam fórmulas quaisquer.

$$(\rightarrow_1) A \rightarrow (B \rightarrow A)$$

$$(\rightarrow_2) (A \rightarrow (B \rightarrow C)) \rightarrow ((A \rightarrow B) \rightarrow (A \rightarrow C))$$

$$(\rightarrow_3) \frac{A, A \rightarrow B}{B} \text{ (abreviaremos, também, por MP (Modus Ponens))}$$

$$(\wedge_1) A \wedge B \rightarrow A$$

$$(\wedge_2) A \wedge B \rightarrow B$$

$$(\wedge_3) A \rightarrow (B \rightarrow (A \wedge B))$$

$$(\vee_1) A \rightarrow A \vee B$$

$$(\vee_2) B \rightarrow A \vee B$$

$$(\vee_3) (A \rightarrow C) \rightarrow ((B \rightarrow C) \rightarrow ((A \vee B) \rightarrow C))$$

$$(\neg_{10}) A^{[n]} \wedge B^{(n)} \rightarrow ((A \rightarrow B) \rightarrow ((A \rightarrow \neg B) \rightarrow \neg A))$$

$$(\neg_4) (A^{(n)} \wedge B^{(n)}) \rightarrow ((A \wedge B)^{(n)} \wedge (A \vee B)^{(n)} \wedge (A \rightarrow B)^{(n)})$$

$$(\neg_9) (A^{[n]} \wedge B^{[n]}) \rightarrow ((A \wedge B)^{[n]} \wedge (A \vee B)^{[n]} \wedge (A \rightarrow B)^{[n]})$$

$$(\neg_{11}) A^{(n)} \rightarrow (A \rightarrow \neg\neg A) \wedge (A \rightarrow (\neg A \rightarrow B))$$

$$(\neg_{12}) A^{[n]} \rightarrow (\neg\neg A \rightarrow A)$$

(N) $A^{(n)} \vee A^{[n]}$

O cálculo N_ω é obtida de N_n suprimindo-se os esquemas de axiomas (\neg_{10}) , (\neg_4) , (\neg_9) , (\neg_{11}) , (\neg_{12}) , (N).

Teorema 4. Em N_n ($1 \leq n < \omega$), todos os esquemas válidos e regras da lógica proposicional positiva clássica são válidos. Em particular, o teorema de dedução é válido em N_n ($1 \leq n < \omega$). N_n ($1 \leq n < \omega$) contém a lógica positiva intuicionista.

Prova. Consequência imediata dos postulados. Desde que a Lei de Peirce é válida em N_n ($1 \leq n < \omega$), eles contém a lógica positiva intuicionista.

Teorema 5. Em N_n ($1 \leq n < \omega$), temos:

$$\vdash \neg A^{(n)} \rightarrow (\neg A)^{(n)}$$

Como os cálculos N_n ($1 \leq n < \omega$) foram construídos a partir dos cálculos C_n ($1 \leq n < \omega$) e dos cálculos P_n ($1 \leq n < \omega$), os significados intuitivos das expressões $A^{(n)}$ e $A^{[n]}$ são os mesmos dos cálculos mencionados. Convém observar, então, que os cálculos N_n ($1 \leq n < \omega$) possuem todas as características de C_n e P_n , sendo lógicas paraconsistentes e paracompletas simultaneamente. Além disso, nesses cálculos, os conectivos \rightarrow , \wedge , \vee e \neg^* têm todas as propriedades da implicação, conjunção, disjunção e negação clássicas, respectivamente, o que faz com que o cálculo proposicional clássico está contido em N_n .

Teorema 6. Em N_n ($1 \leq n < \omega$), o esquema seguinte não é válido:

$$\vdash \neg A^{(n)} \rightarrow (\neg A)^{(n)}$$

Teorema 7. Em N_n ($1 \leq n < \omega$), os esquemas seguintes não são válidos:

- (1) $A \vee \neg A$
- (2) $\neg(A \vee B) \leftrightarrow (\neg A \wedge \neg B)$
- (3) $\neg(A \wedge B) \leftrightarrow (\neg A \vee \neg B)$
- (4) $\neg\neg A \rightarrow A$
- (5) $(A \wedge \neg A) \leftrightarrow (B \wedge \neg B)$

Se N_0 denotar o cálculo proposicional clássico, então a hierarquia N_n ($1 \leq n < \omega$), $N_1, N_2, \dots, N_n, \dots, N_\omega$ é tal que N_{i+1} é estritamente mais fraco que N_i para todo ($1 \leq i < \omega$). N_ω é o cálculo mais fraco da hierarquia. Vale a pena notar que podemos estender N_i a lógicas de ordem superior e teorias fortes que podem ser formalizadas nessas lógicas.

Além disso, estas lógicas têm uma semântica bivalorada às quais são corretas e completas. Consideremos só o cálculo N_1 , a fim de fixar idéias. N_1 é um cálculo paraconsistente e paracompleto, ou seja não-alético; assim, podemos usá-lo para manipular conjunto de fórmulas inconsistentes e paracompletos sem trivialização imediata (por isto queremos dizer que nem todas as fórmulas são teoremas).

Como observamos, notemos que quando só estivermos trabalhando com fórmulas que satisfazem o princípio da contradição, então N_1 reduz a C_1 e se estivermos considerando fórmulas que só satisfazem o princípio do terceiro excluído, N_1 reduz a P_1 .

Se estivermos trabalhando com ambos os princípios, da contradição e do terceiro excluído, obtemos o cálculo clássico N_0 .

No parágrafo seguinte mencionaremos o conceito de álgebra de Curry que pode ser encontrada em [13] e [2].

4 As álgebras de Curry N₁

Definição 1. Uma álgebra de Curry N₁ (ou uma N₁-álgebra) [6] é um pré-reticulado implicativo clássico $\langle A, \equiv, \leq, \wedge, \vee, \rightarrow, ' \rangle$ com um elemento máximo 1, um elemento mínimo 0 e operadores $\wedge, \vee, \rightarrow$ e $'$ satisfazendo as condições abaixo, onde $x^0 =_{\text{Def.}} (x \wedge x)'$ e $x^\# =_{\text{Def.}} x \vee x'$:

- (1) $x^0 \wedge y^\# \leq ((x \rightarrow y) \rightarrow ((x \rightarrow y') \rightarrow x'))$
- (2) $x^0 \wedge y^0 \leq (x \rightarrow y)^0 \wedge (x \wedge y)^0 \wedge (x \vee y)^0 \wedge (x')^0$
- (3) $x^\# \wedge y^\# \leq (x \rightarrow y)^\# \wedge (x \wedge y)^\# \wedge (x \vee y)^\# \wedge (x')^\#$
- (4) $x^0 \leq (x \rightarrow x'') \wedge (x \rightarrow (x' \rightarrow y))$
- (5) $x^\# \leq x'' \rightarrow x$
- (6) $x^0 \vee x^\# \equiv 1$

Teorema 2. Adicionando-se o postulado $(x \wedge x')' \equiv 1$ obtemos uma P₁-álgebra [1].

Prova. Imediata.

Teorema 3. Adicionando-se o postulado $x \vee x' \equiv 1$ obtemos uma C₁-álgebra [18], [19], [13].

Prova. Imediata.

Teorema 4. Adicionando-se os postulados $(x \wedge x')' \equiv 1$ e $x \vee x' \equiv 1$ obtemos uma pré-álgebra Booleana.

Prova. Imediata.

Definição 5. Seja x um elemento de uma N_1 -álgebra. Pomos $x^* \equiv_{\text{Def.}} x' \wedge x''$.

Teorema 6. Em uma N_1 -álgebra, x^* é o complemento Booleano de x ; assim, $x \wedge x^* \equiv 0$ e $x \vee x^* \equiv 1$.

Teorema 7. Em uma N_1 -álgebra, a estrutura composta pelo conjunto subjacente e pelas operações \wedge , \vee e $*$ constitui uma álgebra Booleana.

Definição 8. Seja $\langle A, \equiv, \leq, \wedge, \vee, \rightarrow, ' \rangle$ uma N_1 -álgebra e $\langle A, \equiv, \wedge, \vee, *' \rangle$ a álgebra Booleana obtida como no teorema acima. Toda álgebra de Boole que seja isomorfa à álgebra de Boole quociente de $\langle A, \equiv, \wedge, \vee, *' \rangle$ por \equiv denomina-se álgebra de Boole associada à N_1 -álgebra $\langle A, \equiv, \leq, \wedge, \vee, \rightarrow, ' \rangle$.

Assim, temos os seguintes teoremas de representação para N_1 -álgebras.

Teorema 9. Toda N_1 -álgebra é associada a um corpo de conjuntos. Além disso, qualquer N_1 -álgebra é associada a um corpo de conjuntos simultaneamente abertos e fechados de um espaço de Hausdorff compacto totalmente desconexo [25], [26].

Há um problema em aberto concernente a N_1 -álgebras. Quantas álgebras Booleanas não-isomorfas associadas a uma N_1 -álgebra existem?

5 Algumas Generalizações: as álgebras de Curry N_n ($1 < n < \omega$) e a álgebra de Curry

N_ω

Exibimos uma cadeia de álgebras de Curry iniciando-se com a N_1 -álgebra.

Seja $\langle A, \equiv, \leq, \wedge, \vee, \rightarrow, ' \rangle$ uma N_1 -álgebra. Se $x \in A$, lembremos que $x^0 =_{\text{Def.}} (x \wedge x')$. x^1 abrevia x^0 . x^n ($1 < n < \omega$) abrevia $(x^{n-1})^0$. Também, $x^{(1)}$ abrevia x^1 . $x^{(n)}$ ($1 < n < \omega$) abrevia $x^{(n-1)} \wedge x^n$. Acrescentamos que x^1 abrevia $x^\#$. x^n ($1 < n < \omega$) abrevia $x^\# \wedge x^{\#\#} \wedge \dots \wedge x^{\#\#\dots\#}$, onde o símbolo $\#$ ocorre n vezes e $x^{(n)}$ abrevia $x^1 \wedge x^2 \wedge \dots \wedge x^n$.

Definição 1. Uma álgebra de Curry N_n (ou uma N_n -álgebra) é um pré-reticulado implicativo clássico $\langle A, \equiv, \leq, \wedge, \vee, \rightarrow, ' \rangle$ com um elemento máximo 1, um elemento mínimo 0 e operadores $\wedge, \vee, \rightarrow$ e $'$ satisfazendo as condições abaixo:

- (1) $x^{(n)} \wedge y^{[n]} \leq ((x \rightarrow y) \rightarrow ((x \rightarrow y') \rightarrow x'))$
- (2) $x^{(n)} \wedge y^{(n)} \leq (x \rightarrow y)^{(n)} \wedge (x \wedge y)^{(n)} \wedge (x \vee y)^{(n)} \wedge (x')^{(n)}$
- (3) $x^{[n]} \wedge y^{[n]} \leq (x \rightarrow y)^{[n]} \wedge (x \wedge y)^{[n]} \wedge (x \vee y)^{[n]} \wedge (x')^{[n]}$
- (4) $x^{(n)} \leq (x \rightarrow x'') \wedge (x \rightarrow (x' \rightarrow y))$
- (5) $x^{[n]} \leq x'' \rightarrow x$
- (6) $x^{(n)} \vee x^{[n]} \equiv 1$

Teorema 2. Adicionando-se o postulado $x^{[n]} \equiv 1$ obtemos uma C_n -álgebra.

Prova. Imediata.

Teorema 3. Adicionando-se o postulado $x^{(n)} \equiv 1$ obtemos uma P_n -álgebra.

Prova. Imediata.

Teorema 4. Adicionando-se os postulados $x^{[n]} \equiv 1$ e $x^{(n)} \equiv 1$ obtemos uma pré-álgebra Booleana.

Prova. Imediata.

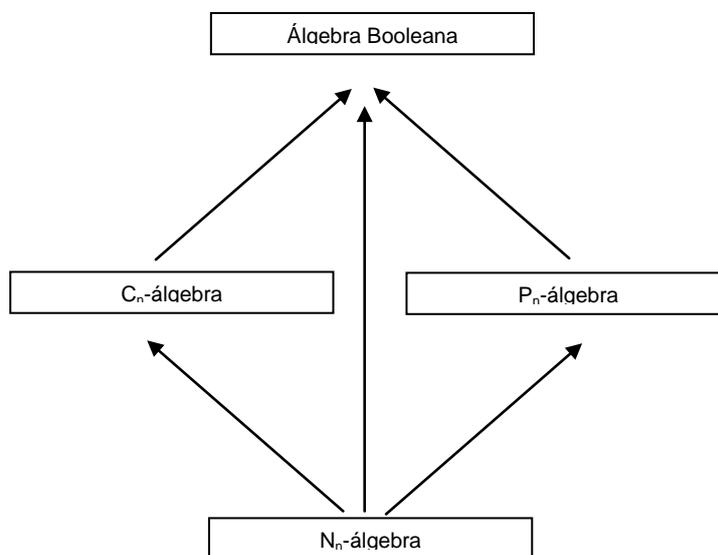


Figura I – Esquemática das correlações das C_1 – álgebras, P_1 – álgebras, N_1 - álgebras e álgebra Booleana

Definição 5. Seja x um elemento de uma N_n -álgebra. Pomos $x^{*n} =_{\text{Def.}} x' \wedge x^{(n)}$.

Teorema 6. Em uma N_n -álgebra, x^{*n} é o complemento Booleano de x ; assim, $x \wedge x^{*n} \equiv 0$ e $x \vee x^{*n} \equiv 1$.

Teorema 7. Em uma N_n -álgebra, a estrutura composta pelo conjunto subjacente e pelas operações \wedge , \vee e $*^n$ constitui uma álgebra Booleana.

Definição 8. Seja $\langle A, \equiv, \leq, \wedge, \vee, \rightarrow, ' \rangle$ uma N_n -álgebra e $\langle A, \equiv, \wedge, \vee, *^n \rangle$ a álgebra Booleana obtida como no teorema acima. Toda álgebra de Boole que seja isomorfa à álgebra de Boole quociente de $\langle A, \equiv, \wedge, \vee, *^n \rangle$ por \equiv denomina-se álgebra de Boole associada à N_n -álgebra $\langle A, \equiv, \leq, \wedge, \vee, \rightarrow, ' \rangle$.

Assim, temos os seguintes teoremas de representação para N_n -álgebras.

Teorema 9. Toda N_n -álgebra é associada a um corpo de conjuntos. Além disso, qualquer N_n -álgebra é associada a um corpo de conjuntos simultaneamente abertos e fechados de um espaço de Hausdorff compacto totalmente desconexo.

Há um problema em aberto concernente a N_n -álgebras. Quantas álgebras Booleanas não-isomorfas associadas a uma N_n -álgebra existem?

É fácil estender conceitos estruturais usuais como os de homomorfismo, monomorfismo, etc. para as álgebras Curry com as devidas adaptações.

Teorema 10. Cada N_n -álgebra está imersa em qualquer N_{n-1} -álgebra ($1 < n < \omega$).

Corolário 10.1. Cada N_n -álgebra ($1 < n < \omega$) está imersa na N_1 -álgebra.

Se indicarmos uma N_n -álgebra por N_n , a hierarquia das imersões pode ser representada por

$$N_1 > N_2 > \dots > N_n > \dots$$

Definição 11 Uma N_ω -álgebra é um pré-reticulado implicativo $\langle A, \equiv, \leq, \wedge, \vee, \rightarrow, ' \rangle$ com um primeiro elemento 1.

6 Álgebras proposicionais N_n ($1 < n < \omega$)

Nesta sessão introduzimos o conceito de álgebra proposicional N_n ($1 < n < \omega$) tendo em mente os estudos de Rosenbloom [37].

Definição 1 Uma álgebra proposicional N_n ($1 < n < \omega$) é uma estrutura $\langle A, \tilde{A}, \rightarrow, \wedge, \vee, \neg \rangle$ onde $A \subseteq \tilde{A}$ (com $A \neq \emptyset$), $\rightarrow, \wedge, \vee$ são operações binárias e \neg é um operador unário sobre A satisfazendo as seguintes condições

$$(1) \ x, y \in A \Rightarrow \neg x \rightarrow (y \rightarrow x) \in \tilde{A}$$

$$(2) \ x, y, z \in A \Rightarrow (x \rightarrow y) \rightarrow ((x \rightarrow (y \rightarrow z)) \rightarrow (x \rightarrow z)) \in \tilde{A}$$

$$(3) \ (x \in A \in x \rightarrow y \in \tilde{A}) \Rightarrow y \in \tilde{A}$$

$$(4) \ x, y \in A \Rightarrow x \wedge y \rightarrow x \in \tilde{A}$$

$$(5) \ x, y \in A \Rightarrow x \wedge y \rightarrow y \in \tilde{A}$$

$$(6) \ x, y \in A \Rightarrow x \rightarrow (y \rightarrow x \wedge y) \in \tilde{A}$$

$$(7) \ x, y \in A \Rightarrow x \rightarrow x \vee y \in \tilde{A}$$

$$(8) \ x, y \in A \Rightarrow y \rightarrow x \vee y \in \tilde{A}$$

$$(9) \ x, y, z \in A \Rightarrow (x \rightarrow z) \rightarrow ((y \rightarrow z) \rightarrow (x \vee y \rightarrow z)) \in \tilde{A}$$

$$(10) \ x, y \in A \Rightarrow x^{[n]} \wedge y^{[n]} \rightarrow ((x \rightarrow y) \rightarrow ((x \rightarrow \neg y) \rightarrow \neg x))$$

$$(11) \ x, y \in A \Rightarrow (x^{[n]} \wedge y^{[n]}) \rightarrow ((x \wedge y)^{[n]} \wedge (x \vee y)^{[n]} \wedge (x \rightarrow y)^{[n]})$$

$$(12) \ x, y \in A \Rightarrow (x^{[n]} \wedge y^{[n]}) \rightarrow ((x \wedge y)^{[n]} \wedge (x \vee y)^{[n]} \wedge (x \rightarrow y)^{[n]})$$

$$(13) \ x, y \in A \Rightarrow x^{[n]} \rightarrow (x \rightarrow \neg\neg x) \wedge (x \rightarrow (\neg x \rightarrow y))$$

$$(14) \ x \in A \Rightarrow x^{[n]} \rightarrow (\neg\neg x \rightarrow x)$$

$$(15) \ x \in A \Rightarrow x^{[n]} \vee x^{[n]} \equiv 1$$

Definição 2 (1) $x \sim y$ abrevia $(x \rightarrow y) \wedge (y \rightarrow x)$

(2) $\vdash x$ abrevia $x \in \tilde{A}$.

Teorema 3 Em uma álgebra proposicional N_1 temos:

$$(1) \ \vdash x \wedge x \rightarrow y$$

$$(2) \ \vdash x \vee (x \rightarrow y)$$

$$(3) \vdash x^\# \rightarrow (\neg\neg x \leftrightarrow x)$$

$$(4) \vdash x^\# \rightarrow ((x \rightarrow y) \wedge (x \rightarrow \neg y) \rightarrow \neg x)$$

$$(5) \vdash x \wedge \neg x \leftrightarrow y \wedge \neg y$$

Teorema 4 Em uma álgebra proposicional N_1 em geral não temos:

$$(1) \vdash (x \wedge \neg x) \rightarrow y;$$

$$(2) \vdash (x \wedge \neg x) \rightarrow \neg y;$$

$$(3) \vdash (x \rightarrow (\neg x \rightarrow y));$$

$$(4) \vdash (x \leftrightarrow \neg x) \rightarrow y;$$

$$(5) \vdash \neg\neg x \rightarrow x;$$

$$(6) \vdash (x \leftrightarrow \neg x) \rightarrow \neg y;$$

$$(7) \vdash x \rightarrow \neg\neg x;$$

$$(8) \vdash (\neg x \wedge (x \vee y)) \rightarrow y;$$

$$(9) (x \rightarrow y) \rightarrow (\neg y \rightarrow \neg x);$$

$$(10) \vdash \neg(x \vee y) \leftrightarrow (\neg x \wedge \neg y);$$

$$(11) \vdash \neg(x \wedge y) \leftrightarrow (\neg x \vee \neg y);$$

$$(12) \vdash (x \wedge \neg x) \leftrightarrow (y \wedge \neg y)$$

Teorema 5. Adicionando-se o postulado $\neg(x \wedge \neg x) \equiv 1$ obtemos uma álgebra proposicional P_1 .

Prova. Imediata.

Teorema 6. Adicionando-se o postulado $x \vee \neg x \equiv 1$ obtemos uma álgebra proposicional C_1 .

Prova. Imediata.

Teorema 7. Adicionando-se os postulados $\neg(x \wedge \neg x) \equiv 1$ e $x \vee \neg x \equiv 1$ obtemos uma álgebra proposicional Booleana.

Prova. Imediata.

Definição 8. Seja x um elemento de uma N_1 -álgebra. Pomos $x^* \stackrel{\text{Def.}}{=} \neg x \wedge x^0$.

Teorema 9. Em uma N_1 -álgebra, x^* é o complemento Booleano de x ; assim, $x \wedge x^* \equiv 0$ e $x \vee x^* \equiv 1$.

Teorema 10. Em uma álgebra proposicional N_1 em geral não temos:

- (1) $\vdash x \vee \neg x$
- (2) $\vdash \neg(x \vee y) \leftrightarrow \neg x \wedge \neg y$
- (3) $\vdash \neg(x \wedge y) \leftrightarrow \neg x \vee \neg y$
- (4) $\vdash \neg\neg x \rightarrow x$
- (5) $\vdash \neg\neg x \leftrightarrow x$
- (6) $\vdash x(\rightarrow y) \rightarrow (\neg y \rightarrow \neg x)$
- (7) $\vdash x^{\#\#}$

Demonstração. Imediata.

Definição 11 (1) $x \equiv y$ abrevia $\vdash x \sim y$ e $x \leq y$ abrevia $\vdash x \rightarrow y$.

Temos $x \equiv y \Leftrightarrow x \leq y$ e $y \leq x$.

Teorema 12 Temos: (1) \equiv é uma relação de equivalência

(2) \leq é uma quase-ordem

(3) $x \leq y \Leftrightarrow x \wedge y \equiv x$

(4) $x \leq y \Leftrightarrow x \vee y \equiv y$

(5) $0 \leq x \leq 1$

Teorema 13 Se $\langle A, \tilde{A}, \rightarrow, \wedge, \vee, \neg \rangle$ é uma álgebra proposicional N_1 , se definirmos \equiv e $0 \stackrel{\text{Def}}{=} x^0 \wedge \neg x^0$ e se ' abrevia \neg , então $\langle A, \equiv, \rightarrow, \wedge, \vee, 0, ' \rangle$ é uma álgebra de Curry N_1 .

Teorema 14 Se $\langle A, \equiv, \rightarrow, \wedge, \vee, 0, ' \rangle$ é uma álgebra proposicional N_1 , se definirmos \tilde{A} como o conjunto dos elementos x tais que $x \equiv y \rightarrow y$ para algum $y \in A$, e representarmos o operador ' por \neg , a estrutura $\langle A, \tilde{A}, \rightarrow, \wedge, \vee, \neg \rangle$ é uma álgebra proposicional N_1 .

Teorema 15 Os conceitos de álgebra de Curry N_1 e álgebra proposicional N_1 são equivalentes (no sentido de Bourbaki).

Teorema 16 Em uma álgebra proposicional $N_1, \langle A, \tilde{A}, \rightarrow, \wedge, \vee, \neg \rangle$, o operador \neg não é monotonico relativamente a \equiv .

Demonstração. Adaptação da demonstração feita em [35], lembrando que a álgebra proposicional N_1 possui algumas das propriedades da álgebra proposicional C_1 .

7. Conclusões

Neste trabalho demos atenção à obtenção de uma versão algébrica dos sistemas não-aléticos N_n ($1 \leq n < \omega$), esboçado em [20], aplicando idéias propostas por Rosenbloom [37].

Os sistemas não aléticos são sistemas lógicos que derrogam os princípios da contradição e do terceiro excluído. De modo não rigoroso, um sistema lógico em que derroge o princípio da contradição sem trivialização, denomina-se lógica paraconsistente. De modo semelhante, um sistema lógico que derroge o princípio do terceiro excluído denomina-se lógica paracompleta. Um sistema lógico paraconsistente e paracompleto simultaneamente denomina-se lógica não-alética.

A importância de se estudar sistemas lógicos alternativos à lógica clássica já tem sido exhaustivamente comentados em literaturas especializadas e não repetiremos aqui. A investigação do ‘approach’ algébrico de sistemas lógicos é de suma importância não somente para elucidar melhor sua contraparte técnica (matemática) bem como nas aplicações se mostra de extrema utilidade (vide o papel das álgebras Booleanas em lógica clássica, por exemplo). Assim, o estudo de versões algébricas e sua clarificação constitui investigação de valor. A algebrização dos sistemas lógicos não-clássicos muitas vezes não se pode seguir os passos das lógicas convencionais [13]. Assim, tais temas são tópicos abertos de pesquisas em lógica algébrica.

Neste trabalho estudamos uma versão algébrica dos sistemas não-aléticos N_n ($1 \leq n < \omega$). Mostramos uma versão algébrica da mesma e demonstramos que ela possui a mesma estrutura que as álgebras de Curry N1. Desse modo, as estruturas pré-algébricas subjacentes a muitas lógicas não-clássicas mostram a importância de se estudar tais estruturas.

Pretendemos dar continuidade às nossas pesquisas em investigações futuras.

8. Referências

- [1] Abe, J.M., A note on Curry algebras, *Bulletin of the Section of Logic, Polish Academy of Sciences*, vol. 16, number 4, 151-158, 1987.
- [2] Abe, J.M., An introduction to the theory of Curry Systems, *Scientiae Mathematicae Japonicae*, *Scientiae Mathematicae Japonicae*, 76, No. 2 (2013), 175–194 :e-2013, 175–194, ISSN 1346-0862, International Society for Mathematical Sciences, Osaka, Japão, 2013.
- [3] Abe, J.M., Aspectos Algébricos do Cálculo Proposicional C_1 , capítulo em *Aspectos de Computação Inteligente Paraconsistente*, Jair M. Abe (editor), e-livro, ISBN – 978-85-63007-05-6, Instituto de Estudos Avançados da USP, São Paulo - SP, 220-236, 2013.
- [4] Abe, J.M., Contribuições Sobre Sistemas de Curry, Relatório de Pesquisa, Universidade Paulista, 62pp, 2011.
- [5] Abe, J.M., Curry algebras and propositional algebra C_1 , [International Journal of Knowledge-Based and Intelligent Engineering Systems](#), ISSN: 1327-2314 (Print), Vol. 5, No. 2, 127-132, 2013.
- [6] Abe, J.M., Curry Algebras N_1 , *Atti Acc. Lincei Rend. Fis.*, s.9, vol. 7, 125-128, 1996.
- [7] Abe, J.M., Curry algebras P_τ , *Logique et Analyse*, 161-162-163, 5-15, 1998.
- [8] Abe, J.M., K. Nakamatsu & S. Akama, A Note on Monadic Curry System P_1 , *Lecture Notes in Computer Science - LNAI 5712*, ISBN 978-3-642-04591-2, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, Alemanha, pp. 388–394, 2009.

- [9] Abe, J.M., K. Nakamatsu & S. Akama, An Algebraic Version of the Monadic System C_1 , *New Advances in Intelligent Decision Technologies, Series: Studies in Computational Intelligence*, Vol. 199, Nakamatsu, K.; Phillips-Wren, G.; Jain, L.C.; Howlett, R.J. (Eds.), XVI, 656 p. 234 illus., Hardcover, Springer Berlin / Heidelberg, ISBN: 978-3-642-00908-2, 341-349, 2009.
- [10] Abe, J.M., S. Akama & K. Nakamatsu, Monadic Curry Algebras $Q\tau$, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol.4693, Springer-Verlag, 893-900, 2007.
- [11] Barros, C.M., N.C.A Da Costa e J.M. Abe, Tópicos de Teoria dos Sistemas Ordenados : vol. I; Sistemas Geométricos, Disjuntivos e Booleanos, Coleção Documentos, Série Lógica e Teoria da Ciência 6, IEA-USP, 92 pp, 1991.
- [12] Barros, C.M., N.C.A. Da Costa & J.M. Abe, Tópico de Teoria de Sistemas Ordenados, Vol. III: Sobre Algumas Classes de Sistemas Ordenados Sup-contínuos e suas Representações, Coleção Documentos, Série Lógica e Teoria da Ciência, IEA-USP, no 21, ISSN 16799429, 107 p., 1995.
- [13] Barros, C.M., N.C.A. Da Costa & J.M. Abe, Tópico de teoria dos sistemas ordenados: vol. II, sistemas de Curry, *Coleção Documentos, Série Lógica e Teoria da Ciência*, IEA-USP, 20, 132p. 1995.
- [14] Curry, H.B., *Foundations of Mathematical Logic*, Dover, New York, 1977.
- [15] Curry, H.B., *Leçons de Logique Algébrique*, Gauthiers-Villars, 1952.
- [16] Da Costa, N.C.A. e D. Marconi, 'A note on paracomplete logic', *Atti Acc. Lincei Rend. fis.*, S. VIII, vol. LXXX, 504-509, 1986.
- [17] Da Costa, N.C.A., "Calculs propositionnels pour les systèmes formels inconsistants", *C.R. Acad. Sc. Paris* 257, 3790-3793, 1963.

- [18] Da Costa, N.C.A., "Opérations non monotones dans les treillis", C.R. Acad. Sc. Paris 263, 429-432, 1966.
- [19] Da Costa, N.C.A., 'Filters et idéaux d'une algèbre C_n ', C.R. Acad. Sc. Paris 264, 549-552, 1967.
- [20] Da Costa, N.C.A., Logics that are both paraconsistent e paracomplete, Atti Acc. Lincei Rend. fis., S. VIII, vol. LXXXIII, 29-32, 1989.
- [21] Da Costa, N.C.A., On the theory of inconsistent formal systems, *Notre Dame J. of Formal Logic*, 15, 497-510, 1974.
- [22] Eytan, M., Tableaux of Hintikka et Tout ça: un Point de Vue Algèbrique, *Math. Sci. Humaines*, 48: 21-27, 1975.
- [23] Fidel, M., The decidability of the calculi C_n , Reports on Mathematical Logic 8, 31-40, 1977.
- [24] Grätzer, G., General lattice theory. Series on Pure e Applied Math., Academic Press, 1978.
- [25] Grätzer, G., Universal Algebra, Springer-Verlag, 1979.
- [26] Halmos, P.H., Algebraic Logic, Chelsea 1962.
- [27] Halmos, P.H., Lectures on Boolean Algebras, Springer-Verlag, 1974.
- [28] Henkin, L., J.D. Monk e A. Tarski, Cylindric Algebras, Part I, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1971.
- [29] Henkin, L., Le Structure Algèbrique des Théories Mathématiques, Gauthiers-Villars, 1956.
- [30] Iséki, K. e S. Tanaka, An introduction to the theory of BCK-algebras *Math. Japonica*, 23, 1-26, 1978.

- [31] Iséki, K., Contribution to lattice theory, Publ. Math. Debrecen vol. 12, 194-203, 1951.
- [32] Jónsson, B. e A. Tarski, 'Boolean algebras with operators', Part I, Amer. J. Math. 73, 891-939, 1951.
- [33] Kleene, S.C., *Introduction to Metamathematics*, Van Nostrand, Princeton, 1952.
- [34] Mortensen, C., 'Every quotient algebra for C_1 is trivial', Notre Dame J. of Formal Logic 21, 694-700, 1977.
- [35] Rasiowa, H. e R. Sikorski, *The Mathematics of Metamathematics*, Panstwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 1963.
- [36] Rosenbloom, P.C., *The Elements of Mathematical Logic*, Dover, 1950.
- [37] Sikorski, R, *Boolean Algebras*, Springer-Verlag, 1964.

Algumas Soluções para o Problema da Amostra Pequena

Euro de Barros Couto Junior¹

¹Prefeitura do Município de São Paulo - Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão -
Coordenadoria de Gestão de Pessoas.

estatisticoeuro@hotmail.com

Resumo - A Amostragem tem tido expansão lenta de seu arcabouço, porém eficiente, principalmente, para as aplicações em ciências que, hoje, dependem do cálculo do tamanho da amostra e de planejamento amostral. A minimização da quantidade de elementos amostrais a serem usados, bem como ao encurtamento dos caminhos que a pesquisa deve seguir consistem em duas características importantes, pois beneficiam tanto os custos temporal e financeiro, assim como permitem trazer resultados confiáveis. Sendo assim, a investigação por técnicas que reduzem tempo e custo de uma pesquisa, e permitem a apresentação de bons resultados levou-nos a, neste momento, mostrar que a Lógica Paraconsistente e o Método JT consistem em ferramentas para trabalhos com as chamadas amostras pequenas.

Palavras-chave: Amostragem; tamanho da amostra; Lógica Paraconsistente; Método JT; custos temporal e financeiro de uma pesquisa.

Abstract - Sampling has been slowly but effective expanding of its framework, especially to applications in sciences that today depend on the calculation of sample size and sample design. Minimizing the amount of sample elements to be used as well as to shorter paths

that research must follow consist in two important characteristics, because they benefit both temporal and financial costs as well to enable in bringing reliable results. Thus, research on techniques that reduce time and cost of research, and allows the presentation of good results led us, at this time, to show that the Paraconsistent Logic and JT Method consist of tools for works with the so-called small sample.

Keywords: Sampling; sample size; Paraconsistent Logic; JT method; temporal and financial costs of a research.

1 Descrição do Problema

Nem sempre as amostras refletem a estrutura da população de onde foram retiradas ou são representativas dessas populações, podendo levar, nesses casos, a inferências erradas ou ao viés no uso dos resultados.

Conforme bem definem BOLFARINE & BUSSAB (2005), chama-se de tamanho $n(s)$ da amostra a soma das frequências das unidades populacionais na amostra, e o planejamento amostral associa probabilidades à conformação de cada amostra.

De modo bastante eficiente e simples, SLONIM (1960) menciona sobre um problema constante dos cálculos de tamanho de amostra, que é a precisão dos resultados a serem alcançados: o cálculo do tamanho da amostra depende dessa precisão, que é desejada pelo pesquisador — a precisão deve ser a mais elevada possível, mas, podemos deduzir, por lógica simples, que a máxima precisão somente será obtida, quando a população (de tamanho 'N') for investigada, e não uma fração dessa população (a amostra). Logo, a amostra, que contém no máximo 'N-1' elementos amostrais, sempre apresentará uma precisão estrita e rigorosamente menor do que 100%.

Finalmente, gostaríamos de mencionar o que RAJ (1978) afirma sobre a precisão dos estimadores amostrais: ‘(...) a precisão ou a medida de proximidade dos valores amostrais dos valores populacionais (...) dependem da variabilidade dos estimadores. (...) Assim, tanto menores as variâncias, tanto mais próximos os valores amostrais estão dos valores populacionais. (...) Nesse caso, a acurácia dos valores amostrais é elevada (...).

Desde há algumas décadas, tem-se tido a preocupação com os custos financeiro, temporal e ético, para a coleta de dados destinados à pesquisa científica. Assim, as últimas décadas foram marcadas por várias tentativas de estabelecer-se técnicas de Amostragem, que pudessem abranger quantidades pequenas de elementos amostrais.

Em função disso, a Amostragem tem apresentado propostas que ultrapassam o campo da Estatística, e atualmente, percebe-se certa tendência a que ela se desprenda da Estatística, e torne-se uma ciência à parte, que pretende auxiliar tantas outras ciências, incluindo-se a Estatística. Vê-se, com bons olhos, essa independência, pois ela está permitindo à Amostragem, que busque técnicas distintas das técnicas exclusivamente de características estatísticas.

Neste artigo, vamos mostrar duas técnicas que enriquecem a Amostragem, e permitem a avaliação de pequenas amostras, provando, de certo modo, que a Amostragem está, cada vez mais, tornando-se uma ciência e não uma parte da Estatística. As duas técnicas têm como base a Lógica Paraconsistente e um método de cunho parcialmente estatístico e que foi desenvolvido, a priori, para a Psicologia, denominado Método JT.

2 Alguns conceitos

O que é amostra pequena? É a amostra, coletada da população, que tem, no geral, baixa representatividade.

O que é baixa representatividade? É o grau que permite mais ou permite menos que os resultados obtidos de uma avaliação estatística sejam extensivos à população. É desejável que a representatividade da amostra seja elevada, mas, nem sempre isso é possível. E quando isso não é possível? Em estudos específicos para os quais exista dificuldade em coletar-se uma quantidade de elementos amostrais que torne a amostra representativa (BROSS, 1966). Exemplos: estudo de uma doença classificada como rara; estudos com baixa ou baixíssima ocorrência do evento a ser investigado; estudos que apresentem forte imposição ética e/ou limitação financeira.

Quando se fala de ‘amostra’, em geral, fala-se de ‘Estatística’. A Estatística trabalha com a ‘população’ e com as ‘amostras’ coletadas da população. Mas, nem toda amostra pode ser avaliada por meio de técnicas estatísticas. Por quê? Porque, tanto para amostras ditas ‘pequenas’ (com baixa representatividade, no geral), como para amostras ditas ‘grandes’ ou ‘gigantes’ (com alta representatividade, no geral), as técnicas estatísticas estão limitadas por características que são intrínsecas a essas técnicas.

(a) Para as amostras ‘grandes’ ou ‘gigantes’, a solução é, na prática, imediata: basta ‘sortear’ (ou, conforme o caso, ‘escolher’) elementos amostrais, diminuindo, de forma ‘adequada’ (ou, conforme o caso, ‘conveniente’) o tamanho original da amostra coletada.

(b) Mas, e para as amostras pequenas?

3 Alguns problemas para trabalhar-se com ‘amostras pequenas’

Avaliar uma amostra pequena não permite tirar conclusões extensivas, que, a priori, sirvam para a população: não se pode fazer o que chamamos, em Estatística, de ‘inferência’.

São, ainda, problemas constantes, ao trabalhar-se com amostras pequenas: (a) os custos ‘temporal’ (falta de tempo para a coleta) e ‘financeiro’ (falta de verba para os

procedimentos da coleta) para conseguir-se um único elemento amostral, que podem inviabilizar a conformação da amostra; e (b) a baixa ‘precisão’ dos resultados a serem obtidos, após as avaliações estatísticas, e o baixo grau de ‘confiabilidade’, derivado desses resultados.

Além disso, questões de teor técnico-estatístico, provenientes dos cálculos de valores de poucos elementos amostrais, produzem baixa precisão de resultados a serem obtidos. No geral, valores de pequenas amostras produzem variâncias relativamente grandes, e conseqüentemente, desvios-padrão grandes, o que torna inócuo o uso de intervalos de confiança e mesmo de figuras representativas (HEERINGA & KALTON, 2003).

Atualmente, tem-se observado que as soluções para tratar-se de pequenas amostras:

São específicas e somente servem a cada problema; e

Por vezes, dependem de aspectos subjetivos do pesquisador responsável.

Então, quais são as soluções para avaliarem-se as amostras pequenas? São, em geral, as técnicas (mesmo que não-estatísticas), que permitem chegar-se a resultados que direcionam a tomada de decisão e permitem apontar (e não chegar efetivamente) para conclusões.

4 Dois exemplos de técnicas para avaliações de amostras pequenas:

4.1 O Método da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial

4.1.1 Comentários iniciais

Já tivemos a oportunidade de usar a Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial, para propor um método de cálculo do tamanho de amostra (COUTO JUNIOR, 2009). E percebemos, desde o início, que essa lógica permitia a avaliação de um único elemento amostral, o que vem ao encontro das necessidades de aplicação de técnicas para avaliação

de amostras ditas pequenas. Assim sendo, à época em que nos deparámos com essa lógica, adveio a grata surpresa de que ela era uma ferramenta poderosa de avaliação de amostras pequenas, por conta de sua estrutura original (ABE et al, 2011).

Em estudos em que temos, minimamente, um especialista, que procede a avaliações sobre um único elemento amostral, e considerando alguns poucos fatores, essa técnica tem sido mais propícia do que tantas outras.

O potencial dessa lógica não-clássica estende-se a ponto de conseguir alcançar, com poucos recursos, uma avaliação bastante precisa de um único elemento amostral, avaliação essa realizada por um único especialista. Além disso, a proposta dessa lógica está calcada sobre a possibilidade de aceitar contradições, o que, por vezes, é necessário, dada a dificuldade do ato de classificar cada elemento amostral em seus estados reais.

Assim, a Lógica Paraconsistente coloca-se à frente de tantos outros classificadores, porque tem, embutida nela, a característica natural de abarcar não somente o binarismo restritivo do par ‘sim-não’, ou da decisão que dispõe, apenas, de duas alternativas complementares; a posição da Lógica Paraconsistente permite uma aproximação fiel ao raciocínio humano, pois sua abstração trabalha em paralelo com a nossa abstração: as decisões humanas, no geral, apresentam-se como dúbias e contraditórias, antes que uma conclusão seja alcançada; a Lógica Paraconsistente, assim como outras lógicas não-clássicas, abre um campo semelhante à conformação do raciocínio humano, e formaliza a contradição, em termos técnicos, prestando auxílio a quem a usa, pois estabelece e organiza as condições, que, por vezes, confundem o tomador de decisão.

4.1.b Exemplo do uso da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial

Em ABE et al (2011), encontramos alguns exemplos de experimentos já realizados, e cujos resultados alcançaram, no geral, o sucesso esperado. Vamos relatar um deles: o

Controlador Lógico Paraconsistente. Nesse exemplo, dois sensores foram acoplados a um robô móvel: o primeiro sensor indica a evidência favorável (μ) a que o robô movimenta-se à frente, enquanto o segundo sensor indica a evidência desfavorável (λ) a esse movimento. Os valores de μ e de λ variam de 0 a 1, e não são, obrigatoriamente, complementares, ou seja, por exemplo, λ pode valer 0,6 e μ , 0,8.

O robô foi, então, colocado em um corredor, com objetos espalhados em posições-chave, para que pudesse percorrê-lo, sem atingir os ditos objetos (obstáculos). A decisão do robô baseava-se na escolha por desviar de um objeto, quando esse objeto era detectado à sua frente, por meio das evidências favorável e desfavorável, captadas pelos sensores. A única limitação técnica deveu-se à angulação relativamente limitadora do cone de ondas de cada sensor, mas, no geral, o robô conseguiu detectar os obstáculos e desviar-se deles, sem dificuldade.

No método da Lógica Paraconsistente, pode-se representar, em termos didáticos e simples, os estados lógicos, por meio de um reticulado, em que tais estados permitem a imediata intelecção das decisões que podem ser tomadas pelo sistema que usa essa lógica para seu funcionamento. Assim, temos:

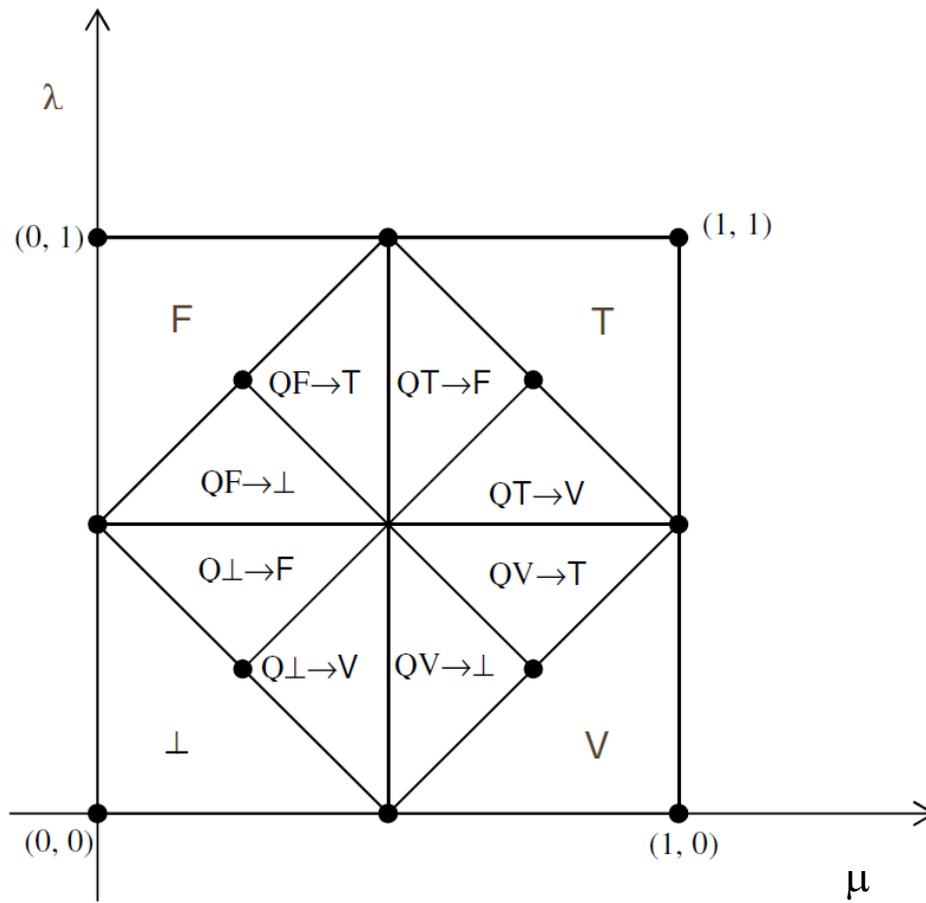


Figura I - Reticulado com os graus de incerteza e de certeza, com valores ajustáveis de controle limite indicados nos eixos.

Observemos, também, as regiões consideradas, que são definidas pelos chamados estados extremos: Verdadeiro (V), Falso (F), Inconsistente (T) e Paracompleto (\perp). E as regiões definidas pelos estados não-extremos:

Quase-verdadeiro tendendo ao Inconsistente $QV \rightarrow T$

Quase-verdadeiro tendendo ao Paracompleto $QV \rightarrow \perp$

Quase-falso tendendo ao Inconsistente $QF \rightarrow T$

Quase-falso tendendo ao Paracompleto $QF \rightarrow \perp$

Quase-inconsistente tendendo ao Verdadeiro $QT \rightarrow V$

Quase-inconsistente tendendo ao Falso $QT \rightarrow F$

Quase-paracompleto tendendo ao Verdadeiro $Q\perp \rightarrow V$

Quase-paracompleto tendendo ao Falso $Q\perp \rightarrow F$

Assim, o robô definiu seu caminho, pelo corredor, desviando-se dos objetos e concluindo o percurso, sem esbarrar e sem colidir, comprovando a eficiência do uso dos sensores, pré-programados pela sistemática da Lógica Paraconsistente.

4.2 O Método JT (Método de Jacobson e Truax)

4.2.1 Comentários iniciais

Em estudos com um ou poucos elementos amostrais, algumas medidas-resumo de teor estatístico permitem a detecção de diferenças ou semelhanças entre dois momentos de observação (pré e pós-tratamento).

VILLA et al (2012), no capítulo introdutório de sua obra, fazem os seguintes comentários, que ilustram, bastante bem, o uso desse método: ‘O Método JT representa (...) uma alternativa importante, especialmente nos casos de intervenção em pequenos grupos (...) e também, nos casos de intervenções individuais (...).

4.2.2 Exemplo do uso do Método JT

Vamos mencionar a aplicação do Método JT, na avaliação de um sujeito (tamanho da amostra igual a '1', ou seja, $n = 1$), conforme AGUIAR et al (2009). Para tanto, vamos considerar os seguintes dados, que são fáceis de serem calculados e/ou obtidos:

- . um único sujeito compõe a amostra.
- . cinco itens (fatores ou indicadores) de avaliação para esse sujeito: um 'escore geral' e quatro 'fatores pontuais'.
- . dois momentos de observação (pré e pós-intervenção).
- . grau de confiabilidade do instrumento que permitiu a coleta dos dados; neste caso, grau de 80% (0,80).
- . média e desvio-padrão dos cinco itens da população dita 'padrão' ou 'normal' ou 'sem o problema estudado'.

Os cálculos dos valores necessários propostos nesse método são relativamente simples, Vejamos cada uma das medidas que serão usadas, para a construção de um gráfico de tomada de decisão, ao final.

(a) erro-padrão da diferença entre pré e pós-tratamento

$$EP_{dif} = DP_{pré} \times \sqrt{2} \times \sqrt{1 - r}$$

Onde:

EP_{dif} – erro-padrão da diferença entre pré e pós

DP_{pré} – desvio-padrão pré-intervenção

r – índice de confiabilidade do instrumento de medida

(b) índice de mudança confiável

$$IMCo = \frac{pós - pré}{EP_{dif}}$$

Onde:

IMCo – índice de mudança confiável

pós – escore pós-intervenção

pré – escore pré-intervenção

EPdif – erro-padrão da diferença entre pré e pós

(c) intervalo de confiança em função da média da população padrão (normal)

$$M_{padrão} - 2 \times DP_{padrão}$$

Onde:

Mpadrão – média da população padrão (normal)

DPpadrão – desvio-padrão da população padrão (normal)

O exemplo a ser considerado consiste das respostas apontadas para um único sujeito, para o qual foram registrados valores, em dois momentos de observação, referentes aos dois momentos em que o tratamento foi aplicado a ele. Os resultados, constantes da Tabela I, foram os seguintes:

Tabela I - valores do sujeito avaliado, nos dois momentos de observação (pré e pós).

Componente	Valor pré	Valor pós
. Escore geral	1	3
. Fator 1	0	2
. Fator 2	0	0
. Fator 3	2	1

. Fator 4	1	4
-----------	---	---

Fonte: AGUIAR et al, 2009. p.57.

O instrumento de coleta de dados consiste de cinco itens, sendo quatro fatores e um escore geral. A abordagem, pelo Método JT, requer cálculos de teor estatístico bem simples de serem feitos. A única restrição diz respeito ao fato de termos de conhecer, de antemão, o valor de 'r' (índice de confiabilidade do instrumento de medida), que, em geral, pode ser obtido da pesquisa que validou o instrumento usado; a medida de confiabilidade pode ser a Estatística Alfa de Cronbach, ou, outro resultado equivalente (uma medida genérica de correlação entre ambos os momentos de observação, obtidos de uma pesquisa anterior). De qualquer modo, se nenhuma medida de confiabilidade estiver associada ao instrumento usado, pode-se recorrer a um cálculo dessa medida, usando os valores obtidos do sujeito avaliado, porém, como dissemos, o ideal seria resgatar os resultados dos procedimentos de validação do instrumento, que, geral, frisamos, estão disponíveis em publicações oficiais.

Finalmente:

- . constrói-se o intervalo de confiança em torno da bissetriz, considerando os valores do sujeito estudado.
- . constrói-se os intervalos de confiança em torno das linhas horizontal e vertical, considerando os valores da população normal (padrão).
- . plotam-se os cinco fatores das componentes do sujeito estudado.

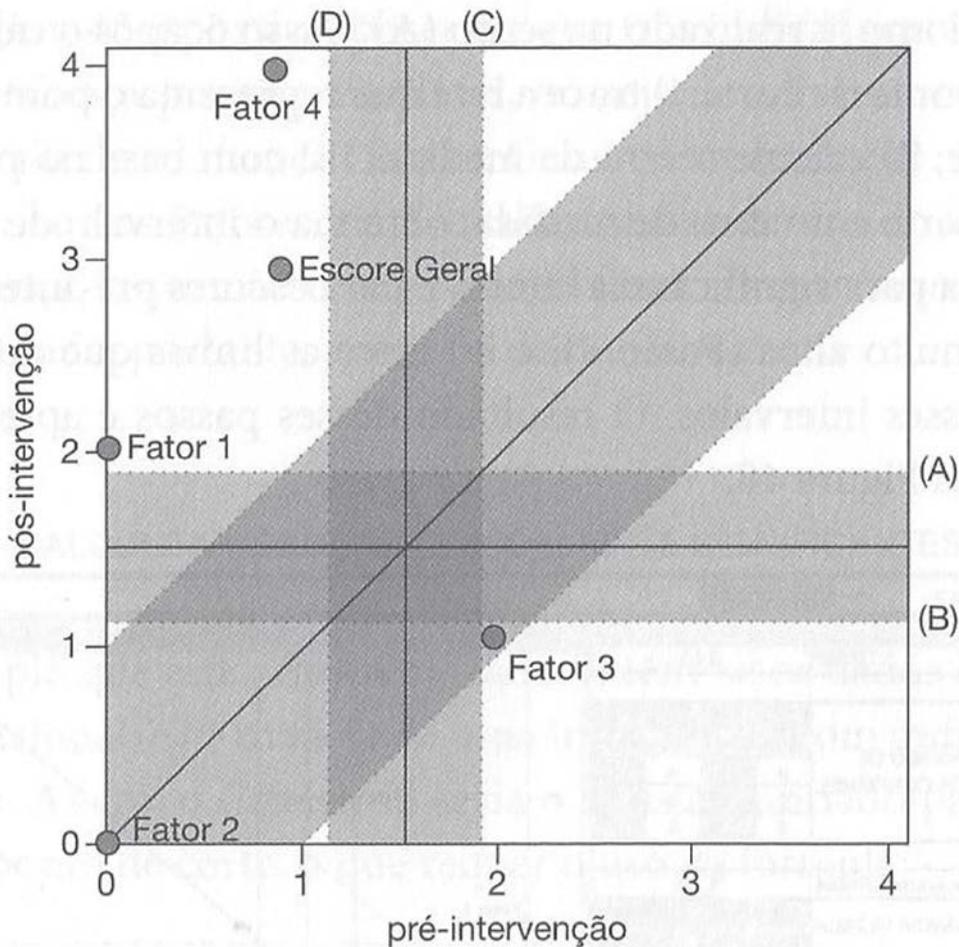


Figura II: resultado da aplicação do Método JT, em função do diagrama de pré-pós intervenção (fonte: AGUIAR et al, 2009. p.62).

A conclusão da aplicação do Método JT leva-nos às seguintes observações: os fatores ‘1’, ‘4’ e ‘escore geral’ indicam mudança clinicamente significativa para melhor; os fatores ‘2’ e ‘3’ indicam mudança clinicamente não-significante, ou seja, são não-conclusivos.

Assim, podemos afirmar que o sujeito tratado, no geral, melhorou.

5 Conclusão

Há relativamente poucos métodos para avaliações de amostras pequenas. Vamos mencionar mais um método, que não será abordado, neste artigo: Método de Aplicação de Ondas em Séries Temporais — em estudos com séries temporais relativamente longas,

é possível reduzir-se e analisar-se séries ainda representativas e confiáveis, oriundas de uma série original.

A Ciência da Amostragem tem-se configurado como um conhecimento à parte da Estatística, e tem-se mostrado útil para a solução corriqueira de problemas que dependem, principalmente, de um planejamento em que custos e tempo sejam minimizados, bem como a investigação de unidades amostrais (elementos amostrais) em pequenas quantidades, que ainda permitam, quando possível, estender os resultados apurados para a população original, de onde a amostra foi coletada (processo inferencial). De qualquer modo, a inferência estatística não é o único alvo da Amostragem, porquanto as avaliações individuais ou de poucos elementos amostrais têm valor próprio, e independem, completamente, de uma suposta preocupação em fazer-se inferência. Esperamos, que as técnicas não-inferenciais continuem a ser úteis para a tomada de decisão, em pesquisas em que existem restrições tanto no planejamento amostral como no próprio tamanho da amostra a ser avaliada.

Referências

- [1] ABE, JM; DA SILVA FILHO, JI; CELESTINO, U; ARAÚJO, HC. *Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et*. Santos: Ed. Comunicar, 2011, 100p.
- [2] AGUIAR, AAR; AGUIAR, RG; DEL PRETTE, ZAP. *Calculando a significância clínica e o índice de mudança confiável em pesquisa-intervenção*. São Carlos: EdUFSCar, 2009, 82p.
- [3] BOLFARINE, H & BUSSAB, WO. *Elementos de Amostragem*. São Paulo: Blucher, 2005, 274p.
- [4] BROSS, IDJ. *Design for decision*. 2nd ed. New York: The Free Press, 276p.

- [5] HEERINGA, S & KALTON, G. [ed.] Leslie Kish: selected papers. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, 2003, 356p.
- [6] RAJ, D. Sampling theory. New Delhi: Tata MacGraw-Hill, 1978, 302p.
- [7] VILLA, MB; AGUIAR, AAR; DEL PRETTE, ZAP. Intervenções baseadas em evidências: aplicações do Método JT. São Carlos: EdUFSCar, 2012, 151p.

Cálculo Diferencial Integral Paraconsistente

João Inácio da Silva Filho

jinacsf@yahoo.com.br

IEA-Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo

Av. Prof. Luciano Gualberto, Trav. J no 374, Térreo, Cidade Universitária

CEP 05508-900, São Paulo - SP- Brasil

GLPA - Grupo de Lógica Paraconsistente Aplicada

UNISANTA- NPE –Núcleo de Pesquisa em Eletrônica

Rua Oswaldo Cruz, 288 Boqueirão Santos-SP CEP- 11045-000

Resumo – Atualmente a Lógica Paraconsistente (LP), em sua forma especial denominada de Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores – LPA2v, tem trazido resultados bastante promissores em aplicações diversas. Neste trabalho usamos a LPA2v para efetuar deduções do Cálculo Diferencial com as equações extraídas da razão incremental, também conhecida como Quociente de Newton. São apresentadas as formas de resolução aplicando derivadas de primeira e de segunda ordem utilizando uma Matemática Paraconsistente baseada em fundamentos e equações obtidas por interpretações no Reticulado representativo da LPA2v. Os procedimentos para compor um Cálculo Integral Paraconsistente, que seguem os mesmos conceitos da Matemática

Paraconsistente aplicada nas derivadas, são aqui relacionados. Destaca-se que os cálculos e as resoluções dos problemas são todos fundamentados nos conceitos da Lógica Paraconsistente onde as contradições não são ignoradas, mas seus valores agregados ao resultado final.

Palavras chave: Lógica Paraconsistente, quociente de Newton, Matemática Paraconsistente, Sistemas Físicos, Calculo Diferencial Paraconsistente.

Abstract – Nowadays, the Paraconsistent Logic (PL), in its special format called Paraconsistent Annotated Logic with annotation of two values-PAL2v, has brought very promising results in various applications. In this work, we use the PAL2v to effect deductions of calculation with Differential Equations extracted from the incremental ratio, also known as Newton's quotient. It is presented ways of applying derivative resolution function of the first and second order using Paraconsistent Mathematics based on fundamentals and equations obtained by interpretations into lattice of the PAL2v. It is also presented procedures to compose a Paraconsistent Integral Calculation that follows the same concepts of Paraconsistent Mathematics applied in derivative calculation. We highlight here that the calculations and the resolutions of the problems are all based on the concepts of Paraconsistent Logic, where contradictions are not ignored, but their values added to the final result.

Keywords: Paraconsistent logic, Newton's quotient, Paraconsistent Mathematics, physical systems, Differential Calculus Paraconsistent.

1. Introdução

Sendo uma das maiores conquistas da matemática, o Cálculo Diferencial demonstra a genialidade de Newton e de Leibniz, assim como também de outros físicos, filósofos e matemáticos que os antecederam ou que os sucederam. No entanto, o uso do conceito cinemático de infinitésimo nesses trabalhos não conseguiram evitar a inconsistência gerada pelo fato de se tratarem de quantidades ao mesmo tempo não-finitas e não-nulas [1][2][3]. No Cálculo Infinitesimal, quando se utiliza o infinitésimo ε , mesmo este sendo infinitamente pequeno ele não é zero, mas, isto não impede que, ao final do cálculo, ε simplesmente desapareça sem muitas explicações [3][4][5]. Isto mostra que no Cálculo Diferencial o raciocínio é feito com informações contraditórias e, justamente para que estas contradições não causem problemas nas conclusões, são desprezadas aplicando-se as leis da Lógica Clássica [4][5].

1.1. A Lógica não-Clássica Paraconsistente

No âmbito das Lógicas não-Clássicas criou-se uma família de lógicas que teve como fundamento principal a revogação do princípio da não-contradição, a qual recebeu o nome de Lógica Paraconsistente. Portanto, a Lógica Paraconsistente é uma lógica não-Clássica que revoga o princípio da não-contradição e admite o tratamento de informações contraditórias na sua estrutura teórica [6][7][8].

1.2. A Lógica Paraconsistente Anotada com Anotação de 2 Valores

A Lógica Paraconsistente Anotada LPA pertence a família de lógicas paraconsistentes e pode ser representada de modo particular, através de um Reticulado em que, intuitivamente, as constantes de anotação representadas nos seus Vértices vão dar

conotações de estados Lógicos extremos às proposições [4][9][10]. Conforme visto em [8], [9] e [10] pode-se obter através da LPA uma representação sobre o quanto as anotações, ou evidências, expressam o conhecimento sobre uma proposição P. Isso é feito utilizando um Reticulado formado por pares ordenados de valores (μ, λ) , os quais comporão a anotação, conforme é visto na Figura I. Nesta representação, é fixado um operador \sim :

$$|\tau| \rightarrow |\tau| \text{ onde: } \tau = \{(\mu, \lambda) \mid \mu, \lambda \in [0, 1] \subset \mathfrak{R}\}.$$

Se P é uma fórmula básica, então: $\sim [(\mu, \lambda)] = (\lambda, \mu)$ onde, $\mu, \lambda \in [0, 1] \subset \mathfrak{R}$.

E o operador \sim constitui o “significado” do símbolo lógico de negação \neg do sistema que será considerado.

Os estados lógicos Paraconsistentes no Reticulado da LPA2v podem-se relacionar com os valores dos Graus de Evidência favorável (μ) e desfavorável (λ). Isto é conseguido por transformações lineares [8] [9] que resulta na equação da transformação abaixo:

$$T(X,Y)=(x-y, x+y-1) \tag{1}$$

Relacionando os componentes da transformação $T(X,Y)$, conforme a nomenclatura usual da LPA2v, vem que:

$$\begin{aligned} x &= \mu \text{ Grau de evidência favorável} \\ y &= \lambda \text{ Grau de evidência desfavorável} \end{aligned}$$

O primeiro termo X obtido no par ordenado da equação da transformação (1) denomina-se de Grau de Certeza GC. Portanto, o Grau de Certeza é obtido por:

$$GC = \mu - \lambda \tag{2}$$

Seus valores, que pertencem ao conjunto \mathfrak{R} , variam no intervalo fechado -1 e +1 e estão no eixo horizontal do Reticulado de valores denominado de “Eixo dos graus de certeza”.

O segundo termo Y obtido no par ordenado da equação (1) da transformação denomina-se de Grau de Contradição Gct. Portanto, o Grau de Contradição é obtido por:

$$Gct = \mu + \lambda - 1 \tag{3}$$

Os valores resultantes de G_{ct} pertencem ao conjunto \mathfrak{R} , variam no intervalo fechado $+1$ e -1 e estão expostos no eixo vertical do Reticulado τ denominado de “Eixo dos graus de contradição”.

Considera-se, portanto, que, através da análise no Reticulado da LPA2v [8][9][10], o conceito de estado Lógico Paraconsistente $\varepsilon\tau$ possa ser correlacionado ao conceito fundamental de estado, como o estudado na ciência física e, então, considerado no modelo fundamentado na Lógica Paraconsistente - LP.

$$\varepsilon\tau(\mu, \lambda) = (\mu - \lambda, \mu + \lambda - 1) \quad (4)$$

Ou então

$$\varepsilon\tau(\mu, \lambda) = (GC, G_{ct}) \quad (5)$$

Onde: $\varepsilon\tau$ é o estado Lógico Paraconsistente.

GC é o Grau de Certeza obtido em função dos dois Graus de Evidência μ e λ .

G_{ct} é o Grau de Contradição encontrado em função dos dois Graus de Evidência μ e λ .

Em uma medição estática das Variáveis Observáveis no mundo físico, na qual se obtém os valores de Graus de Evidência favorável μ e desfavorável λ para a determinação dos Graus de Certeza (GC) e de Contradição (G_{ct}), sempre é encontrado um único estado Lógico Paraconsistente ($\varepsilon\tau$) relacionado às duas informações.

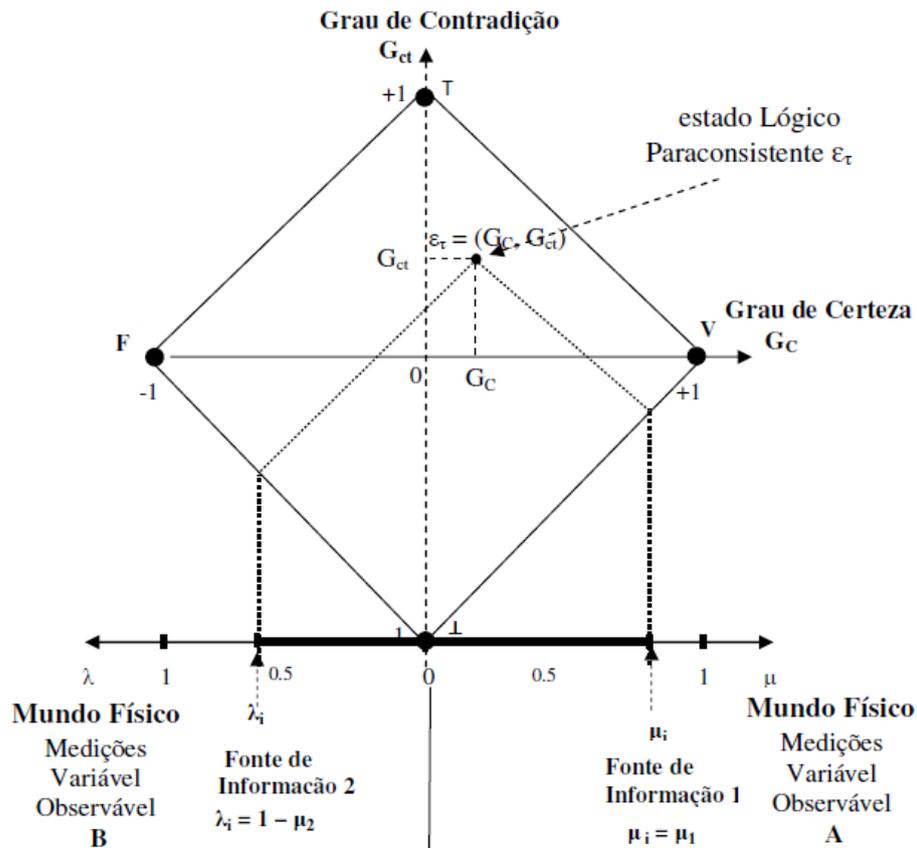


Figura I - O estado Lógico Paraconsistente ε_τ obtido de duas medições em fontes de informação no mundo físico.

O Grau de Certeza normalizado do Modelo Lógico Paraconsistente é denominado Grau de Evidência Resultante, e é calculado por:

$$\mu_{Re} = \frac{G_c + 1}{2} \quad (6)$$

Da mesma forma o Grau de Contradição normalizado do Modelo Lógico Paraconsistente é calculado por:

$$\mu_{ctr} = \frac{G_{ct} + 1}{2} \quad (7)$$

O Modelo Lógico Paraconsistente permite que os resultados sejam reversíveis, portanto uma vez obtido os valores dos Graus de Certeza e de Contradição é possível recuperar os Graus de Evidência através das equações:

$$\mu = \frac{1}{2}G_c + \frac{1}{2}G_{ct} + \frac{1}{2} \quad (8)$$

$$\lambda = -\frac{1}{2}G_c + \frac{1}{2}G_{ct} + \frac{1}{2} \quad (9)$$

2. O quociente de Newton e a derivada de funções polinomiais

É possível de se fazer uma adequação do Quociente de Newton identificando seus termos com os conceitos da Lógica Paraconsistente para, através de uma Matemática Paraconsistente, se resolver problemas relacionados, por exemplo, ao movimento de um corpo em Física [9][10][11][12][13].

2.1. Quociente de Newton e Derivada

Considera-se a Figura II a seguir onde a reta tangente é definida ao gráfico de uma função f no ponto P , como sendo aquela que passa por P e cuja declividade (coeficiente angular da reta) é igual a k . De maneira geral considera-se que, no limite, quando os dois pontos de intersecção com o gráfico de f convergem para um mesmo ponto P , a inclinação da secante é igual à da tangente [14][15][16]. Neste caso, o declive da secante ao gráfico de f que passa pelos pontos $(x, f(x))$ e $(x + h, f(x + h))$ é dado pelo Quociente de Newton:

$$Q(x, h) = \frac{f(x + h) - f(x)}{h} \quad (10)$$

Se o resultado assume valores positivos (negativos), cada vez mais próximos de zero, isto significa que a sequência de pontos Q_j está se aproximando do ponto P pela direita (pela esquerda).

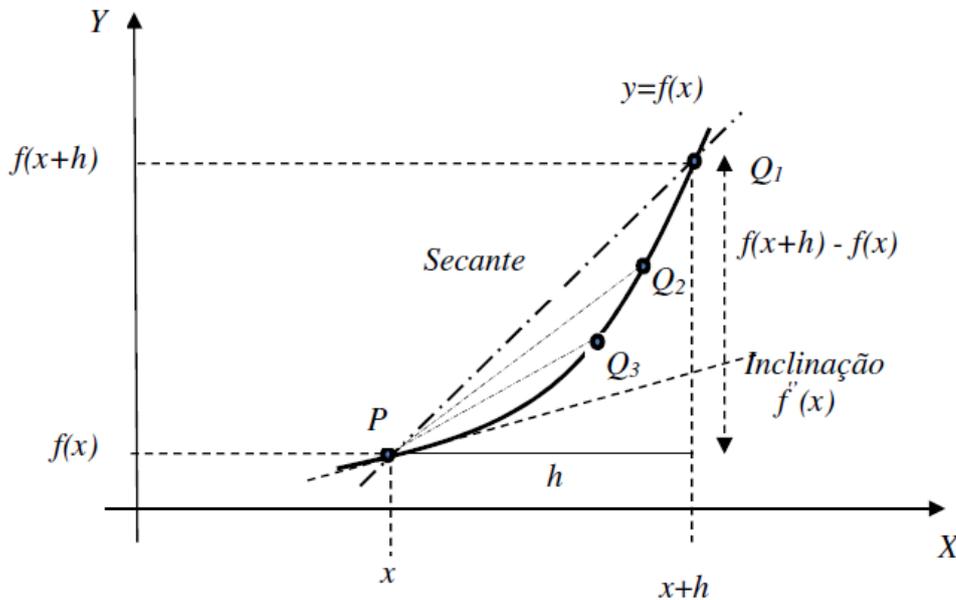


Figura II - Gráfico de uma função f no ponto P , com a reta tangente que passa por P e secantes Q_s que se aproximam de P .

Quando $h \rightarrow 0$ e a razão incremental, portanto o Coeficiente no ponto se aproxima do valor finito k , dizemos que k é o limite da razão incremental com h tendendo a zero, portanto é a

derivada de f no ponto, e é denotado por: $k = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$, desde que tenha sentido este limite.

Se tal limite não existe, dizemos que não existe a derivada de $f(x)$ no ponto [14][15].

Se a função tem derivada em um ponto, dizemos que f é derivável (ou diferenciável) neste ponto [14][15].

Da mesma forma, a equação pode ser escrita representando h como uma variação de x , tal

que; $\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$, onde o Quociente de Newton é:

$$Q(y, \Delta x) = \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} \quad (11)$$

Portanto, o Quociente de Newton é definido como a razão incremental de f com respeito à variável x , no ponto x .

3 Matemática Paraconsistente

O Quociente de Newton pode se adequar a um modelo lógico paraconsistente na forma da Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores (LPA2v) para estruturar uma matemática paraconsistente [13][14].

3.1 Cálculo Diferencial Paraconsistente

Para estabelecer um método de Calculo Diferencial Paraconsistente, onde valores contraditórios não serão desprezados, considera-se inicialmente o Quociente de Newton da

equação (10) que pode escrito: $Q(x, h) = \frac{f(x+h)}{h} - \frac{f(x)}{h}$, ou da equação (11), que utiliza o

incremento da variável x , tal que: $Q(y, \Delta x) = \frac{f(x+\Delta x)}{\Delta x} - \frac{f(x)}{\Delta x}$

Pode-se aplicar ao Quociente de Newton um Fator K de normalização que tem como objetivo colocar seus valores dentro dos limites do Reticulado da Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores (LPA2v). Portanto:

$$Q(y, \Delta x) = \frac{1}{\Delta x} \left(\frac{f(x+\Delta x)}{K} - \frac{f(x)}{K} \right) \quad (12)$$

Onde: K é um fator de Normalização, cuja ação permite que o equacionamento seja feito conforme os fundamentos da LPA2v.

Com o fator de normalização na equação (12) são identificados os Graus de Evidência da anotação da LPA2v, tal que:

$$\mu = \frac{f(x + \Delta x)}{K} \rightarrow \text{Grau de Evidência favorável.}$$

$$\lambda = \frac{f(x)}{K} \rightarrow \text{Grau de Evidência desfavorável.}$$

No Modelo Lógico Paraconsistente o valor de K deve ser estimado de tal forma que os valores dos Graus de Evidência fiquem estabelecidos dentro dos fundamentos da LPA2v.

Para isso faz-se: $K \geq f(x)$.

Com esta condição, na equação (12) o fator de ajuste K garante: $0 \leq \lambda \leq 1$ e $0 \leq \mu \leq 1$.

Com a identificação dos Graus de Evidência no Quociente de Newton ajustado ao Modelo Lógico Paraconsistente pode-se calcular pela equação (2) o Grau de Certeza do Quociente de Newton, tal que:

$$G_{CQ(y,\Delta x)} = \frac{f(x + \Delta x)}{K} - \frac{f(x)}{K} \quad (13)$$

Também pela equação (3) se pode calcular o Grau de Contradição do Quociente de Newton, tal que:

$$G_{ctQ(y,\Delta x)} = \frac{f(x + \Delta x)}{K} + \frac{f(x)}{K} - 1 \quad (14)$$

III.1.1. O Fator de Normalização de Newton

No Modelo Lógico Paraconsistente o valor do Fator de ajuste K irá definir o Grau de Contradição do Quociente de Newton final, portanto o seu valor indicará em que local do Reticulado da LPA2v irá se localizar o estado Lógico Paraconsistente $\varepsilon\tau$, definido na equação (5). Sendo assim, o Fator de Normalização de Newton será definido como:

$$K_N = \sqrt{2}y_{max} \quad (15)$$

Onde y_{max} é o valor máximo da função no ponto considerado.

Através da equação (6) e equação (7) a análise Paraconsistente permite que sejam obtidos os valores normalizados dos Graus de Certeza e de Contradição.

3.2 Quociente de Newton Paraconsistente

A partir do Quociente de Newton relacionado ao Modelo Lógico Paraconsistente é obtido o Quociente de Newton Paraconsistente, cujas equações são identificadas com o Grau de Certeza da equação (13), portanto:

$$PQ_{(N)} = \frac{1}{\Delta x} G_{CQ(y,\Delta x)} \quad (16)$$

Onde: $PQ_{(N)}$ = Quociente de Newton paraconsistente.

Δx = incremento da Variável x .

$G_{CQ(y,\Delta x)}$ = Grau de Certeza obtido pela equação (13).

O Quociente de Newton Paraconsistente estará descrito na forma:

$$PQ_{(N)} = \frac{1}{\Delta x} \left(\frac{f(x + \Delta x)}{K_N} - \frac{f(x)}{K_N} \right) \quad (17)$$

Onde: $PQ_{(N)}$ é o Quociente de Newton Paraconsistente.

KN é um fator de Normalização de Newton, que pode levar ao valor do Grau de Contradição final escolhido na análise como o Fator Paraquântico de Quantização $h\psi$ [12].

O valor da Derivada Paraconsistente de primeira ordem no mundo físico é obtido pela reaplicação do Fator KN no resultado do Quociente de Newton Paraconsistente:

$$y' = K_N \times PQ_{(N)} \quad (18)$$

Estabelecendo o Fator Lógico Paraquântico de Quantização $h\psi$ [12][13] como Grau de Contradição final usa-se o Fator de Normalização de Newton KN na obtenção da Derivada.

Dessa forma, permite-se que a Matemática Paraconsistente seja ligada ao ponto de

equilíbrio, definido pelo Fator Paraquântico de Quantização $h\psi$ do Reticulado da LPA2v [12][13].

O valor final da Derivada paraconsistente depende do valor da variação em x , portanto fica dependendo de Δx - incremento da Variável x escolhido no cálculo.

3.2.1 O Grau de Evidência Resultante do Quociente de Newton

Da equação (13) em (6) obtém-se o Grau de Evidência resultante do Quociente de Newton:

$$\mu_{\text{Re}Q(y,\Delta x)} = \frac{f(x + \Delta x) - f(x) + K_N}{2K_N} \quad (19)$$

3.2.2 O Grau de Contradição normalizado do Quociente de Newton

Da equação (14) em (7) resulta o Grau de Contradição normalizado do Quociente de Newton:

$$\mu_{\text{ctr}Q(y,\Delta x)} = \frac{f(x + \Delta x) + f(x)}{2K_N} \quad (20)$$

Portanto, os valores paraconsistentes extraídos do Quociente de Newton ajustado ao Modelo Lógico Paraconsistente dependem de Δx , isto é, do incremento da Variável x aplicada aos cálculos.

A Figura III mostra a localização do estado Lógico Paraconsistente definido no ponto de equilíbrio estabelecido pelo Fator Paraquântico de Quantização.

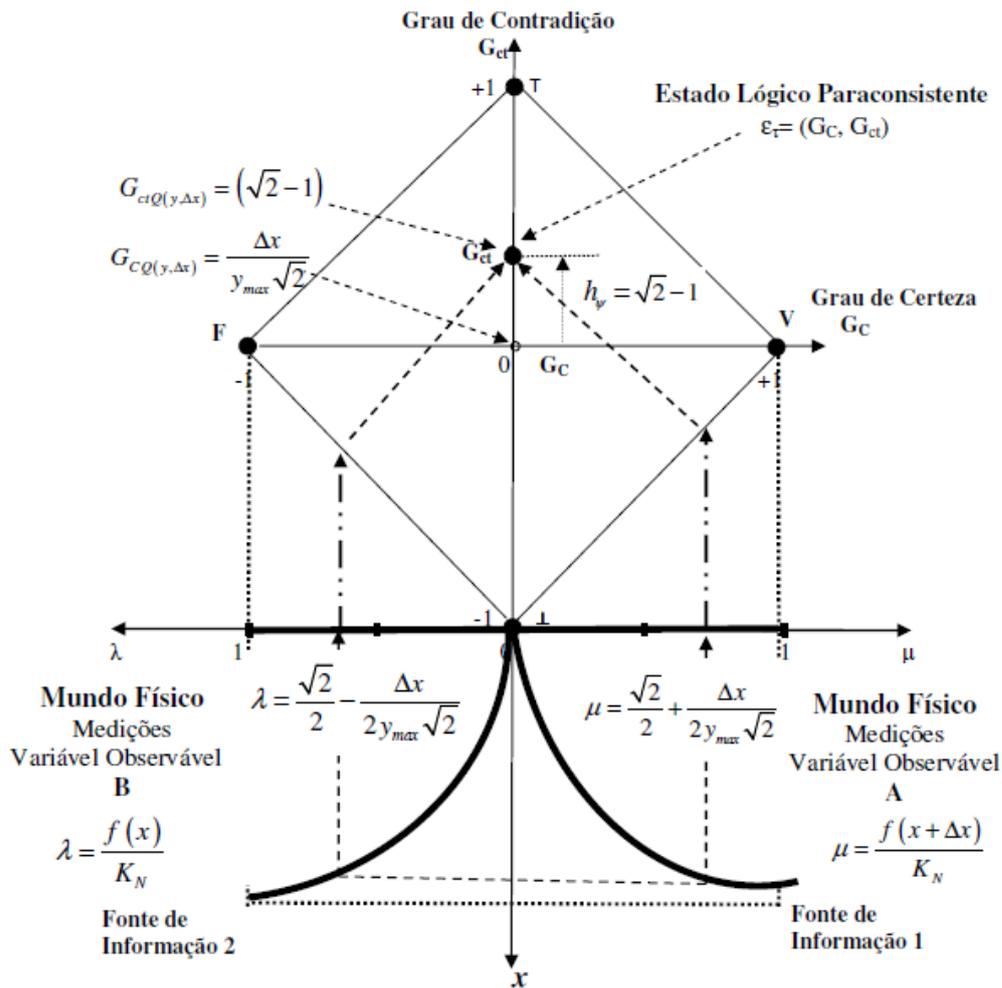


Figura III - Localização do estado lógico Paraconsistente ajustado no ponto de equilíbrio h_p através do Fator de Normalização de Newton.

3.3 A Derivada Paraconsistente de primeira ordem

Verifica-se que a localização do estado Lógico Paraconsistente ajustada no Reticulado da LPA2v através do Fator de Normalização de Newton identifica como é representada qualquer função diferenciável $f(x)$ antes do processo matemático da derivada. Portanto nesta condição o Quociente de Newton está representado conforme a equação (17). Para uma função do tipo $y = x^n$ onde n é algum inteiro positivo, tem-se:

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{(x + \Delta x)^n - (x)^n}{\Delta x}$$

E no Quociente de Newton, esta função f será representada da forma:

$$Q(y, \Delta x) = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{(x + \Delta x)^n - (x)^n}{\Delta x}$$

Incluindo um fator de Normalização de Newton à análise, o Quociente de Newton Paraconsistente, pode ser escrito na forma de:

$$PQ_{(N)} = \left[\frac{(x + \Delta x)^n}{K_N \Delta x} - \frac{(x)^n}{K_N \Delta x} \right] \quad (21)$$

Essa normalização permite que, para a função $y = x^n$, sejam identificados no Quociente de Newton Paraconsistente os Graus de Evidência de um Modelo Lógico Paraconsistente:

$$\mu_N = \frac{(x + \Delta x)^n}{K_N} \quad \text{Grau de Evidência favorável}$$

$$\lambda_N = \frac{(x)^n}{K_N} \quad \text{Grau de Evidência desfavorável}$$

Sendo assim, para a função $y = x^n$ o Quociente de Newton Paraconsistente produz o valor correspondente ao Grau de Certeza dos fundamentos da LPA2v:

$$G_C = \left[\frac{(x + \Delta x)^n}{K_N} - \frac{(x)^n}{K_N} \right] \quad (22)$$

E o Grau de Contradição:

$$G_{ct} = \left[\frac{(x + \Delta x)^n}{K_N \Delta x} + \frac{(x)^n}{K_N \Delta x} - 1 \right] \quad (23)$$

Comparando as equações (21) e (22), o Quociente de Newton pode ser escrito como:

$$PQ_{(N)} = \frac{1}{\Delta x} \left[\frac{(x + \Delta x)^n}{K_N} - \frac{(x)^n}{K_N} \right] \quad (24)$$

Portanto: $PQ_{(N)} = \frac{1}{\Delta x} [G_c]$. Sendo assim, a Derivada Paraconsistente de primeira ordem para a função $y = x^n$ é o próprio valor do Grau de Certeza dividido pelo incremento da Variável x . Portanto:

$$y' = \frac{1}{\Delta x} G_{c(N)} \quad (25)$$

A Derivada Paraconsistente no mundo físico será recuperada fazendo:

$$y' = K_N \times PQ_{(N)} \quad (26)$$

Onde: K_N é o Fator de Normalização de Newton.

Alguns exemplos de aplicação são apresentados em [10] e [11].

3.3. A Derivada Paraconsistente de segunda ordem

A segunda derivada de uma função, ou derivada de segunda ordem de uma função, é representada pela derivada da derivada da função [14][15][16]. Considerando que a derivada de primeira ordem paraconsistente é obtida com o cálculo do Quociente de Newton Paraconsistente pela equação (11), então o Grau de Certeza do Quociente de Newton Paraconsistente da derivada de primeira ordem paraconsistente pode ser escrito como:

$$G_{c1Q(N)} = \frac{f(x + \Delta x)}{K_N} - \frac{f(x)}{K_N} \quad (27)$$

Este primeiro valor do Grau de Certeza ($G_{c1Q(N)}$) será normalizado, transformando-se, a partir da equação (6), em Grau de Evidência favorável para a Derivada de segunda ordem, portanto:

$$\mu_{2Q(N)} = \frac{G_{C1Q(N)} + 1}{2} \quad (28)$$

ou então, fazendo (27) em (28):

$$\mu_{2Q(N)} = \frac{\left[\frac{f(x + \Delta x)}{K_N} - \frac{f(x)}{K_N} \right] + 1}{2} \quad (29)$$

Para a representação da derivada paraconsistente de segunda ordem, quando o valor de Δx diminui é o Grau de Evidência desfavorável λ_1 que se aproxima do Grau de Evidência favorável μ_1 . Portanto, a equação do Quociente de Newton Paraconsistente do segundo ponto, ou segundo estado Lógico paraconsistente, obtido no Reticulado para a derivada paraconsistente de segunda ordem, fica:

$$PQ_{(N)2} = \frac{1}{\Delta x} \left(\frac{f(x)}{K_N} - \frac{f(x - \Delta x)}{K_N} \right) \quad (30)$$

onde, da mesma forma: KN é o fator de Normalização de Newton, cuja ação permite o tratamento dos sinais conforme os fundamentos da LPA2v.

Na equação (30) são identificados os Graus de Evidência, tal que:

$$\mu_2 = \frac{f(x)}{K_N} \rightarrow \text{Segundo Grau de Evidência favorável.}$$

$$\lambda_2 = \frac{f(x - \Delta x)}{K_N} \rightarrow \text{Segundo Grau de Evidência desfavorável.}$$

Sendo assim, no Modelo Lógico Paraconsistente tem-se o Grau de Certeza do segundo estado Lógico, calculado como:

$$G_{C2Q(N)} = \frac{f(x)}{K_N} - \frac{f(x - \Delta x)}{K_N} \quad (31)$$

O segundo valor do Grau de Certeza $G_{C2Q(N)}$ será normalizado, transformando-se assim em Grau de Evidência desfavorável para a derivada de segunda ordem da mesma função $f(x)$, portanto:

$$\lambda_{2Q(N)} = \frac{G_{C2Q(N)} + 1}{2} \quad (32)$$

ou então, fazendo (31) em (32):

$$\lambda_{2Q(N)} = \frac{\left[\frac{f(x)}{K_N} - \frac{f(x-\Delta x)}{K_N} \right] + 1}{2} \quad (33)$$

Verifica-se que para esta segunda representação da derivada paraconsistente quando o valor de Δx diminuir o Grau de Evidencia desfavorável λ_2 se aproximará do Grau de Evidência favorável μ_2 . Dessa forma, a derivada paraconsistente de segunda ordem será:

$$PQ_{(N)}^2 = \frac{1}{\Delta x} \left[\frac{\mu_{2Q(N)} - \lambda_{2Q(N)}}{\Delta x} \right] \quad (34)$$

ou então, fazendo (29) e (31) em (34):

$$PQ_{(N)}^2 = \frac{1}{\Delta x} \times \frac{\frac{G_{C1Q(N)} + 1}{2} - \frac{G_{C2Q(N)} + 1}{2}}{\Delta x}$$

ou então, fazendo (28) e (32) em (34):

$$PQ_{(N)}^2 = \frac{1}{\Delta x} \times \frac{\frac{\left[\frac{f(x+\Delta x)}{K_N} - \frac{f(x)}{K_N} \right] + 1}{2} - \frac{\left[\frac{f(x)}{K_N} - \frac{f(x-\Delta x)}{K_N} \right] + 1}{2}}{\Delta x}$$

Rearranjando, o Quociente de Newton Paraconsistente para função de segunda ordem fica:

$$PQ_{(N)}^2 = \frac{1}{2(\Delta x)^2} \left[\left(\frac{f(x+\Delta x)}{K_N} - \frac{f(x)}{K_N} \right) - \left(\frac{f(x)}{K_N} - \frac{f(x-\Delta x)}{K_N} \right) \right] \quad (35)$$

onde: $PQ_{(N)}^2$ valor final da derivada paraconsistente de segunda ordem da função $f(x)$.

KN é o fator de Normalização de Newton cuja ação permite o tratamento dos sinais conforme os fundamentos da LPA2v.

Para fazer a recuperação e assim obtendo-se o valor da derivada paraconsistente de segunda ordem da função $f(x)$ no universo físico real, faz-se:

$$y'' = 2 \times K_N \times PQ_{(N)}^2 \quad (36)$$

onde: y'' valor final da segunda derivada no mundo real.

3.4. O cálculo Integral Paraconsistente

No cálculo da Derivada cada uma das funções primitivas, chamadas aqui por $F(x)$, corresponde a uma função derivada $F'(x)$ [14][15][16]. A Integral indefinida da função primitiva geral é chamada de diferencial $dF(x)$, que é representada simbolicamente por $\int f(x)dx = F(x)$.

Com o método convencional de integração para uma função f é visto que, por exemplo, para uma função do tipo, $y = x^n$, onde n é qualquer inteiro positivo, a análise inicial é feita via o teorema binomial [14][15][16]. Neste procedimento o termo $(x + \Delta x)^n$ localizado na parte esquerda do numerador do Quociente de Newton na equação (21), é escrito como:

$$(x + \Delta x)^n = x^n + nx^{n-1}(\Delta x) + \frac{n(n-1)}{2!}x^{n-2}(\Delta x)^2 + \frac{n(n-1)(n-2)}{3!}x^{n-3}(\Delta x)^3 + \dots + nx(\Delta x)^{n-1} + (\Delta x)^n$$

Subtraindo ambos os lados da equação anterior e, em seguida, dividindo ambos os lados da equação pelo incremento da variável x pode-se ainda separar em termos fracionários

aplicando o fator de normalização de Newton. Após estes procedimentos encontram-se os componentes do Quociente de Newton Paraconsistente, representado pela equação (21), como mostrado a seguir:

$$\begin{aligned} \frac{(x + \Delta x)^n}{K_N \Delta x} - \frac{(x)^n}{K_N \Delta x} &= \frac{x^n}{K_N \Delta x} + \frac{nx^{n-1}(\Delta x)}{K_N \Delta x} + \frac{n(n-1)}{K_N \Delta x 2!} x^{n-2}(\Delta x)^2 \\ &+ \frac{n(n-1)(n-2)}{K_N \Delta x 3!} x^{n-3}(\Delta x)^3 + \dots + \frac{nx(\Delta x)^{n-1}}{K_N \Delta x} + \frac{(\Delta x)^n}{K_N \Delta x} - \frac{x^n}{K_N \Delta x} \end{aligned} \quad (37)$$

Esta equação é comparada ao Quociente de Newton Paraconsistente no instante anterior a derivada do método convencional, portanto antes da variável x tender a zero. Para fazer a

variável x tender a zero, o termo fracionário no lado direito da equação (37) $\frac{x^n}{K_N \Delta x}$ é eliminado. Este termo, que é eliminado pelo método convencional aplicando o teorema binomial, é identificado na LPA2v como o Grau de Evidência desfavorável $\lambda_{\psi N}$. Assim, a equação que expressa o limite da função no método convencional, passa ser descrito como:

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = nx^{n-1} \quad (38)$$

Ou através de outra notação, como: $F'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = nx^{n-1}$ com a restrição de $x \neq 0$.

Na Integral pelo método convencional a equação da função primitiva deve ter ajustado seu coeficiente para adequar os valores. Portanto, a função primitiva [14][15][16] de uma função derivada resultante $y' = x^n$, a partir de procedimentos convencionais, será:

$$F(x) = \frac{x^{n+1}}{(n+1)}$$

O valor da constante C é adicionado à equação, obtendo-se assim a função primitiva geral.

E introduzindo a Integral indefinida de modo simbólico, tem-se a equação:

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{(n+1)} + C \quad (39)$$

No método convencional da derivada [14][15] antes de considerar a ação de x tender a zero a aplicação do teorema binomial permitiu que função primitiva de uma função derivativa tivesse potência $n-1$, tal que: $F'(x) = nx^n \rightarrow F(x) = nx^{(n-1)}$. Na lógica paraconsistente este processo matemático indica que, na derivada, esta ação é executada como uma contração no Reticulado da PAL2v. A outra ação, ao se aplicar o teorema binomial, é feita na derivação com o termo eliminado, que na LPA2v corresponde ao Grau Evidência desfavorável $\lambda_{\psi N}$ do Quociente de Newton sendo zerado. Para a Lógica Paraconsistente este processo matemático que representa a ação derivativa modifica o Grau de Certeza da função primitiva. Desse modo, o Quociente de Newton Paraconsistente (equação (21)), para a condição imposta pela aplicação do teorema binomial escrito em forma diferencial, será:

$$PQ_{(I\psi N)}\Delta x = \left[\frac{(x + \Delta x)^n}{K_N} - 0 \right] \quad (40)$$

Esta condição pode ser identificada com:

$$\mu_{\psi N} = \frac{(x + \Delta x)^n}{K_N} \quad \text{Grau de Evidência favorável}$$

$$\lambda_{\psi N} = 0 \quad \text{Grau de Evidência desfavorável}$$

Dessa forma, após a ação derivativa, o Grau de Certeza expresso pela equação (22), é:

$$G_{C(I\psi N)} = \mu_{\psi N} - \lambda_{\psi N} \rightarrow G_{C(I\psi N)} = \mu_{\psi N} - 0 \quad \text{resultando em:}$$

$$G_{C(I\psi N)} = \frac{(x + \Delta x)^n}{K_N} \quad (41)$$

O ponto onde o estado Lógico Paraconsistente (\mathcal{E}) irá sofrer a ação do processo de integração é chamado ponto integral do estado lógico Paraconsistente, que é representado por $\mathcal{E}_{I\psi}$.

Verifica-se que a Integral Paraconsistente irá retornar o estado Lógico Paraconsistente (\mathcal{E}) ao ponto de equilíbrio estabelecido pelo fator de quantização Paraquântico ($h\psi$) [13].

Portanto, ação integral fará com que o estado Lógico Paraconsistente ($\mathcal{E}_{h\psi}$), que após a ação de derivada foi localizado no ponto Integral (mostrado na Figura IV), seja restaurado para ponto de equilíbrio do Fator Paraconsistente de Quantização, representado por ($\mathcal{E}_{h\psi}$).

Neste processo de Integral Paraconsistente, que pode ser considerada como uma anti-derivada, quando é adicionado 1 ao coeficiente n da potência de x , é promovida uma primeira ação na expansão do Reticulado da PAL2v. Portanto, no ponto de integração $\mathcal{E}_{I\psi}$

o Grau de Evidência favorável é representado por:

$$\mu_{\psi N} = \frac{(x + \Delta x)^n}{K_N} .$$

Com a expansão do Reticulado da PAL2v o Grau de Evidência favorável passa a ser

representado por:

$$\mu_{\psi N} = \frac{(x + \Delta x)^{n+1}}{K_N (n+1)} .$$

A condição para o estado Lógico Paraconsistente ($\mathcal{E}_{h\psi}$) estar localizado no ponto de equilíbrio do Fator de Quantização é que ambos os graus de evidência devem existir para formar o Grau de Contradição do Quociente de Newton Paraconsistente. Portanto, como no processo da derivada o Grau de Evidência desfavorável tornou-se zero ($\lambda_{\psi N} = 0$), na ação da Integração ele é recolocado no processo em que ocorre a expansão, fazendo este passar a valer:

$$\mu_{ctr(\psi N)} = \frac{(x + \Delta x)^{n+1}}{2K_N(n+1)} + \frac{(x)^{n+1}}{2K_N(n+1)} \quad (43)$$

É verificado que estado Lógico Paraconsistente do ponto de equilíbrio de Fator Paraconsistente de Quantização é o estado Lógico Paraconsistente da função primitiva, e está localizado no ponto de equilíbrio, determinado pelo fator de Normalização de Newton K_N . Portanto, a função primitiva no Modelo Lógico Paraconsistente será representada pelo Grau de Contradição normalizado da equação (43), tal que:

$$F_{(\psi N)} = \frac{(x + \Delta x)^{n+1}}{2K_N(n+1)} + \frac{(x)^{n+1}}{2K_N(n+1)} \quad (44)$$

Onde:

K_N é o Fator de Normalização de Newton, tal que: $K_N = \sqrt{2}y_{max}$

y_{max} é o máximo valor da função no ponto considerado.

Da mesma forma, o valor da constante C é acrescentado à equação (44), obtendo-se assim a Função Primitiva geral:

$$F(x)_N = \left[\frac{(x + \Delta x)^{n+1}}{2K_N(n+1)} + \frac{(x)^{n+1}}{2K_N(n+1)} \right] + C \quad (45)$$

Como para o processo de recuperação multiplica-se o valor de K_N ao resultado obtido no Reticulado da LPA2v, então a Função primitiva final será dada por:

$$F(x)_N = \left[\frac{(x + \Delta x)^{n+1}}{2(n+1)} + \frac{(x)^{n+1}}{2(n+1)} \right] + C \quad (46)$$

A Integral Paraconsistente Indefinida é apresentada no modo simbólico, tal que:

$$\int x^n_{(N)} dx = \left[\frac{(x + \Delta x)^{n+1}}{2(n+1)} + \frac{(x)^{n+1}}{2(n+1)} \right] + C \quad (47)$$

Sendo assim, o cálculo da área será:

Para a área no segundo ponto da curva $x=b$:

$$A_b = \int_{(N)b} x^n dx$$

Para a área no primeiro ponto da curva $x=a$:

$$A_a = \int_{(N)a} x^n dx$$

A área total é calculada por:

$$A = \int_{(N)b} x^n dx - \int_{(N)a} x^n dx \quad (48)$$

Exemplos de aplicação são mostrados em [10].

4 Conclusão

Neste artigo foi apresentado um método para Cálculo Diferencial e Integral utilizando os fundamentos da Lógica Paraconsistente Anotada aplicados ao Quociente de Newton. Utilizou-se assim, uma Matemática Paraconsistente, onde as contradições existentes no Cálculo são aceitas como inerentes de um modelo baseado em situações reais. Portanto, o Cálculo Diferencial Integral Paraconsistente, estruturado em uma lógica que aceita contradições, é capaz de dissolver as incertezas, agregando valores que convencionalmente seriam desprezados. Verifica-se que em sua estruturação a Matemática Paraconsistente tem a grande vantagem de que as informações existentes nas contradições não são excluídas, mas agregadas aos resultados finais, alcançando assim os limites da utilização de conceitos matemáticos em aplicações de resoluções dos problemas existentes em sistemas físicos reais.

5 Referências

- [1] K. D. Stroyan, and W. A. J. Luxemburg, Introduction to the theory of infinitesimals. Nova York, Academic Press. (1976).
- [2] I. Newton, The method of fluxions and infinite series. Ed. John Colson. Londres (De methodus fluxionum et serierum infinitarum, 1671). (1736).
- [3] I. Newton, The mathematical papers of Isaac Newton. Ed. D. T. Whiteside. Cambridge, Cambridge University Press (8 v.). 1967-1981).
- [4] J. L. Bell, A primer of infinitesimal analysis. Cambridge, Cambridge University Press. (1998).
- [5] M. E. Baron, The origins of the infinitesimal calculus. Hungary, Pergamon Press. (1969).
- [6] N.C.A. Da Costa. "On paraconsistent set theory. *Logique et Analyse*, v. 115, pp. 361-371. (1986).
- [7] N.C.A. Da Costa, Paraconsistent mathematics. In: I World Congress on Paraconsistency, 1998, Ghent, Belgium. *Frontiers in paraconsistent logic: proceedings*. Edited by D. Batens, C. Mortensen, G. Priest, J. P. van Bendegen. London: King's College Publications, (pp. 165-179) (2000).
- [8] J. I. Da Silva Filho, G. Lambert-Torres and J. M. Abe, "Uncertainty Treatment Using Paraconsistent Logic: Introducing Paraconsistent Artificial Neural Networks," IOS Press, Amsterdam, 2010, p. 328.

[9] I. M. L D’ottaviano, and T. F Carvalho,. “Da Costa’s Paraconsistent Differential Calculus and a Transference Theorem”. 2nd Indian International Conference on Artificial Intelligence (II CAI – 05): proceedings. Pune, India. (2005).

[10] J.I. Da Silva Filho, (2014) An Introduction to Paraconsistent Integral Differential Calculus: With Application Examples. Applied Mathematics, 5, 949-962.

<http://dx.doi.org/10.4236/am.2014.56090>

[11] J.I. Da Silva Filho, (2014) Paraconsistent Differential Calculus (Part I): First-Order Paraconsistent Derivative. Applied Mathematics, 5, 904-916.

<http://dx.doi.org/10.4236/am.2014.56086>

[12] J. I. Da Silva Filho, “Paraconsistent Annotated Logic in analysis of Physical Systems: Introducing the Paraquantum Factor of quantization $h\psi$ ”, Journal of Modern Physics, 2011, 2, 1397-1409 Published Online November 2011. doi:10.4236/jmp.2011.211172

[13] J. I. Da Silva Filho, “Paraconsistent Annotated Logic in analysis of Physical Systems: Introducing the Paraquantum Gamma Factor $\gamma\psi$ ”, Journal of Modern Physics, 2011, 2, 1455-1469 Published Online December 2011. doi: 10.4236/jmp.2011.212180

[14] H. J. Keisler, Elementary calculus: an infinitesimal approach. 1 ed. Boston, Prindle, Weber & Schmidt. (1976).

[15] S.C. Kleene,). Introduction to metamathematics. Amsterdã/Nova York, North Holland/Van Nostrand. (1952).

[16] P. A. Tipler and R. A. Llewellyn, “Modern Physics,” 5th Edition, W. H. Freeman and Company, New York, 2007.

Modelo de análise de mamografias através do uso da Lógica
Paraconsistente Anotada para auxílio de diagnóstico de patologias da
mama

Mauricio Conceição Mario¹

João Inácio da Silva Filho^{1,2}

Jair Minoro Abe²

cmario@stcecilia.br, ina@unimes.com.br; jairabe@uol.com.br

¹UNISANTA - Universidade Santa Cecília

²IEA - Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo

Resumo - O diagnóstico de câncer de mama tem-se aprimorado com o uso de exames complementares à mamografia, através do uso de ultrassonografia, ressonância magnética, e a própria conscientização quanto a realização do autoexame. Os exames de ultrassonografia e ressonância magnética têm importância na averiguação de evidências de neoplasias na região da mama, evidências inicialmente detectadas nos exames de mamografia e autoexame. Considerando então o papel relevante do exame de mamografia para detecção de patologias na região da mama, este trabalho tem por objetivo construir um modelo de Sistema Especialista que seja capaz de caracterizar os resultados de mamografias, seguindo classificações já consolidadas nos meios científicos e médico, como a classificação BI-RADS, por exemplo. O Sistema Especialista em desenvolvimento

utilizará técnicas de Inteligência Artificial, com especial relevância para o uso da Lógica Paraconsistente Anotada - LPA, que tem como uma das características a possibilidade de manipular variáveis cujos estados podem denotar grau de incerteza ou indefinição, situação típica em uma análise de radiografia. Métodos de caracterização de padrões através do uso da LPA vêm sendo aprimorados pelo Grupo de Lógica Paraconsistente Aplicada – GLPA, através da realização de trabalhos que resultaram em modelos para classificar padrões de sinais, auxiliar o diagnóstico de disfunções do crescimento do crânio através da análise de variáveis cefalométricas, prever o consumo de energia em sistemas de distribuição de energia elétrica, padrões de imagens em fotografias digitais. Os resultados obtidos nestes trabalhos abrem perspectiva de evolução das técnicas empregadas, de modo que, se desenvolva modelo computacional utilizando a LPA com objetivo de auxiliar o diagnóstico de câncer na mama.

Palavras chave: câncer de mama, diagnóstico, Sistema Especialista, Lógica Paraconsistente Anotada.

Abstract - The diagnosis of breast cancer has been improved with the use of medical checkup that complements mammography, through the use of ultrasound scan, MRI scan and the awareness itself about the realization of self-examination. The ultrasound scan and MRI scan are important to check evidences about pathologies in breast's region, evidences initially detected in ultrasound scan and self-examination. So, considering the relevant function of the mammography to detected pathologies in breast's region, this work aims to construct an Expert System that should describe mammographies results, using traditional classification at scientific and medical environment, like BI-RADS classification, for example. The Expert System on development uses Artificial Intelligence techniques, with

particular relevance to the use of Paraconsistent Annotated Logic - PAL, which one of the characteristics is the possibility of manipulating variables whose states can denote uncertainty or indefinite degree, typical situation on radiography analysis. Methods of describing patterns through the use of PAL have been improved by Group of Research in Application of Paraconsistent Logic - GRAPL. This is made through performing work which resulted in models to classify signal patterns, to assist the diagnosis of craniofacial discrepancies growth with cephalometric analysis, to predict the energy consumption on electric energy systems, to describe patterns of images in digital photos. The results obtained in this work offer an evolution of techniques used, so that, it can be developed the computer system model, using the PAL, in order to assist in the diagnosis of breast cancer.

Keywords: breast cancer, diagnosis, Expert System, Paraconsistent Annotated Logic.

1. Introdução

O câncer de mama é o segundo tipo mais comum no mundo e o que mais atinge as mulheres. Em 2010 o Brasil registrou 49 mil novos casos, resultando em 11,8 mil mortes, segundo o Instituto Nacional do Câncer – INCA. Outro dado relevante é que, se diagnosticado precocemente, as chances de cura do mesmo estão em torno de 90% [19]

Os métodos para diagnóstico de câncer da mama caracterizam-se predominantemente pelo uso de mamografia combinada com estereotaxia [9] ultrassonografia e ressonância magnética. A interpretação da radiografia da região da mama – mamografia, requer apurado conhecimento das características das patologias relacionadas à região, sendo que a experiência do profissional da área médica é importante aliada para obtenção de diagnósticos precisos. Nesse contexto, há pesquisas com números relacionados a concordância de diagnóstico entre profissionais, e em geral as conclusões remetem a

diferenças consideráveis [17]. A região da mama não apresenta um padrão universal, porém a identificação de algumas características no exame de imagem para uma avaliação através da comparação de padrões é relevante para o diagnóstico [4], favorecendo o reconhecimento das variações da normalidade e pseudolesões, e deste modo minimizando a possibilidade de diagnósticos errados e procedimentos desnecessários [21]. Como exemplos da relevância da interpretação da mamografia, a visualização correta da inserção medial do músculo peitoral, assim como a distinção entre pseudolesões mamárias e a presença do músculo esternal na região da mama [16] são fatores relevantes para o correto diagnóstico de supostas neoplasias na região da mama.

A observação de tecidos a partir do espalhamento de raios X, em que o método estatístico de análise multivariada utiliza para o agrupamento de amostras o momento transferido, ou seja, a relação entre o ângulo do espalhamento e a energia dos raios X [2], assim como o uso da Elastografia associada à ultrassonografia [7] para diferenciar lesões benignas e malignas através da avaliação da elasticidade de tecidos da região da mama, são exemplos de pesquisas em que técnicas são associadas para aprimorar o diagnóstico de câncer de mama.

O trabalho em desenvolvimento descrito neste artigo faz uso de técnicas de Inteligência Artificial, através da Lógica Paraconsistente Anotada, para analisar mamografias digitalizadas e extrair destas, informações pertinentes a avaliação de neoplasias da mama, a partir de características relacionadas a forma, tamanho, contorno, limites, densidade, número e distribuição de nódulos e calcificações [10]. A análise de propriedades de imagens digitais como a resolução, profundidade, histograma, brilho, contraste e textura, assim como as manipulações que podem ser aplicadas às mesmas: detecção de contornos e bordas, segmentação de regiões e classificação de padrões, permitirão a implementação de

Sistema Especialista capaz de classificar padrões de anormalidade relacionados a neoplasias da região da mama.

O trabalho Sistema Classificador de Sinais projetado com as Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes [14] e An Expert System Structured in Paraconsistent Annotated Logic for Analysis and Monitoring of the Level of Sea Water Pollutants [6], são referências em como a LPA pode ser utilizada para representar eventos do mundo real e também para caracterizar padrões, que no caso podem ser desde padrões relacionados a sinais analógicos até padrões de imagens discretizados em arranjos matemáticos. No trabalho Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes aplicadas na extração de dimensões físicas de objetos em imagens fotográficas digitais [13] é descrito o método para manipulação de imagens digitais com o auxílio da LPA.

O artigo Neural Network as Cephalometric Diagnosis [12] demonstra o uso das células da LPA formando uma Rede Neural Artificial Paraconsistente, capaz de quantificar discrepâncias relacionadas ao crescimento craniofacial e também classificar estas discrepâncias, sendo então utilizada para auxiliar o diagnóstico de maloclusão em ortodontia.

Quantificar eventos do mundo real, ser estruturada para representar sistemas e caracterizar padrões em áreas distintas das ciências e da engenharia, como descrito nos trabalhos citados, credenciam a LPA como ferramenta capaz de compor um Sistema Especialista para análise de mamografias digitalizadas com intuito de auxiliar o diagnóstico de câncer de mama.

Os estudos relacionados à manipulação de imagens no âmbito computacional têm geralmente dois níveis de abstração: o processamento de imagens e a análise de imagens.

O processamento digital de imagens consiste em um conjunto de técnicas para capturar,

representar e transformar imagens com o auxílio do computador. O emprego dessas técnicas permite extrair e identificar informações das imagens e melhorar a qualidade visual de certos aspectos estruturais, facilitando a percepção humana e a interpretação automática por meio de dispositivos. A análise digital de imagens é, tipicamente, baseada na forma, na textura, nos níveis de cinza ou nas cores dos objetos presentes nas imagens. Uma dificuldade inerente ao processo de análise de imagens é seu caráter multidisciplinar, em que diversos domínios de conhecimento são comumente necessários para solucionar problemas, tais como geometria computacional, visualização científica, estatística, teoria da informação, etc [20].

1.1 Estruturas da Lógica Paraconsistente Anotada - LPA

As propriedades da Lógica Paraconsistente Anotada – LPA podem ser descritas através de alguns algoritmos, que são simbolizados por células chamadas de Células Neurais Artificiais Paraconsistentes – CNAPs. Uma destas células é a Célula Neural Artificial Paraconsistente de Conexão Lógica analítica – CNAPCa, utilizada sobretudo para fazer a conexão entre outros tipos de células da LPA e permitir que um valor quantitativo resultante de uma análise paraconsistente efetuado em uma célula, possa ser repassado a outros tipos de células, formando as chamadas redes de análises paraconsistentes ou Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes - RNAPs (DA SILVA FILHO, ABE, 2001). A Figura I mostra uma Célula de Conexão Lógica Analítica e na seqüência é descrito seu algoritmo:

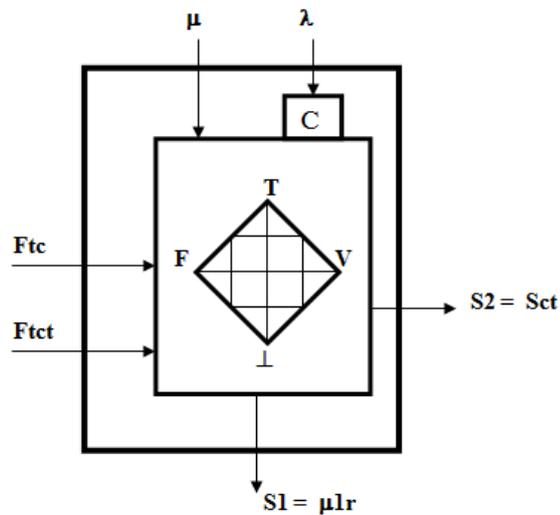


Figura I - Célula Neural Artificial de Conexão Lógica analítica [da Silva Filho e Abe, 2001].

Algoritmo da CNAPCa:

$F_{tc} = C1$ - Fator de tolerância à certeza: $0 \leq C1 \leq 1$.

$F_{tct} = C2$ - Fator de tolerância à contradição: $0 \leq C2 \leq 1$.

μ = Grau de evidência favorável de entrada: $0 \leq \mu \leq 1$.

λ = Grau de evidência contrária de entrada: $0 \leq \lambda \leq 1$.

são calculados:

$\lambda C = 1 - \lambda$: complemento do grau de evidência contrária

$|G_{ct}| = |\mu + \lambda C - 1|$: valor do grau de contradição

$|G_{ce}| = |\mu - \lambda C|$: valor do grau de certeza

$V_{icc} = (1 - C1) / 2$: valor do limite inferior de certeza

$V_{sc} = (1 + C1) / 2$: valor do limite superior de certeza

$\mu_{lr} = (\mu - \lambda C + 1) / 2$: valor do grau de evidência resultante

saídas:

se $Vicc \leq \mu_{1r} \leq Vsc$: $S1 = \mu_{1r}$ e $S2 = 0$; se $|Gct| \geq C2$ e $|Gct| \geq |Gce|$: $S1 = \frac{1}{2}$ e $S2 = |Gct|$; senão: $S1 = \frac{1}{2}$ e $S2 = 0$;

Outra importante estrutura da Lógica Paraconsistente Anotada utilizada neste trabalho é o Nó de Análise Paraconsistente – NAP [1]. A representação e o algoritmo de um NAP são demonstrados na Figura II:

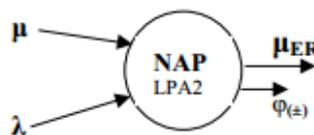


Figura 4 Símbolo do NAP - Nó de Análise Paraconsistente

1. Entre com os valores de Entrada

μ */ Grau de Evidência favorável $0 \leq \mu \leq 1$

λ */ Grau de Evidência desfavorável $0 \leq \lambda \leq 1$

2. Calcule o Grau de Contradição normalizado

$$\mu_{cr} = \frac{\mu + \lambda}{2}$$

3. Calcule o Intervalo de Evidência resultante

$$\varphi_E = 1 - |2\mu_{cr} - 1|$$

4. Calcule o Grau de Certeza

$$G_C = \mu - \lambda$$

5. Calcule o Grau de Contradição

$$G_{ca} = (\mu + \lambda) - 1$$

6. Calcule a distância D

$$D = \sqrt{(1 - |G_C|)^2 + G_{ca}^2}$$

7. Determine o sinal da Saída

Se $\varphi_E \leq 0,25$ ou $D > 1$, então faça:

$S1 = 0,5$ e $S2 = \varphi_{E(\pm)}$: Indefinição e vá para o item 11

Senão vá para o próximo item

8. Determine o Grau de Certeza real

Se $G_C > 0$ $G_{CR} = (1 - D)$

Se $G_C < 0$ $G_{CR} = (D - 1)$

9. Calcule o Grau de Evidência resultante real

$$\mu_{ER} = \frac{G_{CR} + 1}{2}$$

10. Apresente os resultados na saída

Faça $S1 = \mu_{ER}$ e $S2 = \varphi_{E(\pm)}$

11. Fim

Figura II- Algoritmo e símbolo de um Nó de Análise Paraconsistente [1]

2 Objetivos

Sistemas Especialistas (SEs) de apoio a diagnósticos médicos, se construídos a partir de sólidas bases de dados para caracterização e comparação de padrões, e desde que a análise condicional das variáveis que compõem o Sistema Especialista faça varredura das inúmeras possibilidades relativas ao contexto do diagnóstico, podem proporcionar resultados com índices de concordância semelhantes aos especialistas, porém com critérios pré-estabelecidos que não estão sujeitos a subjetividades. Desta forma, estes SEs podem ser utilizados para estabelecer diagnósticos de referência. Este trabalho se concentra em estabelecer os padrões relacionados às imagens de mamografias, padrões estes que possam ser quantificados em graus de similaridade que representem a classificação BI-RADS. Várias pesquisas e relatos vêm sendo desenvolvidos neste campo [11] [23] [8] [18], com o objetivo de otimizar o diagnóstico através da utilização de imagens. A proposta deste projeto é digitalizar mamografias e submetê-las a uma série de técnicas de análise de imagens digitais, afim da caracterização de padrões relativos a estas mamografias.

3 Materiais e métodos

Na implementação do Sistema Especialista são utilizadas bases de dados de referência de diagnósticos, onde são armazenadas informações relativas a mamografias e seus respectivos diagnósticos em formato adequado. Computacionalmente estes formatos devem ser adequados a arranjos ou matrizes, que armazenam as informações relativas a padrões das imagens digitais de mamografias.

Uma das bases de dados a ser utilizada no projeto, proveniente do departamento de radiologia da Faculdade de Medicina da Universidade de Washington, é uma coleção digitalizada de mamografias com os respectivos diagnósticos. A Figura III retrata uma

destas radiografias. O diagnóstico do banco de dados aponta para a classificação BI-RADS categoria 4, com microcalcificações distribuídas no segmento mais afastado inferior do seio esquerdo.

O Sistema Especialista inicialmente fará uma leitura do arquivo com a imagem digital da mamografia, armazenando todos os valores referentes aos pixels da mesma. A seguir os valores de pixels lidos serão normalizados em uma escala entre zero e um, de modo que, tratando-se de uma radiografia, o conjunto de informações relativas a coloração da mesma irá variar entre o branco e preto (escala de cinza), correspondendo respectivamente a uma escala numérica entre um e zero.

Os valores normalizados correspondentes aos pixels são armazenados em arranjos e a estes arranjos é aplicado algoritmo para identificar pixels com valores correspondentes a níveis de cinza que se aproximem da cor branco; em seqüência o algoritmo identifica se estes pixels são vizinhos de pixels com as mesmas características pelo critério de “vizinhança de oito”, ou seja, os pixels à esquerda e direita, acima e abaixo, e nas diagonais superiores e inferiores. Para a imagem é então calculado um valor numérico entre zero e hum que, quanto mais se aproximar de hum, tem o significado de que a mamografia tem mais regiões com agrupamento de pixels que se aproximam da coloração branco. A este valor numérico é dado neste trabalho o nome de Evidencia BI-RADS.

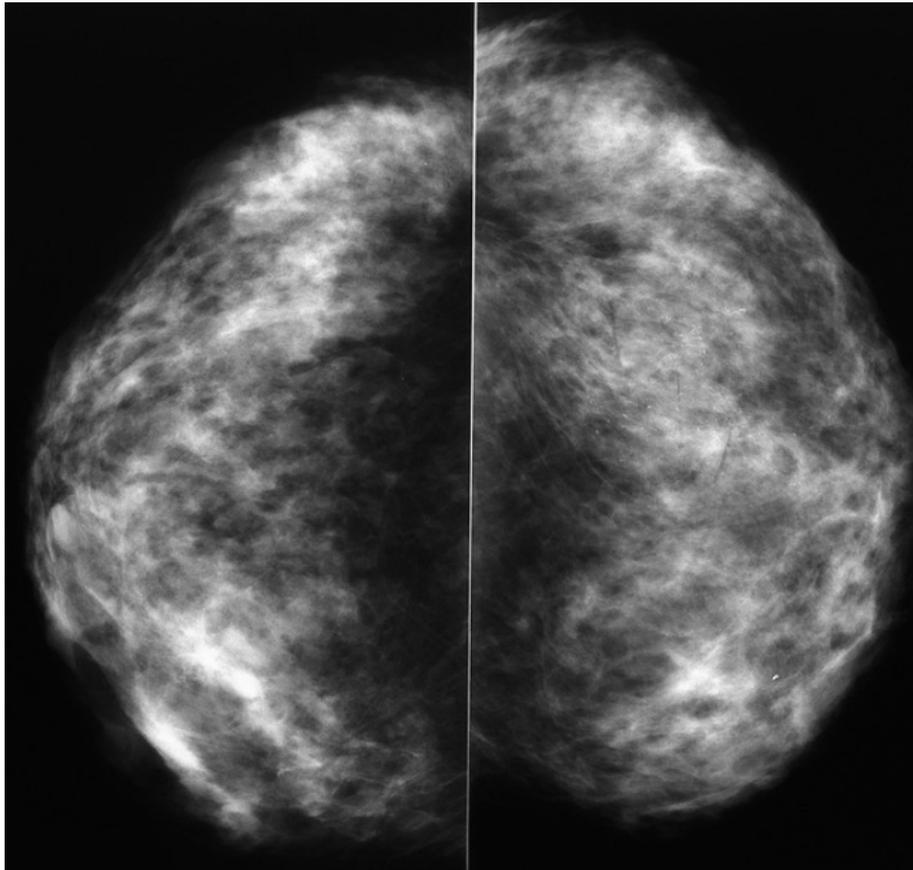


Figura III: mamografia do banco de dados University Washington Medicine – Department of Radiology [3]

Com base em informações disponíveis que relacionam radiografias e diagnósticos, como por exemplo a University Washington Medicine – Department of Radiology e o The Digital Database for Screening Mammography –Breast DDSM (Imaging Teaching Files) [5], foram caracterizados padrões de mamografias relacionadas a diagnósticos. Estes padrões foram armazenados em arranjos, que compõem o Sistema Especialista. Estes arranjos são identificados como “Banco de Dados de Diagnósticos de Referência”. Quando uma mamografia a ser analisada for inserida ao Sistema Especialista, seu padrão é comparado aos vários padrões contidos no “Banco de Dados de Diagnósticos de Referência”, e o Sistema Especialista caracteriza esta mamografia com uma evidência

relacionada a categoria BI-RADS do diagnóstico a que ela mais se aproxima, e que estava previamente caracterizado no “Banco de Dados de Diagnósticos de Referência”.

Afim de se obterem características diversas relacionadas a uma mesma mamografia, estão sendo realizados testes com as mamografias originais modificadas. Como exemplo, o método utilizado para a análise de imagens digitais [13] pode ser aplicado à parte direita da mamografia digitalizada da Figura III para intensificar o brilho da mesma. Na Figura IV tem-se a mamografia citada com o efeito de intensificação do brilho.

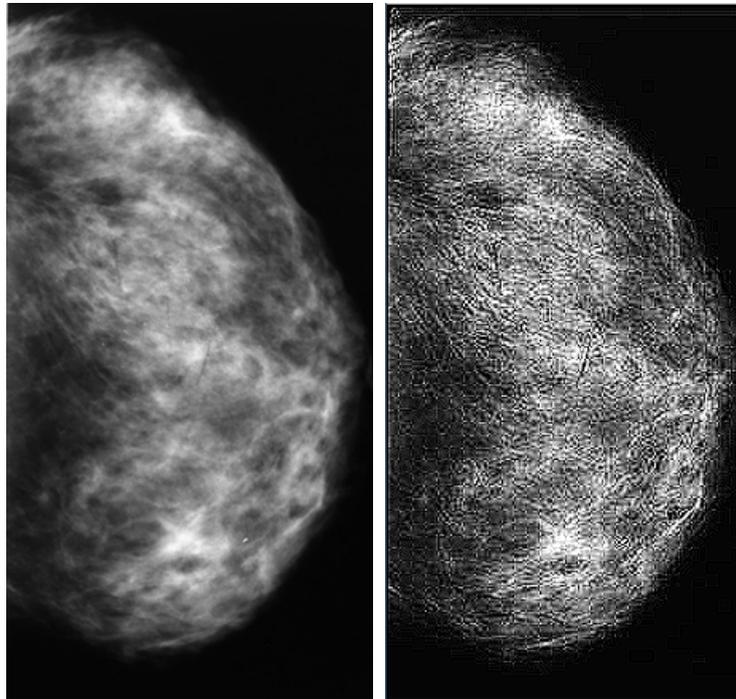


Figura IV: mamografia do banco de dados da *University Washington Medicine – Department of Radiology* [3] Efeito de intensificação do brilho

Através da Figura V pode-se verificar o efeito da obtenção do negativo da mamografia e a Figura VI mostra a detecção da borda dos limites da mama através da imagem do negativo.

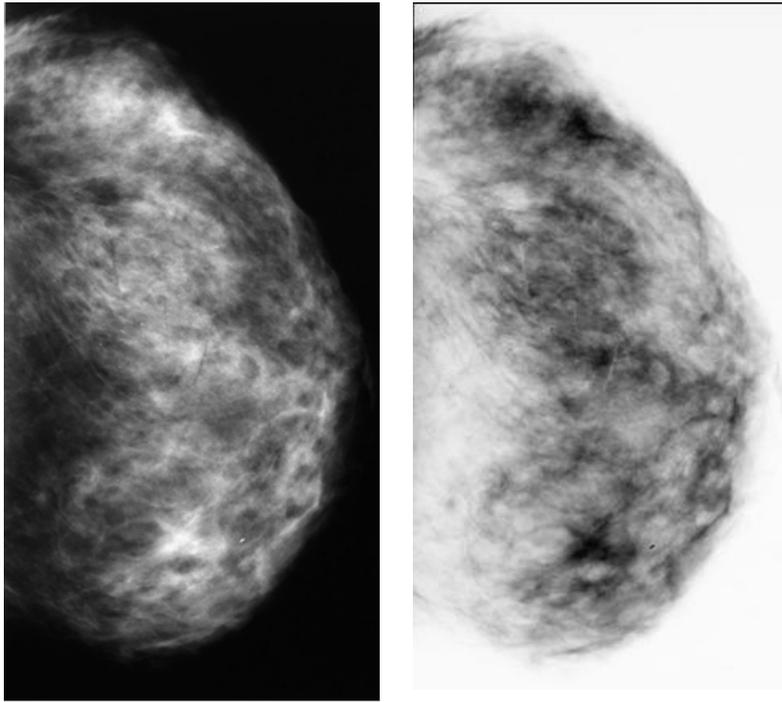


Figura V: mamografia do banco de dados da *University Washington Medicine – Department of Radiology* .
Efeito negativo da mamografia.

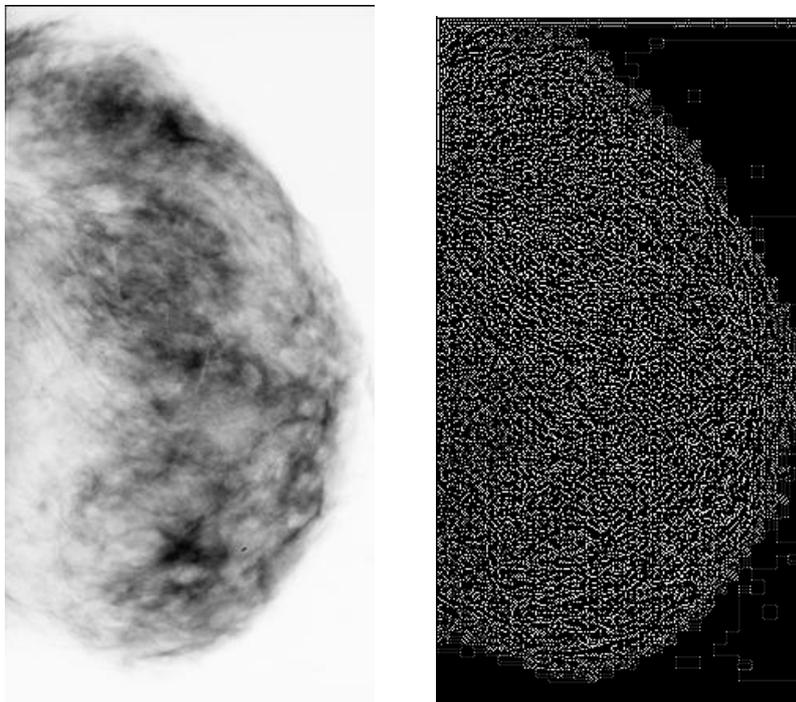


Figura VI mamografia do banco de dados da *University Washington Medicine – Department of Radiology* [3] Detecção de borda a partir do negativo da mamografia.

A detecção de pixels com coloração tendendo ao branco e “com vizinhança de oito” é aplicada nas mamografias modificadas por intensidade de brilho, aplicação de negativo e detecção de bordas. São calculadas para estas mamografias modificadas o valor numérico nomeado anteriormente como Evidência BI-RADS. O Sistema Especialista contextualiza as mamografias que foram utilizadas para formar o “Banco de Dados de Diagnósticos de Referência”, assim como as mamografias inseridas pelo usuário do sistema, através do valor da Evidência BI-RADS calculado em cada caso.

Os valores de Evidências BI-RADS obtidos da mamografia original, da mamografia manipulada para intensificação de brilho, da mamografia manipulada para obter negativo e da mamografia com detecção de borda são utilizados por algoritmos de Células Neurais Artificiais Paraconsistentes [14] e por Nós de Análise Paraconsistente – NAPs para definirem uma classificação prévia da mamografia, dada por uma evidência e uma proposição de que a mamografia pertence a uma categoria BI-RADS em específico, como pode ser verificado na arquitetura do sistema através da Figura VII. O valor da evidência de que a mamografia e suas manipulações são típicas de uma categoria BI-RADS é novamente inserido em um NAP com o objetivo de reforçar a evidência favorável de que a respectiva mamografia pertença a determinada categoria.

A saída do NAP é inserida em um novo Sistema Especialista que avalia as proposições e evidências parcialmente definidas. É feita análise desses dados em busca de uma convergência em torno de uma categoria BI-RADS definitiva para classificar a mamografia.

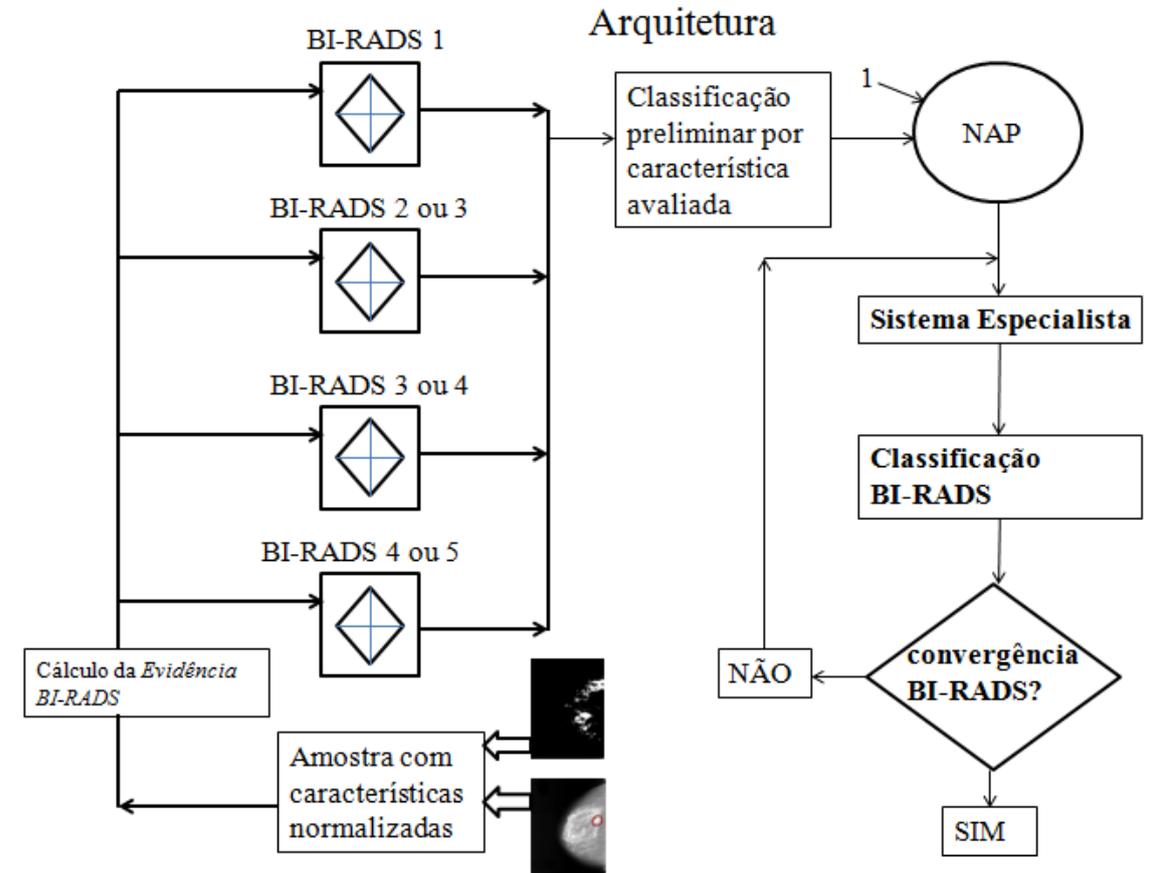


Figura VII: Arquitetura do Sistema Especialista para auxílio ao diagnóstico de câncer de mama utilizando a classificação BI-RADS

4 Resultados parciais

Foram feitos testes com 34 mamografias originais e a respectiva modificação da mesma através da intensificação do brilho. Os melhores resultados foram para as mamografias modificadas, com índice de acerto em torno de 41% na classificação preliminar. Quando foram combinados valores de manipulação de uma mesma mamografia, os índices de acerto caíram consideravelmente, evidenciando que a combinação de características escolhidas para caracterizar uma categoria das mamografias não é promissora.

5 Conclusão

Os resultados parciais obtidos revelam a necessidade de novas caracterizações para uma dada mamografia. A evolução do trabalho aponta para testes com características relacionadas a padrões obtidos por análise morfológica, entropia, uso de novos modelos classificadores, etc.

O uso de Sistema Especialista combinado com estruturas da Lógica Paraconsistente Anotada, permitiu a construção de arquitetura computacional versátil para análise dos dados relativos as imagens, com a possibilidade de realimentação dos resultados parciais obtidos e a reanálise em busca da convergência de resultados. Estas características aliadas a rapidez de processamento dos algoritmos da Lógica Paraconsistente Anotada, permitem vislumbrar progressos em busca de melhores resultados que possam efetivamente contribuir no auxílio do diagnóstico do câncer de mama.

Referências

- [1] DA SILVA FILHO, J.I. -Revista Seleção Documental nº 15, ano IV. Santos-SP, Setembro de 2009. Consulta em 03/04/2014. <http://www.paralogike.com.br/> - Revista Seleção Documental nº 15, ano IV; ISSN 1809-0648, Ed. Paralogike. Santos-SP, Setembro de 2009. Consulta em 03/04/2014.
- [2] AGÊNCIA USP DE NOTÍCIAS. Novo método identifica câncer de mama à partir de raio X. Publicado em 23/11/2011. www.usp.br/agen/; acesso em 01/04/2013.
- [3] Breast Imaging Teaching Files, Katherine E. Dee, MD; University of Washington Department of Radiology.

- [4] COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA. BI-RADS: Sistema de Laudos 1 e Registro de Dados de Imagem da Mama. Endereço: www.cbr.org.br; acesso em 01/04/2013. São Paulo, 2005.
- [5] HEATH, M. et al. The Digital Database for Screening Mammography, in Proceedings of the Fifth International Workshop on Digital Mammography, M.J. Yaffe, ed., 212-218, Medical Physics Publishing, 2001. ISBN 1-930524-00-5
- [6] DA SILVA FILHO, J.I., TORRES, L., FERRARA, L.F.P., MARIO, M.C., SANTOS, M.R., ONUKI, A.S., CAMARGO, J.M., ROCCO, A.. Paraconsistent Algorithm Extractor of Contradiction Effects – Paraextrctr. Journal of Software Engineering and Applications. ISSN 1945-3116, volume 1, paginas 579 a 584, 2011.
- [7] FLEURY et al. Classification proposal of breast lesions through ultrasonography using Elastography: a preliminary study. SANTA CASA DE SÃO PAULO. XXXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA/XXIV CONGRESO INTERAMERICANO DE RADIOLOGÍA, 2008. www.congressocbr.com.br/
- [8] GASPARETTO, T.P.D.; MARTINS, G.; AIDAR M.N.; RANGEL L.; VIANNA A.D.; MARCHIORI E.. ACHADOS DE IMAGEM DO ANGIOSSARCOMA PRIMÁRIO DA MAMA XXXVII Congresso Brasileiro de Radiologia e XXIV Congresso Interamericano de Radiologia, Suplementos Vol. 41(Supl.1), 2008.
- [9] GIANDON, C. A. S.. Estudo descritivo das mamografias categorias IV e V da classificação BI-RADS. Dissertação do programa de pós-graduação em Ginecologia, Obstetrícia e Mastologia – área de Ginecologia, da Faculdade de Medicina de Botucatu – UNESP, 2006.
- [10] Instituto Nacional do Câncer. Mamografia: da prática ao controle. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer. – Rio de Janeiro: INCA, 2007.

- [11] LUCAS, J.C.B. et al. A CONTRIBUIÇÃO DA SUBTRAÇÃO DE IMAGENS POR DUPLA ENERGIA (SIPDE) PARA A IDENTIFICAÇÃO DE MICROCALCIFICAÇÕES EM MAMOGRAFIA. XXXVII Congresso Brasileiro de Radiologia e XXIV Congresso Interamericano de Radiologia, Suplementos Vol. 41(Supl.1), 2008.
- [12] MARIO, M.C., ABE, J. M., ORTEGA, N. R. S., DEL SANTO, M. Jr., Paraconsistent Artificial Neural Network as Auxiliary in Cephalometric Diagnosis. Artificial Organs, ISSN 1525-1594, volume 34, série 7, página E215, 2010.
- [13] MARIO, M.C., DAMIN, O.C.B., LOPES, R.G.C.. Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes aplicadas na extração de dimensões físicas de objetos em imagens fotográficas digitais.Revista Seleção Documental, ISSN 1809-0648, volume 1, série 28, pags. 3 a 9, 2012.
- [14] MARIO, M.C., Modelo de análise de variáveis craniométricas através das Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes, Tese de Doutorado, FMUSP, 159p, 2006.
- [15] MARIO, M.C.. Proposta de Aplicação das Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes como Classificador de Sinais Utilizando Aproximação Funcional. Univ. Federal de Uberlândia, Dissertação de Mestrado, Uberlândia; 2003.
- [16] MARQUES, E.F.; Souza, J.A.; Graziano, L; Bitencourt, A.G.V.; Senaga, C; Fontes, C.E.M..Músculo esternal simulando nódulo mamário. Revista Brasileira Ginecologia e Obstetrícia; 31(10):492-5. São Paulo, 2009.
- [17] NASCIMENTO, J. H. R.; SILVA, V. D.; MACIEL, A. C.. (revista eletrônica - Radiologia Brasileira <http://www.rb.org.br/>) - Acurácia dos achados mamográficos do câncer de mama correlação da classificação BI-RADS e achados histológicos. Volume 43 – março/abril de 2010. Acesso em 01/04/2013.

- [18] OLIVEIRA TCF et al. IMAGEM NEGATIVA COMO FERRAMENTA NO DIAGNÓSTICO MAMOGRÁFICO. XXXVII Congresso Brasileiro de Radiologia e XXIV Congresso Interamericano de Radiologia, Suplementos Vol. 41(Supl.1), 2008.
- [19] SAÚDE DA MULHER. Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/sobre/saude/saude-da-mulher/cancer>>. Acessado em 15 abr 2013.
- [20] PEDRINI, H.; SCHARTZ, W. R.. “Análise de imagens digitais: princípios, algoritmos e aplicações”. prefácio, São Paulo -Editora Thomson Learning - 2008.
- [21] POJCHAMARNWIPUTH S., et. al. Benign breast lesions mimicking carcinoma at mammography. Singapore Med J. 2007;48(10):958-68.
- [22] ROCCO, A., MIRANDA, V., PEREIRA, J., MARIO, M. C., DA SILVA FILHO, J. I., FERRARA, L. F. P., GARCIA, D. V., ONUKI, A. S., AZEVEDO, E. F., GARDIMAN, V. L. G.. Estimação de estados em Sistemas Elétricos de Potência com técnicas baseadas em Lógicas Fuzzy e Paraconsistente. Seleção Documental. ISSN 1809-0648, volume 1, série 27, páginas 3 a 11, 2012.
- [23] SOUZA R.B. et al. CORRELAÇÃO DA MAMOGRAFIA CONVENCIONAL E A ULTRA- SONOGRAFIA DA MAMA NA DETECÇÃO DA DOENÇA DE PAGET NO MAMILO. XXXVII Congresso Brasileiro de Radiologia e XXIV Congresso Interamericano de Radiologia, Suplementos Vol. 41(Supl.1), 2008.

Redes neurais artificiais paraconsistentes aplicadas no estudo de padrões mutacionais do subtipo F das cepas virais do HIV-1 na terapia antirretroviral.

Dr. Paulo Cesar Costa dos Santos¹

¹Universidade de São Paulo (USP). Faculdade de Medicina (FM)

pccs@dim.fm.usp.br

Resumo - A elevada variabilidade do HIV-1, bem como, a ausência de mecanismos eficientes de reparo durante os estágios da replicação viral, contribui para a rápida emergência de cepas de HIV-1 resistentes aos antirretrovirais. A pressão seletiva exercida pelas drogas, leva à fixação de mutações capazes de conferir graus variados de resistência. A presença dessas mutações constitui um dos fatores mais importantes na falha da resposta terapêutica aos antirretrovirais. Assim, torna-se de fundamental importância a compreensão dos padrões de resistência e dos mecanismos a eles associados, possibilitando a escolha de um esquema terapêutico apropriado que considere a frequência e outras características das mutações. Utilizando a Rede Neural Artificial Paraconsistente (RNAP), assentada na Lógica Paraconsistente Anotada $E\tau$ ao qual possui a capacidade de mensurar incertezas e inconsistências, obtivemos níveis de concordância acima de 90% quando comparado a metodologia proposta com a atual metodologia empregada para classificação dos subtipos do HIV-1. Os resultados obtidos demonstram que a RNAP pode servir como ferramenta promissora.

Palavras-chave: HIV, Redes Neurais Artificiais, Paraconsistentes, Reconhecimento de padrões, Genotipagem.

Abstract - The high variability of HIV-1, as well the absence of efficient repair mechanisms during the stages of viral replication, contributes to the rapid emergence of strains of HIV-1 resistant to antiretroviral drugs. The selective pressure exerted by drugs leads to the emergence of mutations that confer varying degrees of resistance. The presence of these mutations is a major factor in the failure of therapeutic response to antiretroviral. Thus, it is very important to choose a regimen appropriate to consider the frequency of mutations and enable the understanding of resistance patterns and mechanisms associated with them. Using the Paraconsistent Artificial Neural Network (PANN), based on Paraconsistent Annotated Logic $\mathcal{E}\tau$ Paraconsistent Logic has the ability to measure uncertainty and inconsistency, obtained agreement levels above 90% when comparing the proposed methodology with the current methodology employed for classification of subtypes of HIV-1. The results obtained demonstrate that PANN can serve a promising tool.

Keywords: HIV, Artificial Neural Network, Paraconsistentes, Pattern recognition, Genotyping.

1. Introdução

Desde os primeiros relatos em 1981 [1], a pandemia da AIDS continua avançando com incidência de infecção pelo HIV ainda elevada. Segundo a Organização Mundial de Saúde (World Health Organization - WHO) e UNAIDS (Joint United Nations Programme on HIV/AIDS) em 2008, foram contabilizados em torno de 2,7 milhões de novos infectados e

o número de pessoas vivendo com HIV estava em torno de 33,4 milhões [2], sendo a maioria (mais de 31,3 milhões) composta por adultos. Ainda segundo a WHO, em 2008, a AIDS provocou 2 milhões de mortes.

Segundo dados do Ministério da Saúde, entre 1980 e junho de 2009, já foram registrados 544.846 casos de AIDS no Brasil. Nesse período, ocorreram 217.091 mortes em decorrência da doença. Como há subnotificação, já que há pessoas infectadas com o vírus e não cientes estima-se que 630 mil pessoas são portadoras do vírus HIV no país, o que corresponde a mais de um terço do total de infectados em toda a América Latina.

Esses números alarmantes impulsiona a comunidade científica a desenvolver estratégias de combate ao HIV, que visam a prevenir novas infecções e tratar indivíduos infectados.

Atualmente, há dois tipos de vírus da AIDS conhecidos, HIV-1 e HIV-2, que estão intimamente relacionados. HIV-2 é endêmico na África Ocidental e está se espalhando para a Índia. Entretanto, a maioria dos casos de AIDS no mundo todo é causada pelo HIV-1, o mais virulento [3].

A alta variabilidade do HIV-1, bem como a ausência de mecanismos de reparos eficientes durante os estágios da replicação viral, contribui para o rápido surgimento de cepas de HIV-1 resistentes aos medicamentos antirretrovirais. A pressão seletiva exercida pelos medicamentos leva à fixação de mutações que conferem vários graus de resistência. A presença dessas mutações é o fator principal na falha da resposta terapêutica a antirretrovirais. Assim, é de fundamental importância o entendimento de padrões de resistência e mecanismos associados a eles, permitindo a escolha de um regime apropriado para considerar a frequência e outras características das mutações [4].

A protease do HIV-1 é uma protease aspártica, composta de dois monômeros com 99 aminoácidos idênticos uns aos outros, associados não covalentemente. Contra estes 99 aminoácidos podem-se fazer comparações e classificações de subtipos de vírus [4].

Para realizar esse processo, empregamos uma nova classe de redes neurais artificiais: Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes. Portanto, neste trabalho propomos uma metodologia que é a de criar um banco de dados para armazenar sequências de aminoácidos em subtipos do HIV-1 e compará-los às amostras de soro positivo de pacientes para determinar o subtipo do vírus nessa amostra.

2. Background

2.1 Diagnósticos de infecção do HIV

O diagnóstico sorológico baseia-se na detecção de anticorpos em indivíduos acima de 2 anos de idade, conforme regimenta a Portaria No. 59/GM/MS, de 29 de janeiro de 2003, do Ministério da Saúde (www.aids.gov.br).

O indivíduo portador do HIV pode ter um teste falso-negativo, caso se encontre dentro do período denominado de “Janela imunológica”, que é definido como um intervalo de tempo entre a infecção pelo vírus da AIDS e a detecção de anticorpos anti-HIV, que pode ter uma duração em torno de 30 dias. Por isso, o Ministério da Saúde recomenda um intervalo de 60 dias, após a infecção, para a realização dos testes anti-HIV.

Existem duas classificações para os testes de detecção de anticorpos anti-HIV:

Ensaio de triagem – utilizado para detectar todos os indivíduos infectados; engloba a Etapa I (triagem sorológica) onde devem ser realizados, obrigatoriamente, os testes de imunoensaio. As amostras com resultados não-reagentes têm seu diagnóstico definitivo e conclusivo como “Amostra negativa para o HIV”, não havendo necessidade de realizar

nenhum teste adicional. Para amostras com resultados reagentes ou inconclusivos, há a necessidade de submeter às amostras a uma segunda etapa.

Ensaio confirmatório – utilizado na identificação dos indivíduos que apresentam resultados reativos nos ensaios de triagem, porém não estão infectados. Os testes de triagem apresentam alta sensibilidade¹, e, dentro deste contexto, eles produzem poucos resultados falso-negativos; enquanto que os testes confirmatórios são muito específicos, isto é, apresentam alta especificidade², produzindo poucos resultados falso-positivos; englobam a Etapa II (confirmação sorológica através de um segundo imunoensaio, que deverá utilizar de métodos diferentes do primeiro imunoensaio realizado, concomitantemente com a realização de teste de Imunofluorescência Indireta ou ao teste de Imunoblot para o HIV), e Etapa III (confirmação sorológica através da realização do teste de Western blot para o HIV).

A interpretação dos resultados para a Etapa II deverá ser observada como “Amostra negativa para HIV-1” ou “Amostra negativa para o HIV”, quando as amostras forem não-reagentes no segundo imunoensaio e forem negativas nos testes de Imunofluorescência Indireta ou Imunoblot, e “Amostra positiva para o HIV-1” ou “Amostra positiva para o

¹ Sensibilidade – capacidade de um teste em identificar os indivíduos verdadeiramente positivos ou a sua capacidade em detectar antígenos ou anticorpos na amostra, mesmo quando presentes em pequenas quantidades.

² Especificidade - capacidade de um teste em identificar os indivíduos verdadeiramente negativos ou a sua capacidade de caracterizar amostras não-Reagentes, nas quais antígenos ou anticorpos não estão presentes.

HIV”, quando as amostras forem reagentes no segundo imunoensaio e forem positivas nos testes de Imunofluorescência Indireta ou Immunoblot, respectivamente, de acordo com o teste realizado.

Os critérios para a interpretação de resultados da Etapa III (teste de Western blot) são definidos como “Amostra Negativa para o HIV-1”, quando as amostras não apresentarem bandas, e como “Amostra Positiva para o HIV-1”, quando as amostras apresentarem, ao menos, duas bandas dentre gp160/120, gp41 e p24. Neste caso, é obrigatório coletar uma segunda amostra para repetir a Etapa I, com a finalidade de confirmar a positividade da primeira amostra. Temos, ainda, as amostras indeterminadas, quando o padrão de bandas divergirem das duas descritas anteriormente, sendo definida como “Amostra Indefinida para o HIV-1”, e podem ser submetidas à realização de testes de soroconversão ou pesquisa de anticorpos anti-HIV-2.

Existem, ainda, os testes rápidos, que permitem a detecção de anticorpos anti-HIV presentes na amostra de sangue do paciente, em um tempo inferior a 30 minutos. Esses testes devem ser submetidos à análise do controle de qualidade do INCQS/FIOCRUZ e ter a obrigatoriedade de serem registrados no Ministério da Saúde. Dois testes deverão ser realizados, T1 e T2, paralelamente, na primeira etapa de amostras de soro ou plasma e apresentar valores de sensibilidade de 100%, na análise de controle a ser realizada no INCQS/FIOCRUZ (Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde), da Fundação Oswaldo Cruz, no Rio de Janeiro. O diagnóstico é dado como “Amostra negativa para o HIV”, quando os resultados dos dois primeiros testes forem negativos, e “Amostra positiva para o HIV”, quando os resultados das duas amostras forem positivos para o HIV. Em caso de discordância nos dois testes rápidos, deve-se realizar o terceiro teste, T3, que deverá apresentar valor igual ou superior a 99,5% de especificidade no controle do INCQS.

Os testes para o diagnóstico do HIV devem seguir a norma padronizada pelo Ministério da Saúde, com os produtos registrados na ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) e por ela controlados. Um dos critérios para se registrar os produtos na ANVISA, é que eles apresentem 100% de sensibilidade e pelo menos 95,5% de especificidade; este tipo de avaliação é feita pelo INCQS. Existem, ainda, erros técnicos e fatores biológicos que podem influir e limitar a acurácia dos testes. Nesse sentido, é de primordial importância, a implementação de um rigoroso programa de garantia de qualidade, controle de qualidade e avaliação de qualidade [5].

2.2 Variabilidades do HIV-1

Utiliza-se o conceito de quasispecies, para descrever a enorme variabilidade do HIV-1 [6], que define o HIV como subpopulações virais, pela alta taxa de mutação, originando inúmeras variantes ou subtipos, que, por sua vez, originam variações denominadas de polimorfismos ou regiões de hipervariabilidade, e não como um genoma único.

Analisando as sequências genéticas de regiões que correspondem aos genes conhecidos como gag, env e pol, foram observadas diferenças entre elas, que resultaram nas variantes genéticas do HIV-1, subdividindo-se o vírus em três grupos, a saber: M (main ou major), O (outlier) e N (nem M, nem O).

O grupo M reúne a maioria dos vírus do HIV-1, apresentando vários subtipos e formas recombinantes circulantes (CRFs) [7]. Essas variações genéticas implicam tanto na diversidade e evolução do vírus, quanto no nível de virulência e patogênese, resultando numa busca incessante pelo desenvolvimento de drogas antirretrovirais e vacinas eficientes.

Esta elevada variabilidade tem base, além da alta taxa de mutação, na falta da atividade de correção do erro da transcriptase reversa, bem como, na ausência de mecanismos eficientes de reparo durante as fases da replicação do genoma viral [8]. Isso implica que a variabilidade genética em retrovírus, como o HIV, atua não somente para a diversidade e evolução, mas, também, para a virulência, a patogênese e a necessidade para o desenvolvimento de drogas antirretrovirais e vacinas eficientes [8].

Em estudos realizados em um único nucleotídeo, para verificar a frequência de mutação e determinar a extensão da variação dos retrovírus, estimou-se uma evolução numa taxa de um milhão de vezes maior do que quando comparada aos genomas de DNA de eucariotos [9]. Isso implicou o conhecimento de que um vírus como o HIV-1, em sua evolução e em frente às pressões a que é submetido, como, por exemplo, quando exposto a um coquetel de drogas antirretrovirais, é maior quando comparada à capacidade humana de evoluir, alterando seu metabolismo, na tentativa de conseguir impedir a replicação viral de forma rápida e eficaz [10].

O grupo O possui apenas um subtipo, que representa 5% dos casos de HIV encontrados na República de Camarões, Gabão e Nova Guiné, e diverge em 50% das outras amostras do grupo M; o grupo N só foi descrito, até o momento, na República de Camarões [11].

2.3 Subtipos e Recombinantes do HIV-1

No Brasil, foi constatado que a epidemia pela doença do HIV/AIDS deve-se, principalmente, ao subtipo B. Os outros subtipos, como F e C, além dos recombinantes BF, BC e FC que também estão presentes nos mesmos grupos de risco, têm sua taxa de frequência de acordo com a região.

Por exemplo, o subtipo C é mais frequentemente encontrado na região Sul, onde sua taxa de participação é de aproximadamente 50% [12][13]. Nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, que são considerados como epicentros da epidemia da AIDS no Brasil, o subtipo F predomina, em segundo lugar [14][15]. Nos estados do: Centro-oeste, Distrito Federal, região Norte e região Nordeste, o subtipo F também é encontrado [16][17][18].

Considerando que os estudos aos tratamentos e a interpretação aos testes genotípicos baseiam-se, principalmente, no subtipo B, torna-se urgente focalizar os estudos para uma melhor compreensão dos perfis das mutações dos subtipos não-B e das formas recombinantes. Trabalhos recentes vêm contribuindo para esclarecer esses perfis de mutações entre os subtipos B e não-B, no que se refere à resistência às drogas [19][20][21]. Esses estudos devem ser estendidos e acelerados, complementando com maior número de sequências de não-B, como também para as formas recombinantes, que vêm crescendo de forma significativa.

2.4 Sequenciamento genômico

Para melhor compreensão da estrutura genômica do HIV é de fundamental importância o estudo mais aprofundado do sequenciamento genômico.

O sequenciamento genômico é uma técnica utilizada para determinar a ordem em que as bases se encontram, no DNA. O sequenciamento genômico pode ser realizado de duas maneiras: pela hibridização ou pelo método de terminação de cadeia com PCR (dideoxynucleotide cycle sequencing), para fins de genotipagem.

Esta técnica de sequenciamento por hibridização baseia-se em um arranjo entre os probes (sequências curtas de nucleotídeos) e uma solução de cópias da sequência de DNA alvo (espectro da sequência) [22]; por meio de um método bioquímico, determina-se o subgrupo

de probes que se encaixam à sequência alvo (espectro de sequência), e um método combinatório é utilizado para a reconstrução da sequência de DNA, a partir do espectro.

Para auxiliar na análise de sequenciamento do HIV por hibridização foram desenvolvidas algumas ferramentas tecnológicas, dentre elas, a Affymetrix GeneChip, com a finalidade de determinar a sequência completa da protease do HIV-1 e os 1.200 primeiros nucleotídeos da RT; para utilizar esse programa, é necessário ter conhecimento prévio dos polimorfismos mais comuns de um gene, o que torna esse método conhecido como “re-sequenciamento” [23]. Outro método de análise sequencial é a denominada INNO-LIPA HIV-1 (Innogenetics, Ghent, Bélgica), mais comumente utilizada para determinar algumas mutações específicas, o que o torna um método limitante, detectando somente um subgrupo de mutações resistentes, a saber, nos códons 41, 69, 70, 74, 75, 184 e 215 na RT, e nos códons 30, 46, 48, 50, 54, 82, 84 e 90 no gene da protease. Os resultados não interpretáveis apresentam uma taxa de 10%, em razão da baixa hibridização, o que é perfeitamente possível de acontecer, quando mutações incomuns ocorrem em códons-chave.

O método tradicional de sequenciamento por terminação de cadeia, desenvolvido por Sanger et al. [24], baseia-se no princípio da separação das moléculas de DNA de fita simples de diferentes comprimentos, inclusive aquelas diferenciadas entre si por apenas um nucleotídeo, por meio da corrida eletroforética por gel de poliacrilamida. As moléculas separam-se numa série de bandas, em vários comprimentos de fragmentos compostos por 10 a 1.500 nucleotídeos. Essas bandas são visualizadas por autorradiografia, pois as moléculas estão carregadas com marcadores radioativos.

No sequenciamento do HIV-1 da região genômica da protease e da RT, os passos envolvidos, nesse processo, englobam a extração de RNA viral a partir do plasma do

paciente para a preparação de um template, a transcrição reversa desse RNA e amplificação do cDNA obtido por PCR (polymerase chain reaction). Para a extração de RNA, os processos envolvidos são: concentração do vírus, desestabilização, recuperação e purificação [23].

O RNA viral é submetido a uma transcrição reversa, da qual se originará um cDNA, utilizando-se de dNTPs (dioxinucleotídeos-fosfato), uma RT comercial e um primer de DNA. Ocorre a amplificação do cDNA por PCR, para obtenção de uma quantidade necessária para o sequenciamento. Pode-se utilizar, também, o método da RT-PCR, no qual a transcrição reversa e a PCR ocorrem num único passo.

Uma vez obtidos os fragmentos de tamanho adequado, pode-se iniciar o processo de sequenciamento propriamente dito, após a preparação do template (cDNA amplificado por PCR), na presença de várias moléculas de um oligonucleotídeo de pequeno comprimento (primer), que tem a função dar início ao processo de síntese de DNA. É necessário, para completar esse processo, a inclusão de uma enzima DNA-polimerase, que é utilizada como catalisador e 4 tipos de desoxirribonucleotídeos (dATP, dCTP, dGTP e dTTP), além de uma quantidade menor de nucleotídeos modificados (ddNTPs) — são eles: ddATP, ddCTP e ddTTP.

Quando ocorre uma síntese de DNA tradicional, estariam presentes como substrato, somente os desoxinucleotídeos (dNTPs), originando novas moléculas de DNA, do comprimento exato dos moldes (templates). No sequenciamento por terminação de cadeia, pela presença, inclusive, dos ddNTPs, as moléculas que se formam assumem tamanhos diferentes, pois a enzima DNA polimerase não faz discriminação entre dNTPs e ddNTPs. Desse modo, um didesoxinucleotídeo pode fazer parte de uma cadeia em formação, o que resulta numa parada da síntese molecular, porque não possui o grupo 3'-hidroxila,

fundamental para a continuidade com o próximo nucleotídeo. Cada dideoxynucleotídeo possui um marcador químico a ele acoplado, para dar sequência à próxima fase de sequenciamento.

A etapa seguinte consiste na corrida eletroforética para processar as sequências obtidas, onde estas são colocadas em uma placa de gel polarizada e a ela se aplica uma corrente elétrica; os fragmentos, inicialmente, no polo negativo, deslocam-se para o polo positivo, e ao final do processo, os fragmentos menores estarão mais próximos do polo positivo, podendo assim, ser possível determinar seus tamanhos. Em seguida as amostras obtidas serão analisadas em sequenciador automático de DNA, que irá gerar arquivos SCF (Standard Chromatogram Format) de eletroferograma (cromatograma), que servirão de base de entrada para programas distintos de tratamento de sequências.

Dois pacotes especiais estão disponíveis para o procedimento de sequenciamento do HIV-1: Applied Biosystems ViroSeq™ HIV-1 Genotyping System, que inclui reagentes e protocolos para todos os passos, da extração de RNA à geração de um relatório de genotipagem, e Visible Genetics TRUGEN™ HIV-1 Genotyping Kit, específico para o sequenciamento da região da protease e da RT, e que não inclui reagentes para a extração de RNA [23].

3. Rede Neural Artificial Paraconsistente

A Rede Neural Artificial Paraconsistente (RNAP) foi introduzida em [25]. Sua base se apoia na lógica paraconsistente anotada $E\tau$ [25]. Vamos apresentá-lo brevemente.

As fórmulas atômicas da lógica $E\tau$ são do tipo $p(\mu, \lambda)$, onde $(\mu, \lambda) \in [0, 1]^2$ e $[0, 1]$ é o real intervalo unitário (p denota uma variável proposicional). $p(\mu, \lambda)$ pode ser intuitivamente

lido: “Presume-se que a evidência favorável de p’s seja μ e a evidência contrária seja λ .”

Assim:

$p(1.0, 0.0)$ pode ser lido como uma proposição verdadeira.

$p(0.0, 1.0)$ pode ser lido como uma proposição falsa.

$p(1.0, 1.0)$ pode ser lido como uma proposição inconsistente.

$p(0.0, 0.0)$ pode ser lido como uma proposição paracompleta (desconhecida).

$p(0.5, 0.5)$ pode ser lido como uma proposição indefinida.

Introduzimos os seguintes conceitos (todas as considerações foram tomadas com $0 \leq \mu, \lambda \leq 1$):

Grau de incerteza (Eq. 1);

Grau de certeza (Eq. 2)

$$G_{un}(\mu, \lambda) = \mu + \lambda - 1 \quad (1)$$

$$G_{ce}(\mu, \lambda) = \mu - \lambda \quad (2)$$

Uma relação de ordem é definida em $[0, 1]^2$: $(\mu_1, \lambda_1) \leq (\mu_2, \lambda_2) \Leftrightarrow \mu_1 \leq \mu_2$ e $\lambda_1 \leq \lambda_2$, constituindo um reticulado que será simbolizado por τ .

Com os graus de incerteza e certeza podemos obter os 12 estados de saídas seguintes (Tabela I): estados extremos, e estados não extremos.

Tabela I - Estado extremo e não extremo

Estado Extremo	Símbolo	Estado não extremo	Símbolo
Verdadeiro	V	Quase Verdadeiro tendendo a	$Qv \rightarrow T$
		Inconsistente	
Falso	F	Quase Verdadeiro tendendo a	$Qv \rightarrow \perp$
		Paracompleto	
Inconsistente	T	Quase Verdadeiro tendendo a	$Qf \rightarrow T$

		Inconsistente
Paracompleto	\perp	Quase Verdadeiro tendendo a $Qf \rightarrow \perp$
		Paracompleto
		Quase Inconsistente tendendo a $T \rightarrow v$
		Verdadeiro
		Quase Inconsistente tendendo a $T \rightarrow f$
		Falso
		Quase Paracompleto tendendo a $\perp \rightarrow v$
		Verdadeiro
		Quase Paracompleto tendendo a $\perp \rightarrow f$
		Falso

Alguns controles de valores adicionais são:

V_{scct} = valor máximo do controle de incerteza = F_{tct}

V_{scc} = valor máximo do controle de certeza = F_{tce}

V_{icct} = valor mínimo do controle de incerteza = $-F_{tct}$

V_{icc} = valor mínimo do controle de certeza = $-F_{tce}$

Todos os estados estão apresentados na Figura I seguinte.

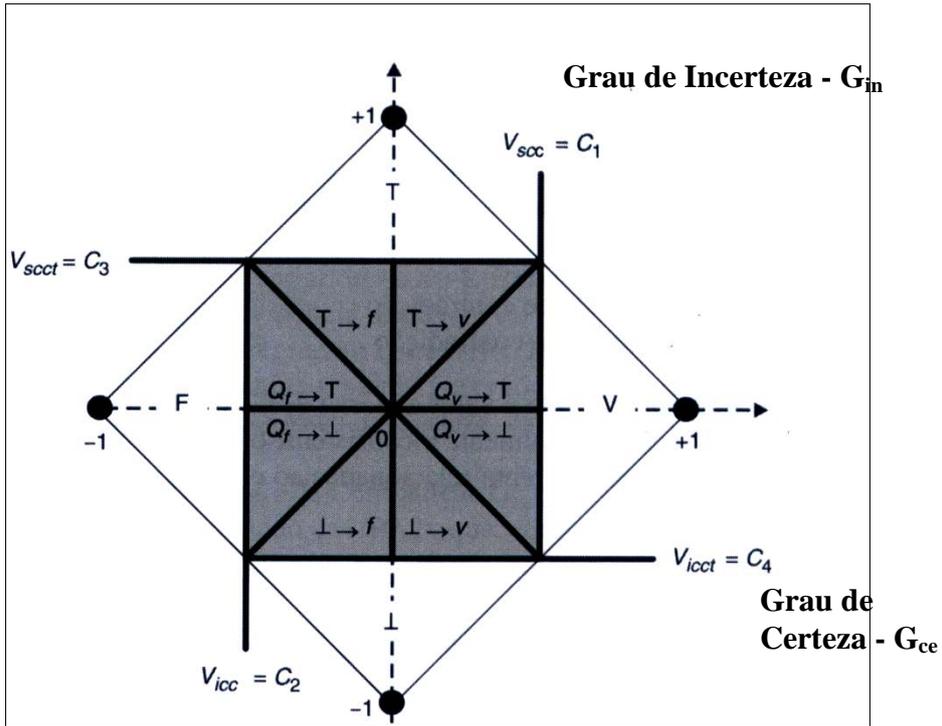


Figura I. Estado Extremo e Não Extremo.

3.1 As principais células neurais artificiais

Na RNAP, o grau de certeza G_{ce} indica a “medida” de falsidade ou verdade do grau. O grau de incerteza G_{in} indica a “medida” da inconsistência ou paracompleteza. Se o grau de certeza é baixo ou o grau de incerteza é alto, gera uma indefinição.

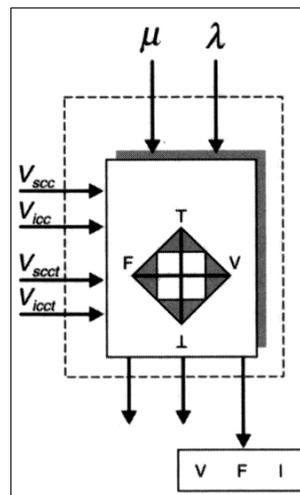


Figura II. Célula Básica do RNAP.

O resultado do grau de certeza G_{ce} é obtido como se segue:

Se: $V_{icc} \leq G_{in} \leq V_{scc}$ or $V_{scct} \leq G_{in} \leq V_{icct}$ \Rightarrow $G_{ce} =$ Indefinição

Para: $V_{cpa} \leq G_{in} \leq V_{scct}$

Se: $G_{in} \leq V_{icc} \Rightarrow G_{ce} =$ Falso com grau G_{in}

$V_{scct} \leq G_{in} \Rightarrow G_{ce} =$ Verdadeiro com grau G_{in}

A Célula Neural Artificial Paraconsistente – CNAP – é chamada básica CNAP (Figura. II)

quando recebe um par (μ, λ) é usada como entrada e resultando como saída:

S2a = G_{in} = resultando grau de incerteza

S2b = G_{ce} = resultando grau de certeza

S1 = X = constante de indefinição

Usando os conceitos da básica Célula Neural Artificial Paraconsistente, podemos obter a família do CNAP considerada neste trabalho: Conexão Analítica (CNAPca), Maximização (CNAPmax), e Minimização (CNAPmin) como descrito na Tabela II abaixo:

Tabela II - Célula Artificial Neural Paraconsistente.

CNAP	Entrada	Cálculos	Saída
Conexão	μ	$\lambda_c = 1 - \lambda$	Se $ G_{ce} > F_{tce}$
Analítica:	λ		então
CNAPca	$F_{tct},$ F_{tce}	$G_{in} G_{ce},$ $\mu_r = (G_{ce} + 1)/2$	$S1 = \mu_r$ e $S2 = 0$
			Se $ G_{in} > F_{tct}$ e $ G_{in} > G_{ce} $ então $S1 = \mu_r$ e $S2 = G_{in} $
			Senão $S1 = \frac{1}{2}$ e $S2 = 0$
Maximização:	μ	G_{ce}	Se $\mu_r > 0.5$, então
CNAPmax	λ	$\mu_r = (G_{ce} + 1)/2$	$S1 = \mu$
			Senão $S1 = \lambda$
Minimização:	μ	G_{ce}	Se $\mu_r < 0.5$, então
CNAPmin	λ	$\mu_r = (G_{ce} + 1)/2$	$S1 = \mu$

Senão $S1 = \lambda$

3.2 Célula neural artificial paraconsistente de conexão analítica – CNAPca

A célula neural artificial paraconsistente de conexão analítica (CNAPca) é a célula principal de todas as RNAP, obtendo o grau de certeza (Gce) e o grau de incerteza (Gin) das entradas e dos fatores de tolerância.

Essa célula é a ligação que permite diferentes regiões da RNAP realizarem processamento de sinais em distribuído e através de muitas conexões em paralelo [26].

Os diferentes fatores de tolerância de certeza (ou contradição) agem como inibidores de sinais, controlando a passagem de sinais para outras regiões da RNAP, de acordo com as características da arquitetura desenvolvida.

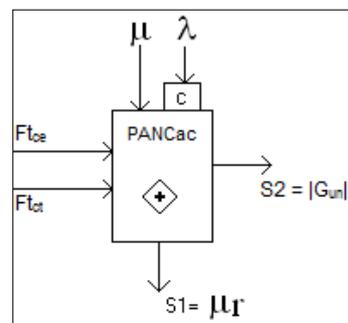


Figura III. Representação Gráfica da CNAPca.

3.3 Célula neural artificial paraconsistente de maximização – CNAPmax

A célula neural artificial paraconsistente de maximização (CNAPmax) permite a seleção do valor máximo entre as entradas.

Tais células operam como conectivos lógicos OR entre sinais de entrada. Para essas, é feita uma simples análise através da equação do Grau de Evidência (Tabela II) que, assim, vai dizer qual das duas entradas de sinais é o de maior valor, assim, estabilizando a saída de sinal [26].

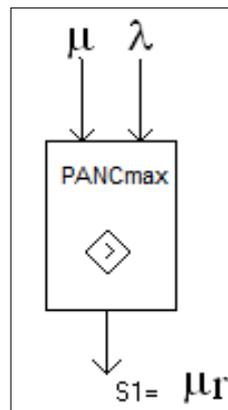


Figura IV. Representação Gráfica da CNAPmax

3.3 Célula artificial neural paraconsistente de minimização – CNAPmin

A célula artificial neural paraconsistente de minimização (CNAPmin) permite a seleção do valor mínimo entre as entradas.

Tais células operam como conectivos lógicos AND entre entrada de sinais. Para essas, é feita uma simples análise através da equação do Grau de Evidência (Tabela II) que, assim, vai dizer qual das duas entradas de sinais é o de menor valor, assim, estabilizando a saída de sinal [26].

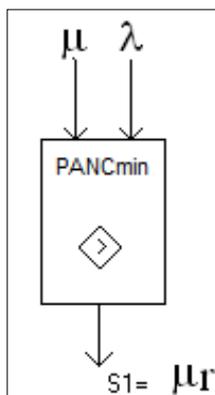


Figura V. Representação Gráfica da PANCmin.

3.4 Unidade neural artificial paraconsistente – (UNAP)

A unidade neural artificial paraconsistente (UNAP) é caracterizada pela associação ordenada CNAP, visando um objetivo, tal como tomada de decisão, seleção, aprendizagem, ou algum outro tipo de processamento.

Quando criada uma UNAP, obtém-se um componente de processamento de dados capaz de simular a operação de um neurônio biológico.

3.5 Sistema neural artificial paraconsistente.

Sistemas clássicos baseados em lógica binária são difíceis de processar dados ou informações de conhecimento incerto. Esses dados são informações capturadas ou recebidas de vários especialistas, geralmente vem em forma de evidências que trazem muitas contradições.

Módulos de sistemas neurais artificiais paraconsistentes (SNAP's) são configurados e construídos exclusivamente por UNAP, o qual a função é fornecer o processamento de sinais similar ao processamento que ocorre no cérebro humano.

4. Análises morfológicas dos genótipos do HIV

O processo de análises morfológicas do genótipo do HIV é para comparar o perfil de uma amostrada dada contra o banco de dados de referência e assim determinar como a amostra é próxima das sequências referentes armazenadas.

Antes de começar qualquer processamento usando a RNAP, é necessário compreender os funcionamentos e características dos dados que podem ser usados para a RNAP, e também entender tais características.

Para realizar esse procedimento, é primeiro realizado um valor de conversão de sequências de DNA, que são alfanuméricas para numéricas (Figura VI). Assim, temos: ? recebe o valor 0, A recebe o valor de 1, B recebe o valor 2... Z recebe o valor de 26.

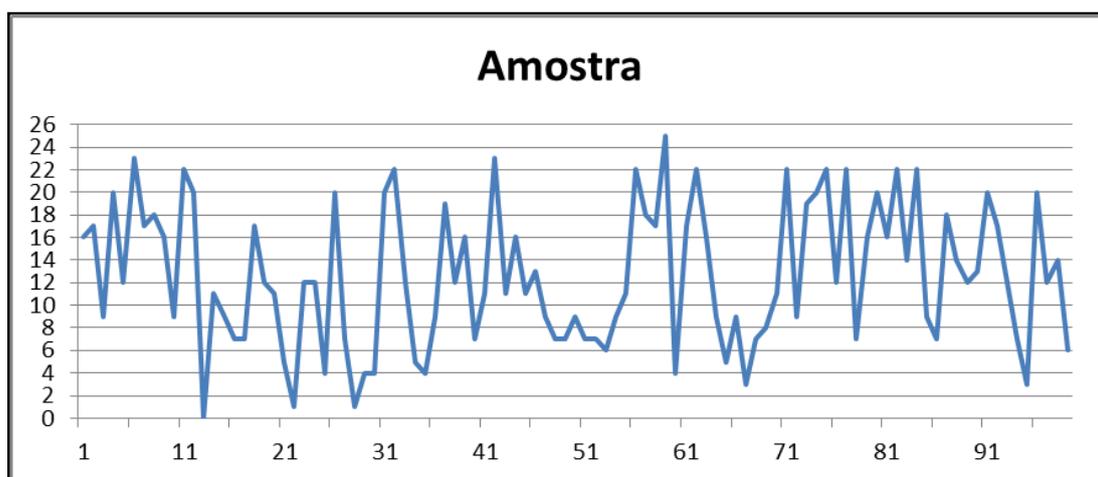


Figura VI. Representação gráfica das sequências de aminoácidos convertidas em números

Com as sequências convertidas, utilizando um RNAP que processa o dado gerado por sistemas de três especialistas em ordem para gerar um perfil baseado em algumas características da amostra: Especialista 1 – Número de mutações conhecidas, Especialista 2 – Número de mutações desconhecidas; Especialista 3 – Intensidade das mutações.

Em cada análise, é gerado um perfil de cada amostra versus referência armazenada. Elegese como a referência de comparação mais semelhante para retornar ao mais mi (μ) e o menor lambda (λ) gerados pela análise da RNAP.

No final do processo da análise da RNAP, usa-se o valor do (μ) e (λ), resultando para submetê-los a uma grade de lógica paraconsistente para fazer a decisão final. Esta rede será responsável pela classificação da amostra como “amostra com similaridades no banco de dados de referência” (a região da verdade) ou como “amostra sem similaridades no banco de dados de referência” (região de falsidade).

4.1 Sistema especialista 1 – Número de mutações conhecidas

Esse especialista tem a função de quantificar as mutações conhecidas na amostra usando a seguinte equação (Eq. 3):

Onde: E_1 é o valor do sistema $E_1 = \frac{\sum c}{n}$ (3) especialista 1; c é a soma de posições maiores que 0 (diferentes de ?) e $|x - y| > 0$; n é a sequência total de elementos; x é o valor da posição na sequência da amostra, y é o valor da posição da sequência.

4.2 Sistema especialista 2 – Número de mutações desconhecidas

Esse especialista tem a tarefa de quantificação de mutações desconhecidas nas amostras usando a seguinte equação (Eq. 4):

Onde: E_2 é o valor do sistema $E_2 = \frac{\sum d}{n}$ (4) especialista 2; c é a soma das posições iguais

a 0 (iguais a ?) e $|x - y| > 0$; n é a sequência total de elementos; x é o valor da posição na sequência da amostra; y é o valor da posição na sequência.

4.3 Sistema especialista 2 – Número de mutações desconhecidas

Como qualquer cálculo comparando amostras e referências é realizado utilizando uma corda convertida como explicado acima, esse especialista tem o objetivo de quantificar (a princípio, sem nenhuma inferência biológica), o tamanho da mutação ocorrida, isto é, a alteração do valor existente entre a amostra e a referência. Essa medida é usada no cálculo que se segue (Eq. 5):

$$E_3 = \frac{\sum \frac{|x-y|}{a}}{n} \quad (5)$$

Onde: E_3 é o valor do sistema especialista 3; x é o valor da posição na sequência da amostra; y é o valor da posição na sequência de referência; a é a máxima amplitude das amostras ($a = Z = 26$); n = número total de elementos da sequência.

5. A arquitetura da rede neural artificial paraconsistente

A arquitetura da RNAP (Figura VII) usada na decisão tomada é baseada na arquitetura do Sistema Neural Artificial Paraconsistente de Tratamento de Contradições.

Esse sistema neural artificial paraconsistente recebe três sinais de entrada e apresenta como resultado, um valor que representa o consenso entre três informações. As contradições entre dois valores são adicionadas ao terceiro valor, de modo que a saída “tenha” o valor proposto pela maioria dominante. A análise é feita na altura da realização de todo o tempo real de processamento, similar à operação dos neurônios biológicos.

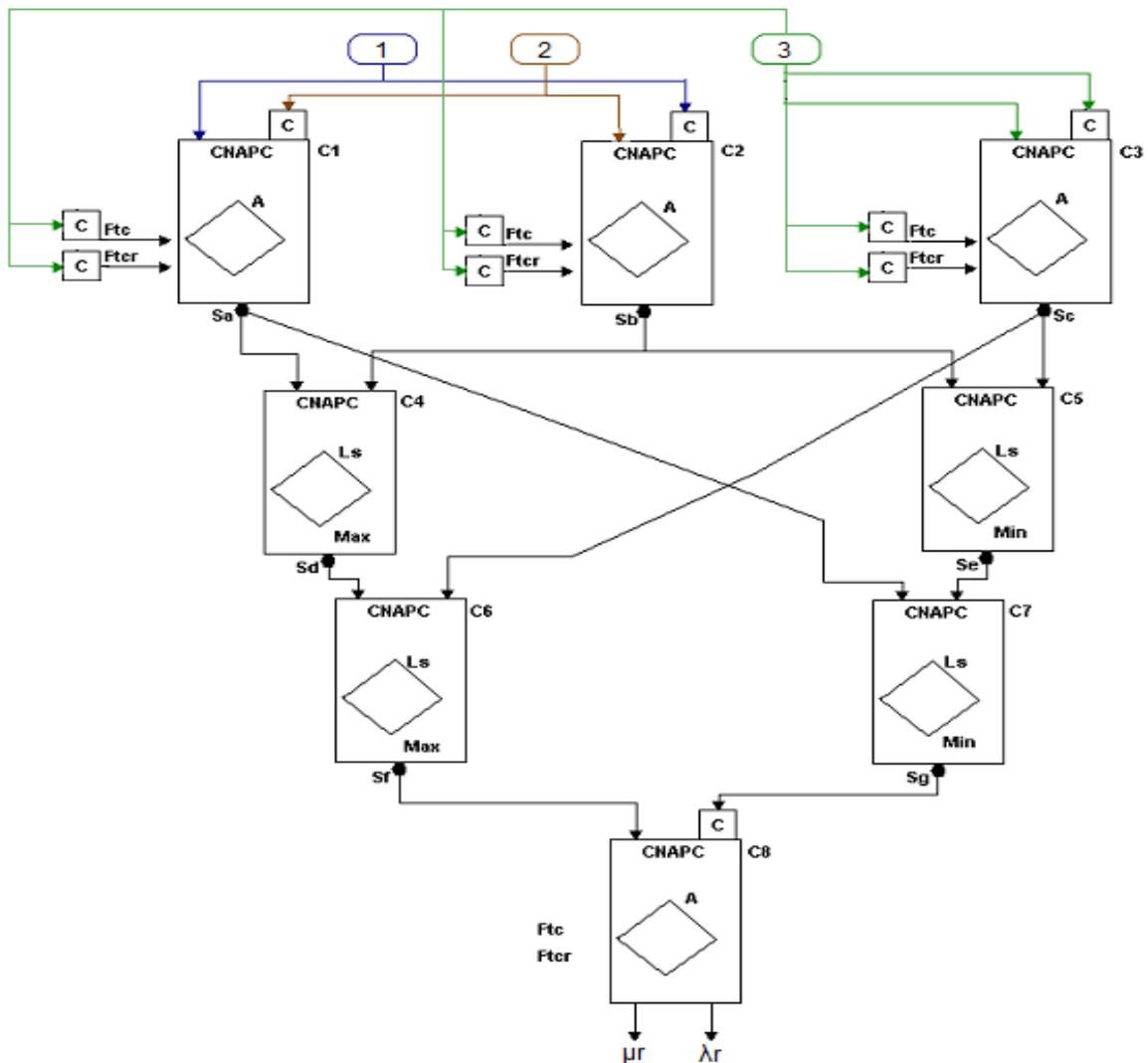


Figura VII - A arquitetura para análise morfológica. Três sistemas especialistas de operação: PA, verifica o número de picos de onda; PB, verifica pontos semelhantes, and PC, verifica pontos diferentes: A primeira camada da arquitetura: C1–CNAP que processa dados de entrada do PA e PB; C2–CNAP que processa os dados de entrada de PB e PC; C3–CNAP que processa os dados de entrada de PC e PA. A terceira camada da arquitetura: C4–CNAP que calcula o valor máximo evidência entre as células C1 e C2 ; C5 - PANC que calcula o valor mínimo de provas entre as células C2 e C3 ; C4 e C5 constituem a segunda camada da arquitetura; C6–CNAP que calcula o valor máximo evidência entre as células C4 e C3; C7–CNAP que calcula o valor mínimo evidência entre as células C1 e C5. A quarta camada da arquitetura: C8 analisa os especialistas PA , PB , e PC e dá o valor decisão resultante. CNAP A = Paraconsistente célula neural artificial de conexão analítica. CNAPLsMax = Paraconsistente célula neural artificial de simples conexão lógica de maximização. CNAPLsMin = Paraconsistente célula neural artificial de simples conexão lógica de minimização. Ftce . Fator de tolerância; Ftct = fator de tolerância à contradição. Sa Saída da célula C1; Sb = Saída da célula C2; Sc = Saída da célula C3; Sd = Saída da célula C4; Se = Saída de célula C5; Sf = Saída da célula C6; Sg = Saída da célula C7; C = valor Complementado de entrada; μ_r = Valor da saída de RNAP; λ_r = Valor da saída de RNAP.

No processo final da análise realizada pela RNAP, temos os valores resultantes de saída μ_r (valor de evidência favorável) e λ_r (valor de evidência contrária). Após, submetem-se esses valores resultantes à Lógica Paraconsistente, utilizando-se de um reticulado para a tomada de decisão final (Figura VIII).

Para se chegar à configuração final do reticulado de tomada de decisão foram realizadas algumas baterias de testes, utilizando dados de amostras e referências (vinte amostras e cinco referências), de maneira controlada (duplo cego), com o objetivo de descobrir as regiões de falsidade (quando os testes controlados foram realizados com amostras realmente distintas das referências), e as regiões de verdade (quando os testes controlados foram realizados com amostras similares e idênticas). Os limites das áreas do reticulado, para a tomada de decisão, podem ser vistos na Tabela III.

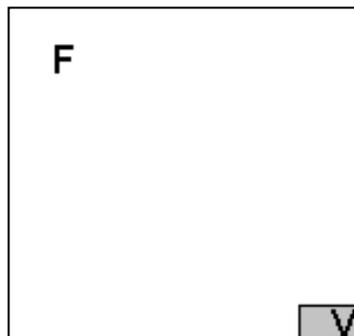


Figura VIII - Reticulado para a tomada de decisão utilizado na análise morfológica usado depois de fazer RNAP;

F: estado lógico falso (ele é interpretado como referece não similar);
V: estado lógico verdadeiro (que é interpretado como referência similar).

Tabela III - Limites das áreas do reticulado para tomada de decisão utilizada na análise
Ec: evidência contrária; Ef: evidência favorável; Gc: grau de certeza.

Limite das áreas do reticulado

True (V)	Fe \geq 0,75
	Ce \leq 0,15

False (F)	Fe < 0,75
	Ce > 0,15

Em termos práticos, pode-se dizer que, pela análise das sequências dessas características, estamos fazendo que a RNAP “veja” o perfil de cada amostra da sequência. Combinando cada informação, assim como a sequência, são similares umas as outras.

Esse procedimento é sempre realizado pela comparação da amostra de todas as referências no banco de dados. É votada a mais similar à amostra de referência que tem o maior mi resultante e o menor lambda resultante do processamento da RNAP.

Ao final da análise dos sistemas especialistas e da RNAP, os valores de evidência favorável (o maior mi resultante) e evidência contrária (o menor lambda resultante) são submetidos ao reticulado de estados lógicos, onde será definido seu estado lógico de saída, ou seja, se a similaridade entre as sequências é verdadeira ou não.

6. Resultado

Nos testes preliminares realizados com trezentas e oito sequências de protease para subtipos F, B e BF do HIV-1 do banco de dados da Universidade de Stanford, Califórnia (Banco de dados de resistência aos medicamentos do HIV, Universidade de Stanford), contra as sequências de referência (consenso) utilizadas para análise, obtidas do banco de dados das sequências de HIV do Laboratório Nacional Los Alamos, Estados Unidos, foram testadas pelo programa especialmente desenvolvido e o resultado mostraram um alto nível de concordância (Coeficiente Kappa 0.92) como pode ser visto na Tabela IV.

Tabela IV - Comparação geral dos subtipos do HIV-1 sequências entre Stanford e RNAP.
Banco de Dados de Stanford

	Subtipos	A	B	C	D	F / BF	Total
RNA P	A	0	1	0	0	5	6
	B	0	29	0	0	18	47
	C	0	0	0	0	0	0
	D	0	1	0	0	0	1
	F / BF	0	0	0	0	254	254
	Total	0	31	0	0	277	308

7. Conclusão

Muitas configurações foram testadas durante análises até de ser obtida a melhor configuração da arquitetura da rede neural artificial paraconsistente, prevalecendo até o momento da configuração com a melhor sensibilidade e especificidade.

Todas as análises das sequências foram realizadas por meios de estudos duplos-cegos (usando controle de amostras, não incluído na bateria de testes, isto é, a validação do diagnóstico não foi lançado até a melhor configuração da RNAP estar escolhida) utilizando como critério a correlação entre resultados e diagnóstico clínico.

Comparando a correlação clínica obtida neste estudo com outros na literatura, podemos ver uma vantagem promissora em relação ao nível de métodos de processamento. Enquanto estudos usam clássico RNAS combinados com outras ferramentas matemáticas para chegar a uma correlação clínica de 90%, a metodologia desse estudo tem um valor de correlação clínica usando apenas um tipo de análise.

A metodologia de padrões de reconhecimento utilizando análises morfológicas mostrou-se eficaz, alcançando padrões de reconhecimento de referência similar a padrões armazenados no banco de dados, permitindo quantificações e qualificações de amostras de sangue infectadas com HIV para serem usadas pela RNAP em suas análises de processo de examinação.

Referências

- [1] GOTLIEB, M. S.; SCHROFF, R.; SCHANKER, H. M.; WEISMAN, J. D.; FAN, P. T.; WOLF, R. A.; SAXON, A. Pneumocystis carinii pneumonia and mucosa candidiasis in previously healthy homosexual men: evidence of a new acquired cellular immunodeficiency. *New Engl. J. Med.*, v. 305, p. 1425-1431, 1981.
- [2] UNAIDS-AIDS. Epidemic update: December 2009. Disponível em:http://data.unaids.org/pub/Report/2009/JC1700_Epi_Update_2009_en.pdf. Acesso em: 15 mai. 2010.
- [3] GRANT, A. D.; COCK, K. M. D. ABC of AIDS – HIV infection and AIDS in the developing world. *BMJ*, v. 322, p. 1475-1478, 2001.
- [4] SANTOS, P. C. C. dos. “Banco de Dados Inteligente e Ferramentas Associadas de Sequências, Mutações e Resistências ao Antiretrovirais do Vírus HIV”. Transl. (in Portuguese) Ph.D. Thesis, Institute of Biomedical Sciences - USP, São Paulo, Brazil, 129pp, 2010
- [5] MINISTÉRIO DA SAÚDE, SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE, PROGRAMA NACIONAL DE DST E AIDS. *Recomendações para Terapia Anti-Retroviral em Adultos e Adolescentes Infectados pelo HIV*, Brasília-DF, 2008.

- [6] DOMINGO, E. et al. Quasispecies Structure and Persistence of RNA Viruses, *Emerg. Infect. Dis.*, v. 4, n. 4, p. 521-527, 1998.
- [7] ROBERTSON, D. L.; ANDERSON, J. P.; BRADAC, J. A.; CARR, J. K.; FOLEY, B.; FUNKHOUSER, R. K.; GAO, F.; HAHN, B. H.; KALISH, M. L.; KUIKEN, C.; LEARN, G. H.; LEITNER, T.; MCCUTCHAN, F.; OSMANOV, S.; PEETERS, M.; PIENIAZEK, D.; SALMINEN, M.; SHARP, P. M.; WOLINSKY, S.; KORBER, B. HIV-1 nomenclature proposal. *Science*, v. 288, p. 55-57, 2000.
- [8] MANSKY, L. M. Retroviruses mutation rates and their role in genetic variation. *J. Gen. Virol.*, v. 9, p. 1337-1345, 1998.
- [9] RICHMAN, D. D.; WRIN, T.; LITTLE, S. J.; PETROPOULOS, C. J. Rapid evolution of the neutralizing antibody response to HIV type 1 infection. *PNAS*, v. 100, n. 7, p. 4144-4149, 2003.
- [10] COFFIN, J. M. HIV population dynamics in vivo: implication for genetic variation, pathogenesis, and therapy. *Science*, v. 267, n. 5197, p. 583-589, 1996.
- [11] WIGG, M. D. *Virus da imunodeficiência humana*. In: SANTOS, N. S. O.; ROMANOS, M. T. V.; WIGG, M. D. *Introdução à virologia humana*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 410-447.
- [12] BRINDEIRO, M. R.; DIAZ, R. S.; SABINO, E. C.; MORGADO, M. G.; PIRES, L. I.; BRIGIDO, L.; DANTAS, M. C.; BARREIRA, D.; TEIXEIRA, P. R.; TANURI, A.; and the Brazilian Network For Drug Resistance Surveillance. Brazilian network for drug resistance surveillance (HIV-BResNet): a survey of chronically infected individuals. *AIDS*, v. 17, p. 1063-1069, 2003.
- [13] SOARES, E. A. J. M.; SANTOS, P. R.; PELLEGRINI, J. A.; SPRINZ, E.; TANURI, A.; SOARES, M. A. Epidemiologic and molecular characterization of Human

- Immunodeficiency virus type 1 in Southern Brazil. *J. Acquir. Immune. Defic. Syndr.*, v. 34, n. 5, p. 520-526, 2003.
- [14] SABINO, E. C.; DIAZ, R. S.; BRIGIDO, L. F.; LEARN, G. H.; MULLINS, J. I.; REINGOLD, A. L.; DUARTE, A. J. S.; MAYEAR, A.; BUSH, M. P. Distribution of HIV-1 subtypes seen in an AIDS clinic in São Paulo City, Brazil. *AIDS*, v. 10, p.1579-1584, 1996.
- [15] MORGADO, M. G.; GUIMARÃES, M. L.; GRIPP, C. B.; COSTA, C. I.; NEVES, I. JR.; VELOSO, V. G. et al. Molecular epidemiology of HIV-1 in Brazil: high prevalence of HIV-1 subtype B and identification of an HIV-1 subtype D infection in the city of Rio de Janeiro, Brazil. *J. Acquir. Immune Defic. Syndr. Hum. Retrovirol.*, v. 18, p. 488-494, 1998.
- [16] CERQUEIRA, D. M.; AMORIM, R. M. S.; SILVA, R. R.; CAMARA, G. N. L.; BRÍGIDO, M. M.; MARTINS, C. R. F. Antiretroviral resistance and genetic diversity of human immunodeficiency virus type 1 isolates from the Federal District, Central Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, v. 99, n. 8, p. 877-882, 2004.
- [17] CAVALCANTI, A. M. S.; LACERDA, H. R.; BRITO, A. M.; PEREIRA, S.; MEDEIROS, D.; OLIVEIRA, S. Antiretroviral resistance in individuals presenting 123 therapeutic failure and subtypes of the human immunodeficiency vírus type 1 in the Northeast Region of Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, v. 102, n.2, p. 785-792, 2007.
- [18] GADELHA, S. R.; SHINDO, N.; CRUZ, J. N. M.; MORGADO, M. G.; GALVÃOCASTRO, B. Molecular epidemiology of human immunodeficiency virus-1 in the state of Ceará, Northeast, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, v. 98, n. 4, p. 461-464, 2003.

- [19] KANTOR, R.; KATZENSTEIN, D. A.; EFRON, E.; CARVALHO, A. P.; WYNHOVEN, B.; CANE, P. et al. Impact of HIV-1 subtype and antiretroviral therapy on Protease and reverse transcriptase genotype: results of a global collaborations. *PloS Med*, v. 2, n.4, p. 112, 2005.
- [20] SHAFER, R. W.; RHEE, S. Y.; BENNETT, D. E. Consensus Drug Resistance Mutations for Epidemiological Surveillance: Basic Principles and Potential Controversies. *Antiviral Therap*, v.13, suppl. 2, p. 59-68, 2008.
- [21] SHAFER, R. W.; SCHAPIRO, J. M. HIV-1 Drug Resistance Mutations: an Update Framework for the Second Decade of HAART. *AIDS*, v.10, p. 67-84, rev. 2008.
- [22] PREPARATA, F. P.; UPFAL, E. Sequencing-by-hybridization at the informationtheory bound: an optimal algorithm. *J. Comput. Biol.*, v. 7, n. 3-4, p. 621-630, 2000.
- [23] SHAFER, R. W. Genotypic testing for human immunodeficiency virus type 1 drug resistance. *Clinical Microbiology Reviews*, v. 15, p. 247-277, 2002.
- [24] SANGER, F.; NICKLEN, S.; COULSON, A. R. DNA sequencing with chain terminator inhibitors. *PNAS USA*, v. 74, p. 5463-5467, 1977.
- [25] ABE, J.M.; “Fundamentos da Lógica Anotada”, Transl. (in Portuguese) Ph.D. Thesis, FFLCH - USP, São Paulo, Brazil, 135 pp, 1992.
- [26] DA SILVA FILHO, J. I.; ABE, J. M.; “Fundamentos das Redes Neurais Paraconsistentes – Destacando Aplicações em Neurocomputação”, Transl. (in Portuguese) Editora Arte & Ciência 2001, 247 pp.

Reconhecimento de Nevos e Melanomas baseado nas Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes

Sheila Souza^{1,2}, Jair Minoro Abe^{2,3}

¹PRODESP, Companhia de Processamento de Dados do Estado de São Paulo, Brasil

³Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, ICET - Universidade Paulista,

São Paulo, Brasil

²Instituto de Estudos Avançados – Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

sheinara@gmail.com

jairabe@uol.com.br

Resumo - Este artigo expositivo apresenta estudos preliminares de um processo computacional de reconhecimento automático de imagens de nevos e melanomas através do uso de uma metodologia baseada nas Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes (RNAPs) capaz de tratar de forma direta e sem trivialização dados inconsistentes, imprecisos e paracompletos.

Palavras-chave: Nevos, Melanomas, Reconhecimento de Padrões, Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes, Inteligência Artificial, Lógica Paraconsistente

Abstract - This expository paper presents preliminary studies of a automated computational process for image recognition as nevi and melanomas by using a

methodology based on Paraconsistent Artificial Neural Networks(PANNs) which is able to deal directly with inconsistent, imprecise and paracomplete data without trivialization.

Keywords: Nevi, Melanoma, Pattern Recognition, Paraconsistent Artificial Neural Network, Artificial Intelligence, Paraconsistent Logic.

1. Introdução

O objetivo deste artigo é apresentar um processo computacional automatizado capaz de reconhecer imagens de nevos e melanomas.

Nevo é uma pequena mancha usualmente rosa ou marrom com bordas regulares que aparece na pele das pessoas geralmente devido a exposição ao sol, enquanto melanoma, é um grave câncer de pele que pode ser identificado através da análise de cor, forma e diâmetro de uma mancha na pele. [3, 7, 11, 17] A detecção de um melanoma em seu estado inicial é muito importante uma vez que a redução da mortalidade está diretamente relacionada à detecção antecipada da doença. Para tentar minimizar este crítico problema para os dermatologistas alguns pesquisadores tem desenvolvido algumas ferramentas não invasivas para aperfeiçoar o diagnóstico antecipado de melanomas como [6], [14] e [16].

O processo computacional automatizado proposto utiliza uma metodologia baseada nas RNAPs para realizar o reconhecimento das imagens. [5]

Uma RNAP é um novo tipo de Rede Neural Artificial (RNA) [8] cuja estrutura está fundamentada na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ [1, 2]. Em suma, esta lógica é capaz de tratar conceitos de imprecisão, inconsistência e paracompleteza em seu interior de forma direta e sem trivialização. Ela tem sido aplicada com sucesso em vários estudos de aplicações com essas características [9, 10, 12, 13, 15].

Este estudo apresenta os experimentos iniciais em reconhecimento automático de imagens médicas considerando apenas uma característica para diferenciar nevos e melanomas através do uso de RNAPs.

2. Reconhecimento Paraconsistente

A metodologia adotada para reconhecer automaticamente imagens médicas foi planejada utilizando os conceitos das RNAPs devido sua importante habilidade de tratar dados contraditórios, paracompletos e imprecisos sem trivialização. [15]

Esta metodologia utiliza quatro processos para reconhecer as imagens nomeados "Mapeamento da Imagem", "Extração de Características", "Reconhecimento da Imagem" e "Classificação da Imagem". A Figura I apresenta cada um destes processos arquitetados em forma de Rede Neural Artificial Paraconsistente (RNAP) onde, a primeira camada corresponde ao primeiro processo "Mapeamento da Imagem", a segunda camada corresponde ao segundo processo "Extração de Características", a terceira camada corresponde ao terceiro processo "Reconhecimento da Imagem" e, por fim, a quarta camada corresponde ao quarto processo "Classificação da Imagem".

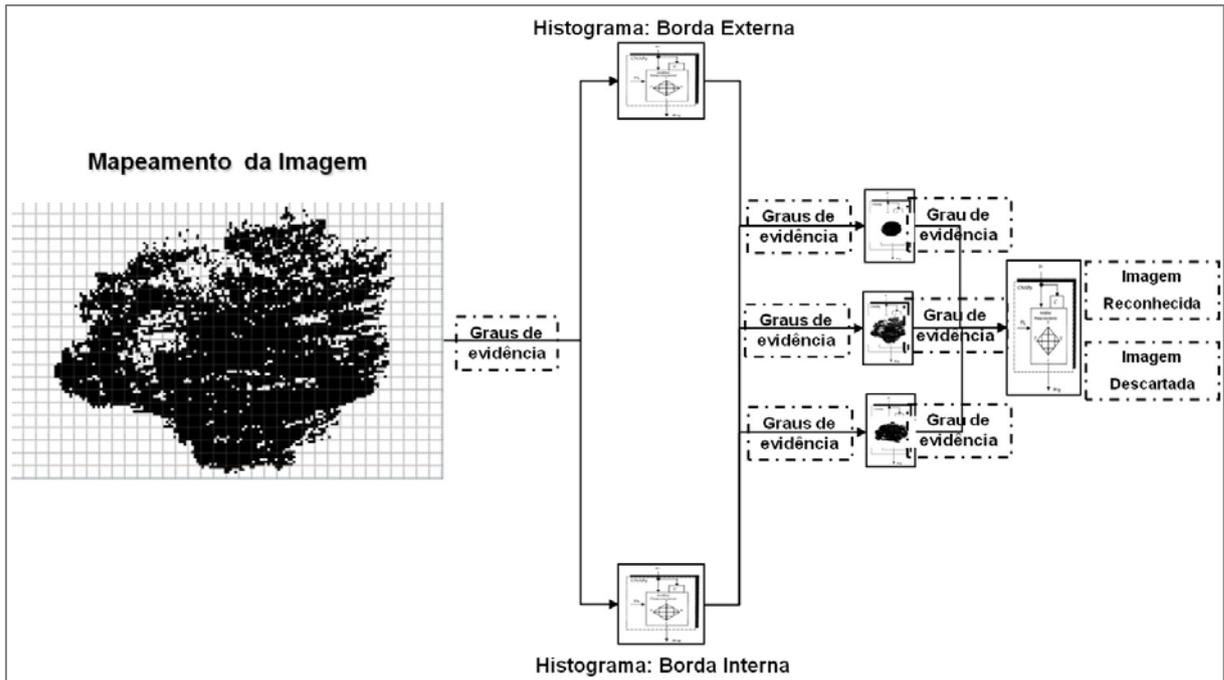


Figura I. Arquitetura do Sistema

O primeiro processo "Mapeamento da Imagem" recebe uma imagem previamente tratada. Para este estudo consideramos uma imagem previamente tratada como uma imagem binária com pouco ruído. Neste processo o sistema realiza dois tipos de mapeamento que representam as características da forma da borda da imagem. O primeiro nomeado "Borda Externa" realiza o mapeamento dos pixels da borda externa da imagem e, o segundo, nomeado "Borda Interna" realiza o mapeamento dos pixels da borda interna da imagem conforme mostra a Figura II. As características da forma da borda da imagem é considerada uma das mais relevantes características para diferenciar nevos e melanomas.

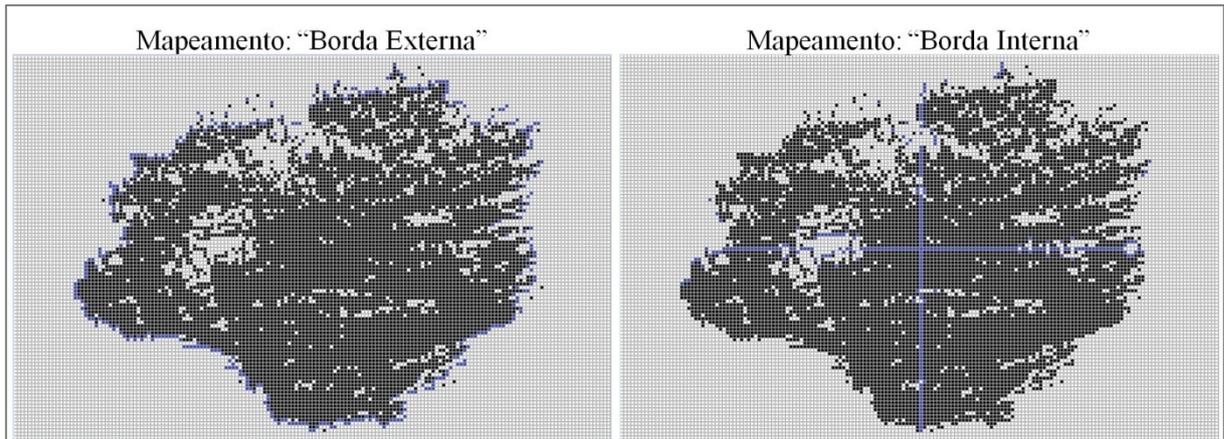


Figura II.Mapeamento da Imagem

Em ambos os tipos de mapeamento o sistema calcula um grau de evidência para cada pixel preto encontrado na borda da imagem (destacados em azul na Figura II) com o objetivo de representar a localização do pixel na imagem.

No final desse processo o sistema cria quatro listas de graus de evidência para cada tipo de mapeamento, as quais representam os pixels pretos encontrados nas bordas superior, inferior, esquerda e direita.

O segundo processo "Extração de Características" recebe as oito listas do processo interior e as organiza de modo a formar um histograma para cada tipo de mapeamento. Para cada tipo de mapeamento o histograma é formado a partir da concatenação das quatro listas de graus de evidência correspondentes na seguinte ordem: borda esquerda, borda inferior, borda superior e borda direita. Ao final deste processo obtêm-se dois histogramas conforme apresenta a Figura III, que representam as características da imagem apresentada ao sistema.

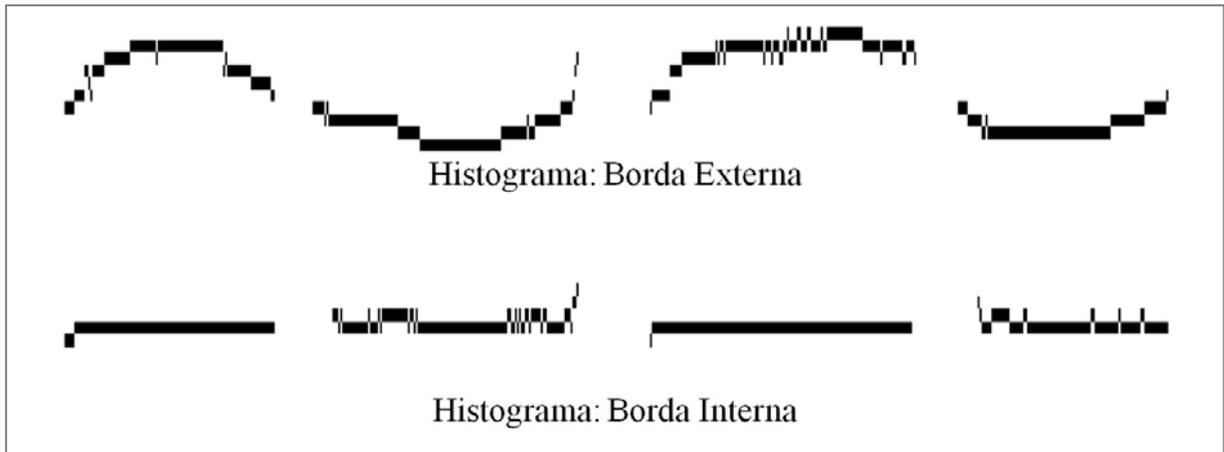


Figura III. Histogramas formados nos processo "Extração de Características"

Na sequência, o processo "Reconhecimento da Imagem" recebe as características da imagem apresentada em forma de histogramas do processo anterior e compara-as com as características de cada imagem padrão. A Figura IV mostra as imagens padrão adotadas para os experimentos desta pesquisa

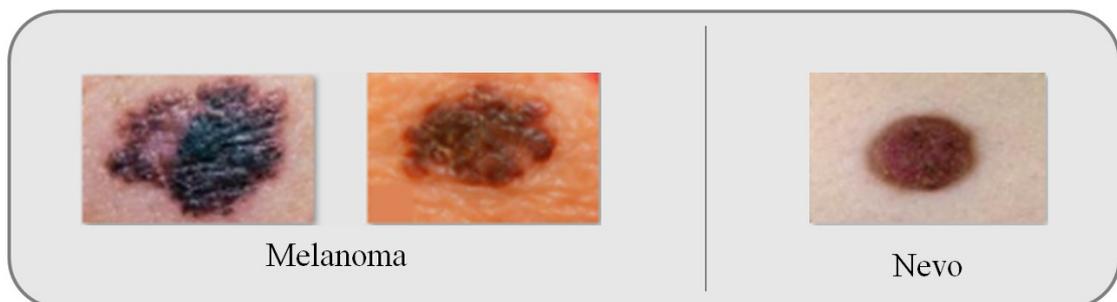


Figura IV. Imagens padrão adotadas para os experimentos desta pesquisa

Para cada imagem padrão o sistema compara os histogramas correspondentes às características "Borda Externa" e "Borda Interna" através de um Nó de Análise Paraconsistente (NAP) [5] e, posteriormente, utiliza o algoritmo ParaExtr_{ctr} [4] para calcular um única grau de evidência para cada uma das características.

Para finalizar, o sistema utiliza novamente o algoritmo ParaExtr_{ctr} para calcular um único grau de evidência para o caractere padrão analisado a partir valores anteriormente obtidos para cada característica. Este grau de evidência representa o grau de evidência de reconhecimento do caracteres padrão.

No final deste processo, o sistema apresenta um grau de evidência de reconhecimento para cada caractere padrão analisado.

Na sequência, o último processo "Classificação da Imagem" recebe os graus de evidência de reconhecimento de cada caractere padrão do processo anterior e classifica como caractere reconhecido o caractere padrão com maior grau de evidência e, também, classifica como caractere descartado o caractere padrão com menor grau de evidência.

Desta forma, como produto final do processo temos o caractere reconhecido e o caractere descartado.

3. Experimentos

Nos primeiros experimentos para reconhecimento de imagens médicas utilizou-se uma amostra contendo 31 imagens reais digitalizadas [18] de nevos e melanomas com uma tamanho padrão de 170x110 pixels.

A Tabela I apresenta a melhor performance do sistema para reconhecer esta amostra com 100% de acertos. Este resultado foi obtido considerando apenas as características "Histograma: Borda Externa" e "Histograma: Borda Interna"

Tabela I. Experimentos realizados com uma amostra de 31 imagens digitalizadas de nevos e melanomas considerando as características "Histograma: Borda Externa" e "Histograma: Borda Interna"

Tipo da Amostra	Tamanho da Amostra	% Acertos	Sensibilidade	Especificidade	% Eficiência	% Acurácia
Nevo	13	100	1	1	100	100
Melanoma	18	100	1	1	100	100
Total	31	100	1	1	100	100

Entre as maiores dificuldades encontradas durante esta pesquisa se destacam a escassez de amostras com grande quantidade de imagens reais de nevos e melanomas com tamanho padronizado e a baixa qualidade das imagens.

A padronização do tamanho das imagens da amostra é muito importante devido ao fato do tamanho da macha detectada na pele influenciar diretamente no comprimento da borda da imagem e, conseqüentemente, na correta classificação da mesma.

Com relação a qualidade da imagem, quanto maior a quantidade de ruídos ou quanto menor a qualidade da imagem, menor será a precisão no processo de mapeamento da imagem e, conseqüentemente, menor será a performance no processo de classificação.

4. Conclusão

O sistema computacional automatizado proposto neste trabalho para reconhecer imagens de nevos e melanomas apresentou bons resultados através do uso das RNAPs considerando apenas as características das bordas da imagem para fazer a classificação.

Os experimentos iniciais demonstram que a metodologia adotada é capaz de classificar imagens digitalizadas de nevos e melanomas e nos encoraja a aperfeiçoar os estudos considerando outros tipos de características para diferenciar tais tipos de imagens.

Referências

- [1] ABE, J.M.: Fundamentos da Lógica Anotada. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Brasil (1992)
- [2] ABE, J.M.: Some Aspects of Paraconsistent Systems and Applications. *Logique et Analyse*. 157, 83-96 (1997)
- [3] CYR, P.R.: Atypical moles. *American Family Physician*, vol. 78, pp. 735-740 (2008)
- [4] DA SILVA FILHO, J.I.: Algoritmo Paraconsistente Extrator de Efeitos da Contradição- ParaExtr_{ctr}. *Seleção Documental*, vol. 15, pp. 21-25, Santos (2009)
- [5] DA SILVA FILHO, J.I., TORRES G.L., ABE, J.M.: Uncertainty Treatment Using Paraconsistent Logic – Introducing Paraconsistent Artificial Neural Networks. IOS Press, 211, 328pp., Holanda (2010)
- [6] GANSTER, H., PINZ, A., RÖHRER, R., WILDLING, E., BINDER, M., KITTLER, H.: Automated Melanoma Recognition. *IEEE Trans Med Imaging*, vol.20, pp. 9-233 (2001).
- [7] GOODSON, A.G., GROSSMAN, D.: Strategies for early melanoma detection - approaches to the patient with nevi. *J Am Acad Dermatol*, vol. 60, pp. 35-719(2009).
- [8] HAYKIN, S.: *Neural Networks*. McMaster University, Toronto (1994)
- [9] LOPES, H.F.S., ABE, J.M., ANGHINAH, R.: Application of Paraconsistent Artificial Neural Networks as a method of aid in the diagnosis of Alzheimer disease. *J Med Systems*, pp. 1-9 (2009).
- [10] MÁRIO, M.C.: Modelo de Análise de Variáveis Craniométricas através das Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes, Tese de doutorado, Universidade de São Paulo (2006).

- [11] PLUTA, R.M., A. BURKE, E., GOLUB, R. M.: Melanoma. JAMA The Journal of the American Medical Association, vol. 305, pp. 2368 (2011).
- [12] PRADO, J.P.A.: Uma Arquitetura em IA baseada em Lógica Paraconsistente. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo (1996).
- [13] PRADO, J.C.A.: Constelação Fônica e Redes Neurais Artificiais: aplicabilidade na análise computacional da produção da fala. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo (2007)
- [14] RAHMAN, M.M., BHATTACHARYA, P.: An integrated and interactive decision support system for automated melanoma recognition of dermoscopic images. Computerized Medical Imaging and Graphics, vol. 34, pp. 479-486(2010).
- [15] SOUZA, S.: Sistema de Reconhecimento de Caracteres Numéricos Manuscritos baseado nas Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo (2013)
- [16] TOMATIS, S., CARRARA, M., BONO, A., BARTOLI, C., LUALDI, M., TRAGNI, G., COLOMBO, A., MARCHESINI, R.: Automated melanoma detection with a novel multispectral imaging system: results of a prospective study. Phys Med Biol, vol. 50, pp. 1675-1687(2005).
- [17] TUCKER, M.A.: Melanoma epidemiology. Hematol Oncol Clin North Am, vol. 23, pp. 95-383(2009).
- [18] VISION AND SYNTHETIC ENVIRONMENTS,
<http://vase.essex.ac.uk/software/jasmine/moles.html>

Análise de Risco Legal de Seguros Baseado na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E τ

Liliam Sayuri Sakamoto¹

Jair Minoro Abe^{1,2}

1Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção Universidade Paulista, São
Paulo, Brasil

2Instituto de Estudos Avançados – Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

liliam.sakamoto@gmail.com

jairabe@uol.com.br

Resumo - Este artigo tem foco na análise de risco legal, especificamente no processo de prevenção à lavagem de dinheiro (PLD) em seguros carros, com o uso da Lógica Paraconsistente Evidenciada Anotada E τ . A palavra risco lembra eventos incertos futuros, que podem influenciar a habilidade da realização de algum objetivo. A proposta da análise de dados para tomada de decisão quanto à prevenção da lavagem de dinheiro. Foram realizadas seleção de fatores de risco e de vários subfatores, denominadas seções. Assim quando a decisão é positiva indica fortes indícios de PLD, enquanto a decisão é negativa não se refere à situação de PLD, entretanto podem ocorrer situações que levem a indefinição devido a pouca informação. Decorrente, por final de situação paraconsistente para situações não conclusivas.

Palavras-chaves: Risco, Lavagem de Dinheiro, Lógica Paraconsistente Anotada E τ

1. Introdução

Apesar do grande desenvolvimento que envolve as inovações tecnológicas que acompanham nossa década, aspectos como responsabilidade administrativa, ética, estratégica, moralidade e conscientização quanto à segurança da informação muitas vezes são deixados em segundo plano em face da crescente competitividade entre as empresas.

Questões regulamentares internacionais afloraram em 1988 com a assinatura da Convenção de Viena contra contravenções como lavagem de dinheiro. O Brasil acompanha este advento com a instituição de Leis como os Padrões internacionais de combate à lavagem de dinheiro e ao financiamento do terrorismo e da proliferação - as recomendações do GAFI - Grupo de Ação Financeira que é uma entidade intergovernamental criada em 1989. As instituições financeiras, bancos, seguradoras, previdências privadas, corretoras de valores, entre outros se veem obrigados a cumprir determinações de informações de alertas de transações suspeitas para o governo via COAF – Conselho de Controle de Atividades Financeiras, com intuito de prevenção de lavagem de dinheiro, entretanto muitas dessas informações apresentam-se não totalmente assertivas quanto à detecção de reais fraudadores.

Assim, o objetivo do presente artigo é realizar a análise de risco legal, especificamente no processo de prevenção à lavagem de dinheiro, com o uso da Lógica Paraconsistente Evidenciada Anotada E τ utilizando o algoritmo Para-Analisador na tomada de decisão, analisando os fatores de perfil do segurado, pagamento de premio sem ser pelo segurado e sinistralidade anormal para um segurado. Sendo o momento do monitoramento de prevenção ou detecção de fraudes, embora não haja uma fórmula exata para o processo, a

maioria das consistências realizadas por sistemas especialistas ou ferramentas de apoio levam em consideração apenas os aspectos de uma lógica clássica, ou seja, se baseiam em parâmetros de certo ou errado, bem como verdadeiro ou falso.

O aprofundamento que a Lógica Paraconsistente Evidenciada Anotada E τ apresenta leva à conclusões com maior granularidade, onde pode-se desenhar cenários em “n” níveis internos e também analisar cenários contraditórios em conjunto com outros já analisados anteriormente.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Considerações sobre risco

Gitman (2010) define que risco é: “A probabilidade de perda financeira ou, mais formalmente, a variabilidade dos retornos associados a um dado ativo.” Ou “em sua acepção mais simples, risco é a chance de perda financeira”.

Este posicionamento de Gitman (2010) aborda que os eventos futuros e incertos podem influenciar negativamente a realização de objetivos estratégicos, táticos ou operacionais. Só que às vezes um risco pode também trazer um potencial positivo.

Lembrando-se que para a materialização do risco é necessário um agente que provoque esta situação, isto é, este faz o risco acontecer e provoca a não realização do objetivo, conforme Kant: “... tudo o que acontece tem uma causa”.

Existe uma relação entre a causa e efeito que é a consequência do risco. Pois um determinado risco pode acontecer por causa de uma dada situação que apresentará uma suposta consequência.

A materialização do risco pode causar perdas, por exemplo: do valor econômico de uma carteira ou pela interrupção dos negócios. Esta materialização foi observada por Bernstein

(1996): “Quando investidores compram ações, cirurgiões realizam operações, engenheiros projetam pontes, empresários abrem seus negócios e políticos concorrem a cargos eletivos, o risco é um parceiro inevitável. Contudo, suas ações revelam que o risco não precisa ser hoje tão temido: administrá-lo tornou-se sinônimo de desafio e oportunidade”.

2.2 Prevenção à Lavagem de Dinheiro

Na Áustria a assinatura da Convenção de Viena de 1988, que foi uma convenção entre os países das Nações Unidas, assume o compromisso contra o combate ao crime de lavagem de dinheiro. Foi promulgada no Brasil por meio do Decreto nº154 de junho de 1991 como Convenção contra o Tráfico Ilícito de Entorpecentes e substâncias psicotrópicas.

Sendo o foco não somente ao tráfico, entretanto também quanto à movimentação oriunda dessas transações: "Conscientes de que o tráfico ilícito gera consideráveis rendimentos financeiros e grandes fortunas que permitem às organizações criminosas transnacionais invadir, contaminar e corromper as estruturas da administração pública, as atividades comerciais e financeiras lícitas e a sociedade em todos os seus níveis." (Decreto nº154, 1991).

A Lei 9.613 - Lei de Lavagem de Dinheiro alterada pela Lei nº 10.467, o crime de lavagem de dinheiro é caracterizado por operações comerciais, bem como financeiras com aspecto ilícito:

a) “Art. 1º Ocultar ou dissimular a natureza, origem, localização, disposição, movimentação ou propriedade de bens, direitos ou valores provenientes, direta ou indiretamente, de infração penal”.

b) “Processos instaurados por descumprimento dos deveres de PLD”.(art. 9 a 12 da Lei 9.613/98).

Existe necessidade de aprofundamento em áreas como: comunicação de ocorrências ilícitas com maior assertividade; precisão na identificação de transações duvidosas; melhoria na utilização de ferramentas e recursos; relatórios investigativos com mais qualidade (COAF, 2005).

Para simular os ganhos ilícitos de forma a não comprometer os envolvidos diretos, a lavagem de dinheiro envolve três fases consideradas independentes, que por vezes podem ocorrer de forma simultânea, são elas: colocação, ocultação e integração (COAF, 2005).

Dentre estas normativas este estudo focou-se primeiramente na área de Seguros especificamente para Prevenção de Lavagem de Dinheiro apresentada pela SUSEP - , a Circular 200/2002. “Destina-se a orientar as seguradoras, corretores, empresas de Capitalização e de Previdência Complementar Aberta, sobre a melhor forma de cumprir a Lei nº 9.613/98 e a Circular SUSEP nº 200, de 09 de setembro de 2002” (Fenaseg, 2002).

2.3 Lógica Clássica

A lógica clássica ou tradicional se baseia, entre outros, em três princípios, conforme resumido de ABE et al (2011):

Princípio da identidade: todo objeto é idêntico a si mesmo;

Princípio do terceiro excluído: de duas proposições contraditórias, uma é verdadeira;

Princípio da contradição (ou da não contradição): entre duas proposições contraditórias, uma é falsa.

Como esta é uma aplicação prática da lógica em Engenharia, por isso alguns conceitos elementares devem ser explanados, como em Carvalho e Abe (2011): “Para as proposições lógicas normalmente atribui-se a qualidade de falsa ou verdadeira, associando-lhe um valor-verdade “falso” (F ou 0) ou “verdadeiro” (V ou 1)”.

Conforme Da Costa (1980): "uma teoria dedutiva é dita consistente se não possuir teoremas contraditórios, um dos quais é a negação do outro. Caso contrário, a teoria é dita inconsistente (ou contraditória). Uma teoria chama-se trivial se todas as fórmulas (ou sentenças) de sua linguagem forem nela demonstráveis; em hipótese contrária, diz-se não-trivial.

Ao se tratar os dados com base na lógica clássica “que é sustentada por rígidas leis binárias, onde não se admite contradição ou sinais com dados inconsistentes”, conforme Da Silva Filho (2012) os casos ficam concentrados em duas situações: “o Verdadeiro” ou “o Falso”. “Essa condição na qual a lógica clássica não admite contradição retira a sua capacidade de fazer o tratamento de dados que possui incertezas nas informações” (DA SILVA FILHO, 2012).

Entretanto quando se trabalham com bases de dados complexos e questões de multiplicidade de fatores como em sistemas estruturados especialistas, observa-se que em alguns momentos a estrutura clássica ligada às leis binárias deve ser ultrapassada para o tratamento de dados considerados incertos e por vezes considerados contraditórios.

A melhor saída para a situação apresentada seria a utilização de lógicas “denominadas de não clássicas, as quais existem vários tipos e, entre estas, tem se destacado a Lógica Paraconsistente, que possui como característica principal a admissão da contradição em sua estrutura” (DA SILVA FILHO, 2012).

2.4 Lógica Paraconsistente Evidenciada Anotada $E\tau$

Rocco et al (2012) cita em seu artigo que a Lógica Paraconsistente Anotada pertence à classe das lógicas evidenciais não clássicas.

As lógicas anotadas constituem uma classe de lógica paraconsistente. Tais lógicas estão relacionados a certos reticulados completos, que desempenham um papel importante. Um especialista do conhecimento na temática a ser tratada emite sua opinião quantitativa que varia de 0,0 até 1,0. Esses valores são respectivamente a evidência favorável que é expressa pelo símbolo μ e a evidência contrária por λ .

Subrahmanian apud Abe et al (2011) cita que as Lógicas Paraconsistentes Anotadas são uma família de lógicas não clássicas surgidas no final da década de 90 do século passado em programação lógica.

Atualmente podem-se construir programas utilizando as lógicas paraconsistentes sendo possível o tratamento das inconsistências de um modo direto e elegante. Com esse recurso, pode-se aplicar em sistemas especialistas, banco de dados orientados a objetos, representação de conhecimento contraditório etc. com todas as implicações em inteligência artificial”, resumido de Abe et al (2011).

“A Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ possui uma linguagem $E\tau$ e as proposições atômicas são do tipo $p(\mu, \lambda)$ onde p é uma proposição e $\mu, \lambda \in [0, 1]$ (intervalo real unitário fechado). Intuitivamente, μ indica o grau de evidência¹ favorável de p e λ o grau de evidência contrária de p . A leitura dos valores μ, λ dependem das aplicações

¹⁾ O termo evidência se encontra empregado num sentido não rigoroso, podendo intuitivamente ser “certeza” manifesta ou dados e informações que suportam opiniões. O termo “grau de evidência” significa o que se está explanado no curso do trabalho.

consideradas e podem sofrer mudanças: com efeito μ pode ser o grau de crença² favorável e λ poder ser o grau de crença contrária da proposição p ; também, μ pode indicar a probabilidade λ a improbabilidade expressa por p de ocorrer. As proposições atômicas $p(\mu, \lambda)$ da lógica $E\tau$ podem ser intuitivamente ser lidas como: creio em p com o grau de crença favorável μ e o grau de crença contrária λ , ou o grau de evidência favorável de p é μ e o grau de evidência contrária de p é λ ” (Abe et al ,2011).

2.5 Algoritmo Para-analisador

No algoritmo proposto, pode-se observar um conjunto de informações obtidas, que as vezes podem parecer contraditórias, dificultando a análise do cenário para análise do risco. Geralmente em tais situações estas informações são descartadas ou ignoradas, ou seja, são consideradas “sujeiras” do sistema, porém na melhor das hipóteses podem até receber tratamento diferenciado. “Entretanto, a contradição na maioria das vezes contém informação decisiva, pois é como o encontro de duas vertentes de valores-verdade opostos. Logo, negligenciá-la é proceder de forma anacrônica, e por isso devemos buscar linguagens que possam conviver com a contradição sem atrapalhar as demais informações. Quanto ao conceito de incerteza, devemos pensar em uma linguagem que possa capturar o ‘máximo’ de ‘informações’ do conceito, obviamente” (Silva Filho, Abe e Torres, 2008).

²⁾ O termo crença também se encontra empregado em um sentido não rigoroso. Convém ressaltar que usualmente possui uma certa subjetividade.

³⁾ Atente-se que há diversas teorias de probabilidades.

Seguindo essa linha de raciocínio para a análise baseada na Lógica Paraconsistente serão consideradas situações de Inconsistência e Paracompleteza em conjunto com as Verdadeiras e Falsas, representadas conforme Tabela I:

Tabela I - Estados Extremos.

Estados Extremos	Símbolo
Verdadeiro	V
Falso	F
Inconsistente	T
Paracompleto	\perp

Fonte: Abe et al (2011).

O conjunto destes estados ou objetos ($\tau = \{F, V, T, \perp\}$) podem também ser chamados de constantes de anotação e podem ser representados por meio do diagrama de Hasse conforme Figura I:

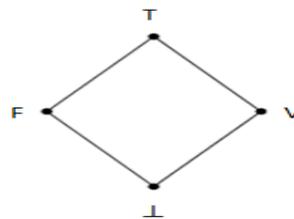


Figura I – Reticulado de quatro vértices. **Fonte:** (DA SILVA FILHO, ABE, TORRES, 2008).

“O operador sobre τ é: $\sim:|\tau| \rightarrow |\tau|$ que operará, intuitivamente, assim:

$\sim T = T$ (a ‘negação’ de uma proposição inconsistente é inconsistente)

$\sim V = F$ (a ‘negação’ de uma proposição verdadeira é falsa)

$\sim F = V$ (a ‘negação’ de uma proposição falsa é verdadeira)

$\sim \perp = \perp$ (a ‘negação’ de uma proposição paracompleta é paracompleta)

Será utilizada a Lógica Paraconsistente Anotada, este tipo deve ser composto por 1, 2 ou “n” valores.

Com os cálculos dos valores dos eixos que compõem a Figura I representativa do reticulado pode-se reparti-lo ou delimitar internamente várias regiões de diversos tamanhos e formatos, obtendo assim uma discretização do mesmo. A partir das regiões delimitadas do reticulado, pode-se relacionar estados lógicos resultantes, os quais, por sua vez, serão obtidos pelas interpolações dos Graus de Certeza G_c e de Contradição G_{ct} . Dessa forma, para cada ponto de interpolação entre os Graus de Certeza e de Contradição haverá uma única região delimitada que o reticulado vai ser repartido depende da precisão pretendida na análise. (DA SILVA FILHO et al, 2008)

A representação da Figura II mostra uma representação do reticulado construído com valores de Graus de Certeza e de Contradição e seccionado em 12 regiões. Desse modo, no final da análise se obterá como resposta para tomada de decisão um dos 12 possíveis estados lógicos resultantes.

3. A proposta da análise de dados para tomada de decisão

A proposta da análise de dados para tomada de decisão quanto a prevenção da Lavagem de Dinheiro está baseada nas seguintes etapas: fixação dos valores de controle, escolha dos fatores de influência, estabelecimento das seções para cada fator, construção da base de dados, pesquisa de campo, cálculo das constantes de anotação resultantes, determinação do baricentro e tomada de decisão.

3.1 Fixação dos valores de controle

Serão escolhidos os Engenheiros do conhecimento (EC), ou seja, especialistas da área com capacidade de discernimento adequado quanto à Prevenção de Lavagem de Dinheiro em Seguros. Por isso, a fixação dos valores de controle deve ser alta, sendo esta uma questão de relevância.

No momento em que o EC faz a fixação do nível de exigência da decisão, conseqüentemente ele está fixando as regiões de decisão, bem como a regra de decisão e o algoritmo para-analisador.

3.2 Escolha dos fatores de influência

Parte da premissa que o EC deva conhecer detalhadamente o ambiente analisado e liste os fatores de influência que detectem indícios de Lavagem de Dinheiro ou não. Este EC deve se basear nas normativas básicas emitidas pelo COAF e órgãos afiliados como SUSEP.

Cada fator elencado deve ser bem delimitado para criar condições favoráveis para a detecção, e deve ser testado para viabilizar a análise para tomada de decisão.

Outro ponto relevante será a atribuição de pesos para os diferentes fatores elencados. Estes pesos compensarão o grau de inferência de cada fator nesta decisão.

Na primeira etapa: serão analisados estes fatores baseados na resolução 200/2002 da SUSEP: Perfil do segurado, Pagamento de prêmio sem ser pelo segurado, Parâmetro do prêmio considerado elevado, Sinistralidade anormal, Cadastro de cliente vinculado ao Banco, Guarda das informações cadastrais.

Os pesos serão balanceados da seguinte forma:

Tabela II - Fatores e pesos.

Fatores	Pesos
Perfil do segurado	1
Pagamento de prêmio sem ser pelo segurado	2
Sinistralidade anormal	3

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.3 Escolha das seções para cada fator

Cada fator analisado pode apresentar “n” seções que serão denominadas “s”, sendo que se estabelece que as “s” seções S_j ($1 < j < s$), ou seja, podem traduzir condições dos fatores, os quais dependem do refinamento da análise.

Neste projeto as seções estão definidas da seguinte forma:

Tabela III - Fatores e seções.

Fatores	Seções
Perfil do segurado	Salário mensal
Pagamento de prêmio sem ser pelo segurado	Cheque de não parente
Sinistralidade anormal	Sinistralidade de espólio

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.4. Resultados

A interpretação dos valores está de acordo com a Lógica Paraconsistente Evidenciada Anotada $E\tau$ que seria de forma perfeita assim apresentada pela Figura II:

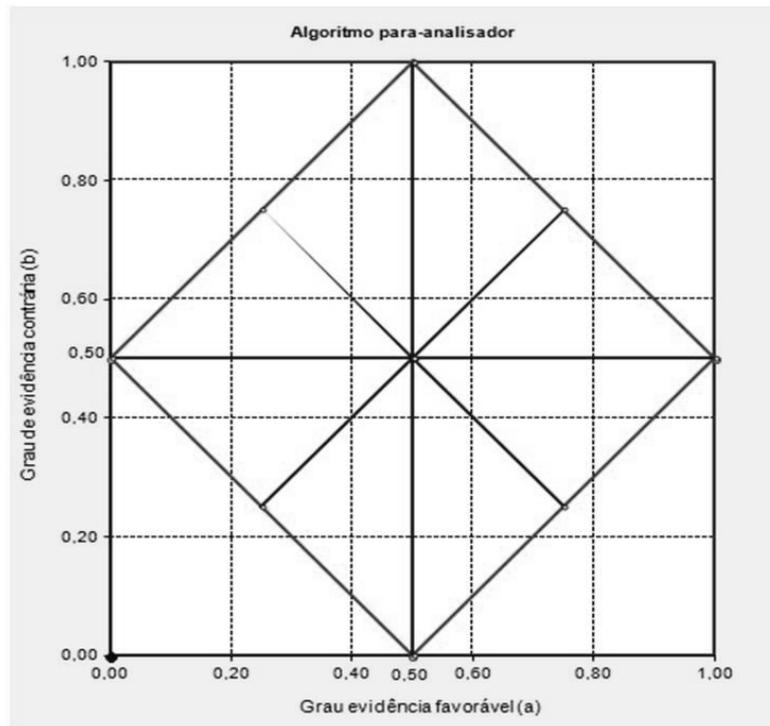


Figura II – Algoritmo Para-analisador para Lógica Paraconsistente Evidenciada Anotada Et.
Fonte: Abe et al (2011)

As situações podem ser representadas conforme Tabela II:

Tabela II – Estados Extremos.

Estados Extremos	Símbolo	proposições atômicas são do tipo $p(\mu, \lambda)$
Verdadeiro	V	(1,0 ; 0,5)
Falso	F	(0,0 ; 0,5)
Inconsistente	T	(0,5 ; 1,0)
Paracompleto	\perp	(0,5 ; 0,0)

Fonte: Abe et al (2011).

A Figura III representa a análise realizada por meio do algoritmo para-analisador por 09 especialistas diferentes referente à análise do salário mensal dentro do perfil do segurado como indicador de lavagem de dinheiro.

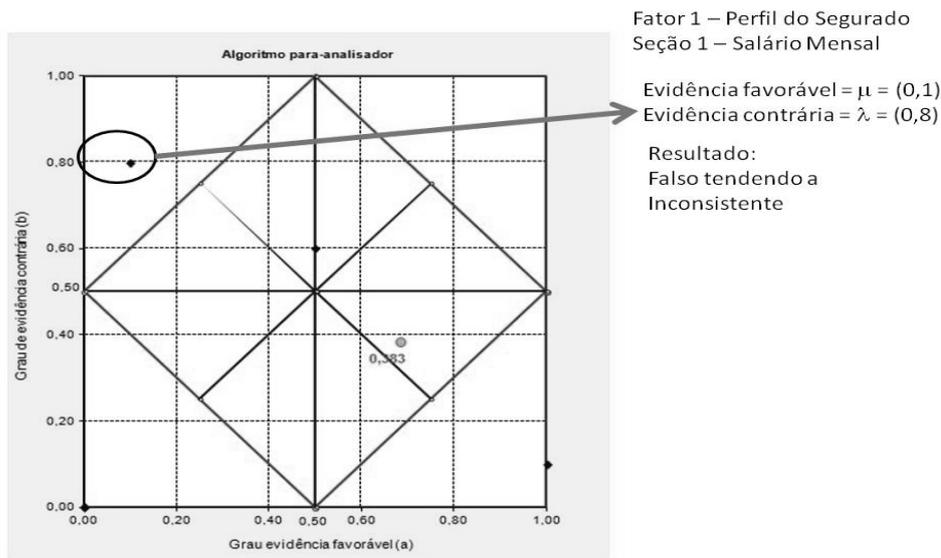


Figura III – Algoritmo Para-analisador para o Fator 1 – seção 1. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Observa-se um consenso sobre esta seção dentro do fator de perfil do segurado, onde não existe uma situação conclusiva quanto à evidência de lavagem de dinheiro, quando somente existe suspeita sobre o valor do salário mensal. Pois a média de evidência favorável é de 0,1 e de evidência favorável 0,8, neste caso o resultado é falso tendendo à inconsistente.

A Figura IV representa a análise realizada pelos especialistas referente o fator de pagamento de prêmio sem ser pelo seguro onde o cheque foi pago por pessoa não parente, como indicador de lavagem de dinheiro.

Nesta seção dentro do fator de pagamento de prêmio sem ser pelo segurado, onde não existe como se comprovar quando somente existe suspeita sobre o pagamento em cheque de terceiro ou não parente. Pois a média de evidência favorável é de 0,5 e de evidência favorável 0,6, neste caso o resultado é inconsistente.

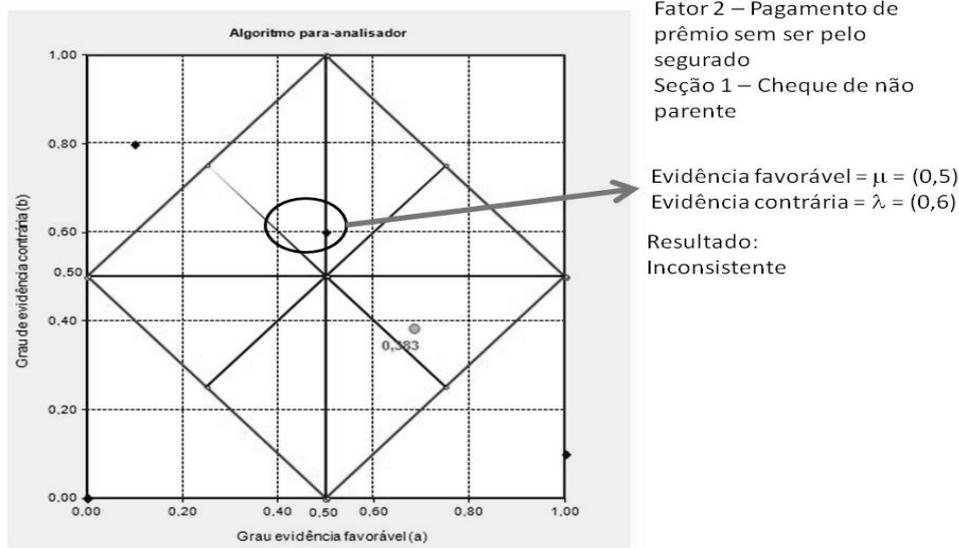


Figura IV – Algoritmo Para-analisador para o Fator 2 – seção 1. Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura V representa a análise realizada pelos especialistas referente o fator de sinistralidade anormal onde existe evidência de sinistralidade de espólio, como indicador de lavagem de dinheiro.

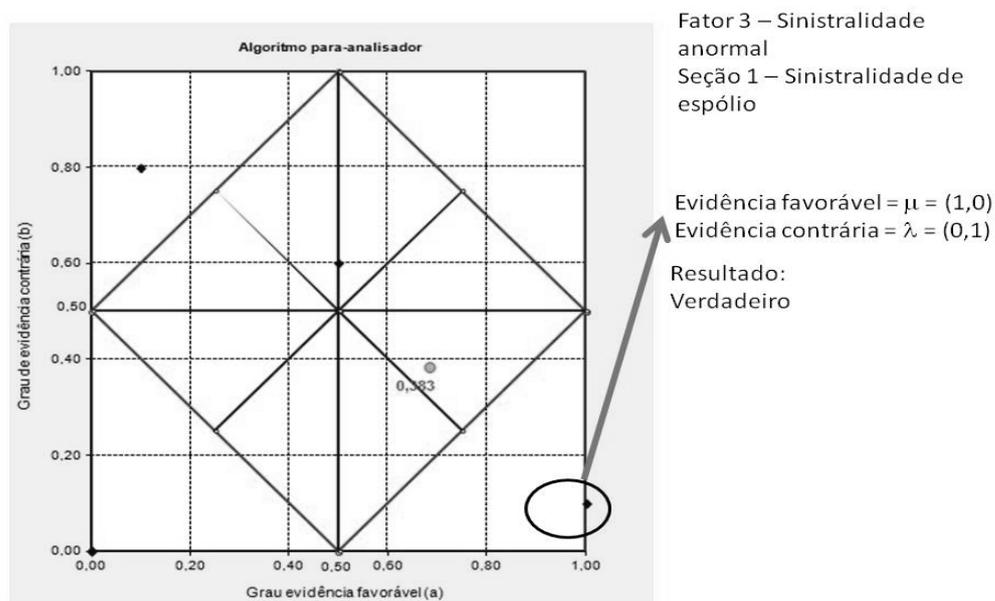


Figura V – Algoritmo Para-analisador para o Fator 3 – seção 1. Fonte: Elaborado pelos autores.

Nesta seção dentro do fator de sinistralidade anormal, onde existe como se comprovar lavagem de dinheiro quando existe sinistralidade de espólio. Pois a média de evidência favorável é de 1,0 e de evidência favorável 0,1, neste caso o resultado é verdadeiro.

4. Considerações Finais

Com a globalização da economia muitas empresas produtoras e prestadoras de serviços são influenciadas para aumento no grau de qualidade produtividade à níveis internacionais para conseguirem enfrentar a competitividade do mercado (MACHADO, 2001). E todas estas situações levam as empresas a tomada de decisão que nada mais é que, “um processo complexo e muito abrangente, onde temos de analisar diversos fatores e fazer a combinação das mais diversas e variadas possibilidades”, cita Calado (2007).

A gerência de risco é entendida como um procedimento geral para a redução de riscos, ou seja, quando for aplicada em alguma instância, as possíveis consequências são todas aceitáveis, podendo haver convivência com o pior resultado esperado. O risco é apresentado de alguma forma e em algum grau na maioria das atividades humanas e é caracterizado por ser parcialmente conhecido, mudar com o tempo e ser gerenciável no sentido que uma ação humana pode ser aplicada para mudar a sua forma e o grau do seu efeito. O processo de gerência de risco inicia com incertezas, preocupações, dúvidas e desconhecimentos que se transformam em riscos aceitáveis (MACHADO, 2002).

A análise de risco legal como o apresentado pela prevenção à lavagem de dinheiro é preocupação crescente no ramo financeiro e segurador.

“No século XX, a gerência de risco foi difundida, estudada e utilizada principalmente nas áreas de saúde, finanças, seguro de vida e etc. Para essas empresas, a gerência de risco não é coisa ruim, ao contrário, a gerência de riscos é o negócio. Todos os projetos nessas áreas

tratam riscos, pois os lucros dependem de oportunidades atrativas, balanceadas por riscos bem calculados” (BERNSTEIN, 1997).

Como vários aplicativos são desenvolvidos com intuito de melhor esta análise de risco e muitas vezes não se mostra consistência, viabilizou-se aqui a verificação por meio de lógicas não clássicas como a paraconsistente.

O aplicativo tem por requisito a detecção de possíveis situações de lavagem de dinheiro, ou seja, "uma condição ou capacidade necessitada por um usuário, para resolver um problema ou alcançar um objetivo" (IEEE, 1995).

“Hoje, as Lógicas heterodoxas entraram em cena com grande ímpeto: ninguém conseguiria prever onde nos levarão as Lógicas polivalente, relevante e paraconsistente. Talvez, nos próximos anos, nos esteja reservada uma nova alteração da idéia de logicidade, impossível de se imaginar no momento” (Da Costa, 1980).

Este estudo apresentou três análises com aprofundamento tal que as conclusões convergem para tendências especificadas nos três cenários abordados. Todos estes cenários trazem um grau maior ou menor de risco de evidências para uma lavagem de dinheiro.

A análise dos riscos identificados é a atividade que permite caracterizar os aspectos mais importantes de cada risco, objetivando explorar as melhores estratégias de mitigação. Usualmente, os riscos são classificados, segundo algum critério estabelecido, para tornar a gestão concentrada nos riscos considerados prioritários (PIVETTA, 2002).

O que se pode evidenciar que o primeiro cenário não indica certeza de situação de lavagem de dinheiro, o segundo cenário apresenta um risco duvidoso e o terceiro cenário já induz a uma possível situação de risco maior quanto à essa análise regulatória.

Define-se risco, segundo Charette (1989): "Em primeiro lugar, risco afeta acontecimentos futuros. Presente e passado não preocupam, pois o que colhemos hoje já foi semeado por

nossas ações anteriores. A questão é mudando nossas ações hoje, podemos criar oportunidade para uma situação diferente e possivelmente melhor amanhã? Isso significa, em segundo lugar, que risco envolve mudança, como por exemplo, mudança de pensamento, opinião, ações ou lugares..., e em terceiro lugar, o risco envolve escolha e a incerteza que a própria escolha envolve, Assim, paradoxalmente, o risco, como a morte e os impostos, é uma das poucas certezas da vida".

Muitas podem ser as formas de tomada de decisão sobre situações de risco, porém por meio da análise paraconsistente Evidenciada Anotada Et mostra uma forma diferenciada de decisão mais acertiva, pois envolve o conhecimento de vários especialistas.

Como cita Angeloni (2003) em seu artigo: “a tomada de decisão que envolve um maior número de pessoas tende a resultados mais qualificados, aumentando o conhecimento da situação de decisão, amenizando, pela agregação de informações e conhecimentos, as distorções da visão individualista”.

Referências

- [19] ABE, J. M. Et al. *Lógica Paraconsistente – Anotada Evidencial Et* – Santos: Editora Comunnicar, 2011.
- [20] ANGELONI, M. T. Elementos intervenientes na tomada de decisão. Brasília: Scientific Electronic Library Online - SciELO, v. 32, n.1, p. 17-22, jan./abr. 2003.
- [21] BERNSTEIN, P. L., *Desafio aos Deuses: A fascinante história do risco*. 3ª. Edição. São Paulo. Campus, 1996, p. Vii.
- [22] CALADO, Alexandre M. F. Et al. *Alguns dos erros mais comuns na tomada de decisão*. Instituto Superior de engenharia de Coimbra. Coimbra, 2007.

- [23] CARVALHO, F. R.; ABE, J. M. Tomadas de decisão com ferramentas da lógica paraconsistente anotada – Método Paraconsistente de Decisão – MPD – São Paulo: Blucher, 2011.
- [24] CHARETTE, R. N. Software Engineering risk analysis and management. McGraw Hill, 1989.
- [25] COAF - Conselho de Controle de Atividades Financeiras, Federação Brasileira de Bancos. Lavagem de dinheiro: legislação brasileira – 2ª ed. rev. - Brasília: COAF; São Paulo: FEBRABAN, 2005.
- [26] DA COSTA, N. C. A. Ensaio sobre os fundamentos da lógica. São Paulo: Hucitec, 1980.
- [27] KANT, I. Crítica de la razón pura. editorial Lozada, 7a. ed. p. 156, 1977.
- [28] GITMAN, L. J. – Princípios da administração financeira, tradução Allan Vidigal Hastings; 12ª. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. p. 203 e 207.
- [29] IEEE 1044.1-1995, IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology, IEEE,1995.
- [30] FATF/GAFI. International Standards on Combating Money Laundering and the Financing of Terrorism & Proliferation - Padrões internacionais de combate à lavagem de dinheiro e ao financiamento do terrorismo e da proliferação - as recomendações do GAFI. 2012.
- [31] FENASEG – Federação Nacional das Empresas de Seguros Privados e de Capitalização - Cartilha de Lavagem de dinheiro - Fenaseg, 2002.
- [32] MACHADO, Cristina Ângela Filipak in Weber, Kival Chaves, et al. Qualidade e Produtividade em Software. São Paulo, Ed. Makron Books, 2001.

- [33] MACHADO, CRISTINA ÂNGELA FILIPAK. A-Risk: um método para identificar e quantificar risco de prazo em projetos de desenvolvimento de software. 2002. 239 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba.
- [34] REPUBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Decreto N° 154 de 26 de junho de 1991. Convenção Contra o Tráfico Ilícito de Entorpecentes e Substâncias Psicotrópicas - Convenção de Viena de 1988.
- [35] ROCCO, A. Et al. Estimação de estados em Sistemas Elétricos de Potência com técnicas baseadas em Lógicas Fuzzy e Paraconsistente. Revista Seleção Documental n° 27. Santos: Ed. Paralogike, 2012.
- [36] DA SILVA FILHO, J. I.; ABE, J. M.; TORRES, G. L. Inteligência Artificial com as redes de análises paraconsistentes. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- [37] DA SILVA FILHO, J. I. Et al. Algoritmos fundamentados em Lógica Paraconsistente Anotada aplicados em Análises de Variáveis físicas de um Processo Industrial. Revista Seleção Documental n° 27. Santos: Ed. Paralogike, 2012.

Método Paraconsistente de Avaliação de Desempenho

Nélio Fernando dos Reis¹, Cristina Corrêa de Oliveira¹, Jair Minoro Abe^{1,2}

¹Programa de Doutorado em Engenharia de Produção – Universidade Paulista

²Instituto de Estudos Avançados – Universidade de São Paulo

neliojundiai@ig.com.br

Resumo - Este trabalho apresenta o método paraconsistente de avaliação de desempenho individual a partir da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et . Pretende-se promover o debate acerca dos modelos de avaliação de competências individuais hoje utilizados e propor uma nova abordagem para os procedimentos de avaliação de desempenho, baseada em critérios técnico-operacionais, de modo a fazer com que as avaliações de profissionais possam ser não apenas confiáveis, mas também operacionalmente eficientes. Esta pesquisa avalia competências profissionais de professor do ensino superior.

Palavras-chave: Avaliação de desempenho; Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et ; Tomada de Decisão.

1. Introdução

Tem havido muita discussão sobre melhoria de qualidade no ensino superior nos últimos anos. O professor é o principal elemento na produção dessa qualidade. Saber se o professor possui competências para produzir um bom trabalho é fundamental nesse processo de qualidade na educação.

Para tanto, o método paraconsistente de avaliação de desempenho pretende apresentar saídas numéricas geradas pelo modelo que sejam facilmente compreendidas pelos tomadores de decisão, sendo possível trabalhar com dados contraditórios sobre o desempenho de profissionais.

O modelo é construído através de uma abordagem da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ (Lógica $E\tau$), técnica que vêm ganhando espaço e consideração nos diversos campos de pesquisa.

As principais vantagens do emprego da Lógica $E\tau$ derivam do fato de os parâmetros de entrada serem estabelecidos pela estrutura do pensamento dos avaliadores, consolidando uma lógica coletiva traduzida em termos matemáticos.

As saídas numéricas geradas pelo modelo são facilmente compreendidas pelos gestores, indicando contradições e paracompleteza, nessas competências que vão auxiliar o setor de RH a desenvolver treinamento e desenvolvimento do professor.

2. Revisão Bibliográfica

Professores bem preparados com competências e habilidades profissionais tem sido o grande diferencial em modelos educacionais de sucesso em vários países [1].

Muitos pesquisadores sobre educação têm feito vários estudos para descobrir as competências necessárias para o bom professor. Segundo Fathivajargh, 2003, são várias e contraditórias muitas vezes.

Fathivajargah [1] acredita os professores precisam ter competências cognitiva, emocional e prática. Competência cognitiva, aqui, significa auto-conhecimento, cognição dos alunos e cognição do processo ensino-aprendizagem. Competência emocional é a competência com

base em interesses, valores e atitudes. E competência prática refere-se a competência do professor na relação com os alunos, salas de aula, nas escolas e para a sociedade.

Shabani [2] também divide as competências do professor em pessoal e científica. Competência pessoal é definida em: liderança e comunicação; Competências científicas: métodos de ensino, métodos de comunicação e psicologia social.

Para Jobert [3]:

"competência expressa a capacidade de obter um desempenho em situação real de produção. Interessando-se pela situação de efetivação da atividade, não se está mais ao lado da teoria, isto é, da forma como as coisas supostamente se apresentam e se regulam, mas da prática"[3].

Assim, o indivíduo reporta-se às próprias habilidades, a seus saberes tácitos, requisitados no momento em que o contexto da ação não corresponde aos padrões de referência.

Perrenoud [4], ao definir a abrangência do termo, cita que a competência não é um estado. É um processo. Se a competência é um 'saber agir'. O operador competente é aquele que consegue mobilizar e colocar em prática, com eficácia, as diferentes funções de um sistema que abrange recursos tão diversos quanto operações de raciocínio, conhecimentos, ativações de memória, avaliações, capacidades relacionais ou esquemas comportamentais.

Enfim, observando as definições e teorias dos especialistas neste campo, e observando alguns dos maiores especialistas mundiais em educação, decidiu-se dar uma categorização prática e avaliar as seguintes competências profissionais de professores:

- 1) Dinamismo [5];
- 2) Comunicação [6];
- 3) Método de avaliação do aluno [7]; e
- 4) Afetividade com aluno [8].

Essas competências serão verificadas através do método paraconsistente de avaliação de desempenho, utilizando a Lógica $E\tau$, que será demonstrada a seguir.

2.1 A Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$

O inventor da Lógica Paraconsistente é o brasileiro Newton Carneiro Affonso da Costa [9]. Isto se deve, principalmente, ao modo independente com que, a partir de 1958, desenvolveu idéias que o levaram à construção de diversos sistemas de Lógica Paraconsistente, não só em nível proposicional, mas também no nível de predicados (com e sem igualdade).

Uma lógica (ou cálculo) se diz paraconsistente se ela puder ser a lógica subjacente de teorias paraconsistentes (inconsistentes, porém não triviais) [9]. Portanto, nas teorias paraconsistentes existem fórmulas A tais que, a partir de A e $\neg A$, não decorre qualquer fórmula B , ou seja, sempre existe uma fórmula B de um conjunto de todas as sentenças tal que B não é teorema da teoria. A Lógica Paraconsistente Anotada permite tratar dados subjetivos do mundo real em dados precisos com saídas numéricas [10]. Uma de suas vantagens é realizar a tradução da linguagem natural (termos lingüísticos) utilizada nas comunicações diárias em expressões matemáticas. Isso é conseguido por meio das propriedades do reticulado de anotações. Segundo Da Silva Filho e Abe [11], vantagens na elaboração de sistemas paraconsistentes são: a rapidez com que a construção do sistema é realizada em relação aos modelos baseados em Lógica “fuzzy” (comum ou booleana) e de tornar desnecessário o desenvolvimento ou conhecimento de um modelo matemático.

Segundo De Carvalho e Abe:

“Na lógica $E\tau$ associa-se a cada proposição p , no sentido comum, um par (μ, λ) , representando pelas letras gregas *mi* (μ) e *lambda* (λ), representando da seguinte

forma: $p_{(\mu;\lambda)}$. μ e λ variam no intervalo fechado real $[0, 1]$. Portanto, o par $(\mu; \lambda)$ pertence ao produto cartesiano $[0, 1] \times [0, 1]$. Intuitivamente, μ representa o grau de evidencia favorável expressa em p , e λ , o grau de evidencia contrária (ou grau de descrença) expressa por p . O par (μ, λ) é chamado de constante de anotação ou, simplesmente, anotação. As proposições atômicas da lógica $E\tau$ são do tipo $p_{(\mu;\lambda)}$ ”[12]

De Carvalho e Abe [12] afirmam que “o conjunto das constantes anotações $(\mu; \lambda)$ pode ser representado no sistema de coordenadas cartesianas pelo quadrado unitário $[0, 1] \times [0, 1]$, chamado de quadrado unitário no plano cartesiano (QUPC)”. Sendo o grau de certeza definido por: **3. Metodologia**

A metodologia deste trabalho utilizou técnicas e processos de uma maneira sistemática para aquisição objetiva de conhecimento no tema proposto. Pesquisa aplicada de forma empírica, após revisão teórica, com objetivo exploratório. As fases do processo metodológico utilizadas neste trabalho foram as seguintes:

Formulação do problema:

- como avaliar o professor tendo opiniões contraditórias?

Formulação da hipótese:

- utilizar lógica que não exclui a contradição na avaliação de desempenho.

Revisão bibliográfica:

- referencial teórico de competências na educação e Lógica $E\tau$

Coleta de dados:

- sistemas de especialistas, sendo que 08 (oito) se apresentaram voluntariamente e foram divididos em dois grupos:

- A: 04 (quatro) alunos do professor avaliado;

- B: 02 (dois) professores colega do avaliado; e

- C: 01 (um) diretor e 01 (um) diretor assistente.

Objeto de estudo:

- professor de administração do curso superior de Logística.

- observação direta extensiva através de medida de opinião dos especialistas envolvidos em três grupos separados conforme acima descrito.

Esses especialistas avaliam as competências do professor e fizeram uma primeira avaliação para entender o processo, após essa primeira avaliação foram conduzidas sessões de brainstorm para identificação e discussão das competências. Após entendidas as competências foi feita a construção da proposição lógica. As competências e proposições estão apresentados no quadro a seguir.

Quadro 1: Competências e Proposições (ordem alfabética)

Fatores	Competências	Proposição
F1	Afetividade	O professor é paciente e solidário com aluno e colegas.
F2	Dinamismo	O professor é dinâmico e enérgico.
F3	Comunicação	É fácil compreender o que o professor transmite.
F3	Método de ensino	O professor consegue ensinar e o aluno aprender.

Essa fase de análise prospectiva foi feita com 02 (duas) rodadas *Delphi* que buscaram: identificar a certeza de ocorrência do tema.

A consulta foi conduzida por formulário via *e-mail* – em duas rodadas. A maior diferença entre elas é que, na segunda rodada, foi informado o resultado das respostas de cada uma

das perguntas da primeira rodada, oferecendo ao respondente oportunidade de rever suas respostas anteriores, se assim o desejasse.

4 Aplicação

Em relação aos fatores, deve-se raciocinar que eles são independentes um do outro. Assim sendo, procurou-se atribuir os graus de evidência favorável (μ) e evidência contrária (λ) de acordo com os especialistas, conforme abaixo.

Tabela I - Base de dados das evidências dos especialistas

Fatores	Grupo A								Grupo B				Grupo C			
	Aluno		Aluno		Aluno		Aluno		Professor		Professor		Diretor		Auxiliar	
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8								
	μ_1	λ_1	μ_2	λ_2	μ_3	λ_3	μ_4	λ_4	μ_5	λ_5	μ_6	λ_6	μ_7	λ_7	μ_8	λ_8
F1	1,0	0,0	0,9	0,1	0,8	0,2	0,7	0,3	0,2	0,7	0,8	0,2	0,6	0,3	0,5	0,3
F2	0,1	0,7	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,3	0,7	0,1	0,6	1,0	0,0	0,9	0,2
F3	0,6	0,3	0,1	1,0	1,0	0,0	0,3	0,4	0,9	0,2	0,2	0,1	1,0	0,0	0,9	0,1
F4	0,6	0,3	0,2	1,0	0,1	1,0	0,1	1,0	0,2	0,1	0,1	1,0	1,0	0,0	0,8	0,2

Com a base de dados das evidências dos especialistas (Tabela I), pode-se extrair as opiniões dos avaliadores sobre as competências do professor. Elas são demonstradas na Tabela II com utilização das regras OR e AND.

4.1 Regras de maximização (OR) e de minimização (AND)

O passo seguinte é aplicar a regra de maximização (OR) e de minimização (AND) da Lógica Et às opiniões dos especialistas para cada um dos temas estratégicos.

Aplicam-se as regras de maximização da evidência favorável intragrupos, sendo o conectivo (OR) na evidência favorável e o conectivo (AND) na evidência contrária dentro

de cada grupo e a regra de minimização da evidência favorável entre os grupos, sendo o conectivo (AND) na evidência favorável e conectivo (OR) na evidência contrária para os resultados obtidos nos dois grupos (entre grupos), agrupados conforme Tabela II, ou seja:

4.2 Análise dos resultados

Analisa-se estes resultados finais, após aplicação das regras de maximização e de minimização, pelo dispositivo para-analisador. Para tanto, é necessário plotá-lo no QUPC, no qual, para se ter mais precisão na conclusão, adota-se como linhas limites de verdade e de falsidade as retas determinadas por grau de certeza $H_{cert} = 0,6$ e como linhas limites de paracompleto e de indeterminação as retas determinadas por grau de contradição $G_{contr} = -0,6$. Desta forma, tem-se evidência favorável ou contrária a certeza de competência, se houver um grau de certeza em módulo igual ou maior que 0,6.

Resumindo, o critério de divisão é o seguinte:

- a) $H_{cert} \geq 0,6 \rightarrow$ Verdade (V), ou seja, a competência é total;
- b) $H_{cert} \leq -0,6 \rightarrow$ Falsidade (F), ou seja, não existe essa competência; e
- c) $-0,6 < H_{cert} < 0,6 \rightarrow$ Região entre a Verdade e a Falsidade.

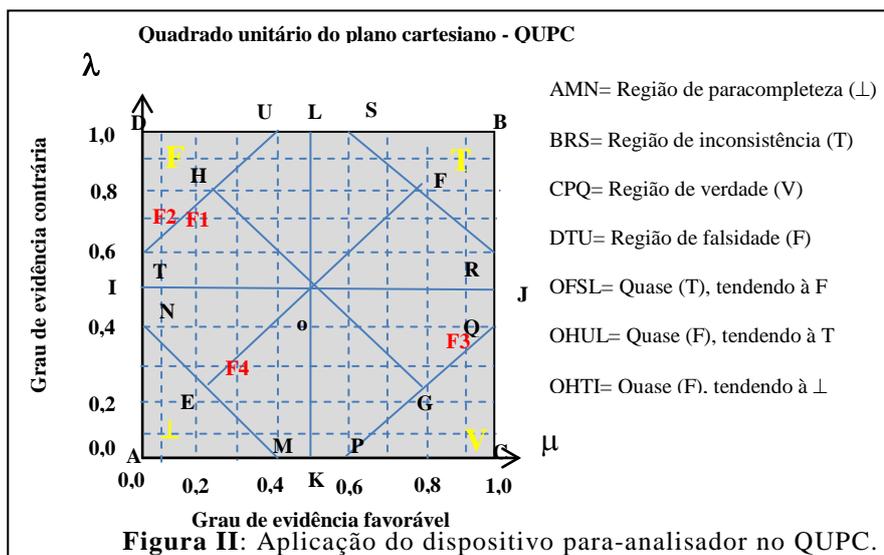
A base de dados foi tratada com os conectivos OR e AND e os resultados dos três temas podem ser observados na Tabela II.

Tabela II - Graus de evidência resultantes da aplicação das regras OR e AND

Fator	Grupo A		Grupo B		Grupo C		Entre Grupos		Competências: 04 (três)		
									Nível de Exigência: $\geq 0,600$		
				Conclusões							
	μ_{OR}	λ_{AND}	μ_{OR}	λ_{AND}	μ_{OR}	λ_{AND}	μ_{AND}	λ_{OR}	H_{cert}	G_{contr}	Decisão
F1	1,0	0,0	0,2	0,7	0,6	0,3	0,2	0,7	-0,5	-0,1	Quase (F), tendendo à \perp
F2	0,1	0,7	0,3	0,7	1,0	0,0	0,1	0,7	-0,6	-0,2	(F) Falsidade
F3	1,0	0,0	0,9	0,1	1,0	0,0	0,9	0,1	0,8	0,0	(V) Verdade

F4	0,6	0,3	0,3	0,1	1,0	0,0	0,3	0,3	0,0	-0,4	Quase (\perp), tendendo à V
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	---------------------------------

Observando-se os graus de evidência favorável e contrária resultantes da aplicação das regras de maximização (OR) e minimização (AND) às opiniões dos avaliadores no estudo de competências do professor, nota-se que o grau de certeza (H_{cert}) para F1 e F4 estão abaixo de 0,6 como estabelecidos no critério para certeza de competência. A título de exemplo, embora o especialista 1 em F1 tenha atribuído evidência $(\mu_{1,0}; \lambda_{0,0})$ que é uma afirmação de (V) verdade, ou seja, há certeza de o professor ter essa competência, ao se levar em consideração as demais evidências dos demais especialistas o resultado não é de (V) verdade e nem de (F) falsidade da certeza da competência do professor. Contudo, pode-se dizer em qual região da certeza eles se encontram. Conforme se observa na figura abaixo o tema F1 está plotado em $(\mu_{0,2}; \lambda_{0,7})$ na região de OHTI= Quase (F) falsidade, tendendo à (\perp) paracompleteza e o tema F4 está plotado em $(\mu_{0,3}; \lambda_{0,3})$ na região de OEMK= Quase (\perp) paracompleto, tendendo à (V) verdade. Já o F2 tem sua evidência coletiva na região de (F) falsidade está plotado em $(\mu_{0,1}; \lambda_{0,7})$, ou seja, a proposição da competência não ocorre. E a competência F3 tem sua evidência coletiva na região de (V) verdade e está plotada em $(\mu_{0,9}; \lambda_{0,1})$, ou seja, a proposição da competência ocorre, conforme Figura II.



Se houver necessidade de um critério mais rigoroso para tomada de decisão, ou seja, decisão mais segura, mais confiável, torna-se necessário aumentar o nível de exigência, isto é, devem-se aproximar as linhas PQ e TU dos pontos C e D, respectivamente, e também pode-se utilizar um número maior de especialistas, ou até mesmo ponderar a evidência atribuída dependendo do peso de cada especialista.

Portanto, a elaboração de cenários prospectivos com a Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ permite determinar possíveis inconsistências de dados e verificar até que ponto elas são aceitáveis ou não nas regras de decisão.

5 Considerações finais

Uma das grandes vantagens deste método é a sua grande versatilidade. Os especialistas podem sofrer influência, mas de uma forma geral não são as mesmas para todos. Certamente que, num momento de depressão, o especialista tende a desacreditar no futuro

mais do que acreditar e o contrário podem acontecer nos momentos de euforia, de alegria, mas dificilmente todos os especialistas estarão com o mesmo sentimento.

Por fim, virtualmente todos os problemas em que a incerteza, a ambigüidade ou a linguagem natural do ser humano é relevante apresentam situações favoráveis a aplicação do método. Este método tem muitas vantagens, entre as quais repetimos, resumidamente: versatilidade, precisão, confiabilidade e fidedignidade, além de permitir lidar com dados contraditórios.

Referências

[1] Fathivajargah, Kurosh(2003). Standard School.(7rd ed).Tehran: Fakher-Seif, Ali Akbar(2003). Educational Psychology. Tehran: Agah

[2] Shabani, Hsan(2006). Educational Skills. Tehran: Samt.

[3] Jobert G. A profissionalização: entre a competência e reconhecimento social. In: Altet M, Paquay L, Perrenoud P, Paquay L. A profissionalização dos formadores de professores. Traduzido por Murad F. Porto Alegre: Artmed; 2003. p. 221-32.

[4] Perrenoud P. Procedimento referente ao projeto, pedagogia do projeto [Apresentado no Seminário Internacional de Educação; 2003 fev 21-22; São Paulo (SP)].

[5] Guskey, t.R. How classroom assessment improve learning, association for supervision and curriculum Development. Ensco Publishing.(2003)

[6] Faresad, HCompetencies for life: Some Implication for Education, National Institute technology. Oslo, Norway, Back ground papers to workshop, UNESCO, 47 the International Conference on Education, Geneva. (2004).

- [7] Stiggins, R. ; From formative assessment to assessment for learning: a path to success in standards-based schools. *Journal of Phi Delta Kappan*, 87, 324-332. (2005).
- [8] Aghaie, Ali (2006). Recognition of Personal and Professional Features of Future Teachers. MA thesis, Tehran: ShahedUniversity
- [9] Abe, J.M. et al. *Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial* $\epsilon\tau$. Santos: Comunnicar. p. 38,2011.
- [10] Reis, N.F. *Construção de Cenários através da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial* $\epsilon\tau$: um estudo de caso – Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na Universidade Paulista, UNIP-SP, 2007.
- [11] Da Silva Filho, J.I. & ABE, J.M. Paraconsistent analyzer module, *International Journal of Computing Anticipatory Systems*, vol. 9, ISSN 1373-5411, ISBN 2-9600262-1-7, 346-352, 2001.
- [12] De Carvalho, F.R.; Abe, J.M. Tomadas de decisão com ferramentas da lógica paraconsistente anotada. São Paulo. Editora Blucher. p, 37-47, 2011.

Rede Neural Artificial Paraconsistente na Tomada de Decisão em Transplante Hepático

Cristina Corrêa de Oliveira^{1,2}, Jair Minoro Abe^{1,3}, Camila Inácio Belo da Silva², Pedro
Afonso Guerrato⁴

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Paulista, São
Paulo, Brasil

²Faculdade de Tecnologia da Zona Leste

³Instituto de Estudos Avançados – Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

⁴Faculdade de Medicina da USP

crisolive@ig.com.br

Resumo – O cálculo da gravidade de um paciente, com doença hepática terminal, é computado com o sistema *Model for End Stage Liver Disease* (MELD). Este artigo tem como objetivo construir um protótipo funcional utilizando a Rede Neural Artificial Paraconsistente, embasado na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$, para a criação de um motor de inferência que processe os dados laboratoriais dos pacientes como Bilirrubina, Creatinina e INR (protombina), e apresente resultados similares ao padrão MELD. A rede foi testada com dados reais dos receptores ($n=52$) fornecidos pela Central de Transplante do Estado de São Paulo, apresentando um resultado de aproximadamente 0,98077 de acompanhamento aos padrões de linearidade do padrão do cálculo MELD. A

rede pode ser aperfeiçoada para utilizar novos dados na entrada, facilitando o processo de tomada de decisão, utilizando dados inconsistentes ou paracompletos.

Palavras-chave: Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes, Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$, Motor de Inferência.

Abstract - The calculation of the severity of a patient with end-stage liver disease, is computed with the Model System for end-stage Liver Disease. This article aims to build a working prototype using the Paraconsistent Artificial Neural Network, based paraconsistent Annotated Evidential $E\tau$ for the creation of an inference engine that processes the laboratory data of patients as bilirubin, creatinine and INR (prothrombin), and present Similar to the standard MELD. The network was tested with real data of recipients ($n = 52$) provided by Transplantation of São Paulo Central, with a result of approximately 0.98077 for monitoring the standards of linearity of the standard MELD calculation. The network can be optimized to use the new data entry, facilitating the process of decision making, using or inconsistent data paracomplete.

Key-words - Paraconsistent Artificial Neural Networks; Annotated Paraconsistent Evidential Logic $E\tau$; Inference Engine.

1 Introdução

Dados da ABTO demonstraram que no primeiro semestre de 2014, de um total de 4.546 potenciais doadores, apenas 1.286 se tornaram doadores efetivos, sendo que o estado de São Paulo apresentou a maior parte dos potenciais doadores com 1.193 com 415 doadores efetivos de órgãos, contando apenas 852 transplantes de fígado, total que está distante da meta de 975 transplantes [6].

A fila de espera de pacientes ativos por um órgão totalizou 28.226 em junho de 2014, sendo que o fígado é a segunda maior lista com 1.357 pacientes ativos a espera de um órgão [3]. O Brasil ficou em 24º posição mundial em transplantes de fígado, totalizando nove transplantes hepáticos por milhão de população (pmp) em 2012 [6].

O SUS (Sistema Único de Saúde) custeou, entre 2009 a 2011, 64.690 transplantes de órgãos e tecidos [9]. O transplante hepático apresentou uma diminuição 1,6% (8,9 pmp) no primeiro semestre de 2014, perfazendo uma diminuição de 1,7% nos transplantes com doador falecido (8,2 pmp), e o transplante com doador vivo não se alterou (0,7 pmp) [7].

O transplante do fígado é um procedimento complexo, que exige equipes multidisciplinares, utilizando o critério MELD, adotado desde 2006 no Brasil, para classificação dos receptores na lista de espera a fim de reduzir o tempo na fila espera e a taxa de mortalidade nesta lista, sendo atualizado periodicamente. Exames laboratoriais como Bilirrubina, Creatinina e NRI (atividade da protombina relacionada à coagulação) participam da composição do MELD que apresenta resultados entre 6 a 40, onde a urgência do transplante é proporcional ao resultado calculado. Critérios como sorologia sanguínea, como fator ABO, idade, peso e altura do receptor, tempo de isquemia também influenciam no transplante.

Estudos na área de transplantes tem sido de grande utilidade para o desenvolvimento de métricas, predições e previsões a fim de reduzir óbitos pós-operatórios [8].

Este artigo é baseado em uma pesquisa aplicada, com abordagem quantitativa e objetivo exploratório. Aplicada, tendo em vista que não se trata de ciência pura, pois apresenta a construção protótipo funcional de um motor de inferência utilizando Rede Neural Artificial Paraconsistente, baseada na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ (Lógica $E\tau$); quantitativa, pois são usados dados laboratoriais dos receptores, cedidos pela Secretaria de

Saúde, e apresenta resultados similares e comparativos ao MELD com o teste do software. Exploratório, cujo objetivo é familiarizar-se com um assunto ainda pouco conhecido, permitindo, futuramente, agregar novos dados dos receptores para tratar a fila de espera.

2 Métodos - Para-Liver

A metodologia utilizada para o cálculo do MELD foi projetada utilizando os conceitos das Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes (RNAPs), cuja construção é apoiada no algoritmo Para-Analisador baseada na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ [1].

O aplicativo, denominado ParaLiver, proposto neste trabalho utiliza a arquitetura das RNAPs [4,5]. O do motor de inferência é apresentado a seguir em um diagrama de pacote, com os códigos das classes implementados na linguagem C# conforme Figura I.

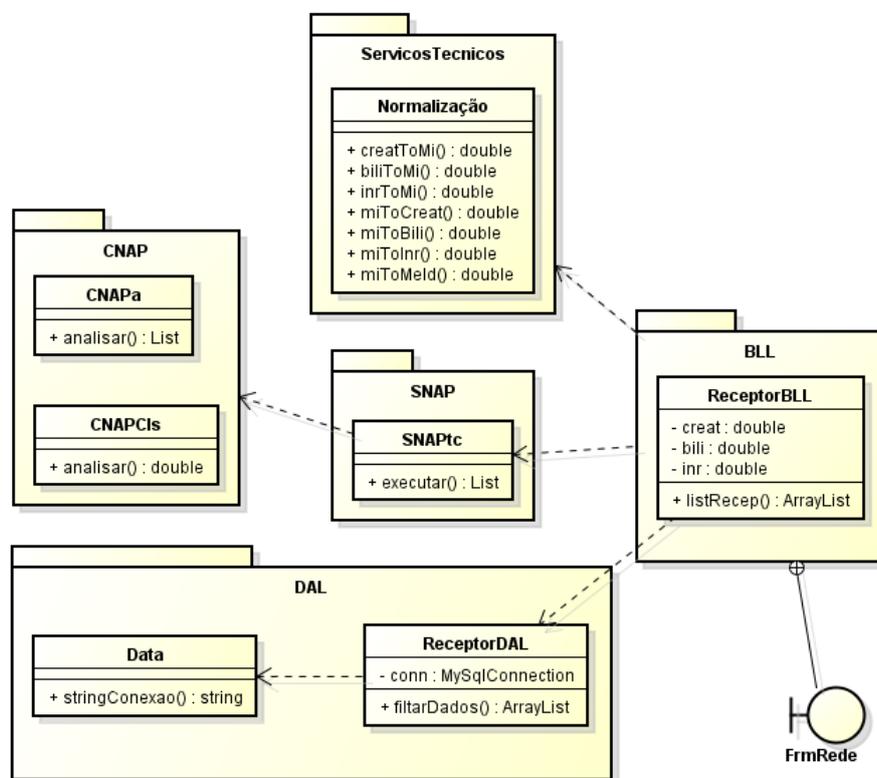


Figura I - Diagrama de Pacote da aplicação ParaLiver

A ReceptorDAL é uma classe cuja responsabilidade é filtrar dados contidos os exames laboratoriais como Creatinina, Bilirrubina, INR, entre outras. Os dados são filtrados através de programas armazenados e executados no banco de dados, e retornam a informação para o Para-Liver que por sua vez as trata de acordo com as necessidades e as repassam para a BLL (*Business Logic Layer*).

O pacote CNAP é um elemento da rede e ele é composto por duas classes cognominadas de CNAPa e CNAPCl. A CNAPa tem a responsabilidade de reproduzir a Célula Neural Artificial Paraconsistente Analítica e a CNAPCl é a Célula Neural Artificial Paraconsistente de Conexão Lógica Simples de Maximização e Célula Neural Artificial Paraconsistente de Conexão Lógica Simples de Minimização. Estas classes possuem uma propriedade denominada proc, que executa a tarefa de acordo com as normas da Lógica Paraconsistente Anotada com dois valores.

O cálculo MELD do receptor se dá com a alimentação da rede com os valores dos exames laboratoriais como Bilirrubina, Creatinina, INR de Protrombina e se houve procedimento de hemodiálise. Os exames são utilizados como variáveis de entrada da RNAP. Dados que precisam ser normalizados na entrada evitando erros na saída. Caso o paciente tenha realizado hemodiálise, o valor da Creatinina é ajustado para quatro. Sendo assim, a RNAP fará da mesma forma, não tornando a hemodiálise uma proposição que atuará diretamente na rede, mas sim na camada de normalização, ajustando a Creatinina para quatro e normalizando este valor.

O sistema é totalmente dependente das variáveis de entrada, afetando o resultado do MELD. O gráfico, Figura II, demonstra a relação entre os valores de entrada (INR, Creatinina, Bilirrubina) com o resultado do MELD.

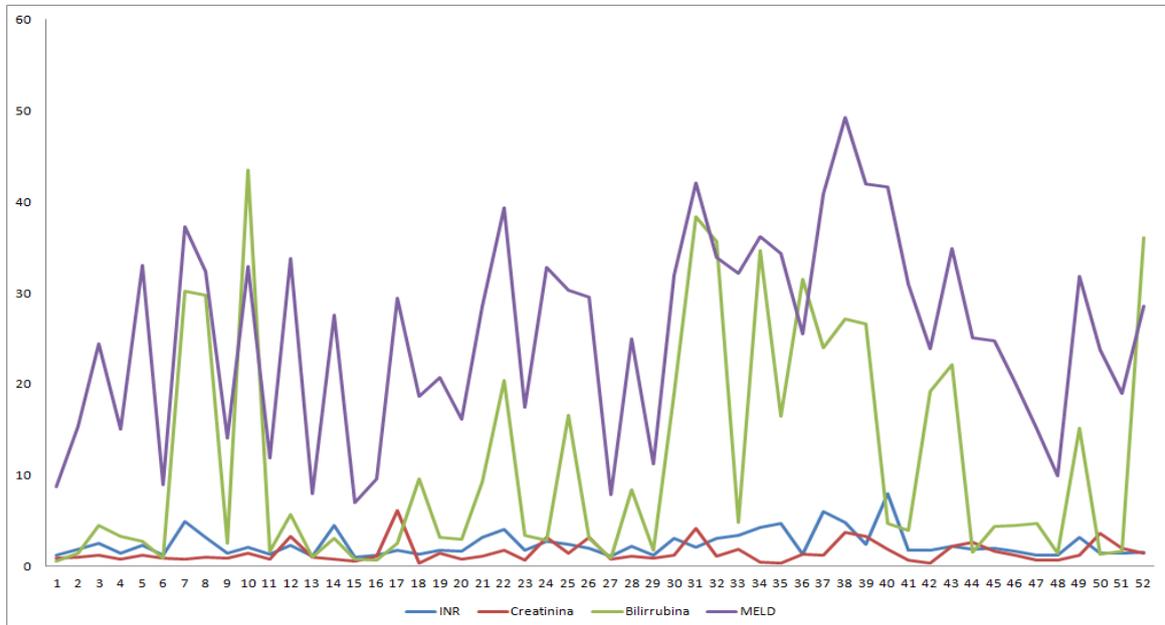


Figura II - Efeito das variáveis de entrada no cálculo MELD

Foram utilizadas as células descritas no tópico anterior, conforme arquitetura da rede apresentada na Figura III, sendo utilizado o Tratamento de Contradição.

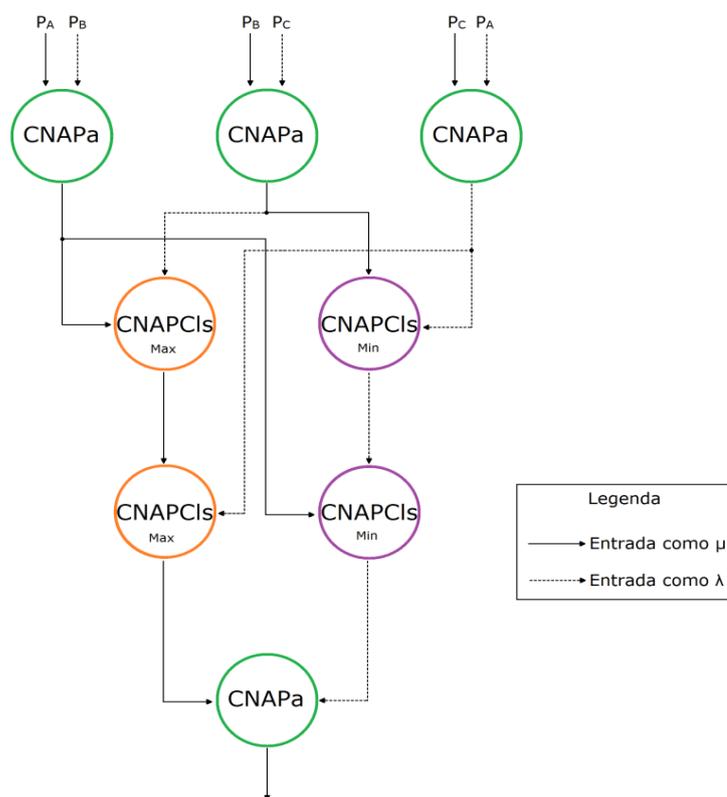


Figura III- Representação do SNAPtc utilizado no ParaLiver

3 Conclusão

O aplicativo, motor de inferência, apresentou bons resultados com o uso das RNAPs, com uma taxa de acerto de 0.98077, num total de 52 pacientes, acompanhando os resultados obtidos pelo MELD. A rede foi projetada para ter somente três entradas, apresentando resultados satisfatórios com relação ao reconhecimento de padrão, porém é possível realizar melhorias, como aumentar a precisão da resposta, com valores que se assemelhem ao resultado do cálculo MELD.

Experimentos, utilizando as RNAPs, demonstram que a metodologia pode ser aperfeiçoada para a implementação de uma rede que utilize novos dados na entrada, facilitando o processo de tomada de decisão, utilizando dados inconsistentes ou paracompletos, pois ao se deparar com entradas conflitantes, por exemplo, 100% de evidência favorável à

proposição parcial A, e menos de 20% à proposição parcial C, a rede apresentou resultados satisfatórios e obteve sucesso, visto que mesmo com informações contraditórias ainda assim acompanhou os padrões de resultados que o cálculo MELD apresentou.

A Figura IV mostra o comportamento da rede comparado com o resultado MELD.

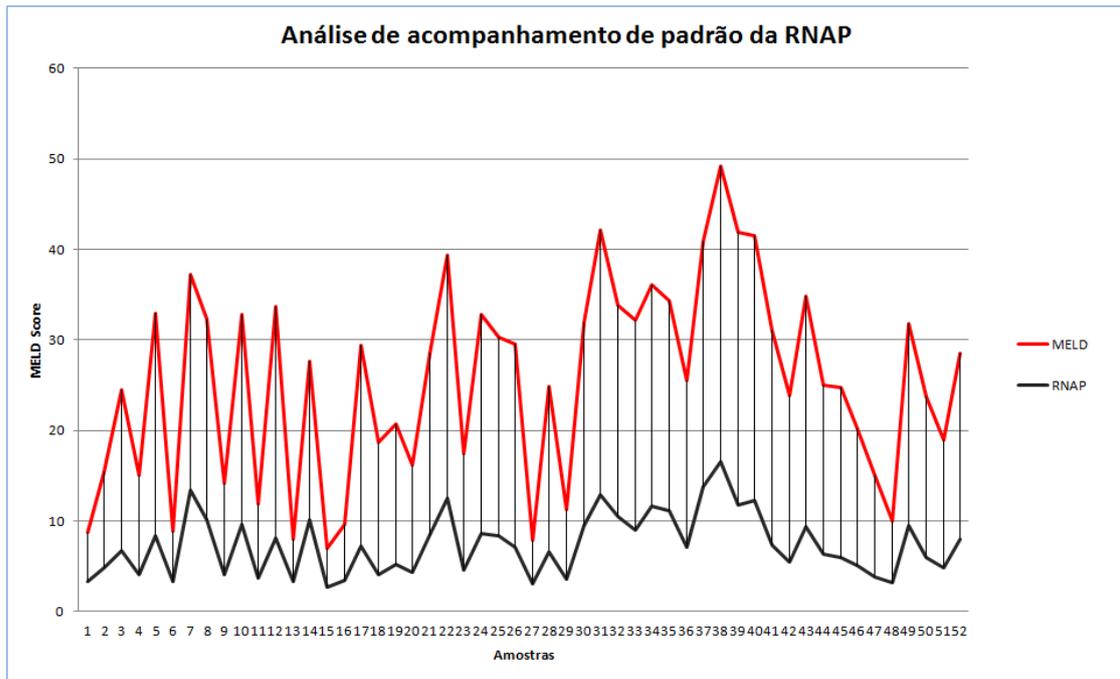


Figura IV- Análise de acompanhamento de padrão da RNAP

A rede será remodelada, brevemente, para que apresente resultados iguais aos do MELD, com novos dados para que a rede possa ser treinada a fim de aprimorá-la, tornando-se mais hábil e mais rápida para apresentação de resultados.

Referências

- [1] ABE, J. M. et al. *Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et*. Santos: Comunicar, 2011.

[2] ALVARENGA, D. Sem retração, serviços de tecnologia avançam no país e alavancam PIB. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/negocios/noticia/2012/03/sem-retracao-servicos-de-tecnologia-avancam-no-pais-e-alavancam-pib.html>> Acesso em: 12 mar 2013.

[3] ABTO. Associação Brasileira de Transplantes de Órgãos. Disponível em: <www.abto.org.br>. Acesso em: 18 ago. 2014.

[4] DA SILVA FILHO, J. I.; ABE, J. M. Fundamentos das Redes Neurais Paraconsistentes destacando Aplicações em Neurocomputação. São Paulo: Arte & Ciência, 2001.

[5] DA SILVA FILHO, J. I.; ABE, J. M.; LAMBERT-TORRES, G. Inteligência Artificial com Redes de Análises Paraconsistentes: Teoria e Aplicação. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

[6] ABTO. Associação Brasileira de Transplantes de Órgãos. Disponível em: <<http://www.abto.org.br/abtov03/Upload/file/RBT/2014/rbt-1semestre-parc.pdf>>. Acesso em 03 ago 2014

[7] PORTAL DE TRANSPLANTES. Disponível em: <http://aplicacao.saude.gov.br/saude/transplante/%C3%81rea_Especializada/relatorios_estatisticos/transplantes-realizados>. Acesso em 03 ago 2014.

[8] SALVALAGGIO, P. et al. O sistema MELD e a mortalidade em lista de espera para transplante de fígado em países em desenvolvimento: lições aprendidas em São Paulo. Einstein (São Paulo), v. 10, n. 3, p. 278-285, set. 2012. ISSN ISSN: 1679-4508. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S167945082012000300004&nrm=iso>. Acesso em 03 ago 2014.

Nesta obra, reunimos alguns temas correntes em Computação Inteligente, a maioria decorrente de textos gerados de palestras do Segundo Workshop on Intelligent Computing Systems – WICS 2014 realizado no Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Paulista, campus Indianópolis com o apoio do Instituto de Estudos Avançados da USP.

As contribuições fazem uso de lógicas alternativas da clássica, principalmente a lógica paraconsistente, por tratar contradições em seu interior sem o perigo de trivialização. Um de seus descobridores é um lógico brasileiro: Newton C. A. da Costa.

Além da compreensão de seus fundamentos, paulatinamente, diversas aplicações foram sendo obtidas nos mais diversos setores do conhecimento humano, da Filosofia à Inteligência Artificial e Automação, quebrando um paradigma do pensamento humano de mais de dois mil anos.”

