

## UMA INTRODUÇÃO A LÓGICA FUZZY

Diego Gabriel de Sousa Rignel <sup>1</sup>  
[diegorignel@hotmail.com](mailto:diegorignel@hotmail.com)

Gabriel Pupin Chenci <sup>2</sup>  
[gabriel\\_gabrielpc@hotmail.com](mailto:gabriel_gabrielpc@hotmail.com)

Carlos Alberto Lucas <sup>3</sup>  
[profcarloslucas@gmail.com](mailto:profcarloslucas@gmail.com)

### RESUMO

A lógica fuzzy foi introduzida nos meios científicos em 1965 por Lofti Asker Zadeh, através da publicação do artigo Fuzzy Sets no *Jornal Information and Control*. Hoje ela é elemento fundamental em diversos sistemas, sendo considerada uma técnica de excelência no universo computacional. Possui também enorme aceitação na área de controle de processos. O conceito *fuzzy* pode ser entendido como uma situação em que não é possível responder simplesmente "sim" ou "não". Mesmo conhecendo as informações necessárias sobre a situação, dizer algo entre "sim" e "não", como "talvez" ou "quase", torna-se mais apropriado. O objetivo deste artigo é conceituar esta lógica de acordo com seus termos, sua teoria de conjuntos e operações, variáveis linguísticas e funções de pertinência, bem como apresentar seu histórico com base nos princípios desenvolvidos pelo polonês Jan Lukasiewicz, que em 1920 introduziu conjuntos com graus de pertinência 0,  $\frac{1}{2}$  e 1, diferentemente de 0 ou 1 da lógica booleana e que mais tarde expandiu para um número infinito de valores. O artigo visa atingir como público-alvo a comunidade da área da computação, como também os interessados da área. Foi feita revisão bibliográfica, por meio da qual se abordaram informações sobre a primeira publicação sobre lógica *fuzzy*, história do autor, critérios de combinação entre conceitos da lógica clássica e os conjuntos de Lukasiewicz, estudo temporal das aplicações da lógica *fuzzy* na Europa e no Japão, entre outros. Pelo fato de ser uma revisão bibliográfica, o trabalho não contém resultados expressos quantitativamente, sendo assim podemos ter como resultado a ênfase na importância da existência deste tipo de lógica, e também esclarecer como ela se desenvolveu com o passar dos anos. Assim, mantém-se em aberto a possibilidade de novas pesquisas que abordem o conteúdo com mais precisão. Conclui-se que, para se tratar de casos com imprecisões, a lógica *Fuzzy* torna-se grande alvo de pesquisas, podendo aliar-se a outras técnicas da inteligência artificial quando se busca resolver problemas complexos.

Palavras Chave: Teoria Fuzzy, Lógica, Sistemas Mecânicos/Computacionais.

---

<sup>1,2</sup> – Discente do Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do Centro Universitário de Franca Uni-FACEF  
<sup>3</sup> – Docente do Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do Centro Universitário de Franca Uni-FACEF

**ABSTRACT**

*Contextualizing, the Fuzzy logic was introduced in the scientific in 1965 by Lotfi Asker Zadeh, through the publication of the article Fuzzy Set in the newspaper Information and Control. Nowadays it's fundamental in many systems being considered a technical "excellence" in the computational universe having a great acceptance in the process control area. The aim of this paper is to conceptualize the fuzzy logic in accordance with its terms, his theory of sets and operations, linguistic variables and membership functions, and present their history based on principles developed by a Polish logician Jan Lukasiewicz (1878-1956), which sets introduced in 1920 with degrees of membership ( $0 - \frac{1}{2} - 1$ ), different from 0 or 1 (Boolean Logic), and that most of tar-expanded to an infinite number of values. Aims to reach the target audience all the people in the area of computing, as well as those interested in this reading. . The term "fuzzy" can be understood as a situation that cannot be answered only "yes" or "no". Even knowing the necessary information about the situation, say "yes" and "no" as "perhaps", "almost", it is more appropriate. Literature review was performed, by means of which addressed information about the first publication about fuzzy logic, author history, the standard for combining concepts of classical logic and sets of Lukasiewicz, temporal study of fuzzy logic applications in Europe and Japan among others. By the reason of being a literature review the work doesn't contains results expressed in numbers, so we can have as a result, the existence importance of this type of logic, and also see how it developed over the years. But it remains open the possibility of new research that broach the subject more accurately. We conclude that, to handle cases with inaccuracies, Fuzzy Logic becomes the main target of research, could join to Artificial Intelligence, when we seek to solve complex problems.*

*Keywords: Fuzzy theory, Logic, Mechanical/Computing Systems*

## **INTRODUÇÃO**

No presente estudo, objetiva-se abordar o conceito fuzzy, sua história e algumas de suas aplicações, buscando atingir um público alvo das ciências exatas, especificamente da ciência da computação, bem como a todos os interessados em saber um pouco deste assunto, que ainda é desconhecido por muitos acadêmicos da área, porém amplamente utilizado. Usa-se como metodologia a pesquisa bibliográfica.

O trabalho está estruturado da seguinte maneira: na seção 1 é feito um breve histórico do aparecimento da teoria dos conjuntos fuzzy também conhecido como nebulosos e a apresentação dos conceitos gerais; nas seções 2 e 3, respectivamente, serão abordadas algumas aplicações da lógica fuzzy, e as considerações finais do trabalho.

Neste artigo busca-se apresentar a lógica fuzzy ou difusa em linhas gerais, e por ser um primeiro estudo, o conteúdo está resumido. Portanto, mantém-se em aberto a possibilidade de uma nova pesquisa que explore tais conceitos com mais profundidade.

## **1. HISTÓRIA E CONCEITOS DA LÓGICA FUZZY**

Os princípios de lógica fuzzy foram desenvolvidos primeiramente por Jan Lukasiewicz (1878-1956), que em 1920 desenvolveu e introduziu conjuntos com grau de pertinência que combinados aos conceitos da lógica clássica, desenvolvida por Aristóteles, deu embasamento suficiente para que na década de 60, Lofti Asker Zadeh, professor de Ciências da Computação da Universidade da Califórnia, chegasse a ser o primeiro autor de uma publicação sobre lógica fuzzy.

Zadeh observou que muitas regras presentes no cotidiano da população não podiam ser explicadas pelas pessoas que as usavam. Como por exemplo, podemos olhar para uma pessoa e imaginar que ela tenha 50 anos, porém não se sabe como

explicar esse fato. Esta idéia levou Zadeh a desenvolver o que conhecemos por lógica fuzzy (RUSS, 1996).

Inicialmente Zadeh foi criticado por vários cientistas e estudiosos da área da computação, porém logo sua idéia foi aceita nesse meio, sendo alvo de várias publicações que abordavam aplicações dos sistemas fuzzy.

## 1.1. CONCEITOS

Diferente da Lógica Booleana que admite apenas valores booleanos, ou seja, verdadeiro ou falso, a lógica difusa ou fuzzy, trata de valores que variam entre 0 e 1. Assim, uma pertinência de 0.5 pode representar meio verdade, logo 0.9 e 0.1, representam quase verdade e quase falso, respectivamente (SILVA, 2005).

Com a necessidade de lidar com a complexidade dos problemas, a teoria da probabilidade era usada com sucesso em muitas áreas da ciência, porém com essa teoria era mais difícil de tratar a incerteza. Um exemplo disso era considerar o período meia-idade que começa em 35 anos e termina em 55 anos (MUKAIDONO, 2001).

Utilizando a lógica tradicional, uma pessoa com 34 anos só iria pertencer a esse grupo após completar seu 35º aniversário. Desse modo uma pessoa que tenha 56 anos não faria parte de tal grupo. A figura 1 mostra a definição de meia idade segundo a teoria de conjuntos convencional (MUKAIDONO, 2001).

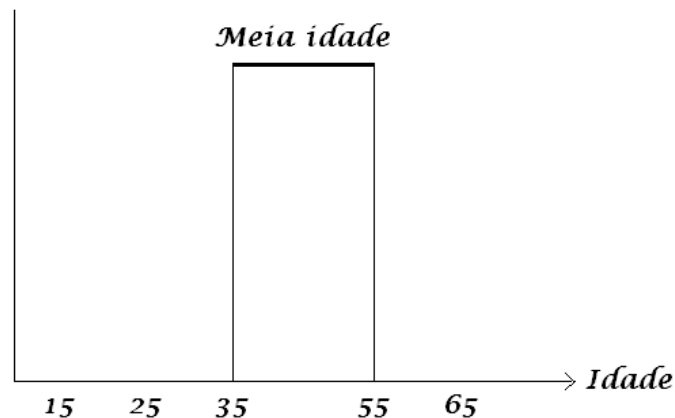


Figura 1 - Definição de meia idade em conjuntos convencionais -- Adaptado de (COSTA, 007)

Já na figura 2, é apresentada a definição de meia idade segundo a teoria fuzzy. Nota-se que o grau de pertinência que uma pessoa de 25 anos pertença a tal grupo é muito menor em relação a uma pessoa de 45 anos (MUKAIDONO, 2001).

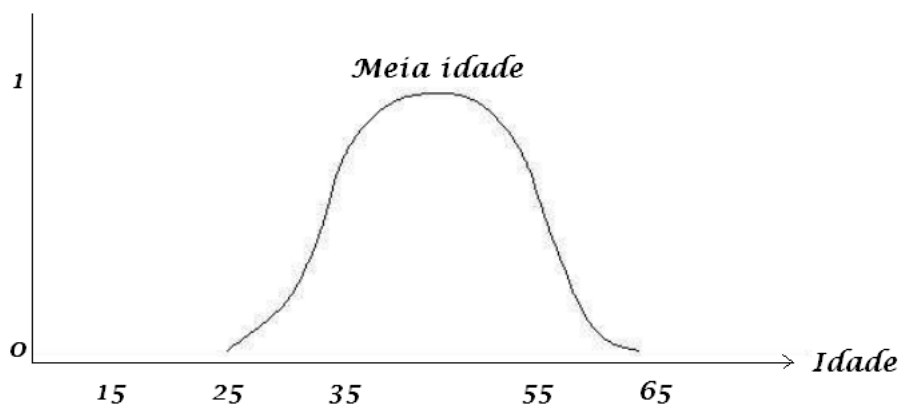


Figura 2 - definição de meia idade em conjuntos fuzzy -- Adaptado de (COSTA, 2007)

Segundo (WAGNER, 2003), a lógica difusa é uma ferramenta capaz de capturar informações vagas, em geral, descritas em linguagem natural e convertê-las para um formato numérico, de fácil manipulação.

## 1.2. TERMOS FUZZY

Segundo (KLIR, 1997), ao longo de nossas vidas, usamos sem perceber alguns conceitos que ajudariam determinar os termos fuzzy. Observe:

- O dólar está “estável”;
- O trabalho está “parcialmente” feito

Ou mesmo ainda atribuir qualidades a um objeto: (“grande”, “limpo”), ou até a uma pessoa (“magro”, “alto”).

Os elementos acima destacados são termos fuzzy, pelo fato de admitirem vagueza nas informações. Levemos em consideração as seguintes frases:

- A água está “quente”;
- A chuva está “forte”.

Dentro das teorias de lógicas existentes, exceto a fuzzy, não há algo que determine o limite da água ou da chuva, para considerarmos tais informações.

## 1.3. CONJUNTOS NEBULOSOS

Na teoria clássica (desenvolvida por Aristóteles), os conjuntos são denominados “crisp” e um dado elemento do universo em discurso pertence ou não pertence ao referido conjunto (ABAR, 2004). Já na teoria dos conjuntos nebulosos existe um grau de pertinência de cada elemento a um determinado conjunto (ABAR, 2004). Seguem os parâmetros abaixo:

- Conjunto das pessoas com alta renda;
- Conjunto das pessoas com baixa renda.

Observa-se que não existe limites que definem quando uma pessoa pertence a qualquer um dos referidos conjuntos.

#### 1.4. OPERAÇÕES COM CONJUNTOS NEBULOSOS

Segundo (ABAR, 2004), as operações com conjuntos fuzzy podem ser assim apresentadas:

- O conjunto fuzzy  $A$  é um subconjunto de um conjunto fuzzy  $B$  se o grau de pertinência de cada elemento do conjunto universo  $U$  no conjunto  $A$  é menor ou igual que seu grau de pertinência no conjunto  $B$ ; ou seja, para todo  $x \in U$ ,  $\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$  e indicamos  $A \subseteq B$ ;
- Os conjuntos fuzzy  $A$  e  $B$  são iguais se  $\mu_A(x) = \mu_B(x)$  para todo elemento  $x \in U$  e indicamos:  $A = B$ ;
- Os conjuntos fuzzy  $A$  e  $B$  são diferentes se  $\mu_A(x) < \mu_B(x)$  para no mínimo um  $x \in U$  e indicamos  $A \neq B$ ;
- O conjunto fuzzy  $A$  é um subconjunto próprio do conjunto fuzzy  $B$  quando  $A$  é um sub- conjunto de  $B$  e  $A \neq B$ , isto é,  $\mu_A(x) < \mu_B(x)$  para todo  $x \in U$  e  $\mu_A(x) < \mu_B(x)$  para no mínimo um  $x \in U$  e indicamos  $A \subset B$  se e somente se  $A \subseteq B$  e  $A \neq B$ ;
- O complemento de um conjunto fuzzy  $A$  em relação ao conjunto universo  $U$  é indicado por  $A'$  e a função de pertinência é definida como:  $\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x)$  para todo  $x \in U$ ;
- A união de dois conjuntos fuzzy  $A$  e  $B$  é um conjunto fuzzy  $A \cup B$  tal que para todo  $x \in U$   $\mu_{A \cup B}(x) = \max [ \mu_A(x), \mu_B(x) ]$ ;
- A intersecção de dois conjuntos fuzzy  $A$  e  $B$  é um conjunto fuzzy  $A \cap B$  tal que para todo  $x \in U$   $\mu_{A \cap B}(x) = \min [ \mu_A(x), \mu_B(x) ]$ .

## 1.5. VARIÁVEIS LINGÜÍSTICAS

Uma variável lingüística é uma variável cujos valores são nomes de conjuntos fuzzy. Sua principal função é fornecer uma maneira sistemática de aproximação de fenômenos complexos ou mal definidos (GONÇALVES, 2007). Um exemplo disso é o peso de uma pessoa, que pode ser uma variável lingüística assumindo valores baixo, médio e alto. Veja conforme a figura 3.

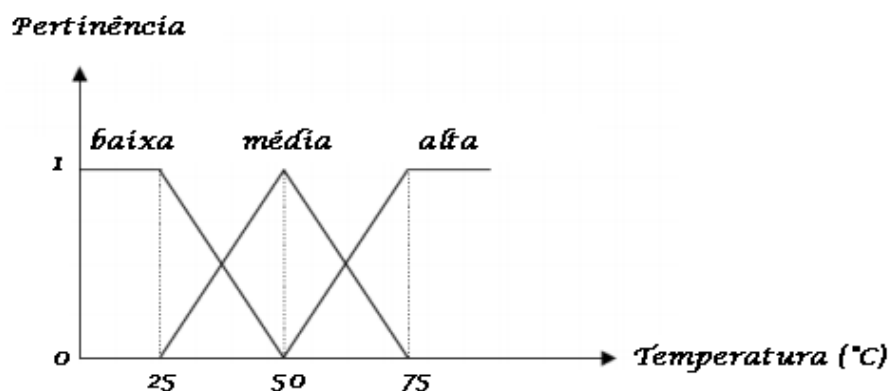


Figura 3 - Funções de pertinência para a variável temperatura -- Adaptado de (COSTA, 2007)

Logo, valores de uma variável lingüística podem ser sentenças em uma linguagem especificada, construída a partir de termos próprios (baixo, médio, alto), de conectivos lógicos (negação não, conectivos e/ou), de modificadores (muito, pouco) e de delimitadores (como parênteses) (SANDRI, 1999).

## 1.6. FUNÇÕES DE PERTINÊNCIA

As funções de pertinência são de diferentes formas, dependendo do conceito que se deseja representar e do contexto que estão inseridas (GONÇALVES, 2007). Considere a variável lingüística peso, constituída dos seguintes termos:  $T(\text{peso}) = \{\text{baixo, médio, alto}\}$ . A esses se faz corresponder conjuntos fuzzy B, M e A, respectivamente, definidos por suas funções de pertinência. Observe a figura



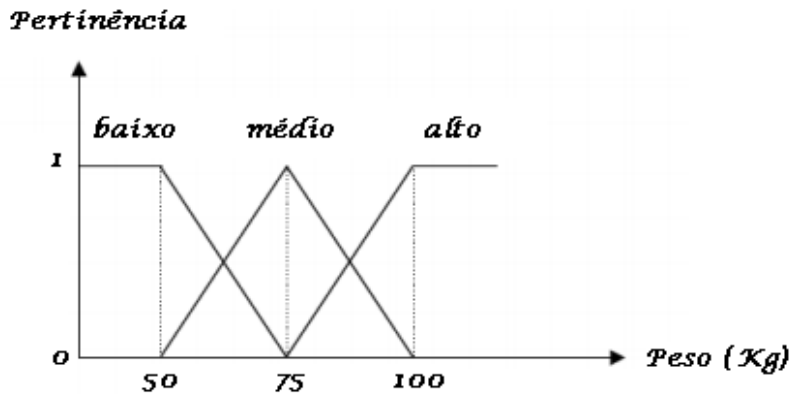


Figura 4 - Funções de pertinência para a variável -- Adaptado de (COSTA, 2007)

Logo, percebe-se que:

- Pessoas de até 50 Kg apresentam grau de pertinência igual a 1 no conjunto B; o grau de pertinência nesse conjunto decresce à medida que o peso aumenta;
- Uma pessoa de 75 Kg é totalmente pertencente ao conjunto M;
- Pessoas acima de 80 Kg (aproximadamente), apresentam grau de pertinência diferente de 0 em A.
- Pessoas acima de 100 Kg, definitivamente estão com o peso alto.

## 2. APLICAÇÕES DA LÓGICA FUZZY

Inicialmente, o interesse em aplicar sistemas fuzzy foi demonstrado pelos japoneses Seiji Yasunobu e Soji Miyamoto, que em 1985 apresentaram simulações de sistemas fuzzy em uma estrada de ferro de Sendai (ALBERTOS, 1992).

Em 1987, em um encontro internacional de pesquisadores de lógica difusa, ocorrido em Tóquio, Japão, foram demonstrados diversos trabalhos com tais aplicações. Muitos pesquisadores ficaram impressionados com a capacidade de suporte que a lógica fuzzy oferecia. Desde então, em 1988, foi fundado o laboratório internacional de engenharia fuzzy (LIFE), uma cooperativa que compreendia 48 companhias para pesquisa nesses sistemas (ALBERTOS, 1992).

Conforme (ALBERTOS, 2002), posteriormente foram desenvolvidas algumas aplicações de controladores mecânicos/computacionais, tais como:

- Aspiradores de pó Matsushita, que usam controladores de 4 bits rodando ritmos de sensores de pó e ajustam o poder de sucção;
- Máquinas de lavar Hitachi, com controladores fuzzy para controle de peso, verificação de tipo de tecido e sensores de sujeira, designando automaticamente os ciclos de lavagem para o uso otimizado de potência, água e detergente;
- Câmera fotográfica desenvolvida pela Canon, com autofoco capaz de medir a claridade de imagens em seis regiões do campo de visão, usando a informação obtida para determinar se a câmera está no foco;
- Ar condicionado industrial projetado pela Mitsubishi, que usa 25 regras de resfriamento e 25 regras de aquecimento. Comparado ao projeto anterior, o novo ar condicionado aquecia 5 vezes mais rápido, reduzindo o consumo de potência em 24% e usando menos sensores;
- Máquina de lavar pratos baseado em um controlador fuzzy e um *one stop sensing module* que combina um teristor (para medida de temperatura), um sensor condutivo (para medir o nível de detergente através dos íons presentes na água), um sensor de turvação que difunde a medida e transmite luz para medir a sujeira na lavagem, e um sensor magnético para ler a taxa de giro.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversos problemas da atualidade precisam ser solucionados com sistemas complexos, que necessitam tratar de imprecisões e dualidades. Seguindo essa linha de pensamento, Lofti Asker Zadeh, professor de ciências da computação da Universidade da Califórnia, embasado na lógica clássica, desenvolvida por Aristóteles, desenvolveu a lógica nebulosa, mais conhecida com lógica fuzzy.

Essa lógica permite que variáveis não admitam valores precisos necessariamente, como 0 ou 1, possibilitando que elas tenham graus de pertinência

entre os elementos, em relação ao seu conjunto. Possibilita ainda a construção de várias regras, que facilitam a modelagem dos problemas, tornando-os assim, menos complexos. Tal lógica atrai pesquisadores da área e diversos profissionais de tecnologia da informação, pelo fato dela tornar geralmente mais simples as soluções dos diversos problemas complexos existentes atualmente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAR, Celina. "O Conceito Fuzzy". Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.pucsp.br/~logica/Fuzzy.htm>. Acessado em 08/11/2010 às 20h30m.
- ALBERTOS, P. Fuzzy Controllers - AI Techniques in Control. Pergamon Press, 1992
- ANDERSON, Brian David Outram; MOORE, Jhon Bassett. Optimal Filtering. New Jersey: Prentice Hall, 1979.
- BERTSEKAS, Dimitri P. Dynamic Programming and Stochastic Control. New York: Academic Press, 1976.
- COSTA, Alex da; RODRÍGUEZ, Antônio Gabriel; SIMAS, Etienne P. Lazzeris; ARAÚJO, Roberto da Silva. Lógica Fuzzy: Conceitos e aplicações. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2007.
- GOMIDE, Fernando Antônio Campos; GUDWIN, Ricardo Ribeiro. Modelagem, controle, sistemas e lógica fuzzy. Universidade Estadual de Campinas, 1994.
- GONÇALVES, André Paim. Aplicação de Lógica Fuzzy em Guerra Eletrônica. Instituto Tecnológico da Aeronáutica, 2007.
- KLIR, George Jiri; YUAN, Boo; CLAIR, Ute Saint. Fuzzy Set Theory: Foundations and Applications. United States: Prentice Hall, 1997.
- MUKAIDONO, Mazao. Fuzzy Logic For Beginners. Singapore: World Scientific, 2001.
- RUSS, Eberhart; SIMPSON, Pat; DOBBINS, Roy. Computational Intelligence PC tool. London: AP Professional, 1996.
- SANDRI, Sandra; CORREA, Cláudio. Lógica Nebulosa. Instituto Tecnológico da Aero náutica, 1999.

SILVA, Renato Afonso Cota. Inteligência artificial aplicada à ambientes de Engenharia de Software: Uma visão geral. Universidade Federal de Viçosa, 2005.

WAGNER, Adiléa. Extração de Conhecimento a partir de Redes Neurais aplicada ao problema da Cinemática Inversa na Robótica. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2003.