

# MSX Article

**MARMSX**

*Reconhecimento  
das cores do MSX  
por Lógica Fuzzy*

## Resumo

O objetivo deste artigo é demonstrar como é possível reconhecer as cores nativas do MSX 1 a partir de imagens de 24 bits do PC.

## 1- Introdução

A redução do número de cores de uma imagem de 16 milhões de cores do PC para o MSX é uma tarefa delicada, pois consiste em adaptar as cores originais dela para uma das 15 cores nativas do MSX. Nem sempre o resultado é satisfatório.

Uma técnica empregada para isso é a da quantização através da Distância Euclidiana [1], que nem sempre fornece os melhores resultados. Dessa forma, o principal objetivo dessa pesquisa é a utilização de técnicas de inteligência artificial, de forma a auxiliar o reconhecimento das cores do MSX em imagens digitais do PC, em busca de melhores resultados.

## 2- Lógica Fuzzy

A Lógica Booleana ou tradicional admite somente os valores 0 ou 1 (falso ou verdadeiro). Apesar de ser largamente utilizada na ciência, ela apresenta problemas para o tratamento de incertezas, como por exemplo, a altura de um indivíduo. Por exemplo, a figura 1a apresenta um gráfico que representa o conjunto de indivíduos altos, no qual começa a partir de 1,80 m de altura. Assim, uma pessoa com 1,79 m seria considerada não-alta e outra com 1,80 seria considerada alta.

Diferente da lógica tradicional, a Lógica Fuzzy ou difusa admite valores reais entre 0 e 1, como um grau de pertinência a um determinado conjunto, segundo um dado valor de entrada. A figura 1b apresenta um conjunto fuzzy de indivíduos altos. Observe, que para a altura de 1,80 m, o indivíduo possui grau de pertinência ao conjunto *alto* de 0,5.

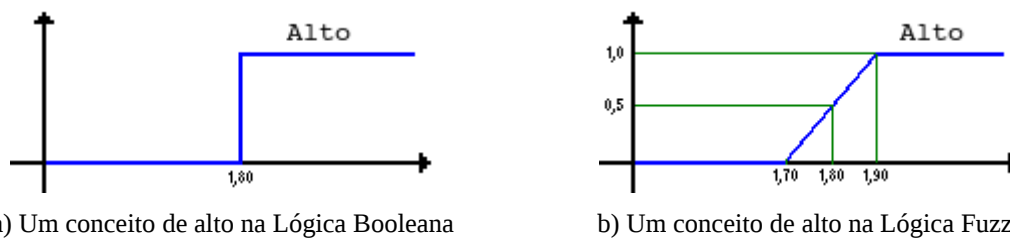


Figura 1. Diferença entre a Lógica Booleana e a Lógica Fuzzy.

Analisando o gráfico da figura 1b, concluímos que indivíduos com altura inferior a 1,70 possuem grau de pertinência ao conjunto *alto* igual a 0, enquanto que aqueles com mais de 1,90 possuem grau de pertinência igual a 1. Entre 1,70 e 1,90, há um grau de pertinência variando de 0 a 1.

## 2.1- Termos Fuzzy

Ao longo de nossas vidas, utilizamos termos fuzzy sem nos perceber, tais como [3]:

- A água está *quente*.
- Aquele homem é *baixo*.
- O carro é *veloz*.
- A economia está *estável*.

Os termos destacados em itálico não são precisos, sendo difíceis de serem tratados na lógica tradicional.

## 2.2- Conjuntos Fuzzy

Na teoria clássica, os conjuntos são denominados “crisp” e um determinado elemento pertence ou não pertence ao conjunto. Na teoria dos conjuntos fuzzy, um elemento possui grau de pertinência a um determinado conjunto.

O conjunto fuzzy pode ser representado por uma função qualquer que varie o grau de pertinência entre 0 e 1. A esta função dá-se o nome de função de pertinência. A figura 2 apresenta alguns tipos de funções de pertinência.

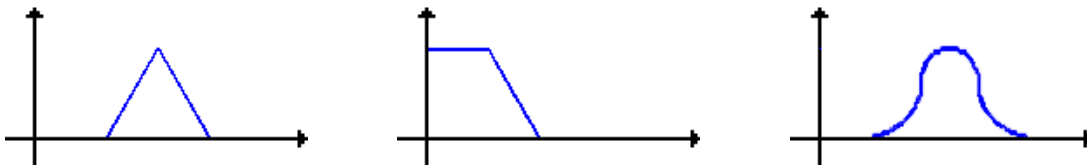


Figura 2. Funções de pertinência.

A variável lingüística é uma variável cujos valores são nomes de conjuntos fuzzy. Na figura 3, há dois conjuntos fuzzy *baixo* e *alto*, onde a variável lingüística é a *altura*.

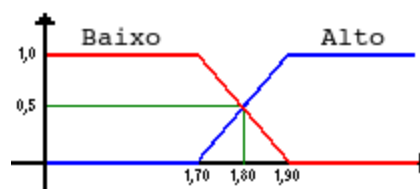


Figura 3. Conjuntos fuzzy *baixo* e *alto* para a variável *altura*.

## 2.3- Aplicações dos conceitos fuzzy

A Lógica Fuzzy é empregada na indústria, geralmente associada a controladores. Um bom exemplo disso são as máquinas de lavar que utilizam controladores fuzzy para verificar o peso, tipo de tecido e sensores de sujeira, determinando automaticamente os ciclos de lavagem para o uso otimizado de potência, água e detergente [2].

Na área de cartografia, a Lógica Fuzzy é empregada para a classificação de mapas e dados geográficos.

## 2.4- O Sistema Fuzzy

O Sistema Fuzzy é um sistema não-linear de mapeamento de um vetor de entrada em uma saída escalar, capaz de incorporar tanto o conhecimento objetivo quanto o conhecimento subjetivo. A figura 4 apresenta o Sistema Fuzzy completo.

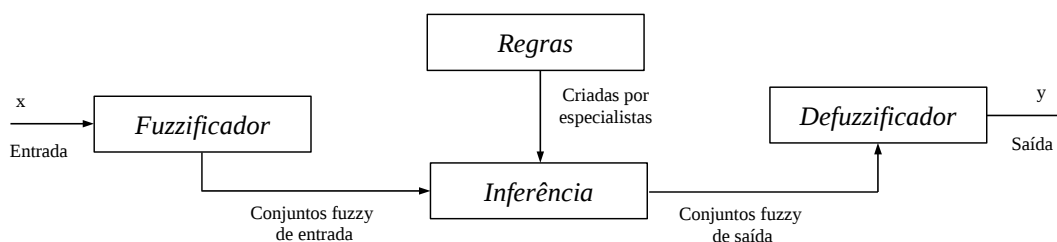


Figura 4. O sistema Fuzzy completo.

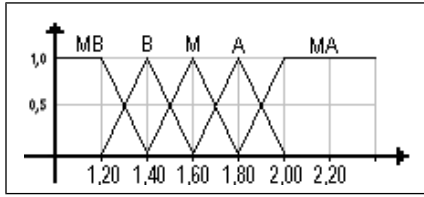
Um Sistema Fuzzy possui  $N$  variáveis de entrada, onde a cada uma delas estão associados conjuntos fuzzy. O fuzzificador tem como objetivo receber valores precisos das variáveis de entrada e determinar o grau de pertinência de cada conjunto fuzzy. Por exemplo, para a variável *altura* da figura 3, uma pessoa com 1,85 metros de altura seria baixa com grau de pertinência igual a 0,25 e alta com grau de pertinência igual a 0,75.

De forma a entender os conceitos seguintes, será formulada a máquina fuzzy de exemplo, com as variáveis de entrada *altura* e *peso* e a variável de saída *físico*. Além disso, serão utilizados quantificadores aos nomes dos conjuntos fuzzy, como muito, pouco etc. Assim, temos:

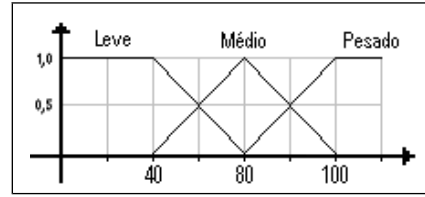
Variável	Conjuntos Fuzzy
altura	muito baixo, baixo, mediano, alto e muito alto.
peso	leve, médio e pesado.
físico	muito magro, magro, normal, gordo e muito gordo

O número de conjuntos fuzzy depende de como o especialista achar que deva dividir o universo de discurso.

A figura 5 apresenta as variáveis de entrada do sistema do exemplo e seus respectivos conjuntos fuzzy.



a) altura



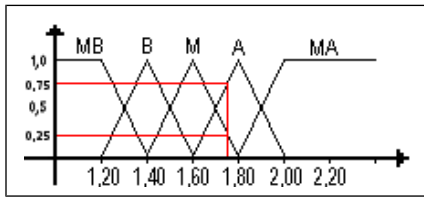
b) peso

Figura 5. Conjuntos fuzzy do sistema de exemplo.

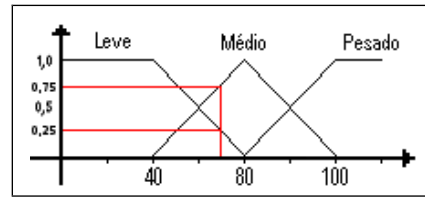
Para esse sistema, suponha uma altura de 1,75 e um peso de 70 quilos. Para cada entrada, o fuzzificador irá obter os seguintes graus de pertinência para os conjuntos fuzzy:

Variável de entrada	Conjuntos Fuzzy				
altura	<b> muito baixo </b>	<b> baixo </b>	<b> mediano </b>	<b> alto </b>	<b> muito alto </b>
	0	0	0,25	0,75	0
peso	<b> leve </b>		<b> médio </b>		<b> pesado </b>
	0,25		0,75		0

A figura 6 ilustra como os conjuntos fuzzy são avaliados.



a) altura



b) peso

Figura 6. Fuzzificador

Observe na figura 6a, que a linha vermelha, correspondente a *altura* igual a 1,75, intercepta os conjuntos fuzzy *mediano* e *alto*, com os graus de pertinência igual a 0,25 e 0,75, respectivamente. Para o *peso*, a linha vermelha, correspondente ao valor igual a 75 Kg, intercepta os conjuntos fuzzy *leve* em 0,25 e *médio* em 0,75.

Para cada variável de entrada, será escolhido o conjunto fuzzy que tiver o maior grau de pertinência. No exemplo, o conjunto *alto* é o vencedor para *altura* e *médio* é o vencedor para *peso*.

O próximo passo do Sistema Fuzzy é a inferência das regras. O conjunto de regras define que decisão tomar, de acordo com a combinação dos conjuntos fuzzy de entrada vencedores. Elas são expressas como implicações lógicas, como por exemplo, se  $x_1$  é A e  $x_2$  é B, então y é C. Em outras palavras, as regras determinam qual é o conjunto fuzzy de saída, de acordo com os conjuntos fuzzy de entrada.

No exemplo utilizado, a variável de saída *físico* possui cinco conjuntos fuzzy: muito magro, magro, normal, gordo e muito gordo. A tabela 1 apresenta as regras para o sistema fuzzy do exemplo.

Altura ↓	Peso →	Leve	Médio	Pesado
Muito baixo		Magro	Gordo	Muito Gordo
Baixo		Magro	Gordo	Muito gordo
Mediano		Magro	Normal	Gordo
Alto		Muito magro	Magro	Gordo
Muito alto		Muito magro	Magro	Gordo

Tabela 1. Regras criadas para o exemplo.

As regras são criadas por um especialista, de acordo com a sua experiência.

O número total de regras é o produto do número de conjuntos fuzzy de cada entrada. Assim, para o exemplo temos:

$$\text{num\_regras} = 5 \times 3 = 15$$

De acordo com a tabela 1, o conjunto fuzzy *alto* da variável de entrada *altura*, combinado com o conjunto *médio* de *peso*, corresponde ao conjunto fuzzy *magro* da variável de saída *físico*.

Até esse ponto, o Sistema Fuzzy funciona como um classificador. A partir das informações de entrada *peso* e *altura*, é possível determinar o *físico* de uma pessoa.

O defuzzificador tem como objetivo determinar um valor de saída preciso para classificação encontrada. Ele é importante para sistemas de controle, entretanto, ele é irrelevante para o classificador fuzzy utilizado no MSX.

### 3- O Classificador Fuzzy para o MSX

Uma vez compreendido o conceito de Lógica Fuzzy, será apresentado o classificador fuzzy criado inicialmente no projeto A.I. [4] e atualmente presente no projeto MSX Viewer 5 [5].

As entradas do Sistema Fuzzy são as componentes de cor vermelho, verde e azul de uma imagem, onde o universo de discurso de cada uma varia de 0 a 255. Os conjuntos fuzzy de cada entrada possuem os seguintes nomes: “cor nula” (CN), “cor escura” (CE), “cor média” (CM), “cor clara” (CC) e “cor máxima” (CX). A figura 7 apresenta os conjuntos fuzzy de entrada.

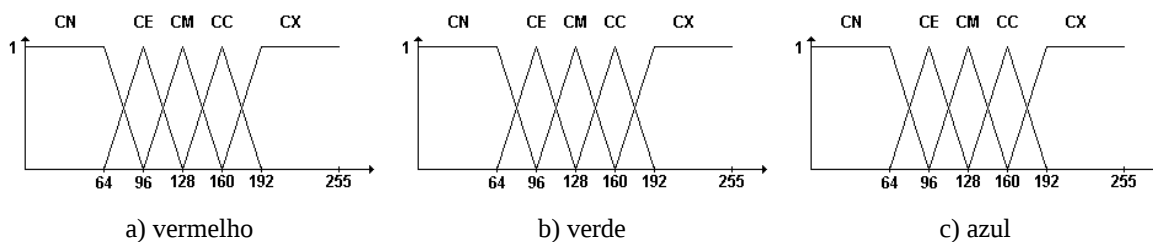


Figura 7. Conjuntos fuzzy utilizados no classificador.

O total de regras para as três entradas são:

$$\text{num\_regras} = 5 \times 5 \times 5 = 125$$

De modo a auxiliar o estabelecimento das regras, foi criado um programa (figura 8) para gerar uma cor a partir da combinação de cada conjunto fuzzy de entrada. Os valores utilizados para representar cada conjunto na geração das cores foram: CN=0, CE=96, CM=128, CC=160 e CX=255.

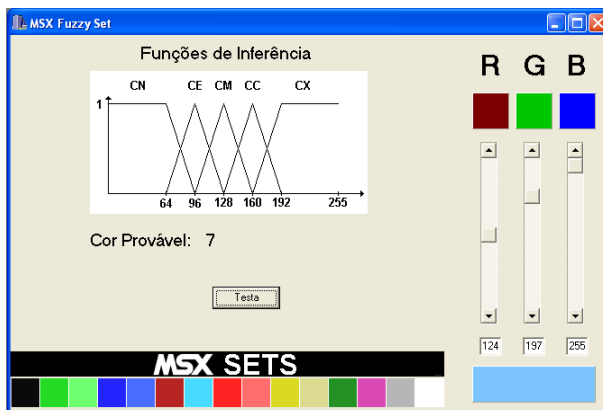


Figura 8. Programa para criação das regras.

Conforme pode ser visto na figura 8, a cor do retângulo à direita e embaixo é gerada pela combinação das componentes RGB controladas pelos *sliders* logo acima desse retângulo. Então, compara-se a cor gerada com uma das cores da paleta do MSX, colocadas à esquerda desse retângulo, anotando-se a regra. As 125 regras obtidas estão na tabela 2.

CN	CN	CE	CM	CC	CX
CN	1	1	4	4	4
CE	12	12	5	5	5
CM	12	12	12	5	5
CC	12	12	12	7	7
CX	2	2	3	3	7
CE	CN	CE	CM	CC	CX
CN	1	1	4	4	4
CE	12	14	14	4	4
CM	12	12	14	5	5
CC	12	12	2	7	7
CX	2	3	3	3	7
CM	CN	CE	CM	CC	CX
CN	6	13	13	4	4
CE	6	14	14	5	5
CM	12	14	14	4	5
CC	2	2	14	14	7
CX	2	3	3	3	7
CC	CN	CE	CM	CC	CX
CN	6	6	13	13	5
CE	6	9	13	13	5
CM	11	11	14	13	5
CC	11	11	14	14	5
CX	3	3	3	3	7
CX	CN	CE	CM	CC	CX
CN	8	8	13	13	13
CE	8	9	9	9	13
CM	8	9	9	9	13
CC	10	9	9	9	13
CX	10	10	10	11	15

Tabela 2. Regras para o classificador fuzzy do MSX.

As cores de cada conjunto fuzzy na tabela representam a variável de entrada correspondente: vermelho, verde e azul. Assim, cada quadro da tabela representa um conjunto fuzzy do vermelho, as linhas de cada quadro os conjuntos fuzzy do verde e as colunas de cada quadro os conjuntos fuzzy do azul. Os valores de cada regra criada correspondem ao índice da cor nativa do MSX.

#### 4- Resultados

O MSX Viewer 5 foi utilizado nas experiências, no qual foram geradas imagens com as 15 cores nativas do MSX através de duas abordagens: quantização através de Distância Euclidiana e Lógica Fuzzy. A tabela 3 apresenta os resultados.


Original	Distância Euclidiana	Fuzzy
		
		
		
		

Tabela 3. Resultados obtidos para o classificador fuzzy.



## 5- Créditos e referências

O artigo foi escrito por Marcelo Teixeira Silveira, engenheiro de sistemas e computação, formado pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Escrito em: Setembro de 2004  
Revisado em: Julho de 2017  
e-mail: flamar98@hotmail.com  
homepage: <http://marmsx.msxall.com>

### Referências:

- [1] – Error Diffusion, artigo de Marcelo Siveira, em <http://marmsx.msxall.com>.
- [2] – Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e Gestão de Tecnologia, vol 1, número 1 de 2011.
- [3] – Klir, Yuan e Clair. Fuzzy Set Theory: Foundations and Applications. Ed. Prentice Hall 1997.
- [4] – Projeto A.I., Marcelo Silveira, MarMSX Development, em <http://marmsx.msxall.com>.
- [5] – MSX Viewer 5, Marcelo Silveira, MarMSX Development, em <http://marmsx.msxall.com>.