



IV Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica
IV EnICT
ISSN: 2526-6772
IFSP – Câmpus Araraquara
24 e 25 de Outubro de 2019



LÓGICA FUZZY APLICADA AO REALCE DE CONTRASTE DE IMAGENS MAMOGRÁFICAS

JÉSSICA VITÓRIA DA ROCHA SILVA¹, TAMIRIS TREVISAN NEGRI BORGES², LEANDRO JOSÉ ELIAS³

¹ Graduando em Licenciatura em Matemática, Bolsista PIBIFSP, IFSP Câmpus Araraquara, jessica.v@aluno.ifsp.edu.br.

² Docente no Departamento de Matemática e Educação, IFSP Câmpus Araraquara, tamirisnegri@ifsp.edu.br.

³ Docente no Departamento de Matemática e Educação, IFSP Câmpus Araraquara, leandro.elias@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Lógica Matemática – 1.01.01.02-0

RESUMO: Este trabalho apresenta os resultados preliminares de um projeto de iniciação científica que tem como objetivo estudar a aplicação de técnicas que utilizam lógica fuzzy para o realce de contraste de imagens mamográficas. Utilizando o software *MATLAB* a técnica proposta neste trabalho foi aplicada em duas imagens e comparada com outra técnica presente na literatura. Os resultados indicam que a utilização da lógica fuzzy é mais efetiva no realce de contraste que a equalização de histograma. Para dar continuidade na pesquisa serão analisadas funções de pertinência fuzzy que mais se adequam às mamografias.

PALAVRAS-CHAVE: contraste; fuzzy; mamografia; processamento de imagens.

INTRODUÇÃO,

O câncer de mama é o segundo tipo de câncer mais comum entre as mulheres no Brasil, correspondendo a aproximadamente 28% dos novos casos a cada ano, segundo o Instituto Nacional de Câncer (INCA, 2018). Sua detecção precoce aumenta em até 30% as chances de tratamento e cura (VERONESI et al., 2005). Assim, é recomendado que mulheres entre 50 e 69 anos sejam submetidas a exames de mamografia a cada dois anos.

Durante o exame de mamografia, a paciente é exposta a pequenas doses de raios-x, que geram uma imagem de transmissão cujos valores dos pixels são proporcionais aos coeficientes de atenuação dos diferentes tecidos mamários. Assim, o médico radiologista utiliza as imagens adquiridas de ambas as mamas para procurar por pequenas lesões e distorções que podem indicar o desenvolvimento de um tumor. A especificidade e sensibilidade da detecção de tumores pela mamografia estão intimamente relacionadas à qualidade da imagem. Fatores como o nível de ruído, resolução espacial e contraste da imagem podem influenciar na leitura e interpretação das imagens pelos radiologistas.

Desse modo, é comum a utilização de técnicas de processamento de imagens, aplicadas posteriormente à aquisição, possibilitando a melhoria do aspecto visual e facilitando a análise pelos especialistas. Neste contexto, várias técnicas de realce de contraste podem ser aplicadas. Dentre elas, destacam-se as técnicas baseadas na lógica fuzzy (GONZALEZ; WOODS, 2010). Desde a sua introdução por Zadeh (ZADEH, 1965), a teoria fuzzy encontrou uma grande variedade de aplicações em diversas áreas tais como engenharia de controle, modelos qualitativos, máquinas inteligentes, finanças, medicina, robótica, entre outras (ROSS, 2004; FENG, 2010). Em particular, a lógica fuzzy pode ser aplicada em transformações de intensidade de imagens (GONZALEZ; WOODS, 2010), que é o propósito deste estudo. A abordagem da lógica fuzzy neste projeto consiste em

classificar e modificar elementos de imagens, tais como tonalidades de cor ou intensidade, utilizando diferentes tipos funções de pertinência e operações entre conjuntos fuzzy.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Imagens digitais podem ser definidas como uma função finita e discreta de duas variáveis. O par ordenado x e y são as coordenadas no plano e a amplitude da função é a intensidade de cinza daquele ponto. Uma imagem digital pode ser representada por uma matriz $M \times N$ em que cada elemento é a intensidade de cinza de sua respectiva coordenada.

Em geral, as mamografias apresentam baixo nível de contraste, o que prejudica a nitidez da imagem, sendo necessário o processamento da imagem. Esse processamento é realizado por algoritmos computacionais que alteram a matriz que descreve a imagem. O alargamento de contraste, técnica empregada nesta pesquisa, consiste em aplicar uma transformação na matriz da imagem para redistribuir os níveis de cinza. Uma das formas de realizar o alargamento de contraste de uma imagem é a partir da equalização de seu histograma (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Histograma é um gráfico que representa a distribuição estática da intensidade de cinza da imagem. No eixo das abscissas os valores variam de 0 a 255. O valor 0 corresponde aos pixels pretos da imagem e o valor 255 aos brancos. Imagens escuras possuem bastante pixels próximos de preto, resultando em um histograma com grande concentração de pixels a esquerda do gráfico. Imagens claras têm histograma com grande concentração de pixels à direita do gráfico. Imagens que tem maior concentração de pixels ao centro do histograma são chamadas de imagens de baixo contraste. Imagens que tem uma distribuição mais uniforme dos pixels são chamadas imagens de alto contraste. A equalização de histograma tem como objetivo redistribuir de modo uniforme as intensidades de cinza para que a imagem equalizada seja uma imagem de alto contraste.

Outra abordagem que pode ser utilizada para realçar o contraste de imagem é a aplicação da lógica fuzzy. Segundo SHAW e SIMÕES (2001) um conjunto \mathcal{Z} , que contém um elemento genérico z , é chamado de universo do discurso de um conjunto fuzzy \mathcal{A} , caracterizado por uma função de pertinência $\mu_{\mathcal{A}}(z)$, que associa cada elemento de \mathcal{Z} a um número pertencente ao intervalo $[0, 1]$. Esse número representa o grau de pertinência de z em \mathcal{A} . Segundo o mesmo autor as funções de pertinência mais comuns são as triangulares e trapezoidais, pois são mais fáceis de serem obtidas. Em Cheng e Xu (2002) e Kaur e Kaur (2016) a lógica fuzzy é utilizada para realce de contraste em mamografias e apresentam resultados positivos.

METODOLOGIA

Para o estudo inicial da aplicação de lógica fuzzy no realce de contraste de imagens, foi reproduzido o exemplo apresentado no livro Gonzalez e Woods (2010), utilizando a imagem de Albert Einstein. Foram aplicadas e comparadas duas técnicas de modificação de constrate: a equalização do histograma, e o realce de contraste por lógica fuzzy.

Os métodos utilizados neste trabalho foram implementados computacionalmente em *MATLAB*. Primeiro é feita a leitura da imagem para transcrevê-la em uma matriz. A partir da matriz é obtido o histograma da imagem original, e este é equalizado utilizando a função *histeq* do próprio *MATLAB*, obtendo-se um novo histograma e uma nova imagem com maior contraste. Para realizar o realce de contraste por lógica fuzzy, são utilizadas três funções de pertinência, sendo duas trapezoidais para as cores branca e preta e uma triangular para a cor cinza, conforme descrito em Gonzalez e Woods (2010).

Em um segundo momento, as técnicas estudadas e descritas no parágrafo anterior foram aplicadas à uma imagem de mamografia. No realce de contraste utilizando lógica fuzzy, os parâmetros das funções de pertinência foram modificados para adequarem-se a este tipo de imagem.

Para avaliar os métodos aplicados foram utilizadas duas métricas: *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) (RESHMALAKSHMI; SASIKUMAR; SHINY, 2018) e Erro de Brilho Médio Absoluto (AMBE - *Absolute*

Mean Brightness Error) (KAUR; KAUR, 2016).

O PSNR é uma métrica que depende do erro médio quadrático, do inglês *Mean Square Error* (MSE), definido por

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{i=1}^n (x_i - x_0)^2. \quad (1)$$

Ela relaciona o valor máximo da imagem com o ruído da nova imagem, por isso, quanto maior o valor obtido melhor é a qualidade da imagem. O PSNR é descrito matematicamente pela equação (REGIS, 2013)

$$PSNR = 10 \log \left(\frac{255^2}{MSE} \right). \quad (2)$$

A métrica AMBE consiste no cálculo da diferença absoluta da média da imagem de entrada com a imagem de saída, medindo a preservação do brilho da imagem. Sendo assim, quanto menor o valor obtido maior a qualidade da imagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A programação formulada no software foi aplicada em duas imagens (Albert Einstein e mamografia), e posteriormente foram utilizadas as métricas para avaliá-las. A Figura 1 apresenta a imagem de Albert Einstein original, sua versão equalizada e com o contraste realçado por lógica fuzzy. Seus respectivos histogramas são apresentados na Figura 2.

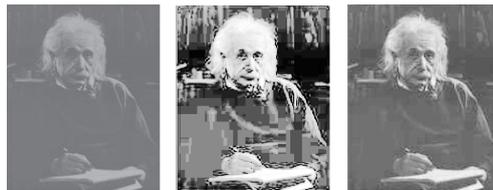


Figura 1: imagem original, imagem equalizada e imagem realçada com lógica fuzzy, respectivamente

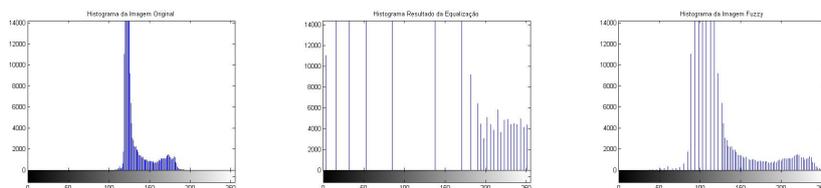


Figura 2: histograma da imagem original, histograma da imagem equalizada e histograma da imagem com contraste realçado por lógica fuzzy, respectivamente

A Figura 3 apresenta a imagem de mamografia original, sua versão equalizada e com o contraste realçado por lógica fuzzy. Seus respectivos histogramas são apresentados na Figura 4.



Figura 3: imagem original, imagem equalizada e imagem fuzzificada respectivamente

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos com as métricas PSNR e AMBE pelos métodos estudados, quando aplicados às imagens apresentadas nas Figuras 1 e 3.

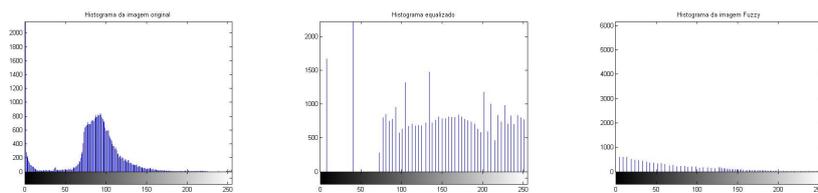


Figura 4: histograma da imagem original, histograma da imagem equalizada e histograma da imagem com contraste realçado por lógica fuzzy, respectivamente

	Albert Einstein		Mamografia	
	Equalização de Histograma	Lógica Fuzzy	Equalização de Histograma	Lógica Fuzzy
AMBE	2,9324	5,3883	62,0902	45,8538
PSNR	11,9983	21,4619	11,2627	12,0668

Tabela 1: Avaliação dos métodos estudados utilizando as métricas PSNR e AMBE

A partir da Tabela 1 é possível perceber que três dos quatro resultados indicam que a lógica fuzzy apresenta melhor resultado no realce de imagens, como já havia sido constatado pelos estudos de Cheng e Xu (2002) e Kaur e Kaur (2016).

CONCLUSÕES

Este artigo apresentou os resultados obtidos até o momento no desenvolvimento de um projeto de iniciação científica que visa estudar a aplicação de técnicas que utilizam lógica fuzzy para o realce de contraste de imagens mamográficas. Os resultados preliminares mostram que a lógica fuzzy apresenta um bom desempenho nesta tarefa, superando a técnica de equalização de histograma. Para a continuidade do projeto, pretende-se estudar como os parâmetros envolvidos nas funções de pertinência influenciam no resultado do realce de contraste em imagens mamográficas, objetivando obter um método baseado em lógica fuzzy que seja adequado para esta tarefa.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

CHENG, H.; XU, H. A novel fuzzy logic approach to mammogram contrast enhancement. **Information Sciences**, v. 148, n. 1, p. 167 – 184, 2002.

FENG, G. **Analysis and Synthesis of Fuzzy Control Systems**. Boca Raton: CRC Press, 2010. 299 p.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento Digital de Imagens**. 3. ed. São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall, 2010. 624 p.

INCA. **Tipos de Câncer: Câncer de Mama**. 2018. Disponível em: http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/tiposdecancer/site/home+/mama/cancer_mama. Acesso em: 22 out. 2018.

KAUR, J.; KAUR, A. Image contrast enhancement method based on fuzzy logic and histogram equalization. **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**, v. 3, n. 5, p. 3089–3096, 2016.

REGIS, C. D. M. **Métrica de Avaliação Objetiva de Vídeo Usando a Informação Espacial, a Temporal e a Disparidade**. 138 p. Tese (Doutor no domínio da Engenharia Elétrica) — Universidade Federal de Campina

Grande Centro de Engenharia Elétrica e Informática Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Campina Grande – PB, 2013.

RESHMALAKSHMI, C.; SASIKUMAR, M.; SHINY, G. Fuzzy transform for low-contrast image enhancement. **International Journal of Applied Engineering Research**, v. 13, n. 11, p. 9103–9108, 2018.

ROSS, T. **Fuzzy Logic with Engineering Applications**. 3. ed. New Mexico: John Wiley & Sons, 2004. 628 p.

SHAW, I. S.; SIMÕES, M. G. **Controle e modelagem fuzzy**. São Paulo, SP: Edgar Blücher, 2001. 165 p.

VERONESI, U. et al. Breast cancer. **The Lancet**, v. 365, n. 9472, p. 1727 – 1741, 2005.

ZADEH, L. Fuzzy sets. **Information and Control**, v. 8, n. 3, p. 338 – 353, 1965.