ESTUDO COMPARATIVO DA IMPLEMENTAÇÃO DOS FILTROS DE DETECÇÃO DE BORDA

Patrícia Salles Maturana[1], Alexandre César Rodrigues da Silva [2]*

Abstract — *The image processing is considered a promising area in the automation; it can be applied in a variety of technology activities, for example, in medicine, precision agriculture, industry and forensic activities among many others. The basic tasks involved in image processing are the acquisition, pré-processing, segmentation, representation and description and in the recognition and interpretation of the image. This paper presents the results of the comparative study of the implementation in FPGA of some filters used in the classical phase segmentation of the image. Filters Prewitt, Sobel and Robert were studied employing the MATLAB® and the edges of images were compared with the edges of images processed by the same algorithms described in VHDL. You can see the similarity between the processed images and processing time in hardware is made of about 80 ms for a 98x98 resolution at a frequency of 200 MHz EP2C-35F672C6.*

Index Terms — Image processing, FPGA, Prewitt, Roberts, segmentation, Sobel.

INTRODUÇÃO

O processamento de imagens digital atua em áreas como medicina, cinema, indústrias, entre outras. As principais áreas de aplicação são: a melhoria de informação visual para interpretação humana e o processamento de dados de cenas para percepção automática com auxílio de máquinas.

Uma imagem digital pode ser representada computacionalmente como uma matriz, onde o ponto da imagem é representado pelo cruzamento entre as linhas e colunas dessa matriz, e a intensidade de brilho, ou seja, o nível de cinza é o valor contido no ponto da imagem. Os pontos de uma imagem são chamados de pixels [1].

Alguns dos processos a serem realizados em processamento de imagens digitais são:

- **Aquisição de imagens:** Obtenção de uma imagem discretizada;
- **Pré-Processamento:** Melhoramento da imagem, envolvendo técnicas de realce e contrastes;
- **Segmentação:** Divisão da imagem em unidades mais significativas;
- **Representação e descrição**: Representação dos dados como regiões completas ou fronteiras;
- **Reconhecimento e interpretação:** Reconhecimento do objeto de acordo com as informações disponíveis e atribuição de um significado ao objeto reconhecido;
- **Base de conhecimento:** O domínio do problema está codificado sob o conhecimento em um sistema de processamento de imagens na forma de uma base de conhecimento.

Na Figura 1, apresentam-se os passos realizados no processamento de imagens, desde a aquisição de imagens até os resultados obtidos.

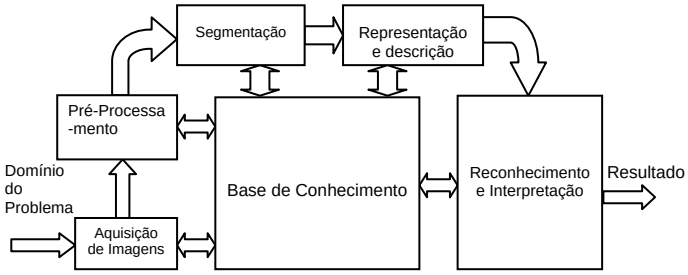

FIGURA 1
PASSOS FUNDAMENTAIS EM PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS.

REALCE DE IMAGENS

Através de técnicas de processamento de imagens obtém--se uma melhoria nas imagens, com técnicas como o melhoramento de contraste e a técnica de filtragem. Tais técnicas são aplicadas com a finalidade de realçar características de interesse ou na recuperação de imagens que sofreram algum tipo de degradação, por causa dos ruídos, perda de contraste ou barramento.

A aplicação dessas técnicas, denominadas como realce de imagem, é uma transformação radiométrica que modifica o valor dos níveis de cinza dos pontos da imagem.

A técnica utilizada neste artigo foi a de filtragem, um dos processos desse método tem por objetivo extrair informações como, por exemplo, as bordas das imagens, utilizando filtros de detectores de bordas, em que são caracterizadas por mudanças abruptas de descontinuidade na imagem.

Os detectores de bordas baseiam-se na idéia de derivadas, onde se mede a taxa de variação de uma função. Em imagens, a variação é maior nas bordas e menor em áreas constantes.

1 Patrícia Salles Maturana, Mestrado, DEE, FEIS, UNESP – Univ Estadual Paulista, Avenida José Carlos Rossi, s/n, Campus III, 15.385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil, psmatu@hotmail.com
[2] Alexandre César Rodrigues da Silva, DEE, FEIS, UNESP – Univ Estadual Paulista, Avenida José Carlos Rossi, s/n, Campus III, 15.385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil, arcsilva@dee.feis.unesp.br

Uma das operações para detectar bordas é conhecida como convolução de máscara. Esta operação é o processo combinado de duas imagens, sendo uma delas uma máscara de convolução, em que os pixels da máscara realizam o deslocamento, a multiplicação e a adição com os pixels da imagem original [2].

SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS

A segmentação de imagens constitui em agrupar partes homogêneas de uma imagem, que contenham determinadas características.

Também se pode dizer que é a separação de uma imagem em seus elementos constituintes.

A segmentação de uma imagem constituída de tons de cinza obedece a duas propriedades: descontinuidade e similaridade.

Os segmentos podem ser caracterizados basicamente por fronteiras e regiões.

DETECÇÃO DE BORDAS

A borda é uma fronteira entre duas regiões, cujos níveis de cinza são diferentes.

Para a detecção e realce de bordas, há a aplicação de dois filtros espaciais lineares:

(1) Baseado no gradiente da função de luminosidade, *I(x, y)*, da imagem;

(2) Baseado no laplaciano de *L(x, y)*.

Tanto para o filtro gradiente, quanto para o laplaciano, costumam ser aproximados por máscaras de convolução ou operadores 3x3. Alguns exemplos destas máscaras são os operadores de *Roberts*, *Prewitt* e *Sobel*, os quais se apresentam na Tabela I [3].

TABELA I
OPERADORES 3X3 UTILIZADOS PARA ESTIMAR A AMPLITUDE DO GRADIENTE ATRAVÉS DE UMA BORDA.

Operador	Vertical	Horizontal
Roberts	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
Prewitt	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
Sobel	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$

Como exemplo, comparou-se a imagem apresentada na Figura 2 que foi processada com as máscaras de *Roberts*, *Prewitt* e *Sobel*. Trata-se de uma fotografia colorida de um ovo cuja dimensão é de 2048x1536 pixels.

FIGURA 2
IMAGEM ORIGINAL

A imagem apresentada na Figura 2 foi pré-processada e redimensionada para 98x98 no MATLAB®, sendo alterada de colorida para níveis de cinza, cujo resultado pode ser visualizado na Figura 3.

FIGURA 3
IMAGEM COM NÍVEIS DE CINZA

À partir da imagem pré-processada da figura 3 trabalhou-se com os operadores de *Roberts*, *Prewitt* e *Sobel*, cujos resultados são apresentados a seguir:

Roberts - O operador de *Roberts* calcula as diferenças entre os níveis de cinza em uma direção de 45°. Este operador foi o menos indicado na detecção das imagens sob estudo, pois o resultado contém mais ruídos e como as máscaras têm dimensão 2x2, não destacou tanto a visualização da borda em relação às outras máscaras estudadas [1]. Na Figura 4 visualiza-se a detecção de borda com o operador de *Roberts* para a imagem visualizada na Figura 3, utilizando-se o MATLAB®.

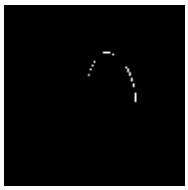

FIGURA 4
DETECÇÃO DE BORDAS COM O OPERADOR DE *ROBERTS*

Prewitt **-** Diferente do operador de *Roberts*, o operador de *Prewitt* diferencia os níveis de cinza nas direções vertical e horizontal, e suaviza o ruído da imagem. Por ser uma máscara com dimensão 3x3 há uma melhora significativa na detecção das bordas em relação ao operador de *Roberts* [1]. Na Figura 5 visualiza-se a detecção de borda com o operador de *Prewitt* para a imagem visualizada na Figura 3, utilizando-se o MATLAB®.

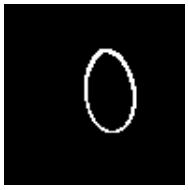

FIGURA 5
DETECÇÃO DE BORDAS COM O OPERADOR DE *PREWITT*

Sobel - O operador de *Sobel* é similar ao operador de *Prewitt*, porém com mais peso aos pontos próximos ao pixel central, por esse motivo a máscara de *Sobel* obtém as bordas mais destacadas em relação ao operador de *Prewitt* [1]. Para as máscaras estudadas, a de *Sobel* mostrou melhor destaque das bordas para a imagem apresenta na figura 3. Na Figura 6 visualiza-se a detecção de borda com o operador de *Sobel*, utilizando-se o MATLAB®.

FIGURA 6
DETECÇÃO DE BORDAS COM O OPERADOR DE *SOBEL*

HISTOGRAMA E LIMIARIZAÇÃO

O Histograma é a representação em um gráfico, em que os valores de níveis de cinza estão indicados no eixo horizontal e a quantidade de pixels em cada um dos níveis de cinza da imagem está indicada no eixo vertical.

A limiarização é de grande importância para as abordagens de segmentação de imagens.

Um dos métodos para definir o limiar é o do Vale [2], o qual é definido pela escolha do ponto de limiar, onde existe vale do histograma.

Apresenta-se na Figura 7 um histograma com apenas um único *threshold* (binarização), o qual determina um limiar, onde os pixels abaixo dele são transformados em 0 e acima são transformados em 1.

Portanto uma imagem limiarizada *g(x, y)* é definida na equação (1):

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & se \quad f(x,y) > T \\ 0 & se \quad f(x,y) \leq T \end{cases} \qquad (1)$$

Assim, em nível de rotulação, os pixels tendo valor 1 ou com qualquer outro nível de cinza conveniente corresponde aos objetos e enquanto os que receberem 0 como valor corresponderão ao fundo da imagem [2].

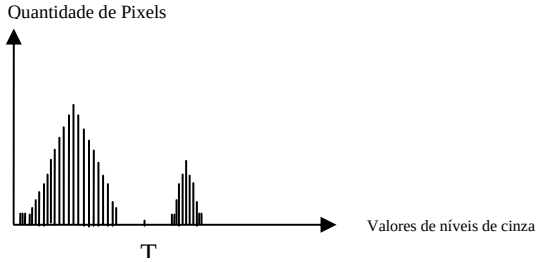

FIGURA 7
HISTOGRAMA EM NÍVEL DE CINZA QUE PODE SER PARTICIONADO POR UM LIMIAR ÚNICO.

TRABALHOS RELACIONADOS À SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS

Um trabalho relevante na área de processamento de imagens digitais foi o trabalho Ribeiro [4] que envolve a implementação do processamento de imagens em *Hardware* utilizando uma FPGA (*Field Programmable Gate Array*), a qual recebe as imagens através de uma interface paralela, realiza o processo necessário e o resultado é enviado através da mesma interface para um monitor.

Na medicina houve um aumento significativo de trabalhos relacionados com processamento de imagens. A literatura está repleta de trabalhos envolvendo processamento de imagens aplicada na área médica [5][6][7]. Em alguns desses trabalhos as técnicas de processamento digitais de imagens utilizadas são os operadores de *Roberts*, *Prewitt*, *Sobel* e Canny.

Alguns outros trabalhos utilizaram o auxílio de redes neurais artificiais para identificar produtos industriais com defeitos utilizando o operador de *Sobel*. Este princípio pode ser utilizado em diversas áreas industriais [8].

Apresenta-se na próxima seção o desenvolvimento de um hardware implementado em FPGA, cujos operadores descritos anteriormente foram modelados em VHDL. O objetivo do projeto é empregá-lo na detecção de bordas de ovos posicionados em uma esteira.

IMPLEMENTAÇÃO DE DETECTORES DE BORDA

Neste projeto foi desenvolvido um estudo dos operadores de imagens digitais *Roberts*, *Prewitt* e *Sobel*, os quais realizam detecção de bordas das imagens a partir de convoluções entre máscaras e a imagem original, obtendo imagens processadas com as bordas dos objetos destacadas do fundo, para que isso ocorra também é utilizada a técnica de histograma e limiarização.

O trabalho foi realizado utilizando os softwares MATLAB®, Dev-c++ e QUARTUS, no qual se trabalhou com imagens com dimensões variadas, e em seguida redimensionadas para 98x98 e alteradas para imagens com níveis de cinza, através das imagens processadas obteve uma comparação de desempenho e funcionalidade do sistema.

Utlizou-se uma fotografia de vários ovos colorida, cuja dimensão foi de 2048x1536 apresentada na Figura 8.

No software MATLAB®, trabalhou-se diretamente com a imagem apresentada na Figura 8, obteve-se a imagem processada apresentada na Figura 9, e um arquivo com extensão txt para trabalhar com os outros softwares estudados.

FIGURA 8
IMAGEM DE OVOS 2048X1536 ORIGINAL

FIGURA 9
IMAGEM DE OVOS 98X98 PROCESSADA VIA MATLAB

No Dev-C++ processou o arquivo gerado no MATLAB e obteve um arquivo de resposta com extensão txt, com o auxílio de funções do MATLAB® gerou-se a imagem apresentada na Figura 10.

FIGURA 10
IMAGEM DE OVOS 98X98 PROCESSADA VIA DEV-C++

No QUARTUS, após a compilação do código na linguagem VHDL gerou-se uma simulação com extensão tbl, armazenada no formato txt e com o auxílio dos programas MATLAB® e Dev-C++ gerou-se a imagem visualizada na Figura 11.

FIGURA 11
IMAGEM DE OVOS 98X98 PROCESSADA VIA QUATUS

A comparação entre os operadores prova que o detector de borda *Sobel* é o melhor para a realização do projeto em relação aos detectores de *Prewitt* e *Roberts*.

As imagens obtidas em cada algoritmo criado são visualmente parecidas. Essa comparação é mostrada na Figura 12.

MATLAB® Dev-c++ QUARTUS

FIGURA 12
COMPARAÇÃO ENTRE AS IMAGENS DE OVOS 98X98 PROCESSADAS VIA MATLAB®, DEV-C++ E VHDL

CONCLUSÕES

O método de detecção de borda *Sobel* é o qual mais se destaca na área de segmentação entre os métodos estudados e as imagens processadas, pois ao mesmo tempo em que suaviza a imagem, obtém as bordas destacadas com maior intensidade que os outros operadores, todos os métodos estudados nesse trabalho utilizam a convolução entre as máscaras de *Roberts*, *Prewitt* e *Sobel* e a imagem original e em seguida a imagem é limiarizada, separando as bordas do objeto do fundo da imagem.

Este método foi realizado no projeto por meio dos softwares MATLAB®, Dev-c++ e QUARTUS obtendo resultados visualmente satisfatórios para as técnicas estudadas, ou seja, as imagens processadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao LPSSD – Laboratório de Processamento de Sinais e Sistemas Digitais, CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, PPGEE – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

REFERÊNCIAS

[1] Gonzales, R. C.; Woods, R. E. “Processamento de imagens digitais”. Edgard Blücher. São Paulo, 2000.

[2] Pereira, S. Aledir; “Curso de Processamento de imagens”. Disciplina ministrada na pós de ciências da computação, S.J. Rio Preto, 2007.

[3] Carvalho, A.A, “Fundamentação Teórica para Processamento Digital de Imagens”. Lavras, Minas Gerais, 2003.

[4] Ôge, M. F.; Neto, H. V. “Processamento digital de imagens”. Brasport. Rio de Janeiro, 1999.

[5] Ribeiro, Rodrigo,Marcel. “Hardware para Processamento digital e imagens”. Curitiba, 2007.

[6] Sabatine, J. Ricardo, “Utilização da Computação Paralela Distribuída na Otimização do Processamento de Imagens Médicas Fazendo o Uso do JVPM”.

[7] Francesconi, T. “Proposta metodológica para modelagem geométrica a partir de imagens médicas”. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba, 2008.

[8] Stivanello, Edgar, Maurício. “Inspeção Visual Industrial automatizada por Análise de Forma com descritores de Fourier e Redes Neurais Artificiais.”

[9] FJV, Silvia. “Aplicação de técnicas de processamento de imagens digitais em imagens geradas por ultra-som geradas por ultra-som”, Departamento de Engenharia Elétrica, CEFET/RJ, 2008.