

N.J. Leite, A. de A. Araújo e J.M. de Carvalho

Laboratório de Sinais, Imagens e Computação Gráfica

Departamento de Engenharia Elétrica - UFPB

Caixa Postal - 10105

58.100 - Campina Grande - PB.

Este artigo complementa e ilustra uma comunicação apresentada em [1]. PICTOREA, um pacote de software modular, escrito em FORTRAN 77 para máquinas do tipo IBM-PC, consiste de 10 módulos básicos que são descritos ao longo do texto. Resultados da aplicação, em imagens de tamanho 64x64 pixels, de alguns dos vários algoritmos implementados no sistema são apresentados.

1. INTRODUÇÃO

A possibilidade de visualizar imagens e as modificações sofridas por elas após a aplicação de algoritmos de processamento digital de imagens (PDI) é um dos fatores que motivam o interesse de alunos por esta área. Para visualizar imagens digitalizadas é necessário que se disponha de um sistema de tratamento de imagens com posto, pelo menos, de computador, unidade de visualização de imagens e arquivo de imagens. Mesmo quando se dispõe de tal sistema, nem sempre é possível aloca-lo para que alunos executem tarefas de laboratório acopladas a uma disciplina de PDI.

PICTOREA, uma ferramenta de ensino na área de PDI, baseia-se em sugestão dada por Gonzalez e Wintz [2] e apresenta-se como uma solução prática para contornar este problema. Desenvolvida para trabalhar em máquinas do tipo IBM-PC, PICTOREA consiste basicamente de um arquivo de imagens (de tamanho 64x64 pixels e escala de cinza com 32 níveis) e três memórias de imagens (MI1, MI2 e MI3) simuladas na memória de trabalho do computador. Imagens armazenadas em MI1 e MI2 podem ser processadas isoladamente ou podem sofrer processamento que envolva ambas. O resultado do processamento é, em geral, armazenado em MI3. Como unidade de visualização de imagens, o sistema utiliza o cartão gráfico (CGA) de 4 cores ou 4 níveis de cinza, disponível nas máquinas do tipo IBM-PC, para dar o display de imagens, com redução da escala de cinza para apenas 4 níveis. Imagens com 32 níveis de cinza são fornecidas ao usuário através de um método de impressão por superposição de caracteres [2].

2. ESTRUTURA DO SISTEMA

Os seguintes tópicos foram abordados na fase inicial de concepção do sistema [1]:

- Coleção e seleção de alguns algoritmos de PDI, conhecidos da literatura [3];
- Escolha da linguagem de programação: FORTRAN 77;
- Estrutura de transferência de dados: o pacote de software consiste de sub-rotinas, onde campos são transferidos através de listas de parâmetros;

- Padrão de documentação: além de descrição clara e precisa dos parâmetros necessários aos algoritmos, sub-rotinas de auxílio são disponíveis, contendo informações sobre origem e utilização dos algoritmos. Os programas são documentados na língua portuguesa;

- Opção por um sistema modular baseado em "MENUS" com apresentação "LINE-BY-LINE" da tela e com diálogos do tipo "PERGUNTAS E RESPOSTAS".

A biblioteca apresenta-se dividida em quatro planos básicos (Fig. 1). No primeiro plano, estão as rotinas que implementam os diversos algoritmos da maneira mais independente possível. No segundo plano, estão as rotinas comuns às do anterior, como, por exemplo, as rotinas de convolução e correlação. No plano seguinte, estão as rotinas de auxílio que contêm informações sobre a utilização do sistema. No plano mais interno, associado ao sistema operacional, encontra-se o VDI ("Virtual Device Interface") [4], que gerencia o controle de dispositivos de entrada e saída independentemente do hardware a ser utilizado.

O controlador VDI que integra o pacote gráfico da IBM, o GDT (Graphics Development Toolkit), define um protocolo ou linguagem de comunicação que consiste de funções pré-definidas, métodos de acesso e convenções de parâmetros que possibilitam um software com as características acima mencionadas. A Figura 2 apresenta a ligação entre PICTOREA e os diversos dispositivos de entrada e saída, via VDI.

3. MÓDULOS BÁSICOS

Constituindo o menu principal, dez módulos são apresentados ao usuário, quando se inicializa o sistema. Estes módulos são descritos a seguir:

- 1 - Entrada e saída de imagens
- 2 - Display de imagens
- 3 - Histogramas e estatísticas
- 4 - Aritmética de imagens
- 5 - Transformações radiométricas
- 6 - Filtros espaciais
- 7 - Geração de imagens
- 8 - Programa do usuário

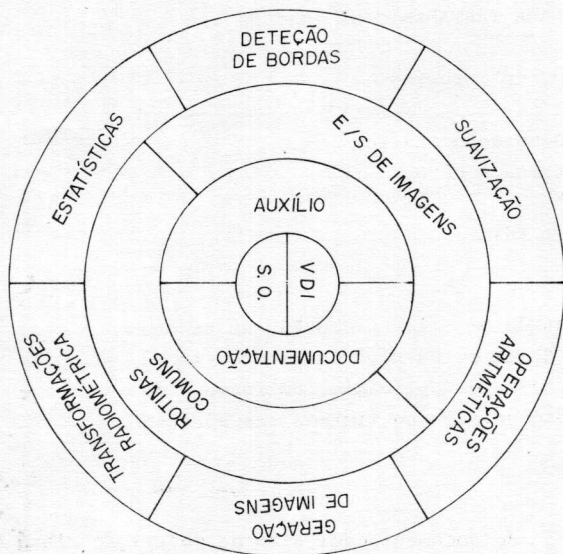


Figura 1 - Estrutura do software.

9 - Auxílio

10 - Fim

3.1. E/S de Imagens

O módulo "entrada e saída de imagens" apresenta as seguintes funções:

- F1 - Carregamento de imagens
- F2 - Armazenamento de imagens
- F3 - Impressão de imagens
- F4 - Diretório do arquivo de imagens
- F5 - Transferência de imagens entre MI's
- F9 - Auxílio
- F10 - Retorno

As funções F1 e F2 são responsáveis pela transferência de imagens entre a unidade de disquete e as MI's. F3 imprime imagens com 32 níveis de cinza através de superposição de caracteres. São disponíveis quatro modos de impressão: a) escala linear; b) escala raiz-quadrática; c) escala logarítmica e d) escala "absorção". F4 fornece o diretório das imagens disponíveis no arquivo. F5 transfere imagens entre as memórias de imagens, permitindo que processos iterativos sejam aplicados, sem que a imagem processada tenha de ser armazenada em disquete e carregada de volta para o sistema.

As funções F9 e F10, auxílio ao usuário e retorno ao menu principal, respectivamente, estão presentes em todos os módulos básicos do sistema.

3.2. Display de Imagens

O módulo "display de imagens" é responsável pela visualização das imagens armazenadas nas MI's. Como se utiliza o cartão gráfico disponível nas máquinas do tipo IBM-PC para o display das imagens, estas são apresentadas com redução da escala de cinza de 32 níveis para apenas 4 níveis. Pode-se ter o display de até duas ima-

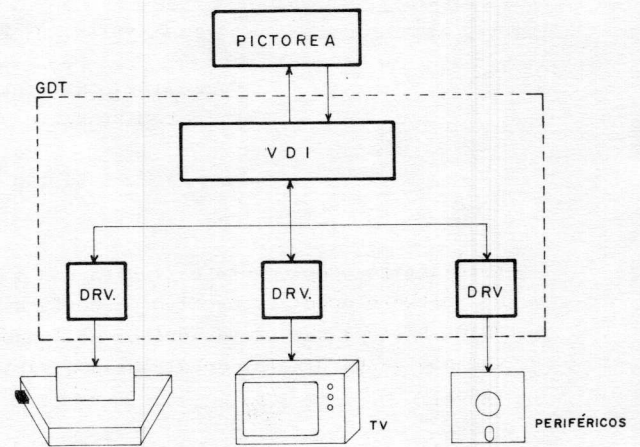


Figura 2 - Controle dos dispositivos de E/S pelo VDI.

gens numa mesma tela, permitindo-se, assim, uma comparação visual da imagem original com a imagem processada.

3.3. Histogramas e Estatísticas

Este módulo permite que se realize um estudo qualitativo das imagens, cujos parâmetros estatísticos são fornecidos ao usuário. As seguintes funções são disponíveis neste módulo:

- F1 - Display de histograma global
- F2 - Display de perfil de linha ou coluna
- F3 - Estatísticas locais
- F4 - Verifica e/ou modifica pixels
- F9 - Auxílio
- F10 - Retorno

A função F1 mostra o histograma geral da imagem, dando informação sobre a distribuição da intensidade dos pixels na imagem digitalizada (vide Fig. 3). F2 representa graficamente a intensidade dos elementos contidos numa linha ou coluna da imagem (Fig. 4). F3 fornece estatísticas locais, média e desvio padrão dos níveis de cinza, por exemplo, dos pixels contidos numa janela móvel e de tamanho variável (4x4, 8x8 ou 16x16), além de apresentar o histograma local (Fig. 5). F4 permite a visualização dos níveis de cinza dos pixels contidos numa janela móvel e de tamanho 5x5, bem como a modificação destes níveis de cinza por parte do usuário.

3.4. Aritmética de Imagens

Com este módulo, são realizadas as seguintes operações:

- F1 - Adição de duas imagens
- F2 - Subtração de duas imagens
- F3 - Diferença absoluta entre duas imagens
- F4 - Média da diferença absoluta entre duas imagens

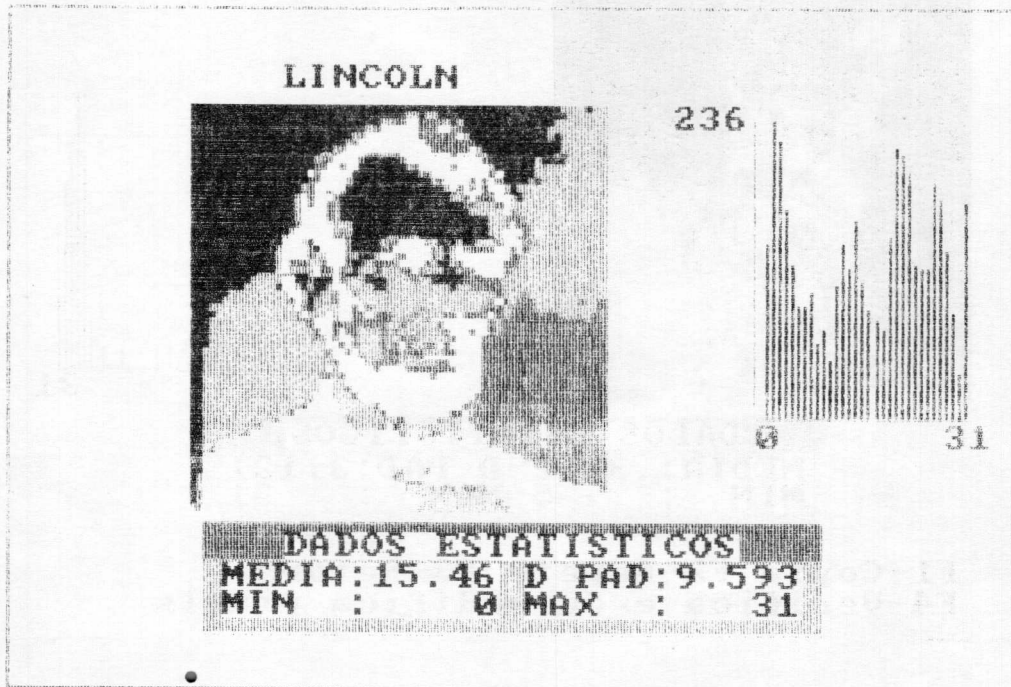


Figura 3 - Histograma da imagem Lincoln.

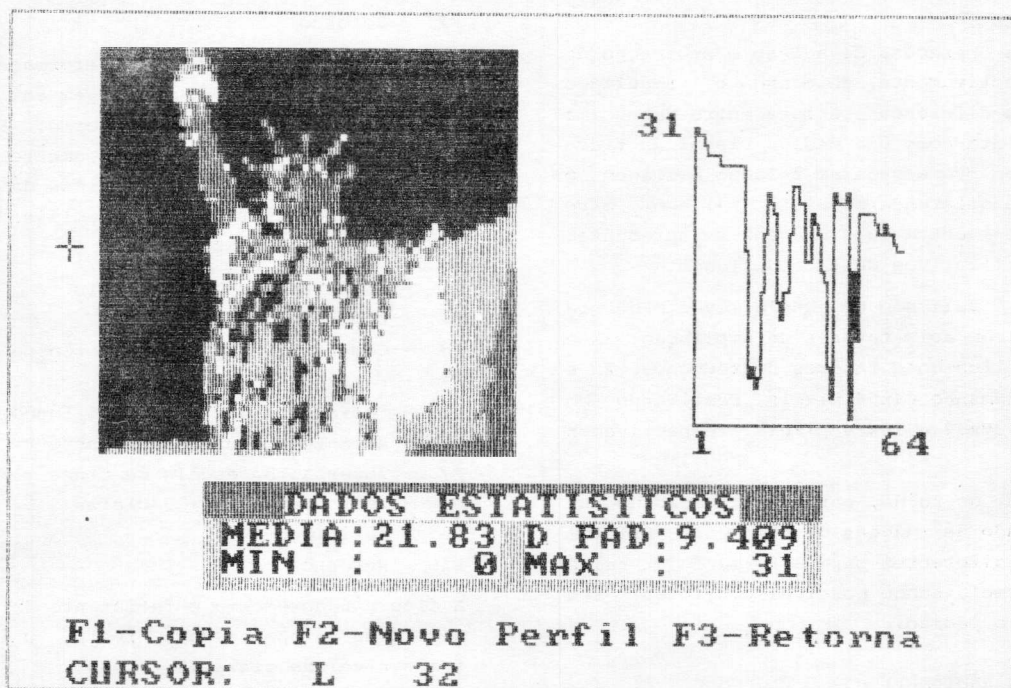


Figura 4 - Perfil da linha 32 da imagem Estátua da Liberdade.

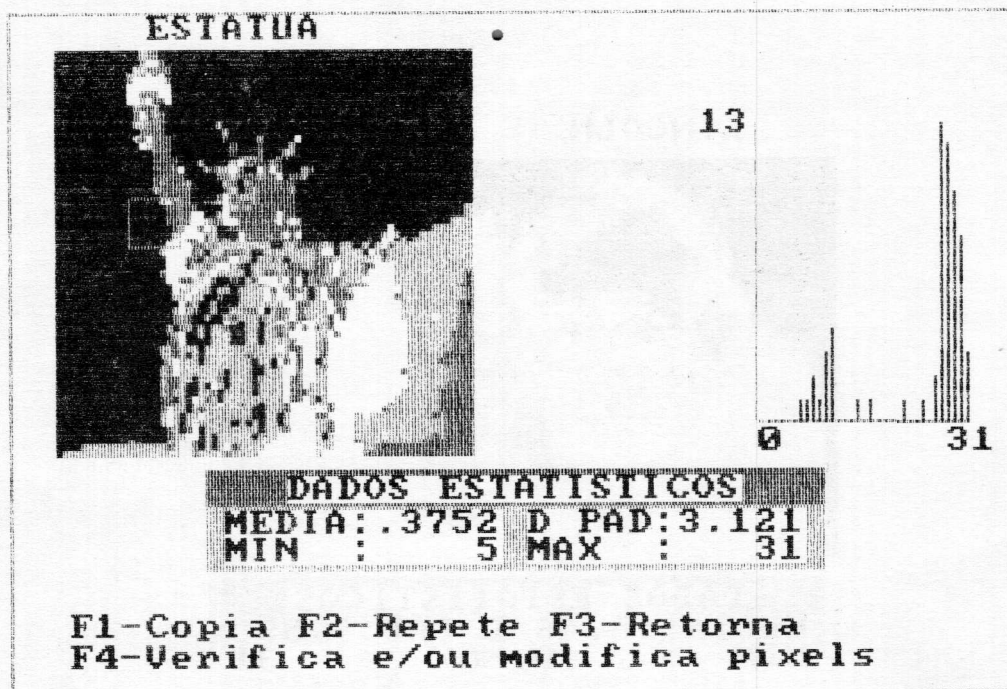


Figura 5 - Histograma local.

- F5 - Erro médio quadrático entre duas imagens
- F6 - Efeito zoom
- F7 - Redução de imagens
- F8 - Geração de ruído
- F9 - Auxílio
- F10 - Retorno

F1 e F2 executam as operações de adição e subtração de duas imagens, respectivamente, colocando o resultado em MI3. Enquanto a diferença absoluta entre duas imagens (F3) se apresenta como uma medida visual da fidelidade de uma imagem processada em relação à imagem original, a média da diferença absoluta (F4) e o erro médio quadrático (F5) entre duas imagens se apresentam como parâmetros qualitativos desta fidelidade.

O efeito zoom (F6) é aplicado em janela móvel e de tamanho 16x16 pixels com dois fatores de ampliação: 2X e 4X. A função F7 aplica dois fatores de redução, 2x e 4X, às imagens de tamanho 64x64 pixels, resultando em imagens de tamanho 32x32 e 16x16 pixels, respectivamente.

A função F8, geração de ruído, permite a adição de ruído não correlacionado às imagens do sistema. Existem duas distribuições diferentes para a forma do ruído (gaussiana e uniforme), sendo possível controlar seu valor médio e desvio padrão.

3.5. Transformações Radiométricas

Este módulo do programa apresenta um conjunto de funções que modificam o valor dos níveis de cinza dos pixels da imagem. A seguir, as opções que compreendem

este bloco:

- F1 - Equalização histográfica
- F2 - Mapeamento dos níveis de cinza
- F3 - Display de imagens
- F9 - Auxílio
- F10 - Retorno

Através de F1, conhecida transformação histográfica, o usuário obtém uma segunda imagem com uma distribuição dos níveis de cinza mais uniforme. Em F2, é oferecido um conjunto de funções de mapeamento que realçam, ou não, determinadas características da imagem, de acordo com a função e parâmetros especificados. Estas operações são listadas abaixo:

- F1 - Fatiamento em dois níveis
- F2 - Compressão
- F3 - Compressão/expansão monotônica
- F4 - Fatiamento por plano
- F5 - Fatiamento por plano com fundo
- F6 - Aumento linear do contraste
- F7 - Inversão da escala de cinza
- F8 - Dente de serra - 3 ciclos
- F9 - Auxílio
- F10 - Retorno

A figura 6 apresenta o fatiamento da imagem Estátua da Liberdade em apenas dois níveis. O limiar escolhido foi o nível de cinza 12.

3.6. Filtros Espaciais

Este módulo compreende um conjunto de filtros que atuam diretamente nos pixels da imagem, resultando em sua

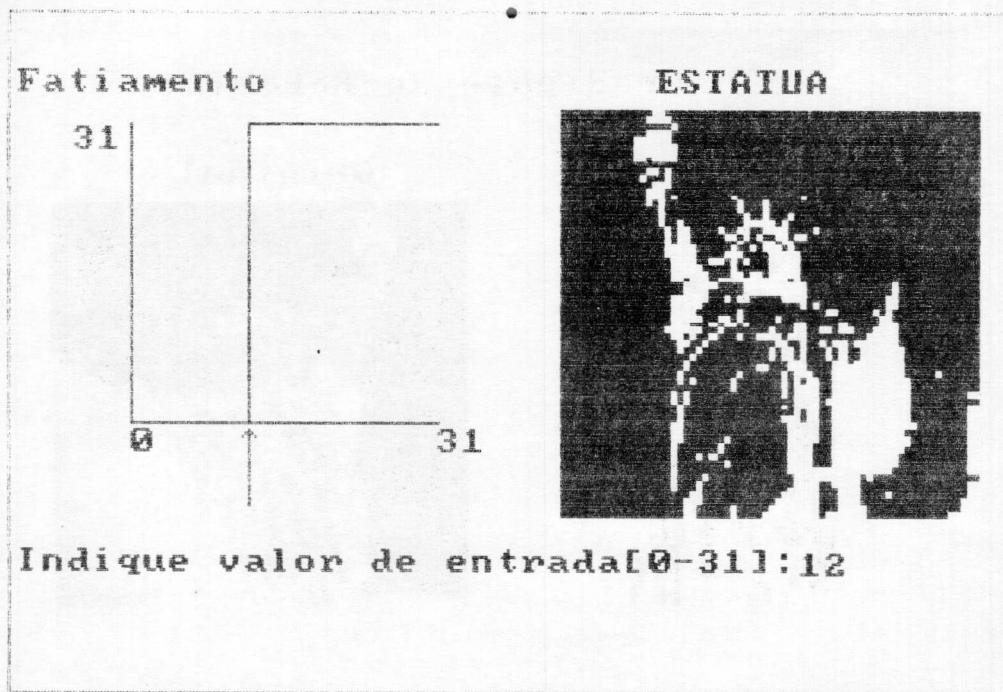


Figura 6 - Fatiamento em 2 níveis - limiar = 12.

vização ou em aumento do contraste da imagem original. As seguintes funções fazem parte deste módulo do sistema:

- F1 - Convolução
- F2 - Detecção de bordas
- F3 - Suavização
- F4 - Display de imagens
- F9 - Auxílio
- F10 - Retorno

F1 permite que o usuário indique os coeficientes de peso ou valores que definem a máscara de convolução (3x3 ou 5x5), possibilitando, assim, a verificação de diversos tipos de máscaras comumente usadas no tratamento de imagens com filtros espaciais. Em F2, é apresentado um grupo de detetores de bordas que vão identificar descontinuidades locais na luminosidade da imagem, gerando, assim, uma imagem do tipo gradiente. Estes operadores são listados abaixo:

- F1 - Gradiente de Roberts |2|
- F2 - Operador de Sobel |5|
- F3 - Operador de Prewitt |6|
- F4 - Máscaras direcionais de Prewitt |6|
- F5 - Máscaras direcionais de Kirsch |7|
- F6 - Máscaras simples de 3 níveis |8|
- F7 - Máscaras simples de 5 níveis |8|
- F9 - Auxílio
- F10 - Retorno

A função F3 - suavização - do módulo 6 contém alguns algoritmos de filtragem, que são utilizados na remoção de ruído e na uniformização dos níveis de cinza dos pi

xels da imagem. Os algoritmos implementados são apresentados a seguir:

- F1 - Filtro da média |2|
- F2 - Filtros da ordem |9|
- F3 - Filtro da média com os k-vizinhos mais próximos |10|
- F4 - Suavização com vizinhança selecionada por variância |11|
- F5 - Suavização com vizinhança selecionada por soma de diferenças absolutas |12,13|
- F6 - Filtro sigma |14|
- F9 - Auxílio
- F10 - Retorno

As figuras 7 e 8 apresentam as aplicações do gradiente de Roberts e do filtro da média, respectivamente, na imagem Estátua da Liberdade.

3.7. Geração de Imagens

Utilizando os recursos do GDT, este módulo permite gerar algumas imagens sintéticas, através da definição de certos parâmetros de entrada, tais como: pontos de ligação, tipos de preenchimento, cores e dimensões. Alguns exemplos são: quadrados, barras, círculos, tabuleiros, etc.

3.8. Função do Usuário

A partir de F8, PICTOREA permite uma expansão de sua própria estrutura, oferecendo uma maneira flexível de interação sistema-usuário. Na escolha desta função, o usuário pode ter o seu programa acoplado a todo o apli

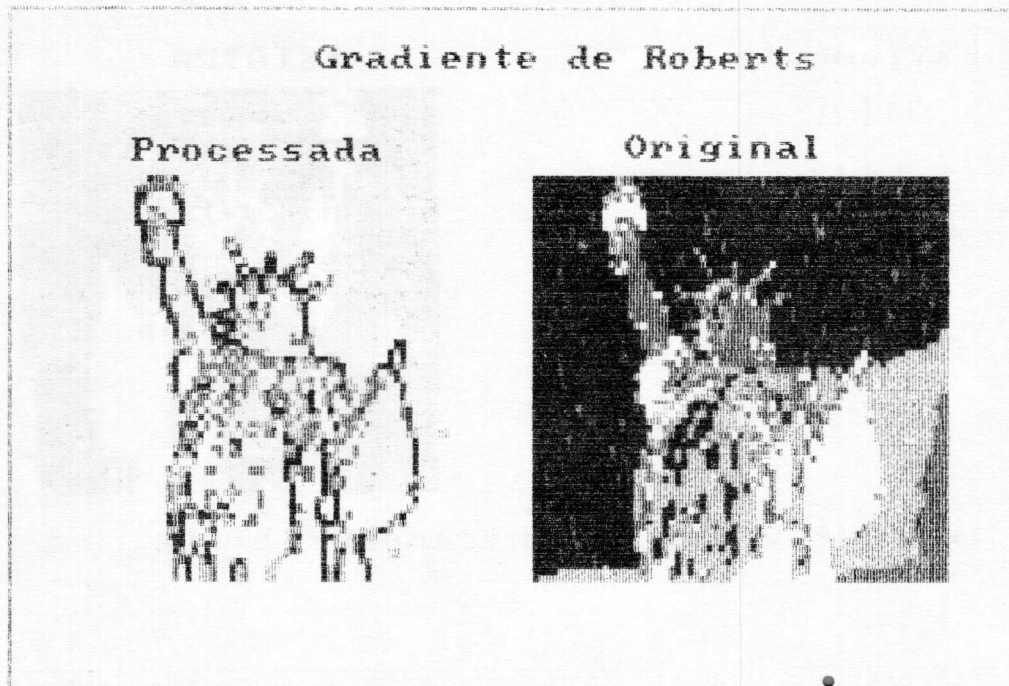


Figura 7 - Gradiente de Roberts.

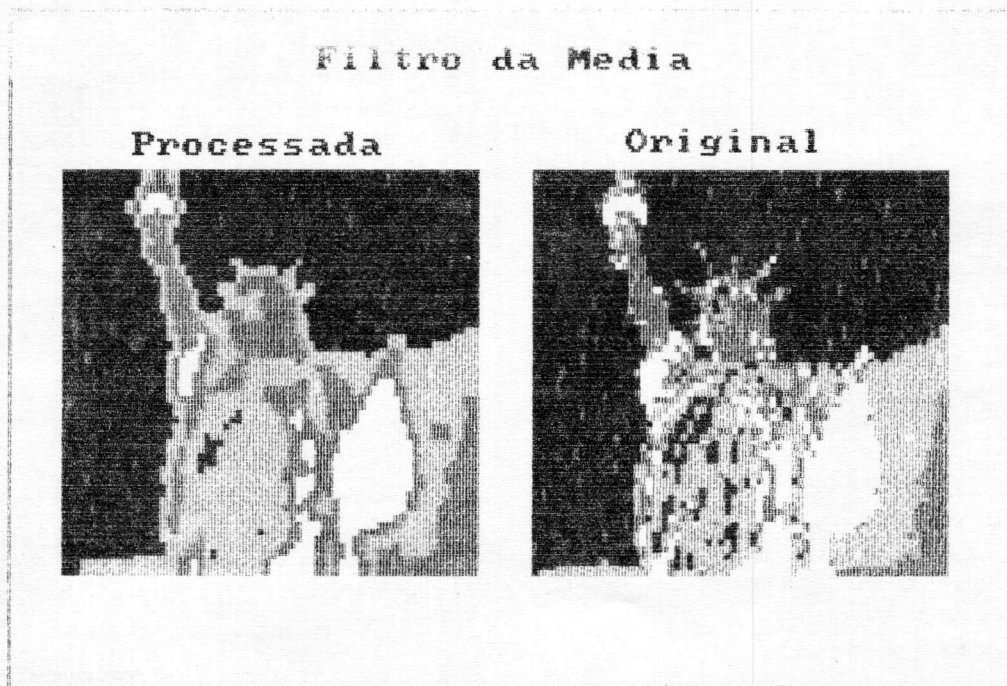


Figura 8.- Aplicação do filtro da média.

cativo. Para tal, é necessário que se crie um programa-fonte em linguagem FORTRAN 77, obedecendo-se a algumas regras previamente definidas. Após o processo de compilação, deve ser estabelecido um acoplamento entre o programa do usuário e o sistema PICTOREA.

3.9. Auxílio

O módulo "auxílio" contém informações gerais sobre PICTOREA. Cada um dos módulos básicos dispõe também de uma função auxílio dedicada àquele módulo. Aqui, informações sobre os algoritmos e parâmetros necessários a seu funcionamento são fornecidos ao usuário em forma de "páginas", onde é permitido continuar com as informações ou retornar ao módulo de partida.

3.10. Fim

O módulo "fim" termina com o processamento de PICTOREA, pondo o sistema operacional da máquina à disposição do usuário. Cada módulo básico dispõe da função "retorno", que põe, então, o menu principal à disposição do usuário.

4. CONCLUSÃO

PICTOREA, uma ferramenta de ensino portátil para tratamento de imagens, apresenta-se como uma solução prática para que alunos desta área possam realizar aulas de laboratório, sem ocupar um sistema de tratamento de imagens. Com a função "programa do usuário", o aluno poderá implementar outros algoritmos não existentes no sistema, testando, assim, sua criatividade e capacidade de programação.

5. REFERÊNCIAS

- [1] A. de A. Araújo, J.M. de Carvalho, J.E.B. Martinez e N.J. Leite, "PICTOREA: Um sistema didático de processamento digital de imagens", Anais, VII Congresso da SBC, 1987, pp. 398-400.
- [2] R.C. Gonzalez and P. Wintz, Digital Image Processing, Addison-Wesley, 1977.
- [3] A. de A. Araújo, "Filtros espaciais: Estudo comparativo e aplicação em segmentação e classificação de imagens", Tese de Doutorado, Universidade Federal da Paraíba, 1987.
- [4] Graphics development Toolkit, IBM - Personal Computer Programming Family, 1984.
- [5] R.O. Duda and P.E. Hart, Pattern Classification and Scene Analysis, John Wiley and Sons, 1973.
- [6] J.M. Prewitt, "Object enhancement and extraction", in B.S. Lipkin and A. Rosenfeld, Eds., Picture Processing and Psychopictorics, Academic Press, 1970.
- [7] R. Kirsch, "Computer determination of the constituent structure of biological images", Computer and Biomedical Research 4, 1971, pp. 315-328.
- [8] G.S. Robinson, "Edge detection by compass gradient masks", Computer Graphics and Image Processing 6, 1977, pp. 582-588.
- [9] G. Heygster, "Rank filters in digital image processing", Computer Graphics and image processing 19, 1982, pp. 148-164.
- [10] L.S. Davis and A. Rosenfeld, "Noise cleaning by iterated averaging", IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics 8, 1978, pp. 705-710.
- [11] M. Nagao and T. Matsuyama, "Edge preserving smoothing", Computer Graphics and Image processing 9, 1979, pp. 394-407.
- [12] A. de A. Araújo, "Sum of absolute grey level differences: an edge-preserving smoothing approach", Electronics Letters 21, 1985, pp. 1219-1220.
- [13] A. de A. Araújo, "Sum of absolute difference values smoothing: evaluation and application", Proceedings, European Signal Processing Conference, 1986, pp. 773-776.
- [14] J.S. Lee, "Digital image smoothing and the sigma filter", Computer Graphics and Image Processing 24, 1983, pp. 255-269.