



## PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA EDUCATIVA PARA ENSINO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS BASEADO NA BIBLIOTECA OPENCV

**Marcos Aurélio Medeiros Silva** – marcosmedeiros31@gmail.com

**Anderson Pinheiro de Araújo Chaves** – andersonchaves.eng@gmail.com

**Francisco José Alves de Aquino** – fcoalves\_aq@ifce.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Endereço: Av. 13 de maio, Benfica, 2081

CEP: 60.050-531 – Fortaleza – CE

**Resumo:** A utilização de métodos de processamento de imagens digitais, que permitam desenvolver soluções computacionais automatizáveis, cria uma facilidade para o avanço tecnológico nas áreas de aplicação da computação. Inspirado nisso, este trabalho apresenta uma ferramenta educativa de auxílio ao ensino de Processamento Digital de Imagens (PDI), com base na interpretação de algoritmos baseados na biblioteca OpenCV. Com auxílio de uma interface amigável e um sucinto conteúdo teórico, é possível facilitar a implementação de algoritmos que muitas vezes são considerados difíceis pelos alunos, dando aporte para criação de algoritmos mais complexos. Desta forma o estudante pode visualizar e compreender o funcionamento de diferentes algoritmos de PDI baseados em OpenCV de uma maneira clara e objetiva.

**Palavras-chave:** Processamento de Imagens, OpenCV, Educação, Objeto de Aprendizagem.

### 1. INTRODUÇÃO

Os avanços nos modos de aquisição de imagens, juntamente com o crescente poder de processamento do hardware computacional e ao aprimoramento das tecnologias de especificação e implementação de ferramentas, vem tornando o processamento digital de imagens umas das principais estratégias para a resolução de problemas de naturezas diversas em áreas como a Medicina, Biologia, Meteorologia, Automação Industrial, Engenharia, Geologia, História e Artes, dentre inúmeras outras (QUEIROZ *et al.*, 2007).

Em meados da década de 80, com a progressiva redução nos custos das tecnologias de hardware, as demandas de mercado fizeram com que diversas empresas se especializassem em softwares dedicados ao PDI. Atualmente, o uso de sistemas desta natureza é ainda maior, sobretudo em aplicações de sensoriamento remoto (processamento de produtos aerofotogramétricos e orbitais) e imageamento biomédico (processamento de imagens geradas a partir de MR, CT, PET/ SPEC, tomografia óptica, ultra-sonografia e raios X) (QUEIROZ & GOMES, 2006).

Realização:



Organização:





O Processamento Digital de Imagens, hoje em dia, é uma área de ensino em diversos cursos superiores de ciência e engenharia na área de TI/Telecom. Contudo, disciplinas básicas de Visão Computacional e/ou PDI são essencialmente teóricas, com a exposição de muitos modelos matemáticos, conceitos e algoritmos já consagrados. Ocorre que o constante uso de computadores nos cursos de TI/Telecom, gera uma expectativa de que essas disciplinas sejam eminentemente práticas. Dessa forma, seu conteúdo, muitas vezes, não é absorvido adequadamente pelos estudantes.

O desenvolvimento de softwares na área de PDI, tanto para o meio acadêmico, quanto o mercado, requer bom nível de habilidade em programação de computadores. Contudo, a habilidade em programação não pode ser adquirida sem um significativo esforço em atividades práticas de laboratório (PRIOR, 2003). Porém, o aprendizado em programação pode ser bastante complexo, chegando a ser desmotivador (DIJKSTRA, 1989). Outro paradigma existente é descrito pela Associação Brasileira de Ensino de Engenharia - ABENGE, que fala que, em sua grande maioria, os cursos são “baseados em conhecimento, com enfoque no conteúdo e centrado no professor” (ABENGE, 1991). Neste cenário, o desenvolvimento de objetos de aprendizagem para uso em sala de aula e fora dela, se torna uma solução para maior fluência no ritmo de estudos. Em resposta, o número de ambientes baseados em tecnologia que auxiliam a partilha de conhecimento está crescendo muito rápido (LOH *et al.*, 2010).

Vygotsky (1984) afirma que cada pessoa tem um nível de conhecimento real (o que ele / ela domina) e um conhecimento potencial (o que ele / ela pode fazer com a ajuda de outros). A diferença entre estes dois níveis é chamada de Zona de Desenvolvimento Proximal. Baseado nisso, a ferramenta proposta neste trabalho pretende estender as zonas de cada pessoa, sugerindo meios complementares de aprendizado, permitindo a extensão do conhecimento, com base em um aprendizado prévio e um novo determinado assunto, neste caso, o conhecimento de programação de computadores e algoritmos Processamento Digital de Imagens, respectivamente.

Toda a justificativa do projeto, alinhada com esta introdução, está ilustrada na Figura 1, onde há uma sequência de passos que guiaram a ideia para desenvolvimento do projeto.

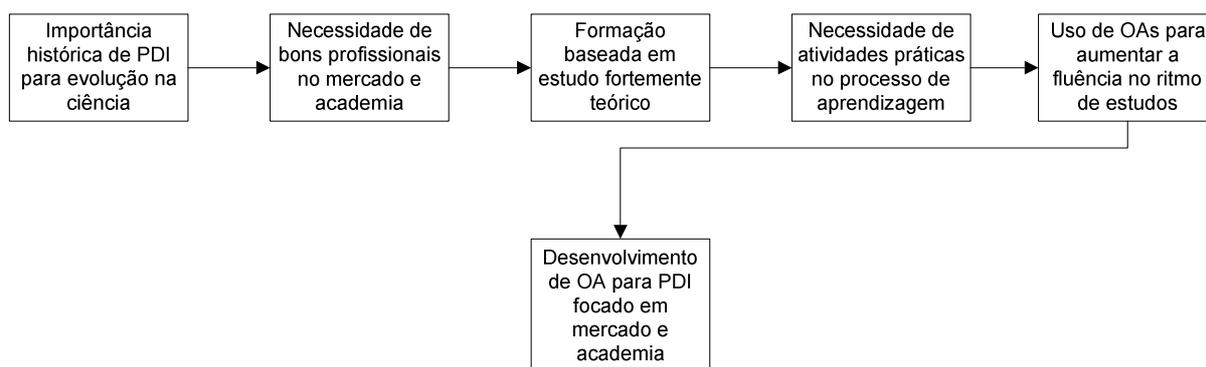
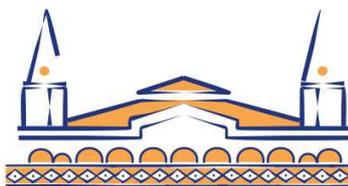


Figura 1 – Justificativa do projeto

Assim sendo, as necessidades de mercado e pesquisa acadêmica, bem como as dificuldades no aprendizado de PDI, motivaram o desenvolvimento da ferramenta educativa aqui apresentada, que alia o ensino de processamento digital de imagens, juntamente com a



programação de computadores baseada em uma biblioteca livre para sistemas de visão computacional, a OpenCV.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

Atualmente, não existe uma definição de consenso do que sejam objetos de aprendizagem (OAs). Existem várias definições, sendo algumas consideradas muito amplas e outras muito específicas. Uma das definições clássicas de OAs é: “qualquer entidade digital ou não digital que possa ser usada, reusada ou referenciada durante o processo de aprendizagem” (IEEE, 2002). Este é um exemplo de definição bastante ampla, pois qualquer material instrucional pode ser considerado um objeto de aprendizagem. Estes devem ter o intuito de organizar diversos conteúdos disponíveis de modo a maximizar a sua aplicação em sala de aula

Diversas contribuições importantes tem sido desenvolvidas para o ensino e aprendizagem de PDI. Uma grande variedade delas encontra-se em pacotes stand-alone ou baseados na Web.

Dentro das ferramentas desenvolvidas no meio acadêmico podemos citar algumas como o IPTool (FROJMOWICZ & SANTOS, 2012), implementado em Delphi e desenvolvido por Frojmowicz e Santos na Universidade de Algarve, em Portugal. Segundo os autores, o IPTool é uma ferramenta configurável e extensiva, que permite operações simples em nível de pixel a partir de diversas funcionalidades, como: filtragem linear e não-linear, detecção de bordas, segmentação, modelos de ruído, região de interesse, morfologia matemática, operações no domínio da frequência e filtragem de Gabor. O software também dá suporte a scripts, e a mudança de idioma.

O PhotoPixJ, implementado em Java, de código aberto, desenvolvido por Almeida et al. (2000) na Universidade Federal de Minas Gerais, também entra na lista de ferramentas semelhantes. É uma plataforma de execução e integração de algoritmos de PDI que visa a facilidade na adição de novos algoritmos. A ferramenta possui um alto nível de abstração em sua implementação, o que facilita o trabalho do desenvolvedor de PDI. Ele também é usado em atividades acadêmicas.

O ImageJ (RASBAND, 2012), foi implementado, também em Java, no National Institute of Mental Health, nos Estados Unidos. O software pode ser executado como uma applet, ou instalado em qualquer computador que tenha a máquina virtual J2SE 1.1 ou superior, nele. Suas funções disponíveis de destaque são: manipulação de contraste, filtragem da mediana, detecção de bordas, transformações geométricas, conversão entre modelos cromáticos, transformada rápida de Fourier, dilatação, erosão, e operações aritméticas. O software também é capaz de trabalhar com várias imagens ao mesmo tempo, segundo o autor.

Há também o TermUV (BENITEZ *et al.*, 2005). É uma ferramenta modular acadêmica destinada ao processamento digital de imagens termais, a qual possibilita a aquisição, o pré-processamento e o processamento de imagens mediante uma interface gráfica. Segundo os autores, cada estágio do processo foi especificado e implementado segundo critérios de modularidade, flexibilidade e portabilidade.

Por último, o SIMPLe (QUEIROZ *et al.*, 2007), implementado em Java, no ambiente Eclipse, na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). O software permite a introdução intuitiva de conceitos de PDI. Por ser inscrito em Java, o SIMPLe é uma software muito versátil, rodando em quase todas as plataformas além da de origem.

Contudo, estas ferramentas se prestam a colaborar com o ensino dos conceitos de

Realização:

 **ABENGE**

Organização:



**O ENGENHEIRO  
PROFESSOR E O  
DESAFIO DE EDUCAR**



processamento de imagens, mas não propõem, em sua funcionalidade, o aprendizado e desenvolvimento de algoritmos com base para sistemas baseados em visão computacional. Assim a ferramenta proposta neste trabalho se apresenta como inovadora.

### 3. METODOLOGIA

A metodologia usada para conceituar e que guia o desenvolvimento da ferramenta, é descrita nesta secção. Aqui são apresentados alguns tópicos sobre processamento de imagens e sua importância; a biblioteca OpenCV, suas características e usabilidade, e que tipos de softwares e linguagens foram usados para desenvolvimento da ferramenta.

#### 3.1. Processamento Digital de Imagens

Uma imagem pode ser definida como uma função bi-dimensional,  $f(x,y)$ , onde  $x$  e  $y$  são coordenadas espaciais e a amplitude de  $f$  em um par de coordenadas  $(x,y)$  é chamada de intensidade ou nível de cinza de uma imagem naquele ponto (GONZALEZ & WOODS, 2009). Quando os valores de  $x$ ,  $y$ , e a amplitude de  $f$  forem finitos, discretos, chama-se esta imagem de uma imagem digital.

Em diversos campos de pesquisa e desenvolvimento, há inúmeros problemas que poderiam ser resolvidos com métodos de processamento de imagens. A partir de uma imagem digital, podem ser feitas diversas interpretações e processamentos na imagem até encontrar-se a solução para estes problemas específicos.

Existem várias técnicas para processamento de imagens. Dentre elas podemos classificar as técnicas de realce, segmentação, compressão, análise de texturas, morfologia matemática e outras (PEDRINI & SCHWARTZ, 2008). Juntas, essas técnicas podem ser utilizadas para inúmeras aplicações como processamento de imagens médicas, análise de microestruturas de metais, processamento de imagens de satélite, detecção de faces e objetos, biometria, aplicações para TV Digital, visão computacional para robôs em automação industrial e muitas outras. A Figura 2 mostra um exemplo de operação de limiarização, técnica muito usada para reconhecimento de caracteres. Em seguida, a Figura 3, mostra uma imagem de grãos de pólen, com pouco brilho (à esquerda) e a imagem processada com aumento de brilho (à direita).



Figura 2 - Exemplo de um limiarizador com limiar = "128"

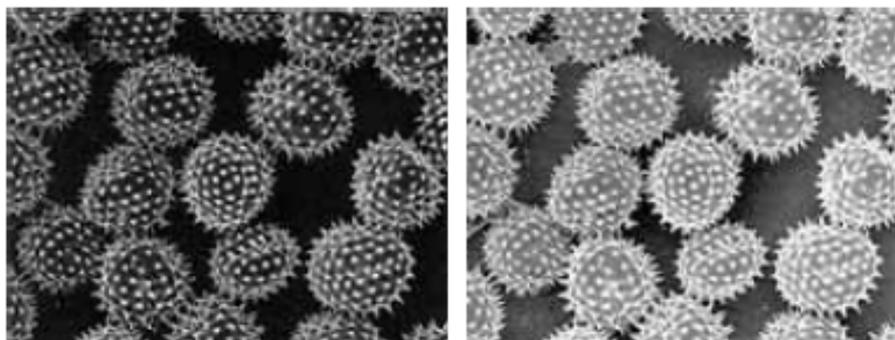


Figura 3 – Aumento de brilho em imagem de grãos de pólen

### 3.2. A biblioteca livre OpenCV

Com código aberto, a biblioteca de visão computacional OpenCV (Open Source Computer Vision Library), é um dos recursos mais usados no mundo, no meio acadêmico e comercial, para processamento de imagens e vídeo, e está disponível em <http://www.sourceforge.net/projects/opencvlibrary>. Esta biblioteca foi desenvolvida nas linguagens de programação C e C++, e é multiplataforma, o que permite que ela possa ser usada em diferentes sistemas operacionais, como Linux, Windows e MacOS, tornando a ferramenta ainda mais poderosa. Além disso, a biblioteca OpenCV dá suporte a programadores que utilizem Java, Python, Visual Basic, Matlab, Ruby e outras linguagens de programação.

### 3.3. Softwares de desenvolvimento

Na fase atual deste projeto de pesquisa estão sendo utilizados os softwares NetBeans e DevC++. A interface com o usuário, ainda em fase inicial, está sendo desenvolvida em Java, e os códigos de processamento de imagens estão sendo desenvolvidos em C.

## 4. A FERRAMENTA

Por ser uma pesquisa recente, o software proposto neste trabalho ainda está em processo de desenvolvimento, e ainda não está com todos os seus recursos em pleno funcionamento, estando ainda também sua interface em processo de evolução. Levando em consideração o projeto previsto, e o estado atual da ferramenta, a mesma é descrita abaixo.

Um dos principais diferenciais da ferramenta em relação às outras, é que nela é possível aprender programação através da OpenCV, uma biblioteca para Visão Computacional amplamente utilizada, tanto no meio acadêmico, quanto no de mercado.

As funções da ferramenta podem ser acessadas por meio da barra de menus disposta na janela principal. As funções mais utilizadas também podem ser acessadas por meio dos botões de um menu vertical localizado à esquerda da janela principal do software.

As abas do menu principal no canto superior da janela principal oferecem as opções: Arquivo, PDI, OpenCV, e Ajuda. O menu Arquivo deve possuir a função de selecionar as



imagens que o usuário deseja aplicar algum código de PDI. Através desse menu também é possível sair do programa, encerrando a execução do software. O menu PDI abre dois sub-menus: Conceitos e Aplicações. Em Conceitos o usuário tem acesso a um menu de conteúdos teóricos sobre fundamentos de processamento digital de imagens, já em Aplicações o usuário encontra uma listagem de aplicações dos métodos de análise de PDI e pode acessar cada item da listagem para visualizar os detalhes sobre cada aplicação.

O menu OpenCV oferece conteúdo sobre as funcionalidades dessa biblioteca. Lá o usuário pode ter acesso a um conteúdo teórico simples e de fácil compreensão sobre a ferramenta do OpenCV. Também é possível que o usuário acesse uma listagem de códigos em C, com OpenCV, que podem ser carregados na interface e estudados, através de suas aplicações nas imagens dispostas e comentários aplicados.

Na janela principal da ferramenta, há uma área destinada à apresentação, e análise, do código OpenCV utilizado, e dois painéis onde se posicionam as imagens analisadas, sendo uma a imagem base, sem alterações, e a outra a imagem processada pelo código OpenCV. A Figura 4 mostra a tela inicial do software, esclarecendo as afirmações acima.

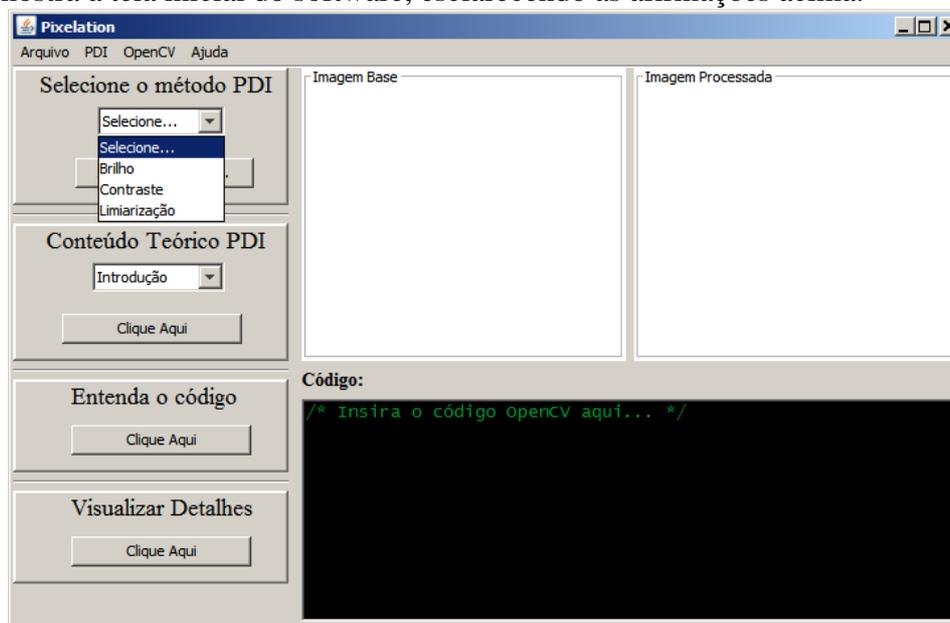


Figura 4 – Projeto da interface principal da ferramenta proposta.

## 5. AVALIAÇÕES PRELIMINARES

Uma vez considerada questão motivacional imposta pela ferramenta, esta se mostrou com avaliação satisfatória. Isso é justificado pelo modo com que a ferramenta aborda os conceitos de algoritmos, com exemplos em imagens e abordagem clara das funções da biblioteca OpenCV. Por estar em fase de protótipo, ainda em desenvolvimento, não foi possível realizar uma avaliação profunda de sua eficiência educacional, através de questionários aplicados a alunos, professores e pedagogos.



## 6. CONCLUSÕES

Com objetivo de aumentar a contribuição com o ensino de PDI, um dos trabalhos futuros é a ampliação do escopo da ferramenta para contemplar outros métodos de processamento de imagens. A produção de um tutorial escrito e sua aplicação em mini-cursos dentro da universidade e em eventos como encontros de estudantes e de iniciação científica também compõe um trabalho posterior.

Uma vez finalizada, esta ferramenta será usada nos primeiros contatos com práticas de PDI, em simulações básicas para assimilação dos conceitos iniciais de Processamento de Imagens e de OpenCV. A ferramenta também será distribuída em laboratórios de pesquisa que realizem trabalhos com Processamento de Imagens. Esta fase será de testes, para aprimoramento e evolução do software. Assim, conseguiremos medir o aprendizado dos alunos através das notas das disciplinas referentes e através de pesquisas de satisfação.

A ferramenta mostra-se capaz de contribuir com um melhor aproveitamento dos alunos, tanto durante as aulas, quanto em situações de mercado, pois além de funcionar como uma ferramenta de apoio fora da sala de aula, ela permite um contato didático, entre o estudante programador, e um dos meios básicos de trabalho com PDI no mundo, a biblioteca OpenCV. Considerando a preocupação com estudos de teorias educacionais e as necessidades de aprendizado do aluno, atentou-se para intuito de melhor motivar os seus usuários.

Por fim, acredita-se que diante do proposto, esta ferramenta atende seus objetivos: criação de ferramenta educativa para processamento de imagens, como foco no desenvolvimento de algoritmos baseados em OpenCV; Motivação dos alunos em aprender e avançar nos estudos em PDI; e ampliar os meios de tornar mais prático o exercício em algoritmos de PDI, de maneira mais envolvente e prazerosa

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABENGE - Associação Brasileira de Ensino de Engenharia. **Perfil do Engenheiro do Século XXI**. Brasília, 1998.

ALMEIDA, A. C. R.; SOL, A. A. S.; ARAÚJO, A. A. **PhotoPixJ 2.0-a Java digital image processing environment**. Anais: XIII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing. Gramado, 2000.

BENITEZ, H.; LOAIZA, H.; CAICEDO, E.; BACCA, B.; JIMENEZ, H.; BARRETO, M.; VARGAS, J. **Software Tool in Java for Infrared Image Processing: TermUV**. Anais: V International Workshop - Advances in Signal Processing for Non Destructive Evaluation of Materials, pp. 209-214, 2005.

BORBA, M. C.; VILLAREAL, M. E. **Humans-With-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking: information and communication technologies, modeling, experimentation and visualization**. v. 39, New York: Springer, 2005.



DIJKSTRA, E. W. **On the Cruelty of Really Teaching Computing Science.** Communication of ACM , 1398-1404. 1989.

FROJMOWICZ, J. G.; SANTOS, L. **IPTOOL - Image Processing Tool.** Disponível em: <<http://www.ualg.pt/fct/adeec/vision/iptool>> Acesso em: 14 jan. 2012.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento Digital de Imagens**, São Paulo: Pearson, 2009.

IEEE Learning Technology Standards Committee. **Draft Standard for Learning Object Metadata**, (IEEE 1484.12.1-2002), 2002. Disponível em: <[http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM\\_1484\\_12\\_1\\_v1\\_Final\\_Draft.pdf](http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf)>. Acessado em: 01/03/2012. 44p.

LOH, S.; LICHTNOW, D.; KAMPPF, A. J. C.; PALAZZO M. O. J. **Recommendation of Complementary Material during Chat Discussions.** *Knowledge Management & E-Learning*, v. 2, p. 90-105, 2010. <http://kmel-journal.org/ojs/index.php/online-publication/article/viewFile/20/63>. Acessado em 13 de abril de 2012

MERCADO, L. P. L. **Novas Tecnologias na Educação: Reflexões Sobre a Prática**, Maceió: Edufal, 2002.

PEDRINI, H.; SCHWARTZ, W. R. **Análise de Imagens Digitais: Princípios, algoritmos e aplicações**, São Paulo: Thomson Learning, 2008.

PRIOR, J. C. **Online Assessment of SQL Query Formulation Skills.** In Proceedings of the Fifth Australian Conference on Computing Education. Adelaide, Australia, 2003.

QUEIROZ, J. E. R.; FIRMINO JÚNIOR, P. T.; HORA, A. C.; PORTO, V. A. **SIMPLe: uma Ferramenta de Suporte ao Processo de Ensino-Aprendizagem de Processamento Digital de Imagens.** *Revista Brasileira de Informática Educativa (RBIE)*, v. 15, n.2, 2007

QUEIROZ, J. E. R.; GOMES, H. M. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**, *Revista de Informática Teórica e Aplicada (RITA)*, 13(1):11-42, 2006.

RASBAND, W. **IMAGEJ – Image Processing and Analysis in Java.** Disponível em: <<http://rsb.info.nih.gov/ij>> Acesso em: 19 abr. 2012.

ROCHA, H. V. **Representações Computacionais Auxiliares ao Entendimento de Conceitos de Programação**, UNICAMP, 1991.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente.** São Paulo, Brasil: Martins Fontes. 1984.

Realização:



Organização:





## DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN EDUCATIONAL TOOL FOR OPENCV BASED IMAGE PROCESSING TEACHING

**Abstract:** *The use of methods of digital image processing, which enable to develop automatable computational solutions, creates a facility for technological advancement on application areas of computing. Inspired by this, this paper presents an educational tool to aid the teaching of Digital Image Processing, based on the interpretation of OpenCV based algorithms. With the aid of a friendly interface and a brief theoretical content, it is possible to facilitate the implementation of algorithms that are often considered difficult by students, giving them input to create more complex algorithms. Thus the student can visualize and understand the functioning of different OpenCV based algorithms on digital image processing in a clear and objective manner.*

**Key-words:** *Image processing, OpenCV, Education, Learning Object.*

Realização:



Organização:

