

LEVANTAMENTO DO PERCENTUAL DE INFESTAÇÃO DE DOENÇAS EM FOLHAS DE LARANJEIRAS UTILIZANDO TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS

LIFTING THE PERCENTAGE OF INFESTATION IN DISEASES OF ORANGE LEAVES USING IMAGE PROCESSING TECHNIQUES

Kelyn Schenatto¹; Pedro Luiz de Paula Filho²; Claudio Leones Bazzi³¹Universidade Estadual do Paraná - Unioeste - Cascavel^{2,3}Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira¹kelynschenatto@gmail.com, ²plpf2004@gmail.com, ³clbazzi@gmail.com

Resumo

A laranja é a fruta mais produzida no Brasil, sendo que além da adaptação climática, inovações em pesquisa, tecnologia e logística estão na base da eficiência e liderança do Brasil neste segmento, que vem crescendo e atingindo mercados promissores. Com cenário de preços favoráveis, se faz necessário consolidar como referência e realizar a ampliação da competitividade e hegemonia brasileira no mercado internacional, tais como o controle e manutenção dos pomares, devendo-se manter a estabilidade e qualidade da produção que historicamente passou por altos e baixos, sendo em algumas situações afetadas por doenças e que fizeram com que inúmeros pomares fossem eliminados. O presente trabalho objetiva a aplicação de algoritmos de Processamento Digital de Imagens (PDI), no desenvolvimento de um protótipo de software para automatização do processo de identificação da presença de doenças em folhas de laranjeiras, bem como o percentual de infestação. O software se mostrou eficiente na identificação da incidência ou não de doenças nas folhas, além de apresentar o percentual de área foliar atingido pela doença.

Palavras-chave: processamento digital de imagens; doenças foliares; OpenCV.

Abstract

Orange is the most widely produced fruit in Brazil, and in addition to climate adaptation, innovation in research, technology and logistics are the basis of efficiency and Brazil's leadership in this segment that is growing and reaching promising markets. With favorable price scenario, it is necessary to consolidate as a reference and perform the expansion and competitiveness of Brazilian hegemony in the international market, such as the control and maintenance of the orchards, and one should maintain stability and quality of production that have historically experienced high and low and in some cases affected by disease, which caused numerous orchards were eliminated. The present study aims to apply algorithms Digital Image Processing (DIP), the development of a prototype software to automate the process of identifying the presence of disease on leaves of orange trees, as well as the percentage of infestation. The software proved efficient in identifying the incidence or absence of disease on leaves, besides presenting the percentage of leaf area affected by the disease.

Key-words: digital image processing; leaf diseases; OpenCV.

1. INTRODUÇÃO

Considerada de grande importância para o agronegócio brasileiro, a laranja foi em 2010, a fruta mais produzida no país, apresentando uma área cultivada de 844.269 ha, onde foram colhidas cerca de 19.094.886 toneladas do fruto (IBGE, 2011).

Apesar de a produção ser destinada em grande maioria para suprir a demanda nacional, possui um mercado externo competitivo, sendo exportado em forma de sucos e derivados, ou mesmo "*in natura*". Inovações em pesquisa, tecnologia e logística estão na base da eficiência e liderança do Brasil neste segmento, que vem crescendo a uma taxa de 2% a 4% ao ano, atingindo mercados promissores, como o da Ásia, que possui um potencial significativo de crescimento (BOTEON, 1999; BRAZILIAN FRUIT, 2004). É notável o sucesso industrial do sistema agroindustrial de polpas e sucos de frutas que cresceu entre 2001 a 2005, 13 vezes mais que o PIB da indústria geral (IBGE, 2012).

Desta forma, é importante que se mantenham padrões de produção que satisfaçam estes mercados por meio de frutos de boa aparência e sadios, livres de infestações e doenças. Assim como outras espécies cítricas, as laranjeiras podem apresentar uma série de sintomas, reflexo de distúrbios que tendem a afetar sua saúde, vigor e nível de produtividade (FUTCH; TIMMER, 2001).

Para isso é preciso que se faça a identificação do nível de infestação das folhas, para que seja possível efetuar a correção das doenças enquanto elas não se alastrem por todo o pomar. Sabe-se que a interpretação humana é muito subjetiva e cada avaliador pode interpretar a situação de uma forma diferente. Além disso, tarefas de inspeção, classificação e monitoramento em geral são repetitivas e conseqüentemente cansativas e prejudiciais a visão humana. O Processamento Digital de Imagens (PDI) objetiva padronizar e facilitar tais procedimentos de forma automatizada.

Neste sentido, a aplicação de conceitos de processamento de imagens pode ser útil para definição do nível de infestação de doenças em pomares de laranjeiras, considerando que com o uso destas técnicas, obteve-se sucesso em várias áreas do conhecimento, como na medicina (NOVELLI et al., 1997) na engenharia florestal (PAULA FILHO; TUSSET, 2009; GOMES et al., 2008; ABRHÃO et al., 2003), no sensoriamento remoto

(SHIBA et al., 2005), além de se ter obtido sucesso no uso de técnicas de processamento de imagens na área agrícola (SENA JÚNIOR et al., 2003; CORDEIRO et al., 2011; CRUZ et al., 2008).

Teixeira et al. (2006) fez uso de técnicas baseadas em processamento de imagens para avaliar o vigor de sementes de milho. Kurniawat et al. (2009) desenvolveu um protótipo de sistema como alternativa para detectar automaticamente e classificar doenças na cultura de arroz.

Conceitualmente, segundo Marengoni & Stringhini (2009) o processamento de imagens é um processo em que a entrada do sistema é uma imagem e a saída é um conjunto de valores numéricos, que podem ou não compor outra imagem. Para Pedrini & Schwartz (2008) PDI consiste em um conjunto de técnicas para capturar, representar e transformar imagens com o auxílio de um computador, facilitando a percepção humana e a interpretação automática por meio de máquinas. É definido ainda como o processamento de imagens digitais por meio de um computador digital, onde tanto a entrada quanto a saída de um processo são imagens (GONZALEZ; WOODS, 2009).

Para que uma imagem possa ser explorada (referente a uma folha de laranjeira, por exemplo), é necessário fazer a extração de características que permitam a sua interpretação (cor, textura, manchas, pontos de coloração variada), considerando que um sistema de processamento de imagens é constituído por um conjunto de etapas, capazes de produzir um resultado a partir do domínio do problema (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

Após a realização das etapas de processamento de uma imagem, é possível fazer uso das informações extraídas para tomada de decisão. Segundo Zhang et al. (2010), um sistema especializado permite pessoas obterem o diagnóstico das doenças de uma forma mais precisa por meio de um computador.

O presente trabalho objetivou o uso das técnicas de processamento de imagens, no desenvolvimento e avaliação de um protótipo de software para identificação do nível de infestação de doenças foliares em laranjeiras. Como o cultivo de laranjeira é expressivo no país, sendo reconhecido até mesmo de forma internacional devido à qualidade dos frutos, buscou-se trabalhar com esta cultura, desenvolvendo-se um protótipo para reconhecimento da incidência de doenças nas folhas das laranjeiras que poderá servir como referência para novos estudos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Dentre as doenças foliares que podem prejudicar a produtividade e a qualidade dos frutos no cultivo da laranja, estão as causadas por fungos: Verrugose (Figura 1a), a Pinta Preta (Figura 1b); por bactérias: Cancro Cítrico (Figura 1c); por vírus: Leprose (Figura 1d).

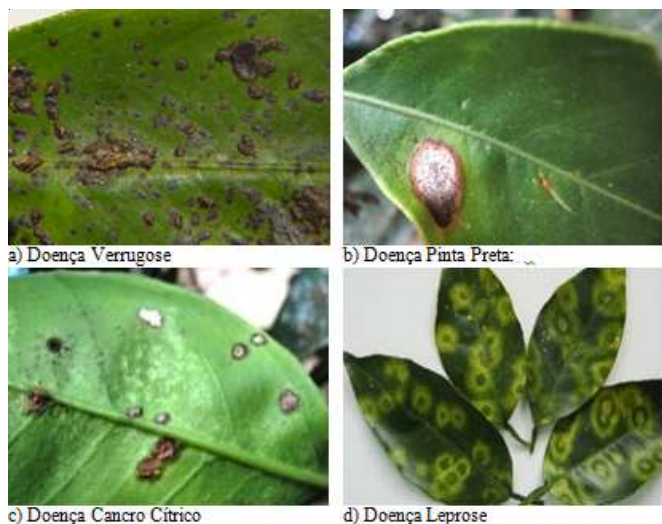


Figura 1 - Doenças foliares que afetam a produção de citruss no Brasil.
Fonte: UFRGS, UFMT, 2011

Como apresentado na Figura 1, cada doença apresenta-se e é identificada por um padrão característico (manchas escuras ou amareladas bem definidas). Desta forma, a identificação de doenças nas folhas das plantas é um processo que pode ser realizado de forma simples, mas que é dificultado quando se deseja obter o grau de infestação, necessária por exemplo, quando objetiva-se a otimização da aplicação de defensivos por meio de dosagens adequadas, sem desperdícios ou dosagens aquém da necessária. Um sistema automatizado para realização dessa tarefa tem maior facilidade de prover o aumento da taxa de acerto do real nível de infestação de doenças nas folhas.

Os sistemas de PDI em geral são baseados em cinco etapas (Figura 2): Na primeira etapa, utilizam-se um dispositivo de captação ou sensores ópticos para obtenção das cenas (GOMES et al., 2008). Melhora-se a qualidade da imagem por meio do pré-processamento, que corresponde em aplicar técnicas de remoção de ruído, correção de contraste ou brilho e suavização de certas propriedades da imagem.

Após a correção, realiza-se a extração e identificação de áreas de interesse contidas na imagem

(segmentação), permitindo a representação e descrição destes objetos, visando à extração de características ou propriedades que possam ser utilizadas na discriminação entre classes de objetos. A última etapa corresponde ao reconhecimento e interpretação dos componentes da imagem, o qual atribui um identificador ou rótulo aos objetos da imagem, baseado nas características providas pelos seus descritores (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

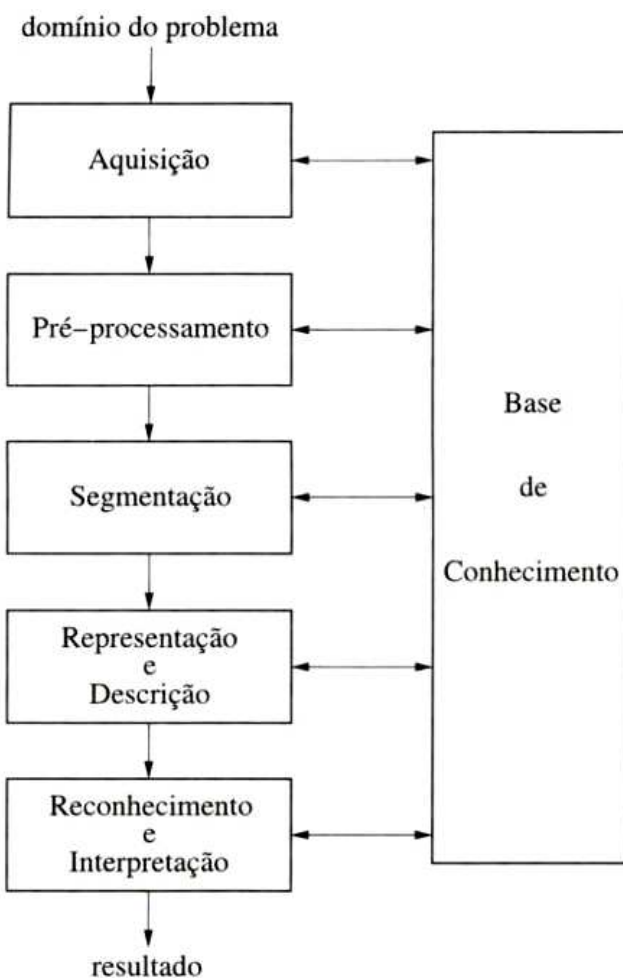


Figura 2 - Doenças foliares que afetam a produção de citruss no Brasil.
Fonte: UFRGS, UFMT, 2011

As imagens das folhas de laranjeiras foram obtidas em um pomar de 1,49 ha, localizado no município de Laranjeiras do Sul/Pr, sob coordenadas geográficas 25°23'19.81'' S e 52°34'19.36'' e altitude média de 686 metros, sendo processadas por meio de um protótipo de um software de processamento de imagens desenvolvido para esse fim, que faz uso do modelo proposto para a identificação do nível de infestação de doenças foliares em laranjeiras.

O software foi escrito na linguagem de programação C++, considerada uma linguagem de médio nível por aplicar conceitos de programação de baixo e médio nível, que suporta múltiplos paradigmas de programação, principalmente programação estruturada e orientada a objetos (TREVELIN, 2007).

Utilizou-se o Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) CBuilder, da Borland, para o desenvolvimento de aplicações em linguagem C++, fazendo uso de conceitos de programação visual e dirigida por eventos, proporcionando uma ferramenta RAD (*Rapid Application Development*) que auxilia no desenvolvimento das aplicações (JÚNIOR, 2001).

Para o desenvolvimento dos algoritmos de processamento de imagens integrou-se ao CBuilder a biblioteca OpenCV (*Open Source Computer Vision Library*) criada originalmente no ano 2000 pelo grupo de desenvolvimento da Intel, que é totalmente gratuita para uso acadêmico e comercial seguindo a licença BSD da Intel. Encontra-se atualmente na versão 2.2 de dezembro de 2010 e possui grande quantidade de documentação disponível na internet.

A biblioteca a OpenCV corresponde a uma coleção de classes C++ e funções C, que implementam os principais algoritmos (mais de 2000) utilizados na área de processamento de imagens e visão computacional (FERREIRA; MORAES, 2007).

Os principais algoritmos utilizados foram os procedimentos morfológicos que consistem em aplicar técnicas para resolver problemas que afetam o processamento de imagens, para isso podem ser utilizadas técnicas de morfologia matemática como erosão e dilatação (GONZALEZ; WOODS, 2009). Segundo Pedrini & Schwartz (2008) a morfologia matemática consiste em uma metodologia para análise de imagens que permite a construção de operadores úteis na descrição de objetos em imagens.

Para realização dos testes, as folhas das laranjeiras foram coletadas em campo e a etapa de aquisição de imagens em formato digital foi realizada em laboratório. Este fato se deu visando a obtenção de imagens sem problemas relacionados a luminosidade. Foi utilizada uma câmera fotográfica da marca Sony com a função macro ativada e para atender os critérios de luminosidade

uniforme foram utilizadas duas luminárias com lâmpadas fluorescentes ajustadas perpendicularmente a folha. As imagens foram capturadas com dimensões de 2040 x 1536 pixels, no formato JPEG.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O protótipo do software realiza uma série de procedimentos necessários para o tratamento das imagens, objetivando a automatização do processo de determinação do percentual de infestação na folha.

As imagens das folhas de laranjeiras foram obtidas utilizando uma câmera fotográfica com padrão de cores RGB (Red, Green, Blue) (Figura 3a). Tendo em vista que o canal de cores HSL (Hue, Saturation, Luminance) (Figura 3b) possui melhor descrição das cores, por envolver

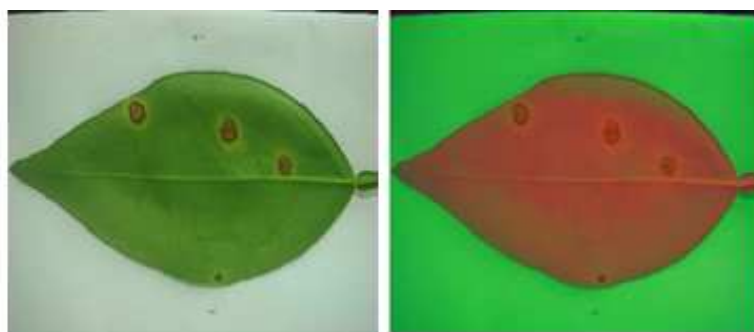


Figura 3a- Imagem canal RGB Figura 3b - Imagem canal
Fonte: autoria própria, 2011

atributos como tonalidade, matiz, saturação e brilho (GONZALEZ; WOODS, 2009), as imagens foram decompostas para HSL visando uma identificação mais coerente dos objetos para interpretação das doenças existentes.

Embora o processamento de imagens coloridas seja bastante utilizado, nos testes realizados as imagens apresentaram melhores resultados quando o modelo HSL foi dividido imagens distintas considerando cada um dos três canais (Figura 4). O sistema apresentou melhores resultados no reconhecimento dos objetos das imagens nos canais H e L, sendo que o canal H (Figura 4a) apresentou melhores resultados e baixa incidência de ruído na identificação da folha e o canal L (Figura 4c) no reconhecimento das doenças.



Figura 4a- canal H Figura 4b - Canal S Figura 4c - Canal L
Fonte: Autoria Própria, 2011

Por meio da técnica de limiarização, as imagens obtidas pelos canais H e L foram binarizadas fazendo com que os pixels de interesse (área foliar região de incidência da doença) se mantivessem na cor preta e o restante da área na cor branca, apresentando um contraste aparente (Figuras 5a e 5b).

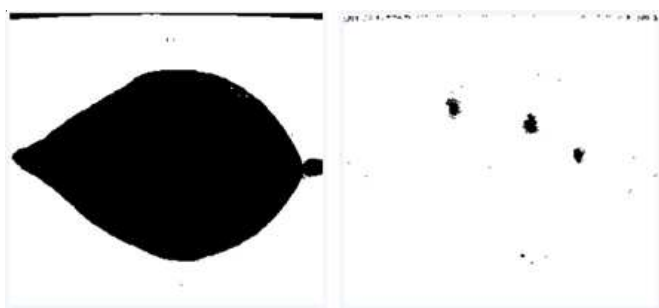


Figura 5a - Resultado da binarização no canal H
Fonte: Autoria própria, 2011

Figura 5b - Resultado da binarização no canal L

Apesar da conversão para um canal de cores mais adequado, reduzindo assim as taxas de ruído das imagens, podem ocorrer ruídos provenientes das condições de iluminação, que podem prejudicar o reconhecimento e interpretação dos objetos das imagens (GONZALEZ; WOODS, 2009). Para resolver esse problema foram utilizadas técnicas de morfologia matemática (erosão e dilatação) que apresentaram resultados satisfatórios na remoção de ruídos presentes nas imagens (Figuras 6a e 6b).

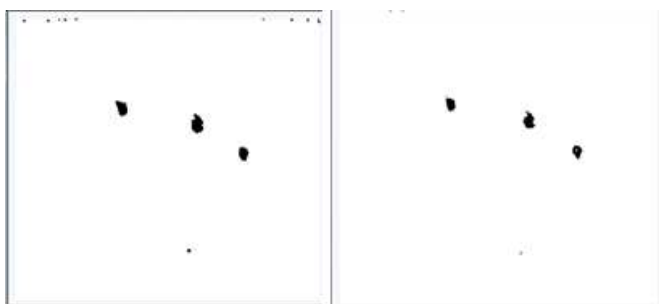


Figura 6a - Imagem Erodida
Fonte: Autoria própria, 2011

Figura 6b - Imagem Dilatada

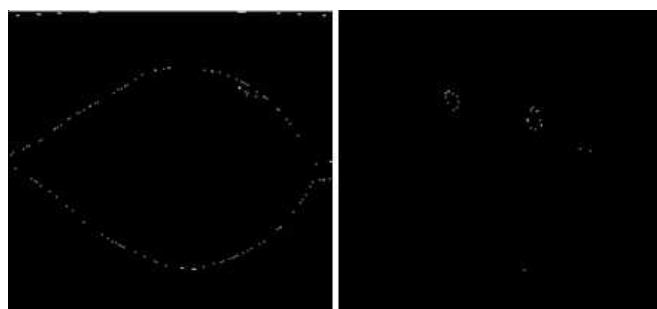


Figura 6a - Contorno da Folha Figura 6b - Contorno das doenças

Fonte: Autoria Própria, 2011

Após a filtragem de ruído, realizou-se a segmentação das imagens através da detecção de bordas, identificando assim a região da folha e a das doenças e permitindo a extração das características relevantes destas.

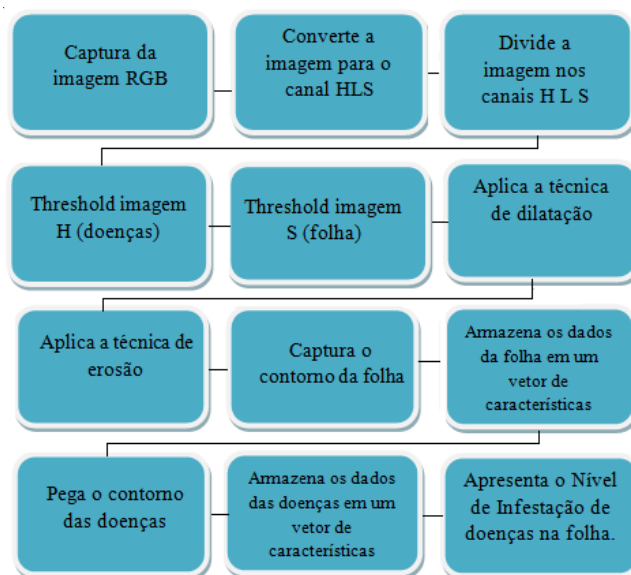


Figura 7 - Fluxograma de execução
Fonte: Autoria Própria, 2011

Considerando a necessidade de seguir vários procedimentos para identificação das doenças, foi elaborado o fluxograma (Figura 7) de execução do protótipo de software desenvolvido, sendo que o processo inicia-se com a captura da imagem por meio da câmera fotográfica, o sistema então faz o processamento permitindo a extração das características da folha e então são apresentados os resultados obtidos pelo processamento.

Em funcionamento (Figura 8), uma imagem da folha (com extensão JPEG) no padrão de cores RGB é carregada e a partir do processamento desta, são fornecidos os dados da folha que correspondem a área (obtido através das coordenadas $xMin$, $xMax$, $yMin$ e $yMax$)

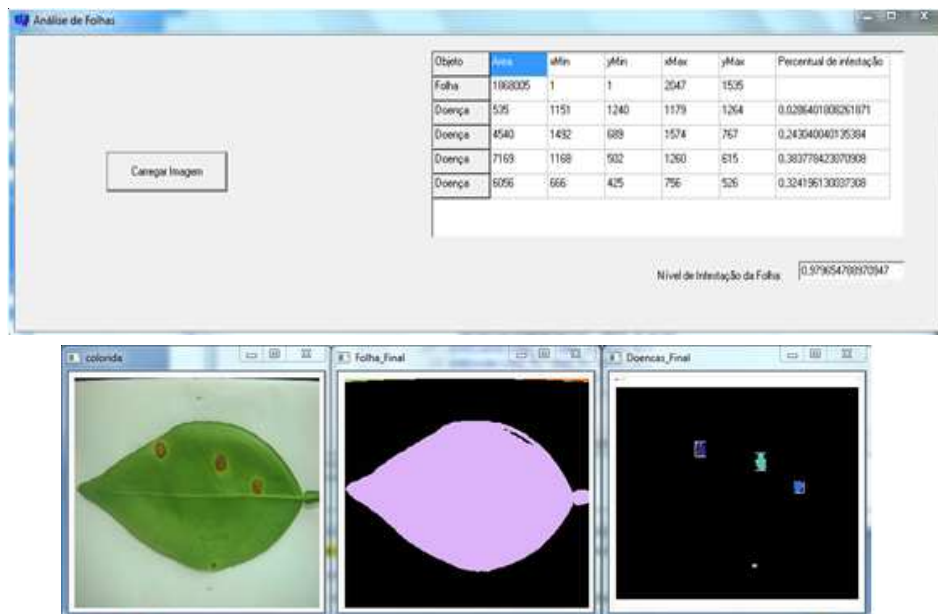


Figura 8 - Resultado do Processamento da folha
Fonte: Autoria Própria, 2011

e os dados das doenças, que correspondem ao percentual de infestação de cada doença com relação a folha e o nível de infestação de doenças total da folha analisada.

Na realização dos testes de confiabilidade, foram utilizadas 84 imagens, obtendo-se como resultado 96% de acerto na análise de incidência de infestação na folha, quando comparados ao método de análise visual.

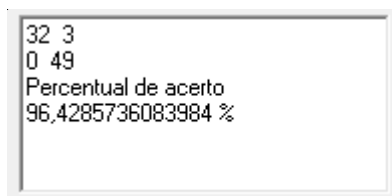


Figura 9 - Percentual de acerto apresentado pelo protótipo

Esses resultados são apresentados em uma matriz de confusão (Figura 9) de dimensões 2x2, em que o número de acertos para cada classe se localiza na primeira diagonal e os elementos da segunda diagonal representam erros de classificação, ou seja, de 35 imagens sadias (sem doenças), 32 foram corretamente classificadas (verdadeiros positivos) e as demais incorretamente classificadas como ruins (com presença de doenças) (falsos negativos). Das 49 imagens consideradas ruins nenhuma foi classificada incorretamente como boa (sadia), havendo então 49 verdadeiros negativos e ausência de falsos negativos

4. CONCLUSÕES

1) O software se mostrou eficiente na identificação da incidência de doenças nas folhas, além de apresentar o percentual de área foliar atingida por doenças;

2) A metodologia aplicada apresentou bons resultados nas imagens capturadas em ambientes com claridade, porém na presença de pouca claridade e intervenção de outros fatores externos o processamento da imagem foi comprometido, apresentando alto grau de ruído nas folhas analisadas;

3) O protótipo desenvolvido deverá servir como referência para auxiliar em estudos e desenvolvimento de novas ferramentas e desenvolvimento de equipamentos para coleta dos dados das folhas em campo.

5. REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, C. P.; VARELLA, C. A. A.; PINTO, F. A. C.; KHOURY JUNIOR, J. K. Quantificação da falha na madeira em juntas coladas utilizando técnicas de visão artificial. Revista *Árvore*. V.27, n.1, 2003.

BOTEON, M. Mercado Interno de frutas cítricas. Piracicaba, 1999. 84f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

BRAZILIAN FRUIT. Programa de promoção das exportações das frutas brasileiras e derivados. 2004. Disponível em <<http://www.brazilianfruit.org.br>>. Acesso em: 17 julho 2012.

CORDEIRO, M. B.; TINÔCO, I. F. F.; MESQUITA FILHO, R. M.; SOUSA, F. C. Análise de imagens digitais para avaliação do comportamento de pintainhos de corte. Revista *Engenharia Agrícola*. v.31, n.3, 2011.

CRUZ, E. S.; CARVALHO, D. F.; VARELLA, C. A. A.; SILVA, L. D. B.; SOUZA, W. J.; PINTO, F. A. C. Comparação de classificadores de imagens digitais na determinação da cobertura do solo. Revista *Engenharia Agrícola*. v.28, n.2, 2008.

FERREIRA, M.; MORAES, A. Tutorial OpenCV. 2007. Disponível em: <<http://www.tecgraf.puc-rio.br/~mal/f/opencv/index.htm>>. Acesso em: 31 maio 2011.

FUTCH, S. H.; TIMER, L. W. A Guide to Citrus Disease Identification. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 2001.

GOMES, J. M.; PINTO, F. A. C.; LUCIA, R. M. D.; KHOURY JUNIOR, J. K. Desenvolvimento e avaliação de um protótipo classificador de tábuas usando técnicas de visão artificial. Revista *Árvore*, v.32, n.5, 2008.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. Processamento de Imagens Digitais. 2. ed: São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009. 954 p.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, n.2, v.24, p.1-82, 2011.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, n.2, v.25, p.1-88, 2012.

JÚNIOR, L. F. de L. Práticas de C++ Builder. João Pessoa - Paraíba, 2001. Disponível em: <http://www.coinfo.cefetpb.edu.br/professor/leonidas/progr_amao3/praticas/Praticas-CBuilder.pdf>. Acesso em 05 agosto 2011.

KURNIAWATI, N. N.; ABDULLAH, S. N. H. S.; ABDULLAH, S. Soft Computing and Pattern Recognition. In: Internacional Conference of Digital Object Identifier, 2009, Malaysi. Proceedings... Malaysi: Faculty of Science and Technology, 2009. p.272-277.

MARENGONI, M.; STRINGHINI, S. Tutorial: Introdução à Visão Computacional usando OpenCV. Revista de Informática Teórica e Aplicada. V.16, n.1, 2009.

NOVELLI, M. D.; BARRETO, E.; MATOS, D.; SAAD, S. S.; BORRA, R. C. Aplicação do processamento de imagens por computador na quantificação das variáveis histopatológicas da reparação tecidual de anastomoses colólicas em cães. Revista da Associação Médica Brasileira. v.4, n.43, 1997.

PAULA FILHO, P. L.; TUSSET, A. M. Análise de cor para reconhecimento de espécies florestais. *ÁGORA: revista de divulgação científica*, v.16, n.2esp, 2009.

PEDRINI, H.; SCHWARTZ, W. R. Análise de Imagens Digitais - Princípios, Algoritmos e Aplicações. ed: São Paulo: Thomson., 2008. 501 p.

SENA JÚNIOR, D. G.; PINTO, F. A. C.; GOMIDE, R. L.; TEIXEIRA, M. M. Avaliação de métodos automáticos de limiarização para imagens de plantas de milho atacadas por Spodoptera Frugiperda. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.7, n.2, 2003.

SHIBA, M. H.; SANTOS, R. L.; QUINTANILHA, J. A.; KIM, H. Y. Classificação de imagens de sensoriamento remoto pela aprendizagem por árvore de decisão: uma avaliação de desempenho. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: INPE, 2005. p.4319-4326.

TEIXEIRA, E. F.; CICERO, S. M.; DOURADO NETO, D. Análise de imagens digitais de plântulas para avaliação do vigor de sementes de milho, Revista Brasileira de Sementes. v.28, n.2, 2006.

TREVELIN, E. C. Apostila de C++. 2007. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Disponível em <<http://www.dee.feis.unesp.br/graduacao/disciplinas/langcpp/index.php?pagina=modulo01>>. Acesso em 16 julho 2012.

UFRGS; UFMT. Galeria de Fotos. 2011. Universidade Federal de Mato Grosso - Instituto Universitário do Norte Matogrossense e Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Departamento de Fotossanidade. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/agrofitossan/galeria/tipos.asp?id_nome=3>. Acesso em 05 agosto 2011.

ZHANG, J.; ZHANG, W. Support Vector Machine For Recognition Of Cucumber Leaf Diseases. In: 2nd International Conference on Date of Conference, 2010, China. Proceedings ... China: Chinese Academic of Science, 2010. p.264-266.

Enviado em 12/12/2011

Aceito em 07/08/2012