

Aplicação de técnicas de processamentos de imagens para diferenciação do Greening de outras pragas**

Patricia Pedroso Estevam Ribeiro^{1*}, Maria Stela Veludo de Paiva^{2*},
Ricardo Yasushi Inamasu³, Lúcio André de Castro Jorge^{3*}

¹ Pós-graduando, Bolsista, Embrapa

² Professora, Departamento da Escola de Engenharia de São Carlos – EESC,
Universidade de São Paulo – USP, São Carlos, SP, Brasil

³ Pesquisador, Embrapa Instrumentação de São Carlos, SP, Brasil

*e-mail: patriciapedrosoestevam@hotmail.com; mstela@eesc.usp.br; lucio@cnpdia.embrapa.br

**Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor

Resumo: O greening é uma das mais graves doenças dos citros no Brasil. Causada pela bactéria *Candidatus Liberibacter spp.* é transmitida pelo inseto psíldeo *Diaphorina citri*, que ao se alimentar de uma planta doente transmite a doença às demais plantas. O greening apresenta manchas amareladas nas folhas, muitas vezes confundidas com deficiências nutricionais. A erradicação da planta e o controle do inseto transmissor são as únicas formas de prevenção. Atualmente, a determinação da severidade dessa doença e a proporção da área foliar manchada são feitas de forma visual. Este fato levou à proposta de desenvolvimento de um software que permita analisar imagens digitalizadas de folhas cítricas sintomáticas, quantificando a severidade das manchas e identificando a probabilidade desta ser o greening ou outras doenças similares. Foram fornecidas pela empresa FISHER 324 amostras de folhas cítricas. Estas amostras foram digitalizadas por um scanner de mesa, e em seguida, foi realizada uma segmentação por cor sobre as imagens digitalizadas, fazendo uso de uma rede neural artificial (RNA) *Perceptron Multicamada (PMC)* com algoritmo *backpropagation*. Os pixels da imagem RGB foram utilizados como entrada para a RNA PMC, para segmentar as manchas amarelas, do fundo verde da folha, e as áreas marrom com alguma necrose. As folhas foram divididas em quadrantes para análise, e foi calculada a porcentagem de cada classe. Com os dados gerados será definida uma técnica para diferenciar o greening das outras pragas, gerando uma escala diagramática para o usuário final. A metodologia para segmentar as folhas, separando as manchas amarelas, marrons e verdes, usando RNA PMC, mostrou ser adequada para o objetivo proposto.

Palavras-chave: escala diagramática, greening, métodos de segmentação por cor.

Application of image processing techniques to differentiate Greening from other pests

Abstract: The greening is one of the most serious diseases of citrus orchards present in Brazil. Caused by the bacterium *Candidatus spp. Liberibacter*, it is transmitted by the psyllid insect *Diaphorina citri*, and this insect feeding on a diseased plant, it transmits the disease to other plants. The greening presents as a symptom, yellowish spots on leaves, often confused with nutritional deficiencies. The eradication of plant and insect control transmitter are the only forms of prevention. Currently, determining the severity of the disease and the proportion of leaf area spotted are done visually. This fact led to the proposal of develop a software for analyzing images of symptomatic citrus leaves, quantifying the severity of the stains and identifying the likelihood of this being the greening or other similar diseases. The company FISHER provided 324 citrus leaf samples. These samples were scanned by a flatbed scanner and then, it was performed a segmentation by color on the scanned



images, using an artificial neural network (ANN) Multilayer Perceptron (MLP) with backpropagation algorithm. The RGB image pixels were used as input to the ANN MLP neural network to segment the yellow stains from the bottom of the green leaf, and brown areas showing necrosis. The leaves were divided into quadrants for analysis, and calculated the percentage of each class. With the data generated will be defined a technique to differentiate the greening of other pests, creating a diagrammatic scale for the end user. The methodology to segment the leaves, separating the yellow spots, brown and green, using ANN MLP, proved to be suitable for the proposed objective.

Keywords: diagrammatic scale, greening, segmentation methods by color.

1. Introdução

No Brasil, a produção de laranjas tanto para suco como para o consumo *in natural* vem crescendo em todo o país, com a produção estimada para os anos 2009 a 2010, de 318,6 milhões de caixas de 40,8 kg, sendo que deste montante 83,4% foi destinada à indústria e 16,6% para o consumo (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA, 2010) e para os anos de 2011 a 2012 estima-se 357 milhões de caixas (FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011). Apesar desta grande quantidade de plantas cítricas estarem expostas durante todo ano a vários ataques de pragas e doenças, somados à variabilidade genética muito baixa, conduzem à ocorrência de epidemias de doenças conhecidas e novas doenças, abalando a sustentabilidade do agronegócio.

Dentre essas doenças o greening, afeta todas as variedades cítricas e é umas das doenças que tem causado maior preocupação, sendo considerada atualmente a mais grave doença dos citros no mundo (BOVÉ, 2006). Causada pela bactéria *Candidatus Liberibacter spp.* é transmitida pelo inseto psilídeo *Diaphorina citri*, que ao se alimentar de uma planta doente transmite a doença às demais plantas. Por não possuir cura ou tratamento ou variedade porta-enxerto resistente à doença seu controle é realizado através de inspeção constante da plantas e do inseto transmissor. Os métodos existentes atualmente mais utilizados para diagnosticar a doença, pode-se citar o método de inspeção visual e a análise do PCR (*Polymerase Chain Reaction*) (INNIS et al., 1990). O PCR é um dos métodos, com maior precisão no diagnóstico, apesar de um método

caro e demandar tempo para análise. A inspeção visual é efetuada por técnicos treinados com dedicação exclusiva às inspeções que devem ser realizada periodicamente segundo o manual técnico da Fundecitrus (2010), num intervalo de dois meses, com a detecção e eliminação imediata de todas as plantas identificadas com o sintoma, embora observou-se a variação dos resultados, não somente entre as equipes, mas também entre as inspeções realizadas pela mesma equipe (BELASQUE JUNIOR et al., 2010). Destacando-se que a diferença de mensuração entre os inspetores depende da habilidade e condições físicas de cada um para discriminar o nível da doença na folhas. Buscando reduzir a subjetividade das estimativas de severidade entres os inspetores, melhorando a acurácia e precisão, levou o objetivo de desenvolver um software, que permitia analisar imagens de folhas sintomáticas digitalizadas, quantificando a severidade das manchas e identificando a probabilidade desta ser greening ou outras doenças com sintomas similares, nas folhas de citros, possibilitando gerar uma estimativa da propagação da doença no pomar de citros.

2. Material e métodos

Foram fornecidas pela empresa FISHER 324 amostras, divididas em seis tipos de folhas de citros com sintomas de doenças e deficiência nutricional, contendo 54 amostras para cada tipo de doença (Greening, CVC e Rubelose) e deficiência nutricional (Manganês, Magnésio e Zinco). Estas amostras foram selecionadas por um técnico agrônomo denominado pragueiro,

que identificou os sintomas, apenas por meio da inspeção visual, segundo instruções do manual técnico do greening, fornecido pela Fundecitrus (2009).

Para evitar problemas na segmentação das imagens devida à iluminação, as amostras foram digitalizadas por um scanner de mesa, com resolução de 100 DPI, e dimensão de 400×200 pixels, no modelo de cores RGB, utilizando somente a parte frontal da folha. Para evitar o cálculo de porcentagem de área foliar incorreta foi retirado o caule das folhas.

O software foi desenvolvido em linguagem *Java* no ambiente de desenvolvimento integrado *Netbeans*. Para o processamento das imagens utilizou-se a biblioteca *Imagem*, desenvolvida no laboratório de imagens e modelamento da Embrapa Instrumentação, a biblioteca *ImageJ*, a API da *Jai* (*Java Advanced Imaging*), a API da *Jxl* (*Java Excel*) para gerar as tabelas com o resultado em Excel.

A Figura 1 apresenta as etapas de desenvolvimento para este trabalho: aquisição das imagens foliares; pré-processamento das imagens; treinamento da RNA; segmentação por cor; divisão da folha em quadrantes; aplicação da técnica para diferenciar o greening das outras pragas e geração da escala diagramática.

Neste trabalho foi utilizada uma RNA do tipo *Perceptron* multicamada (PMC) com o algoritmo

backpropagation, da API do *toolbox Weka* (2010), com o objetivo de realizar a segmentação da imagem por cor. Foram utilizadas três entradas, nas quais foram aplicadas as componentes de cor RGB de cada *pixel*; e três neurônios na saída que fornecem a porcentagem para cada classe de cor (verde, amarelo e marrom), representando as cloroses com a cor amarela, a folha com o verde e marrom para as necroses ou lesões. A classe foi definida, selecionando-se manualmente pixels da região da imagem pertencente à classe em questão, indicando o valor da saída a ser treinada. Para os testes, foram aplicadas nas entradas da RNA somente as informações referentes à folha, delimitada pelo contorno. Para que a segmentação fosse visualizada, foram atribuídas pseudocores para representar cada padrão, sendo amarelo para clorose, verde para folha sadia e marrom para as necroses ou lesões.

3. Resultados e discussão

Devido às manchas de greening apresentarem a cor amarela assimetricamente, foi proposta a divisão da folha em quadrantes para se determinar a porcentagem de cada cor utilizada em cada quadrante. Para a divisão da folha em quadrantes, foi determinado o centro de massa na coordenadas (xCM, yCM) e os pontos delimitadores do

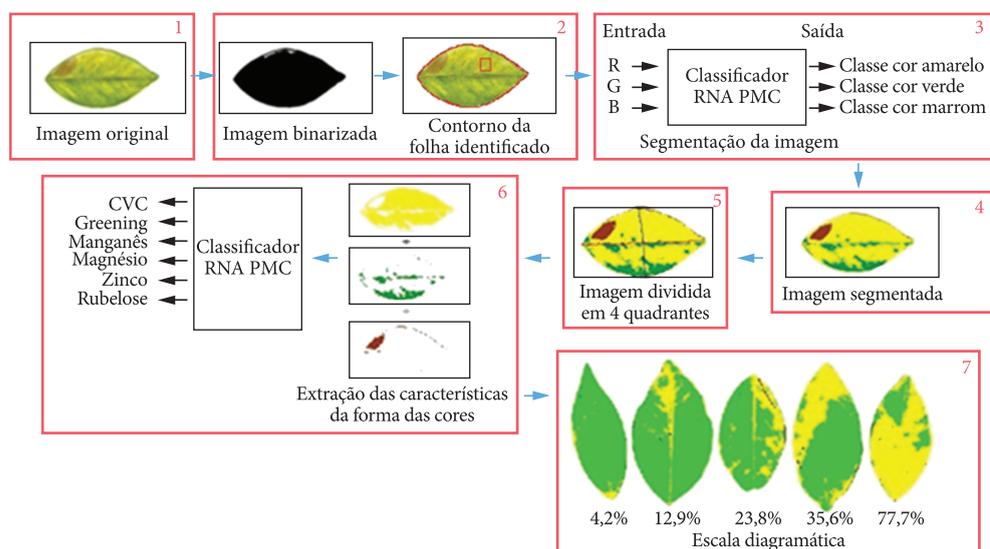


Figura 1. Etapas de desenvolvimento do trabalho.

momento central (α_{\min} , α_{\max} , β_{\min} e β_{\max}), conforme apresentado na Figura 2.

Para calcular os níveis de severidade serão considerados os valores de máximo e de mínimo de proporção de área foliar manchada com a cor amarela, como os limites da escala diagramática. Serão utilizados cinco níveis de severidade das doenças analisadas, conforme padrão adotado em campo pela FISCHER. As escalas diagramáticas foram geradas manualmente, para cada tipo de doença baseando-se nos resultados preliminares obtidos com a RNA PMC. A Figura 3a apresenta a escala diagramática da doença CVC, com os seguintes níveis de severidade: 56,69, 43,10, 27,86, 13,12 e 0,077%. Observa-se nas folhas a presença de pequenas manchas amareladas e irregulares,

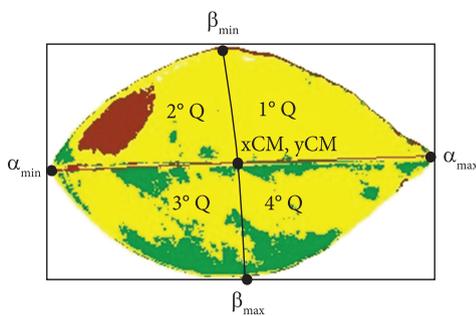


Figura 2. Imagem segmentada em quadrantes.

e lesões na cor marrom. A Figura 3b apresenta a escala diagramática para a deficiência de Magnésio, com os seguintes níveis de severidade: 57,27, 42,31, 28,87, 13,02 e 0,23%. Observa-se nas folhas o amarelecimento em forma de “V” invertido. A Figura 3c apresenta a escala diagramática para a deficiência de Manganês, com os seguintes níveis de severidade: 13,52, 9,81, 0, 6,71 e 3,54%. Observa-se nas folhas que as manchas são menores entre as nervuras, sendo menos acentuadas que na deficiência de Magnésio, além de serem distribuídas de uma forma mais simétrica. A Figura 3d apresenta a escala diagramática para a deficiência de zinco, com os seguintes níveis de severidade: 74,07, 54,247, 35,43, 17,56 e 3,05%. Observa-se que as folhas apresentam clorose acentuada do limbo entre as nervuras. A Figura 3e apresenta a escala diagramática para o greening, com os seguintes níveis de severidade: 83,34, 39,34, 28,93, 12,86 e 0,003%. Observa-se nas folhas a clorose assimétrica. A Figura 3f apresenta a escala diagramática para a Rubelose, com os seguintes níveis de severidade: 83,03, 65,22, 42,06, 21,87 e 0,307%. Observa-se nas folhas manchas amarelas com lesões.

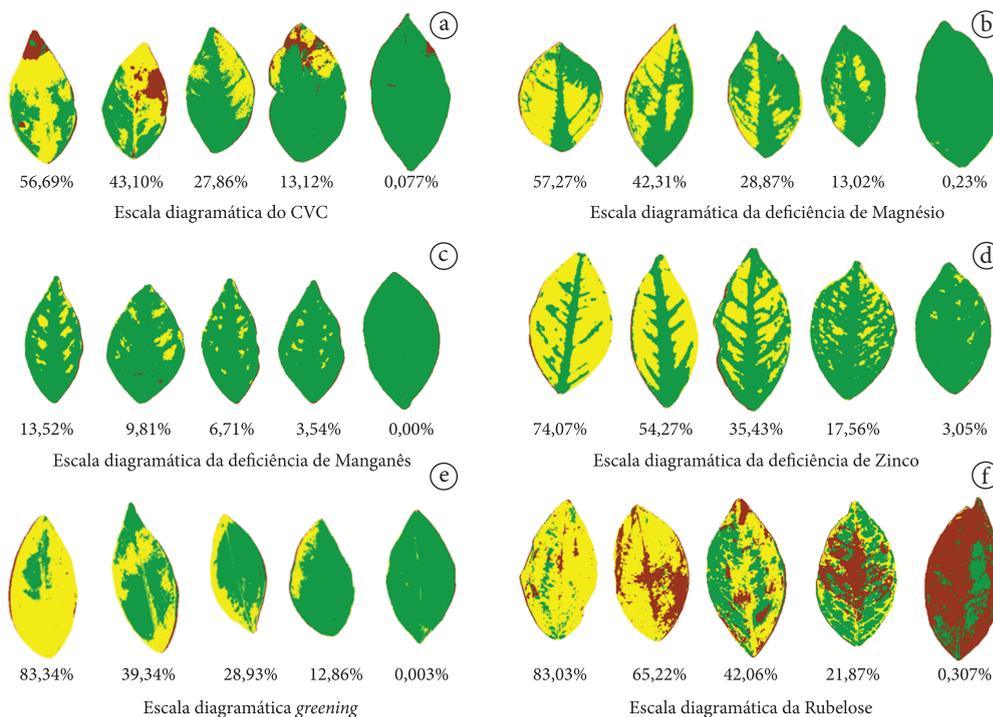


Figura 3. Escalas diagramáticas.

4. Conclusões

A proposta deste trabalho é aplicar técnicas de processamento de imagens em folhas de citros digitalizadas, para diferenciar o greening de outras pragas.

Até o presente momento foi montado um banco de imagens digitalizadas de folhas de citros, contendo seis tipos de doenças (CVC, deficiência de Manganês, deficiência de Magnésio, deficiência de Zinco, greening e Rubelose), com 54 amostras de folhas para cada doença. As imagens digitalizadas foram binarizadas e em seguida foi determinada a contorno da folha em cada imagem. O contorno foi aplicado na imagem original, e na imagem resultante foi realizada a segmentação por cor usando RNA PMC, que mostrou ser adequada, com acurácia de 96,04%. Em seguida a imagem foi dividida em quadrantes para possibilitar uma análise inicial para diferenciar a variação das manchas em cada quadrante, para cada doença. A próxima etapa do trabalho consistirá na avaliação das tabelas levantadas nos para definir uma técnica que permita diferenciar o greening de outras pragas, e posteriormente construir a escala diagramática.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro do CNPq (processo 578627/2008-6) e o fornecimento das amostras de foliares pela empresa FISHER.

Referências

BELASQUE JUNIOR, J.; YAMAMOTO, P. T.; MIRANDA, M. P.; BASSANEZI, R. B.; AYRES, A. J.; BOVÉ, J. M. Controle do *huanlongbing* no estado de São Paulo, Brasil. **Citrus Research & Technology**, v. 31, n. 1, p. 1-100, 2010.

BOVÉ, J. M. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology**, v. 88, p. 7-37, 2006.

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DE SÃO PAULO - FAESP; SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL - SENAR. **Produção em laranja de SP deve subir 20% em 2011**. FAESP, 2011. Disponível em: <<http://www.faespsenar.com.br/geral/noticias-do-agronegocio/detalhe/producao-em-laranja-de-sp-deve-subir-20-em-2011/3543>>. Acesso em: 05 abr. 2011.

FUNDECITRUS. **Greening**: manual técnico. Araraquara: Fundecitrus, 2009. Disponível em: <<http://www.fundecitrus.com.br/ImageBank/PageFlip/pageflip.aspx?idPage=143>>. Acesso em: 29 abr. 2011.

_____. **Greening atinge 38,8% dos talhões dos pomares paulistas**. Araraquara: Fundecitrus, 2010. Disponível em: <<http://www.fundecitrus.com.br/Noticias/31.08.10--Greening-atinge-38,8--dos-talhoes-dos-pomares-paulistas,136>>. Acesso em: 04 jan. 2011.

INNIS, M. A.; GELFAND, D. H.; SNINSKY, J. J.; WHITE, T. J. (Eds.). **CR Protocols**: A guide to methods and applications. Academic Press: San Diego, 1990.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Divulgação da safra paulista de laranja 2009/10**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=12002>>. Acesso em: 28 dez. 2010.

WEKA. Disponível em: <<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>>. Acesso em: 29 abr. 2011.