

## Uma ferramenta semiautomática para medição da área de lesões de Mancha Alvo em folhas de café





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Informática Agropecuária  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Documentos 140**

## **Uma ferramenta semiautomática para medição da área de lesões de Mancha Alvo em folhas de café**

*Jayme Garcia Arnal Barbedo*

## **Embrapa Informática Agropecuária**

Av. André Tosello, 209 - Barão Geraldo  
Caixa Postal 6041 - 13083-886 - Campinas, SP  
Fone: (19) 3211-5700  
www.embrapa.br/informatica-agropecuaria  
SAC: www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

### **Comitê de Publicações**

Presidente: *Giampaolo Queiroz Pellegrino*

Secretária: *Carla Cristiane Osawa*

Membros: *Adhemar Zerlotini Neto, Stanley Robson de Medeiros Oliveira, Thiago Teixeira Santos, Maria Goretti Gurgel Praxedes, Adriana Farah Gonzalez, Neide Makiko Furukawa, Carla Cristiane Osawa*

Membros suplentes: *Felipe Rodrigues da Silva, José Ruy Porto de Carvalho, Eduardo Delgado Assad, Fábio César da Silva*

Supervisor editorial: *Stanley Robson de Medeiros Oliveira, Neide Makiko Furukawa*

Revisor de texto: *Adriana Farah Gonzalez*

Normalização bibliográfica: *Maria Goretti Gurgel Praxedes*

Editoração eletrônica/Arte capa: *Neide Makiko Furukawa*

Imagens capa: <[www.revistacampoenegocios.com.br](http://www.revistacampoenegocios.com.br)> (esquerda); <[www.3rlab.com.br](http://www.3rlab.com.br)> (direita acima); <[www.revistaagropecuaria.com.br](http://www.revistaagropecuaria.com.br)> (direita abaixo)

### **1ª edição**

publicação digitalizada 2016

#### **Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa Informática Agropecuária**

---

Barbedo, Jayme Garcia Arnal.

Uma ferramenta semiautomática para medição da área de lesões de mancha alvo em folhas de café / Jayme Garcia Arnal Barbedo. - Campinas : Embrapa Informática Agropecuária, 2015.

18 p. : il. ; cm. - (Documentos / Embrapa Informática Agropecuária, ISSN 1677-9274; 140).

1. Doença de planta. 2. Café. 3. Processamento de imagem digital.  
I. Embrapa Informática Agropecuária. II. Título. III. Série.

CDD 006.6 (21.ed.)

---

© Embrapa 2016

# Autor

**Jayme Garcia Arnal Barbedo**

Engenheiro eletricista, doutor em Engenharia Elétrica

Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP



# Apresentação

A maneira mais simples de estimar de maneira objetiva a severidade de doenças em plantas é medir a área dos sintomas associados. Em muitos casos, essa medição é feita manualmente, em um processo que é ao mesmo tempo demorado e sujeito a erros relacionados à subjetividade inerente ao processo. Em anos recentes, métodos totalmente automáticos baseados em processamento digital de imagens têm sido propostos. Apesar de o desempenho desses métodos ser suficientemente bom para aplicações menos exigentes (como os sistemas de alerta que necessitam apenas de uma estimativa aproximada da infestação), eles ainda não são suficientemente confiáveis para aplicações que requerem estimativas mais acuradas.

Como resultado, a fim de obter estimativas mais confiáveis, normalmente é aconselhável combinar ferramentas que fornecem certo grau de automação com alguma intervenção humana para refinar as estimativas e corrigir potenciais problemas. Algumas ferramentas de processamento de imagens de propósito geral, como ImageJ e Assess, podem prover isso até certo ponto, porém estas não foram otimizadas para propósitos específicos como aquele abordado neste texto. Nesse contexto, este documento apresenta uma ferramenta semiautomática que requer apenas algumas poucas interações com o usuário para medir lesões associadas com a doença mancha-alvo em folhas de café. O programa usa somente técnicas simples de processamento digital de imagens, e suas funcionalidades foram desenvolvidas com base em várias rodadas de interações com potenciais usuários. Sua interface foi projetada especificamente para guiar o usuário e evitar possíveis erros de uso ao longo do processo. A ferramenta proposta pode ser facilmente adaptada para outras doenças e espécies de plantas, e pode ser obtida no endereço <[goo.gl/p3gDKI](http://goo.gl/p3gDKI)>.

***Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá***

Chefe-geral

Embrapa Informática Agropecuária



# Sumário

<b>Introdução .....</b>	<b>9</b>
<b>Base de imagens .....</b>	<b>10</b>
<b>Programa .....</b>	<b>10</b>
<b>Resultados e discussão.....</b>	<b>14</b>
<b>Conclusão .....</b>	<b>17</b>
<b>Referências .....</b>	<b>18</b>



# Uma ferramenta semiautomática para medição da área de lesões de Mancha Alvo em folhas de café

---

*Jayme Garcia Arnal Barbedo*

## Introdução

A medição de sintomas de doenças em folhas de plantas é importante para determinar a severidade da desordem, bem como para conduzir pesquisas envolvendo a análise do comportamento da doença. Este documento apresenta uma ferramenta semiautomática projetada especificamente para medir lesões causadas pela doença mancha alvo (causada pelo fungo *Corynespora cassiicola*) em folhas de café. O algoritmo é conceitualmente simples e fácil de implementar, e tem uma interface que guia o usuário pelo processo, evitando assim possíveis erros que poderiam prejudicar os resultados. Como será visto mais adiante, testes mostraram que a ferramenta proposta segmenta e mede lesões de mancha alvo de maneira rápida e confiável, sendo uma boa opção em relação às ferramentas existentes (ABRAMOFF et al., 2004; BARBEDO, 2014, 2016; BOISSARD et al., 2008; CAMARGO; SMITH, 2009; CONTRERAS-MEDINA, 2012; LAMARI, 2002; LLORET et al., 2011; ZHOU et al., 2011). Adicionalmente, ela pode ser facilmente adaptada para outras espécies de plantas e para qualquer tipo de lesão com bordas razoavelmente bem definidas.

## Base de imagens

A base de dados usada neste trabalho é composta por 20 imagens de folhas de café afetadas pela mancha-alvo com diferentes graus de severidade. As imagens foram capturadas em laboratório, sob condições controladas de iluminação. Elas foram codificadas usando o padrão jpeg (alta qualidade), quantizadas com 8 bits e armazenadas usando o espaço de cor RGB.

## Programa

A Figura 1 mostra a interface completa da ferramenta proposta, em conjunto com um exemplo de imagem usada neste trabalho. No primeiro passo, o usuário escolhe a imagem a ser analisada (botão “Carregar Imagem”). A Figura 1 mostra todos os botões simultaneamente para fins de ilustração, porém eles só se tornam visíveis ao usuário nos momentos apropriados. Os botões “Limpar”, “Ampliar” e “Reduzir” são sempre visíveis e podem ser usados sempre que necessário.

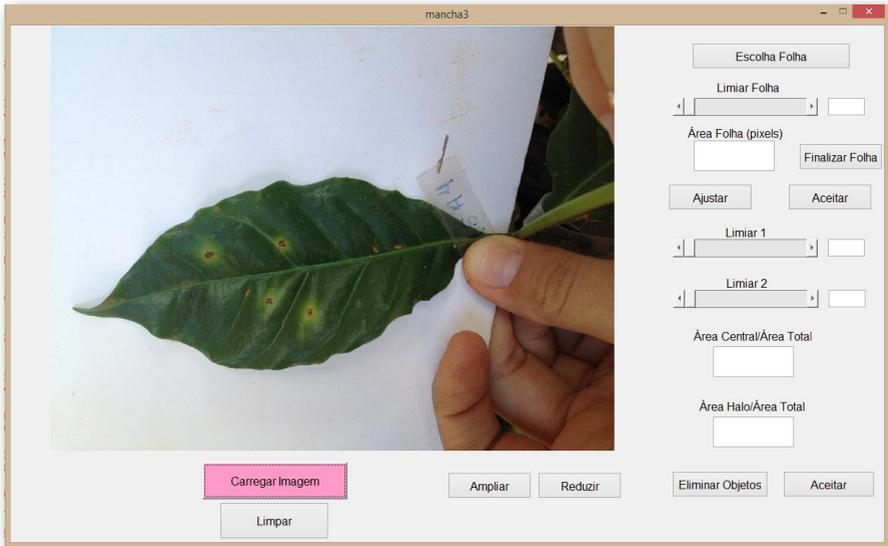
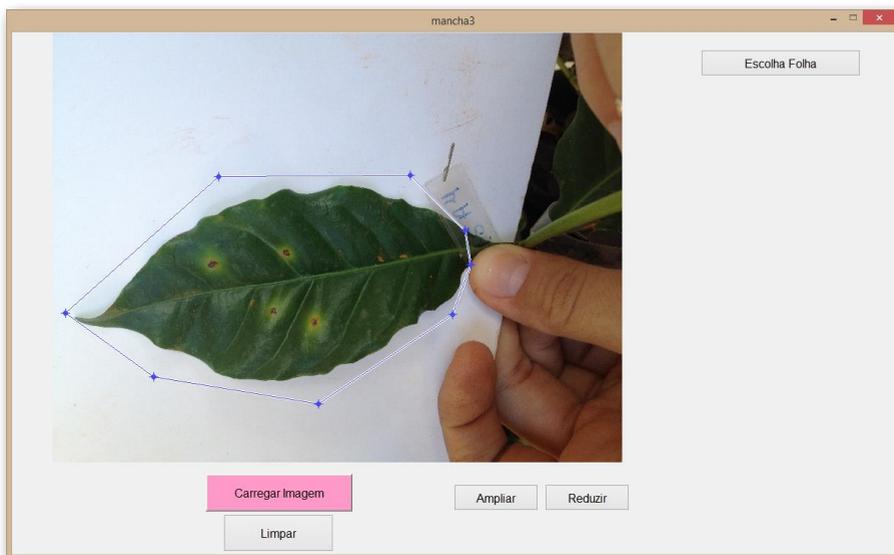


Figura 1. Interface da ferramenta proposta.

A seguir, o usuário é solicitado a delinear a folha de maneira aproximada, através da definição de vértices de um polígono que envolva a folha (botão “Escolha Folha”, ver Figura 2). Este passo visa eliminar elementos de fundo capazes de causar problemas durante a segmentação, o que é especialmente importante se não há um anteparo isolando a folha de outros objetos. Todos os pixels fora do polígono assumem valor 0, e o usuário pode agora escolher um limiar que efetivamente segmente a folha do resto da cena (botão “Limiar Folha”). Este limiar é aplicado ao canal H do espaço de cor HSV (matiz, saturação e valor ou brilho), o qual é obtido através de uma transformação RGB-HSV padrão. Este canal foi escolhido porque oferece bom contraste entre folha e fundo. À medida que o usuário muda o limiar, uma linha vermelha é traçada ao redor da folha, cuja área em pixels é mostrada no respectivo campo (ver Figura 3). Quando o usuário está satisfeito com o resultado, o botão “Finalizar Folha” pode ser pressionado.

A folha é então isolada completamente do resto da cena, e o usuário é solicitado a escolher a lesão mais representativa na folha (Figura 4).

O programa então amplia a região selecionada, mostrando a segmentação da parte central e do halo da lesão. A primeira segmentação é realizada



**Figura 2.** Delineamento aproximado da folha pelo usuário.

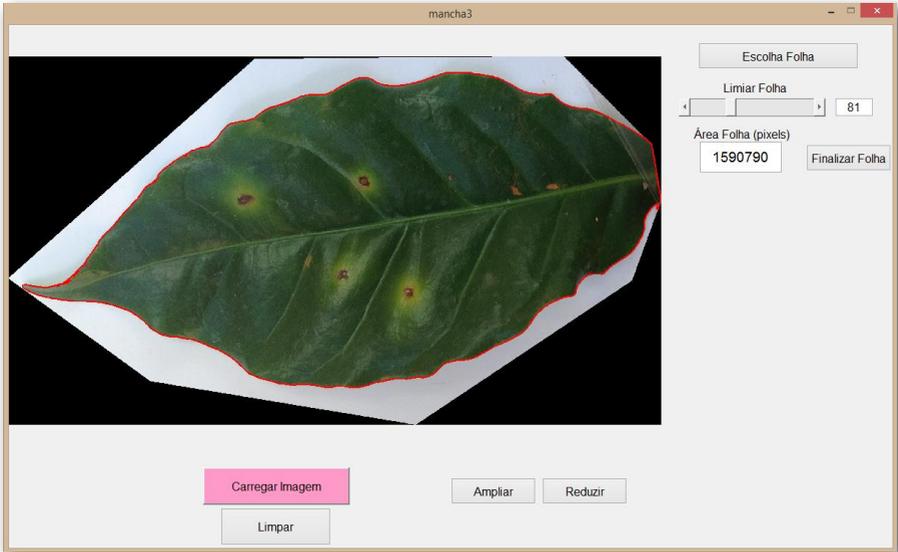


Figura 3. Delineamento definitivo da folha por limiarização.

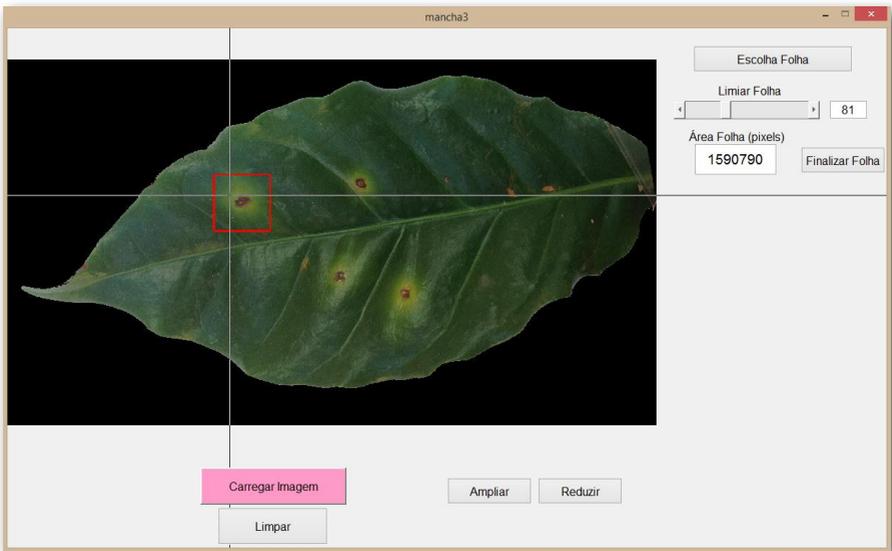
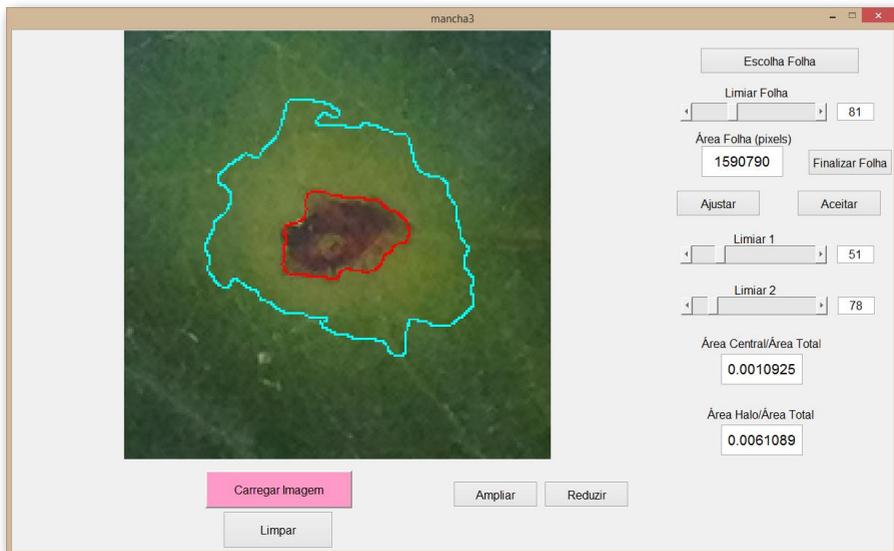


Figura 4. Escolhendo a lesão mais representativa.

usando os limiares adotados na última vez que o programa foi utilizado, a fim de aumentar a probabilidade de que este primeiro limiar seja o ideal. Esta limiarização é também aplicada ao canal de cor H. O usuário pode aceitar a segmentação (botão “aceitar”), ou pode ajustar os limiares para obter a segmentação desejada. O processo é ilustrado na Figura 5. Pode-se notar que o programa mostra, em campos específicos, as proporções da folha ocupadas por ambas as regiões (centro e halo).



**Figura 5.** Segmentação da lesão selecionada.

Uma vez que a segmentação para a lesão de referência é completada, o programa automaticamente detecta todas as outras lesões aplicando o limiar selecionado para a parte central, mostrando então o resultado para o usuário (Figura 6). Neste ponto, o usuário pode eliminar detecções espúrias (botão “Eliminar Objetos”) ou aceitar os resultados. A opção de incluir lesões não detectadas não foi incluída porque, nos testes, o algoritmo não deixou de detectar uma única lesão.

Finalmente, o programa agrega as áreas (em pixels) dos centros e halos obtidas para todas as lesões. Essas áreas, quando divididas pela área total da folha, revela o grau de severidade da doença. Esses quatro valores

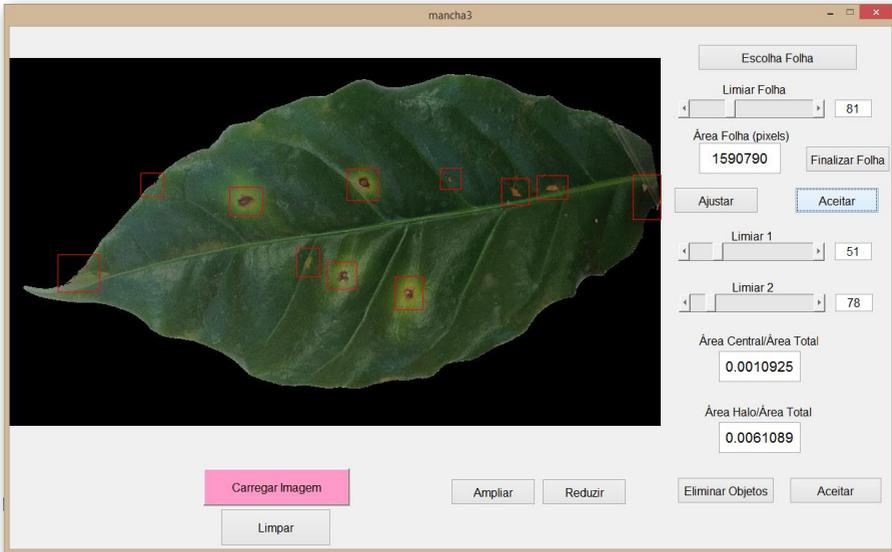


Figura 6. Lesões detectadas são mostradas ao usuário.

são salvos em um arquivo .csv que pode ser aberto em qualquer planilha eletrônica.

A ferramenta descrita aqui foi aplicada ao problema específico da medição de lesões de mancha-alvo em folhas do cafeeiro, o qual tem a particularidade de ter duas regiões diferentes que devem ser medidas. É importante destacar, contudo, que o programa pode ser aplicado a qualquer outro tipo de lesão, desde que a folha seja verde (o que quase sempre é o caso) e que as lesões tenham cores variando do amarelo ao marrom escuro. Na verdade, os únicos tipos de sintomas com as quais o programa proposto ainda não consegue lidar são aquelas que se apresentam na forma de um pó, como míldio e oídio. Esta afirmação é suportada pelos resultados obtidos, os quais são mostrados na próxima seção.

## Resultados e discussão

Há dois aspectos do programa proposto que, em princípio, poderiam ser analisados de maneira quantitativa: a segmentação da folha e a estimação

da área. Testes para medir a qualidade da segmentação da folha podem ser facilmente conduzidos, uma vez que as bordas das folhas podem ser facilmente definidas manualmente e usadas como referência (ground-truth). Por outro lado, a definição manual das bordas exatas das lesões não é possível, uma vez que estas, em geral, vão desaparecendo gradualmente até se chegar ao tecido saudável (BARBEDO, 2016). Nesse caso, não há referência absoluta, o que significa que uma análise rigorosa do desempenho do algoritmo a este respeito não é possível de ser conduzida.

A segmentação da folha normalmente é direta, com o limiar ideal delineando a folha perfeitamente. Porém, em cerca de 15% dos casos, a folha possui pequenas irregularidades capazes de projetar sombras ao redor desta. Essas sombras podem ser detectadas pelo algoritmo como parte da folha se o limiar adotado é muito alto. Por outro lado, se o limiar é muito baixo, partes da folha podem ser descartadas. É importante notar que erros na segmentação da folha não têm impacto na medição das lesões, porém eles influenciam a estimativa da área da folha. Apesar desses desvios normalmente serem pequenos (quase sempre menos de 1% da superfície da folha), é recomendável que o usuário busque um balanço entre falsos positivos e falsos negativos, a fim de que a área estimada seja a mais acurada possível.

Todas as imagens contendo sintomas de mancha-alvo usadas neste trabalho possuíam um anteparo atrás das folhas. Se as folhas não são isoladas de outros elementos capazes de perturbar a segmentação, pode ser necessário ou remover manualmente o fundo antes de submeter a imagem ao programa, ou realizar uma definição fina do polígono ao redor da folha, conforme descrito na seção anterior, em um processo que pode tomar algum tempo. Assim, é aconselhável que a folha seja isolada do restante da cena sempre que possível, a fim de poupar tempo.

Como comentado anteriormente, é quase impossível avaliar a segmentação das lesões realizada pelo programa de maneira quantitativa, uma vez que, em geral, as lesões não têm bordas bem definidas capazes de delinear claramente um alvo a ser perseguido. Porém, é possível analisar o processo qualitativamente. Em resumo, foi investigado se seria sempre possível ir de encontro às expectativas dos usuários, isto é, se ajustando os dois valores de limiar o usuário seria sempre capaz de obter uma segmentação tão boa quanto aquela que poderia ser alcançada manualmente usando

uma caneta ou um marcador. Testes foram realizados com dois potenciais usuários, os quais apontaram que, com exceção de alguns poucos casos para os quais pequenas diferenças entre os limites idealizados e aqueles oferecidos pelo programa não puderam ser evitadas, a ferramenta foi bem-sucedida em substituir o procedimento manual. É importante destacar que essas diferenças eventuais tiveram pouco impacto no cálculo final da área (sempre menos de 1%).

Como descrito na seção anterior, em um dos passos do programa o usuário pode identificar e eliminar lesões detectadas que na verdade não deveriam ser consideradas. Na aplicação considerada neste artigo, em particular, as únicas regiões sugeridas pelo programa que tiveram que ser descartadas foram aquelas causadas por outras doenças que não a mancha-alvo. Este procedimento adicionou apenas alguns poucos segundos ao processo, tendo pouco impacto na usabilidade da ferramenta.

Como comentado anteriormente, a fim de testar as capacidades de generalização da ferramenta, esta foi testada com imagens contendo sintomas de 82 doenças presentes em 12 diferentes espécies de plantas. O desempenho do algoritmo para quase todos os casos testados foi tão boa ou melhor que aquele observado para a mancha-alvo. Isto ocorreu por duas razões: primeiro, a maioria das doenças causa algum tipo de necrose que produz sintomas visuais razoavelmente similares, variando do amarelo ao marrom escuro, exatamente como as lesões observadas para a mancha-alvo; segundo, na maioria dos casos o problema foi na verdade mais simples, com as lesões apresentando características razoavelmente semelhantes, em contraste com as lesões de duas regiões produzidas pela mancha-alvo. As únicas doenças que não puderam ser tratadas de maneira adequada foram aquelas que se manifestam como um pó, como míldio e oídio. Apesar disso, o programa mostrou uma grande robustez a diferentes tipos de sintomas.

O principal objetivo do programa proposto neste artigo foi fornecer uma maneira rápida de medir as áreas de lesões em folhas. Nesse contexto, a análise final comparou os tempos requeridos para medir as áreas manualmente e usando o programa. As mesmas 20 imagens foram analisadas pelas mesmas duas pessoas nos dois casos. As imagens foram selecionadas de maneira a incluir diferentes quantidades de lesões em diferentes estágios de desenvolvimento. As medidas manuais foram realizadas usando

papel milimetrado e marcadores. Ambos os usuários foram treinados antes da realização dos testes com o programa. O tempo médio gasto pelos usuários são mostrados na Tabela 1, em conjunto com os respectivos desvios padrão.

**Tabela 1.** Tempo gasto para medir as áreas das lesões (em segundos).

	Média	Desvio padrão
<b>Manual</b>	459,9	144,9
<b>Programa</b>	79,2	5,0

Pode-se observar que o programa foi, em média, cinco vezes mais rápido que a abordagem manual. Além disso, seu desvio padrão foi muito baixo, porque o tempo gasto foi

aproximadamente o mesmo, não importando o número de lesões na folha. Por outro lado, o tempo gasto na medição manual é diretamente proporcional ao número de lesões, tendo como consequência um desvio padrão elevado. Isto indica que a ferramenta proposta é vantajosa em todos os casos, particularmente se o número de lesões é elevado.

Como comentado anteriormente, o programa proposto aqui focou em prover uma opção para a medição da área de lesões em folhas de plantas que não demandasse tanto tempo quanto a abordagem manual, e que fosse mais confiável que os métodos completamente automáticos propostos até o momento. Os resultados apresentados nesta seção indicam que este objetivo foi alcançado, fazendo com que a ferramenta proposta seja uma boa opção para auxiliar fitopatologistas e agrônomos em suas atividades diárias.

## Conclusão

Este artigo apresentou uma nova ferramenta semiautomática baseada em processamento de imagens para medir lesões causadas pela doença mancha-alvo em folhas do cafeeiro. Apesar de o programa ter sido projetado especificamente para esta aplicação, foi mostrado que ele pode ser aplicado a quase qualquer tipo de sintoma e espécie de planta, praticamente sem a necessidade de alterações. Por se basear apenas em operações muito simples de processamento de imagens, ele é fácil de implementar e leve computacionalmente.

O programa proposto funcionou exatamente como esperado, não necessitando aperfeiçoamentos em qualquer de seus passos. Por outro lado, ele requer várias interações diretas com os usuários para funcionar corretamente. Assim, o principal desafio a ser enfrentado no futuro será aumentar o seu grau de automação, isto é, diminuir a participação do usuário, aumentando a velocidade sem degradar sua acurácia.

## Referências

- ABRAMOFF, M.; MAGALHÃES, P.; RAM, S. Image processing with imageJ. **Biophotonics International**, v. 11, n. 7, p. 36-42, 2004.
- BARBEDO, J. G. A. An automatic method to detect and measure leaf disease symptoms using digital image processing. **Plant Disease**, v. 98, n. 12, p. 1709-1716, Dec. 2014.
- BARBEDO, J. G. A. A Review on the main challenges in automatic plant disease identification based on visible range images. **Biosystems Engineering**, v. 144, p. 52-60, Apr. 2016. DOI:10.1016/j.biosystemseng.2016.01.017.
- BOISSARD, P.; MARTIN, V.; MOISAN, S. A cognitive vision approach to early pest detection in greenhouse crops. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 62, n. 2, p. 81-93, July 2008.
- CAMARGO, A.; SMITH, J. An image-processing based algorithm to automatically identify plant disease visual symptoms. **Biosystems Engineering**, v. 102, n. 1, p. 9-21, Jan. 2009.
- CONTRERAS-MEDINA, L. M.; OSORNIO-RIOS, R. A.; TORRES-PACHECO, I.; ROMERO-TRONCOSO, R. J.; GUEVARA-GONZÁLEZ, R. G.; MILLAN-ALMARAZ, J. R. Smart sensor for real-time quantification of common symptoms present in unhealthy plants. **Sensors**, v. 12, n. 1, p. 784-805, Jan. 2012.
- LAMARI, L. **Assess**: image analysis software for plant disease quantification. St. Paul: APS Press, 2002. 119 p. ill.
- LLORET, J.; BOSCH, I.; SENDRA, S.; SERRANO, A. A wireless sensor network for vineyard monitoring that uses image processing, **Sensors**, v. 11, n. 6, p. 6165-6196, June 2011.
- ZHOU, Z.; ZANG, Y.; LI, Y.; ZHANG, Y.; WANG, P.; LUO, X. Rice plant-hopper infestation detection and classification algorithms based on fractal dimension values and fuzzy C-means, **Mathematical and Computer Modelling**, v. 58, n. 3-4, p. 701-709, Aug. 2011.



---

*Informática Agropecuária*

MINISTÉRIO DA  
**AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO**



CGPE 12911