

# Sistema para Cálculo da Área Foliar do Café

Lucas Rodrigues da Cunha<sup>1</sup>, Thiago Pirola Ribeiro<sup>2</sup>, Ana Cláudia Martinez<sup>2</sup>, Edmar Isaías de Melo<sup>2</sup>

1 – Graduando do Curso de Sistemas de Informação – FACOM/UFU-MC  
2 – Professor na Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo

## Resumo

A determinação da área foliar é um valor importante que pode ajudar o agricultor a verificar a situação de sua plantação quanto ao crescimento, e avaliação de danos causados por pragas e doenças. Esse índice pode ser calculado por métodos diretos (destrutivos e lentos) ou indiretos.

Este trabalho apresenta o sistema desenvolvido para o cálculo da área foliar utilizando o método indireto baseando-se no processamento digital de imagens. A validação do sistema ocorreu por meio de comparação com um equipamento já estabelecido no mercado.

## Introdução

A folha é uma das partes mais importantes de qualquer planta, visto que ela está ligada ao processo de fotossíntese e a evapotranspiração. O cálculo da área é uma importante ferramenta no processo da análise das condições do cafezal, principalmente crescimento, e como um índice de avaliação de danos causados por pragas e doenças [2].

Para a realização desse cálculo, temos os métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos são destrutivos, demandam mais tempo visto que a folha precisa ser removida e preparada. Os métodos indiretos, em sua maioria ligados ao processamento de imagens, não necessitam que a folha seja removida, pode ser feito em campo, é mais rápido e gera valores bem próximos dos obtidos em métodos destrutivos [2].

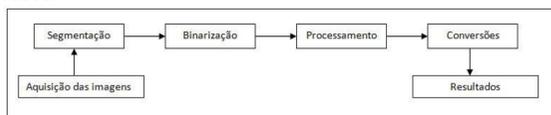
O grande problema de alguns métodos indiretos é que possuem um preço elevado. O custo do software juntamente com os equipamentos é um investimento caro, que pode não estar ao alcance de todos os produtores.

Com o método desenvolvido, planeja-se algo que esteja ao alcance de todos, consistindo apenas em um programa que pode ser utilizado em qualquer computador juntamente com um scanner comum.

Essas vantagens podem ser o ponto que faltava para levar essa tecnologia à lavoura do pequeno produtor, permitindo que ele mesmo possa fazer a análise de seu cafezal.

## Metodologia

O algoritmo foi desenvolvido na plataforma MATLAB [1] versão 2012 e tem seu funcionamento dividido nos seguintes passos:



### Aquisição das Imagens

As imagens foram adquiridas utilizando-se o scanner de uma impressora multifuncional a laser da marca HP modelo M1132 MFP, digitalizadas em uma resolução de 300 DPI com escala de 100%, e salvas no formato JPEG. As folhas foram escaneadas uma por vez.

### Segmentação

Através do padrão RGB, pode-se selecionar uma determinada camada de cor [5]. Um filtro foi desenvolvido, com o qual pode-se separar a folha, de qualquer outro objeto presente na imagem com base na cor verde.

Após a aplicação do filtro, é feita a subtração da imagem original com a nova, e obtém-se a imagem sem sombras e sem qualquer outro objeto que possa vir a interferir no resultado.

### Binarização

A contagem dos pixels precisa ser feita em uma imagem binária (imagem em preto e branco)[5]. Utilizamos algumas funções prontas da plataforma MATLAB, que nos dão como resultado a nossa imagem segmentada, agora em preto e branco. A folha fica toda em branco com o fundo todo em preto.

### Processamento

Após obter a imagem ideal para processamento, ou seja depois de remover tudo que poderia interferir no resultado e em seguida binarizá-la, o algoritmo faz a varredura e soma todos os pixels brancos.

### Conversões

Após obter o total de pixels que compreende a folha, precisa-se transformá-los em informação útil, nesse caso convertendo-os para a escala de centímetros quadrados.

Primeiramente foi calculada a quantidade de pixels que um quadrado de 1cm<sup>2</sup> possuía. Em seguida, foram feitos testes de escala para calcular o tamanho de um objeto de 1 cm após ser digitalizado em 300 DPI. Após obter esses valores, são feitos os cálculos de conversões necessários.

### Resultados

Após submeter a imagem ao programa, o usuário obterá o valor total da área foliar em cm<sup>2</sup> e uma imagem da folha utilizada com a sua área traçada.

Na Figura 1 são apresentadas as imagens resultados do processo.

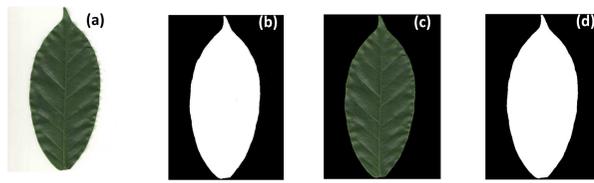


Figura 1. Todas as transformações que são feitas em cada folha. Imagem original (a), molde para segmentação em (b), imagem segmentada (c); imagem a ser analisada.

## Resultados

Para a validação do programa foram realizados testes com 27 folhas. Cada uma das amostras foi processada pelo programa desenvolvido e pelo equipamento AM 300 da ADC BioScientific Ltd..

Cada uma das folhas foi submetida ao equipamento AM 300, onde eram escaneadas e processadas pelo próprio aparelho que armazenava todos os valores obtidos para posterior análise. Juntamente com os dados, era armazenada a imagem gerada pelo aparelho (Figura 2).

Em seguida, cada folha foi digitalizada em uma impressora multifuncional da marca HP modelo M1132 MFP, digitalizadas em uma resolução de 300 DPI com escala de 100%, e salvas no formato JPEG. Todas as imagens foram processadas pelo sistema desenvolvido e seus dados armazenados (Figura 3).



Figura 2. Testes com o AM 300.



Figura 3. Sistema desenvolvido em funcionamento.

As imagens obtidas pelo AM 300 foram submetidas ao processamento do sistema desenvolvido, para verificar a diferença de valores obtidos com a mesma imagem. Os valores gerados estão dispostos na Tabela 1.

Todos os valores obtidos foram submetidos a testes para verificar a confiança do sistema desenvolvido. Foram feitos dois testes de hipótese para amostra única, um comparando o resultado do algoritmo obtido com a imagem digitalizada com o resultado do equipamento e, outro teste feito com o resultado do algoritmo com as imagens digitalizadas e com o algoritmo utilizando as imagens do equipamento.

No primeiro teste a média da área das imagens digitalizadas foi de 57,3544 cm<sup>2</sup> com uma variância de 133,7607 cm<sup>2</sup> e do equipamento foi de 56,8748 cm<sup>2</sup> com uma variância de 131,5571 cm<sup>2</sup>. A taxa de confiabilidade foi de 95% com um valor de Z igual a 0,15299.

No segundo teste a média da área das imagens digitalizadas foi de 57,3544 cm<sup>2</sup> com uma variância de 133,7607 cm<sup>2</sup> e nas imagens obtidas com o equipamento e processadas pelo algoritmo obtivemos uma área média de 57,2299 cm<sup>2</sup> com uma variância de 132,8735 cm<sup>2</sup>. A taxa de confiabilidade foi de 95% com um valor de Z igual a 0,03961.

Após estes testes pode-se concluir que os resultados obtidos no sistema desenvolvido, estão dentro de um valor aceitável, com uma hipótese da diferença de média igual a 0 em ambos os casos.

Outro caso de teste foi realizado adotando o mesmo procedimento anterior, porém foram repetidos 5 vezes utilizando-se da mesma folha. Os dados obtidos estão na Tabela 2.

Para esses dados foi realizado o teste T-Student para duas amostras, primeiramente com as imagens digitalizadas processadas pelo algoritmo comparadas com os resultados do equipamento e posteriormente para as imagens digitalizadas processadas pelo algoritmo comparadas com as imagens do equipamento processadas pelo algoritmo.

No primeiro teste obteve-se uma área média para as imagens digitalizadas processadas pelo equipamento de 47,6243 cm<sup>2</sup> e uma variância de 0,00211 cm<sup>2</sup>; os resultados do equipamento foi uma área média de 47,2800 cm<sup>2</sup> e uma variância de 0,04160 cm<sup>2</sup>. A taxa de confiabilidade foi de 95%, com a constante T igual a 4,05411.

Tabela 1. Valores obtidos com a análise de todas as amostras

Amostras	Com o algoritmo produzido		Valores do Equipamento
	Imagem Digitalizada	Imagem Equipamento	
1	61,0578	60,5342	60,09
2	69,7537	69,8211	69,35
3	64,3941	64,05	63,64
4	65,5475	65,8026	65,35
5	62,0866	62,0132	61,62
6	72,3386	71,8132	71,33
7	58,1225	58,0079	57,67
8	70,8945	71,2289	70,91
9	62,9471	62,5632	62,2
10	79,9292	79,9289	79,53
11	56,2083	56,2579	55,89
12	63,4882	63,3947	63
13	54,6202	54,3421	54,03
14	57,2246	57,1868	56,82
15	64,2241	63,9789	63,62
16	61,3465	61,2158	60,77
17	42,6831	42,3474	42,13
18	51,0631	50,7395	50,4
19	65,4434	65,1447	64,77
20	47,6337	47,4737	47,2
21	60,1566	59,8895	59,58
22	41,2397	41,4579	41,13
23	49,299	49,4816	49,17
24	48,2493	48,1368	47,77
25	46,331	46,3474	46,01
26	47,5644	47,0474	46,81
27	24,7217	25,0026	24,83

Tabela 2. Valores obtidos em testes realizados com mesma folha

Amostras	Com o algoritmo produzido		Valores do Equipamento
	Imagem Digitalizada	Imagem Equipamento	
Teste 1	61,0578	60,5342	60,09
Teste 2	69,7537	69,8211	69,35
Teste 3	64,3941	64,05	63,64
Teste 4	65,5475	65,8026	65,35
Teste 5	62,0866	62,0132	61,62

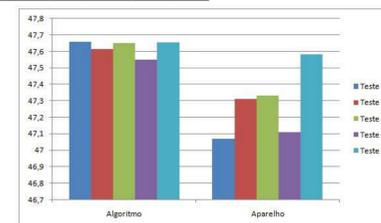


Gráfico 1. Comparação de resultados do algoritmo desenvolvido com o equipamento

Analisando-se os resultados obtidos (Gráfico 1), pode-se notar que no algoritmo desenvolvido ocorre uma menor variação quando comparado ao equipamento, permitindo-nos ter uma maior confiabilidade no novo método.

## Conclusões

Após os testes realizados pode-se concluir que o algoritmo desenvolvido funciona corretamente e todos os seus resultados estão bem próximos dos obtidos com o equipamento AM 300, que possui validação de resultados.

O método desenvolvido possui uma menor variação nos valores quando compara-se a mesma folha, o que resulta em uma maior confiabilidade, visto que o método com o qual comparou-se possui uma alta taxa de variação entre a mesma amostra modificando-se apenas a posição para cada teste.

A principal vantagem da utilização do método desenvolvido é de não necessitar de um equipamento próprio ou específico, podendo ser utilizado para a realização dos testes qualquer scanner comum ou até mesmo em uma impressora multifuncional que tenha uma resolução de 300 DPI.

## Referências

- [1] MATLAB for Windows User's Guide, The Math Works Inc., 1991.
- [2] Estimation of total leaf area in perennial plants using image analysis. Rev. bras. eng. agric. Ambient. 2011, vol.15, n.1, pp. 96-101.
- [3] Associação Brasileira da Indústria de Café – ABIC. 2013. <http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=38> [acessado em outubro de 2013].
- [4] Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira de Café. 2013. [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_09\\_09\\_15\\_34\\_48\\_boletim\\_cafe\\_-\\_setembro\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_09_09_15_34_48_boletim_cafe_-_setembro_2013.pdf) [acessado em outubro de 2013].
- [5] Gonzalez, R. and Woods, R.. Processamento Digital de Imagens. Longman do Brasil, 2010.

## Agradecimentos

A Universidade Federal de Uberlândia, a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação e a Faculdade de Computação, que propiciaram o desenvolvimento do projeto.

Ao Instituto de Ciência Agrárias UFU – Monte Carmelo, na pessoa do Prof. Dr. Edson Simão, pelo empréstimo do equipamento e ajuda nos testes realizados.

