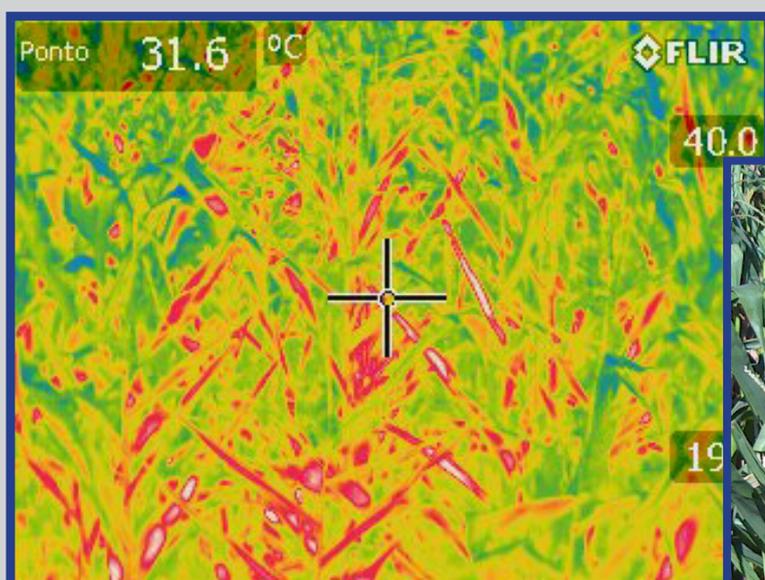


# Fenotipagem de plantas:

As novas técnicas que estão surgindo para atender aos desafios atuais e futuros



## Introdução

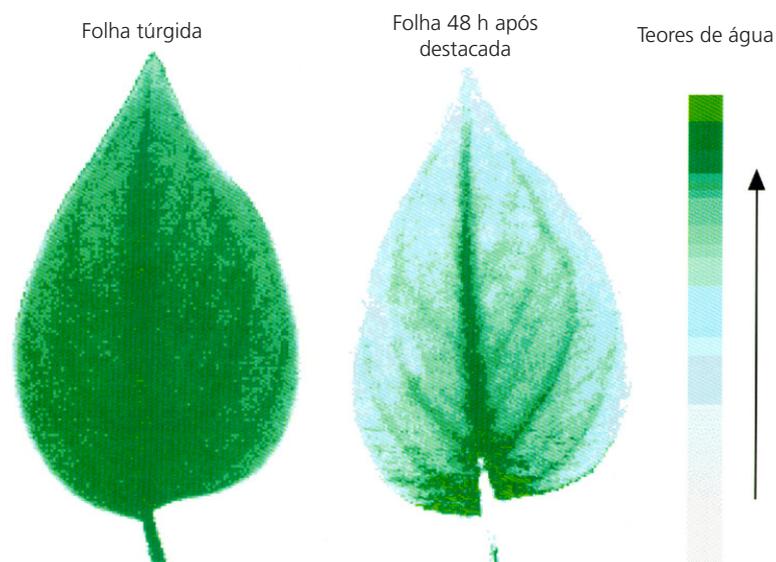
A redução na produtividade das principais culturas agrícolas em um cenário de escassez de recursos naturais e mudanças climáticas globais é um problema que afeta o agronegócio e a segurança alimentar mundial, em curto e médio prazo. Diante desse cenário, a Embrapa busca o desenvolvimento de cultivares de plantas que maximizem o uso dos recursos naturais disponíveis e sejam tolerantes aos principais tipos de estresses abióticos, tais como extremos de temperatura, de intensidade luminosa e de disponibilidade de água no solo, os quais se têm acentuado por essas mudanças. A variedade e complexidade das características que os melhoristas têm buscado na diversidade genética ou inserido biotecnologicamente nas plantas demandam novas técnicas de avaliação. Conseqüentemente, os métodos tradicionais de fenotipagem estão sendo complementados ou substituídos por procedimentos mais precisos e dinâmicos.

Para avaliar as plantas nessas condições, a Embrapa tem investido nas mais modernas técnicas de fenotipagem, a partir de imagens espectroscópicas da parte aérea das plantas. As novas características avaliadas são importantes não apenas por se correlacionarem com as características integrativas tradicionais, mas porque também são fundamentais para explicá-las. Complementadas com os estudos do genoma, permitem descobrir a função dos genes, reforçando a abordagem de genética reversa. O conhecimento do genoma e do fenoma ou fenótipo, aliados aos estudos de modelagem, possibilitam a predição do desempenho das plantas sob as mais variadas condições ambientais.

Entre as novas técnicas de fenotipagem de plantas estão algumas destacadas nesta publicação, as quais estão sendo implementadas na Embrapa Agroenergia pelo projeto PHENOCORN com o uso da infraestrutura disponibilizada pelo projeto FENOMICS, financiado com recursos do MCTI/FINEP.

## Imagens na região infravermelha do espectro para determinar o conteúdo de água

A faixa infravermelha do espectro eletromagnético possibilita a determinação do conteúdo de uma infinidade de compostos do metabolismo celular, como os açúcares solúveis e poliméricos, compostos orgânicos nitrogenados, incluindo proteínas e aminoácidos, fibras, lipídeos, vitaminas e nutrientes minerais. Nesta região do espectro é possível, por exemplo, obter imagens que se correlacionam com o conteúdo de água das folhas.



Folha hidratada (esquerda) e 48 h após ser destacada da planta (direita).

## Imagens digitais para análise do crescimento

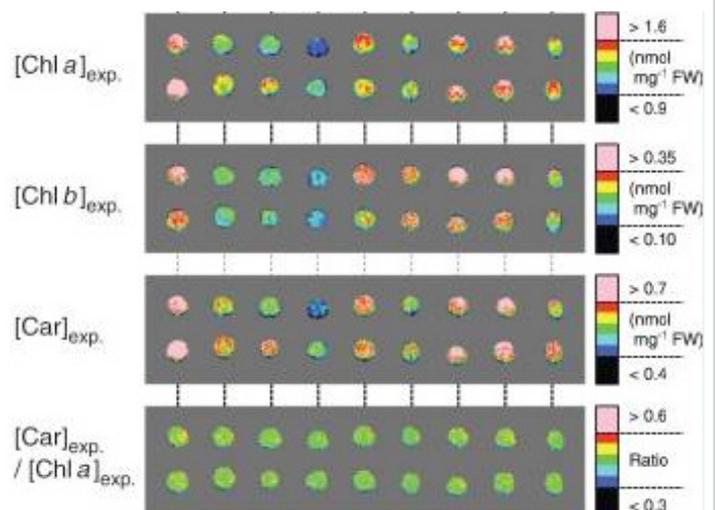
A reconstrução tridimensional da estrutura das plantas a partir de imagens digitais é uma técnica que tem avançado para apoiar a fenotipagem, pois ela permite a estimativa da altura, da largura, do número de folhas, do ângulo de inserção das folhas, da área foliar individual e da área projetada da parte aérea das plantas. Tal abordagem proporciona o acompanhamento dinâmico do crescimento vegetativo e permite a construção de bancos de dados de crescimento. Os dados armazenados ficam disponíveis para acesso, o que possibilita a avaliação posterior de qualquer fase do ciclo de vida da planta, sem a necessidade de realizar um novo experimento.



Imagem digital de uma planta de girassol (esquerda) e sua reconstrução gráfica em plano tridimensional (direita), que permite a avaliação de características importantes que definem o crescimento. (Crédito: Thiago Santos – Embrapa Informática Agropecuária).

## Imagens na região visível do espectro para a determinação de pigmentos

A partir de imagens em faixas específicas do espectro visível, em que os pigmentos absorvem fortemente a radiação, é possível avaliar os teores dos principais pigmentos que estão ligados diretamente à fotossíntese, como as clorofilas e os carotenoides, ou à proteção do aparato fotoquímico, como as antocianinas. A determinação dos teores de clorofilas tem sido utilizada para avaliar o “status” de nutrientes nas plantas e, juntamente com os carotenoides, para monitorar a fenologia foliar e avaliar os efeitos provocados por diferentes tipos de estresses.



Imagens de parâmetros relacionados aos teores de clorofila a, clorofila b, carotenoides e a relação carotenoides/clorofila a em folhas de Arabidopsis.

# Imagens de fluorescência da clorofila para avaliar o aparato fotoquímico

Com o uso de parâmetros obtidos a partir da técnica de fluorescência da clorofila é possível determinar o impacto de diferentes tipos de estresses bióticos e abióticos sobre as plantas, antes do aparecimento de sintomas visuais. A técnica possibilita a avaliação do aparato fotoquímico, podendo ser utilizada para a quantificação do dano causado e, conseqüentemente, para a discriminação das plantas quanto à tolerância a determinado tipo de estresse.

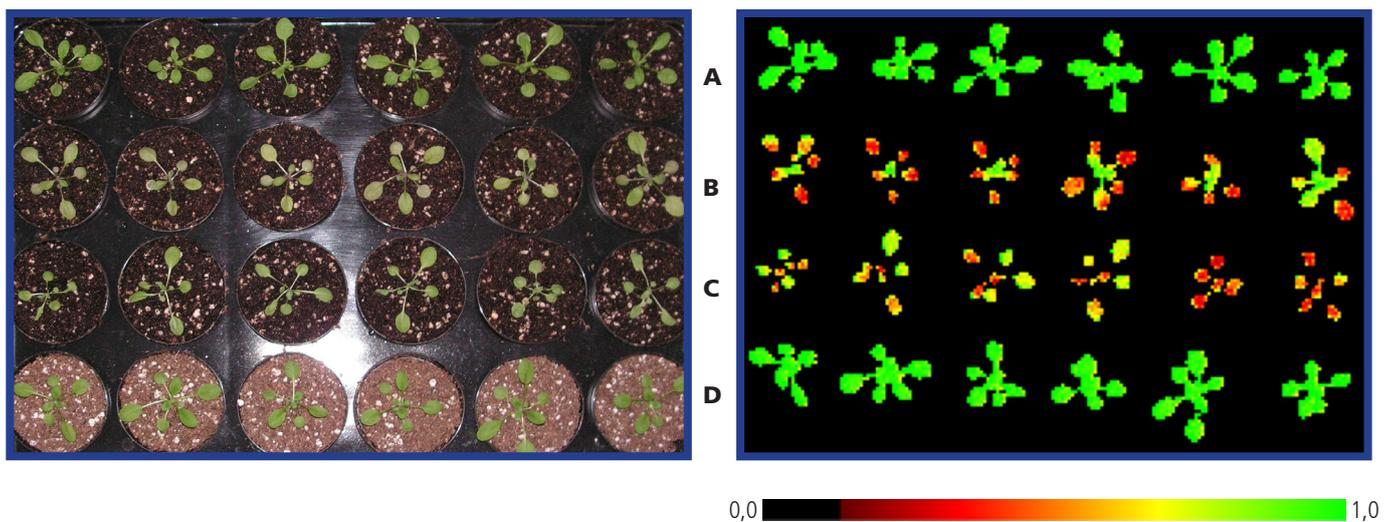
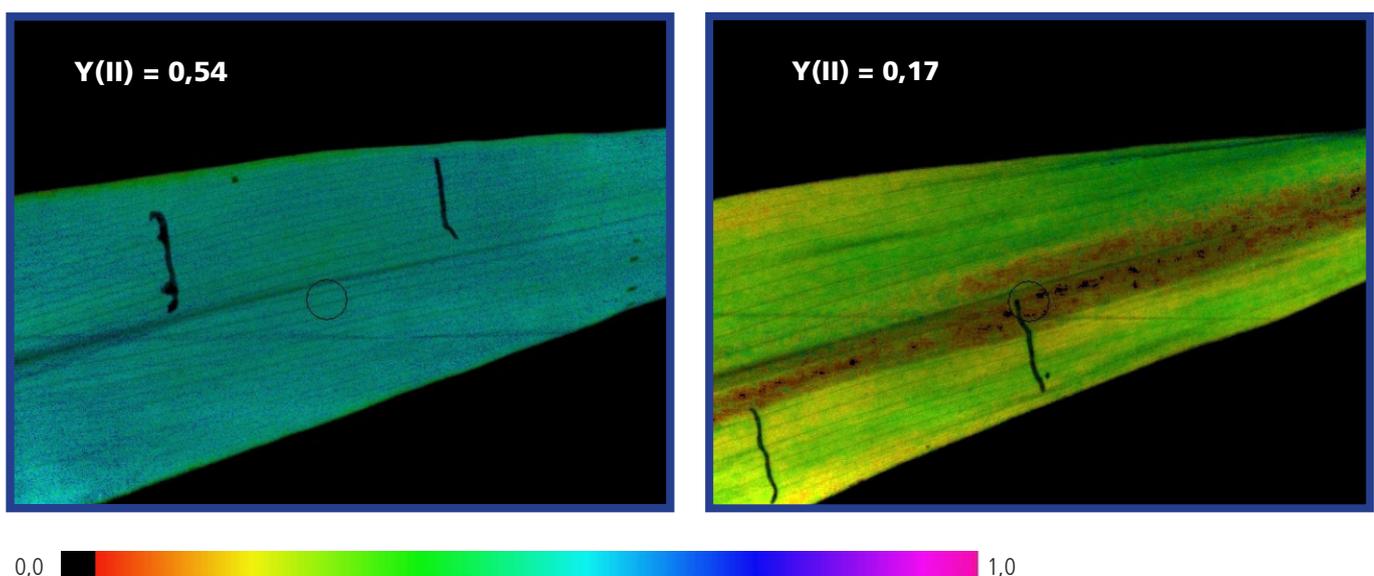


Imagem digital (esquerda) e da eficiência na captura da energia da luz (direita), estimada por  $F_v/F_m$ , que diminui consideravelmente nas plantas de *Arabidopsis* devido aos estresses. Cultivo normal (A) e plantas estressadas por alta intensidade de luz (B), alta temperatura (C) e seca (D).



A eficiência na utilização da energia da luz [ $Y(II)$ ] é maior nas folhas das plantas de milho cultivadas em condições normais (esquerda) do que sob déficit hídrico (direita).

## Imagens termográficas para avaliar a temperatura da copa

A importância da imagem termográfica não se restringe a diferenciar uma parcela de plantas cultivadas com suprimento hídrico adequado, em comparação com outra cultivada em condições de seca ou estresse salino. Na maioria dos casos, essa diferença é visual. A imagem termográfica possibilita a quantificação da diferença. Além disso, a termografia gera parâmetros que permitem a discriminação de dezenas de genótipos de plantas submetidas à condição de seca ou estresse salino, com base na temperatura da copa. Essa abordagem tem sido utilizada no melhoramento genético de algumas culturas, pois tal parâmetro se correlaciona com a produção de grãos.

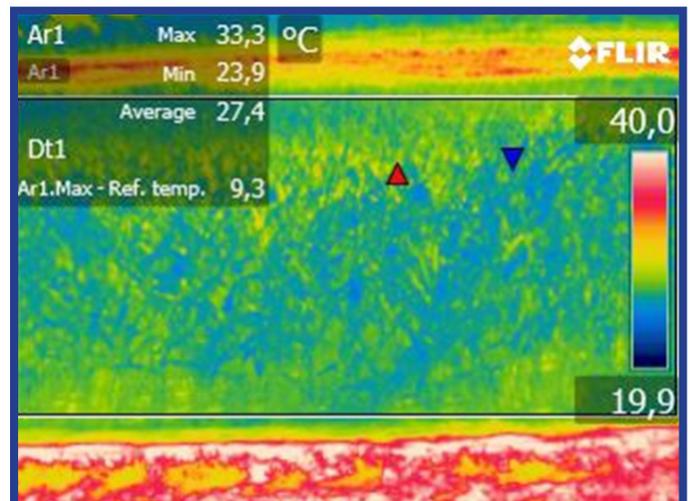
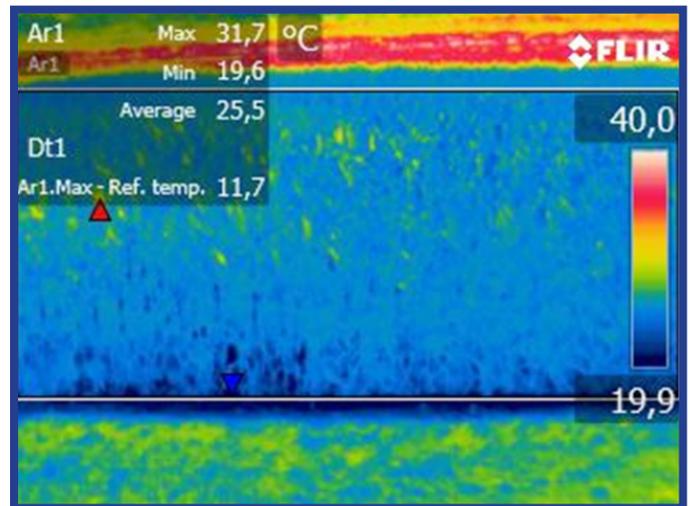


Imagem digital (esquerda) e termográfica (direita) de plantas de milho cultivadas em condições normais (acima) e sob déficit hídrico (abaixo). (Crédito: Embrapa Milho e Sorgo)



## Agroenergia

**Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Parque Estação Biológica (PqEB) Av. W3 Norte (final)

CEP 70770-901 Brasília, DF

Telefone (61) 3448-1246 Fax (61) 3448-1589

[www.embrapa.br/agroenergia](http://www.embrapa.br/agroenergia)

[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

<http://twitter.com/cnpae>

Dezembro de 2014, tiragem 2.000 exemplares.  
Foto da capa e texto: Carlos Antônio Ferreira de Sousa (pesquisador da Embrapa Agroenergia). Diagramação: Goreti Braga

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

G O V E R N O F E D E R A L  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA