



Tipos de sensores

Um significativo número de sensores de aquisição de imagens não invasivos, foram desenvolvidos para uso no Sistema de Fenotipagem de Plantas PlantScreen™, permitindo os estudos de diferentes aspectos do desempenho da fisiologia e do crescimento das plantas. Sensores de imagens específicos são instalados em gabinetes que possuem portas automáticas que isolam os indivíduos e permitem a manutenção do padrão de iluminação do ambiente e a utilização de fontes luminosas de LED dedicadas para um determinado tipo de experimento.

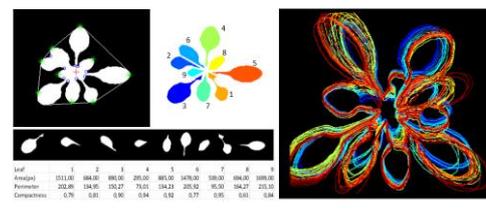
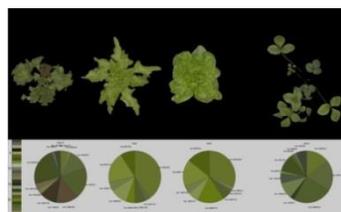


Dependendo da configuração pode ser incorporado ao sistema uma plataforma de levantamento e rotação da amostra permitindo a aquisição de imagens em ângulos que vão de 0 até 360°.



Todos os dados brutos e processados das imagens são armazenados em banco de dados SQL, em questão de minuto após a gravação, estes são disponibilizados para análises complementares utilizando scripts definidos pelo usuário. Entre os sensores de aquisição de imagens, indicamos:

Imagens RGB e Morfométricas



Leaf	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Área (cm²)	211,50	184,20	185,00	205,00	167,50	189,00	184,00	189,00	189,00
Perímetro (cm)	202,89	184,95	192,27	175,01	184,23	205,82	195,30	184,27	215,11
Complexidade	0,76	0,81	0,80	0,84	0,81	0,77	0,80	0,81	0,84

Uma grande quantidade de características relacionadas ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas podem ser extraídas pela aquisição de imagens digitais ou através de tecnologia de escaneamento 3D, quando



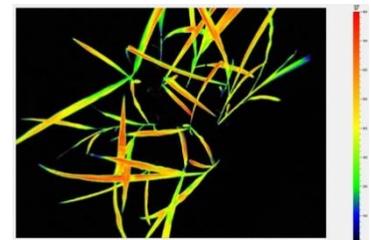
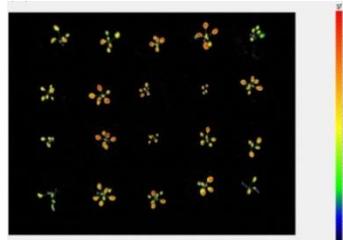
interfaceado a um software de análises de imagens automatizado. Imagens digitais RGB de alta resolução podem ser utilizadas em análises profundas sobre a morfologia, arquitetura e índices de cores de plantas.

Câmeras industriais de alta performance com conexão Gbit Ethernet são montadas em braços robóticos juntamente com fonte luminosa de LED branco assegurando a rápida transferência de dados e a precisa separação de cores. Complementa o sistema sensor, câmeras com sensores CCD de alta sensibilidade, alta resolução e amplo alcance dinâmico.

Principais características:

- ✓ Modo de escaneamento em 2D ou 3D
- ✓ Vista superior para plantas com até 1,50 cm de altura
- ✓ Vista lateral para plantas com até 1,50 cm de altura
- ✓ Vista lateral com range de 0° até 360°
- ✓ Modo de escaneamento de linha para vista lateral
- ✓ Análise orientada por espécies (plantas mono e dicotiledôneas)
- ✓ Análises dinâmicas e estáticas
- ✓ Fonte luminosa de LED homogênea

Imagem da cinética da fluorescência da clorofila



Eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II em luz

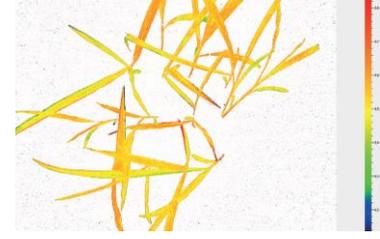
FO'



FM'



FV'/FM'



Fluorescência da clorofila é uma técnica popular na fisiologia de plantas utilizada para a rápida medição, de forma não invasiva, da atividade do fotossistema II (PSII). A atividade do PSII é muito sensível a uma gama de fatores bióticos e abióticos sendo, portanto, um ótimo indicador do desempenho fotossintético das plantas em diferentes estágios de desenvolvimento e/ou em resposta as mudanças ambientais.



O Sistema de Fenotipagem de Plantas PlantScreen™ monitora a cinética da fluorescência em amplitude de pulso modulado, oferecendo uma riqueza de informações sobre a capacidade fotossintética, o estado fisiológico e o metabolismo de uma planta, bem como a sua susceptibilidade a várias condições de estresse.

A vantagem de medições de fluorescência de clorofila em relação a outros métodos de controle de estresse é que as mudanças em parâmetros da cinética da fluorescência de clorofila, muitas vezes ocorrem antes que os efeitos do estresse estejam aparentes. O método é não invasivo e a amplitude da inibição pode ser observada e quantificada durante o evento. Heterogeneidade na localização da inibição é facilmente visualizada e quantificada.

✓ **Parâmetros Medidos:** FO, FM, FV, FO', FM', FV', FT

✓ **Parâmetros Calculados:** FV/FM, FV'/FM', ΦPSII, NPQ, qN, qP, Rfd, ETR

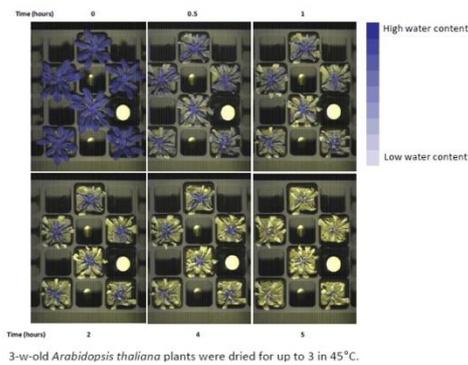
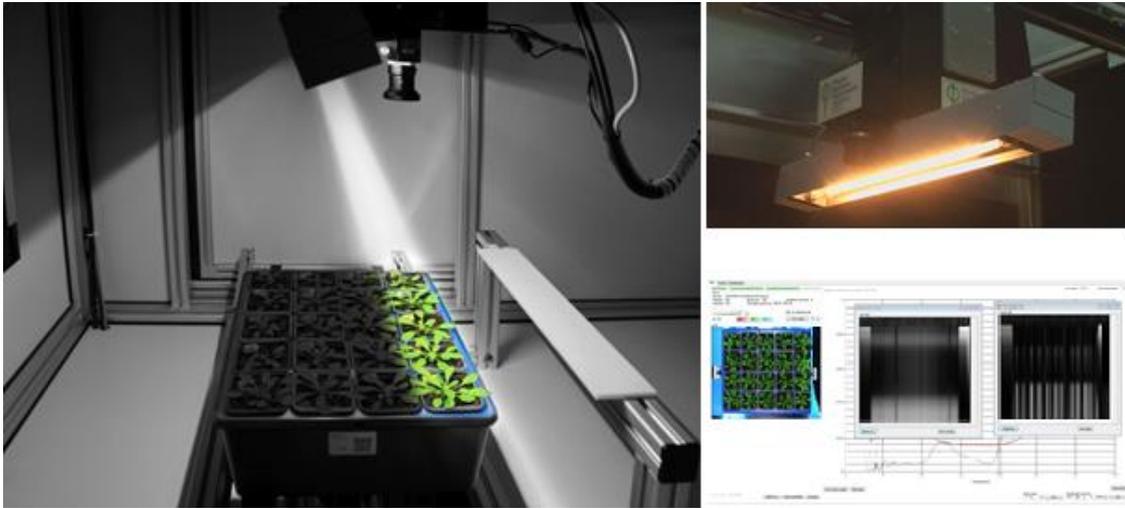
O Sistema de Fenotipagem de Plantas PlantScreen™ não pode ser comparado a outros sistemas de aquisição de imagens de fluorescência da clorofila disponíveis hoje no mercado, estes só medem a fluorescência contínua, informação útil apenas para a identificação de tecidos clorofilados contra o fundo. Diferentemente, o Sistema de Fenotipagem de Plantas PlantScreen™, fornece com riqueza informações sobre a capacidade fotossintética de uma planta, estado fisiológico e metabólico, bem como a sua susceptibilidade a várias condições de estresse. Por exemplo, plantas mais saudáveis têm um valor muito conservador de Fv/Fm, de cerca de 0,8. Com muitos estresses abióticos, esse valor diminui acentuadamente, e bem antes que quaisquer outros indicadores visíveis de estresse fiquem aparentes. Assim, as medições de Fv/Fm (máxima eficácia da fotossíntese), podem identificar o início do estresse muito mais eficazmente do que a medição da mudança de inclinação de uma curva de crescimento. Alterações na Fv/Fm também podem ser usadas como alertas para desencadear protocolos de defesa para plantas estressadas, tais como a irrigação de plantas submetidas a condições de seca.

✓ Principais características

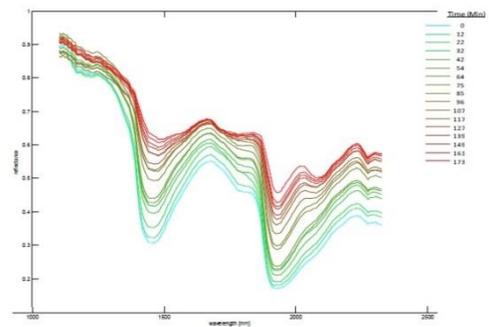
- ✓ Câmera CCD de alta sensibilidade
- ✓ Painel de luz LED multi-color
- ✓ **Flash de pulso modulado de curta duração para determinação da fluorescência mínima** (Valor de Fo)
- ✓ Dois tipos de **luz actínica** para adaptação a luz e análise quenching com a intensidade máxima de luz atingindo $2000 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.
- ✓ **Pulso de saturação de luz para determinação de fluorescência máxima** (Valor Fm) com intensidade luminosa máxima de até $6000 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$
- ✓ **Luz adicional:** Infravermelho distante (735 nm) para determinação de Fo'. Azul Royal (450 nm) como fonte luminosa de excitação para detecção de GFP
- ✓ **Câmera com carrossel de filtros com sete posições**, filtro para ChlF e GFP e outros jogos conforme necessidade do usuário
- ✓ Câmaras de fluorescência abertas e customizáveis para aquisição de imagens de plantas em bandejas ou vasos de várias dimensões com área máxima de imagem de 80 cm x 80 cm
- ✓ Protocolos de medidas programáveis pelo usuário
- ✓ Parâmetros de cálculo e análise de dados automática



Imagem Hiperspectral na região do visível e/ou do infravermelho próximo (NIR)

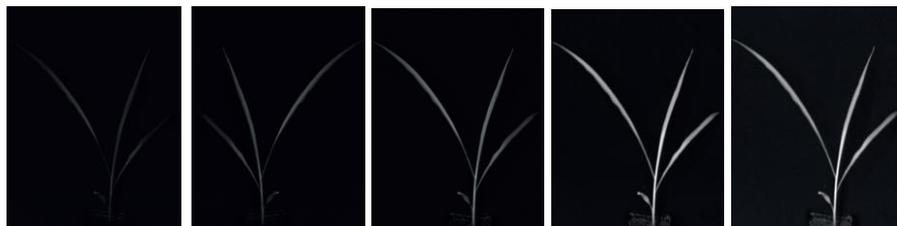


3-w-old Arabidopsis thaliana plants were dried for up to 3 in 45°C.

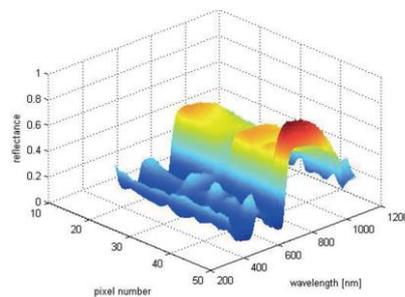


3-w-old Arabidopsis thaliana plants were dried for up to 3 in 45°C.

Perfil de reflectância de uma planta

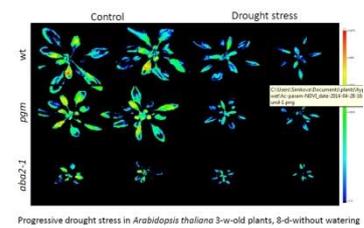
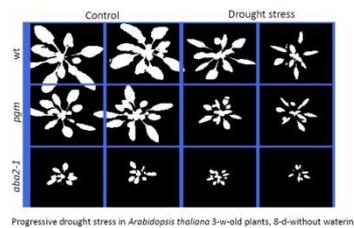


Dados hiperspectrais em de plantas em 3 dimensões





Imagens hiperespectrais têm sido utilizadas por anos para estudar os padrões de crescimento das plantas a partir de imagens coletadas por satélite. Esta tecnologia tem sido refinada no **Sistema de Fenotipagem de Plantas PlantScreen™** para proporcionar conjuntos de dados hiperespectrais de plantas em 3 dimensões, com base de pixel por pixel na faixa espectral de 400 até 2500 nm. Usando uma câmara hiperespectral com o software de análise de imagem, os índices de reflexão das plantas podem ser visualizados através de toda a superfície da amostra fotografada. Estes índices pode ser correlacionados com numerosas condições fisiológicas, bem como o estado bioquímico da planta ou folha em relação a clorofila, a composição de pigmentos, o estado da água ou a estrutura celular.



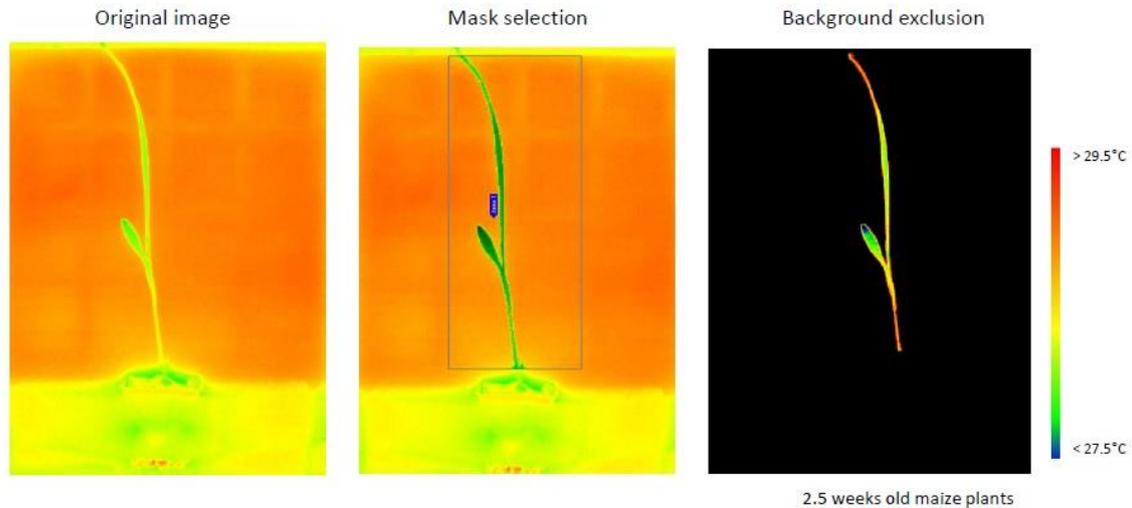
Câmeras hiperspectrais para operação na faixa completa do espectro, indo do visível (VNIR) até o infravermelho de ondas curtas (SWIR), estão disponíveis para sistemas de **fenotipagem de plantas**. As câmeras são montadas em plataforma robótica com fonte luminosa específica para a iluminação homogênea da amostra. Varrimento completo em todo o range espectral da câmara para aquisição de cada pixel da imagem. Comprimentos de onda de interesse podem ser opcionalmente gravados para correlação, por exemplo, do status de nitrogênio na folha ou a produção de antocianina para proteger o Fotossistema II sob alto estresse de luz.

Principais características

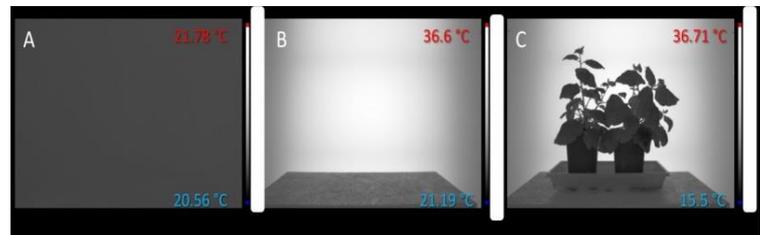
- ✓ Cobertura na faixa espectral de 400 até 2500 nm (Regiões do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas)
- ✓ Fonte de iluminação específica
- ✓ Configuração de aquisição de imagem em vista lateral e superior
- ✓ Perfil de pixel por pixel
- ✓ Linha de escaneamento
- ✓ Passos de calibração automatizado com objeto de referência
- ✓ Protocolos de medidas programáveis
- ✓ Análise automática de parâmetros definidos



Imagem térmica



As câmeras térmicas capturam informações na faixa do infravermelho distante do espectro. A radiação infravermelha refere-se à temperatura do objeto representada por uma imagem e, por conseguinte, pode ser utilizado para a medição não invasiva da temperatura efetiva da folha. A temperatura da planta pode ser usada como indicador da eficiência da planta na utilização da água que está relacionada à condutância estomática e a transpiração. A avaliação da temperatura da folha permite avaliar as respostas das mesmas a uma carga de calor e a privação de água.



(A) - use of standard wall, (B, C) - use of tempered wall

Uma exclusividade do **Sistema de Fenotipagem de Plantas PlantScreen™** é o uso de uma parede temperada em sua construção, isto é, ela possui um sistema de controle de temperatura que assegura o perfeito contraste da temperatura do fundo com a do indivíduo analisado garantindo uma perfeita análise do parâmetro.

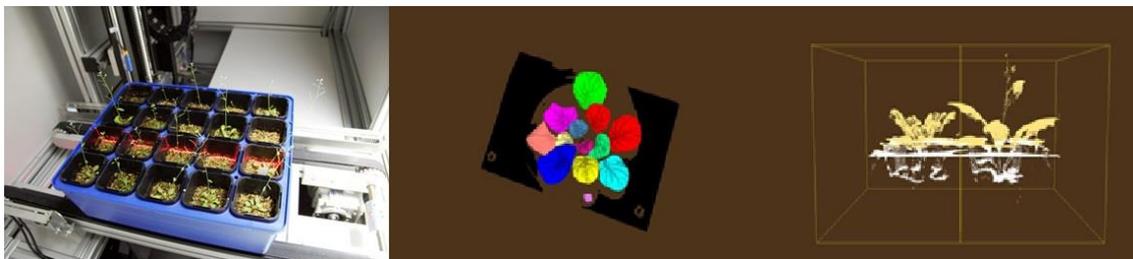
A regulação da abertura dos estômatos para equilibrar as exigências ao estresse hídrico e sua auto refrigeração é fundamental para a sobrevivência de culturas sob condições extremas. Variações em mecanismos de auto resfriamento podem permitir que certas plantas tenham melhor resitência a períodos de alta irradiância e baixa disponibilidade de água. Câmeras infravermelhas industriais de alto desempenho são usadas nos sistemas de **fenotipagem de plantas** para aquisição de imagens em vista lateral ou superior.

Principais características

- ✓ Medidas não destrutivas da temperatura da folha e da planta
- ✓ Dinâmica da emissão de radiação infravermelha de todos os objetos
- ✓ Iluminação LED altamente homogênea para aquisição de imagem térmica ativa
- ✓ Possibilidade de configuração para aquisição de imagens em vista lateral ou superior
- ✓ Plataforma de rotação para aquisição de imagens térmicas em ângulos múltiplos
- ✓ Programação de protocolos de medidas
- ✓ Análise de dados automática



Escaneamento e modelagem em 3D



Um Scanner a laser em 3D desenvolvido para uma precisa fenotipagem estrutural da planta é utilizado no sistema. O uso de aquisição de imagens em vista lateral e superior permite que ambas sejam simultaneamente mescladas ao modelo, permitindo a análise automática dos parâmetros morfológicos da planta. Para uma melhor compreensão da morfologia da planta, dados da fluorescência da clorofila coletados com a câmaras CCD coloridas são ajustados ao modelo 3D. O sistema permite ajustes específicos e individuais conforme a necessidade do usuário.

Principais características

- ✓ Resolução inferior a 1 mm
- ✓ Abordagem rápida e eficaz de modelagem 3D
- ✓ Escaneamento com vista superior a distância de até 60 cm
- ✓ Distância de escaneamento lateral definido pelo usuário
- ✓ Dados brutos em nuvens de pontos 3D
- ✓ Projeção de fluorescência da clorofila no modelo 3D
- ✓ Projeção de outros modelos de imagens ao 3D