

# Laboratório de Análise de Sistemas Sustentáveis - LASS

Reunião Técnica



Proposta Edital Universal CNPQ 01/2016

**Titulo: Desenvolvimento de tecnologias para viabilização do cultivo  
do açaizeiro (*Euterpe oleracea*) em terra-firme**

22 de março de 2016

## Contexto

A presente reunião tem por objetivo dar a conhecer os conteúdos e proporcionar o primeiro entrosamento e troca de conhecimentos das equipes dos laboratórios LaPSE e LASSE da UFPA e LASS da Embrapa Amazônia Oriental envolvidas na proposta/projeto, visando ações nesta ou em outras propostas futuras

## Objetivo

Geração de conhecimento básico e tecnologias de aplicação na cultura do açaizeiro em terra firme, utilizando ferramentas de ecofisiologia vegetal associadas à microclimatologia, eletrônica de sensores e processamento de sinais

Parte desses temas destina-se à consideração e futuro desenvolvimento de cooperação com laboratórios de Universidades no Brasil e exterior e com outras unidades da Embrapa em regime de inovação aberta (Open Innovation).

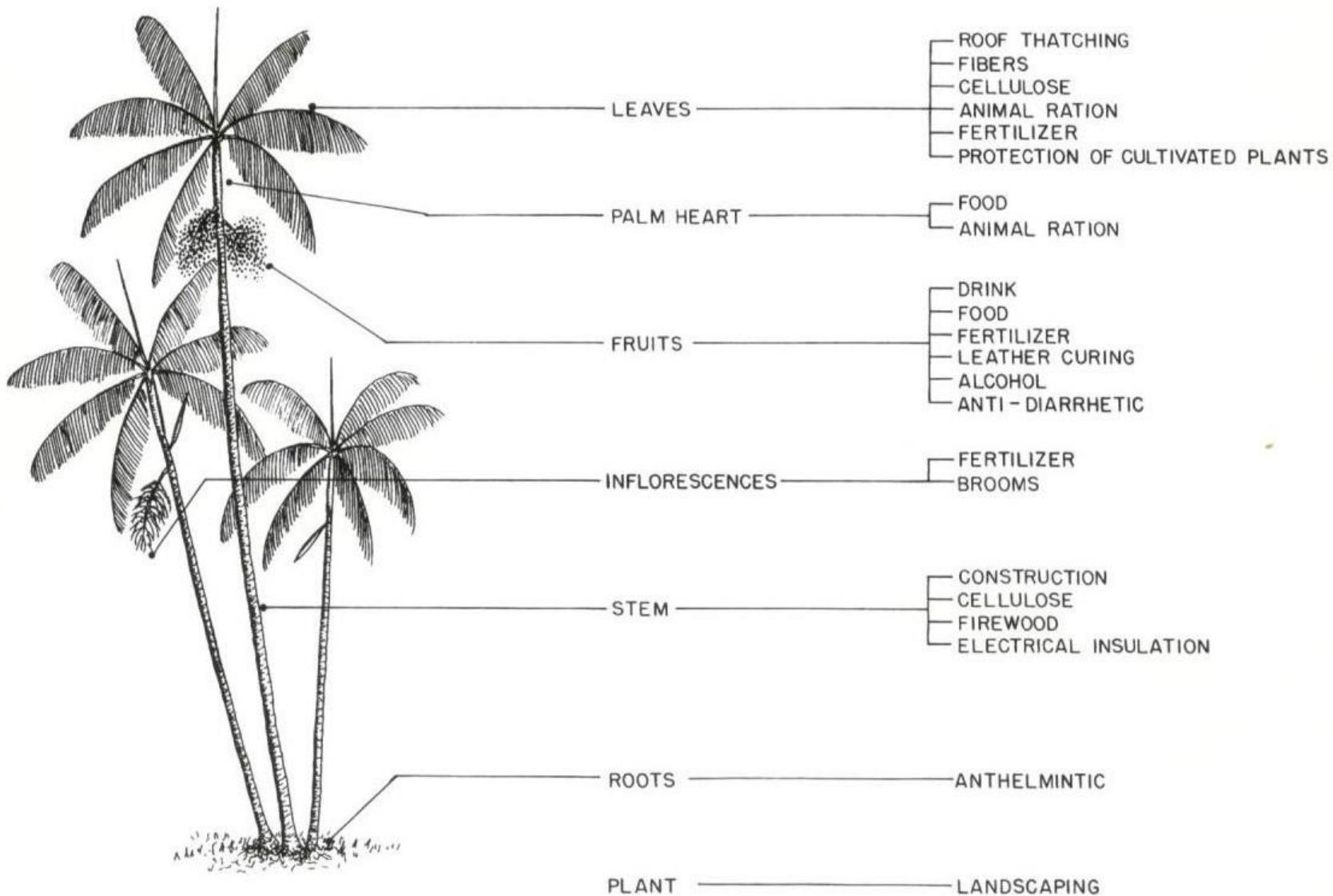


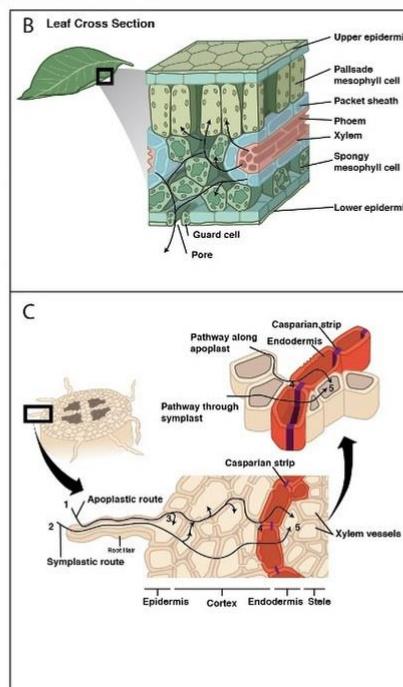
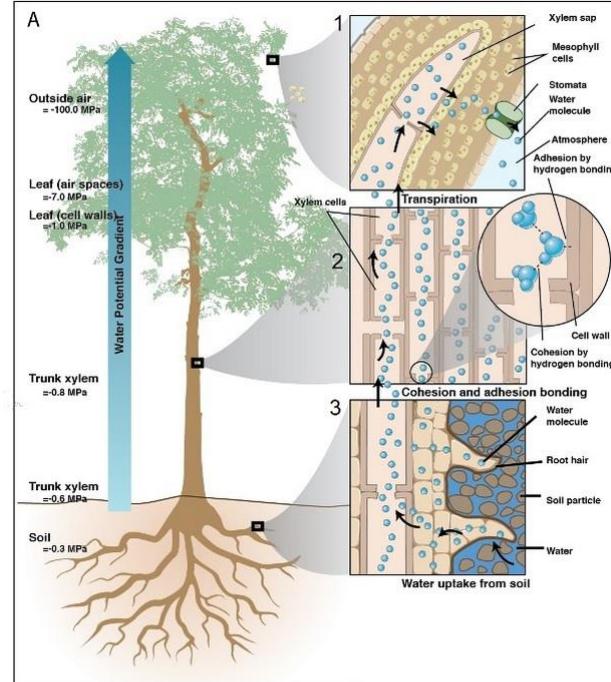
FIG. 2. Market and subsistence uses of the açaí palm.

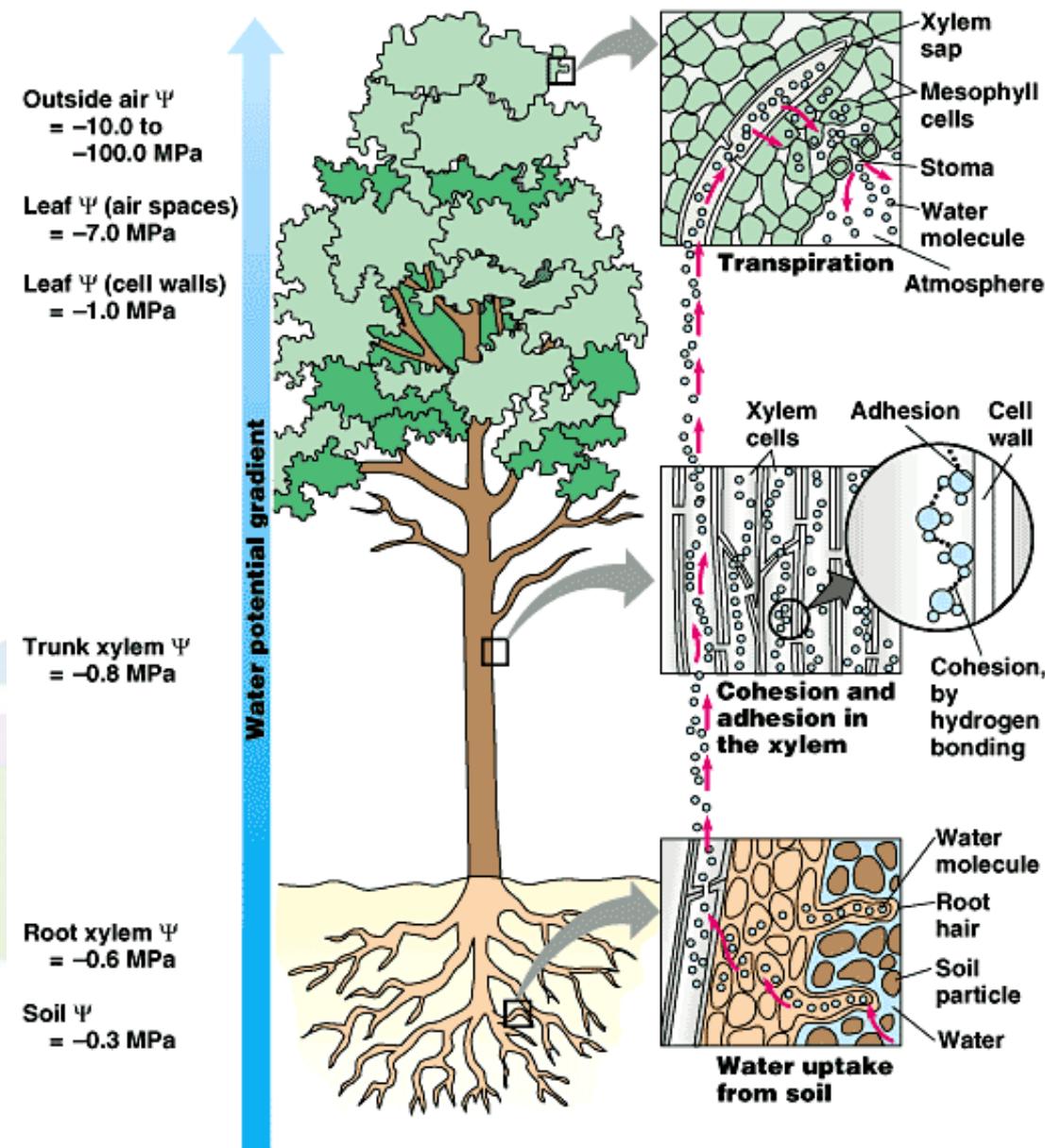
## Justificativa

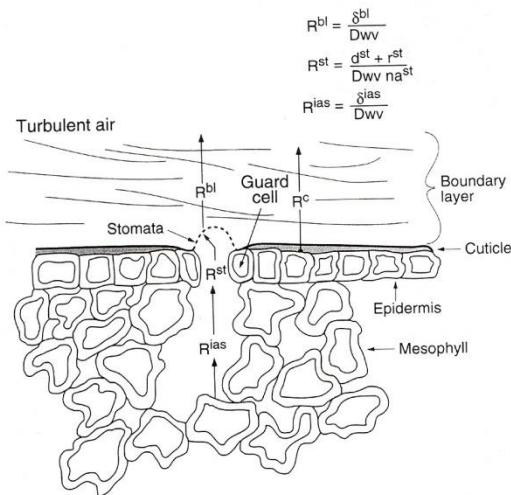
- A polpa dos frutos do açaizeiro (*Euterpe oleracea Mart.*) - o açaí - produto de grande consumo regional, teve uma grande valorização nos últimos anos
- A maior parte da produção de frutos é extrativa ou semi-extrativa e vem da exploração de populações espontâneas dessa espécie, situadas principalmente nas várzeas do estuário do rio Amazonas.
- Grande avanço na seleção genética
- Pouco avanço na geração de conhecimentos de ecofisiologia e irrigação.

## Algumas demandas

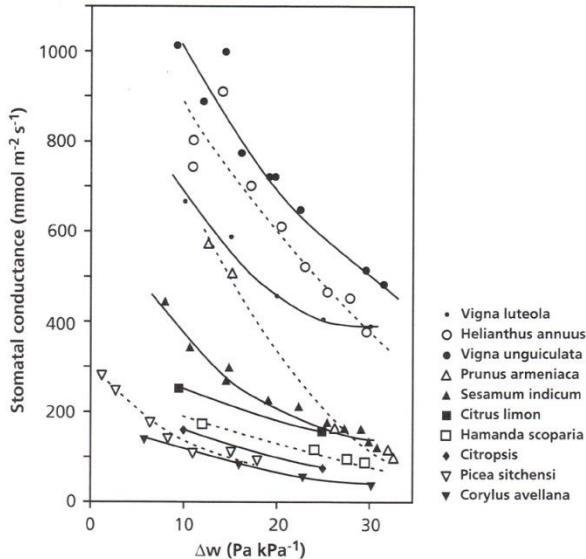
- Economia hídrica para o cultivo em terra firme
- Conhecimento básico sobre os fatores que controlam a produção (entressafra)



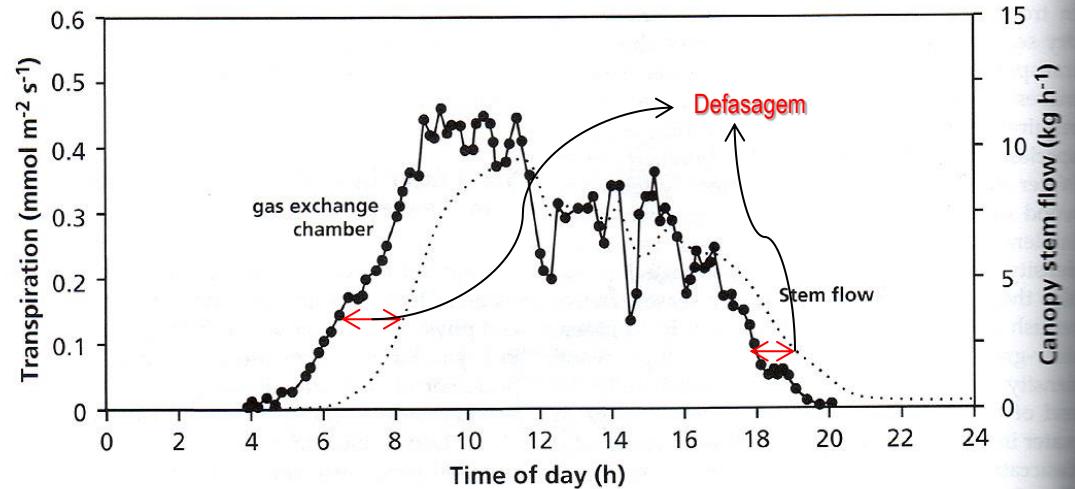




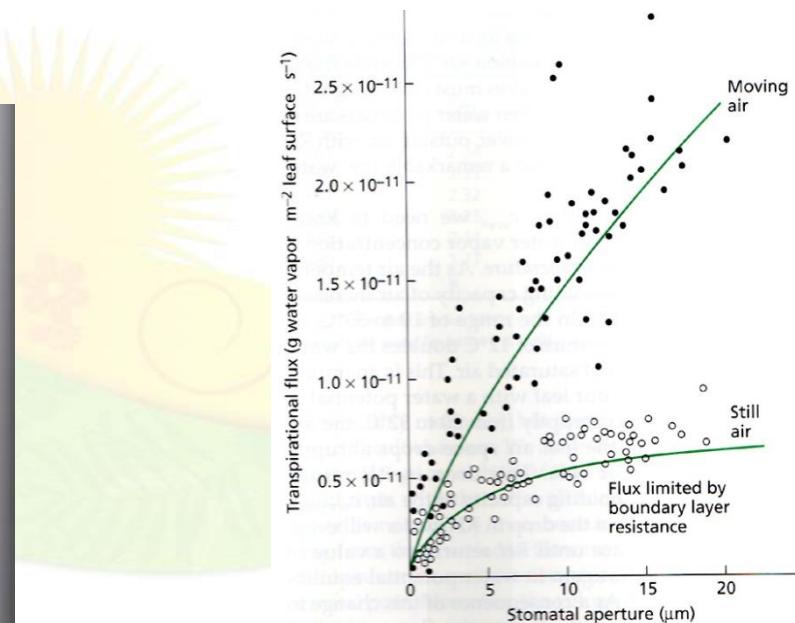
**Figure 7.7** Diagrammatic representation of the resistance to water movement from the mesophyll cell wall to the turbulent air above the leaf.  $R^{\text{bl}}$ ,  $R^{\text{st}}$ ,  $R^{\text{ias}}$ ,  $R^{\text{c}}$  represent resistance to the water vapor movement through the boundary layer, stomata, intercellular air spaces, and cuticle, respectively.  $\delta^{\text{bl}}$  and  $\delta^{\text{ias}}$  refer to the distance for water vapor to diffuse in the boundary layer and intercellular spaces, respectively.  $d^{\text{s}}$ , depth of the stomata;  $r^{\text{s}}$ , the radius of a dome of saturated air over the stomata;  $D_{\text{vv}}$ , the diffusion coefficient for water vapor in air;  $n$ , the number of stomata per leaf surface area;  $a^{\text{s}}$ , the area of the stomatal aperture.



**FIGURE 29.** Stomatal conductance for water vapor as a function of the difference in water vapor between leaf and air (Schulze & Hall 1982).



**FIGURE 23.** Diurnal pattern of water flow in the stem and water loss from transpiring leaves of a *Larix* (larch) tree. The difference between the two lines represents stem storage (Schulze et al. 1985).



**Figure 4.13** Dependence of transpiration flux on the stomatal aperture of zebra plant (*Zebrina pendula*) in still air and in moving air. The boundary layer is larger and more rate limiting in still air than in moving air. As a result, the stomatal aperture has less control over transpiration in still air. (From Bange 1953.)

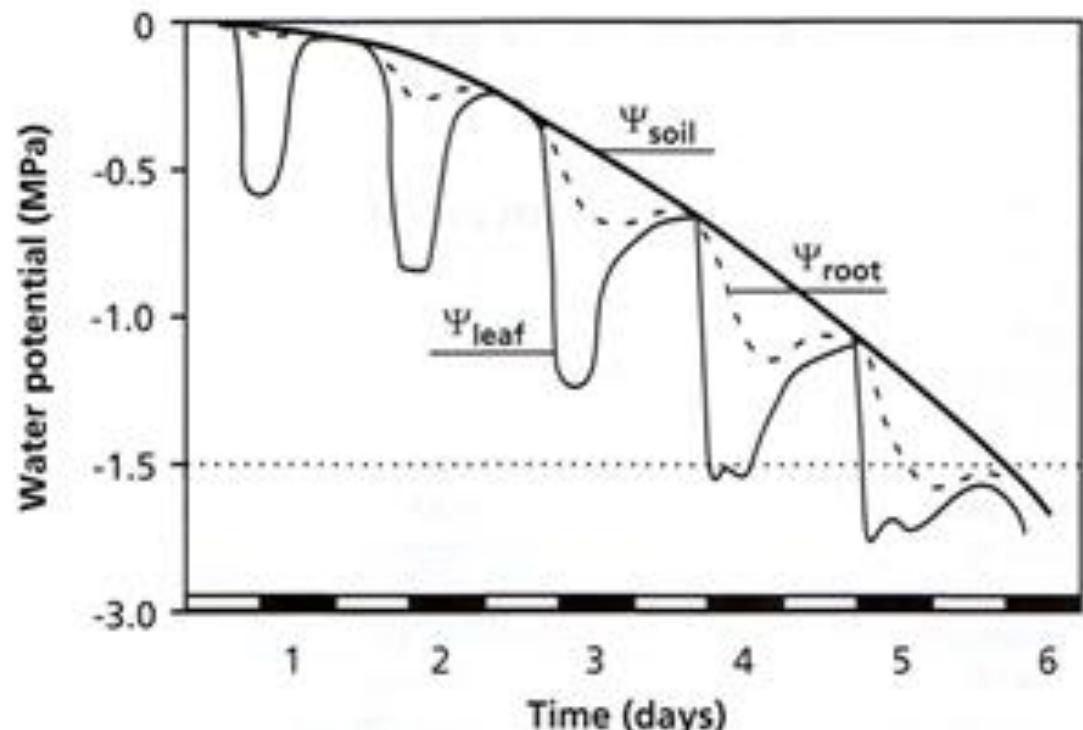
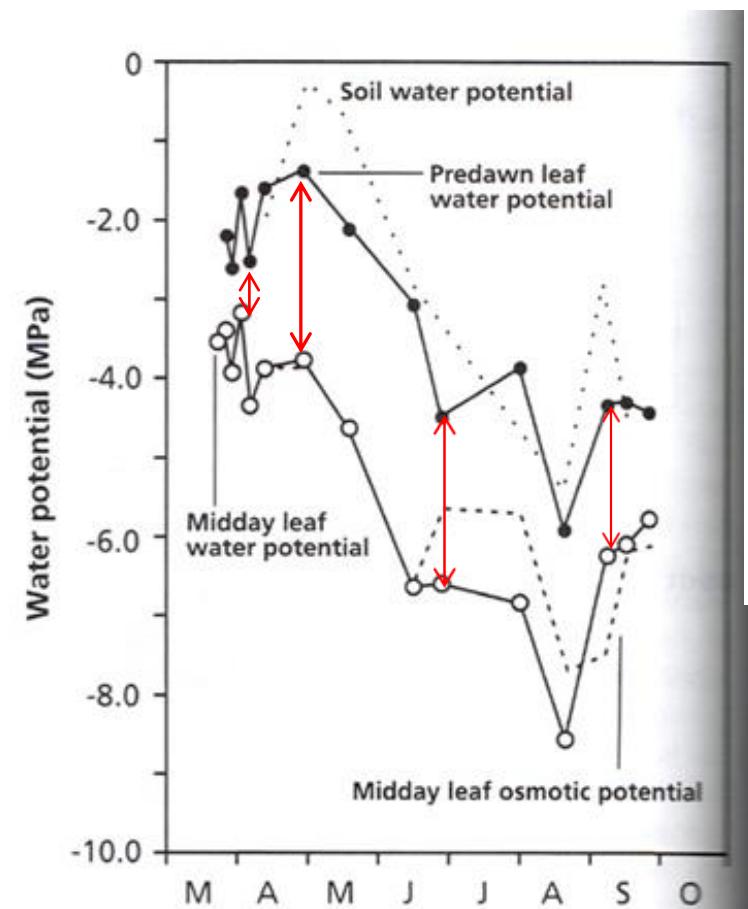
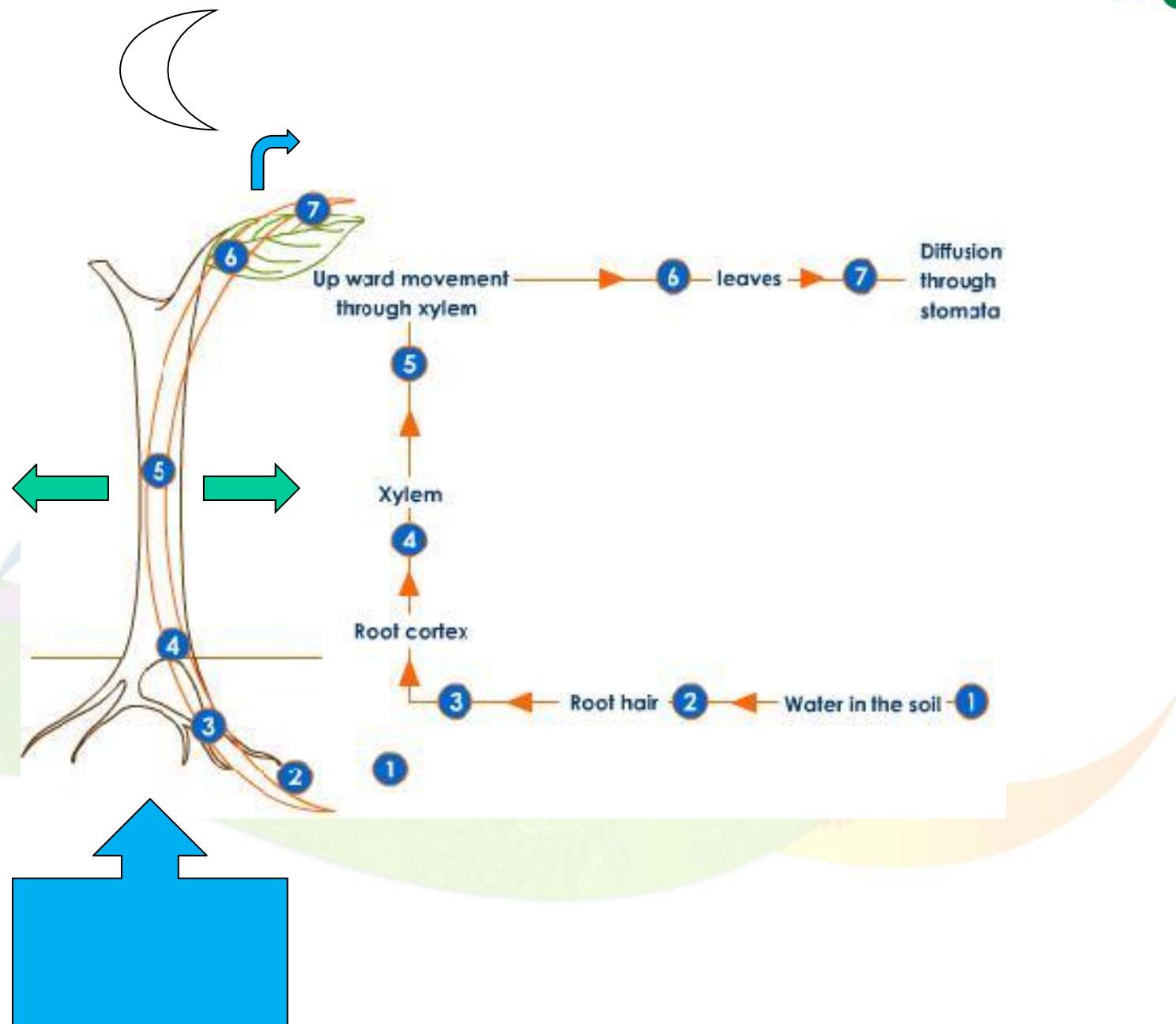
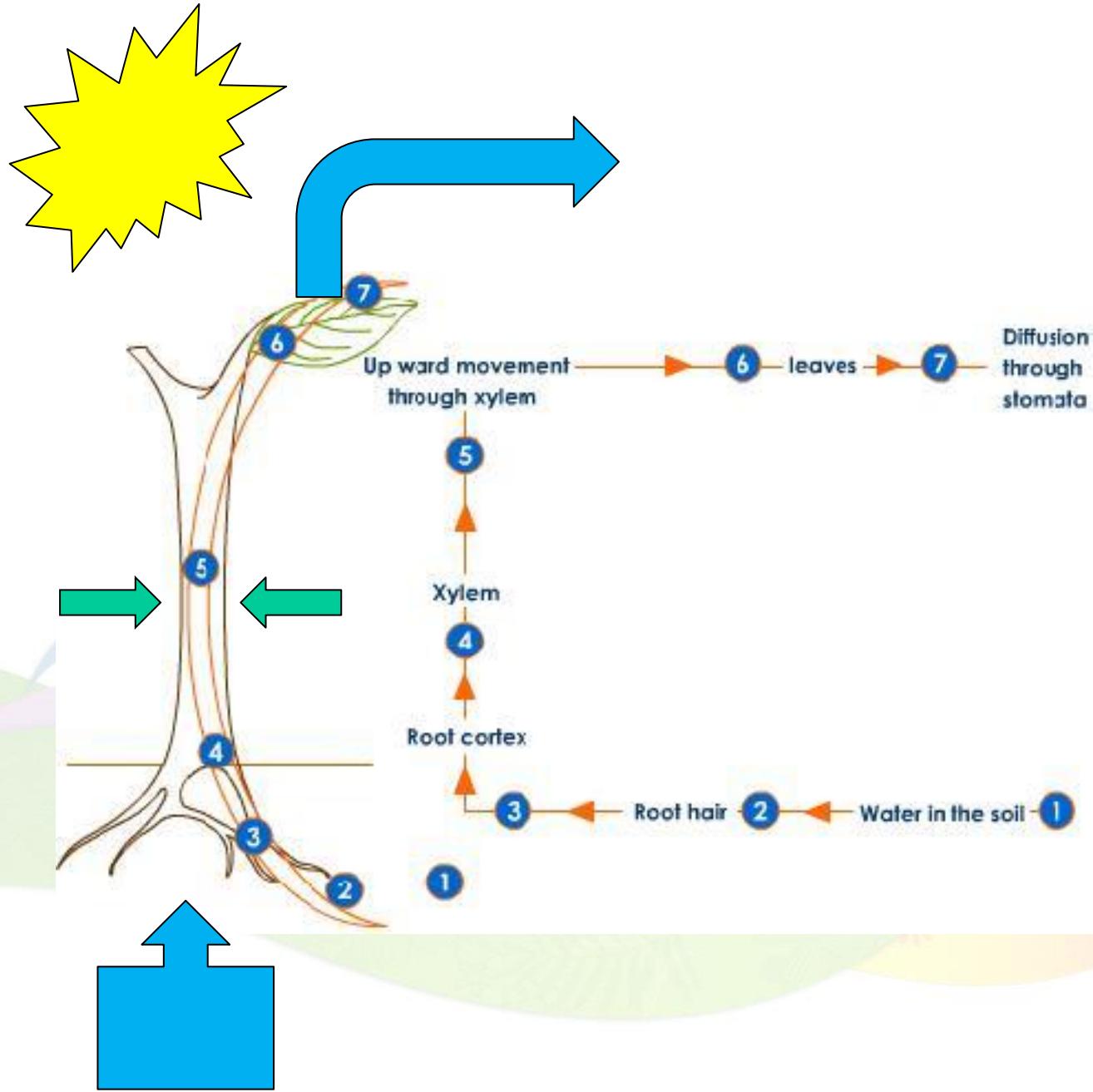
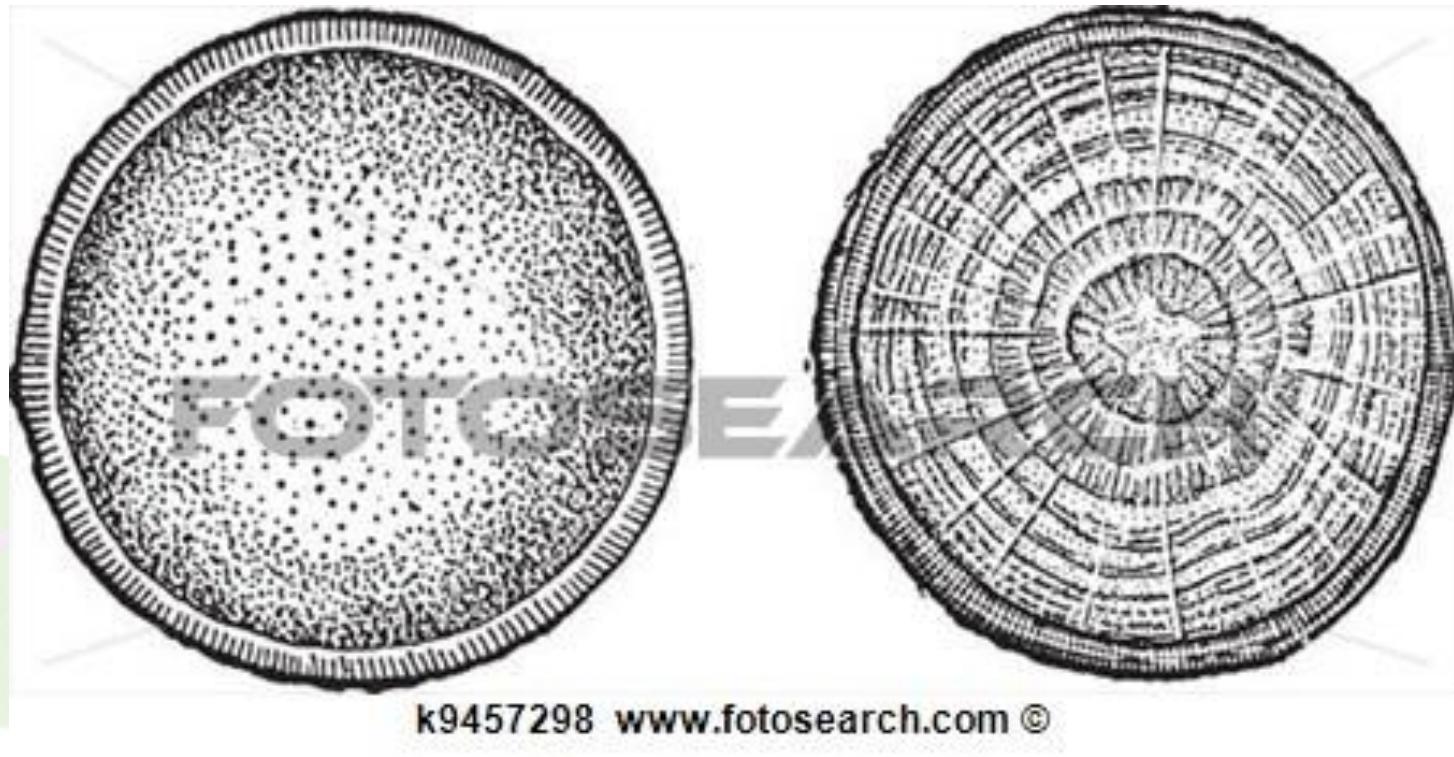


FIGURE 11. Seasonal changes in soil water potential (dotted line), predawn leaf water potential (solid line with solid symbols), midday leaf water potential (solid line with open symbols), and midday leaf osmotic potential (dashed line) in the C<sub>4</sub> plant *Hammada scoparia* (Schulze 1991). Copyright Academic Press, Ltd.







k9457298 www.fotosearch.com ©



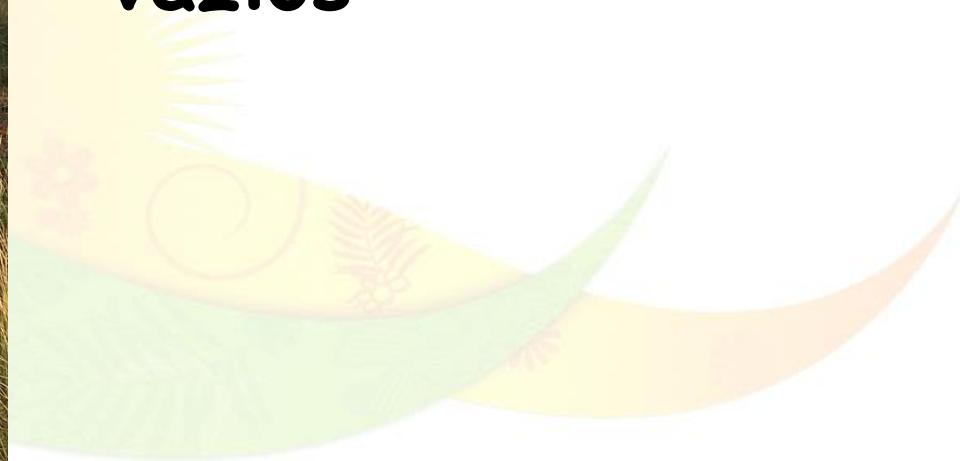
Americano,  
dezembro de  
2015



Americano,  
dezembro de  
2015



Americano, dezembro  
de 2015 - cachos  
vazios





Americano,  
dezembro de  
2015





Americano,  
dezembro de 2015





**Castanhal,  
dezembro de  
2015**



Belém, dezembro de  
2015



Município de  
Inhangapi,  
dezembro de 2015





Igarapé-Açu,  
novembro de  
2015 - plantio  
irrigado



Igarapé-Açu,  
novembro de 2015,  
plantio irrigado



Novembro

Outubro

Setembro

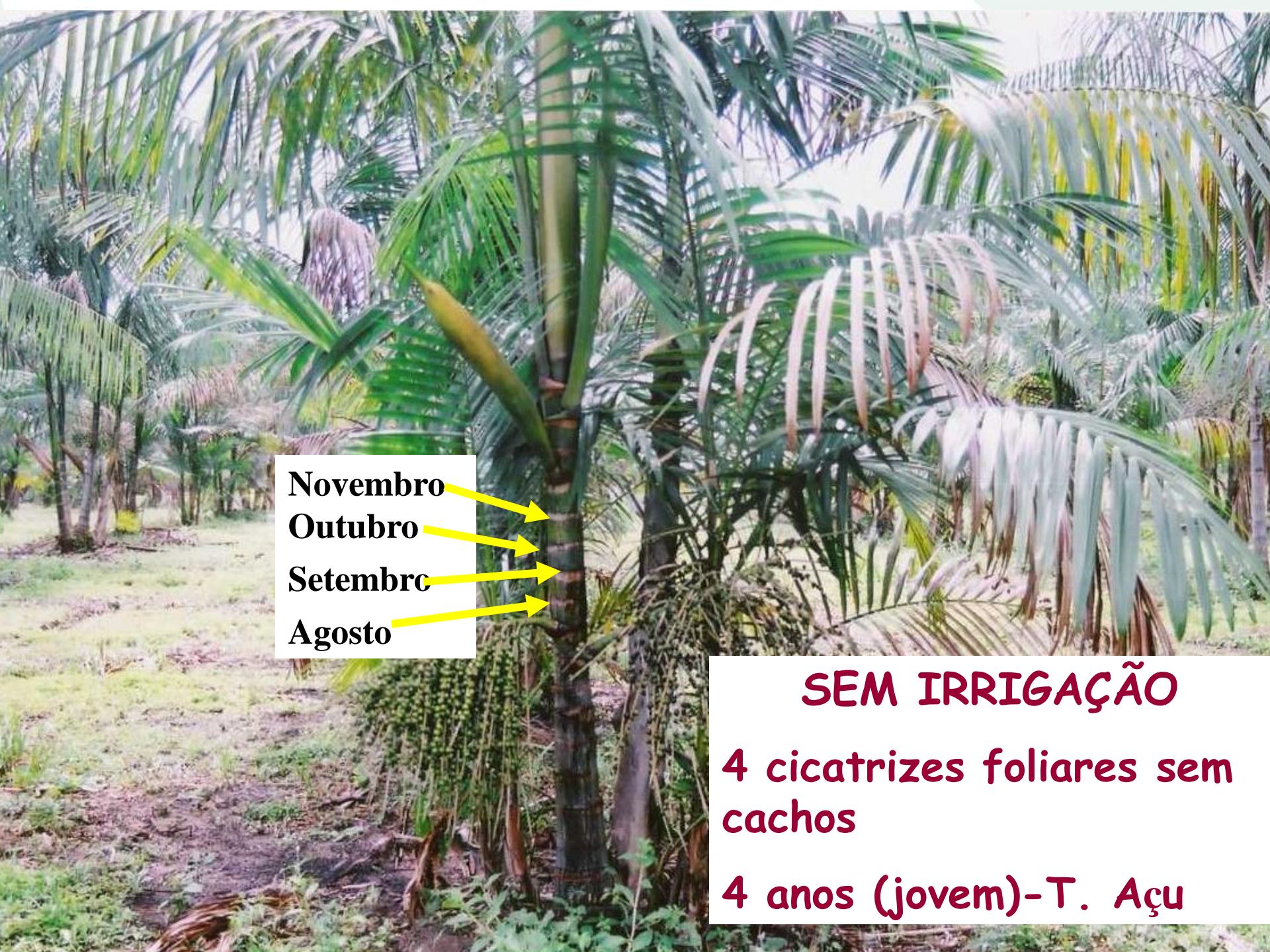
Agosto

Julho

**SEM IRRIGAÇÃO**

5 cicatrizes foliares sem  
cachos

4 anos (Planta jovem)



Novembro

Outubro

Setembro

Agosto

**SEM IRRIGAÇÃO**

**4 cicatrizes foliares sem  
cachos**

**4 anos (jovem)-T. Açu**



Sistema de irrigação por microaspersão -  
40 litros/água/hora

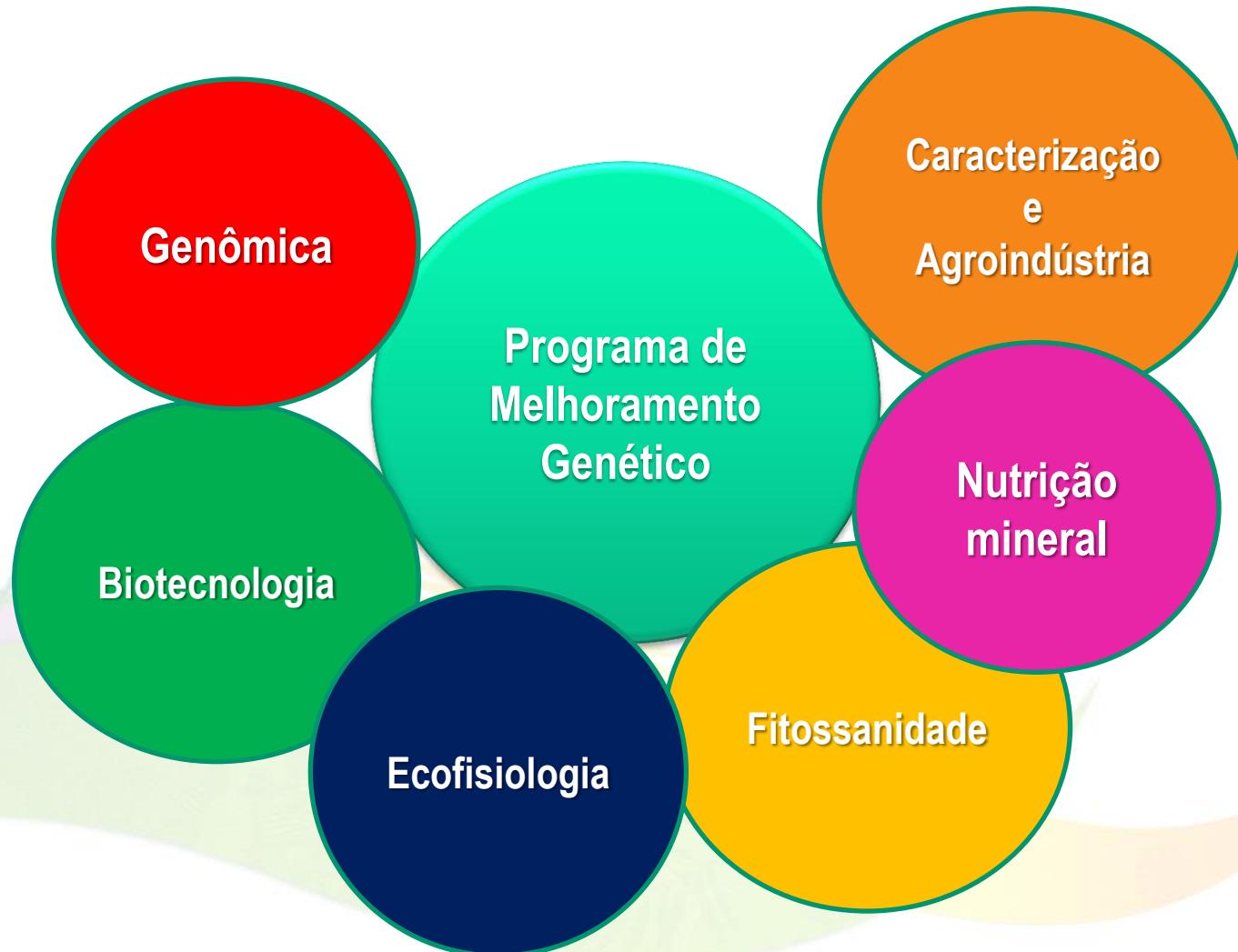


Sistema de irrigação - 2  
fileiras de plantio (5  
anos de plantio)

## Estratégia de ação

- Utilizar a experiência acumulada com ecofisiologia de palma de óleo (*Elaeis guineensis*) na orientação das pesquisas com o açaizeiro de terra firme.
- Outras Unidades da Embrapa (CNPDIA, CNPTIA)
- Associação com Universidades (pós-graduação UFRA e UFPA).
- Associação com laboratórios e estruturas do Parque Tecnológico (LaPSE, LASSE).
- Agencias de fomento e apoio a pesquisa  
CNPQ  
CAPES  
FAPESPA
- Fundos Nacionais e Internacionais de incentivo a inovação

# Arranjo de CT&I para Açaizeiro



## Alinhamento estratégico

Nota Técnica do GT - Demandas de Pesquisa, Tecnologia e Inovação, executado como parte da Política Estadual de Valorização do Açaí no Estado do Pará (SEDEME, 2015).

**“O Futuro do Desenvolvimento Tecnológico da Agricultura Brasileira (Visão 2014 – 2034) – síntese”**, (Agropensa, 2014)

### Alinhamento aos Macrotemas

MT 3 - Agricultura de Precisão e Automação

MT 3.1- TIC

MT 3.2- Agricultura de Precisão e Automação

MT 2: Novas Ciências/MT 2.1- Geotecnologia

### Alinhamento ao(s) Portfolio(s)

Agricultura irrigada

Automação Agrícola, Pecuária e Florestal.

Mudanças Climáticas

Sistemas de Produção de Base Ecológica;

### Alinhamento ao(s) Arranjo(s)

Sisnativa - Desenvolvimento de tecnologias para o cultivo sustentável de espécies frutíferas nativas da Amazônia.

TecEuterpe - Tecnologias visando à sustentabilidade da cadeia produtiva de Euterpe spp.

ValoraFrut - Prospecção em germoplasma de fruteiras e desenvolvimento de novos produtos.

Agricultura familiar sem queima na Amazônia (ASQ)

## **Parcerias possíveis.**



### **Nacionais:**

Embrapa CNPDIA (Agricultura de Precisão, Fenotipagem de Alto Desempenho).

Embrapa CNPTIA.

**Universidade Federal do Pará – UFPA**

**Parque tecnológico do Guamá**

**LaPSE**

**LASSE**

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Empresa de Irrigação ??????

Produtor Rural ??????

### **Internacionais:**

**UMR- CIRAD/AMAP**, Botânica, Informática e Arquitetura de Plantas (<http://amap.cirad.fr>).

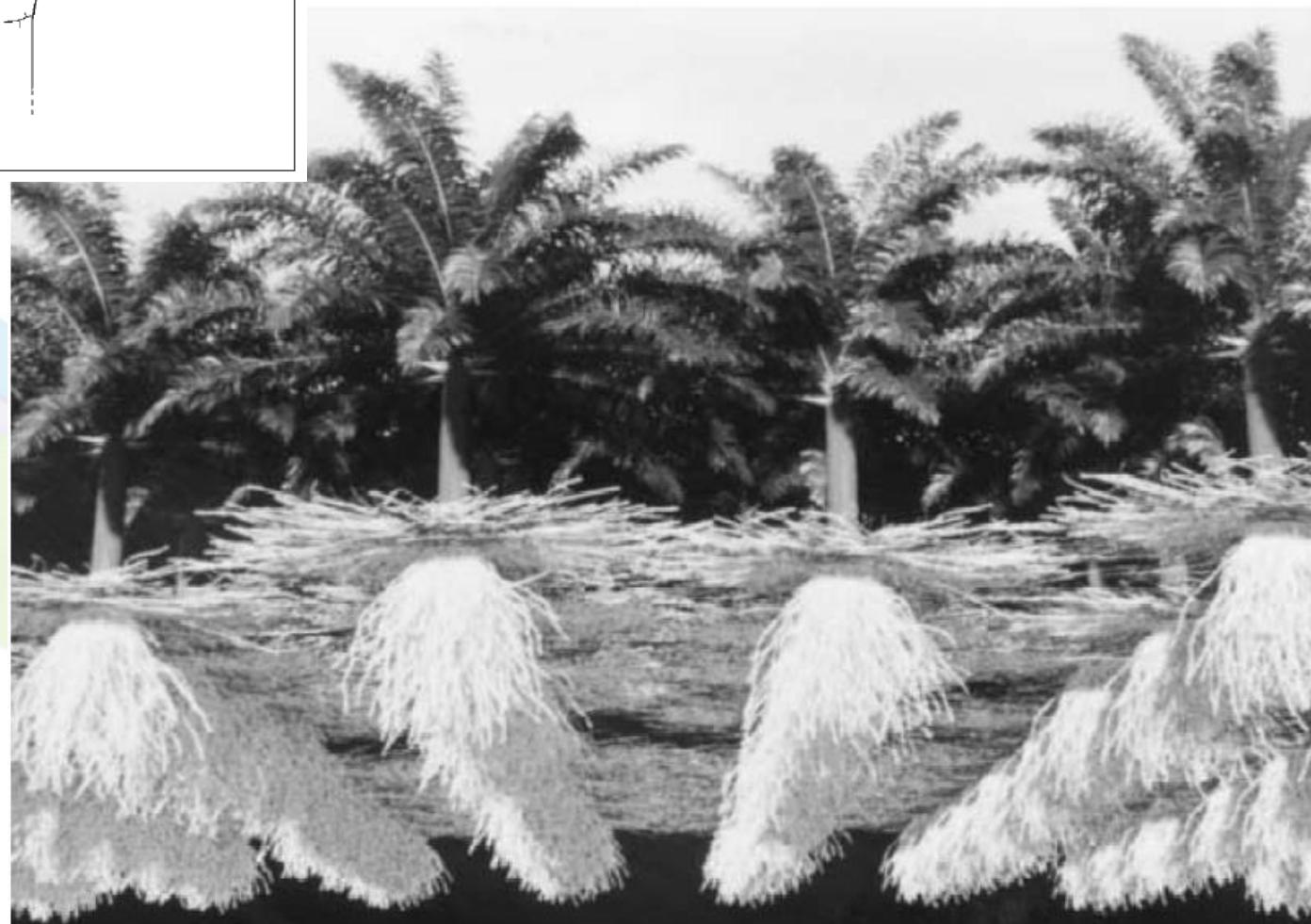
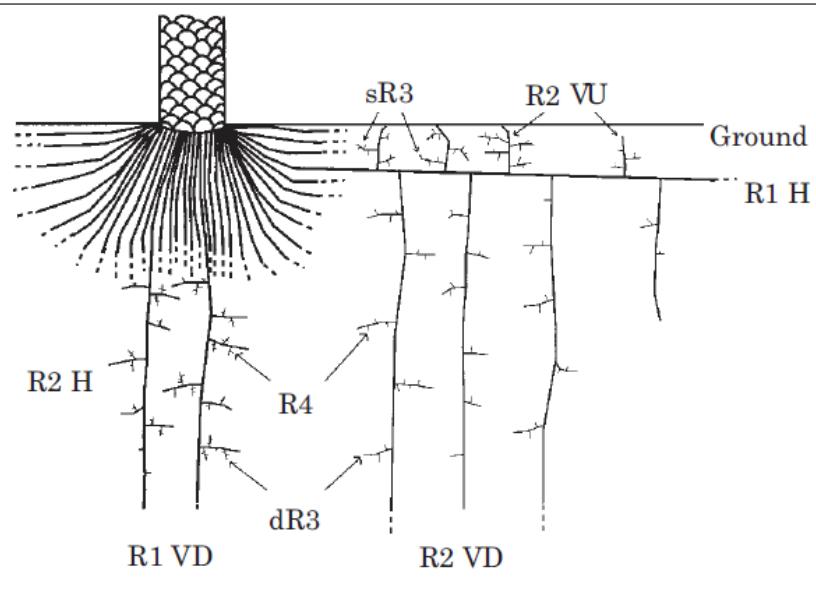
L'Avion Jaune (<http://lavionjaune.fr/>).

UMR Tetis (<http://www.irstea.fr/tetis>) - Territoires, environnement, télédétection et information spatiale.

**Institute of Bio and GeoSciences - Jülich, DE** ([http://www.fz-juelich.de/ibg/ibg-2/EN/Home/home\\_node.html](http://www.fz-juelich.de/ibg/ibg-2/EN/Home/home_node.html))

# Linhas de pesquisa

- 1. Geração de conhecimento e tecnologias referentes aos efeitos do estresse hídrico, uso da água pela cultura e irrigação.**
  1. Mapeamento tridimensional e estimativa do “espaço radicular” do açaizeiro, incluindo perfis de esgotamento da água do solo.
  2. Efeitos do déficit hídrico sobre características intrínsecas da planta como potencial hídrico foliar, condutância estomática, fotossíntese e transpiração de folhas individuais, índices de abertura dos estômatos, resistência protoplasmática dos tecidos foliares ao secamento.
  3. Estimativa do fluxo de água e balanço de energia através do dossel utilizando técnicas micrometeorológicas como “Razão de Bowen”.
  4. Desenvolvimento de sensores e sistemas para apoio a tomada de decisões na irrigação, utilizando a turgescência do estipe como sensor.



Fonte: Jourdan et al., 1997; 2000

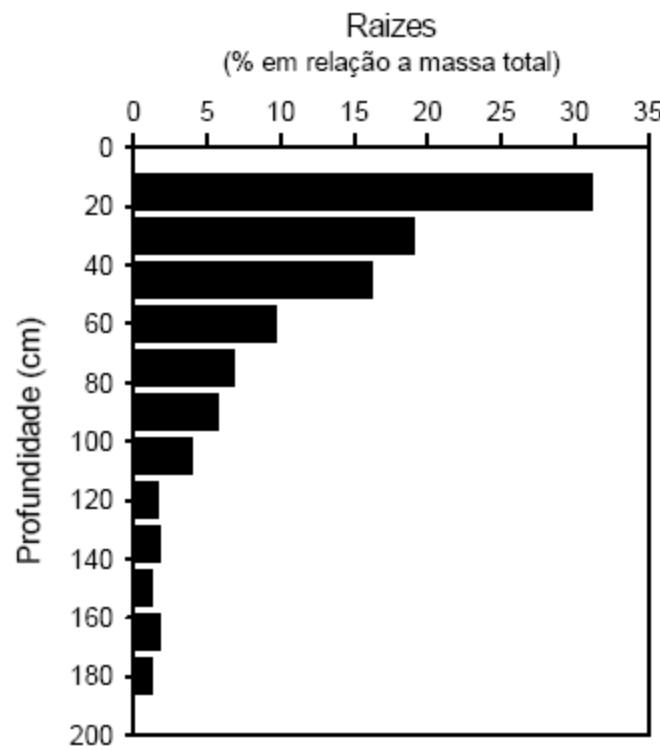


FIGURA 8: Distribuição em profundidade das raízes absorventes (RII, RIII e RIV) de dendezeiros com 12 anos após o plantio (L2TxD10D) em um solo arenoso-argiloso.

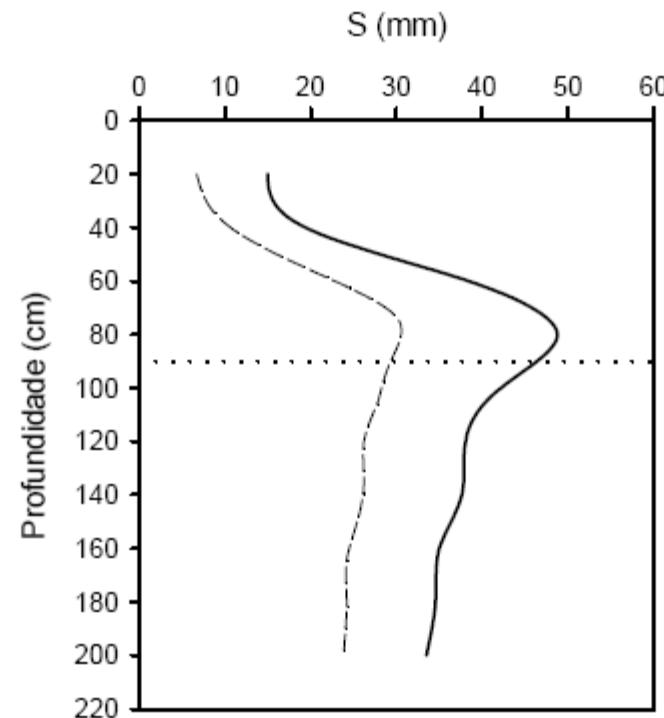
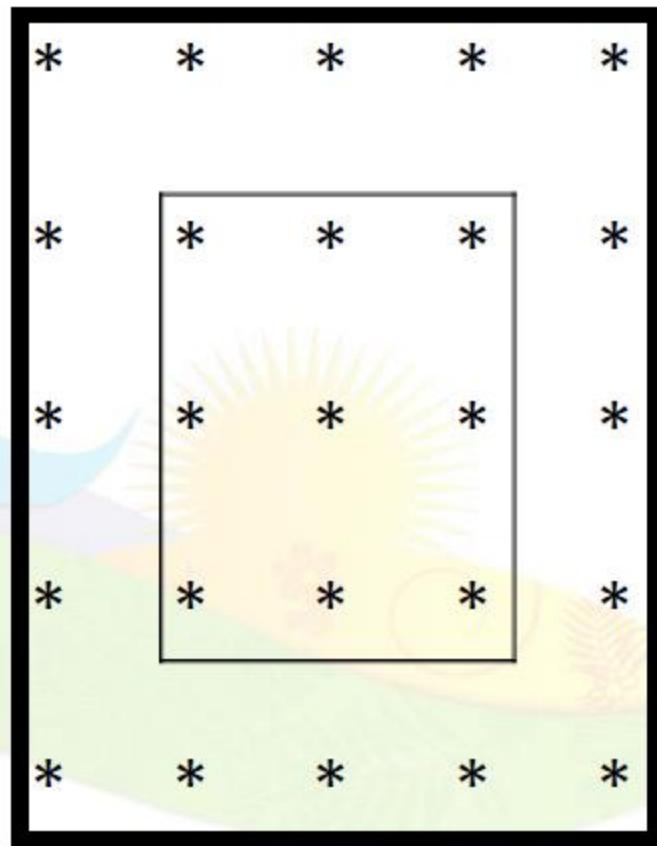


FIGURA 9: Variação do estoque ( $S$ ) de água disponível no solo em uma parcela cultivada com palmeiras de 12 anos de idade (L2TxD10D) em um solo arenoso-argiloso, coberta com lona plástica durante um mês. O traço cheio indica o estoque de água antes da cobertura e o traço interrompido, os estoques um mês depois. A linha pontilhada indica a profundidade de 90 cm.

## Esquema de solo coberto





### The Profile Probe revealed

- Cables**
  - To HH2 meter
  - To DL6 data logger and extension cable
  - To DL2e and other loggers
- Connector**

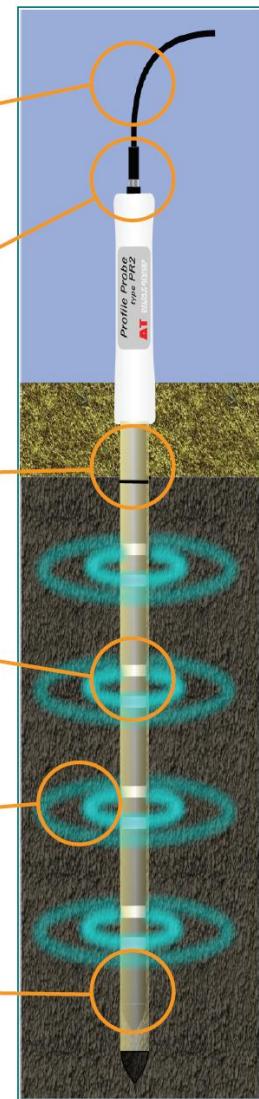
Fully waterproof - but protect with cap when not in use
- Access Tube**

Exceptionally robust, thin-walled (1mm) tubes made from GRP - can be re-used many times
- Sensors**

Highly sensitive to soil moisture, but unaffected by temperature or conductivity (salinity)
- Sensing Field**

Extends ~60mm into the soil, but field is strongest close to tube - install tubes carefully to avoid air gaps
- Centring Spring**

Innovative combination springs ensure probe is perfectly centred for accurate readings - replace when worn



# Porômetro Foliar

O porômetro foliar mede a condutância estomática utilizando uma câmara sensora com um canal de difusão fixo para a folha.

## Aplicações:

- Ecofisiologia da planta
- Estresse hídrico da planta
- Transpiração foliar
- Condutância estomática
- Balanço hídrico do sistema



## Automatizado

- Elimina a subjetividade do usuário

## Baixo consumo

- Funciona com quatro pilhas AA

## Leve

- Pesa cerca de 300 g

## Dados confiáveis

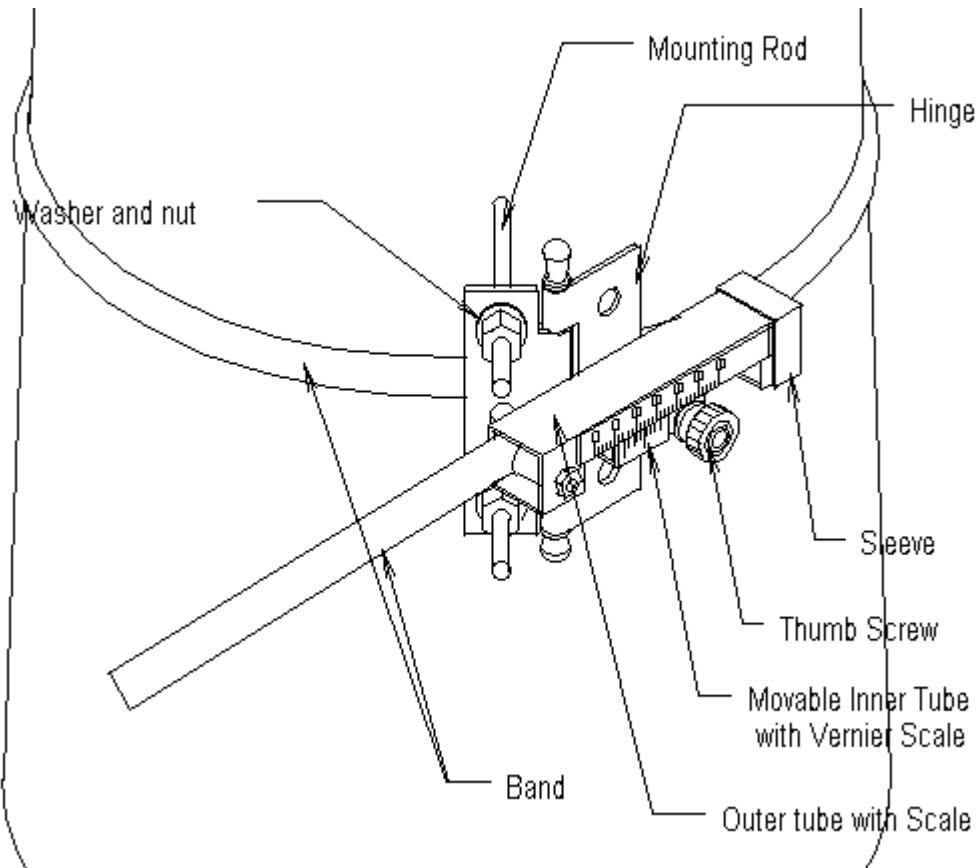
- Usa o método de princípios primários e a câmara dessecante melhora as leituras

## Fácil

- Operação do sensor com uma mão
- Interface simples de usuário
- Sem válvulas para girar, sem parâmetros para ajustar

## Pequeno

- Controlador cabe na palma de sua mão





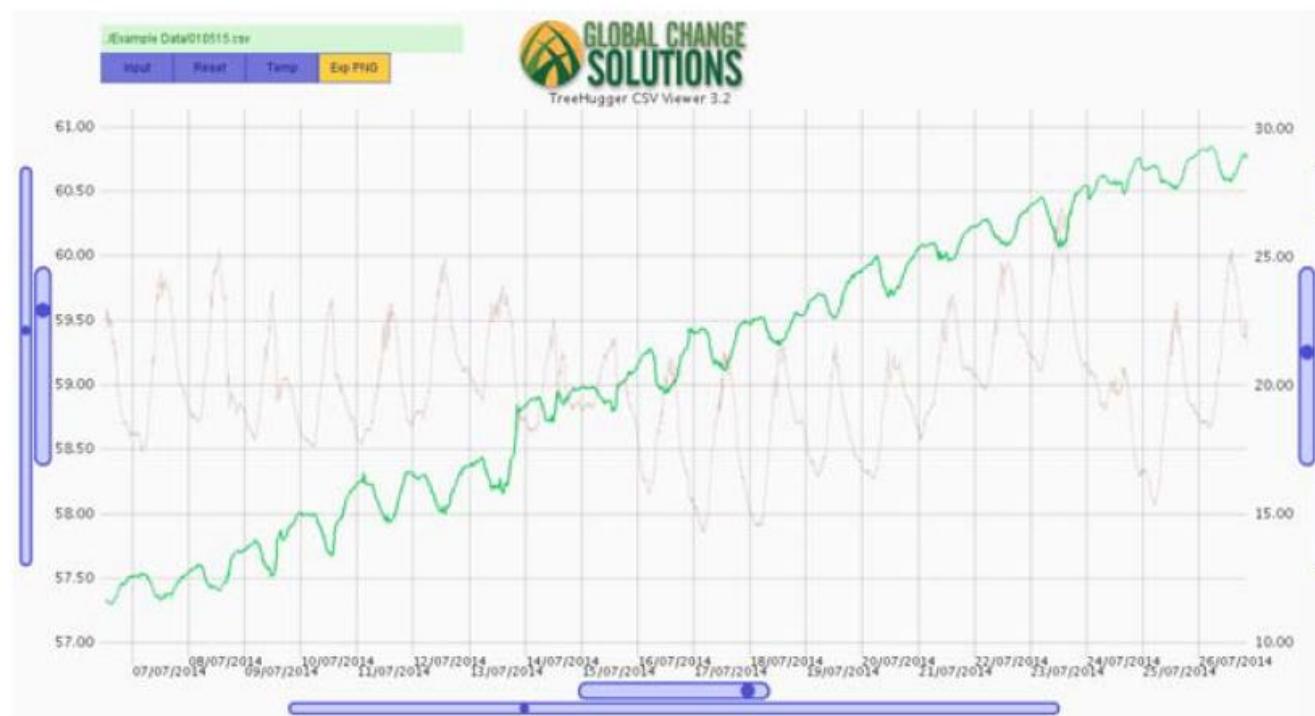
## TreeHugger Dendrometer

The Treehugger dendrometer is a complete automated system for measuring and recording tree growth. It is designed for quick and easy installation to allow users to start measuring tree growth effortlessly.

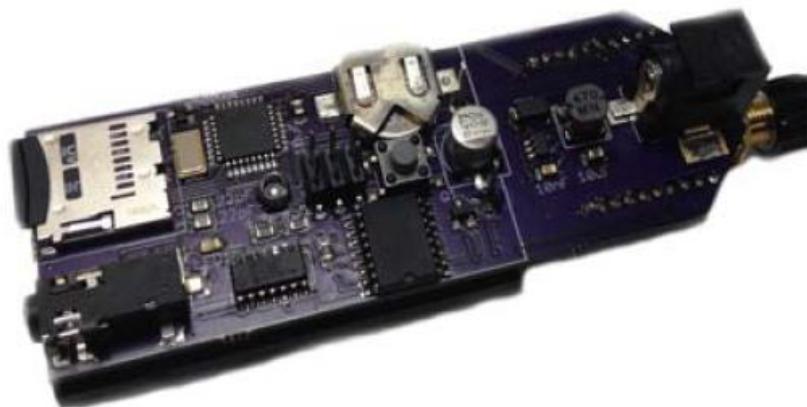


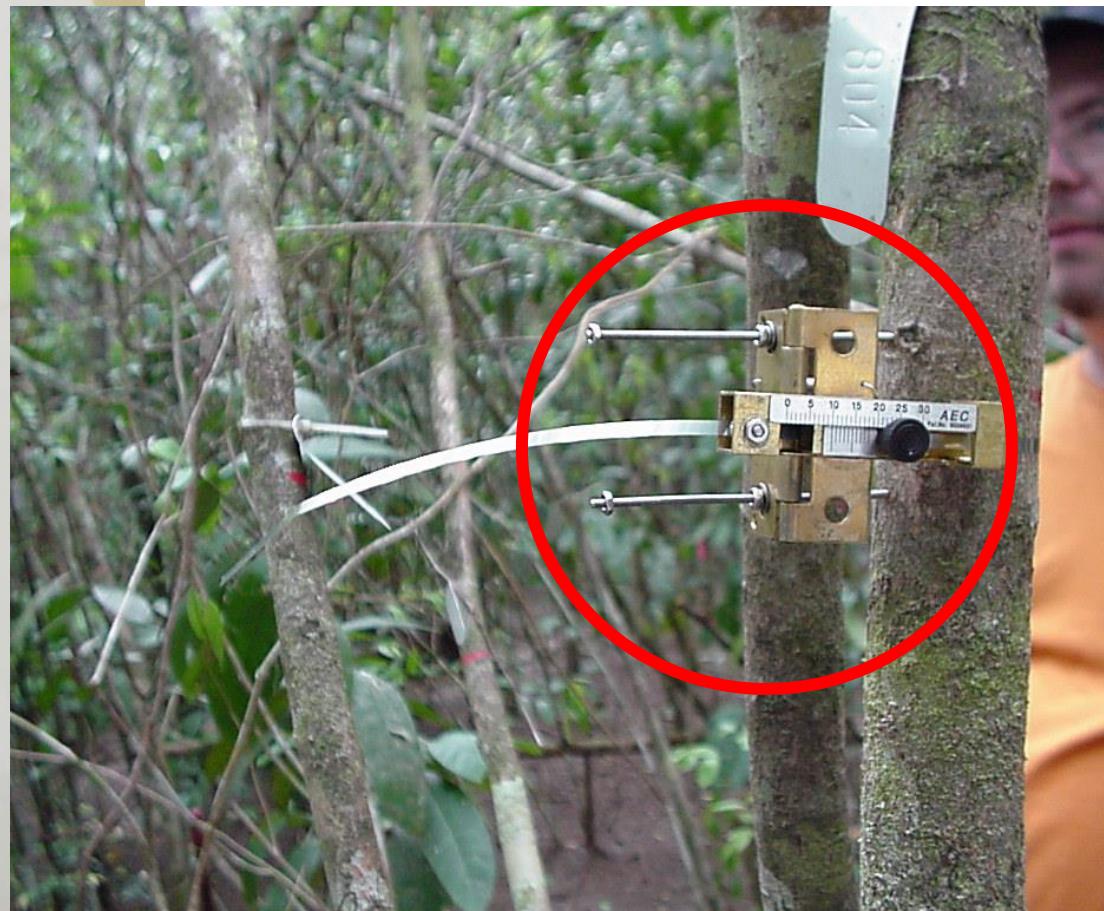
## CSV Viewer

Data recorded from the TreeHugger can be easily inspected with the interactive CSV Viewer. Check it out [here](#).

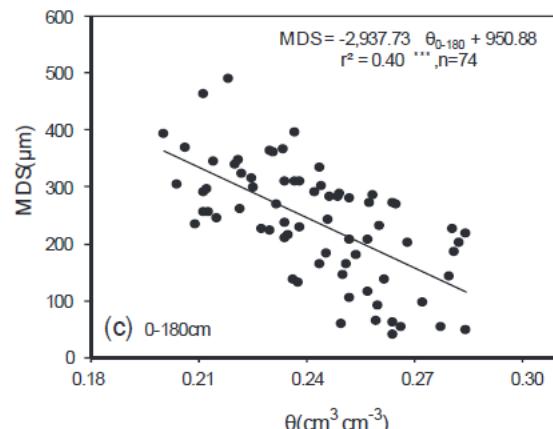
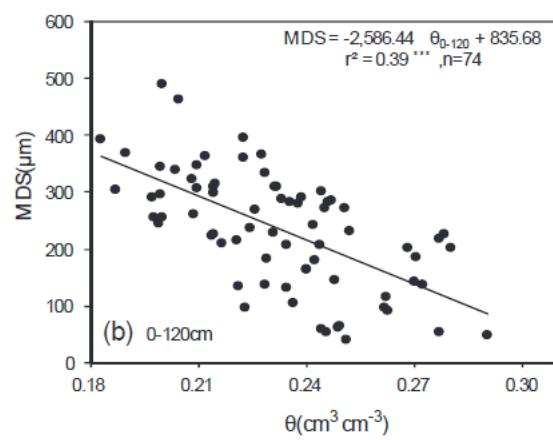
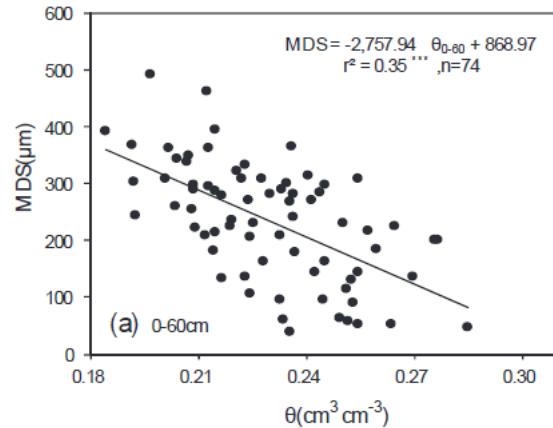


## Data Logger

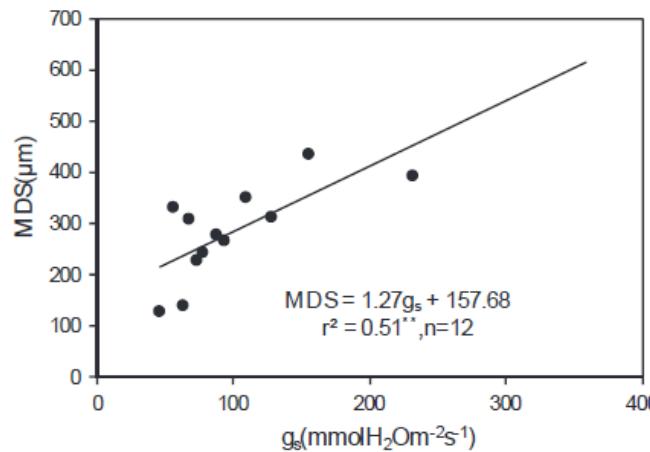




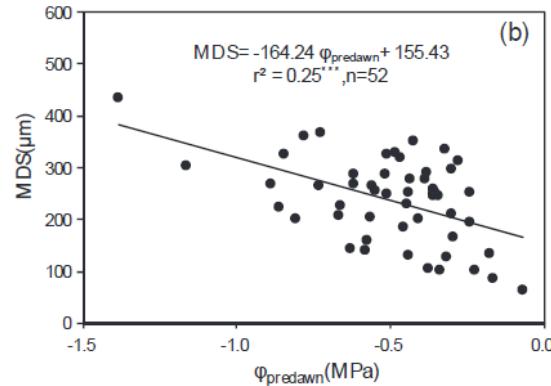
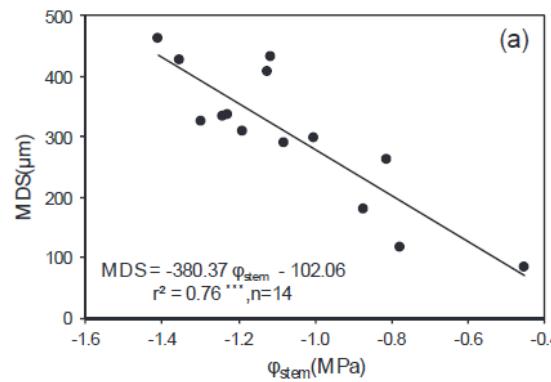




**Fig. 5.** Relationship between maximum daily stem shrinkage (MDS) and soil volumetric water content ( $\theta$ ) at different depths. \*\*\* $P < 0.001$ .



**Fig. 3.** Relationship between maximum daily stem shrinkage (MDS) and leaf stomatal conductance in sunny days. \*\* $P < 0.01$ .



**Fig. 2.** Relationship between maximum daily stem shrinkage (MDS) and stem water potential ( $\phi_{stem}$ ) or predawn leaf water potential ( $\phi_{predawn}$ ). \*\*\* $P < 0.001$ .

## Macieiras adultas

A perda de calor sensível e perda de calor por evaporação são os processos mais importantes na regulação da temperatura da folha, e a relação dos dois é chamada o “Razão de Bowen” (Campbell, 1977):

$$\text{Razão de Bowen} = \frac{\text{Perda de Calor sensível}}{\text{Perda de Calor Evaporativo}}$$

Este conceito foi desenvolvido por Ira S. Bowen (1898-1978), um astrofísico americano. Quando a taxa de evaporação é baixa, porque o suprimento de água é limitado, a razão de Bowen tende a ser alta.

## **2. Geração de conhecimentos básicos de manejo envolvendo os fatores bióticos (fisiologia) e abióticos ligados à produção e aumento da produtividade.**

- 2.1- Desenvolvimento de equações alométricas para estimativa não destrutiva da biomassa aérea e radicular.
- 2.2- Analise destrutiva para estudo da ontogênese floral e correlação com fatores ambientais como radiação e déficit hídrico.
- 2.3- Fenologia e acompanhamento dos eventos ligados à polinização, desenvolvimento de frutos e produção.
- 2.4- Coleta sistemática dos tecidos do estipe/meristema e analise de açucares disponíveis e fosfato para estimativa da carga energética das plantas.
- 2.5- Avaliações da fotossíntese, condutância estomática e transpiração de folíolos individuais das plantas emergentes e perfilhos para analise das contribuições individuais ao suprimento de reservas das plantas.
- 2.6- Medidas de fluxos de CO<sub>2</sub> (fotossíntese) e H<sub>2</sub>O (transpiração) e VOCs utilizando técnica de covariância de vórtices turbulentos para estimativa das trocas gasosas entre os plantios e a atmosfera.

Torre de fluxo (micro meteorológica) da Embrapa Amazônia Oriental em área de híbridos interespecíficos da Empresa Marborges no Pará e quadro descritivo dos instrumentos já instalados.



Medida	Instrumento utilizado	Altura/Profundidade (m)
Radiação de onda curta (incidente e refletida)	Piranômetro (CNR4, Kipp&Zonen B.V.)	18,21
Radiação de onda longa (atmosférica e terrestre)	Pirgeômetro (CNR4, Kipp&Zonen, B.V.)	18,21
Radiação fotossinteticamente ativa (incidente e refletida)	Quantômetro (LI-190, LI-COR, Inc.)	22,90
Precipitação	Pluviômetro (TB4, Hydrological Services Pty. Ltd.)	22,65
Concentração de CO <sub>2</sub>	Analizador de gás (LI-820, LI-COR, Inc.)	22,20; 15,43; 9,90; 5,80; 1,82; 0,50
Velocidade e direção do vento	Anemômetro 2-D (Windsonic, Gill Instruments Ltd.)	22,70; 15,94; 11,85; 10,40
Temperatura e umidade do ar	Termohigrômetro (HC2S3, Rotronic Instrument Corp.)	22,70; 15,94; 10,40; 6,75; 2,25
Coordenadas geográficas e tempo	Receptor de posicionamento geográfico (GPS16X-HVS, Garmin Ltd.)	22,80
Pressão atmosférica	Barômetro (PTB110, Vaisala)	21,40
Saldo de radiação	Saldo radiômetro (NR LITE2, Kipp&Zonen B.V.)	1,80
Molhamento foliar	(LWS1, Decagon Devices Inc.)	5,96; 2,27
Fluxo de calor no solo	Fluxímetro (HFP01, Hukseflux)	0,10; 0,20
Umidade do solo	Sonda perfiladora de umidade (PR1, Delta-T Devices Ltd.)	0,10; 0,20; 0,30; 0,40; 0,60; 1,0
Umidade do solo	Reflectômetro no domínio do tempo (CS615, CS616, CS650, Campbell Scientific, Inc.)	0,10; 0,20; 0,30; 0,40
Temperatura do solo	Perfilador de temperatura (STP01, Hukseflux)	0,02; 0,05; 0,10; 0,20; 0,50
Temperatura do solo	Reflectômetro no domínio do tempo (CS650, Campbell Scientific, Inc.)	0,10; 0,20
Condutividade elétrica do solo	Reflectômetro no domínio do tempo (CS650, Campbell Scientific, Inc.)	0,10; 0,20
Tensão da água no solo	Tensiômetro de bloco de gesso cilíndrico (227 Delmhorst, Campbell Scientific, Inc.)	0,10; 0,20

### **3. Fenotipagem em larga escala e seleção de materiais genéticos mais tolerantes ao déficit hídrico, pragas e doenças.**

3.1- Geração de conhecimento sobre possíveis diferenças na tolerância ao déficit hídrico utilizando plantios jovens de diferentes acessos no campo.

3.2- Desenvolvimento de instalações moveis para a aquisição de imagens multiespectrais e de infravermelho para a caracterização de acessos tolerantes ao déficit hídrico e calor.

# Entregas

Ao final de três (3) anos, espera-se:

- Ter a estimativa precisa do volume de água necessária ao bom desenvolvimento e produção da cultura do açaizeiro em terra firme, bem como ter um sistema dedicado a tomada de decisão na irrigação.
- Ter equações e modelos alométricos para estimar a biomassa e produtividade primária dos plantios de açaizeiros em terra firme. Estes resultados, juntamente com dados meteorológicos, poderão embasar o desenvolvimento de modelos de projeção de safra e produção.
- Poder utilizar equipamentos e softwares para a fenotipagem de alto desempenho em condições de campo e iniciar o desenvolvimento de sistemas de supervisão de deficiências minerais, pragas e doenças em áreas de plantio extensas onde um sistema de agricultura de precisão para supervisão eficiente e eficaz em grandes superfícies desses eventos certamente levará a um avanço e maior eficiência de seu controle.