



Instituto Nacional de Engenharia Tecnologia e Inovação, I.P.



SECMAD

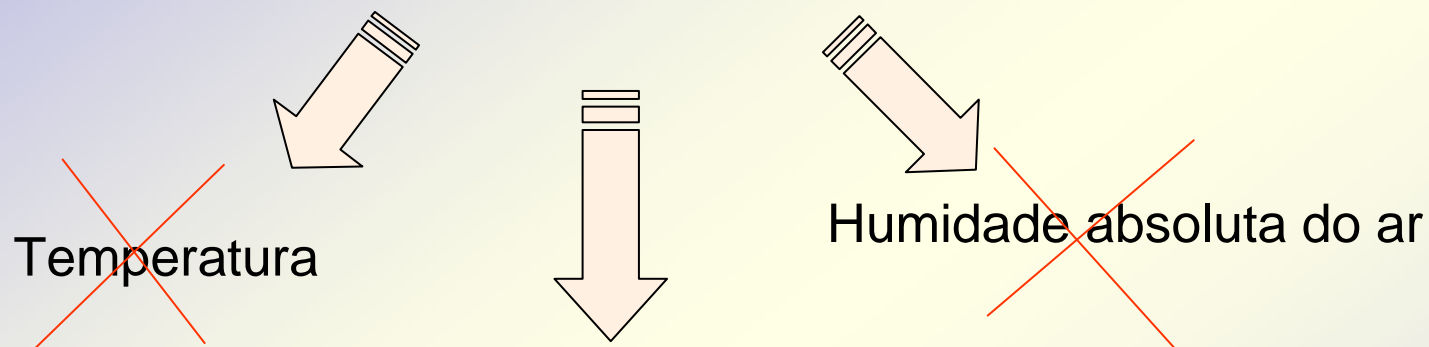
Secador solar para madeiras, um caso de estudo

Autores:

José A. Santos (1), Maria João Martins (1), David Loureiro (1), A. Júlio Nogueira (1), Edgar Ataíde (1), Sandra Enoch (1), Luís Pestana (1), Arnaldo C. Costa(1)

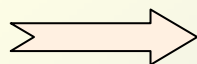
(1) INETI, Estrada do Lumiar 22, 1649-038 LISBOA
Tel:+351 210924669, e-mail: jose.santos@ineti.pt.

O que é que faz secar a madeira ?



Humidade relativa do ar ✓

Teor em água de equilíbrio ✓



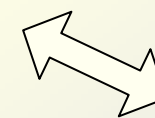
ventilação ✓



Secagem ao ar livre (mínimo 4 meses)



Secagem secador solar / baixo custo (20 dias)



Secagem artificial
(4 dias)



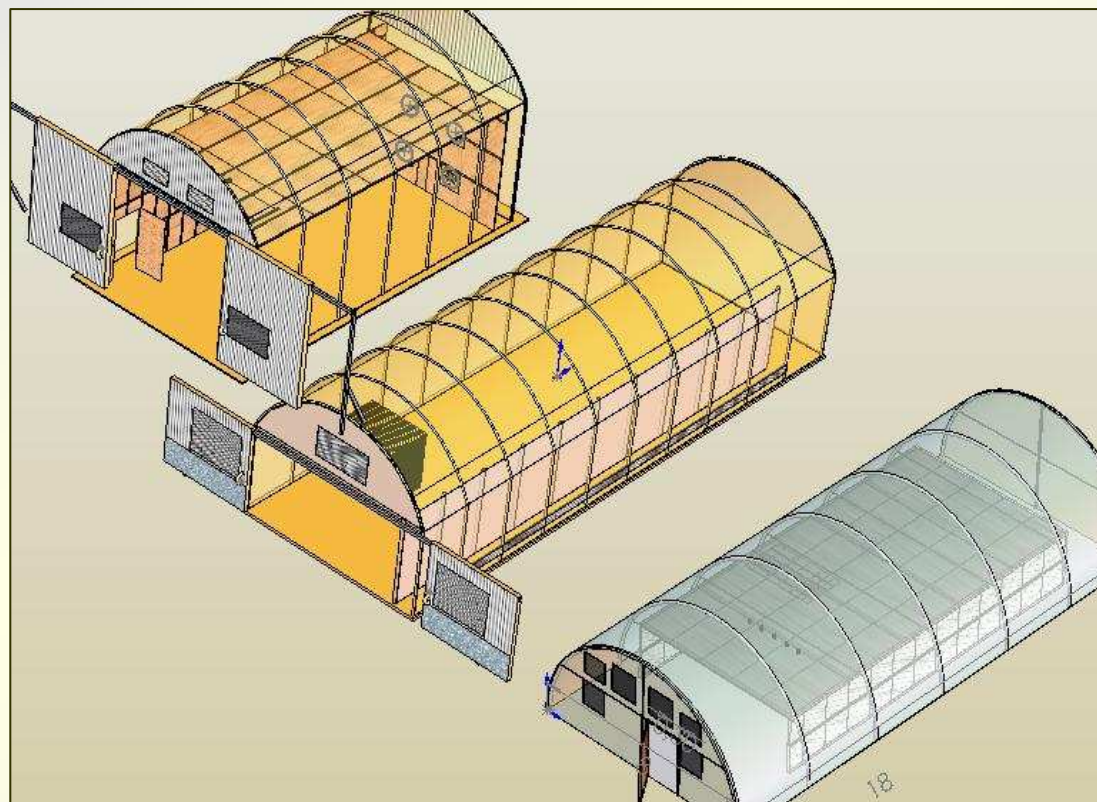
Objectivos / motivação do projecto:

Eficiência energética, definição de conceitos, construção de protótipos, validação de modelos, promoção e divulgação

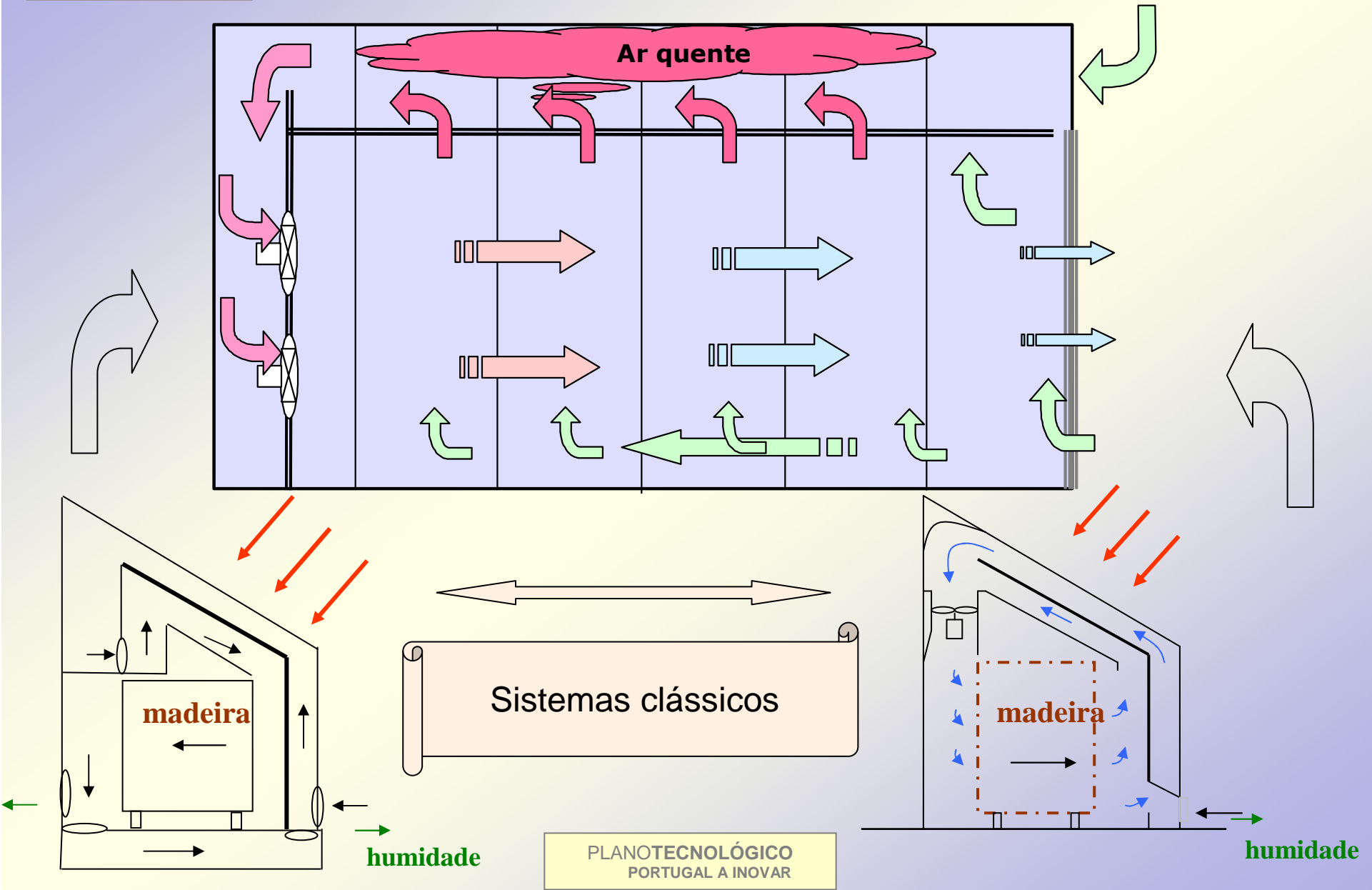
Secador para
madeiras

Secador de
produtos naturais

Recuperação
Estufas agrícolas



Evolução de Conceitos



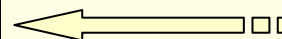


Arrabal - Leiria

Volume interior utilizável → 230 m³

Volume real de madeira → 75 m³

Custo de investimento → 11 800 €



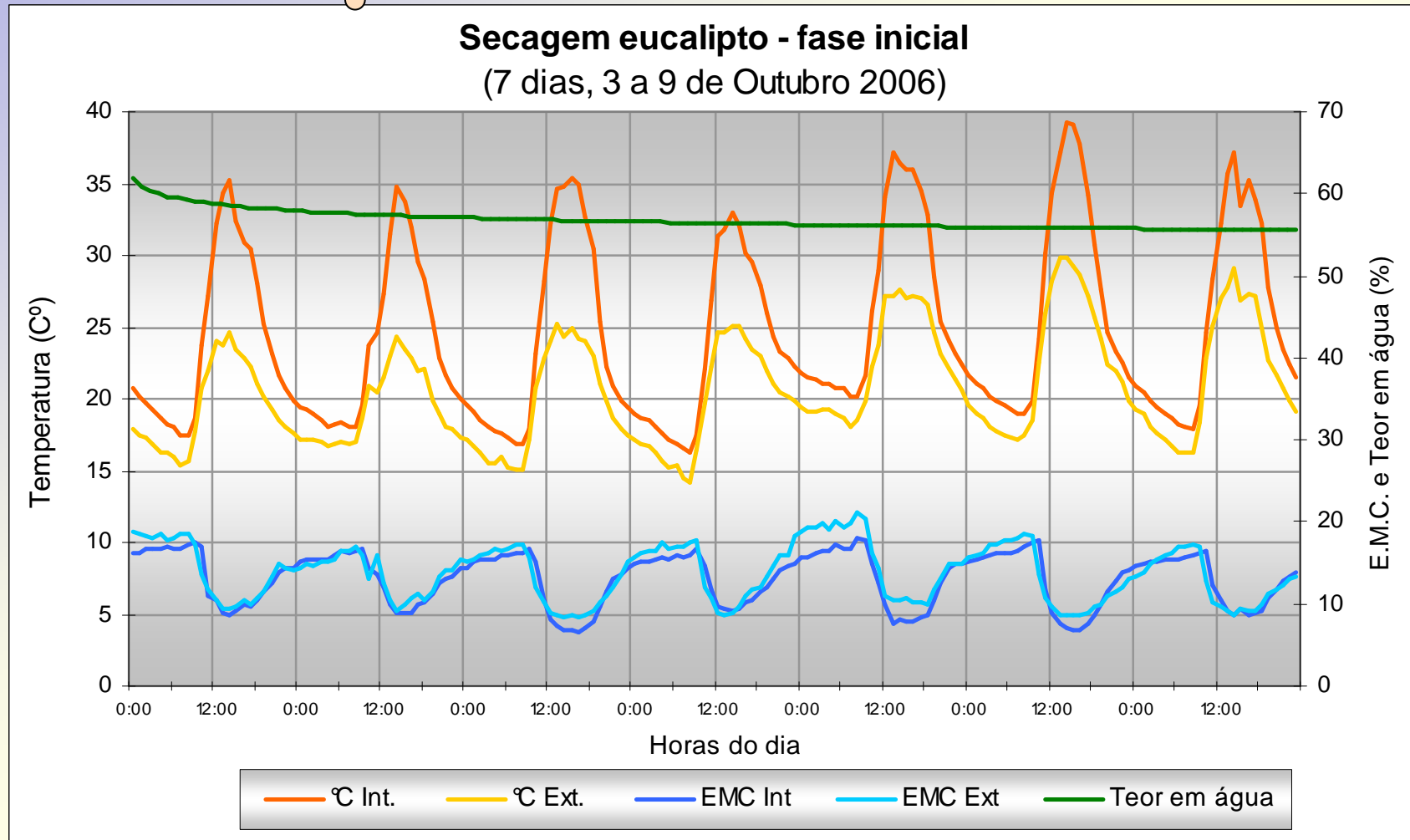
Alcácer



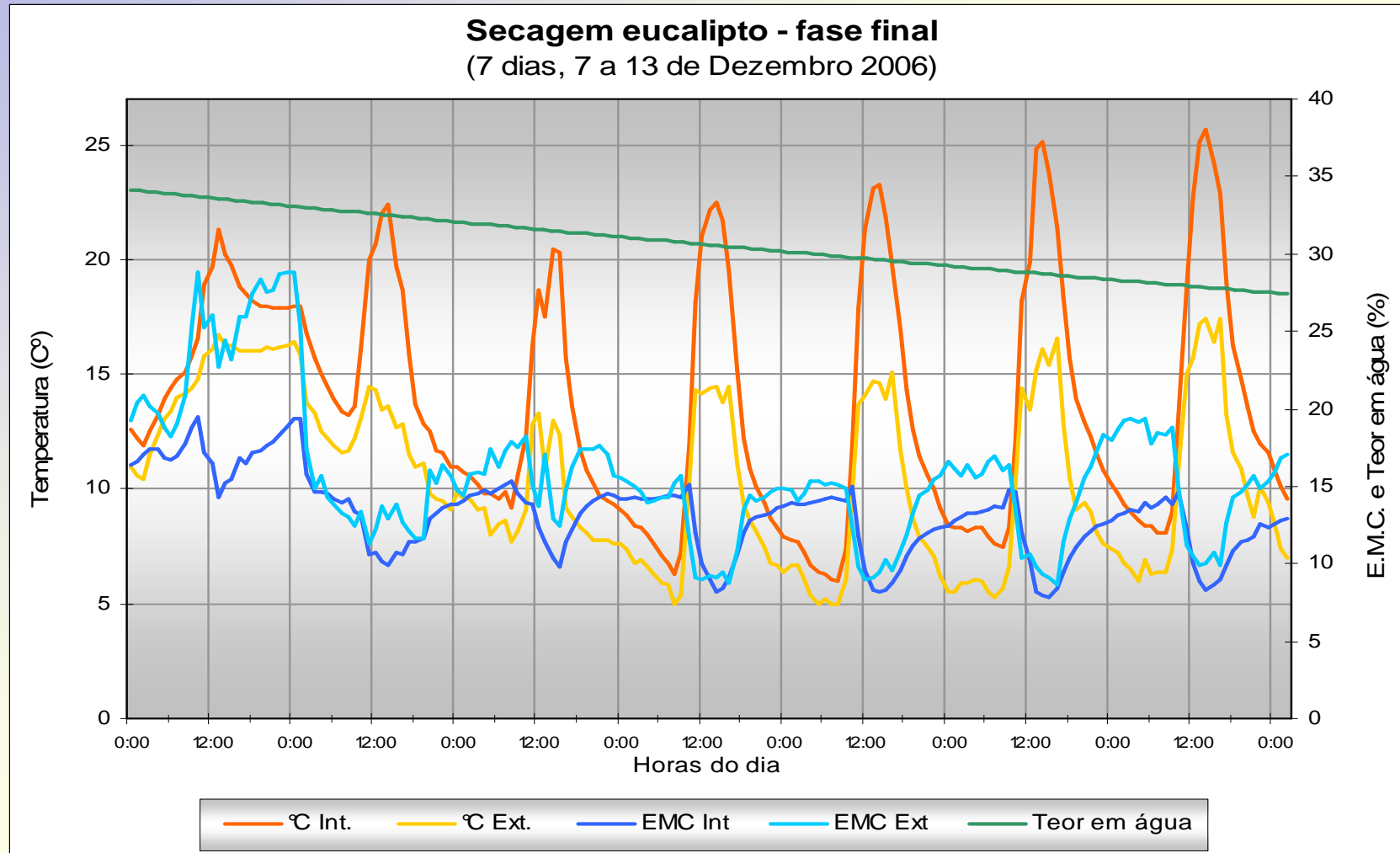
Volume interior utilizável → 310 m³

Volume real de madeira → 100 m³

Custo do investimento → 11 900 €



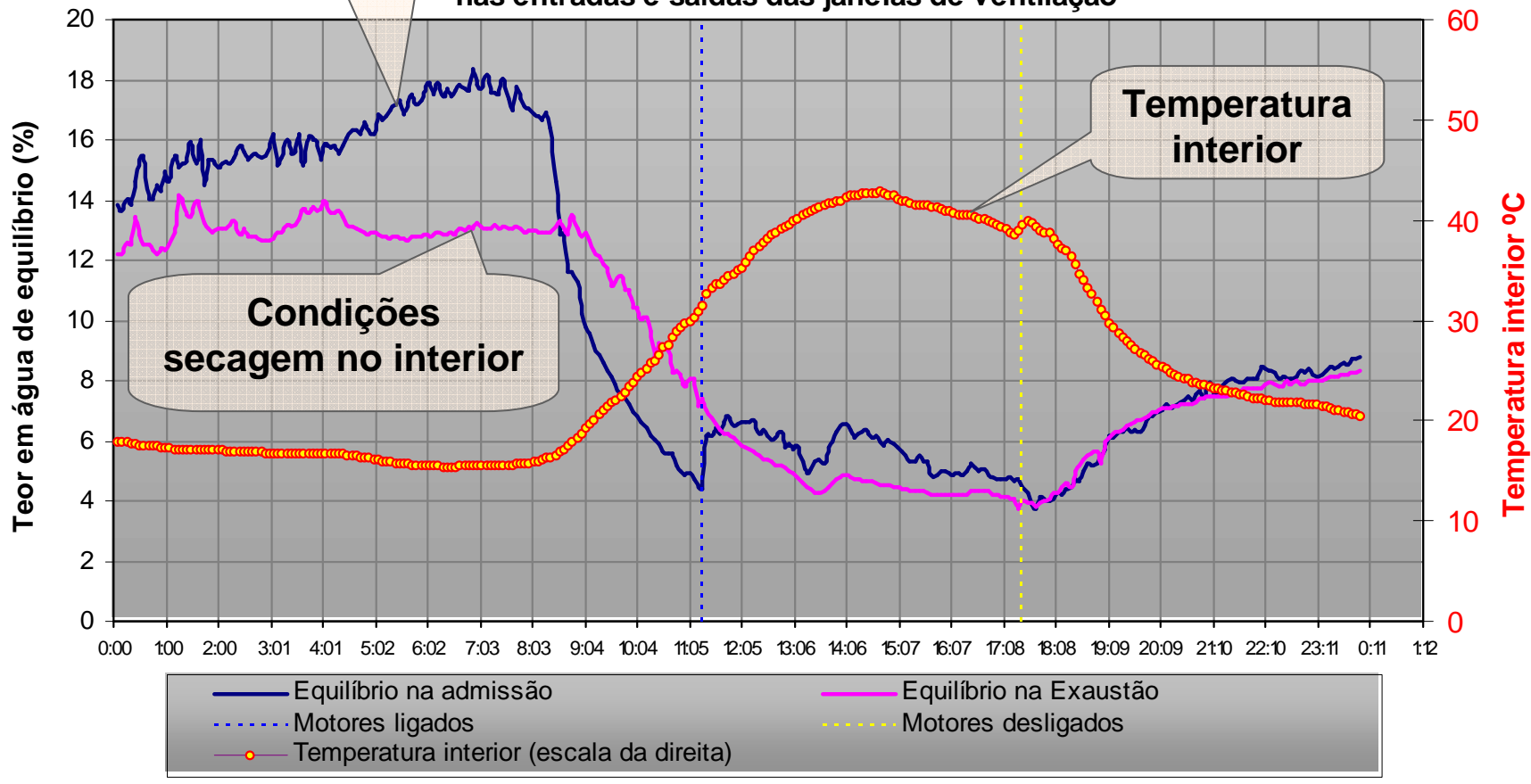
Fim de uma secagem no Inverno



Condições de
secagem no exterior

**Teor em água de equilíbrio
nas entradas e saídas das janelas de ventilação**

Abril 2006



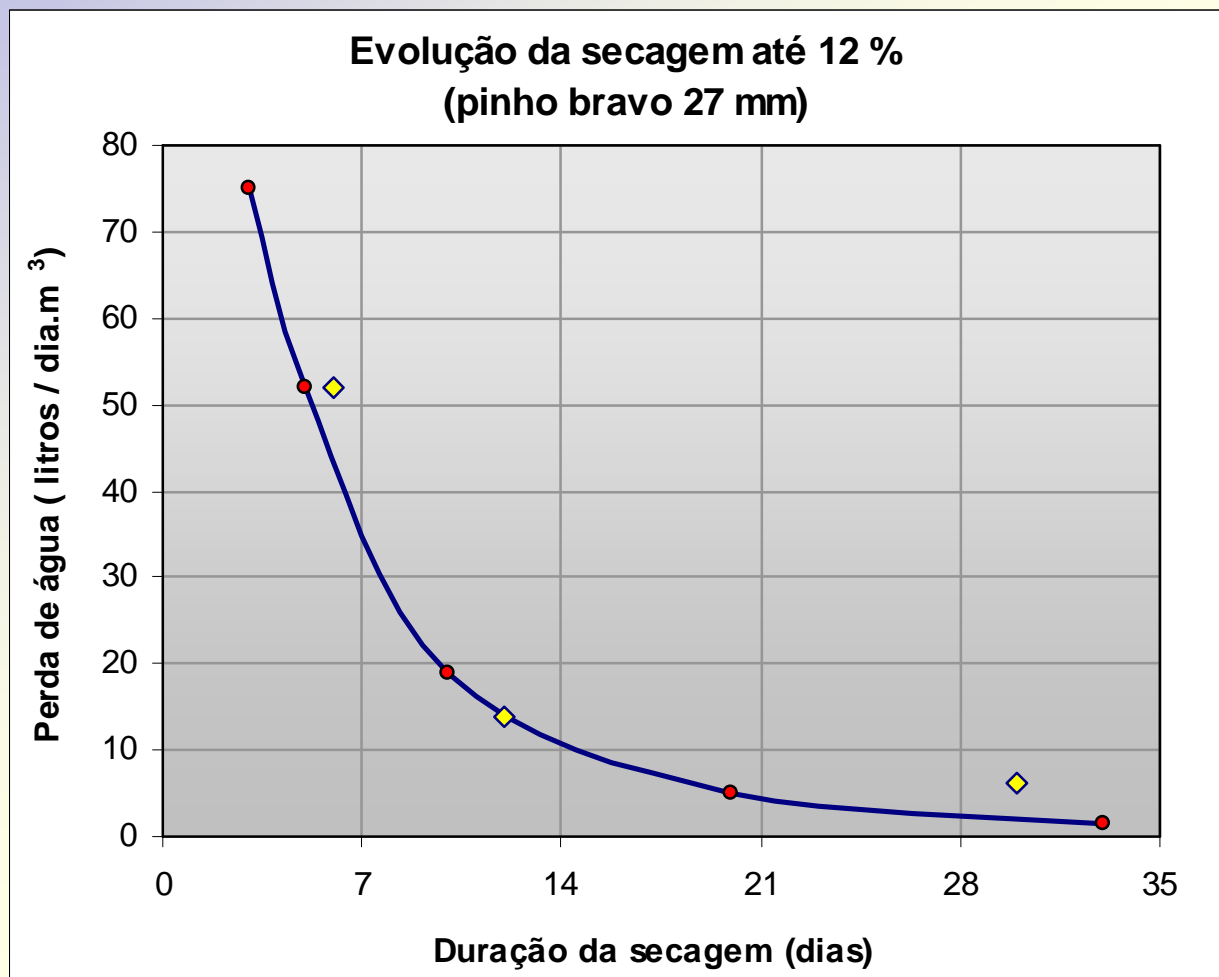
Resultados de um ensaio em Maio 2006

- pranchas de pinho bravo de 27 mm de espessura
- 15 paletes $\approx 16 \text{ m}^3 \Rightarrow 450 \text{ m}^2$ de soalho ou forro
- teor em água inicial de 130 % e final de 12 %
- tempo total 30 dias

Perda de água total (litros)

Durante os primeiros 6 dias	500 a 200	por dia
Durante os doze dias seguintes	200 a 100	por dia
Durante os treze dias restantes até fim secagem	100 a 50	por dia

Outros dados: peso inicial de 16 m^3 de madeira verde $\Rightarrow 18\ 780 \text{ kg}$
 quantidade total de água a retirar $\Rightarrow 8\ 835$ litros água



Nota: Estimativa feita a partir dos valores monitorizados de teor em água da madeira.

Energia eléctrica consumida num ciclo de secagem
/ custo no produto final

Ventiladores ligados entre as 9h00 e as 19h00 (10 horas / dia)
Numa secagem com uma duração de 20 dias foram utilizadas 200 horas, a um consumo de energia eléctrica de cerca de:

- **960 kW.h** (1,5 kW x 0,80% x 200 h x 4), => **62,5 €** (0.065€/kW.h)
- **3,8 Euros** por cada metro cúbico de madeira seca (custo energia)

Madeira de forro de 22 mm de espessura final,
(vendido ao metro quadrado)

- Custo de secagem de 0,15 € por cada m².

Nota: Não contabilizada a amortização do equipamento e os custos de mão-de-obra.

Comparação de consumos de energia entre o secador solar
E um secador convencional, para a secagem de uma Resinosa
(*Pinus pinaster*, Aitim.), de 120 % a 14 % de teor em água.

	Energia eléctrica dos ventiladores	Energia calorífica para obter ar mais seco
Secador convencional	32 kW.h / m³	460 000 kcal / m³ 494 kW.h / m³
Secador solar	28 kW.h / m³	0

Vantagens técnicas e económicas

Menor consumo energético do que um secador industrial

Protótipo solar $\approx 4,5\text{€} / \text{m}^3$ de madeira seca

Secador convencional $\approx 12\text{€} / \text{m}^3$ de madeira seca

(comercialmente $\approx 20 \text{€} / \text{m}^3$)

Preço de instalação de um secador de 75m^3 útil (volume efectivo de madeira):

(Caixa e ventiladores):

Protótipo do projecto $\approx 11\ 000\text{€}$

Secador convencional $\approx 35\ 000\text{€} +$ caldeira + combustível

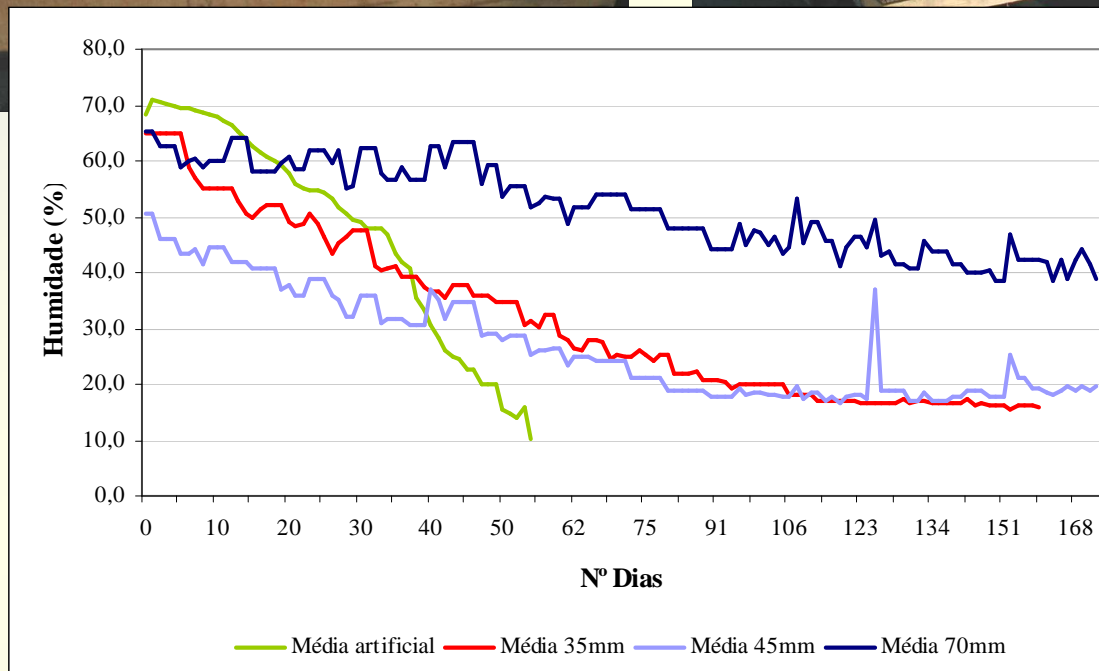
Custo da secagem ao ar

- Imobilização de capital
- Tratamento de protecção temporária



Armazenamento antes de tratamento e **secagem** ⇒ **perigo de degradação**

Secagem de madeiras ao ar livre Exemplo do carvalho



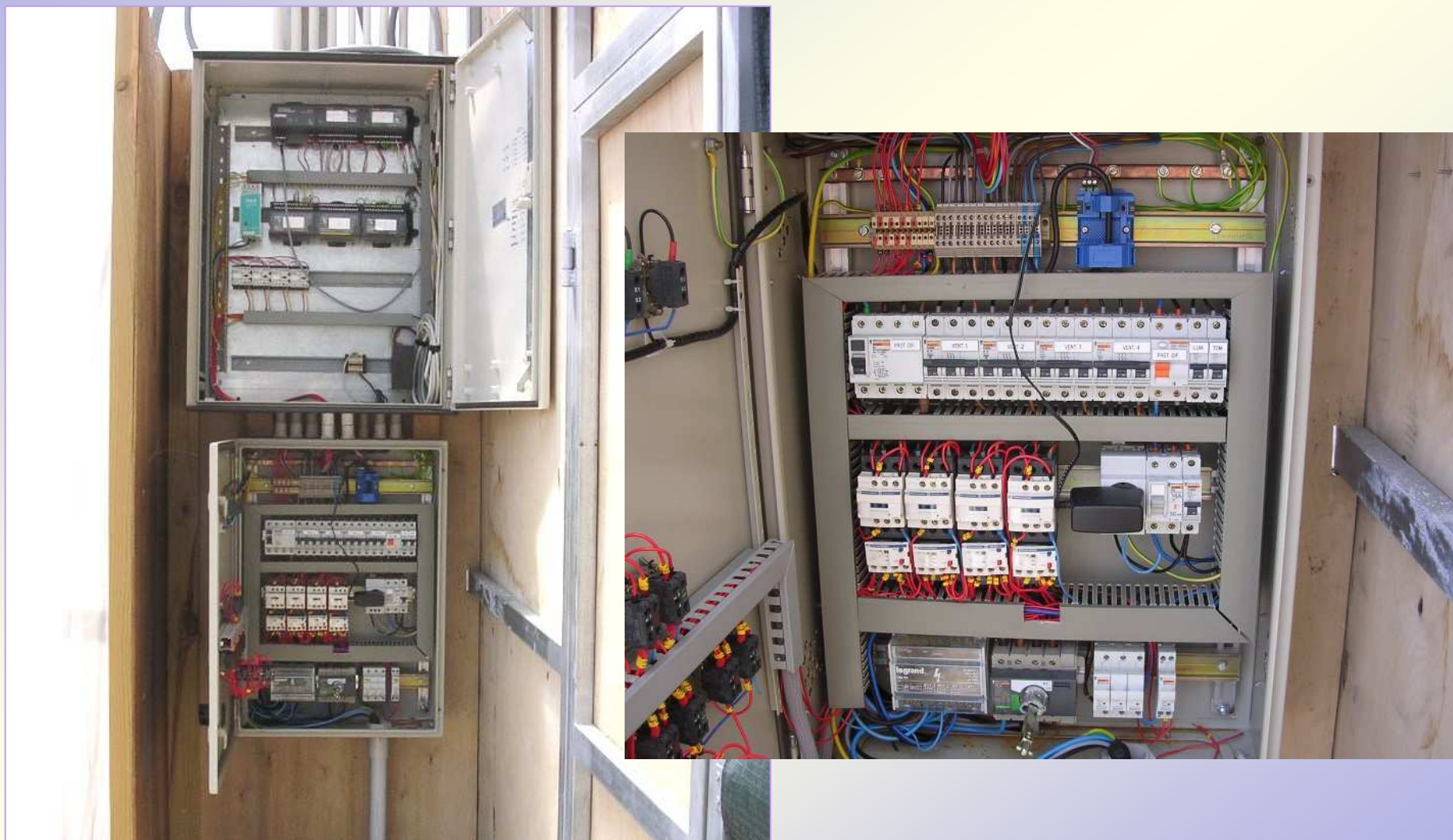
Sistemas de controlo

Comunicação sem fios



Sensores
temperatura,
humidade do ar,
radiação

Caixas electrónica de comando





Conclusões

Potencialidades Industriais

- Baixo custo de investimento e de manutenção,
- Grande versatilidade por ser facilmente regulável,
- Qualidade elevada da madeira seca,
- Elevado potencial de implementação em pequenas e médias empresas,
- Secagem de madeiras difíceis, **carvalhos, eucalipto**, etc.
- Utilização para outros fins, como por exemplo, secagem de frutos, pinhas ou algas, cerâmica, lamas, etc.

Exemplo: pinhas

Equipa do projecto do INETI:

José António Santos

Maria João Martins

Arnaldo Cruz Costa

David Loureiro

António Nogueira

Álvaro Ramalho

Carlota Duarte

Luís Câmara Pestana

Sandra Enoch

Tel. 210924655

jose.santos@ineti.pt

maria.martins@ineti.pt

cruz.costa@ineti.pt

david.loureiro@ineti.pt

antonio.nogueira@ineti.pt

alvaro.ramalho@ineti.pt

carlota.duarte@ineti.pt

luis.pestana@ineti.pt

sandra.enoch@ineti.pt

EMPRESAS

Bernardino & Mendes, Lda :

Tel. 244 744 734

Sr. Bernardino Lopes

Sr. Nuno / D. Lena

PREMAD, S.A. :

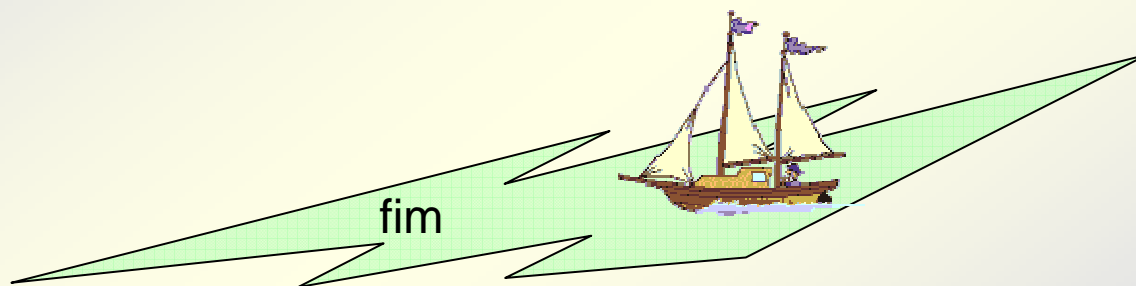
Tel. 244 744 734

Eng^o Posser de Andrade

Eng^a Cília Costa

Sr. Fernando

Sr. Calção



Obrigado pela vossa atenção

A handwritten signature in black ink, appearing to be "JAS" or similar, located below the text "Obrigado pela vossa atenção".