



EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS.

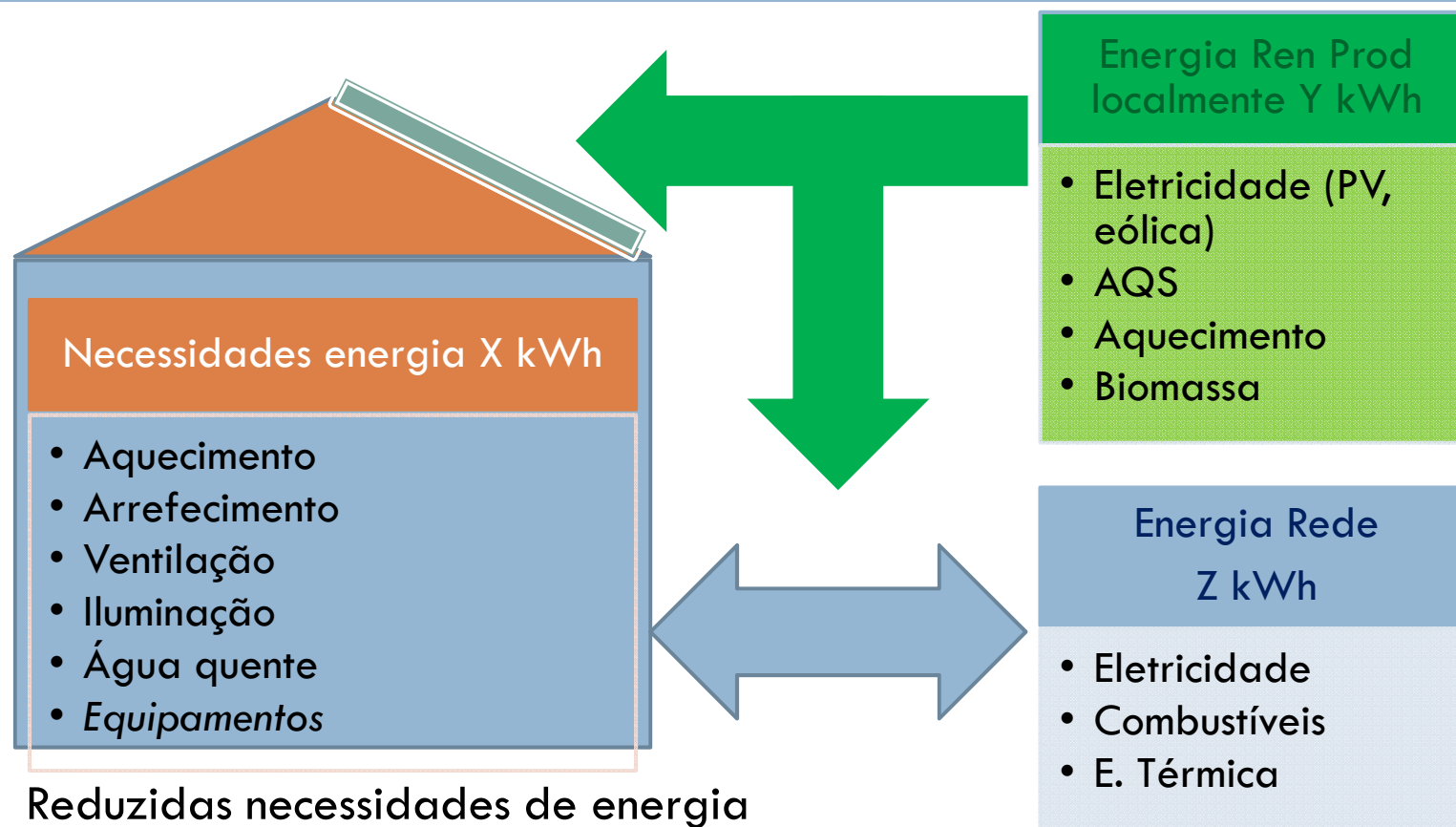
**VALORIZAR O COMPORTAMENTO
PASSIVO NO CAMINHO PARA OS
EDIFÍCIOS NZEB**

ARMANDO PINTO (NAICI/DED/LNEC)

JIL, 2012-06-18, LNEC

Edifício NZEB (EPBD recast, 2010)

Nearly zero energy building



- Reduzidas necessidades de energia
- Energia renovável $\approx$ Necessidades de energia (balanço anual)
- Energia rede (média anual consumo/fornecida) $\approx$ 0

NZEB – EPBD recast

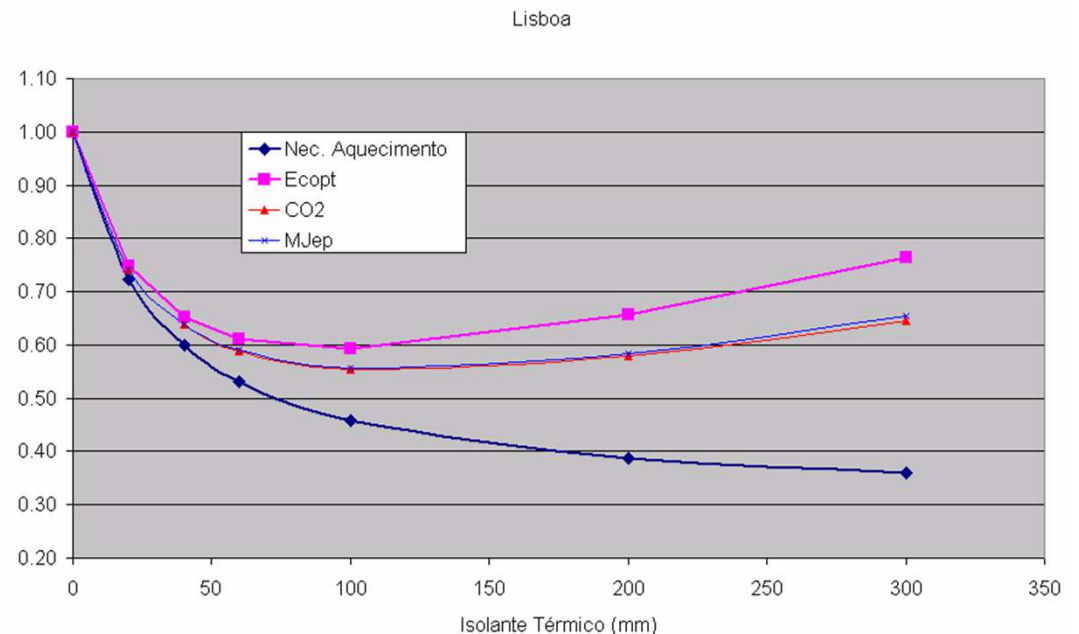
Nearly zero energy buildings

- **«Edifício com necessidades quase nulas de energia»**, um edifício com um **desempenho energético muito elevado**, determinado nos termos do anexo I (aquecimento, arrefecimento, AQS, ventilação e iluminação). As necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas em grande medida por **energia proveniente de fontes renováveis**, incluindo energia proveniente de fontes renováveis produzida no local ou nas proximidades;
- 31 dezembro 2020: todos os edifícios novos
- 31 dezembro 2018: todos os edifícios públicos novos
- Os EM podem decidir não aplicar os requisitos NZEB 2018/2020 em determinados casos específicos justificáveis em que a análise de custos-benefícios para todo o ciclo de vida económico do edifício em questão seja negativa

Conceito (Net)ZEB

- Net zero energy buildings (ZEB)
 - ▣ Edifício dotado de microgeração, ligado à rede elétrica, que num balanço anual entrega à rede pelo menos a energia consumida
 - ▣ 0 kWh de energia primária
 - ▣ Net surplus
- ZEB e NZEB não consideram energia incorporada

A. Pinto, 2008 - Aplicação da avaliação de ciclo de vida à análise energética e ambiental de edifícios. Exemplo habitação multifamiliar

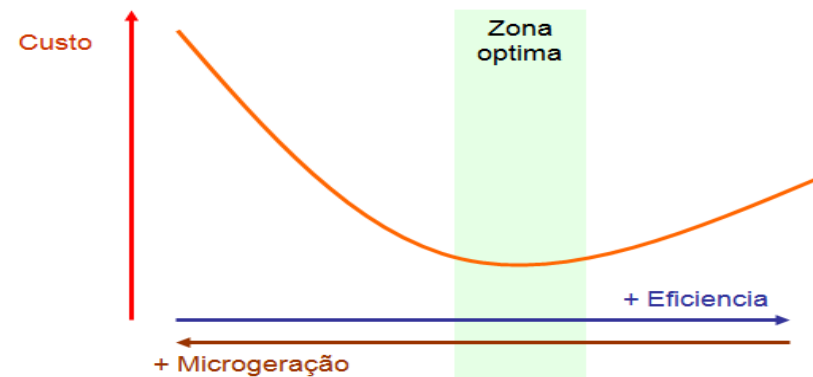


NZEB vs ZEB

□ “ZEB”



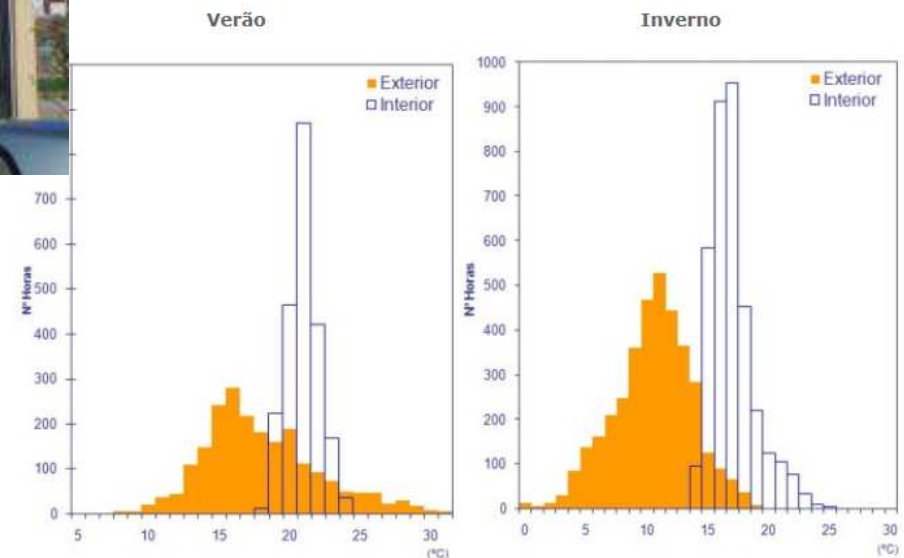
□ nZEB



Casa termicamente otimizada (Porto, 1984)



- Paredes simples de 20 cm de espessura revestida exteriormente com 5 cm de espessura de poliestireno expandido



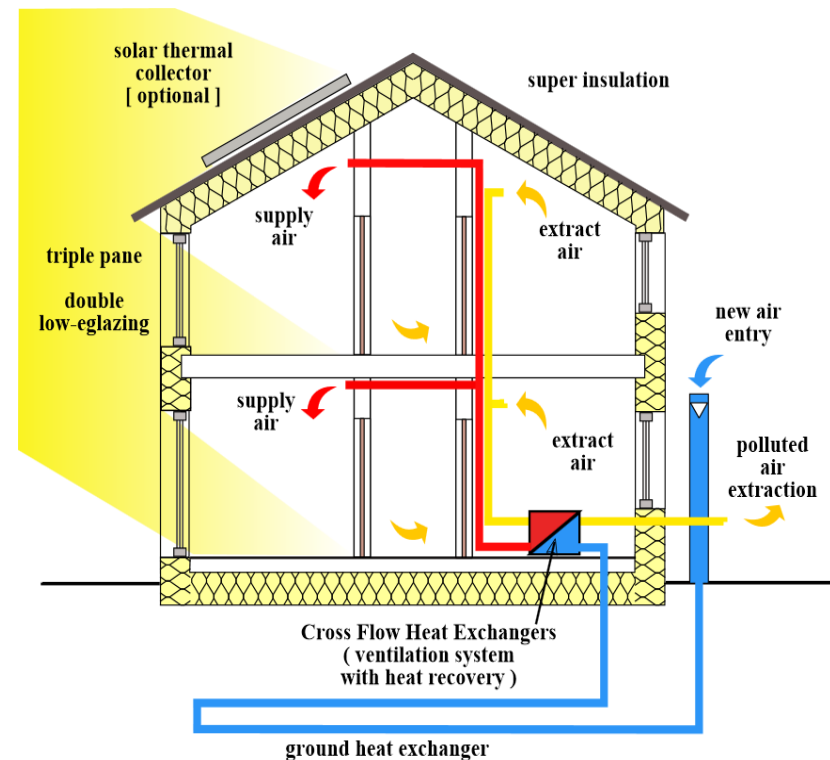
Solar XXI-LNEG



- $A_{pav}=1500 \text{ m}^2$, $75 \text{ m}^2/\text{p}$, 800 €/m^2 , parede simples com 6 cm de isol ext
- Necessidades energéticas anuais $43 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$
- Produção PV e coletores solares $36 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$
- Fonte: REHVA/LNEG 2012
- NREL 20.000 m^2 , $25 \text{ m}^2/\text{p}$, 2400 €/m^2

Passive House (Alemanhã)

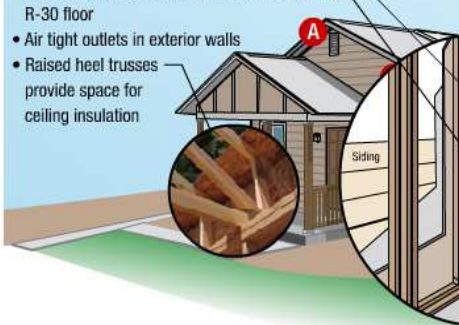
- Calculated
annual heating $\leq 15 \text{ kWh/m}^2$
annual cooling $\leq 15 \text{ kWh/m}^2$
OR peak heat load 10 W/m^2
- Total primary energy (source energy for electricity and etc.) consumption (primary energy for heating, hot water and electricity) must not be more than 120 kWh/m^2 per year
- $n_{50} \leq 0.6 \text{ h}^{-1}$ as tested by a blower door.



NZEB: várias soluções possíveis

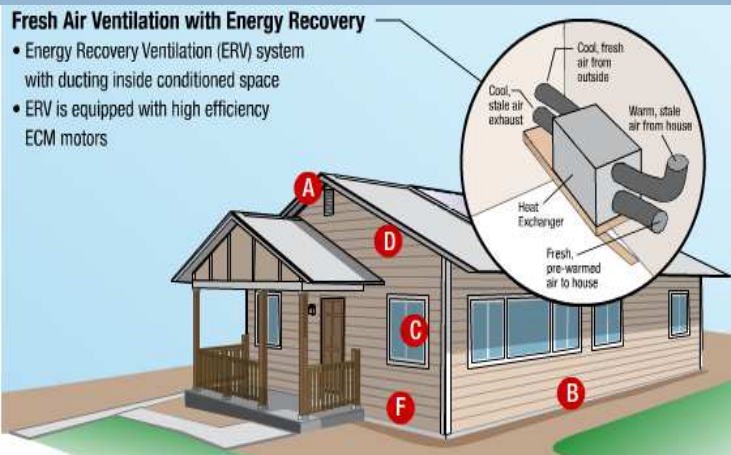
Superinsulated Building Envelope

- Double stud wall construction, overall wall thickness = 1 foot, with 3.5" gap between stud walls to eliminate thermal loss
- Air tight with continuous air and vapor barrier
- Fiberglass insulation: R-40 walls, R-60 ceiling, R-30 floor
- Air tight outlets in exterior walls
- Raised heel trusses provide space for ceiling insulation



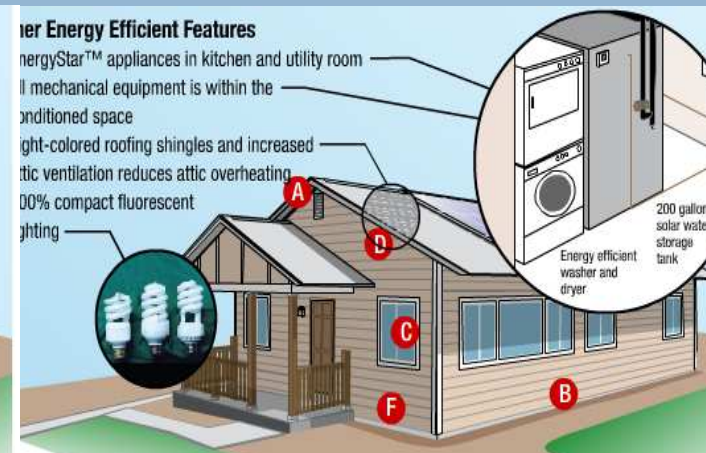
Fresh Air Ventilation with Energy Recovery

- Energy Recovery Ventilation (ERV) system with ducting inside conditioned space
- ERV is equipped with high efficiency ECM motors



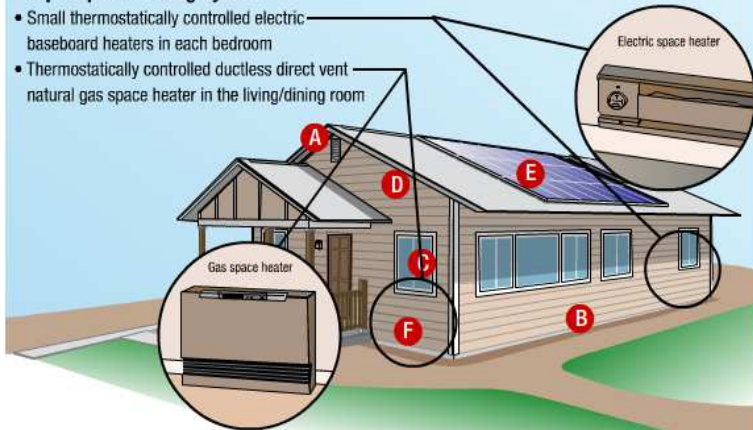
Other Energy Efficient Features

- EnergyStar™ appliances in kitchen and utility room
- All mechanical equipment is within the conditioned space
- Light-colored roofing shingles and increased attic ventilation reduces attic overheating
- 100% compact fluorescent lighting



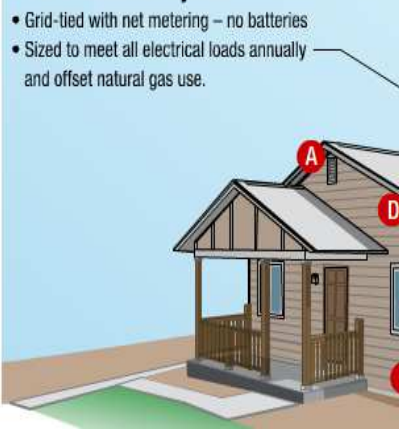
Simple Space Heating System

- Small thermostatically controlled electric baseboard heaters in each bedroom
- Thermostatically controlled ductless direct vent natural gas space heater in the living/dining room



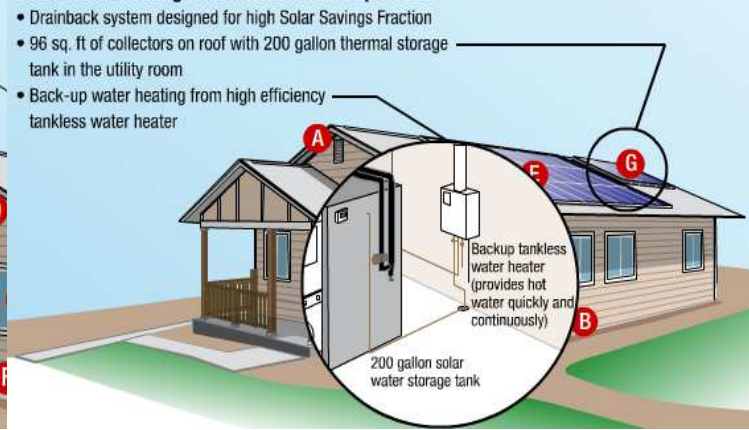
4-kW Photovoltaic System

- Grid-tied with net metering – no batteries
- Sized to meet all electrical loads annually and offset natural gas use.



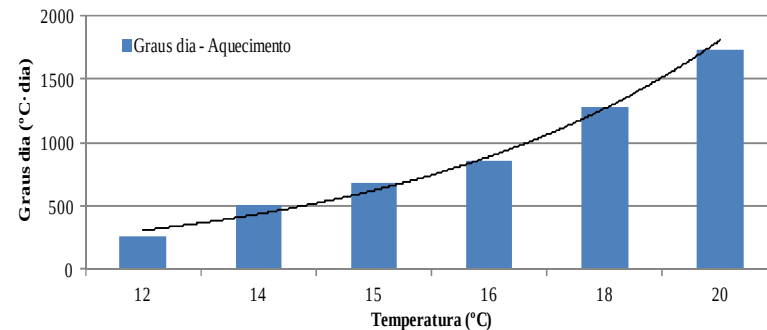
Solar Water Heating with Efficient Back-up Heater

- Drainback system designed for high Solar Savings Fraction
- 96 sq. ft. of collectors on roof with 200 gallon thermal storage tank in the utility room
- Back-up water heating from high efficiency tankless water heater



Além das indefinições de NZEB

- Que soluções otimizam ciclos de custos **real** e requisitos de eficiência energética ?
 - Passivas
 - Equipamentos
 - Produção
 - Incentivos
- Que condições ambientais; temperatura, qualidade do ar, taxa de renovação de ar, acústica, iluminação, vista
- Necessário conhecer o comportamento real de edifícios, principalmente edif. existentes



Edifício de serviços existente

- Edifício de 1980, em Lisboa
- 1800 m², gab. 625 m²
- Iluminação 12 W/m²
- Equipa. 2,5 W/m²
- Aq 50 kW, Arr 15 kW
- $\Sigma A.U=6160\text{W/K}$,
duas vezes superior
RCCTE_{ref}

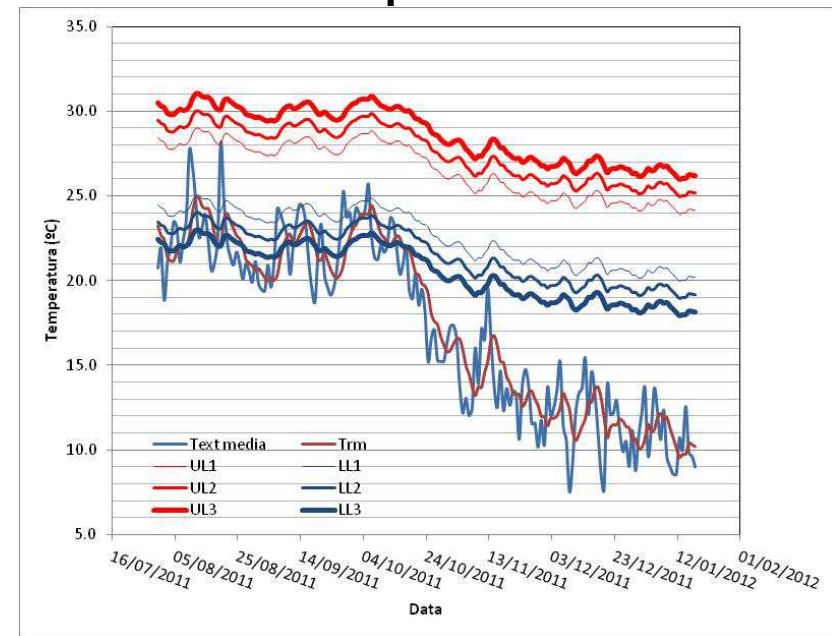


SSE

Diagnóstico - Critérios

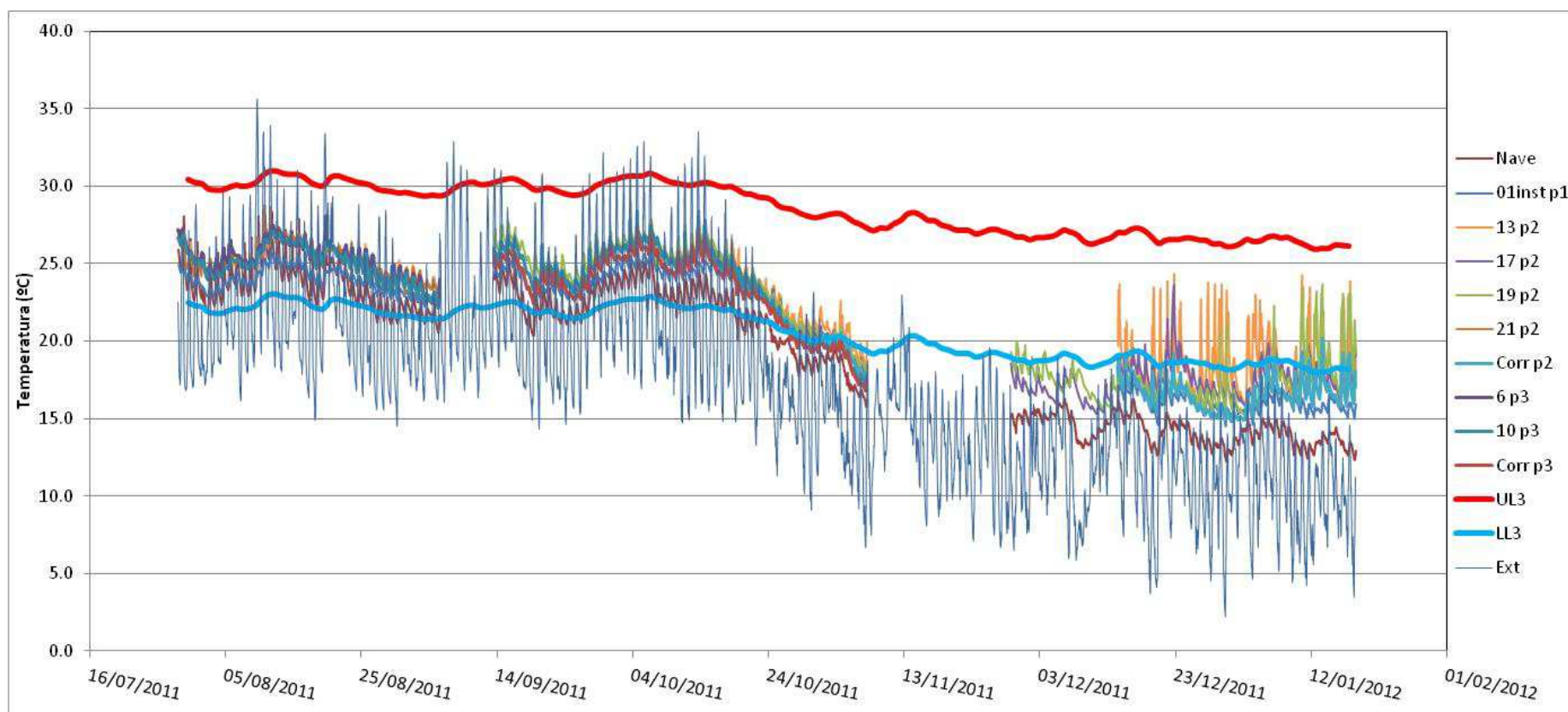
- Conforto térmico
 - ▣ 20 a 25°C (rsece/AC)
 - ▣ Adaptativo (norma EN)
- Qualidade do ar
 - ▣ 984/1476 ppm [CO₂]
 - ▣ 35 m³/(h.p)
- Consumo de energia elétrica:
 - ▣ RSECE 8.6 kWh/m².ano
 - 15.5 MWh.ano

Critério conforto adaptativo



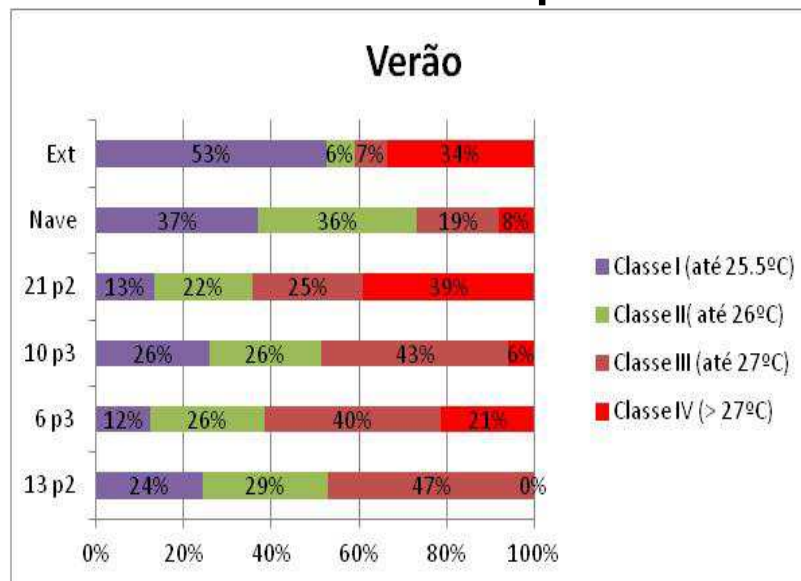
Diagnóstico – Conforto térmico, avaliação experimental

□ Resultados de medições:

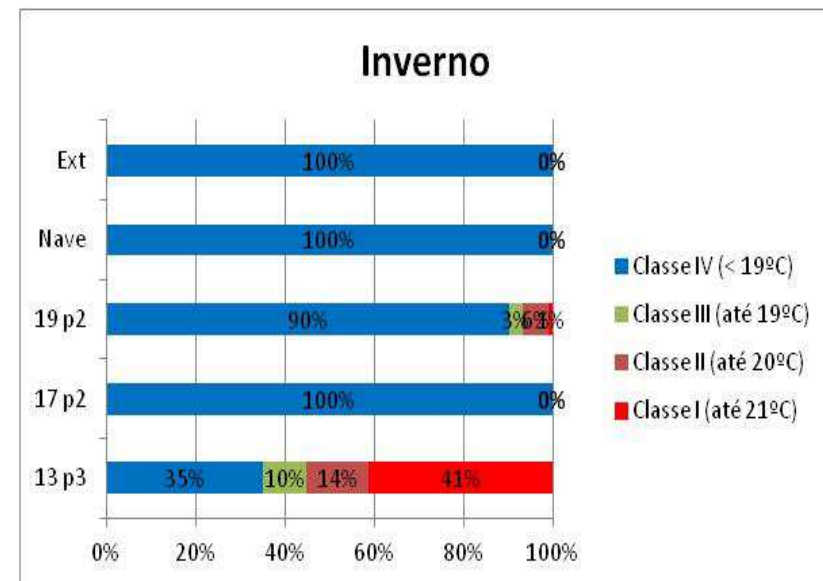


Diagnóstico – Conforto térmico, avaliação experimental

□ Semana mais quente



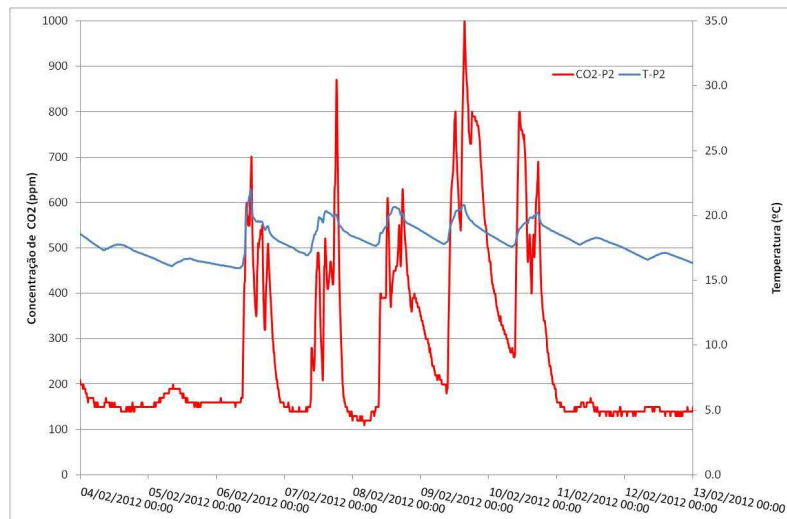
□ Semana mais fria



Diagnóstico – QAI e ventilação, avaliação experimental

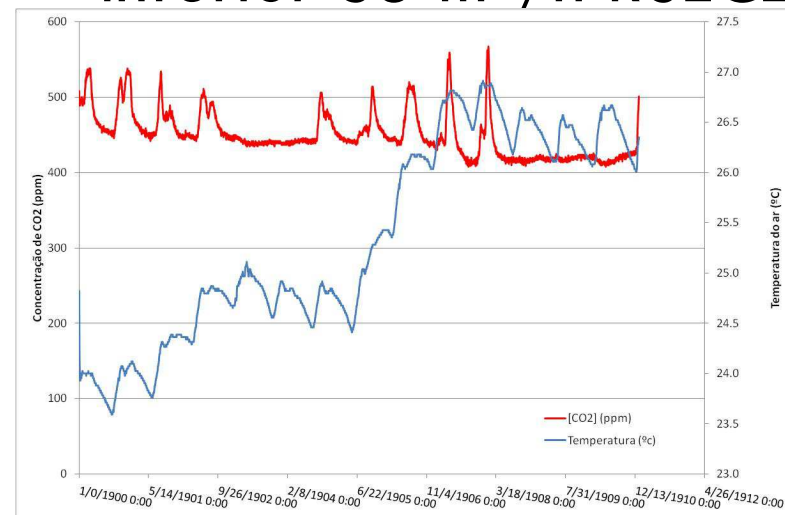
Concentração de CO2

□ Inferior a 984 ppm



Taxa de renovação de ar

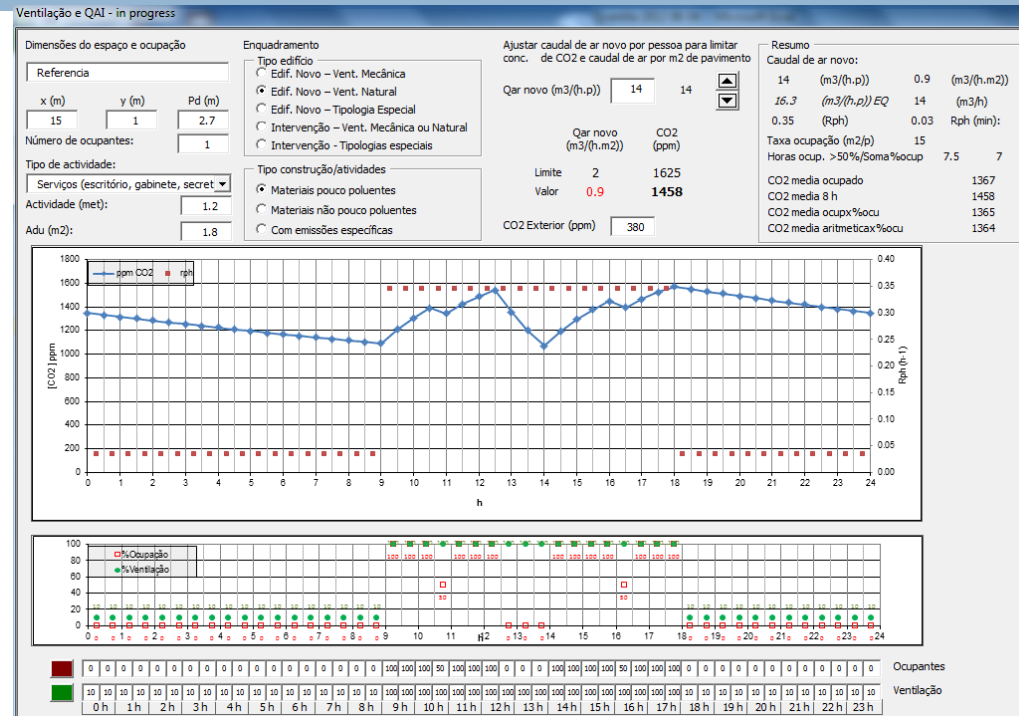
□ 0,4 Rph ~ 15 m³/h
inferior 35 m³/h RSECE



Apesar de $Q_{ar} < Q_{min\ RSECE}$, QAI satisfatória (CO2)

Q_{ar} RSECE superior ao necessário em espaços com ocupação temporária

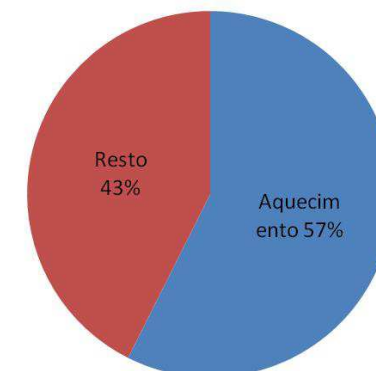
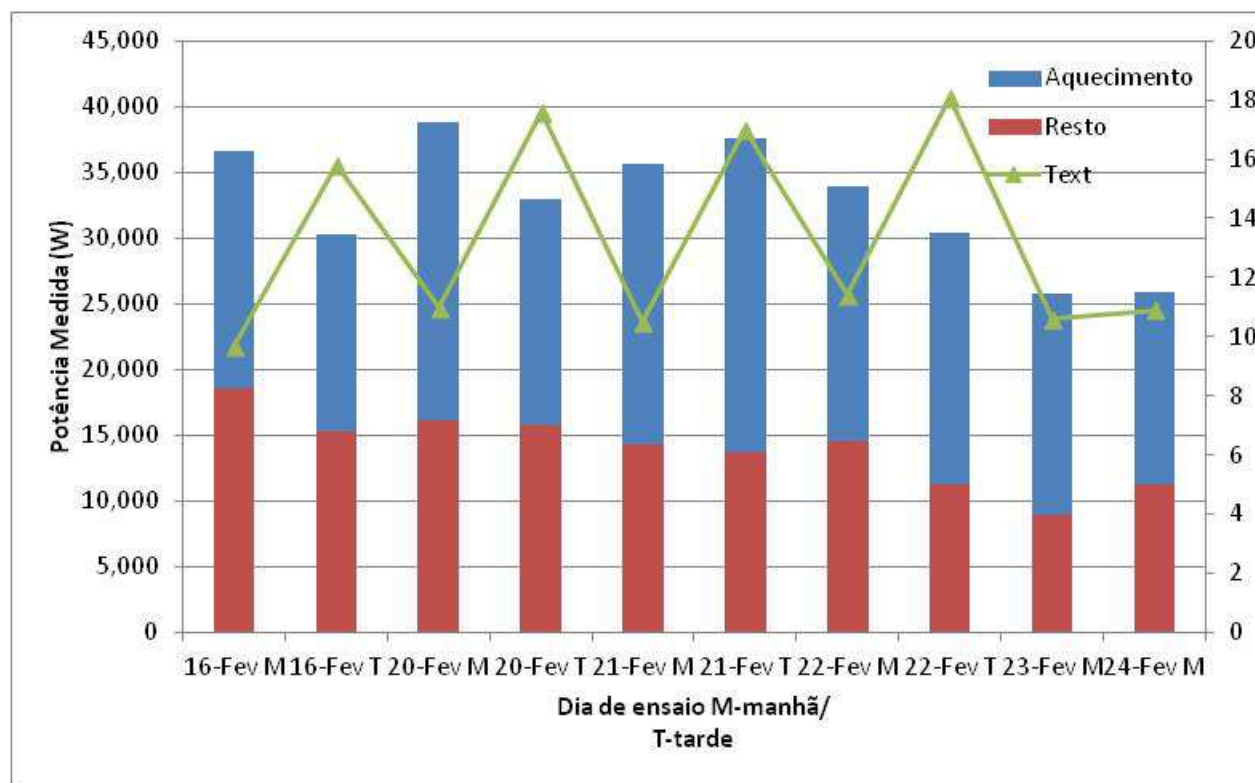
Método de cálculo simplificado



- 14 m3/h.p para assegurar 1450 ppm
- 26 m3/h.p para assegurar 950 ppm
- em vez de 35 m3/h

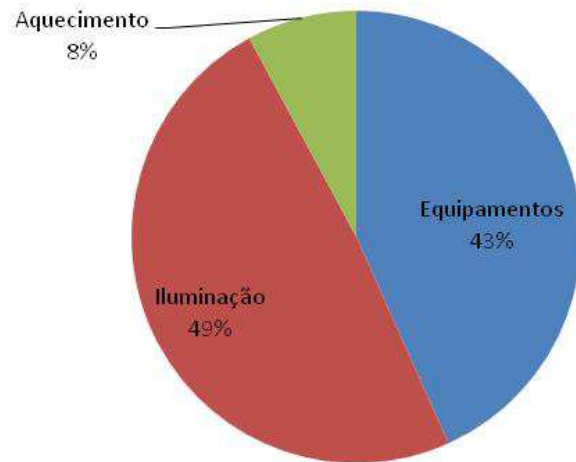
Diagnóstico – Consumo de energia, avaliação experimental

□ Resultados de medições no quadro elétrico

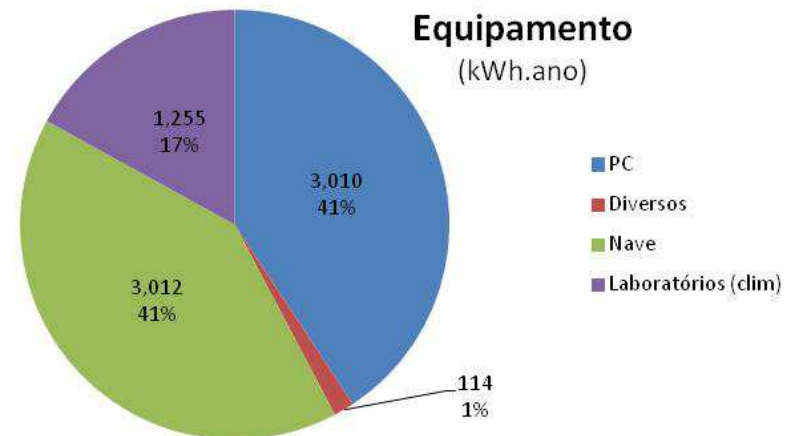
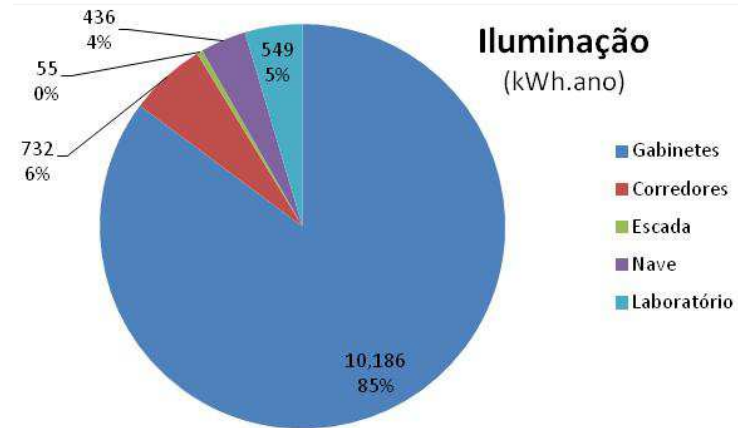


Diagnóstico – Consumo de energia, avaliação experimental

Desagregação do consumo anual
24.5 MWh

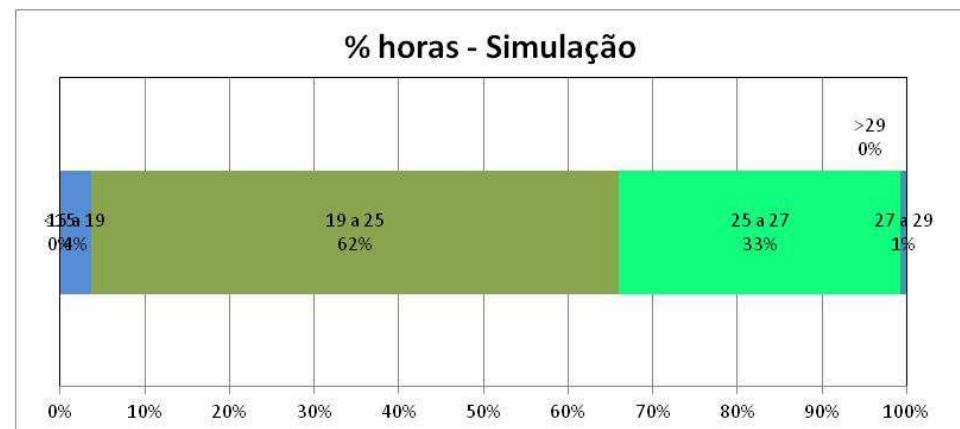
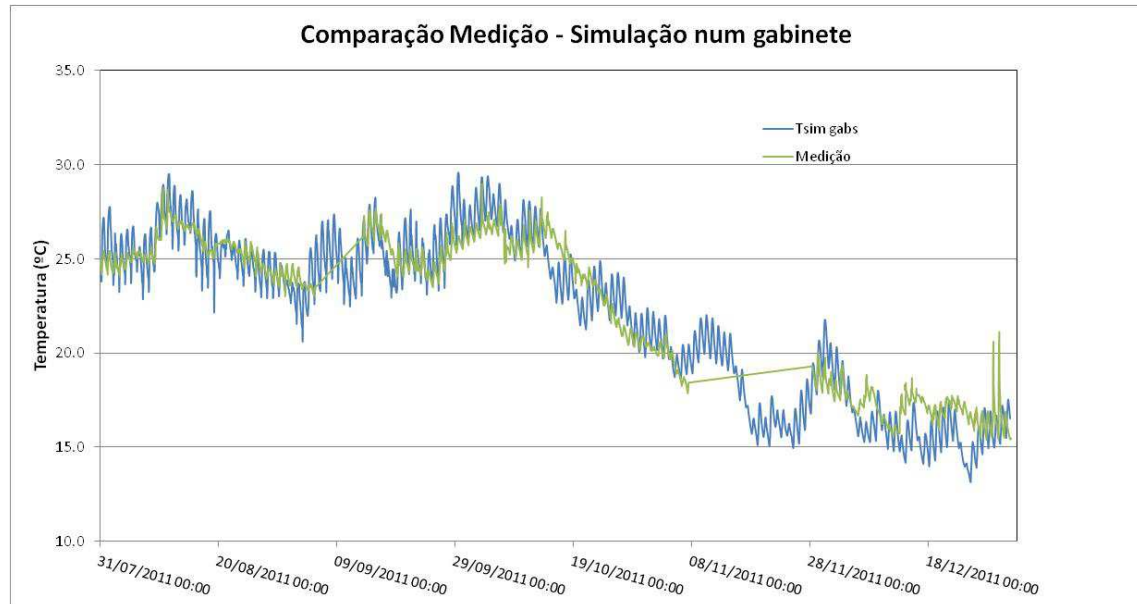


- Aquecimento determinado por simulação TRY
- 60% acima do limite RSECE!



Conforto - Previsão numérica

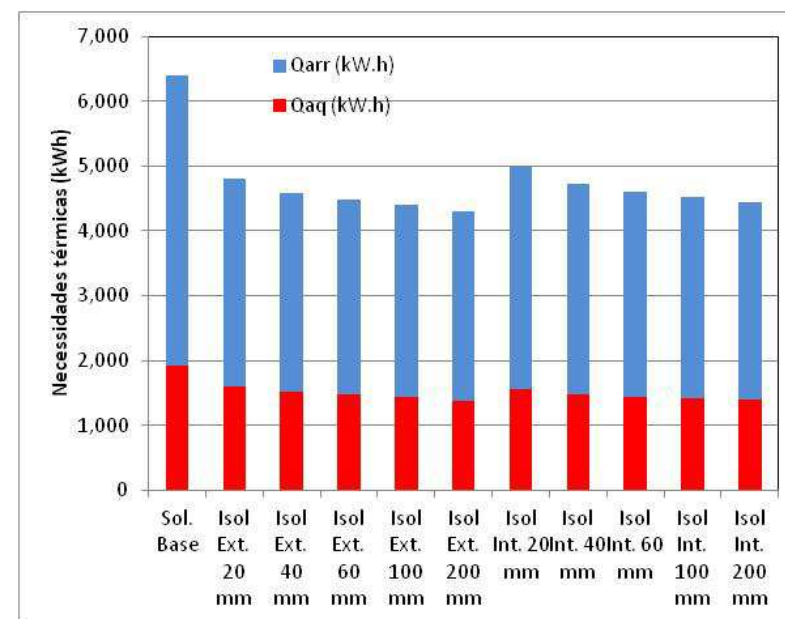
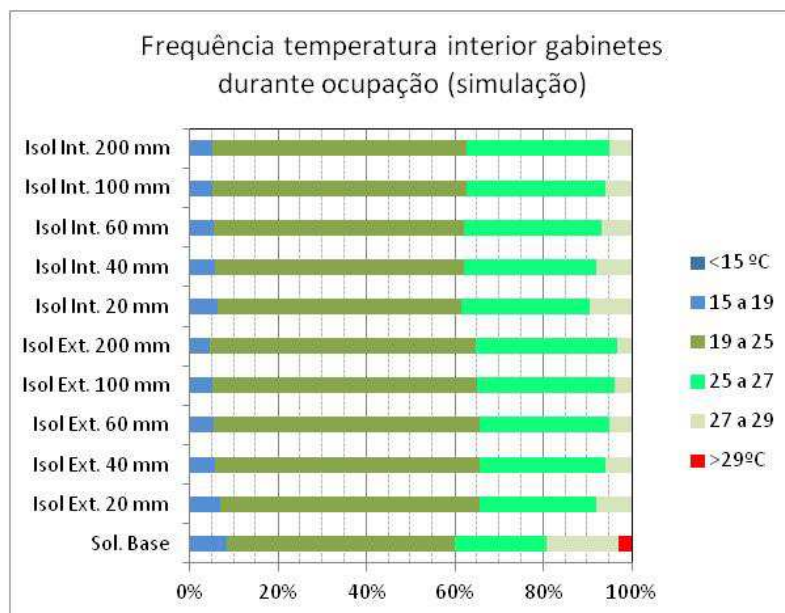
- Clima Inec
- Diferença Med vs simulação relevante (ocupantes, janelas, etc)
- 99% tempo ocupação classe III



Otimização - melhoria

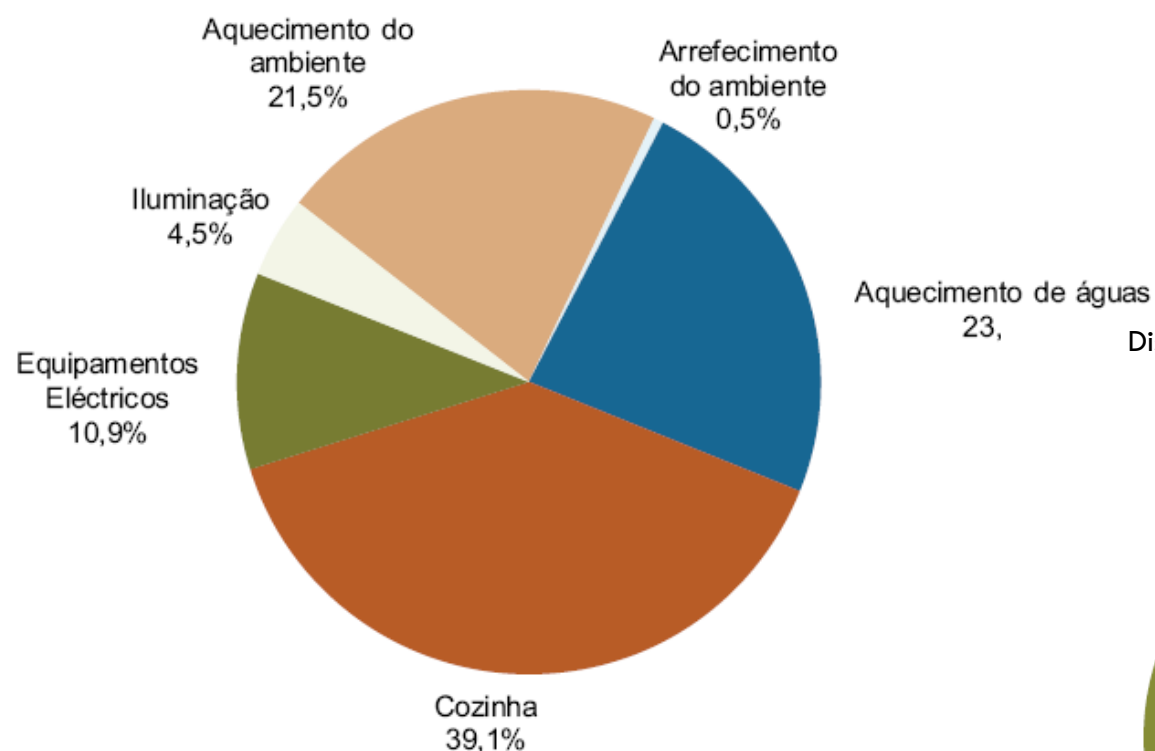
- ❑ Funcionamento passivo aceitável com 20 mm
- ❑ Isol Int vs Isol ext

- ❑ Climatização
- ❑ Viabilidade económica?



Eficiência energética nos edifícios de habitação

Distribuição do consumo de energia no alojamento por tipo de utilização – Portugal 2010



Fonte: INE/DGEG – Inquérito ao consumo de energia no sector doméstico

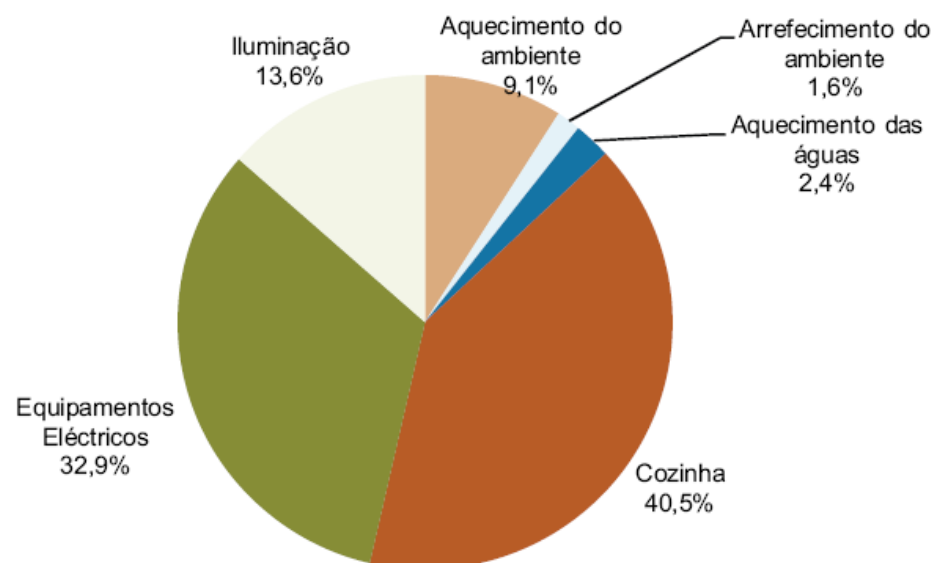
Armando Pinto

Consumo de energia final Portugal:

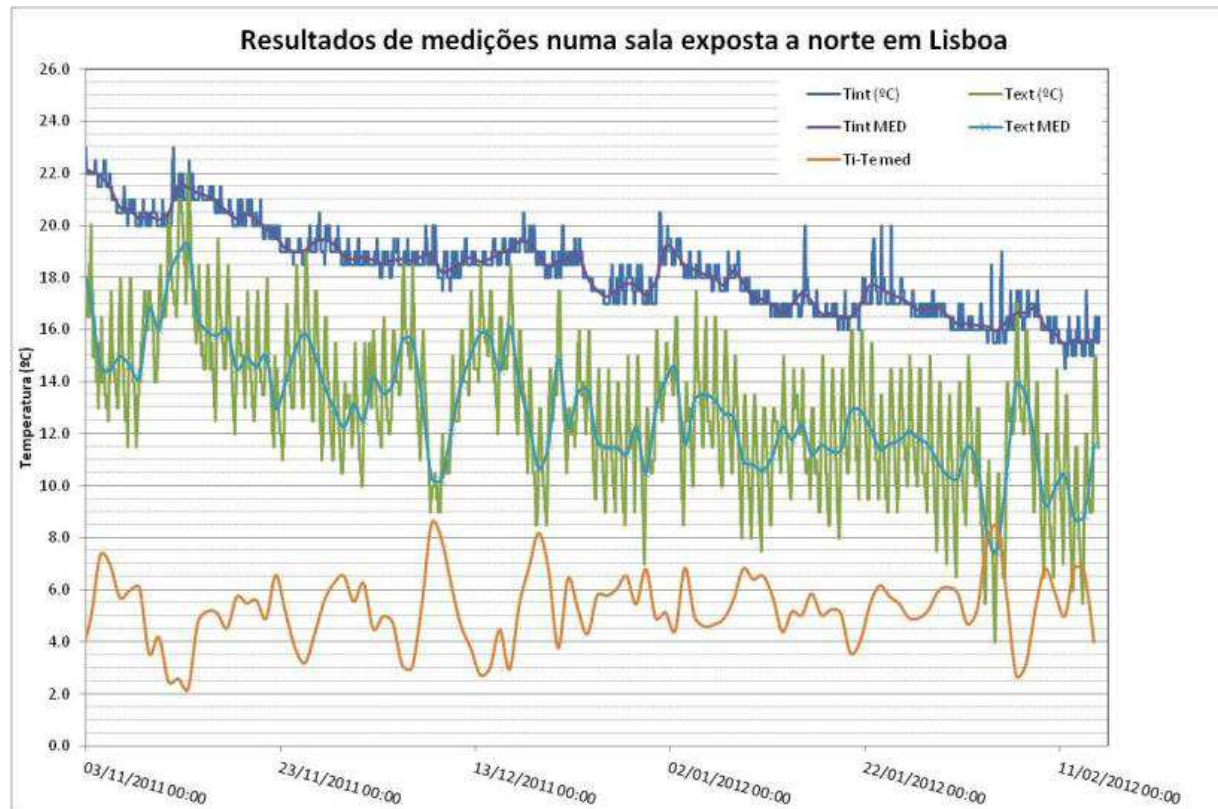
Aquecimento 3,8%

Arrefecimento 0,1%

Distribuição do consumo de **energia elétrica** por tipo de utilização – Portugal 2010



Habitação (Lisboa, 2000)



- Sala exposta N, inércia forte, $U_{med}=3 \text{ W/m}^2\text{C}$, ganhos internos 5 W/m^2 .
- Ti média $16,1^\circ\text{C}$, Te média de $10,4^\circ\text{C}$, Ti-Te média de $5,7^\circ\text{C}$
- Mesmo em fevereiro Ti média $>16^\circ\text{C}$

Armando Pinto

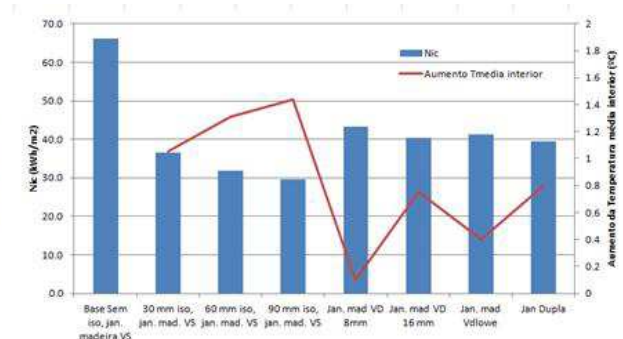
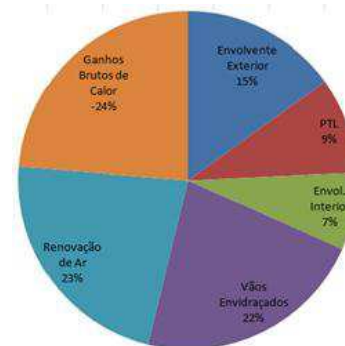
Métrica: temperatura de equilíbrio em detrimento de Nic

Quadro 1 – Estimativa da temperatura interior de equilíbrio para o T2 para os U_{ref} do RCCTE 2006

Localização/ z. Climática	Beja, Lisboa, Coimbra, Aveiro e Porto (I1)			Viseu, Vila Real (I2)			Bragança (I3)		
Te média mensal mês mais frio (°C)	10			7,5			5		
FF (m ⁻¹)	0,18	0,58	0,75	0,18	0,58	0,75	0,18	0,58	0,7575%
Ti média mensal (°C)	17,9	15,6	14,7	16,3	13,6	12,7	14,1	11,4	10,6
Coef. perdas edifício - (W/(m ² pav.°C))	1,19	1,69	2,00	1,01	1,46	1,72	0,98	1,38	1,60
Limite para Ti=16 °C (W/(m²pav.°C))	1,57			1,05			0,81		

$$T_{eq} = T_i + \text{Ganhos} / \text{Perdas} =$$

$$T_i + [q_i \cdot A + G_{\text{sul}} / (30 \times 24) \times \sum Y \cdot g \cdot A_{\text{env}}] \eta / [\sum A \cdot U + 0,34 \cdot R_{\text{ph}} \cdot V]$$



Perspetivas de trabalhos futuros



- Existem aspetos metodológicos para avaliar NZEB que tem de ser definidos
- Mudar o paradigma do comportamento térmico dos edifícios de habitação da energia para a temperatura (conforto)
- Estender a avaliação do comportamento de edifícios, estabelecer perfis reais e definir estratégias para se alcançar NZEB
- Integração da energia renovável em meio urbano, armazenamento, integração com distribuição de água