Conforto Adaptativo

Influência do comportamento dos ocupantes no consumo energético de edifícios

14as Jornadas de Engenharia de Climatização

Pedro Correia da Silva

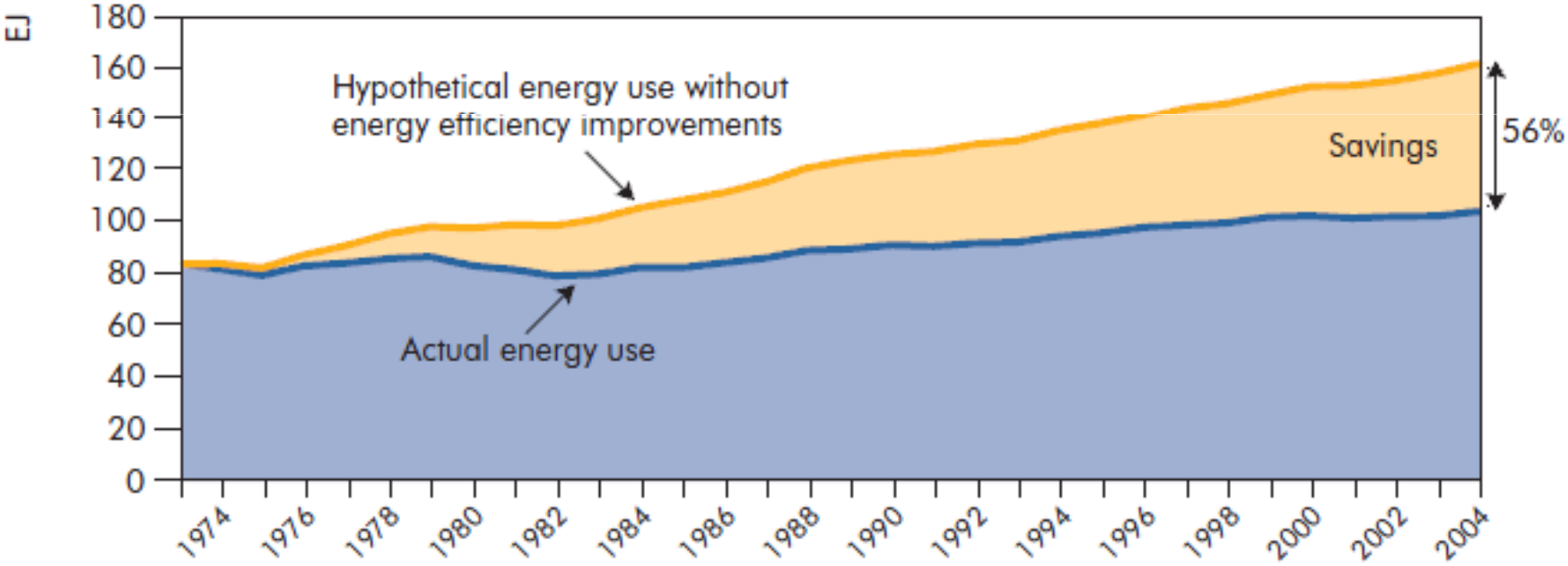
Doutor em Sistemas Sustentáveis de Energia
Engenheiro Mecânico

Agenda

- Contexto e objectivos
- Conforto visual
- Critérios de controlo dos sistemas
- Modelação de caso de estudo
- Monitorização do comportamento de ocupantes
- Simulação detalhada

Contexto

O consumo global de **energia** nas últimas décadas **tem crescido** devido ao aumento da população e do desenvolvimento económico

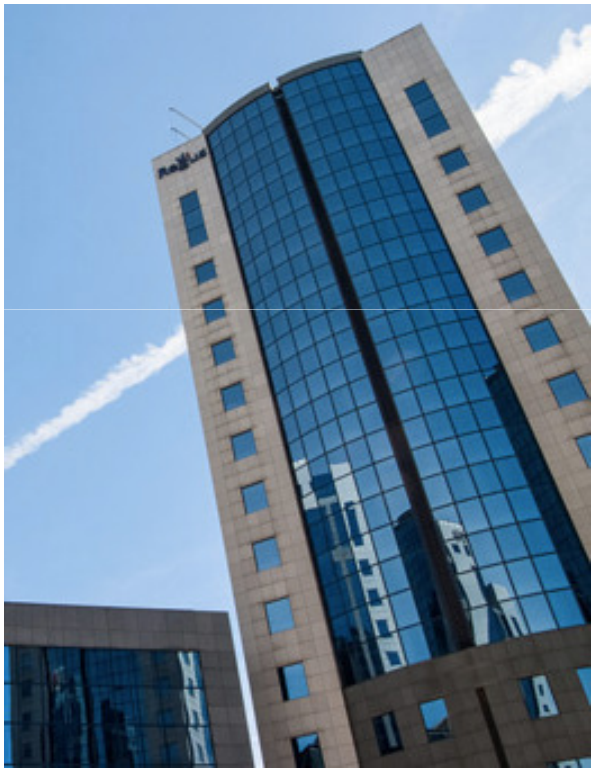


Poupança de energia devido a eficiência energética (11 países da OECD, 1973-2004)

Contexto

- Os **edifícios** representam 38% do consumo final de energia, representando cerca de 45% em países desenvolvidos;
- Nas próximas décadas espera-se um **crescimento** do consumo de energia nos **edifícios de serviços** de cerca de 2% por ano;
- No sector de serviços, os **edifícios de escritórios** são responsáveis por **15 a 35%** do consumo de energia final e são uma das tipologias com maior intensidade energética

Contexto



Nos escritórios as **janelas** influenciam o consumo de energia para **iluminação eléctrica, aquecimento e arrefecimento,** representando mais de 50% do consumo final de energia.

Objectivos da investigação

1. ***Quando considerado o consumo total de energia para iluminação, aquecimento e arrefecimento, qual o impacto dos padrões comportamentais dos ocupantes relativamente à escolha de envidraçados e sistemas de sombreamento?***

1. ***Quais os padrões comportamentais de controlo da iluminação e dos sombreamentos observados em gabinetes individuais em Portugal, e de que forma estes padrões se relacionam com outros previamente observados?***

Conforto Visual

Parâmetros e condições de conforto visual em escritórios:

- Iluminância (quantidade de luz num plano)
  - [100 a 300 lux] – trabalho em computador
  - [200 a 600 lux] – trabalho em papel
  - 500 lux – valor referência
  - 1800 lux – valor máximo
- Luminância (quantidade de luz vinda de uma direção)
  - 1000 cd/m2 – valor máximo em paredes, pavimento e tetos
  - 4000 a 6000 cd/m2 – valor máximo em janelas
- Índices de desconforto
  - DGI ≤ 22
  - DGP ≤ 0.40

Critérios de controlo manual da **iluminação eléctrica**

Dois tipos de critérios:

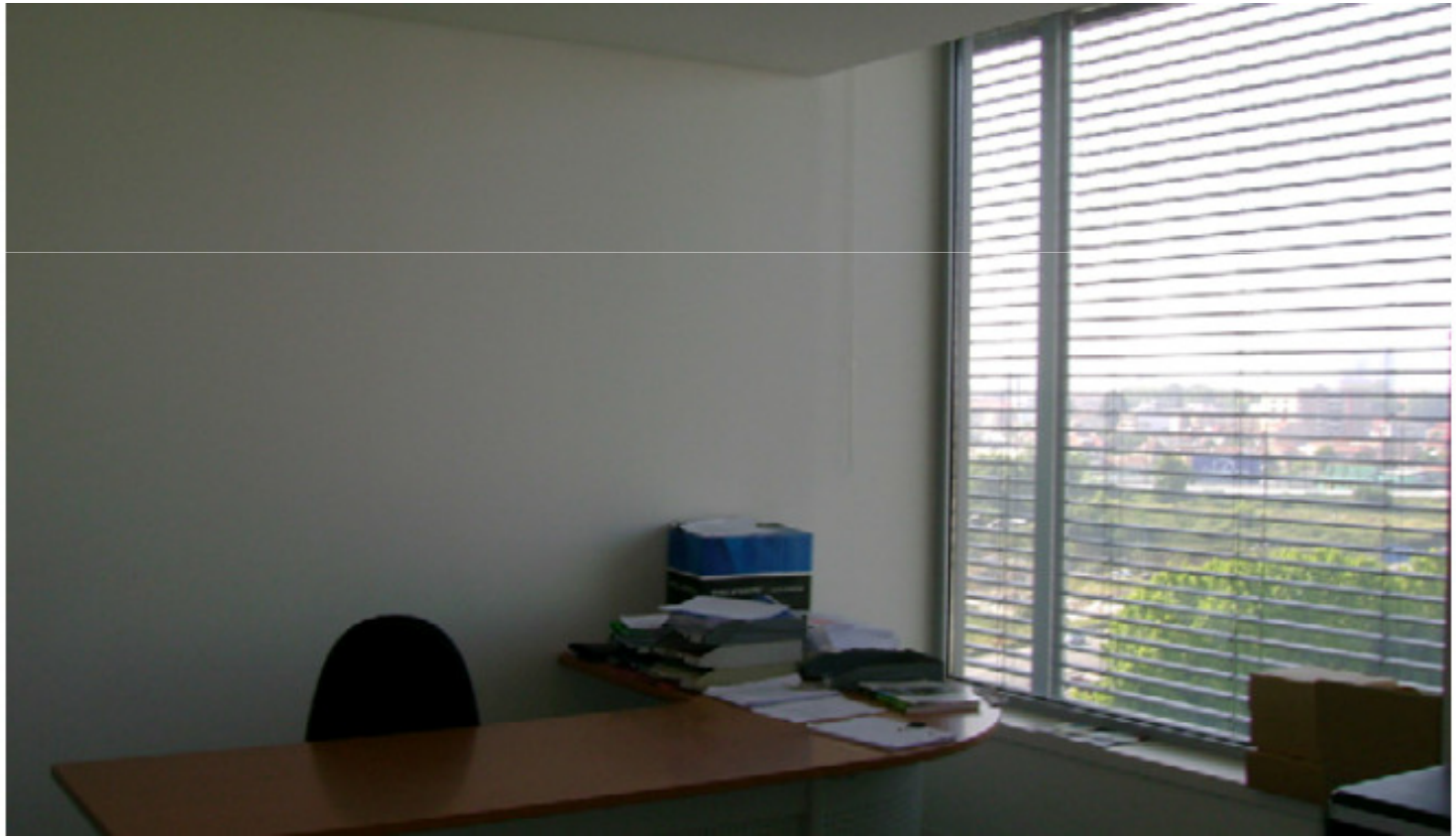
- **Ocupação:** a iluminação eléctrica está ligada durante as horas em que o espaço está ocupado;
- **Iluminância**: iluminação eléctrica é ligada quando a iluminação natural é insuficiente para desempenhar tarefas.

Critérios de controlo manual do **sombreamento**

Três tipos de critérios (edifícios de escritórios):

- Quantidade de iluminação natural (**iluminância**) no plano de trabalho
- Desconforto visual provocado por encandeamento/**brilho** excessivo (*glare*) (DGI, DGP)
- **Radiação solar direta,** que pode criar desconforto térmico e visual

Modelação de caso de estudo



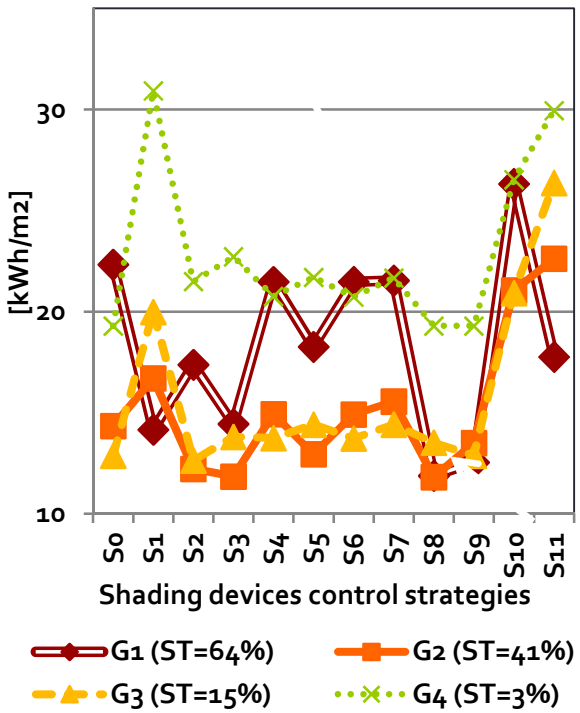
Modelação de caso de estudo

ESTUDO DE SENSIBILIDADE (energia final – EnergyPlus)

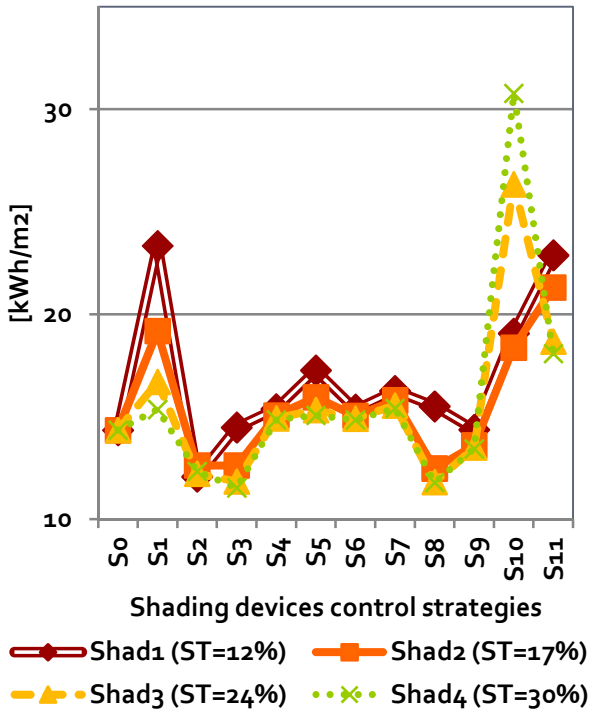
- Estratégias de controlo de sombreamento (12 alt.)
- Transmissividade do vidro (4 alt.)
- Transmissividade do sombreamento (4 alt.)
- Área de janela (4 alt.)
- Clima do Porto (3 alt. de ganhos através da envolvente opaca)

Modelação de caso de estudo

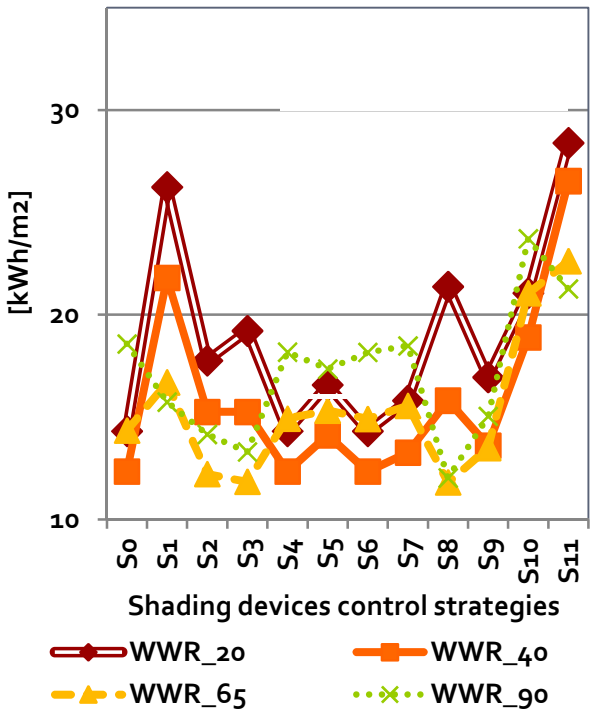
Consumo total de energia para cada alternativa de design
(cenário equilibrado aquecimento e arrefecimento)



Alternativas de transmissividade dos envidraçados



Alternativas de transmissividade dos sombreamentos



Alternativas de rácio envidraçado / parede exterios

Modelação de caso de estudo

PRINCIPAIS RESULTADOS

- As estratégias de controlo do sombreamento influenciam as “melhores” soluções de *design*

- As estratégias de controlo influenciam consideravelmente o consumo de energia resultante da modelação (entre 10 e 50kWh/m^2)

Monitorização do comportamento de ocupantes em Portugal

LIMITAÇÕES IDENTIFICADAS EM MONITORIZAÇÕES ANTERIORES

- Focadas em partes específicas do dia
- Poucas campanhas focadas na observação do comportamento de ocupantes em ambientes reais
- Numero limitado de variáveis (luminância nunca avaliada de forma contínua)
- Nenhuma campanha efectuada anteriormente em Portugal

Monitorização do comportamento de ocupantes em Portugal

Objectivo

Caracterização da dinâmica de controlo de sistemas de iluminação elétrica e sombreamento em edifícios de escritórios

Parâmetros medidos

- Radiação solar exterior
- Iluminância do plano de trabalho (3 pontos)
- Luminância do campo de visão do ocupante
- Radiação solar transmitida através da janela
- Presença do ocupante

Aquisição de dados

30 segundos / 20 minutos

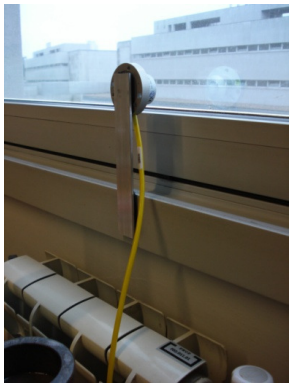
Período de monitorização

2 meses

Equipamento de monitorização

Câmara fotográfica calibrada

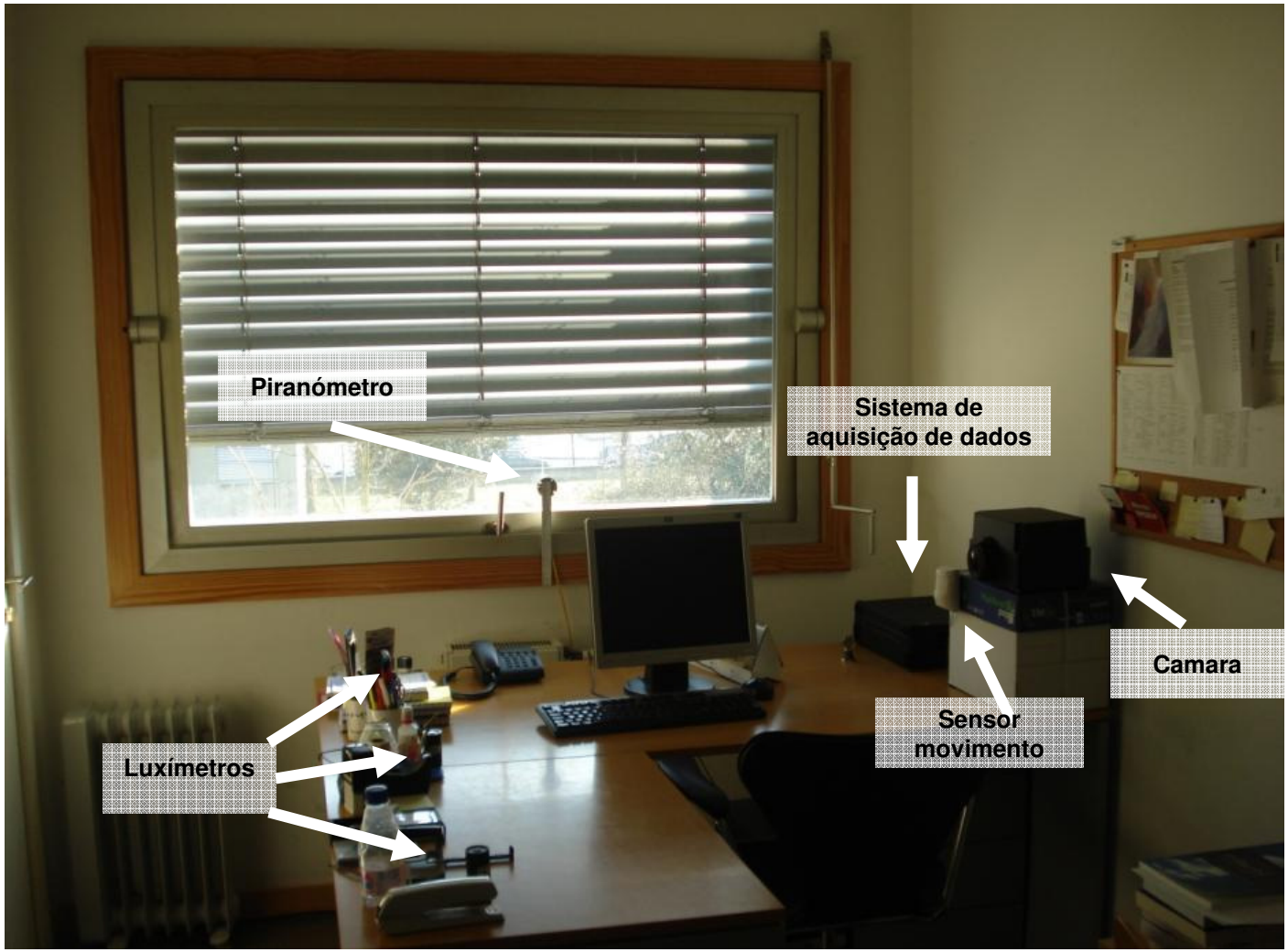
Luxímetros



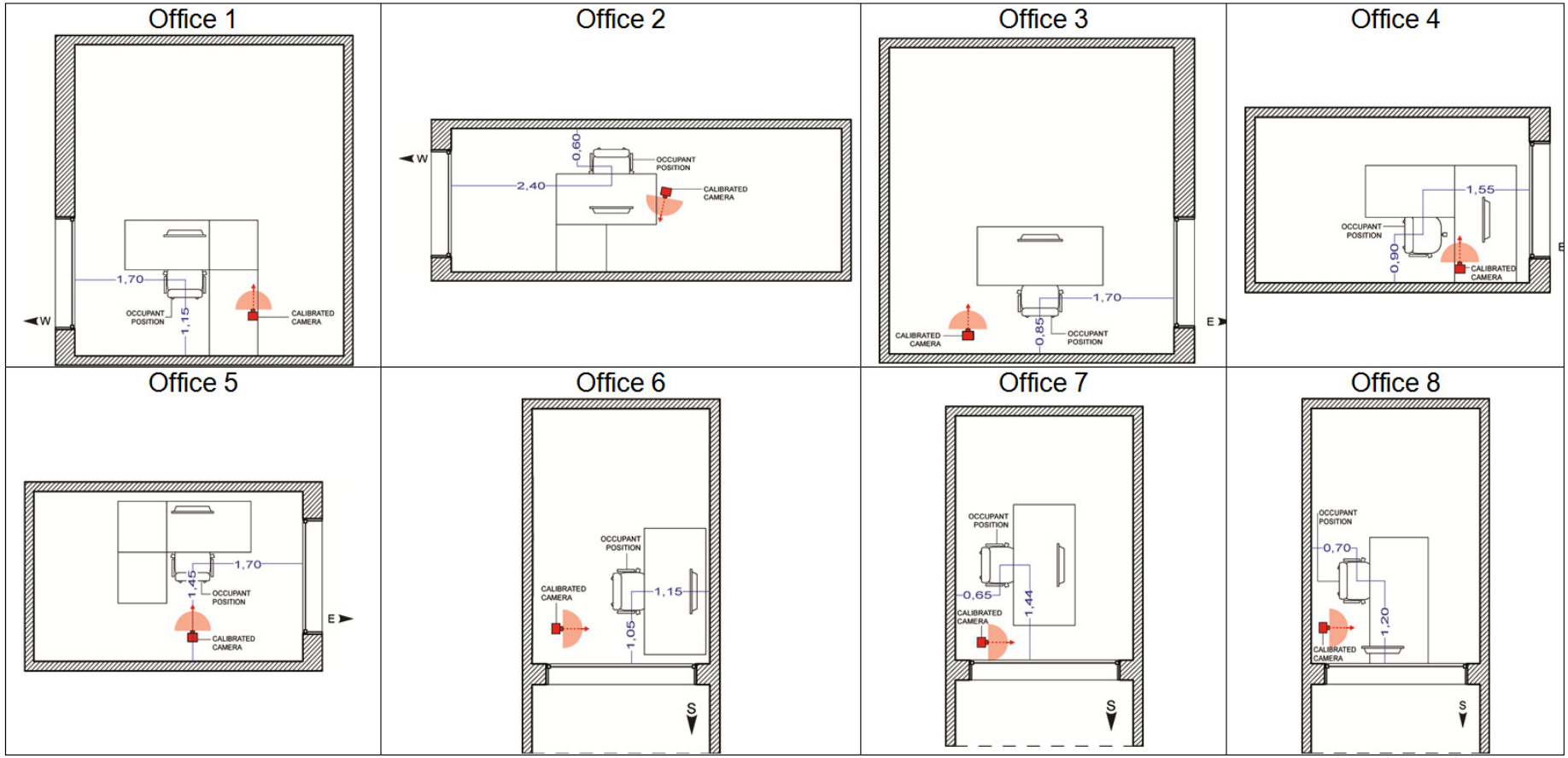
Piranómetro

Sensor de movimento e sistema de aquisição de dados

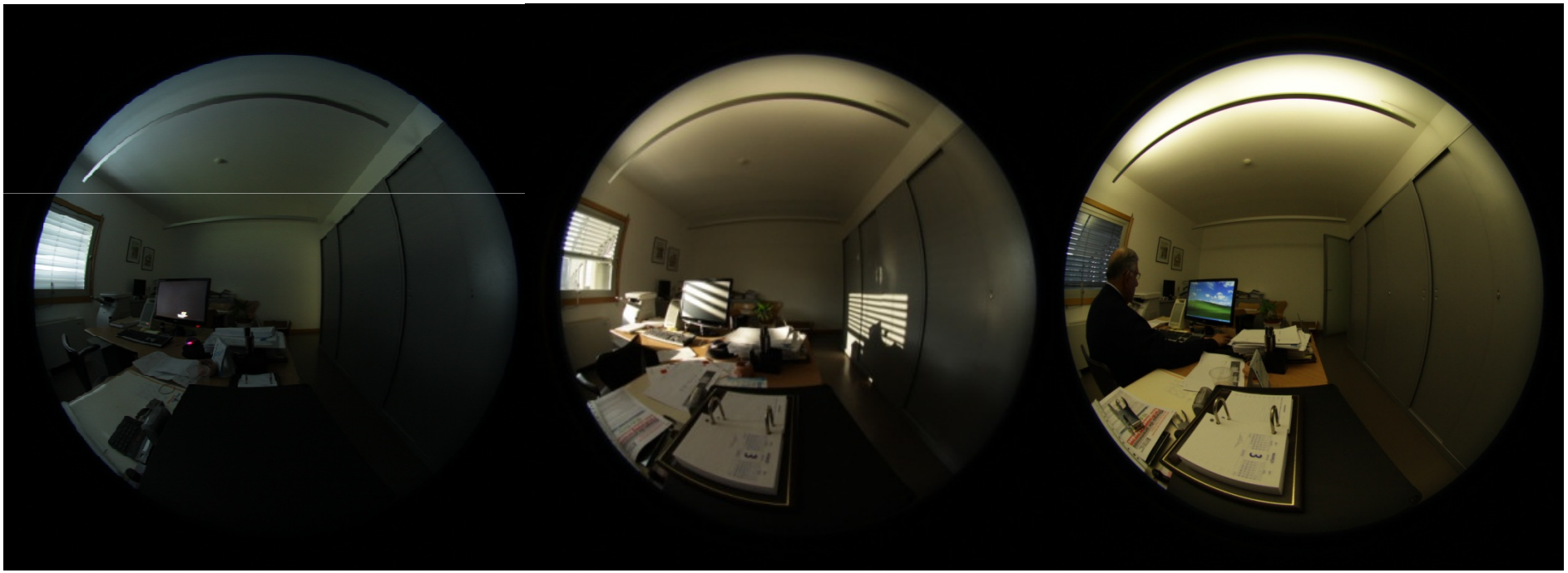
Monitorização do comportamento de ocupantes em Portugal



Monitorização do comportamento de ocupantes em Portugal



Caracterização do comportamento de ocupantes em ambiente real



8h20, 03-03-2011

(antes da chegada do ocupantes)

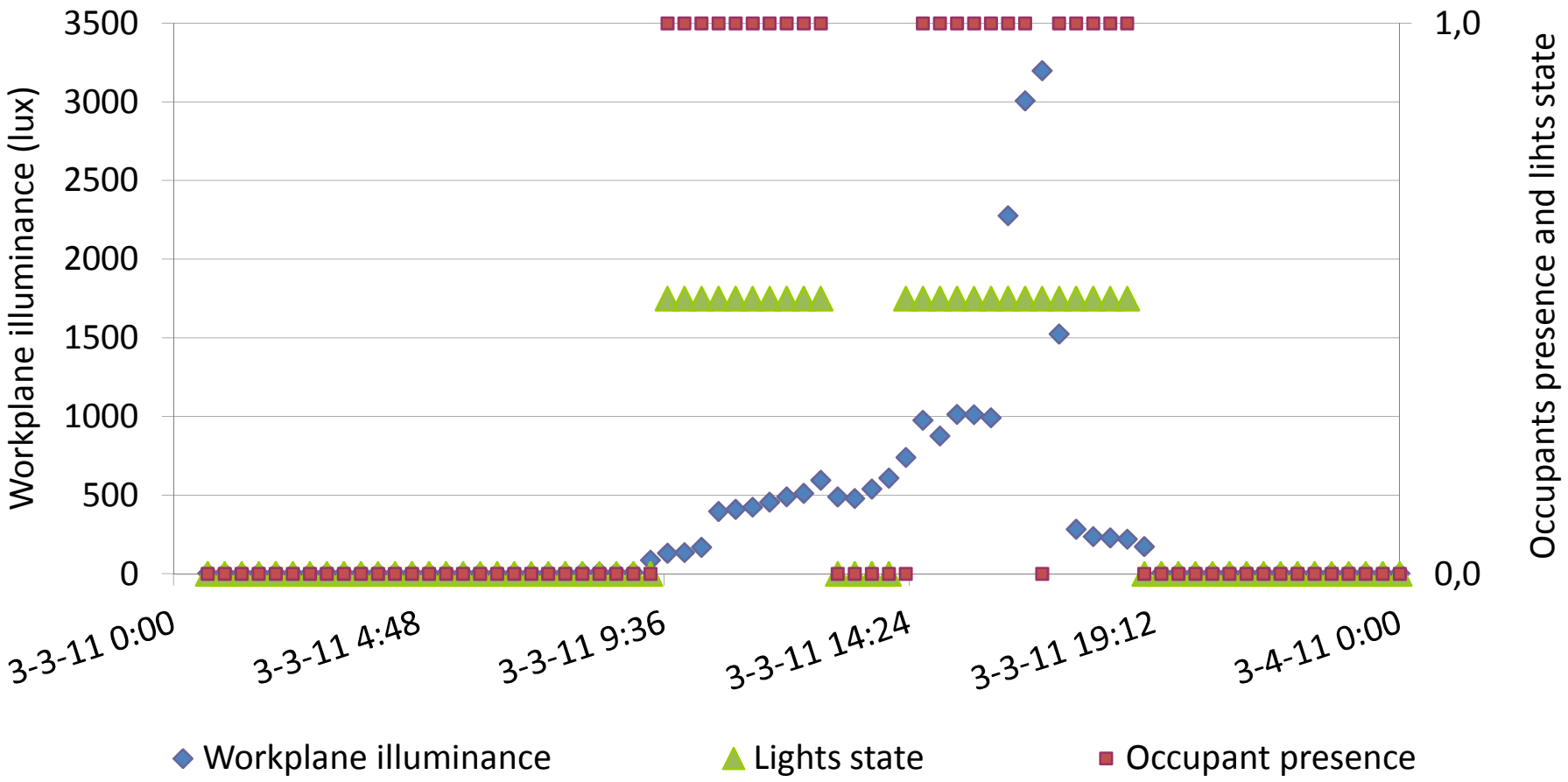
17h00, 03-03-2011

(intermedio)

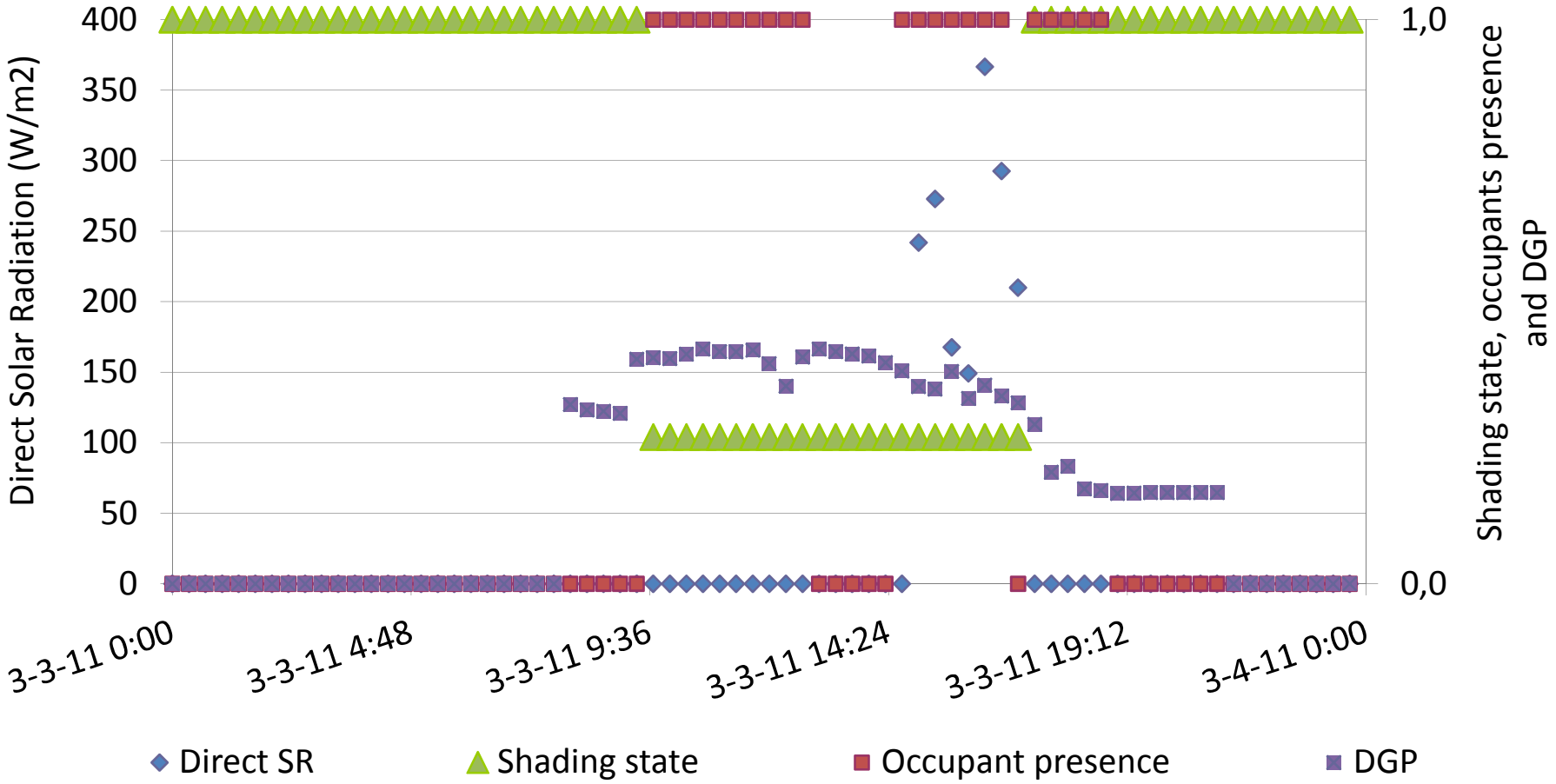
18h20, 03-03-2011

(antes da saída do ocupante)

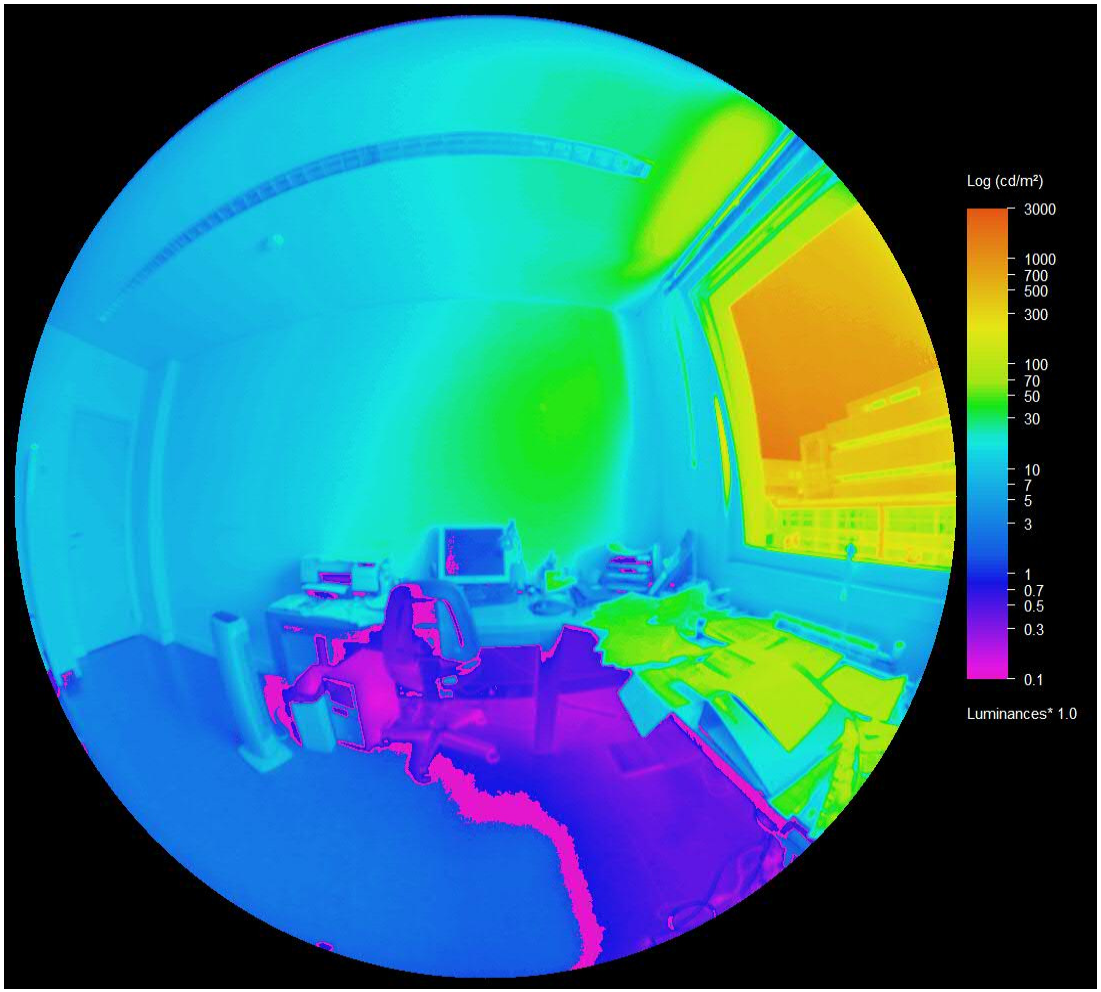
Caracterização do comportamento de ocupantes em ambiente real

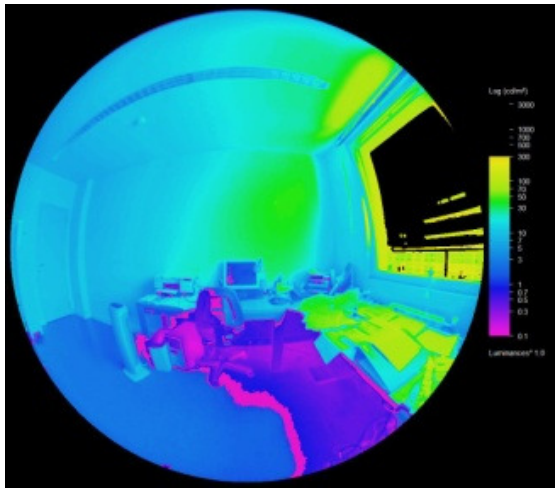


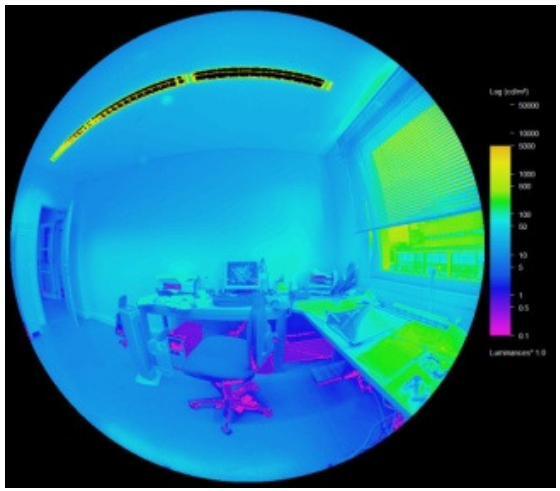
Caracterização do comportamento de ocupantes em ambiente real



Caracterização do comportamento de ocupantes em ambiente real







Caracterização do comportamento de ocupantes em ambiente real

ILUMINAÇÃO ELÉCTRICA

- Maior parte dos eventos de ajustamento do estado da iluminação elétrica são feitos na chegada ou partida dos ocupantes;
- A decisão de ligar a iluminação é dependente do nível de iluminação natural (iluminância) do espaço;
- Alguns ocupantes controlam a iluminação eléctrica de forma independente da iluminação natural.

Caracterização do comportamento de ocupantes em ambiente real

SOMBREAMENTO

- Maior parte dos eventos de abertura do sombreamento foram observados no início do dia;
- A oclusão do sombreamento durante períodos intermédios de ocupação depende dos níveis de iluminância e radiação solar transmitida através da janela;
- Maior parte dos eventos de fecho do sombreamento foram observados na partida ao final do dia (privacidade / segurança);
- O sombreamento só ocasionalmente é mantido totalmente fechado ou totalmente aberto se o espaço estiver ocupado.

Simulação do comportamento de ocupantes em programas de modelação térmica

- O controlo manual dos sistemas é fortemente influenciado pela **dinâmica de ocupação** dos espaços;
- O controlo da iluminação eléctrico deve ser modelado em função dos níveis de i**luminância e períodos de ausência**;
- O controlo do sombreamento deve ser modelado em função dos níveis de **iluminância e radiação solar** transmitida através da janela;
- Modelos **probabilísticos** são mais representativos do comportamento real dos ocupantes do que modelos determinísticos.

Simulação do comportamento de ocupantes em programas de modelação térmica

Principais elementos da simulação do comportamento de ocupantes

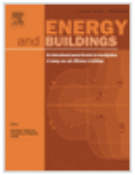
	CHEGADA (início dia)	**DURANTE OCUPAÇÃO**	**SAÍDA (para pausa)**	**CHEGADA (de pausa)**	**SAÍDA (final dia)**
ILUMINAÇÃO ELÉCTRICA	Iluminância (LIGAR)	Iluminância (LIGAR)	Duração ausência (DESLIGAR)	Iluminância (LIGAR)	Duração da ausência (DESLIGAR)
SOMBREAMENTO	Iluminância (ABRIR)	Radiação S. Iluminância (FECHAR)	n.a.	Radiação S. Iluminância (FECHAR)	Privacidade Segurança (FECHAR)

Potenciais aplicações da caracterização do comportamento dos ocupantes

- Modelação mais representativa da realidade – design do edifício, dimensionamento de sistemas e previsão dos consumos energéticos;
- Controlo automático dos sistemas que resultem na otimização do conforto dos ocupantes (que devem ter sempre a opção de ajustarem manualmente os sistemas);
- Controlo de sistemas que minimize o consumo energético;
- Adaptação para aplicação noutras tipologias de edifícios;
- Formação de ocupantes e gestores de edifícios.

Energy and Buildings

Volume 50, July 2012, Pages 35–48



Influence of shading control patterns on the energy assessment of office spaces

Pedro Correia da Silva[a], Vítor Leal[a], Marilyne Andersen[b]

Building and Environment

Volume 64, June 2013, Pages 152–168

Occupants interaction with electric lighting and shading systems in real single-occupied offices: Results from a monitoring campaign

Pedro Correia da Silva[a], Vítor Leal[a], Marilyne Andersen[b]

Journal of Building Performance Simulation

Occupants' behaviour in energy simulation tools: lessons from a field monitoring campaign regarding lighting and shading control

DOI: 10.1080/19401493.2014.953583

Pedro Correia da Silva[a*], Vítor Leal[a] & Marilyne Andersen[b]

Pedro Correia da Silva

pcorreiasilva@gmail.com

Conforto Adaptativo

Influência do comportamento dos ocupantes no consumo energético de edifícios

Behavioral models/Shading devices control strategies to be considered in the sensitivity analysis.

S0	No shading (shading fully open all year round)
S1	Shading is 100% active from January to December
S2	Shading is 70% active from April to September
S3	Shading is 100% active from April to September
S4	Shading is active if DGI >20 (GI > 16), 0° (view direction parallel to window)
S5	Shading is active if DGI >20 (GI > 16), 20° (view direction 20° toward window)
S6	Shading is active if DGI >24 (GI > 22), 0° (view direction parallel to window)
S7	Shading is active if DGI >24 (GI > 22), 20° (view direction 20° toward window)
S8	Shading is active if transmitted vertical beam plus diffuse solar radiation (SRTr) >100 W/m2
S9	Shading is active if SRtr >200 W/m2
S10	Shading is active if direct sunlight that hits the workplane >50 W/m2, active user (Lightswitch)
S11	Shading is active if direct sunlight that hits the workplane >50 W/m2, passive user (Lightswitch)