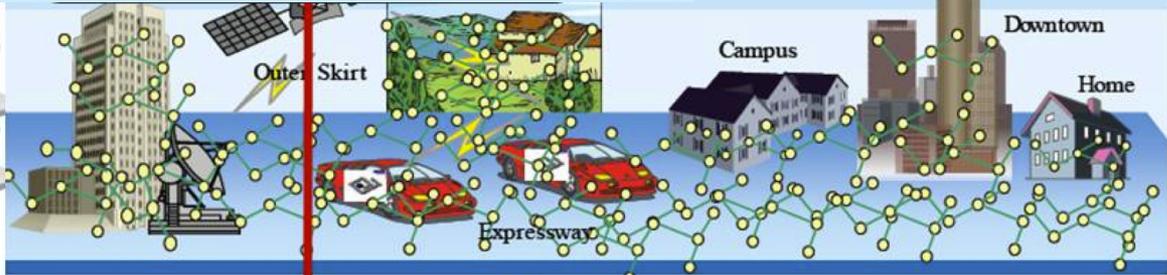
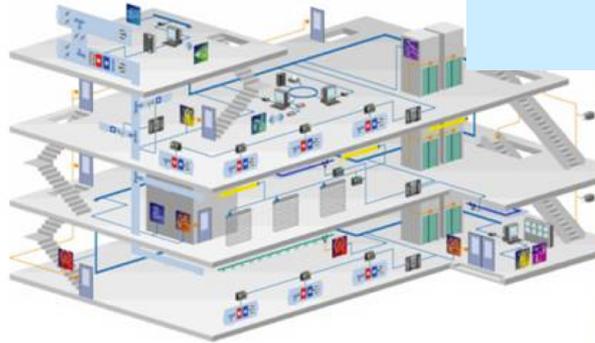


Cidades Humanas,  
Inteligentes e Sustentáveis  
FT/UnB 28/3/2019



# Ambientes Inteligentes e Eficiência Energética

*Prof. Adolfo Bauchspiess*

LARA- Laboratório de Automação e Robótica  
Departamento de Engenharia Elétrica  
Universidade de Brasília - Brazil



# Sumário

## Conceitos

- Tecnologias
  - Sensores + Atuadores + Processamento
  - Cabos - Internet - Wireless - Nuvem - IOT
- Ambientes Inteligentes

## Serviços

- Eficiência Energética
- Conforto Térmico
- Serviços baseados em localização/rastreamento
- nZEB – *nearly Zero Energy Building*

## Perspectivas



# Jargão

e

# “Marketing”

- *Cibernética*
- *Prédios Inteligentes*
- *Inteligência Artificial (e.g. Deep Learning)*
- *Machine Learning*
- *Ambientes Inteligentes*
- *Pervasive Computing*
- *Assisted Living*
- *Mechatronics*
- *Cyber Physical Systems*
- *ZEB*
- *Smart Environments / Buildings / Campus / Cities*



# Vivendo de forma conectada (hoje!)



<http://perso.limsi.fr/jps/enseignement/examsma/2004/BHATTI/>

# Ambiente Inteligente

“Provê serviços aos usuários de um ambiente através uma rede, praticamente invisível, de sensores e atuadores”

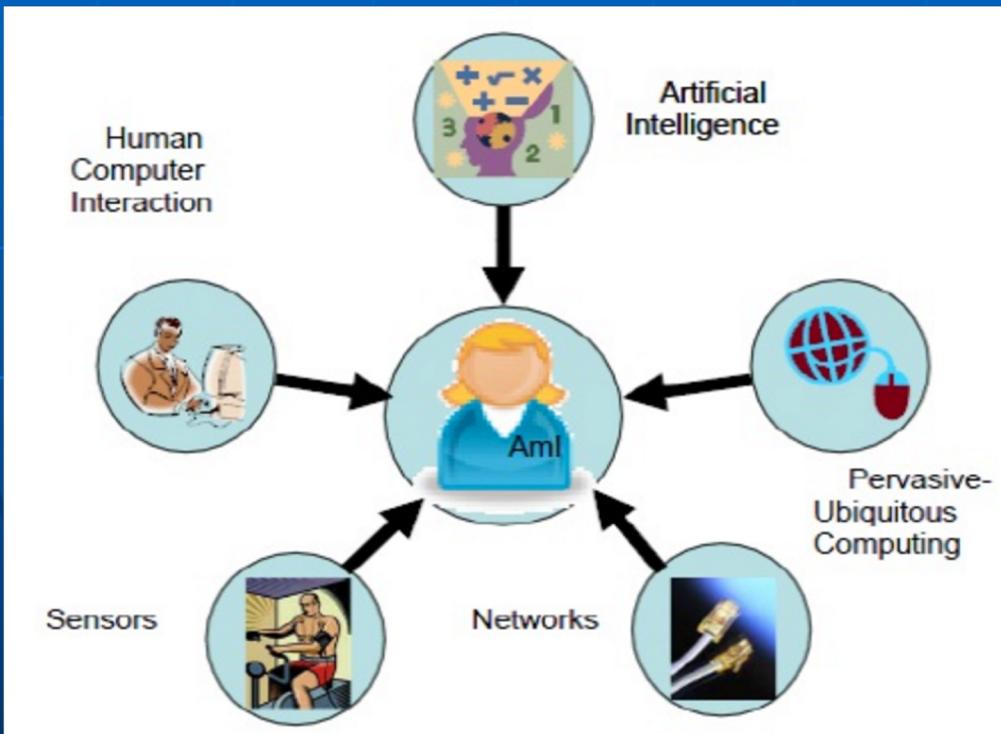


Quais serviços?

Quais informações podem ser obtidas, da nuvem? IOT?

O que é “inteligente”?

(adaptação /aprendizado /inovação)?



# Serviços - Automação Predial

## Segurança

- Controle de Acesso
- CFTV
- Incêndio

## Conforto (Produtividade)

- Temperatura, Umidade,... (PMV)
- Iluminação,
- Elevadores, ...

## Saúde

- Qualidade do ar (renovação, filtros...)
- CO<sub>2</sub>

## Eficiência Energética



# Segmentos da Automação Predial

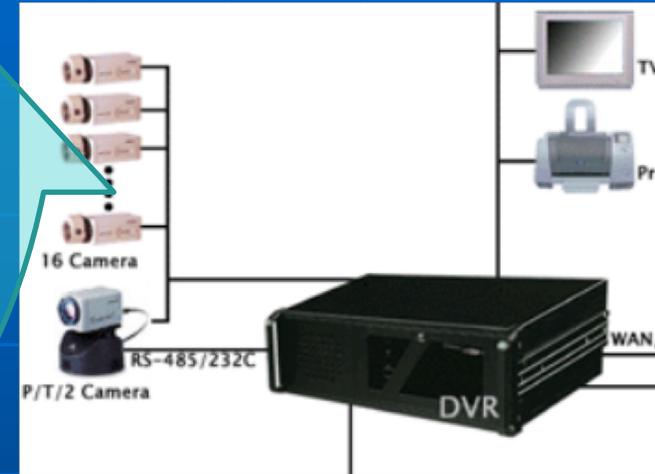
- ✓ Escolas
- ✓ Hospitais
- ✓ Hotéis
- ✓ Farmacéutica
- ✓ Comercial
- ✓ Aeroportos
- ✓ Estádios
- ✓ Domótica
- ✓ ...



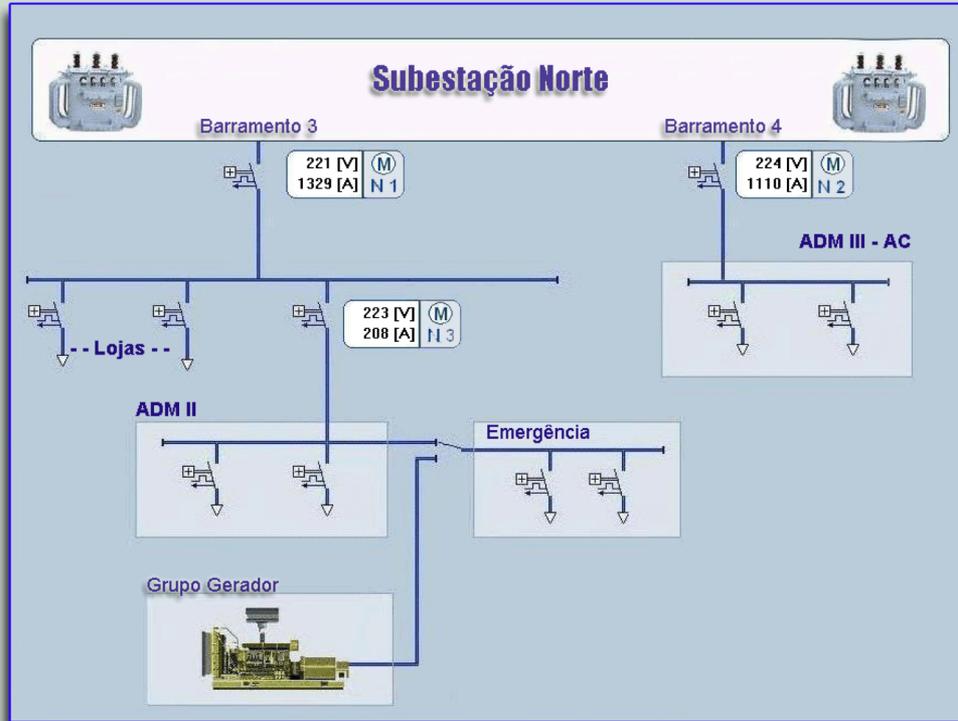
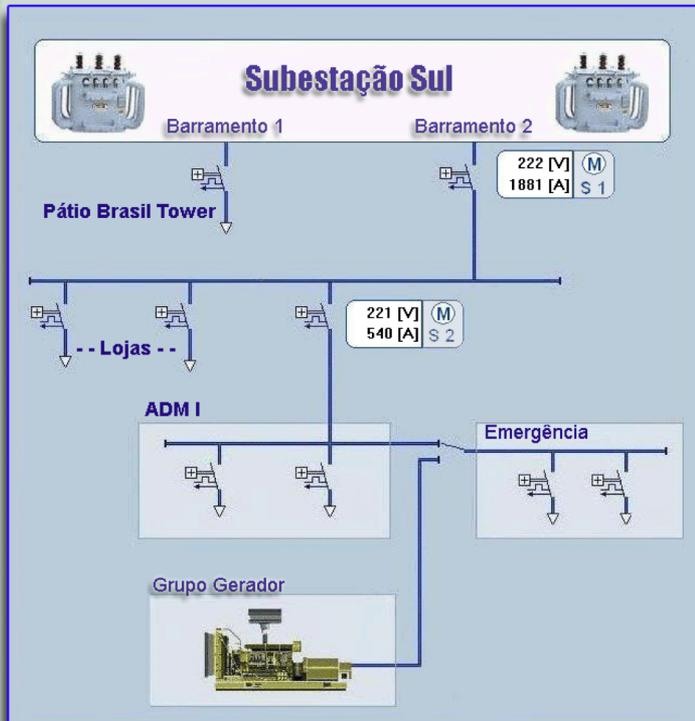
# Subsistemas



- ✓ HVAC
- ✓ Iluminação
- ✓ Incêndio
- ✓ Energia
- ✓ Grupo Gerador
- ✓ CFTV
- ✓ Controle Acesso
- ✓ Elevador/Escadas Rol.
- ✓ ...



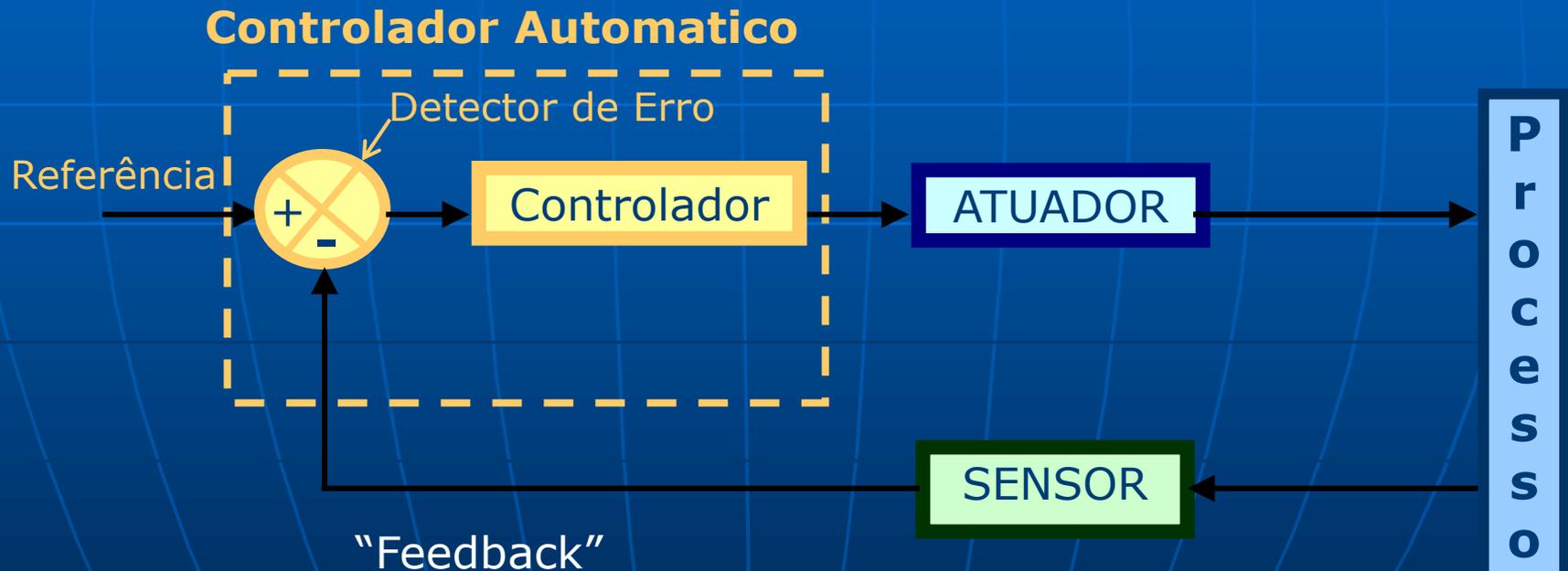
# Energia Elétrica - Circuitos Alimentadores



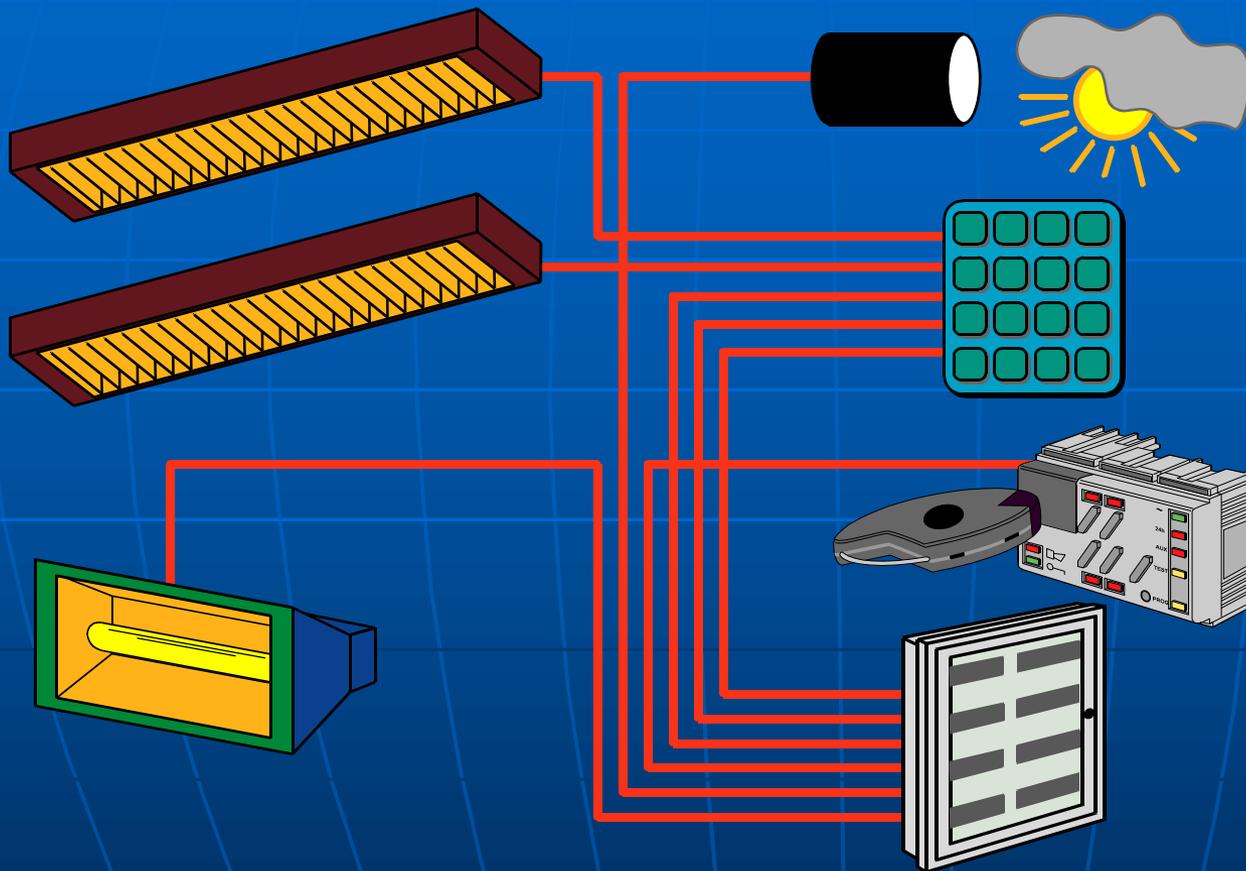
	Alimentador Sul - M S1				ADM I - Medidor M S2				Alimentador Norte - M N1				ADM II - Medidor M N3				ADM III (AC) - Medidor M N2			
	[V]	[A]	FP	[kW]	[V]	[A]	FP	[kW]	[V]	[A]	FP	[kW]	[V]	[A]	FP	[kW]	[V]	[A]	FP	[kW]
FASE R	220	1930	0,89	378130	220	589	0,83	107742	220	1027	0,80	180481	221	211	0,95	44343	224	1090	0,97	236051
FASE S	222	1841	0,88	358394	222	519	0,80	92869	221	1436	0,91	288350	224	184	1,00	41140	224	1161	0,95	248133
FASE T	222	1872	0,88	364930	222	511	0,79	89937	222	1526	0,90	305239	223	227	0,97	48998	225	1080	0,95	229506
MÉDIA	222	1881	0,88	101455	221	540	0,81	290548	221	1329	0,88	774071	223	208	0,97	134481	224	1110	0,96	713690

# Fundamento - *Realimentação*

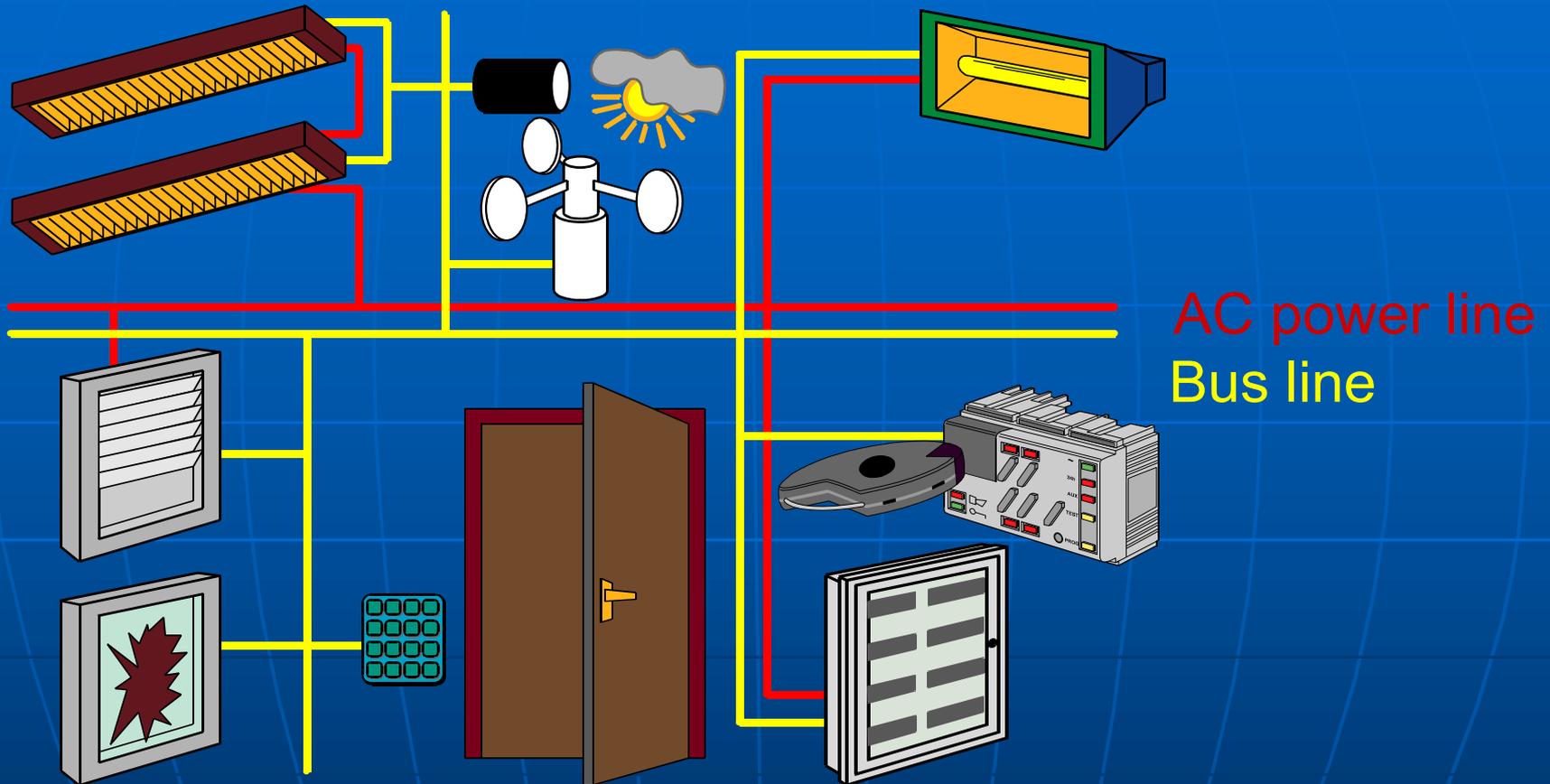
“Compare referência e sinal medido e atue de acordo”



# Conexão Tradicional

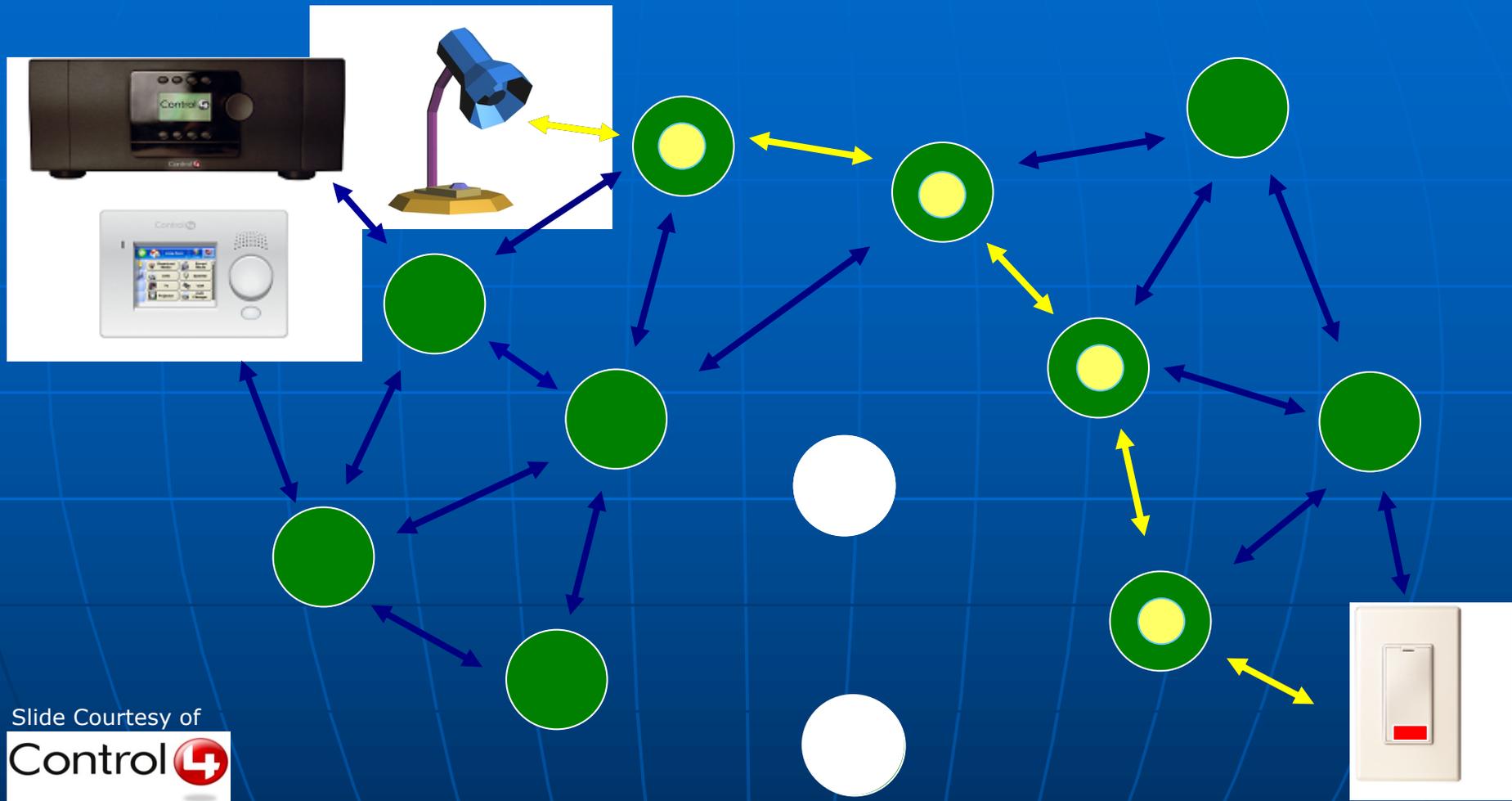


# Conexão por Barramento



...wireless

# Conexão Wireless, e.g., ZigBee



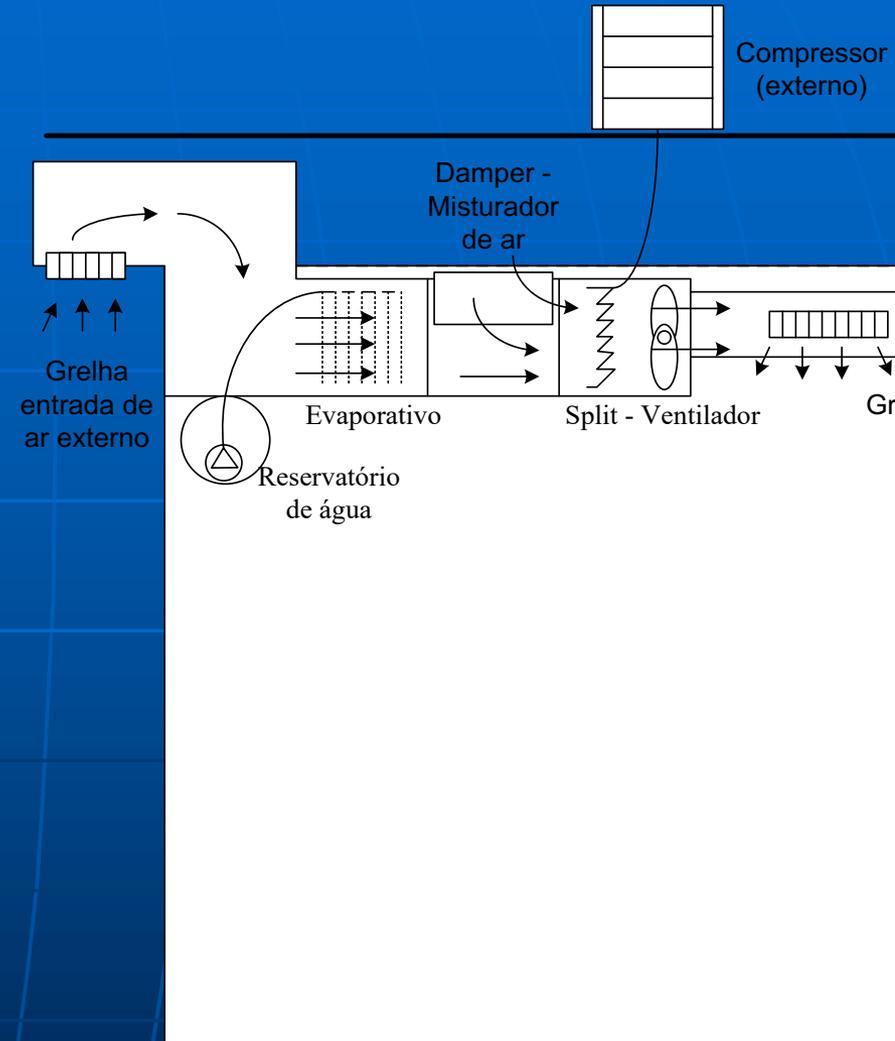
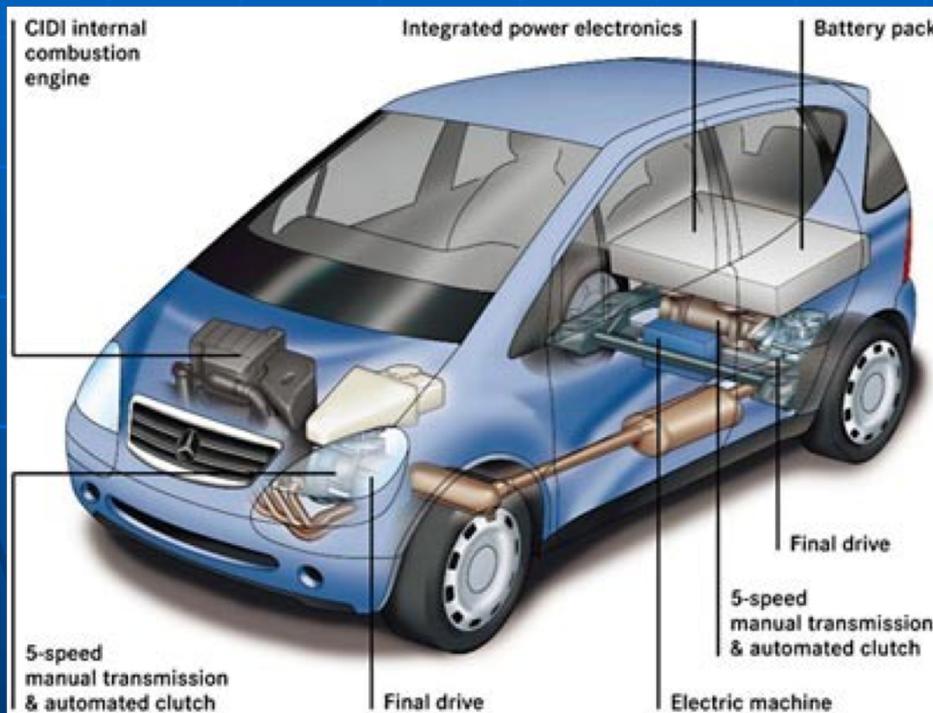
Slide Courtesy of  
**Control 4**



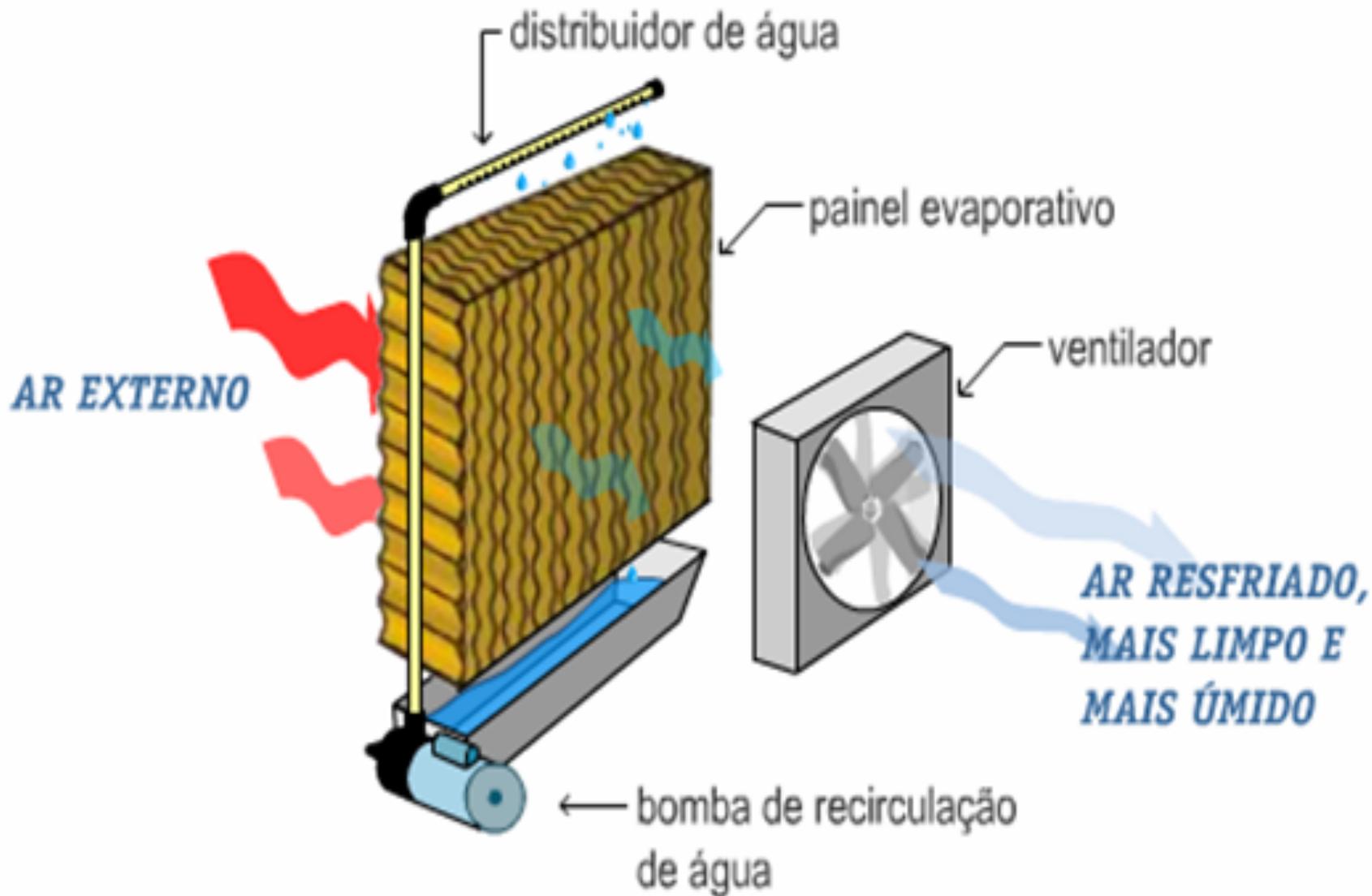
# Eficiência Energética:

## Carro Híbrido

## Ar-Condicionado Híbrido

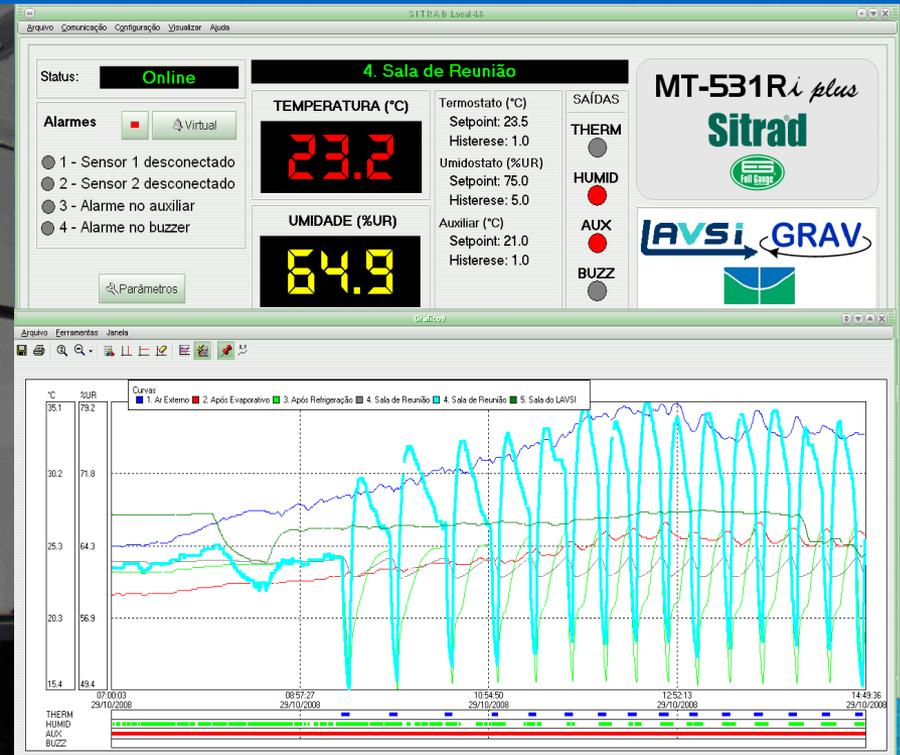


# Fundamento – Resfriamento evaporativo

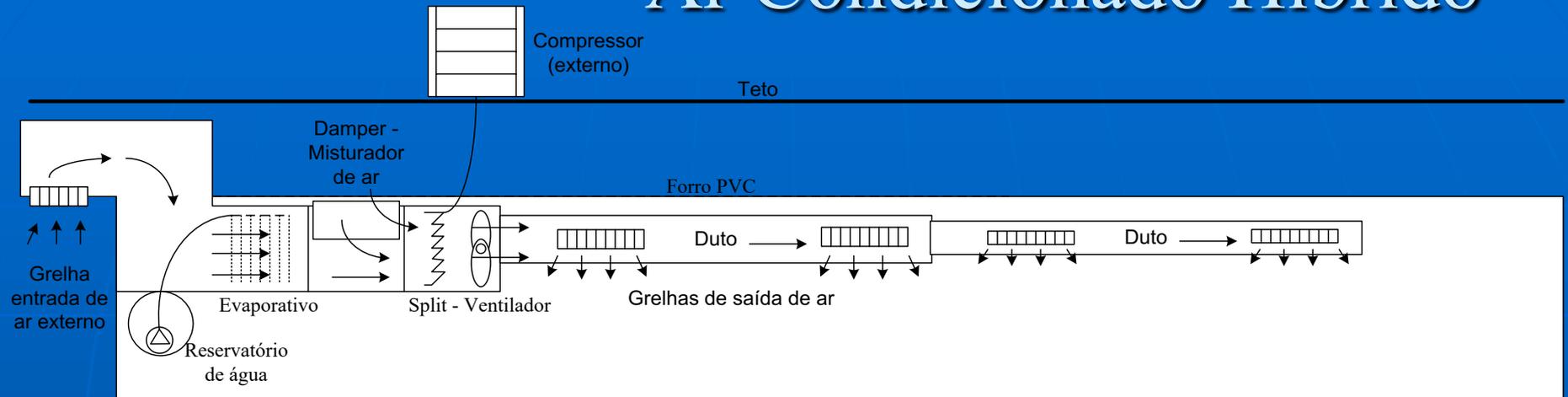


# Climatização Híbrida: Evaporativo-Convencional

MSc José Luis Olmos Flores



# Ar Condicionado Híbrido



Consumo de Energia  
(24 horas)

Convencional

**5,92 kWh**

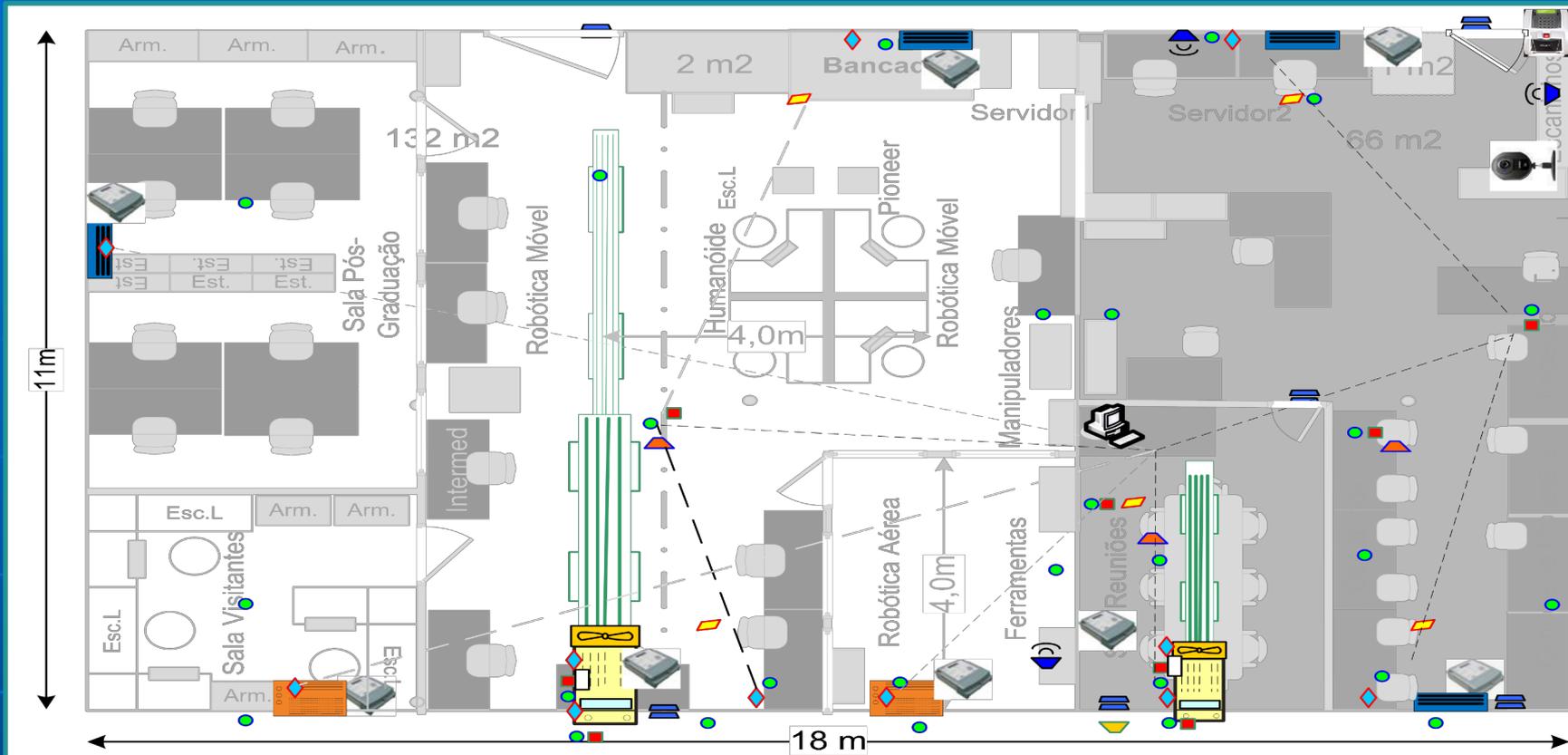
Híbrido

**1,95 kWh**

**Redução de 70%!!**



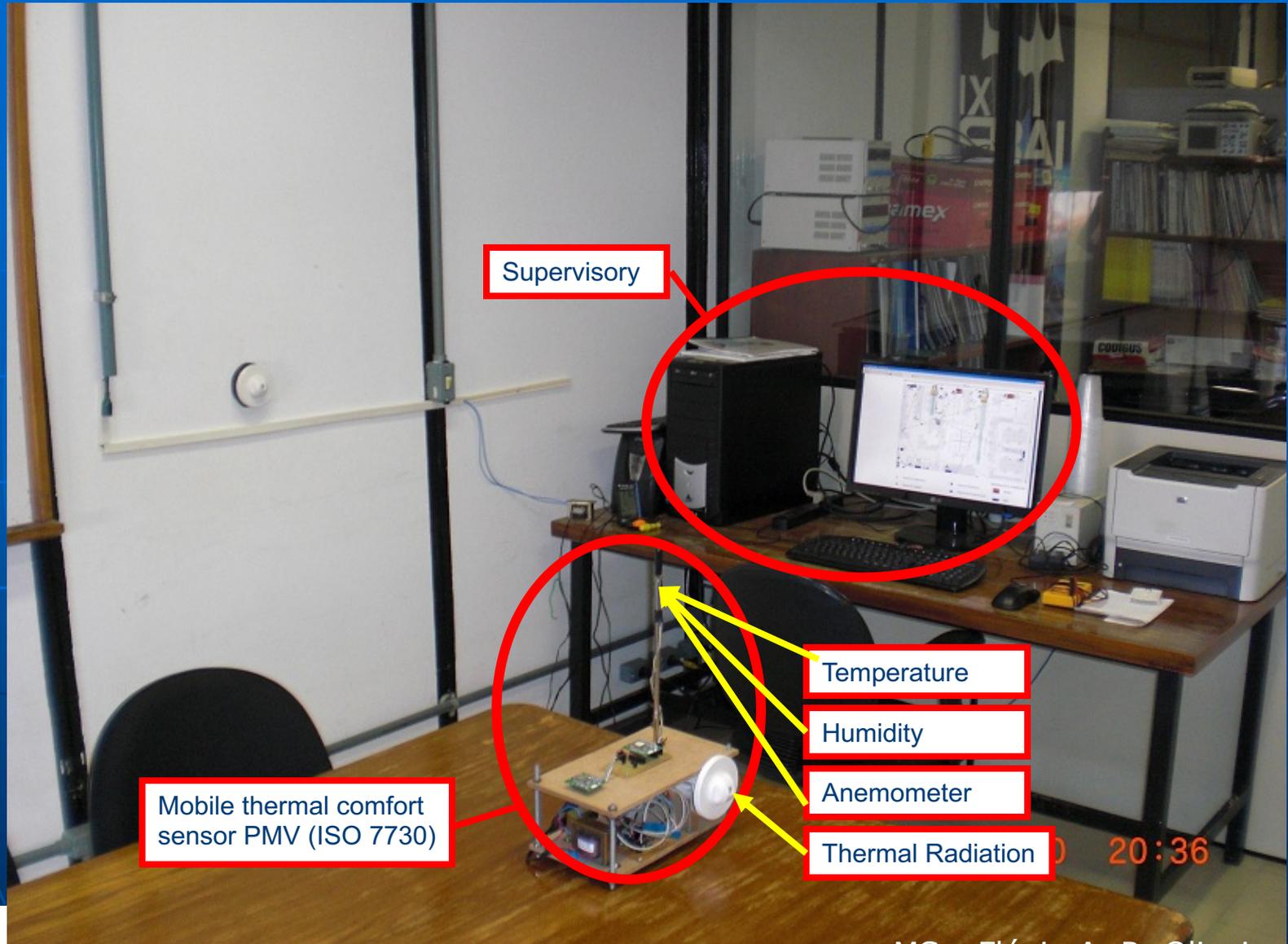
# Sensores e Atuadores



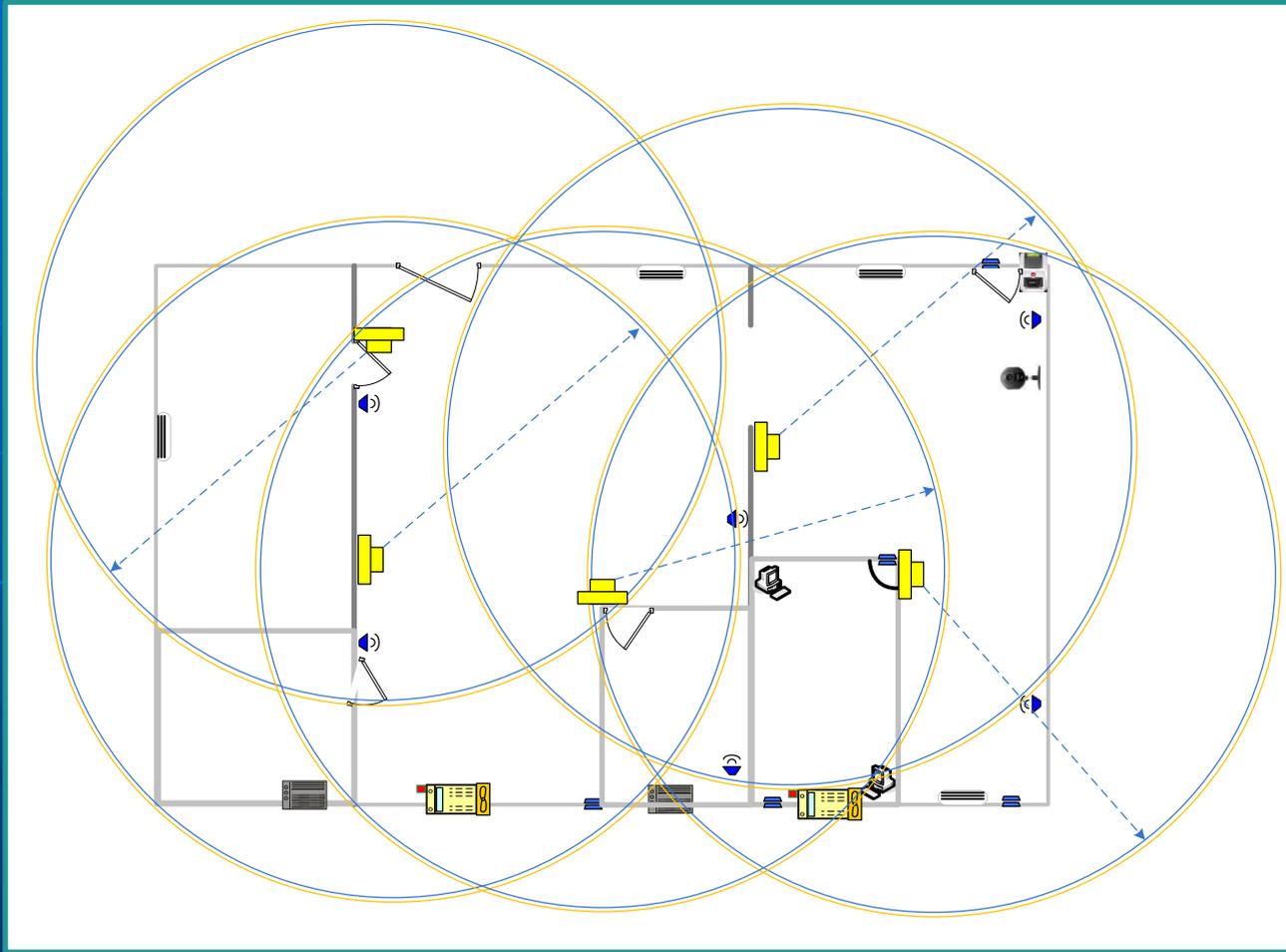
Laboratório de Automação e Robótica - ENE/UnB

- |   |                               |   |                                  |
|---|-------------------------------|---|----------------------------------|
|  | Sensor de Temperatura         |   | Detector de Presença             |
|  | Sensor de Umidade             |  | Detector Porta/Janela aberta     |
|  | Anemômetro                    |  | Medidor de Energia               |
|  | Sensor Radiação Térmica Média |  | Camera de Vigilância             |
|  | Piranômetro                   |  | Controle de Acesso               |
|  | Atuador Ar Cond.              |  | BAS - Building Automation System |

# Sensor Móvel de Conforto Térmico

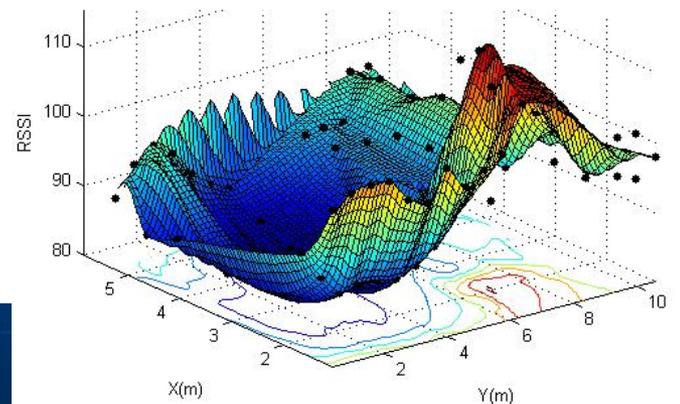
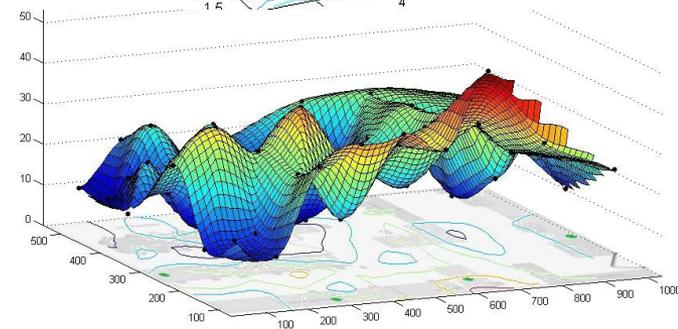
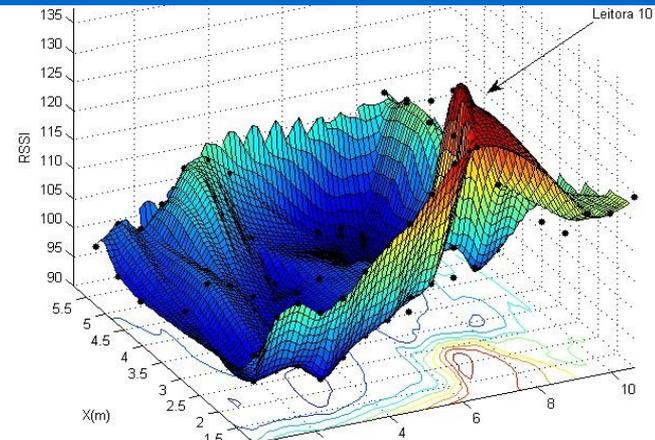
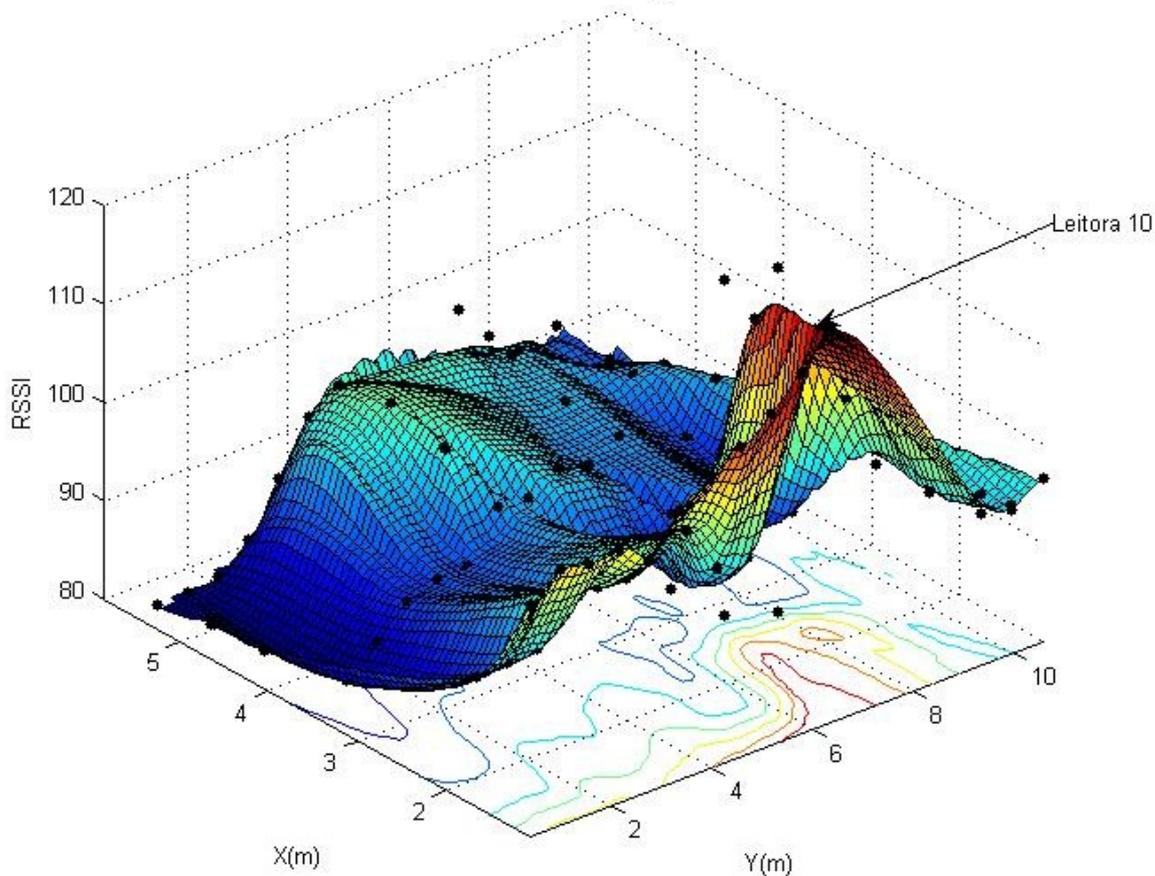


# Estimativa da Carga Térmica via triangulação RFID



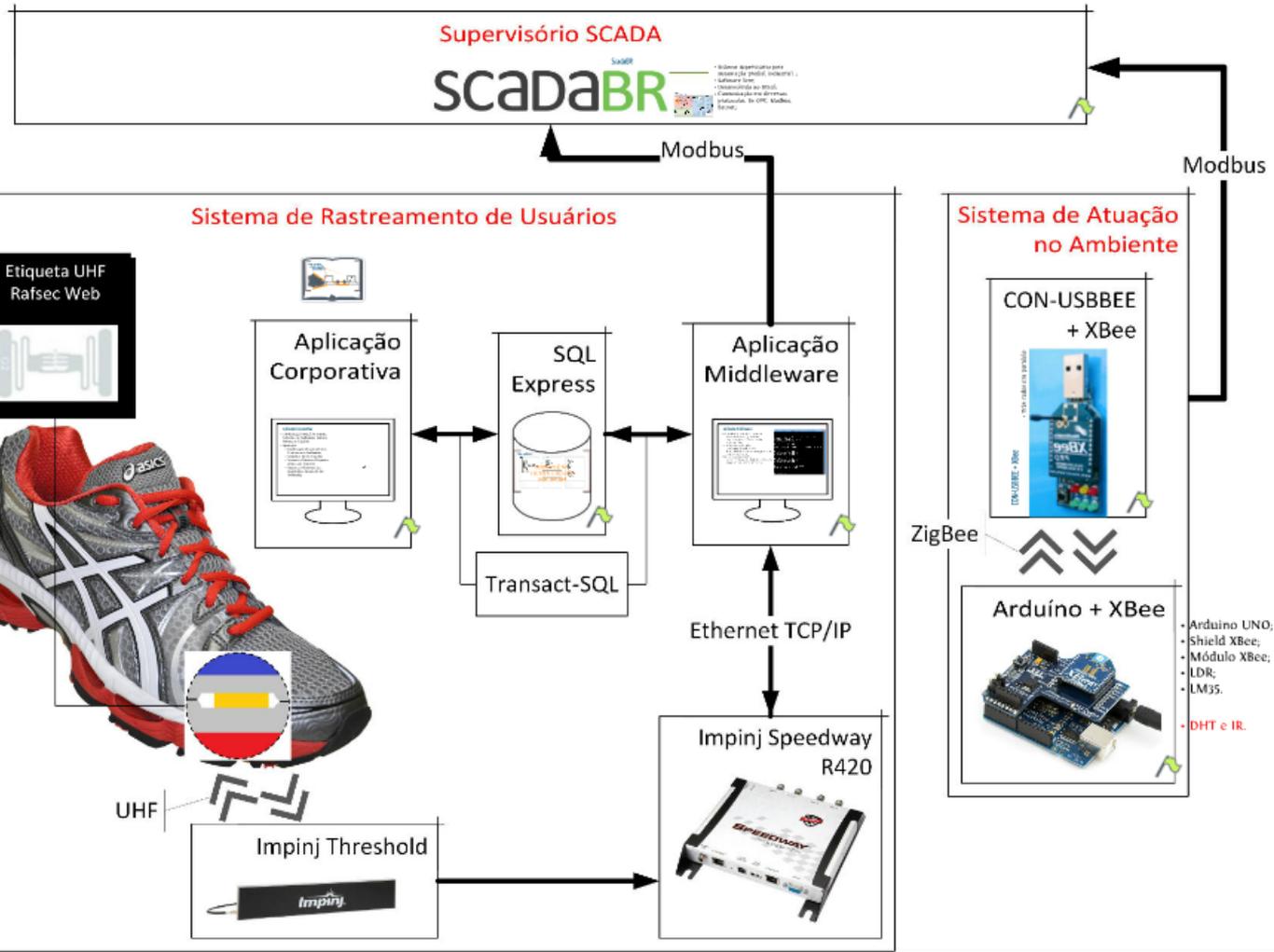
# Mapeamento RSSI – Dados coletados pelo robô móvel Aramis

RSSI's Leitora 10 (6)



# Rastreamento RFID passivo (Frederico

Rocha e Filipe Oliveira, 2013)



Distribuição dos Equipamentos



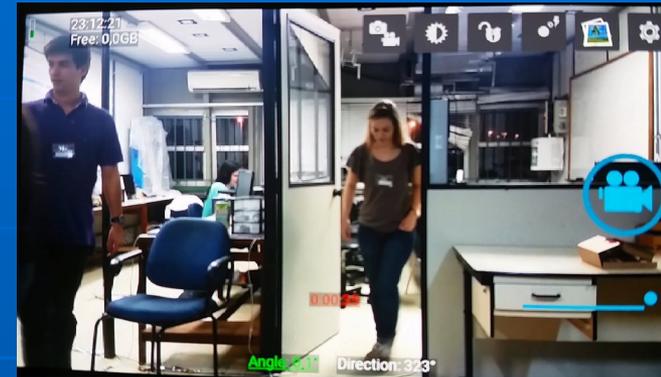
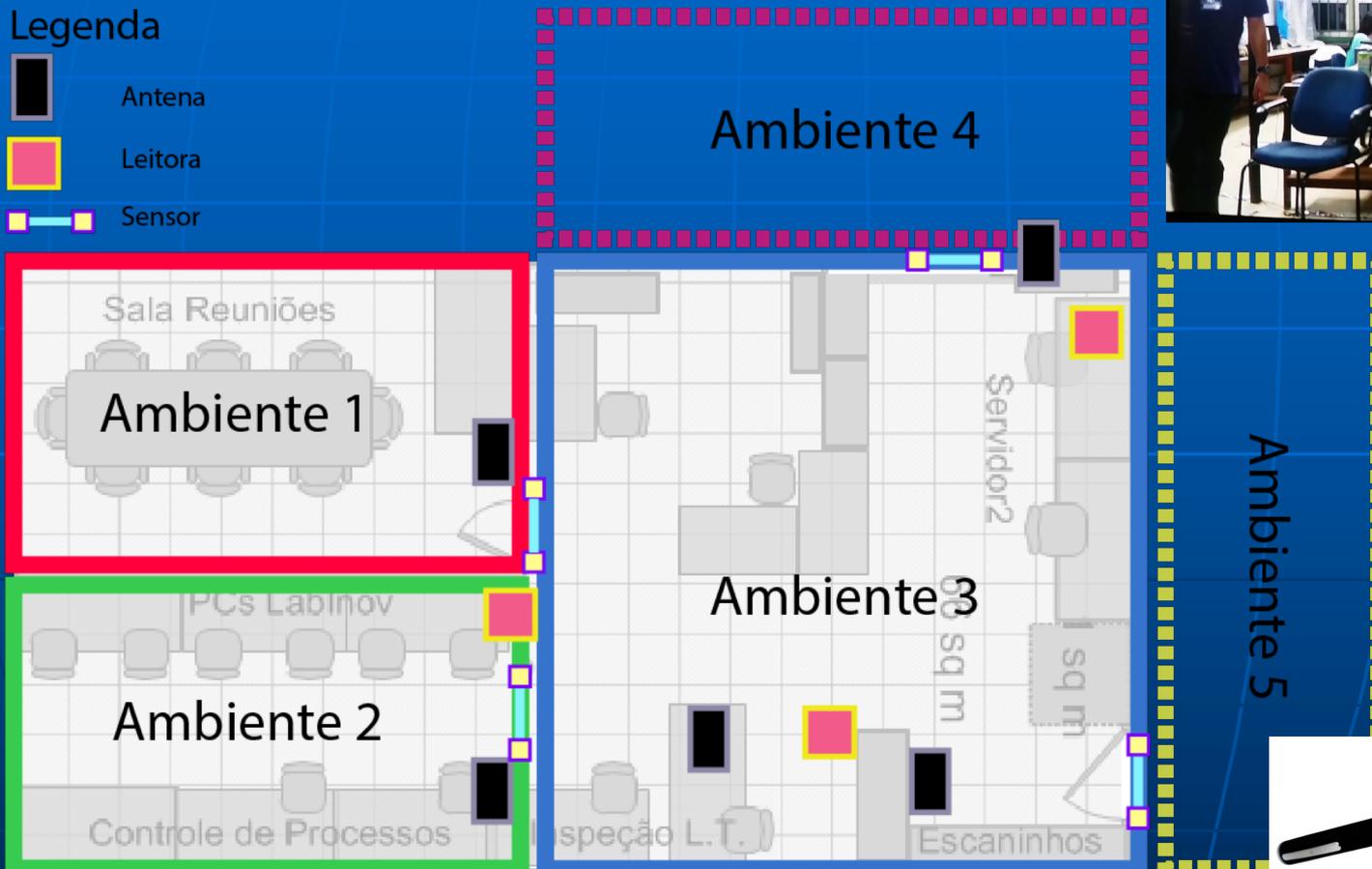
# Ocupação via RFID Passivo + Laser

TG2015 Mecatrônica

Renata C.M. Chupel e Raissa A. Alves

## Legenda

-  Antena
-  Leitora
-  Sensor

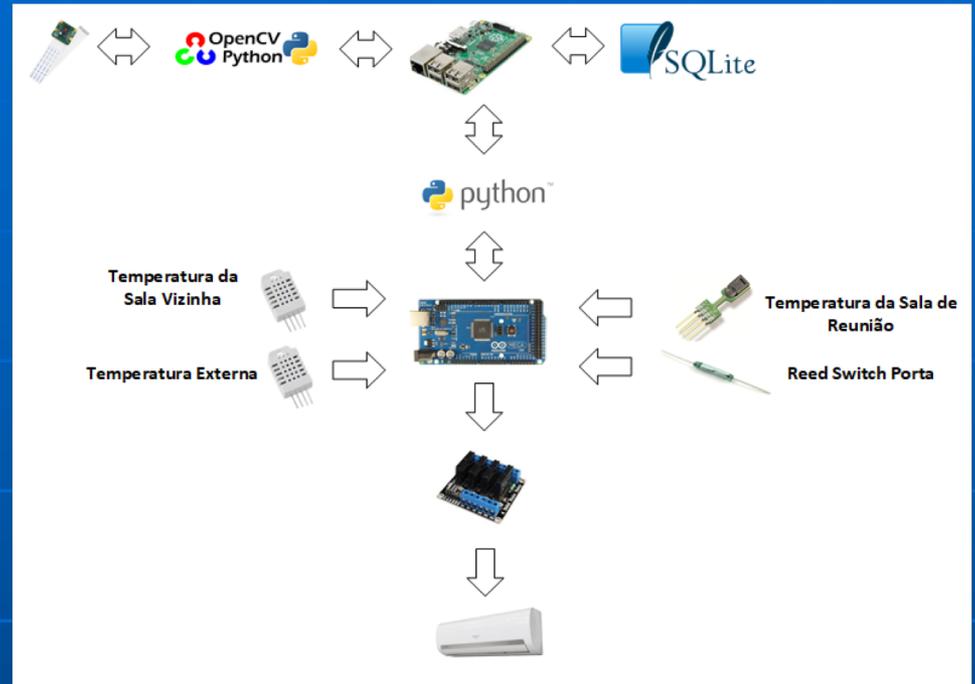
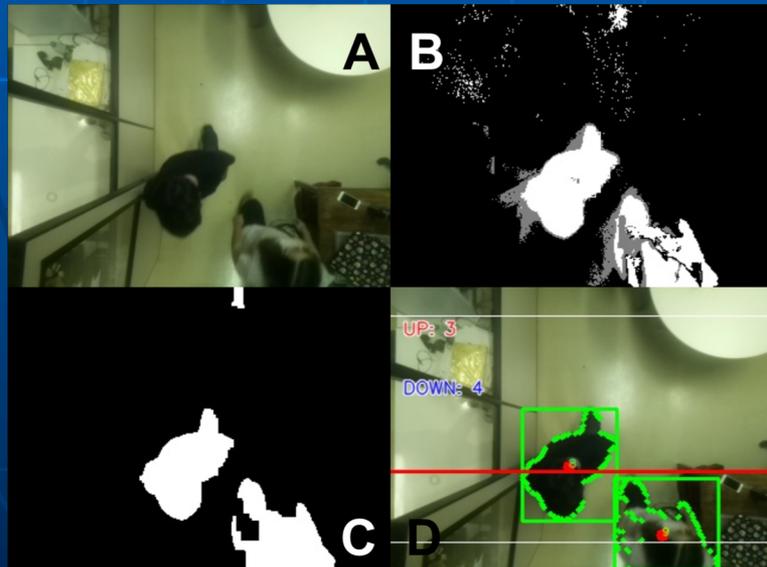


# Controle Antecipativo por Estimativa da Carga Térmica em Vídeo

TG2018 Mecatrônica  
Mariana Pimentel e Alexandre Saran

1 Pessoa → 0,116 kWh

Contagem de Pessoas



Controlador	Consumo	RMSE (Conforto)
Liga/Desliga	7,92 kWh	0,42
Antecipativo	5,81 kWh	0,37
Ganho %	26,64%	11,9%



# Etiquetagem de Edifícios



**INMETRO**  
PBE Edifica

**Eficiência Energética**  
**Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas**

Edificação: XXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXX  
Endereço: XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX  
Cidade/UF: XXXXXXX  
Zona hídrica/Área: X  
Portaria RTQ-R: XXXXX  
Portaria RAC: XXXXX  
Método de avaliação: XXXXX  
Data da ENCE de projeto: XX/XX/XXXXX  
Data da ENCE da edificação construída: XXXXXXXXX

Etiqueta PROJETO

Etiqueta EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA

Mais eficiente

A

B

C

D

E

Menos eficiente

A

PT: X,X

**Pré-requisitos gerais**

- Circuitos elétricos
- Aquecimento de água

**Bonificações: X,XX**

- Racionalização de água: x,xx
- Aquecimento solar de água: x,xx
- Energia eólica: x,xx
- Energia solar fotovoltaica: x,xx
- Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas: x,xx
- Elevadores: x,xx

**Envoltória**

Área total: xxx,xx m<sup>2</sup>

A

**Iluminação**

Edificação ou parcela

Área iluminada: xxx,xx m<sup>2</sup>

A

**Condicionamento de ar**

Edificação ou parcela

Tipo: XXXXXXXXXXXX ANC: xxx,xx m<sup>3</sup>

AC: xxx,xx m<sup>3</sup> EqNumV: xx,x

A



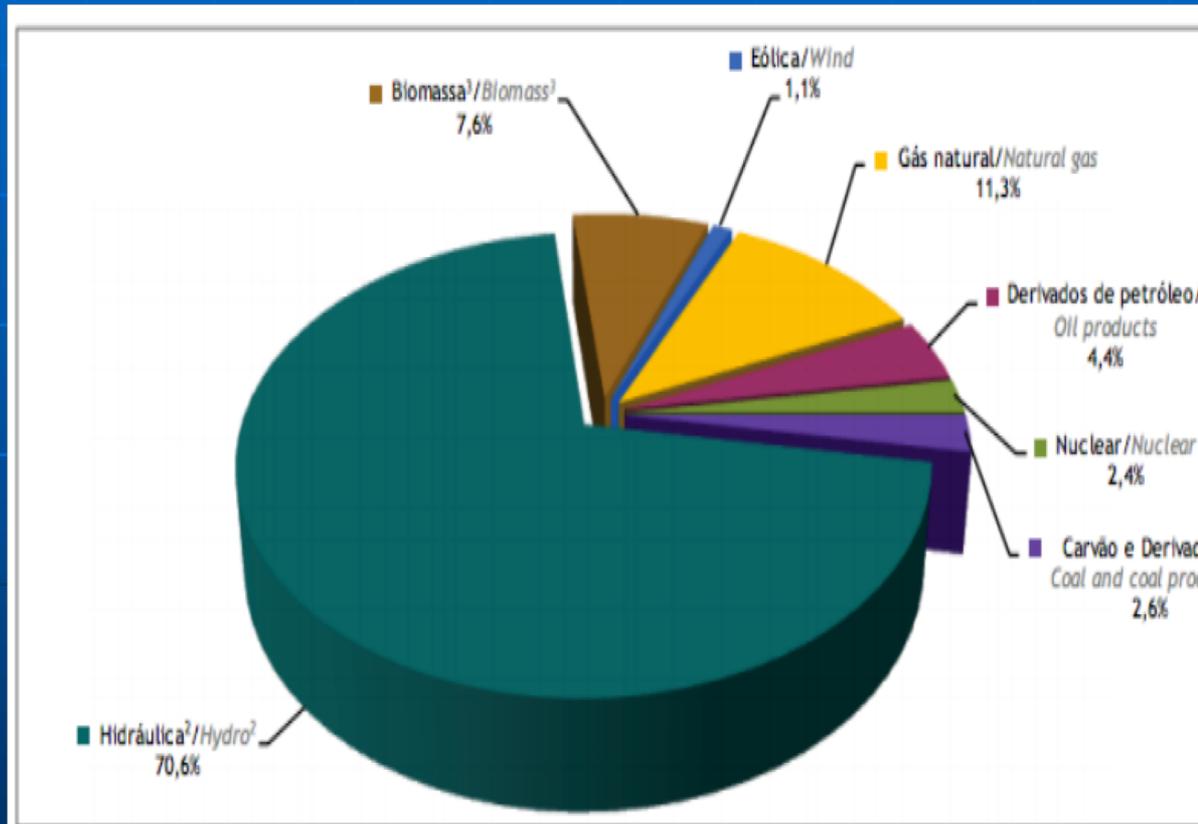
PROCEL



PRORAMA  
PROGRAMA  
NACIONAL DE  
ETIQUETAGEM

LOGOMARCA DO DIA

Nº REGISTRO DO DIA



Composição da matriz energética brasileira (EPE, 2013).

# “Green Buildings”



# “Green Buildings”

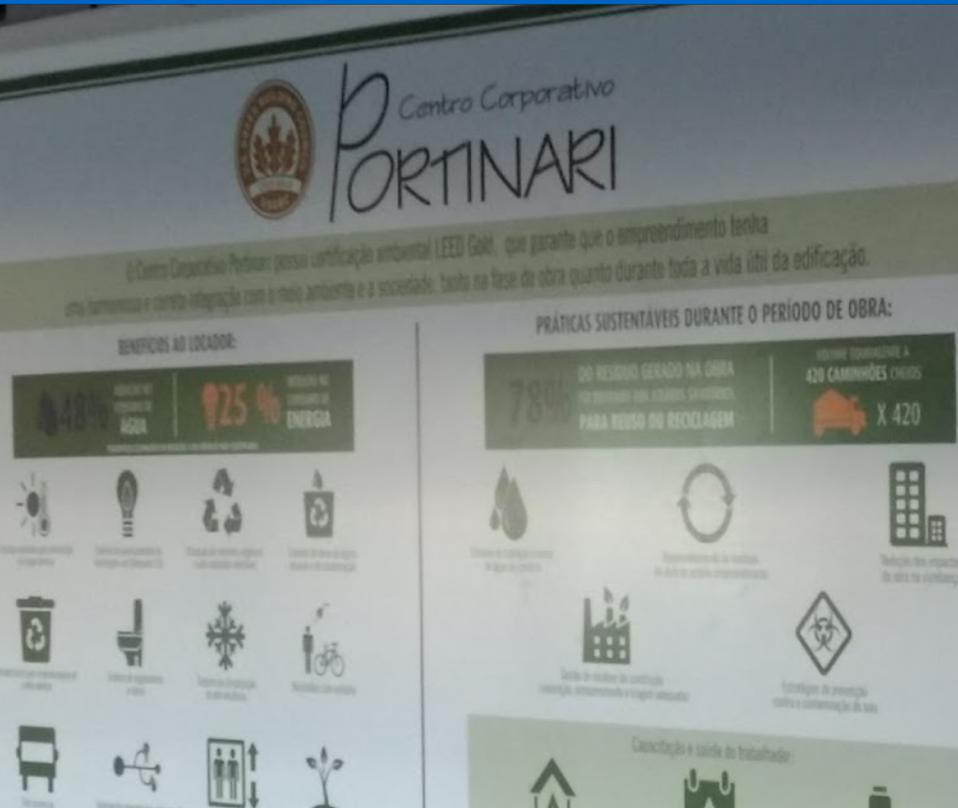


Basic Certification  
40 - 49 points

Silver Certification  
50 - 59 points

Gold Certification  
60 - 79 points

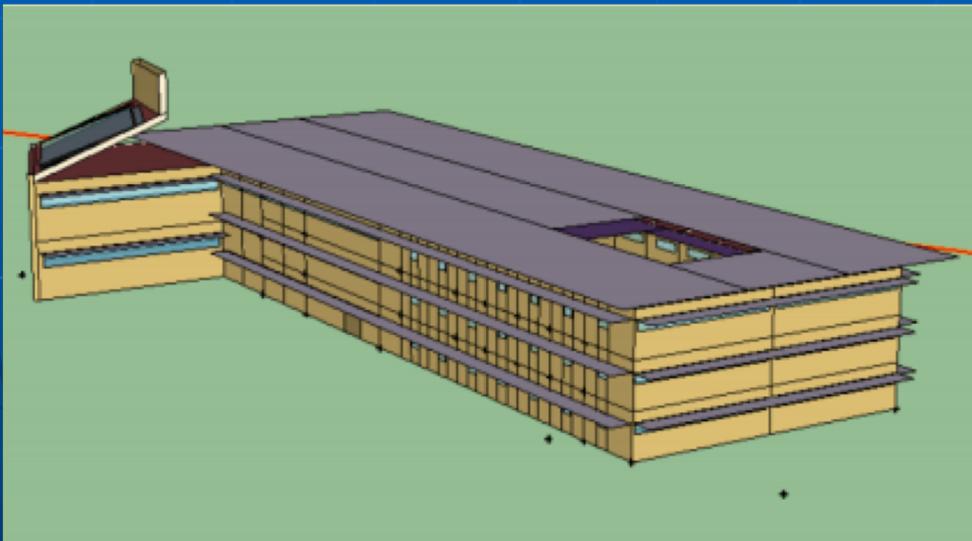
Platinum Certification  
80 - 110 points



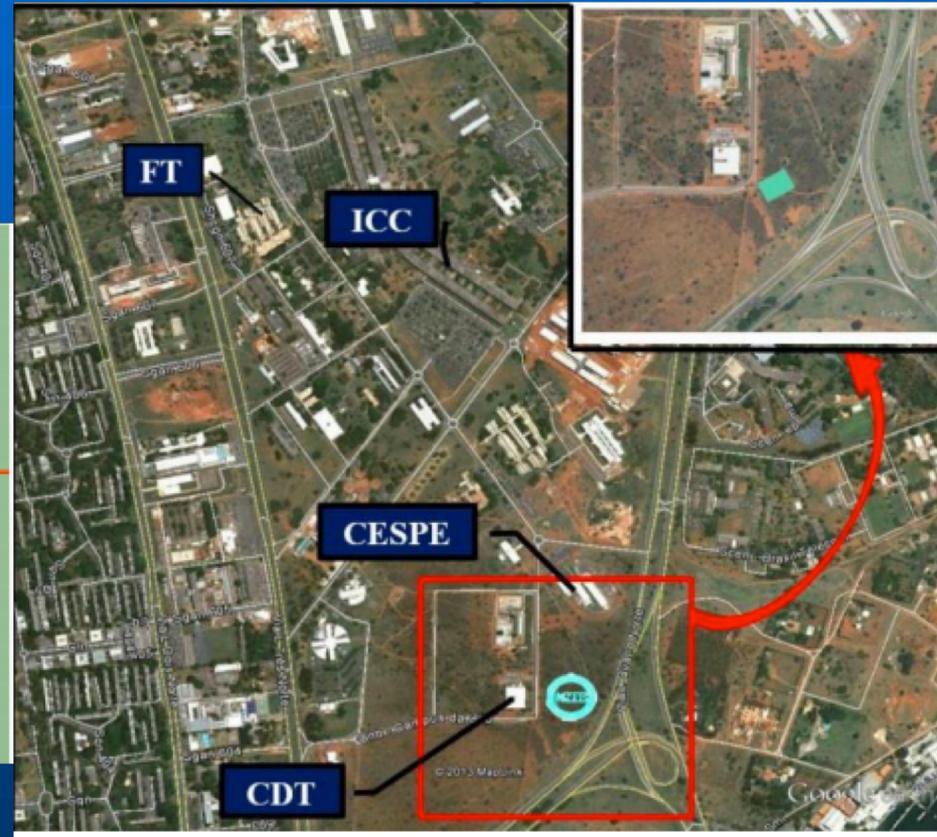
2.2 million +  
square feet is LEED certified every  
day with more than 90,000 projects  
using LEED.

# nZEB – FAU/ENM/ENE-UnB

Profa. Cláudia Amorim  
Prof. João Pimenta  
Prof. Marco Egito  
Prof. Adolfo Bauchspiess



Brick, 2014

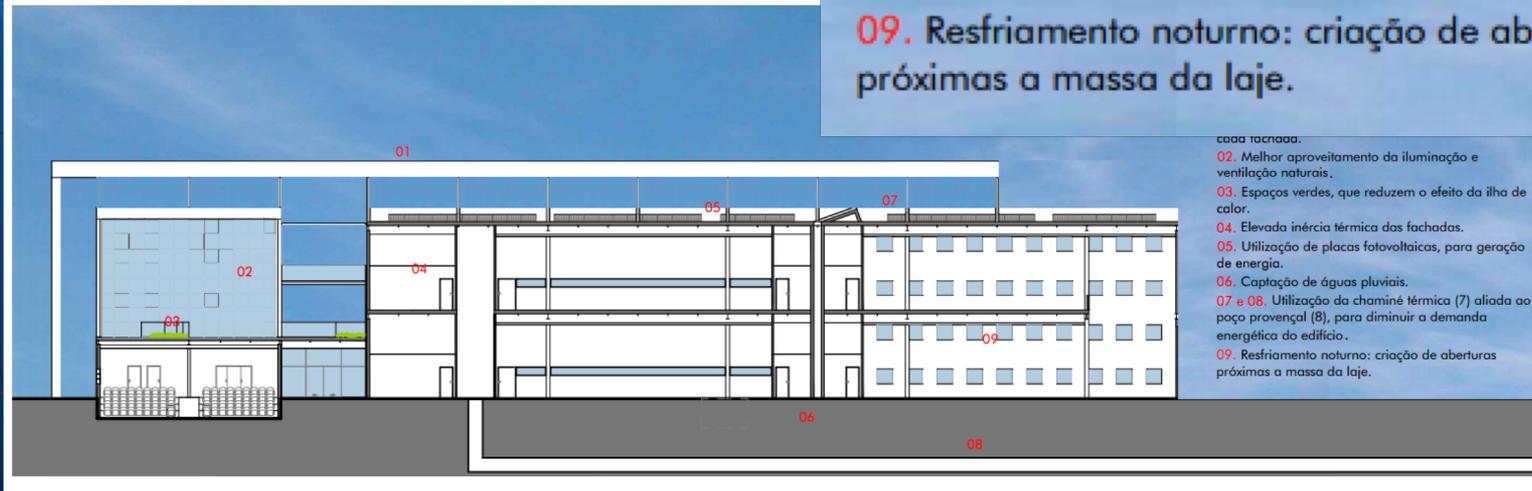
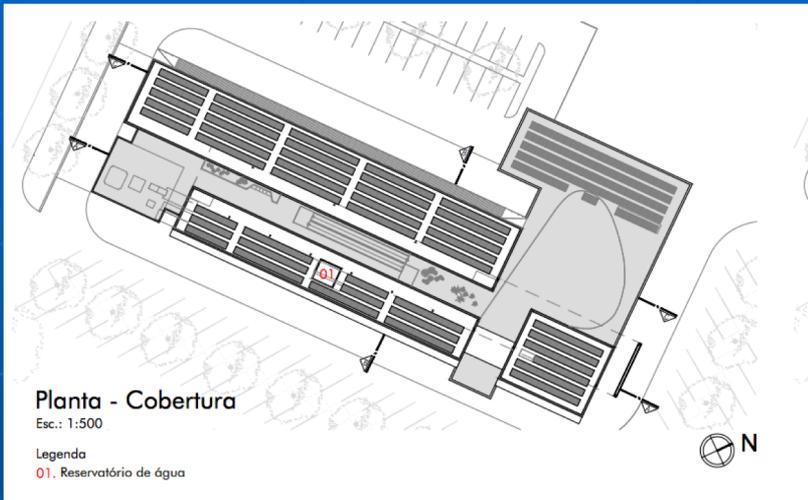


# nZEB - UnB

## CC - Estratégias energéticas

### Legenda

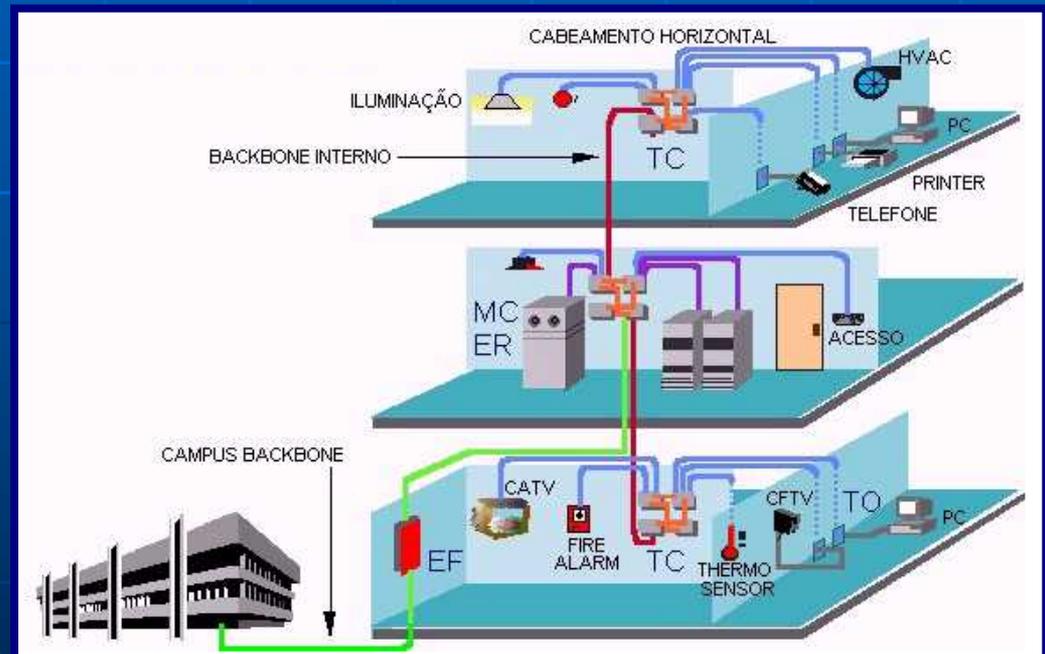
- 01. Elementos de proteção solar calculados para cada fachada.
- 02. Melhor aproveitamento da iluminação e ventilação naturais.
- 03. Espaços verdes, que reduzem o efeito da ilha de calor.
- 04. Elevada inércia térmica das fachadas.
- 05. Utilização de placas fotovoltaicas, para geração de energia.
- 06. Captação de águas pluviais.
- 07 e 08. Utilização da chaminé térmica (7) aliada ao poço provençal (8), para diminuir a demanda energética do edifício.
- 09. Resfriamento noturno: criação de aberturas próximas a massa da laje.



- 01. Elementos de proteção solar calculados para cada fachada.
- 02. Melhor aproveitamento da iluminação e ventilação naturais.
- 03. Espaços verdes, que reduzem o efeito da ilha de calor.
- 04. Elevada inércia térmica das fachadas.
- 05. Utilização de placas fotovoltaicas, para geração de energia.
- 06. Captação de águas pluviais.
- 07 e 08. Utilização da chaminé térmica (7) aliada ao poço provençal (8), para diminuir a demanda energética do edifício.
- 09. Resfriamento noturno: criação de aberturas próximas a massa da laje.

# Perspectivas

- Energy Efficiency Labeling of Buildings
- nearly Zero Energy Building - nZEB
- Assisted Living
- Virtual Campus
- Smart Cities



Obrigado!

Adolfo Bauchspiess

[www.ene.unb.br/adolfo](http://www.ene.unb.br/adolfo)

[adolfo@ene.unb.br](mailto:adolfo@ene.unb.br)

