



Pesquisas e arranjos experimentais

Prof. Racine T. A. Prado

“I often say that when you can measure what you are speaking about, and express it in numbers, you know something about it, but when you cannot express it in numbers, your knowledge is of a meager and unsatisfactory kind; it may be the beginning of knowledge, but you have scarcely in your thoughts advanced to the stage of science, whatever the matter may be.” William Thompson (Lord Kelvin), 1883.

Pesquisas e arranjos Experimentais

Instrumento – equipamento eletrônico que opera com sinais elétricos relacionados a grandezas físicas.

Aplicações de instrumentação –

- automação de edifícios;
- pesquisas;
- robótica;
- ignição de automóveis;
- aeronáuticas e naves espaciais;
- indústria e agricultura,...

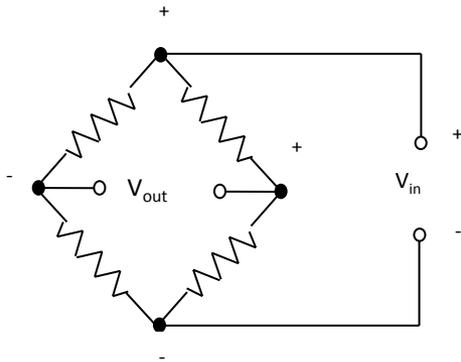


Pesquisas e arranjos Experimentais

Sensor – termo empregado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, etc.

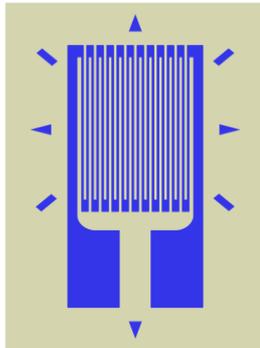
Pesquisas e arranjos Experimentais

Strain gage



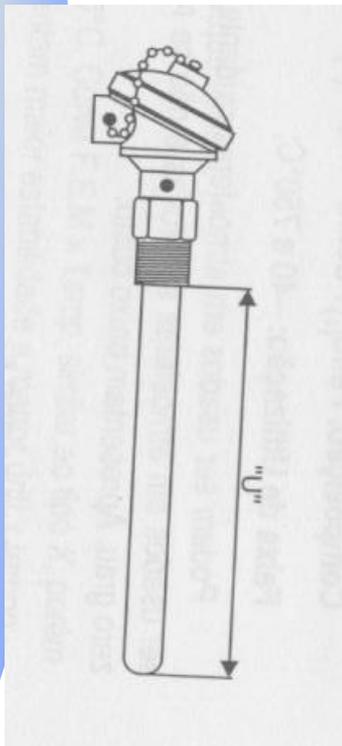
Transdutor para medir deformações de corpos. Ex: vidro, viga,...

- Quando o material é deformado, sua resistência elétrica é alterada.
- Piezoresistivo: a fração de mudança na resistência é proporcional à fração de mudança no comprimento do material.



Pesquisas e arranjos Experimentais

Sensores de temperatura:
termopares;



→ sensores de platina;

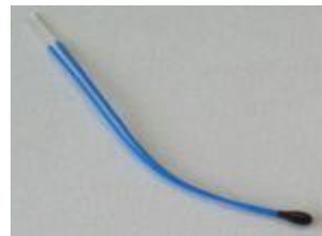
elemento



transmissor



→ termistores

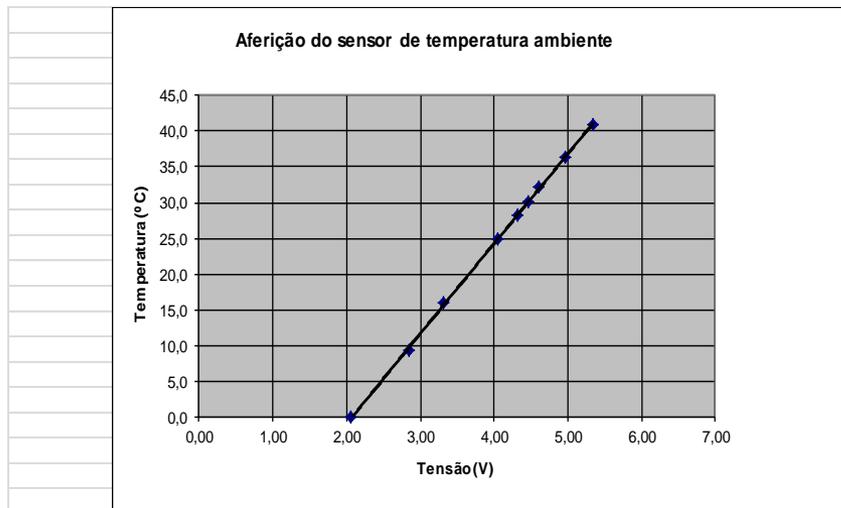


Pesquisas e arranjos Experimentais

Aferição de um Sensor

A variação da resistência do material de um sensor com a variação da temperatura obedece a uma expressão polinomial

$$R = R_0 \times (1 + a_1 \times T + a_2 \times T^2 + \dots + a_n T^n)$$



Resultado:

$$T = 0,758 \times U^2 + 7,121 \times U - 17,515$$

$$R^2 = 0,9998$$

Pesquisas e arranjos Experimentais

Transdutor – denominação dada a um dispositivo completo, que contém o sensor, usado para transformar uma grandeza qualquer em outra que pode ser utilizada nos dispositivos de controle.

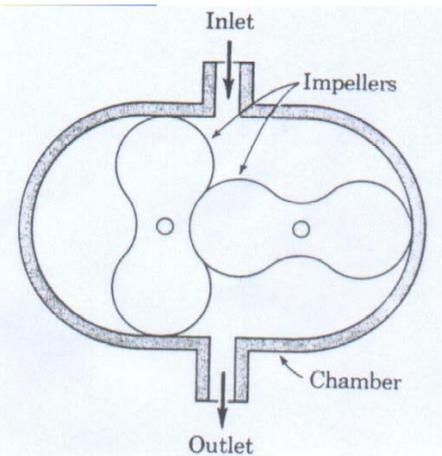
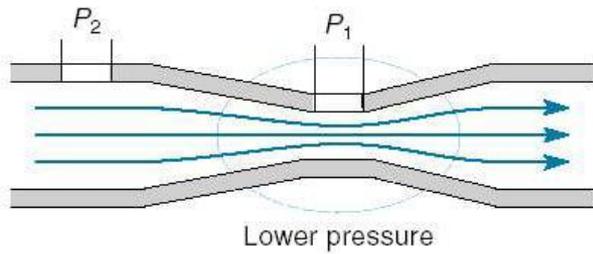
Thomazini; Albuquerque (2005)

Pesquisas e arranjos Experimentais

Sensores e Transdutores

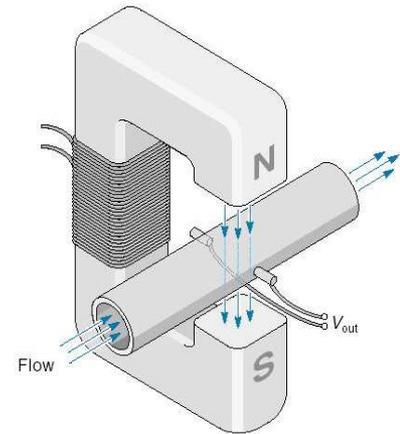
- temperatura;
- vazão;
- gases;
- umidade;
- posição;
- velocidade;
- pressão;
- acústicos;
- aceleração;
- direção;
- radiação;
- presença e movimento;
- grandezas elétricas;
- força;
- luz;
- químicos, pH...

Pesquisas e arranjos Experimentais



Medidores de vazão:

- hidrômetros;
- turbinas;
- magnéticos;
- mássicos;
- placa de orifício;
- tubo de Venturi;
- bocal;
- tubo de Pitot;
- rotâmetro;
- ultrassom...



Pesquisas e arranjos Experimentais

Atuadores – dispositivos que alteram grandezas de variáveis sob controle, a partir de sinal emitido por controlador.

Exemplos:

- Válvulas;
- Relés;
- Cilindros;
- Motores;
- Solenóides,...

Pesquisas e arranjos Experimentais

Atuadores



Válvula solenoide.
Fonte Ascoval



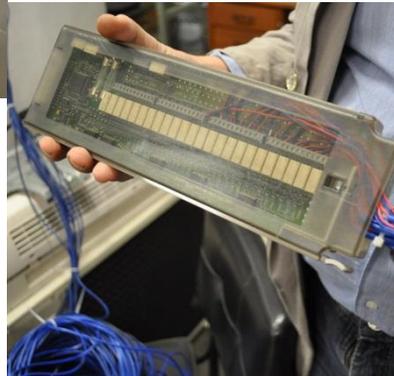
Atuador de
Damper.
Fonte: Danfoss



Inversor de frequência para
variação de velocidade de
motores de corrente alternada.
Fonte: WEG

Pesquisas e arranjos Experimentais

Sistemas de Aquisição de Dados

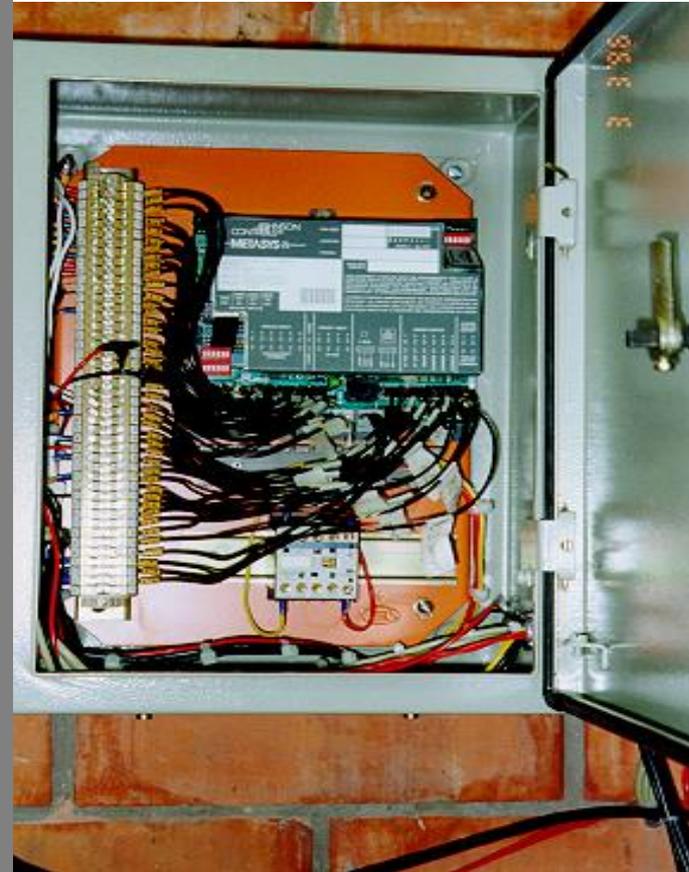


Pesquisas e arranjos Experimentais

Central de coleta de dados

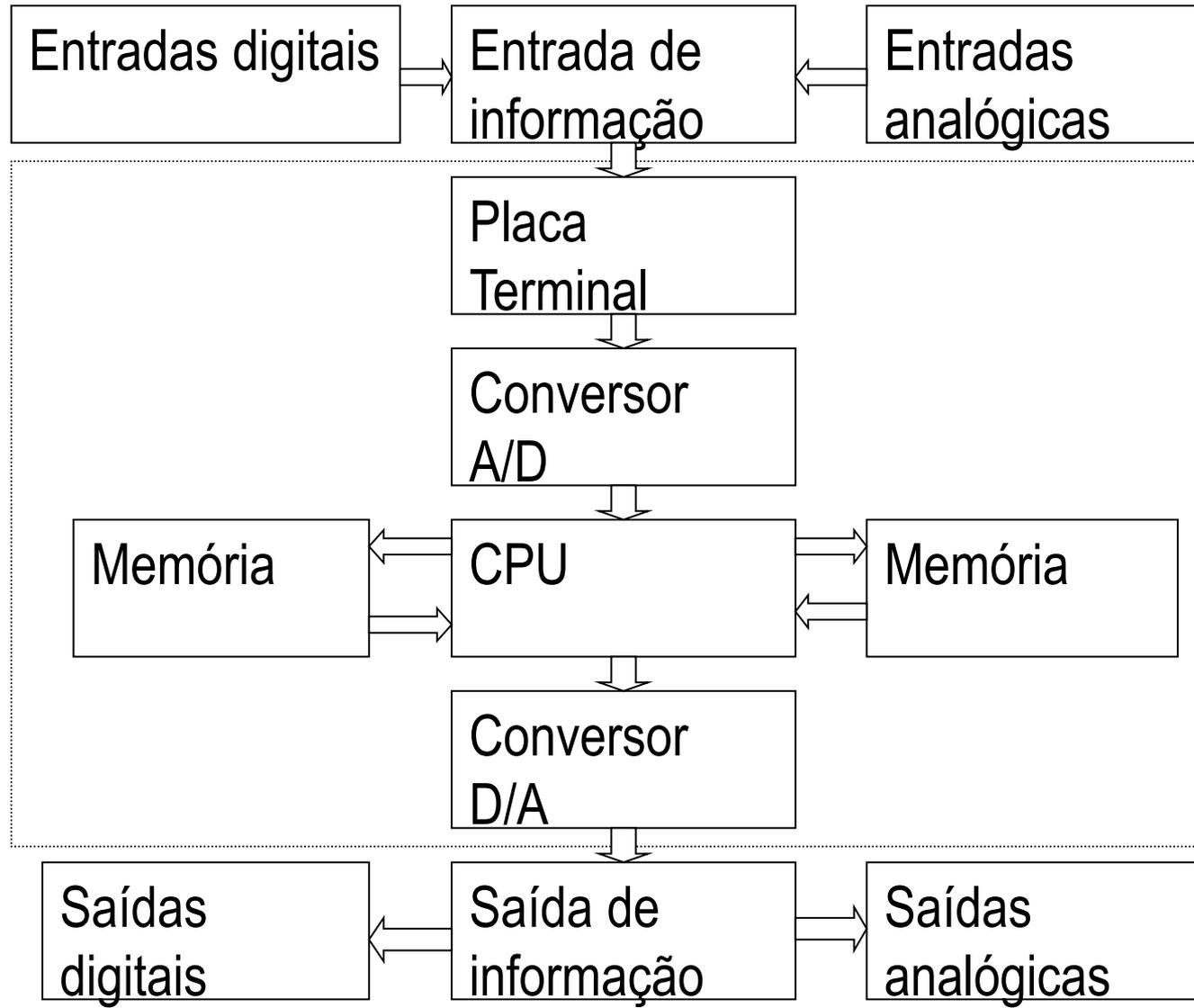


Controlador para aquisição de dados



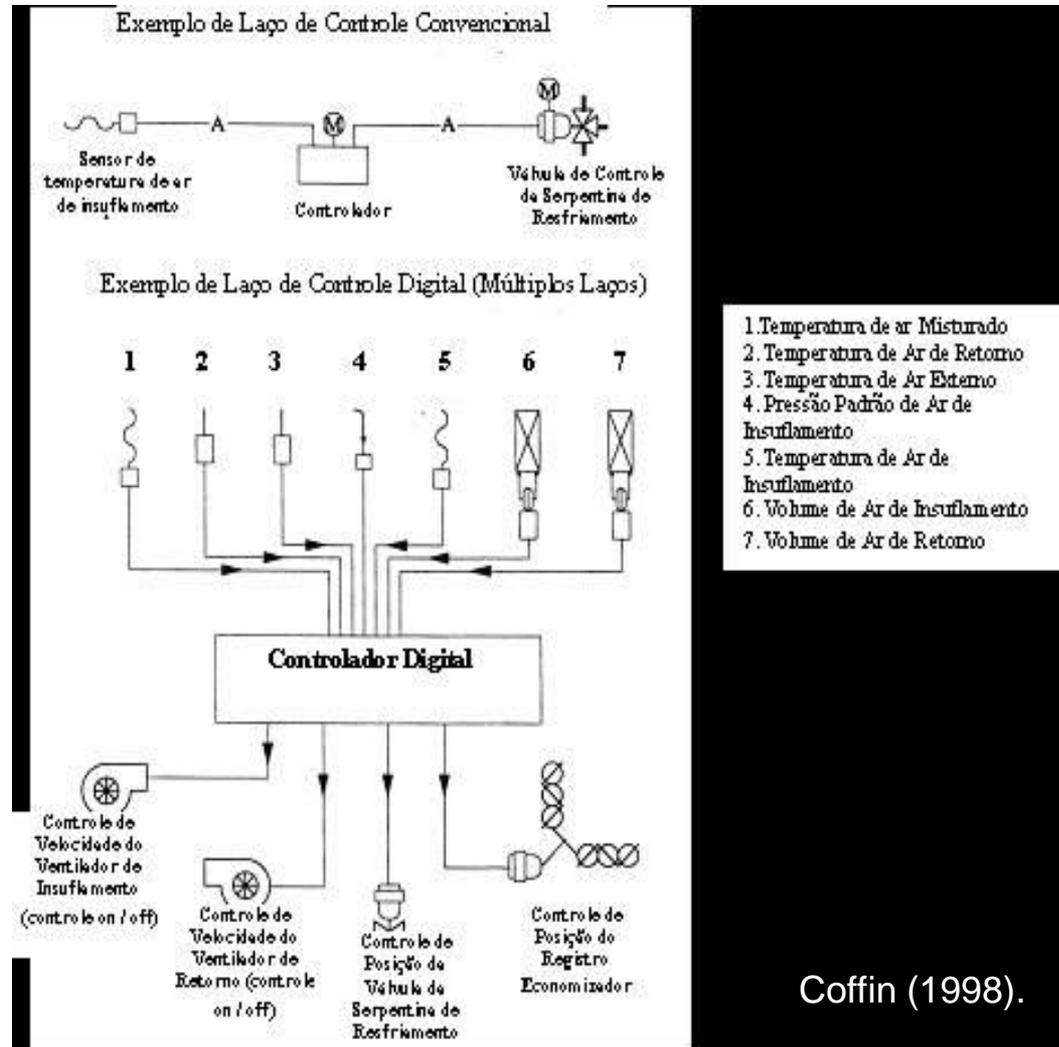
Pesquisas e arranjos Experimentais

Controlador digital



Pesquisas e arranjos Experimentais

Controlador de ar condicionado



Coffin (1998).

Pesquisas e arranjos Experimentais

Laboratórios - bancadas

Hidráulica

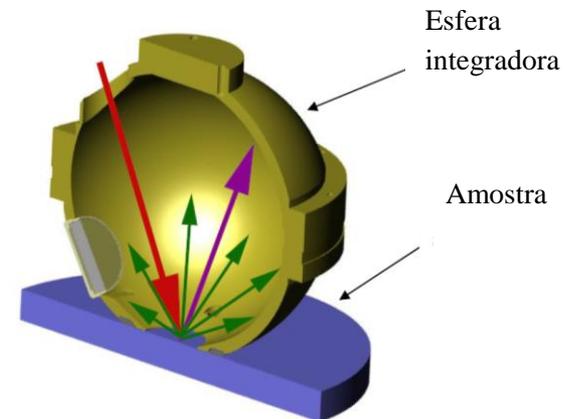


Capela de fluxo laminar



Pesquisas e arranjos Experimentais

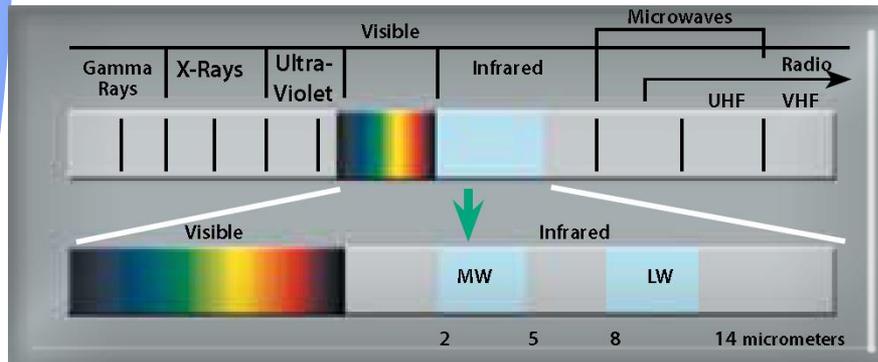
Equipamentos multiusuários - emissividade



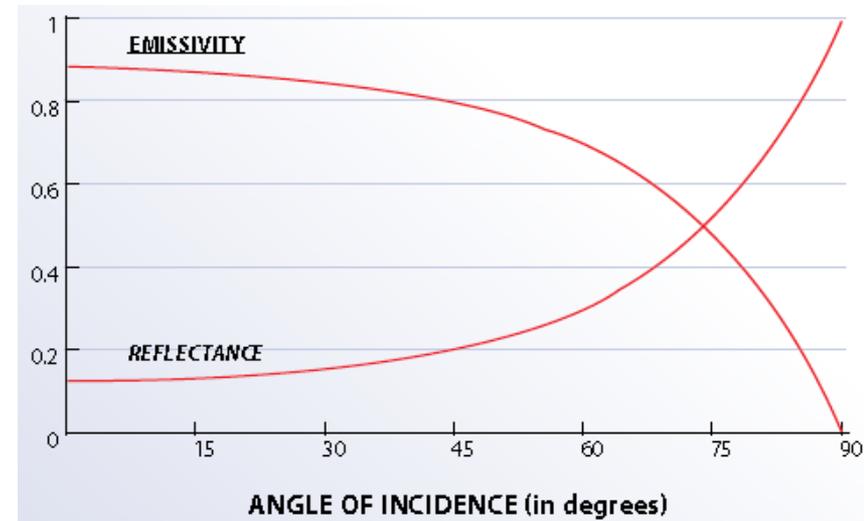
Cortesia Surface Optics Corp.

Pesquisas e arranjos Experimentais

Equipamentos multiusuários - Termografia

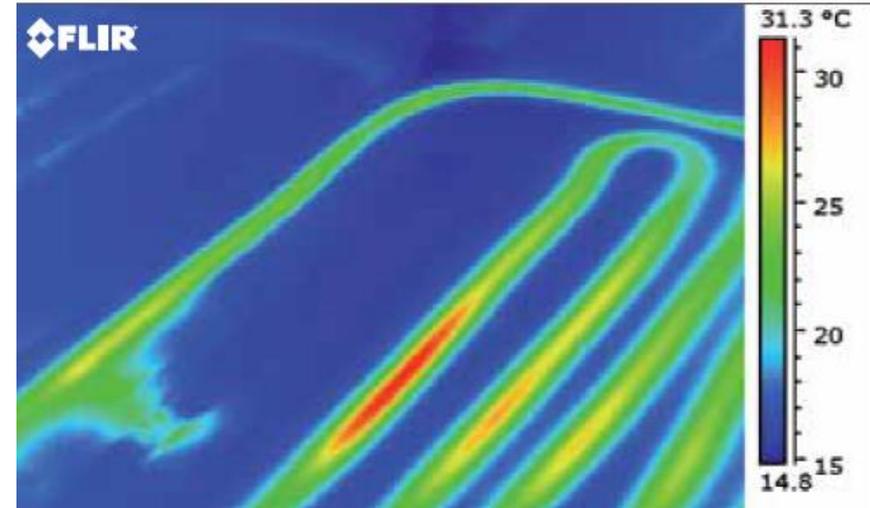
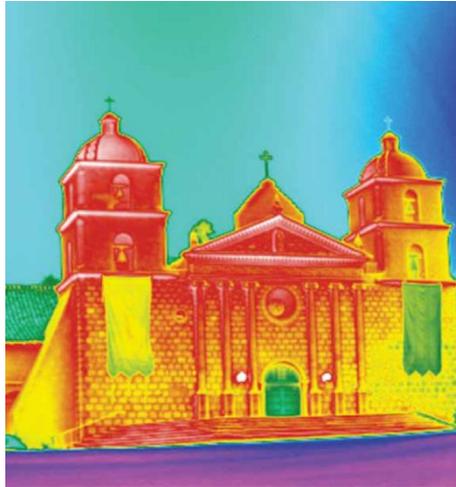


FLIR



Pesquisas e arranjos Experimentais

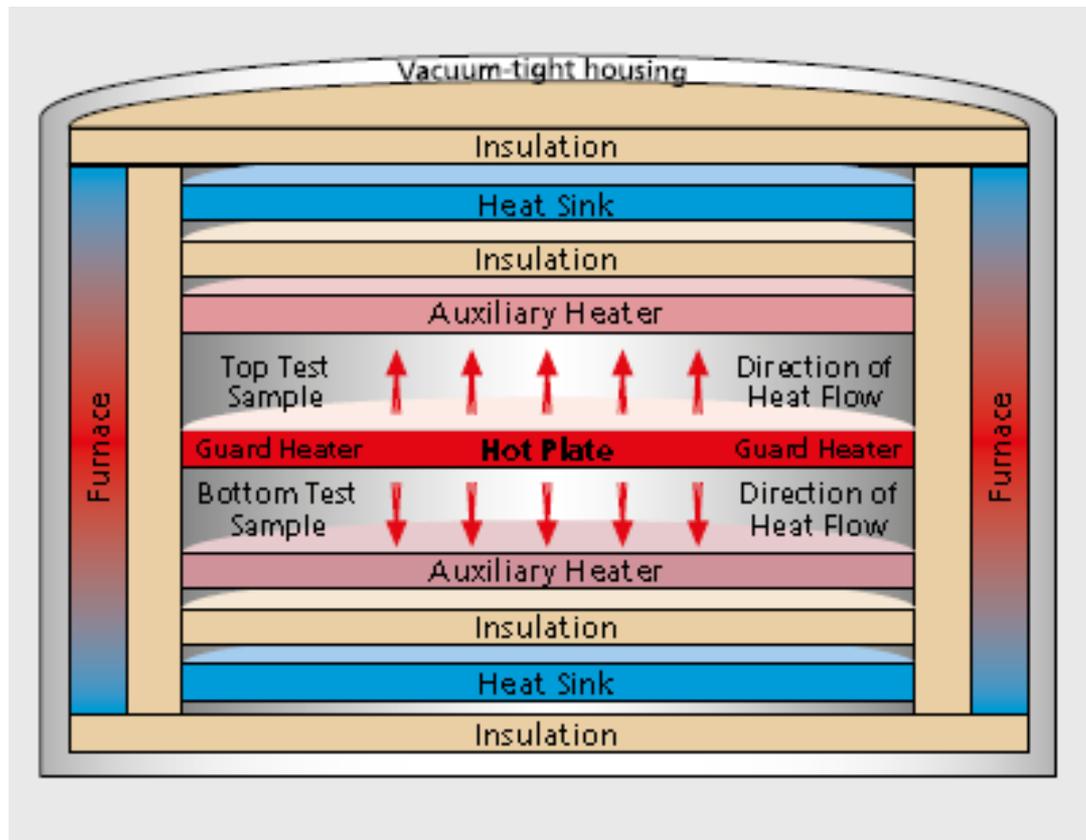
Equipamentos multiusuários - Termografia



Pesquisas e arranjos Experimentais

Equipamentos multiusuários – Condutividade

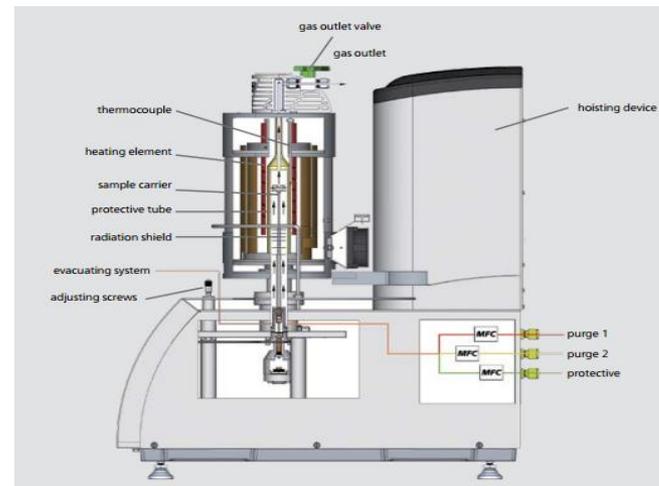
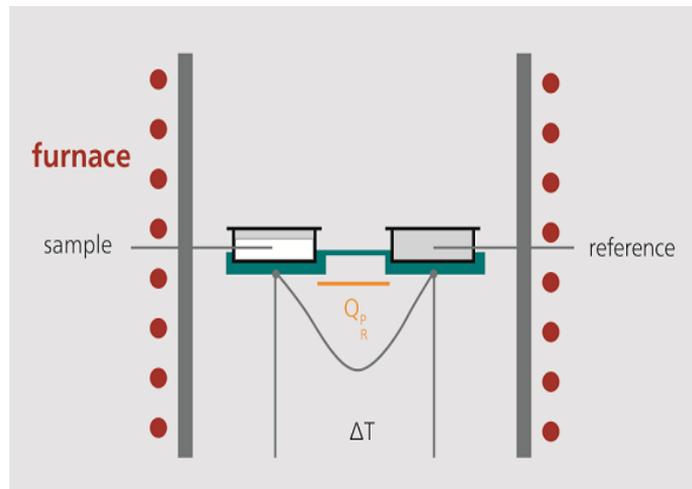
Guarded Hot Plate



Pesquisas e arranjos Experimentais

Equipamentos multiusuários – DSC

Differential Scanning Calorimetry → Calorímetro Exploratório Diferencial



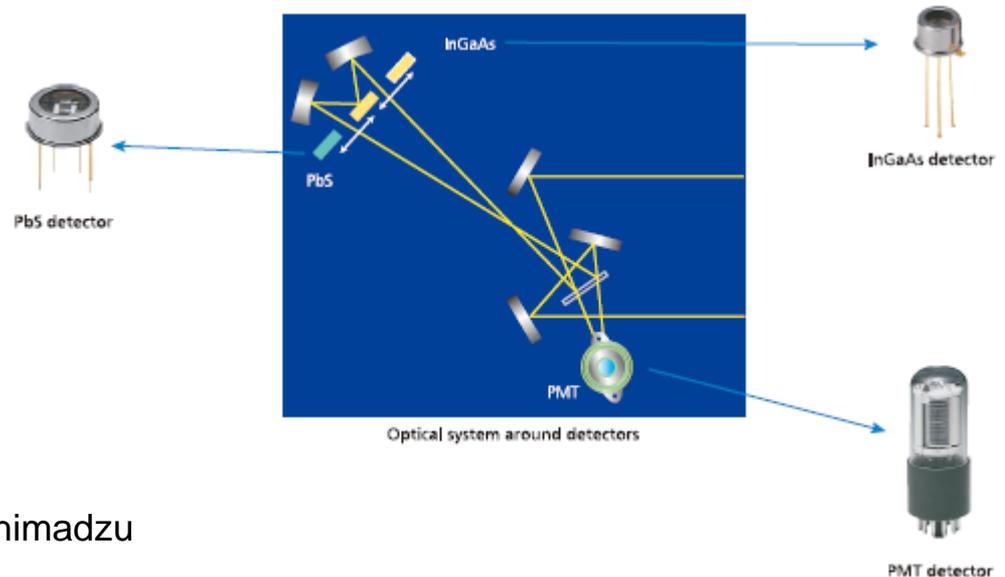
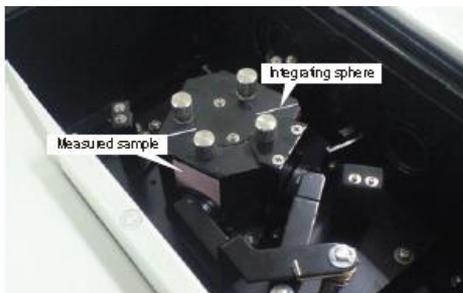
Um calorímetro DSC monitora as temperaturas e fluxos de calor associados às transições nos materiais como funções do tempo e da temperatura em uma atmosfera controlada.

Nas últimas décadas, foi utilizado para caracterizar calor específico, transições nos vidros e polímeros, pontos de fusão e ebulição, tempos e temperaturas de cristalização, parâmetros de reações, cura e pureza entre outras propriedades dos materiais.

Pesquisas e arranjos Experimentais

Equipamentos multiusuários – Espectrofotometria

Espectrofotômetro: aparelho com a finalidade de avaliar a quantidade de radiação eletromagnética absorvida, refletida e transmitida através de amostras de materiais sob a forma de solução ou sólidos



Shimadzu

Pesquisas e arranjos Experimentais

Equipamentos multiusuários – Qualidade do Ar

Monitor de aerodispersóides



Contador de partículas



Monitor de CO₂



Pesquisas e arranjos Experimentais

Equipamentos multiusuários – Analisador de ruídos



Pesquisas e arranjos Experimentais

Tratamento de dados com Minitab

Results for: Plan1

Regression Analysis: Carga Térmica versus Temperatura ; Umidade rela; ...

The regression equation is

Carga Térmica máx. ocorrida (T = - 1566 + 133 Temperatura máx. (°C)
+ 3,65 Umidade relativa média (%)
+ 0,005 Radiação solar média (W/m2)

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-1566,0	225,7	-6,94	0,000
Temperatura máx. (°C)	133,037	8,003	16,62	0,000
Umidade relativa média (%)	3,650	1,519	2,40	0,017
Radiação solar média (W/m2)	0,0048	0,3218	0,01	0,988

S = 463,640 R-Sq = 59,8% R-Sq(adj) = 59,3%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	81785776	27261925	126,82	0,000
Residual Error	256	55030290	214962		
Total	259	136816065			

Source	DF	Seq SS
Temperatura máx. (°C)	1	80263885
Umidade relativa média (%)	1	1521842
Radiação solar média (W/m2)	1	48

Unusual Observations

Obs	Temperatura máx. (°C)	Carga Térmica máx. ocorrida (T)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
9	38,8	3038,0	3863,8	108,5	-825,8	-1,83 X
18	26,4	3435,0	2216,8	36,9	1218,2	2,64R

Arranjos Experimentais

Luxímetro

Anemômetro

Radiômetro



Pesquisas e arranjos Experimentais

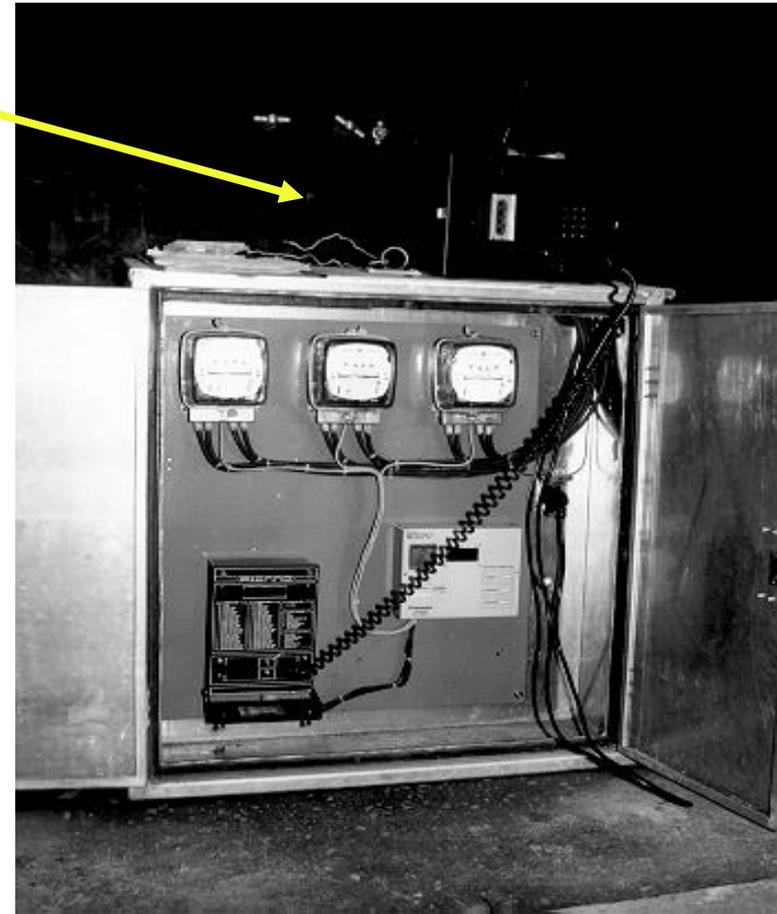
Medição de energia em habitações de interesse social

“Pré-história”

Gravador de
fita cassete

RDTD

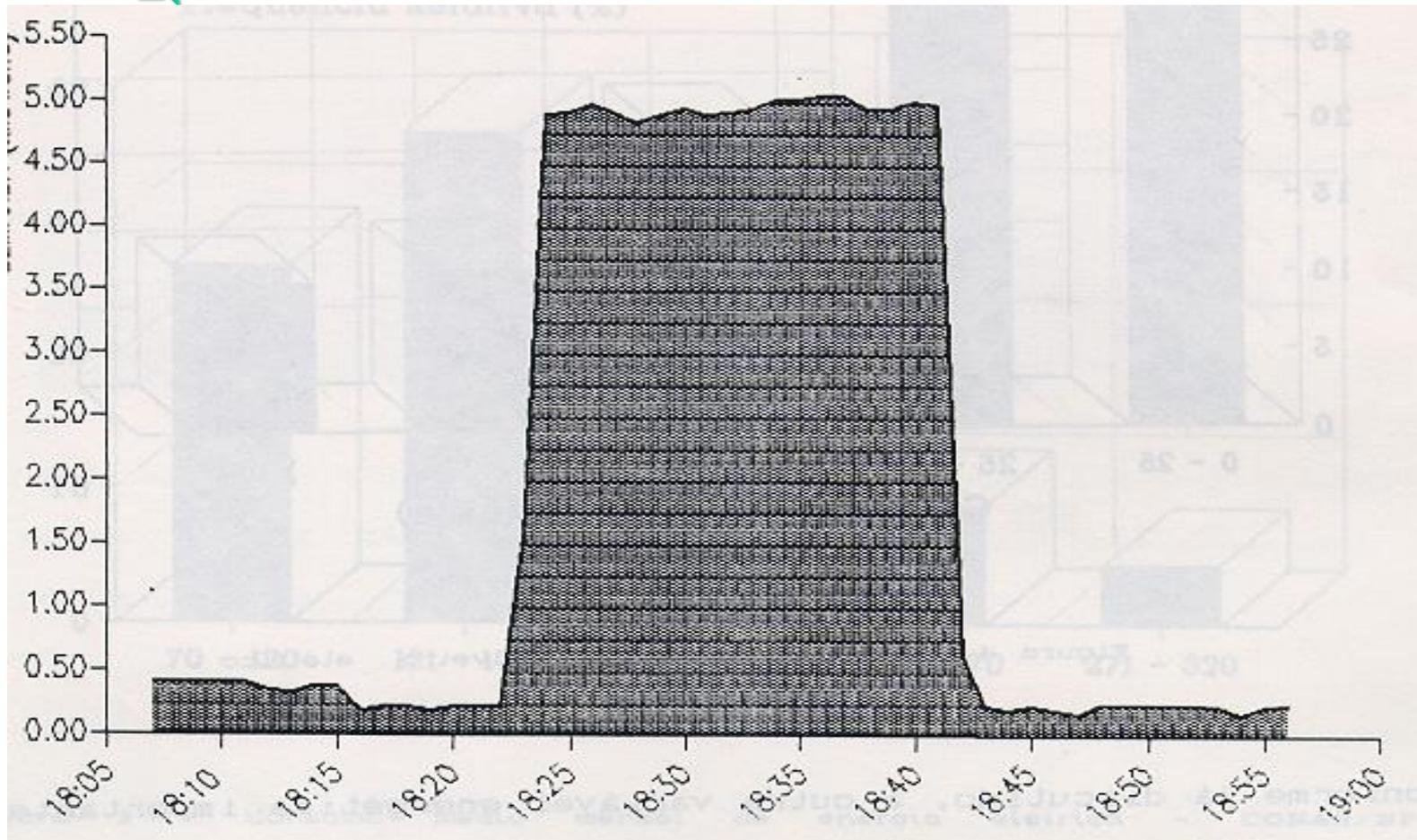
Prado (1988)



Pesquisas e arranjos Experimentais

Medição de consumo e demanda de energia em apartamentos

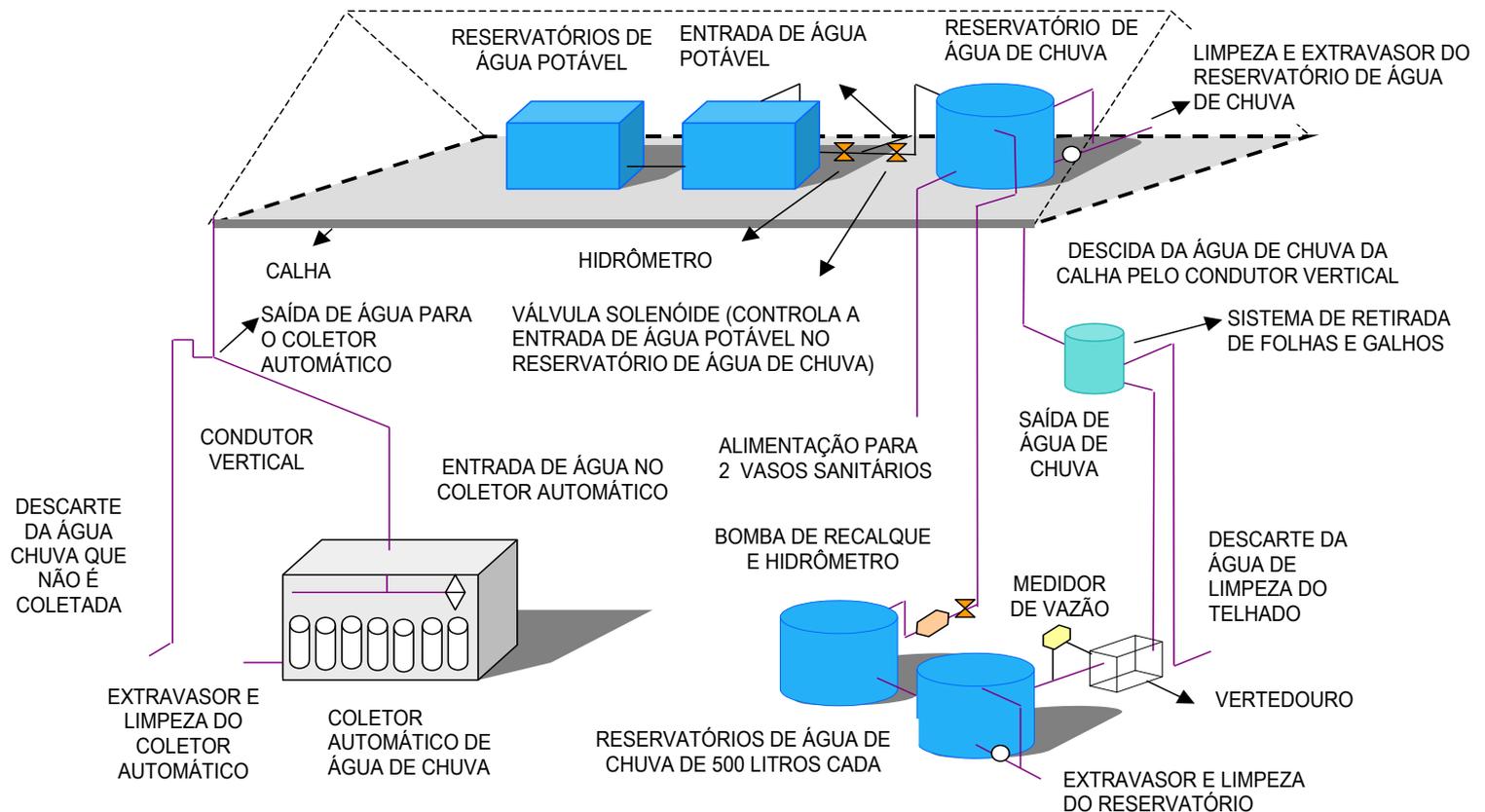
Demanda de chuveiro (W)



Tempo (hora:minuto)

Pesquisas e arranjos Experimentais

Sistema para coleta de águas pluviais



Pesquisas e arranjos Experimentais

Sistema para coleta de águas pluviais



May (2004)

Pesquisas e arranjos Experimentais

Pesquisas de Campo

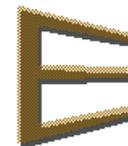
Dados Sociais



USP

QUESTIONÁRIO

Edifício Unifamiliar



Metodologia para Caracterização da Demanda Urbana de Consumo de Água no Setor Residencial.

Nome do entrevistado:

1. LOCALIZAÇÃO

1.1. Número do apartamento:

1.2. Complemento:

2. RENDA

2.1 Renda média mensal da família

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Até R\$ 400,00 | <input type="checkbox"/> Mais de R\$ 400,00 a R\$ 600,00 |
| <input type="checkbox"/> Mais de R\$ 600,00 a R\$ 1.000,00 | <input type="checkbox"/> Mais de R\$ 1.000,00 a R\$ 1.200,00 |
| <input type="checkbox"/> Mais de R\$ 1.200,00 a R\$ 1.600,00 | <input type="checkbox"/> Mais de R\$ 1.600,00 a R\$ 2.000,00 |
| <input type="checkbox"/> Mais de R\$ 2.000,00 a R\$ 3.000,00 | <input type="checkbox"/> Mais de R\$ 3.000,00 a R\$ 4.000,00 |
| <input type="checkbox"/> Mais de R\$ 4.000,00 a R\$ 6.000,00 | <input type="checkbox"/> Mais de R\$ 6.000,00 |

Sanchez (2007)

Pesquisas e arranjos Experimentais

Pesquisas de Campo

Dados Objeto



Sanchez (2007)

6. BACIAS SANITÁRIAS

Descrição	Unidades					
	1	2	3	4	5	6
6.1 Válvula de descarga (Hidra)						
6.2 Válvula de descarga com controlador de vazão						
6.3 Reservatório acoplado até 6 litros						
6.4 Reservatório acoplado até 12 litros						
6.5 Reservatório acoplado até 30 litros						

7. CHUVEIROS

Descrição	Unidades					
	1	2	3	4	5	6
7.1 Elétrico						
7.2 Misturador – aquecimento a gás por acumulação						
7.3 Misturador – aquecimento a gás por passagem						
7.4 Misturador – aquecimento elétrico por acumulação						

7.5 Se for chuveiro elétrico, qual a potência? *Exemplo: 5.000W*

8. COMPLEMENTARES

Descrição	Unidades					
	1	2	3	4	5	6
8.1 Banheiras						
8.2 Tanques de lavar roupa						
8.3 Máquinas de lavar roupa						
8.4 Máquinas de lavar louça						

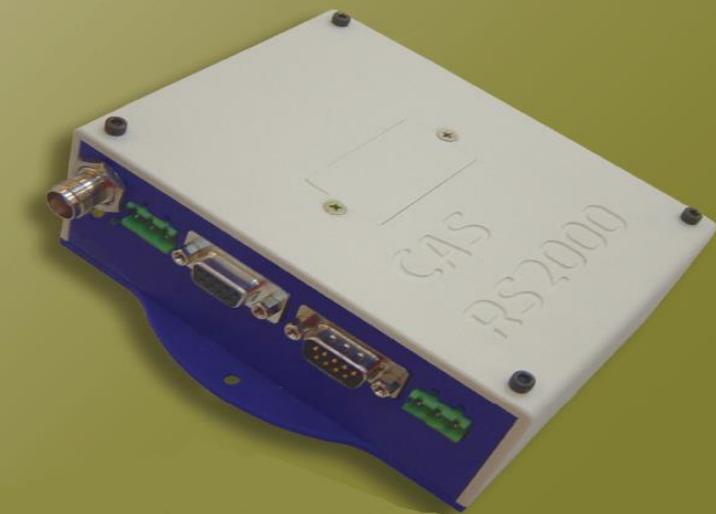
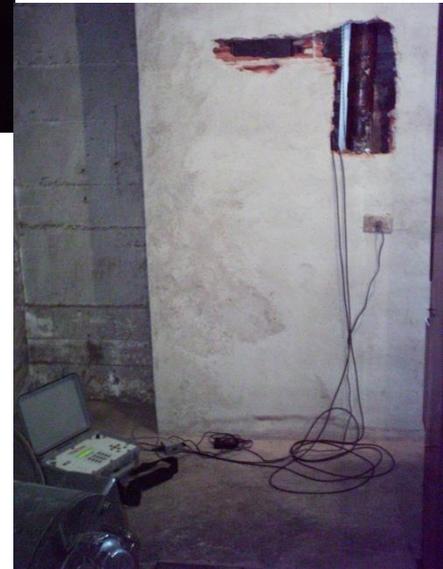
Pesquisas e arranjos Experimentais

Telemedição

← Hidrômetro



← Medidor Ultrassônico

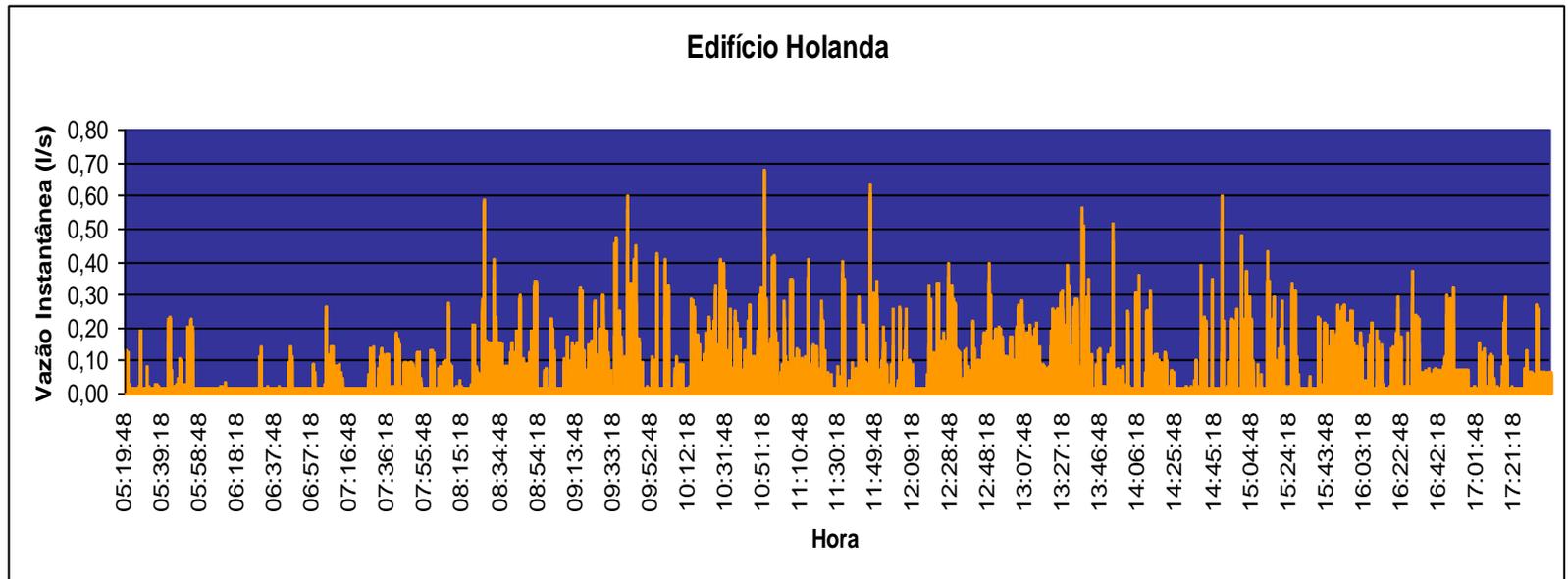


← Módulo Transmissor

Sanchez (2007)

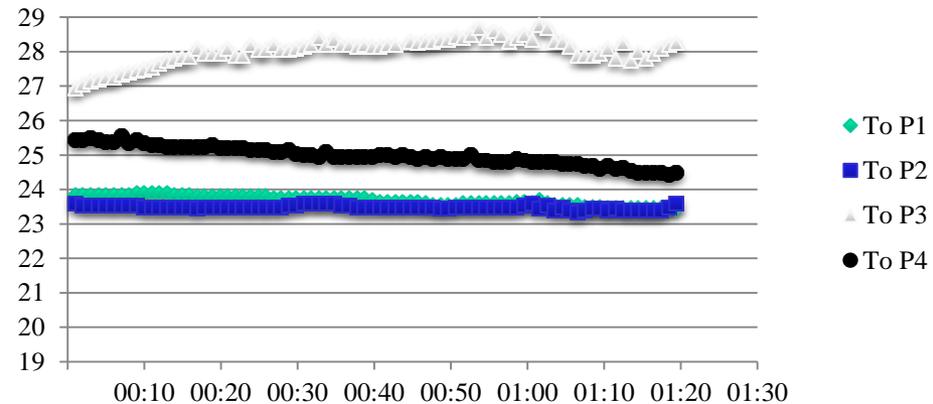
Pesquisas e arranjos Experimentais

Dados de sistemas de aquisição



Pesquisas e arranjos Experimentais

Medição de conforto térmico em edifícios de escritórios



Suzuki (2010)

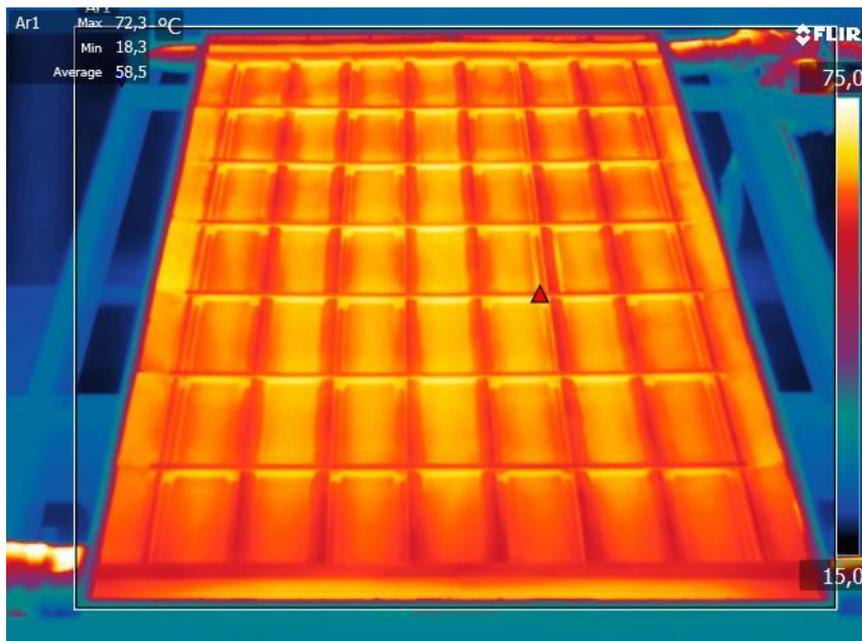
Pesquisas e arranjos Experimentais

Arranjo para pesquisa de desempenho de coletores solares



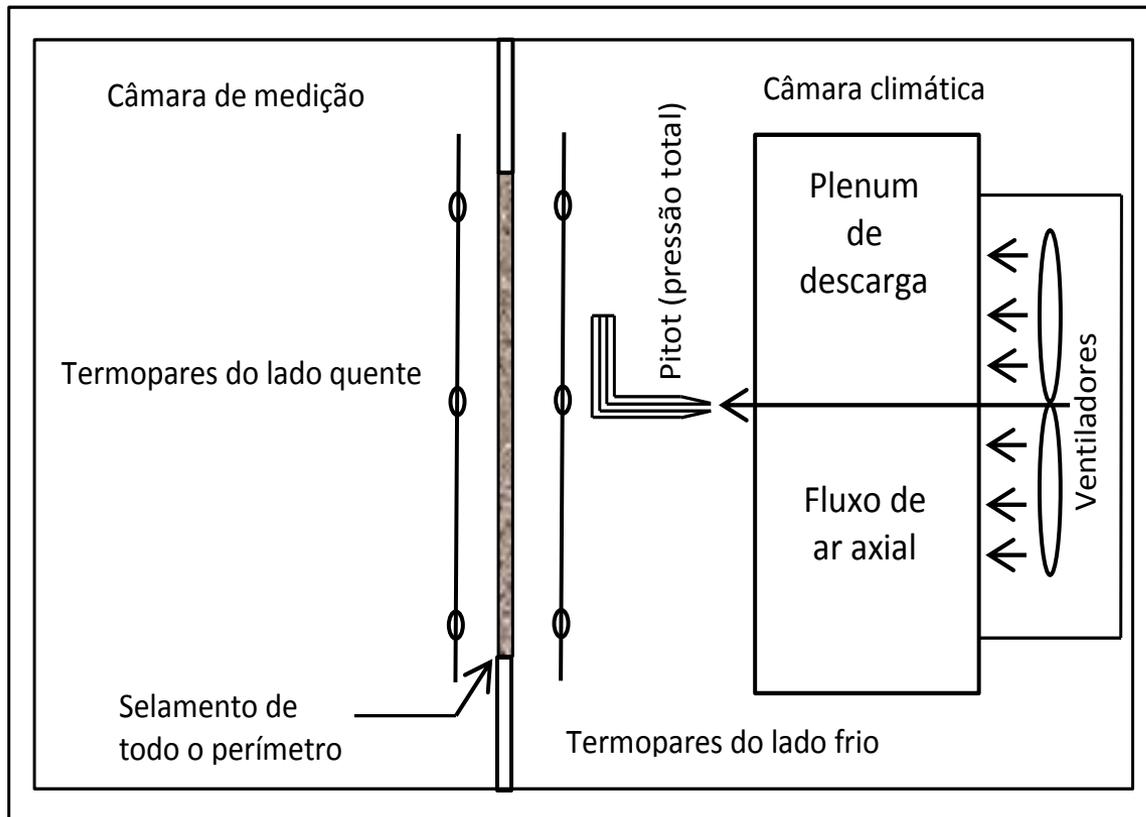
Pesquisas e arranjos Experimentais

Simulador solar



Pesquisas e arranjos Experimentais

Arranjo da Caixa Quente



Pesquisas e arranjos Experimentais

Bibliografia

- COFFIN, MICHAEL J. **Direct Digital Control for Building HVAC Systems**. Kluwer Academic Publishers, 2nd. ed., San Francisco, 1998.
- DOEBELIN, ERNEST O. **Measurement Systems**. McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo, 1976.
- FRADEN, JACOB. **Handbook of modern sensors – physics, designs, and applications**. American Institute of Physics, 2nd. ed., New York, 1997.
- SIGHIERI, LUCIANO; NISHINARI, AKIYOSHI. **Controle automático de processos industriais - Instrumentação**. Edgard Blücher, 2^a ed., São Paulo, 1990.
- Thomazini, A; Albuquerque, P U B. **Sensores Industriais – Fundamentos e aplicações**. Érica, São Paulo, 2005.
- Werneck, M M. **Transdutores e interfaces**. LTC, RJ, 1996.