



V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e  
II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

## **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS VOLTADO PARA O GERENCIAMENTO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES E/OU CONSERVAÇÃO DE ACERVOS**

**S Güths<sup>\*</sup>; C Paghi<sup>\*</sup>, F O R Pereira<sup>\*\*</sup>**

Universidade Federal de Santa Catarina

<sup>\*</sup> Departamento de Engenharia Mecânica

Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas de Materiais  
(LMPT)

<sup>\*\*</sup> Departamento de Arquitetura - Fone: (048) 331 9370

Laboratório de Conforto Ambiental (LABCON)

88040-900 Florianópolis/SC - Brasil

Fone: (048) 331 9851 Fax: (048) 234 1519

email: [saulo@lmpt.ufsc.br](mailto:saulo@lmpt.ufsc.br), [paghi@lmpt.ufsc.br](mailto:paghi@lmpt.ufsc.br), [feco@arq.ufsc.br](mailto:feco@arq.ufsc.br)

**RESUMO** Nesse trabalho será descrito um sistema de aquisição de dados, e seus sensores, voltado para o gerenciamento térmico de edificações e/ou conservação de acervos. O sistema é acoplado em um microcomputador PC, que pode ser utilizado paralelamente sem perda de rendimento, sendo que diferentes tipos de sensores podem ser conectados após condicionamento do sinal. Será dada ênfase nos transdutores de fluxo de calor, que auxiliam na medição da carga térmica da edificação, e no sensor de temperatura superficial, para detecção da condensação. O sistema comporta sensores de temperatura e umidade relativa do ar, utilizados na determinação do Índice de Preservação (IP) e do Índice do Efeito Tempo para Preservação (IETP), que são ferramentas úteis para análise de ambientes visando a conservação de acervos. O Índice de Preservação é apresentado como elemento de decisão de abertura/fechamento

de janelas com o objetivo de minimizar os custos com sistemas de condicionamento de ar.

**ABSTRACT** *This paper describes an acquisition data system, and its sensors, applicated to the thermal management from buildings and/or conservation access. The system is coupled in a microcomputer PC, that can parallel be used without loss of income, being that different types of sensors can be connected conditioning of the sign after. The Preservation Index (PI) and the Time-Weighted Preservation Index (TWPI) are calculated and registered in the hard disk of a computer PC, being able to be visualized remotely in real time. The system guides the open/ windows with the objective to minimize the costs with conditioning air systems. The measurement of the superficial temperature of the walls allows the system signals the occurrence of the condensation phenomenon, highly harmful for the collections. This would allow joining human comfort with adequate environment for the collections in tropical countries, with a minimum use of air conditioning system.*

## **1 Introdução**

A conservação de energia em edificações requer uma atuação em diferentes domínios e em diferentes etapas do projeto. Os códigos computacionais vêm se aprimorando, destacando-se como ferramentas úteis e necessárias para uma correta abordagem do problema.

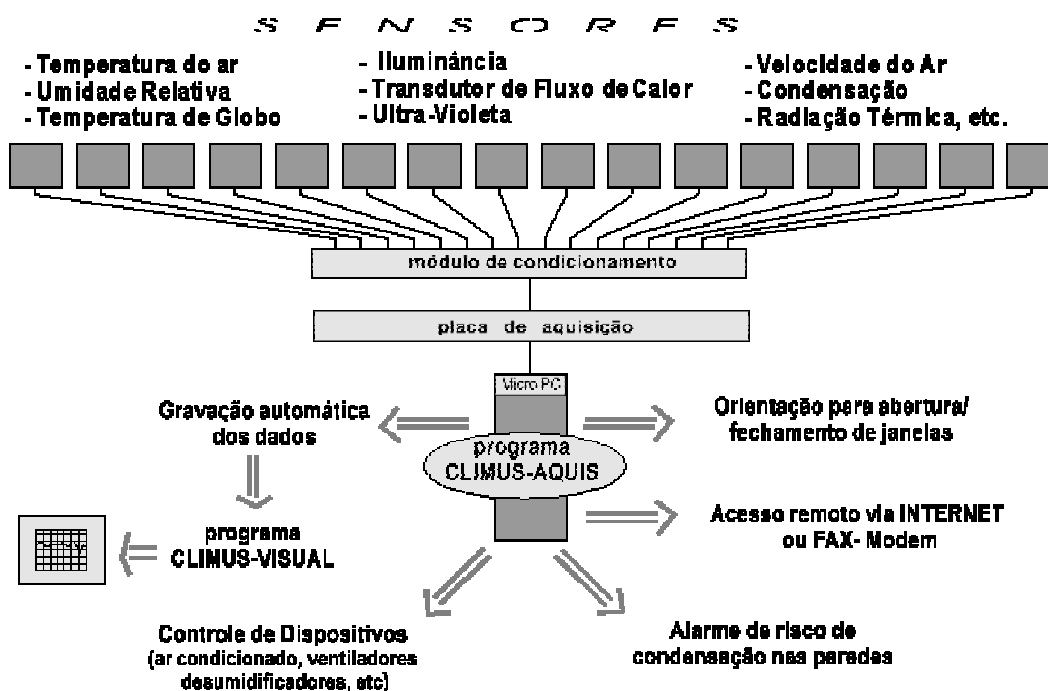
Contudo a experimentação, caracterizada pela medição dos parâmetros envolvidos, não perdeu importância - ao contrário - tem se tornado essencial para a validação dos códigos computacionais e para avaliação direta do comportamento das edificações. Nesse trabalho será apresentado um sistema de aquisição de dados, e seus sensores, voltado para a medição de parâmetros ligados ao comportamento térmico e lumínico de edificações. Serão apresentados com mais detalhes um novo transdutor de fluxo de calor desenvolvido em nossos laboratórios e um sensor de temperatura superficial usado para detectar (e prever) o fenômeno de condensação nas paredes, comum na região sul do país.

Esse equipamento está sendo igualmente utilizado na área de preservação de acervos (museus, arquivos, bibliotecas), como ferramenta de monitoramento das condições ambientais, apresentando com exclusividade o Índice de Preservação (IP), baseado nos trabalhos de Sebera (1994) e Reilly et al. (1995).

## 2 Descrição Geral do Dispositivo

O sistema de gerenciamento, denominado "CLIMUS", é baseado numa placa de aquisição de sinais conectada ao barramento ISA de um microcomputador PC ( $\geq 486$ ) e composto de um módulo de condicionamento de sinal para o padrão +5 - 5 DCV. A Fig. 1 mostra um esquema do dispositivo, destacando-se os diversos sensores que podem ser incorporados ao sistema. A fim de possibilitar a transmissão do sinal por grandes distâncias com um mínimo de perturbação, cada sensor tem seu sinal condicionado para o padrão 4-20 mA.

A cada 2 segundos o sistema realiza uma varredura dos sensores apresentando-os na tela na posição da planta baixa onde os mesmos estão localizados. Os valores são automaticamente registrados em um arquivo no disco rígido na forma "txt". Para facilitar a análise dos dados desenvolveu-se um software, baseado em macros do EXCEL, que permite a geração e impressão de gráficos de forma intuitiva.



**Fig.1 Esquema do sistema de monitoramento CLIMUS**

Ainda na Fig. 1 é mostrado as várias possibilidades de controle de dispositivos (ar condicionado, ventilação forçada, desumidificadores), assim como alarme de risco de condensação nas paredes com base nas informações do sensor descrito na seção seguinte.

Através da instalação de sensores de temperatura e umidade relativa externos, o programa pode orientar a abertura/fechamento de janelas, e/ou o insulflamento de ar externo, de maneira a aproveitar as condições externas favoráveis tanto do ponto de vista de conforto humano como para preservação de acervos. Caso o sistema esteja conectado em rede, ou por conexão FAX-MODEM, pode-se visualizar os dados adquiridos a distância, e em tempo real, através de um programa específico.

## **2 Descrição dos Sensores**

### **2.1 Sensores de temperatura e umidade relativa**

Os sensores de temperatura são termoresistências do tipo PT100 e os sensores de umidade relativa do tipo capacitivo. A precisão de medição é estimada em  $\pm 0,5$  K para a temperatura e  $\pm 3$  % para a umidade relativa. A Fig. 2 mostra o módulo de condicionamento de sinal e os sensores de temperatura e umidade relativa. A conexão é realizada por 1 par de fio para cada sensor.

### **2.2 Transdutor de fluxo de calor**

O transdutor de fluxo de calor é baseado em um novo conceito de medição: uma assimetria física desvia as linhas de fluxo gerando um gradiente de temperatura num plano tangencial ao plano de medição (Leclercq e Thery, 1986; Güths, 1994). O desvio das linhas de fluxo é causado pelo contato pontual entre a superfície superior e a parede auxiliar, segundo o esquema mostrado na Fig.3. As diferenças de temperaturas são medidas por termopares planares a eletrodos depositados ligados em série. Cada um dos termopares converte a diferença de temperatura em f.e.m Seebeck. A f.e.m produzida é diretamente proporcional ao fluxo de calor que atravessa o sensor. A utilização de técnicas de fotogravura facilita a fabricação de transdutores com grande superfície de medida. Tal característica é fundamental no estudo de trocas térmicas em edificações: o transdutor deve ter uma superfície de medida superior às não homogeneidades da superfície no qual ele está aplicado. A espessura reduzida, a alta sensibilidade e o baixo custo dessa técnica de fabricação o coloca numa posição privilegiada em comparação com os demais tipos de transdutores existentes.

### **2.3 Sensor de condensação**

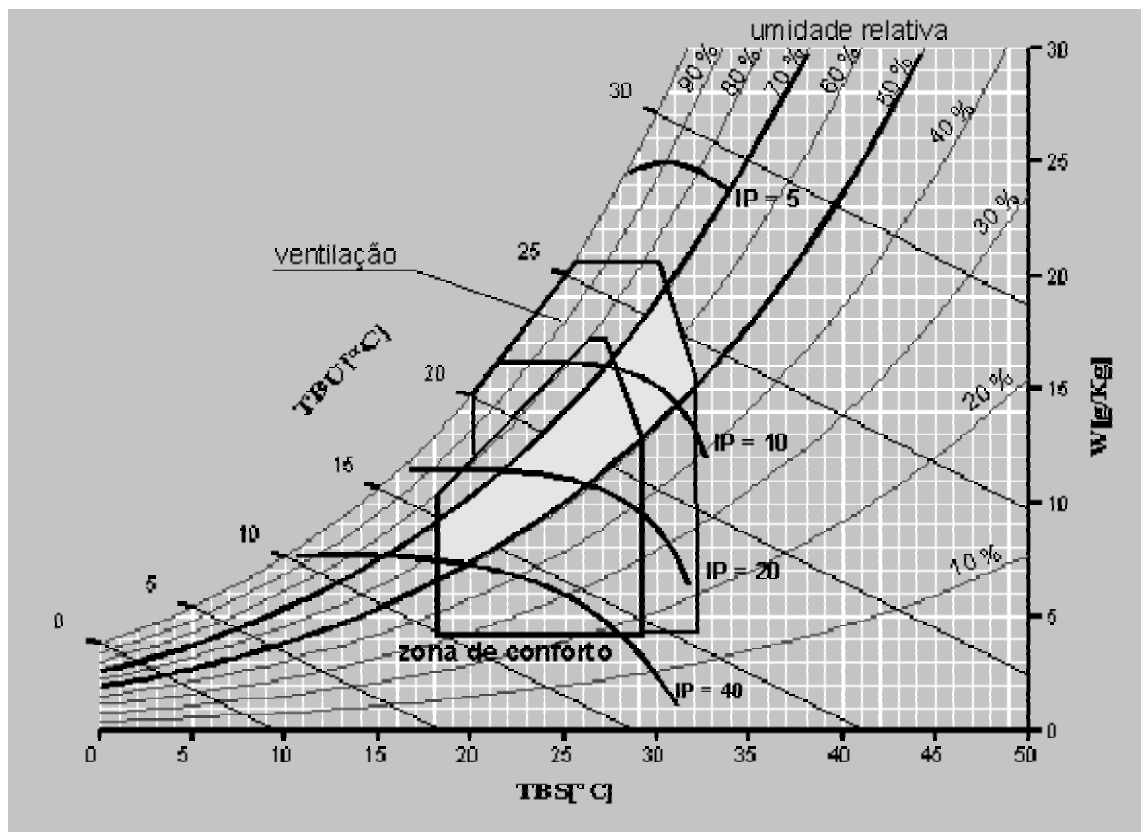
A ocorrência de condensação nas paredes contribui significativamente na deterioração da edificação e particularmente nos acervos. Esse fenômeno é comum nas regiões do sul do país, quando ocorre sucessão de frentes fria e quente: o ar quente e úmido condensa quando em contato com uma parede fria (com temperatura inferior à sua "temperatura de orvalho"). Para obter maior precisão mede-se através de termopares a diferença de temperatura

entre a superfície e o ar, além da própria temperatura e umidade relativa do ar. A Fig. 4 mostra um esquema do sensor. Os sensores de temperatura do ar são protegidos da radiação por um cilindro de baixa emissividade. Os sinais dos sensores são condicionados ao padrão 4-20 mA. O sistema CLIMUS avisa via sinal sonoro e visualização em tela a eminência de aparecimento desse fenômeno. O sistema ainda permite o acoplamento de relês para acionamento de um dispositivo de desumidificação e/ou sistema de reaquecimento no sistema de climatização.

### **3 Preservação de Acervos: Índice de Preservação (IP)**

Tanto a teoria básica quanto a prática concordam que a temperatura e a umidade relativa são os fatores primários que controlam as taxas de deterioração: decadência química, danos mecânicos e biodeterioração. A deterioração química é associada às reações de hidrólise e oxidação dos materiais orgânicos, que têm suas velocidades governadas pela temperatura e umidade relativa no ambiente de armazenamento.

Reilly et al. (1995), com base nos trabalhos de Sebera (1994), apresentaram um método absoluto que relaciona a deterioração química em função da temperatura e umidade relativa. Trata-se do Índice de Preservação (IP), expresso em anos, que fornece uma idéia geral de quanto tempo seria necessário para materiais orgânicos vulneráveis (tais como slides coloridos e aglutinantes de fitas magnéticas) tornarem-se muito deteriorados devido à oxidação e à hidrólise. A aplicação sobre a carta psicrométrica fornece as "iso-IP" conforme mostrado na Fig.5. A integração do IP ao longo do tempo fornece o IETP (Índice do Efeito Tempo para Preservação), ou seja, o IP médio.



**Fig. 5 Carta psicrométrica e "iso-IP" (em anos)**

O condicionamento do ambiente visando a preservação do acervo através de ventilação natural e/ou forçada pode ainda estar ligado a critérios de conforto dos ocupantes. A Fig.5 mostra uma carta psicrométrica onde estão assinaladas as regiões de conforto humano com e sem ventilação (Lamberts et al., 1998) e a região de interseção com umidades relativas de 50 a 70 % (caso seja consideradas adequadas para preservação do acervo).

#### **4 Orientação de Abertura/Fechamento de Janelas**

Um sistema CLIMUS com 6 sensores de temperatura e umidade relativa (sendo 1 exterior), e ainda 2 sensores superficiais foi instalado no Museu Cruz e Souza de Florianópolis. Visando minimizar o consumo com condicionamento de ar, definiu-se como critério de decisão sobre a abertura/fechamento os Índices de Preservação (IP) internos e externos. Caso as condições externas estejam mais favoráveis que as internas (maior IP), o sistema orienta através de visualização na tela e sinal sonoro o(s) ambiente(s) no qual as janelas devem ser abertas. A Fig.6 mostra a tela do computador, com os valores de temperatura, umidade relativa, IP e IETP. Pode-se verificar que as somente para as janelas da ala superior esquerda

está sendo sugerida abertura, devido ao IP inferior ao valor do exterior. Ainda nessa figura, pode-se observar o aviso de risco de condensação na parede sul (alto da tela)



**Fig. 6 Orientação de abertura / fechamento de janelas**

## 5 Conclusões

O sistema CLIMUS tem se mostrado uma ferramenta importante para o gerenciamento térmico de edificações. O sistema alia versatilidade e confiabilidade de uma base PC, possibilitando a expansão do número e tipo de sensores, além do controle de dispositivos. A medição da temperatura superficial das paredes permitiu prever o aparecimento do fenômeno de condensação, comum na região sul do Brasil. A incorporação de relês ao sistema CLIMUS permite o controle automático de desumidificadores.

O transdutor de fluxo de calor tem se mostrado extremamente eficiente na determinação da carga térmica de edificações e no levantamento experimental de parâmetros ligados à conservação de energia (coeficiente de troca de calor por convecção, resistência térmica de paredes, fluxo de calor radiante, etc). O cálculo do Índice de Preservação (IP) e do Índice do Efeito Tempo para Preservação (IETP) coloca-o na vanguarda na área de

preservação de acervos. A implementação do apoio na decisão de abertura/fechamento das janelas (ou insulflamento de ar) através do Índice de Preservação tem permitido economia de energia em edificações abrigando acervos. A utilização de critérios de conforto humano propiciaria economia de energia em edificações normais.

## **6 Referências Bibliográficas**

Güths, S. (1994) Anémomètre a Effet Peltier et Fluxmètre Thermique: Conception et Réalisation. Application à l'Etude de la Convection Naturelle. Thèse de Doctorat, Université d'Artois, França.

Lamberts, R.; Dutra, L. e Pereira, F.O.R (1997): *Eficiência Energética na Arquitetura*, PW Editores, São Paulo.

Leclercq, D. e Thery, P. (1986): Three Dimensional Thermoelectric Coupling in Bimetallic Printed Circuit. Application for Designing New Heat Flow Sensors". Workshop on Heat Flow Measurement, Budapest.

Reilly, J.M.; Nishimura, D.W. e Zinn, E. (1995): *New Tools for Preservation - Assessing Long-Term Environmental Effects on Library and Archives Collection*", Publicado pela Commission on Preservation and Access.

Sebera, D.K. (1994): *Isoperms: An Environmental Management Tool*, Publicado pela Commission on Preservation and Access.