

IMPLEMENTAÇÃO DE UM LABORATÓRIO BÁSICO PARA O ENSAIO DE DESEMPENHO DE EQUIPAMENTOS DE VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO

Marcio Nunes – mnunes@ipt.br

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
Laboratório de Vazão – Divisão de Mecânica e Eletricidade
Cidade Universitária – Butantã – São Paulo- SP - CEP 05508-901

***Resumo.** Este trabalho discorre sobre aspectos técnicos de grande utilidade na implantação de um laboratório de avaliação de dispositivos para ar condicionado, no que se refere à movimentação do ar. Apresenta aspectos construtivos de uma câmara de bocais para a medição da vazão de ar, sua normalização e instrumentação necessária.*

***Palavras-chave:** Câmara de bocais, Bocais, Vazão de ar*

1. INTRODUÇÃO

A crescente procura por melhores condições de qualidade dos produtos de um modo geral vem obrigar os fabricantes a investirem em soluções que, até cerca de dez anos atrás, não eram cogitadas devido às dificuldades de implantação. As soluções mais importantes procuradas pelos fabricantes visam melhorar o desempenho dos diversos equipamentos utilizados nos sistemas de ventilação e ar condicionado, ao menor custo possível. O objetivo destas soluções visa, em primeiro lugar, permitir aos fabricantes conhecerem melhor seus produtos. É comum encontrarem-se casos em que as especificações técnicas dos equipamentos não condizem com aquelas escritas em seus respectivos catálogos.

Outra necessidade refere-se à implementação de modificações nos produtos. Há quase sempre a possibilidade de introduzir melhorias ou modificações que tornem os produtos mais eficientes ou com maior capacidade, evitando deste modo o desenvolvimento de um novo produto. Acrescenta-se o fato de que, no mundo competitivo em que vivemos, é muito importante o conhecimento do desempenho dos equipamentos similares existentes no mercado, a fim de, entre outras atitudes, poder quantificar a produção de um determinado item a fim de manter um estoque mínimo.

A adequação dos produtos às normas técnicas é hoje uma preocupação crescente. O mundo globalizado exige que um determinado item obedeça a critérios conhecidos e que sejam facilmente identificáveis pelos projetistas, de modo a permitir o seu livre trânsito no comércio.

A redução dos custos de produção também é um fator importante no mercado globalizado. Ao fabricante é conveniente saber se é possível substituir um determinado

componente de um produto por outro de menor custo, de modo que esta substituição não venha a afetar o desempenho do mesmo e nem tampouco venha a baixar a qualidade original.

A finalidade deste artigo é oferecer ao empreendedor os requisitos básicos para a implantação de um laboratório de testes de desempenho de seus equipamentos, aplicados a sistemas de ventilação e ar condicionado, no que se refere à medição do fluxo de ar através deles. Ao mesmo tempo em que é privilegiada a qualidade deste laboratório, houve a preocupação com o custo da implantação e de manutenção. O alto grau de endividamento de muitas empresas atualmente inviabilizaria qualquer investimento em desenvolvimento ou melhorias dos produtos. Todavia, a proposta apresentada neste artigo oferece uma solução de baixo custo em se tratando de um laboratório de medição de vazão e de velocidade de ar.

Um ponto importante a ser considerado refere-se à crescente oferta e, conseqüentemente, o barateamento dos sistemas de aquisição de dados computacionais ao longo dos anos. Este fato torna acessível à maioria das empresas equipamentos que antes só eram adquiridos pelas grandes companhias. A automatização permitiu também que técnicos de nível médio passassem a operar sistemas que antes só eram utilizados por engenheiros especializados.

2. O LABORATÓRIO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

O objetivo é fazer com que a vazão de ar que passa por um dado componente de um sistema seja conhecida pelo fabricante ou usuário. Por exemplo, itens como caixas de volume de ar variável (VAV), grelhas, insufladores, dutos, etc, poderão ter suas características de operação conhecidas facilmente. Para as caixas VAV, é possível o levantamento das vazões mínima e máxima, assim como os fatores de ajuste (também conhecidos como “constantes”) das mesmas. Tais fatores servirão para alimentar o programa dos controladores eletrônicos automáticos de regulação da vazão de ar. Na hipótese de ser implementada uma alteração na tela perfurada utilizada como absorvedor de ruído, poderão ser levantados os novos fatores de ajuste.

Também é possível o levantamento das curvas de vazão x perda de carga em elementos passivos, tais como grelhas e insufladores.

3. A CÂMARA DE BOCAIS

A câmara de bocais é o principal componente deste sistema. Sua finalidade é permitir a medição com razoável precisão das vazões de ar que passa pelos equipamentos, numa faixa muito ampla e com grande simplicidade de operação. Ela é composta internamente de uma série de bocais normalizados que são abertos ou fechados, dependendo da faixa de vazões pretendida. O esquema interno de tal aparelho é mostrado na figura 1 a seguir.

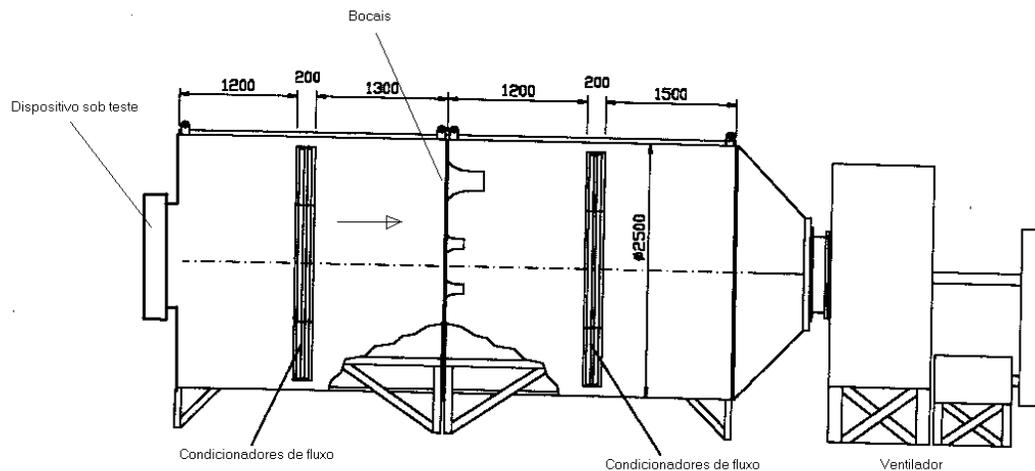


Figura 1 – Esquema típico de uma câmara de bocais

Trata-se de uma caixa em que existe uma parede divisória onde são montados os bocais. Esta caixa, que pode ser cilíndrica ou retangular, possui dimensões que dependem do tamanho e da quantidade de bocais. A figura 1 ilustra a câmara de seção circular de diâmetro 2,5 m, construída e instalada no Laboratório de Vazão do IPT para testes de ventiladores e equipamentos para ventilação e ar condicionado.

A câmara é normalizada por várias especificações técnicas, dentre as quais as mais conhecidas são a **ASHRAE 51 / AMCA 210 – Laboratory Methods of Testing Fans for Rating**, e a norma **ISO 5801 – Industrial Fans – Performance Testing Using Standardized Airways**.

Na prática, tratam-se de normas de ensaios de desempenho de ventiladores. Porém, embora a finalidade seja outra, elas são uma boa referência para a construção de uma câmara de bocais normalizada.

3.1 Princípio de funcionamento

A câmara funciona pelo princípio da associação da pressão diferencial presente nos bocais ao coeficiente de descarga dos mesmos, de modo a permitir o cálculo da vazão por meio da seguinte expressão reduzida:

$$Q = C_d \times k \times \sqrt{\Delta P} \quad (1)$$

onde:

- Q vazão de ar, em m^3/h
 C_d Coeficiente de descarga, adimensional
 ΔP Pressão diferencial, em Pa
 k Fator de ajuste

O fator de ajuste k depende das condições de pressão e temperatura ambientais, da umidade relativa do ar, da quantidade e do diâmetro da garganta dos bocais. Também leva em consideração a compatibilidade das unidades dos parâmetros. Maiores detalhes para os cálculos podem ser obtidos nas normas citadas.

3.2 Bocais

Os bocais são as principais peças do equipamento. Os bocais utilizados são normalizados pela norma ISA 1932, e possuem uma geometria conforme está ilustrada na figura 2 a seguir, onde é apresentado um bocal de diâmetro 100 mm. Possuem uma parte cilíndrica, denominada garganta, e uma parte com perfil elíptico. A definição das coordenadas do perfil são feitas segundo uma relação entre o comprimento da parte cilíndrica (L) e o próprio diâmetro (D) da garganta. Os bocais mais comuns possuem relação $L/D = 0,6$, embora também sejam encontrados bocais com $L/D = 0,5$.

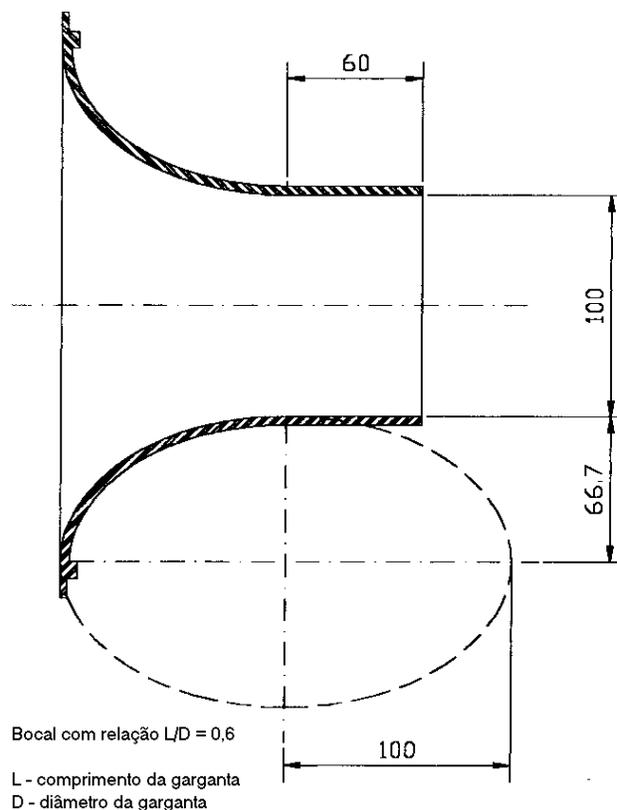


Figura 2 – Esquema de um bocal subsônico ISA 1932 de diâmetro 100 mm.

As normas não especificam qual a quantidade de bocais que a câmara pode possuir. Teoricamente, o número de bocais pode ser infinito, pois a medição da pressão diferencial é feita em todos de forma simultânea. Porém, na prática, o número de bocais é limitado pelo espaço físico disponível para a instalação da câmara e também é uma função da máxima vazão desejável. Outra característica deste sistema de medição de vazão refere-se ao diâmetro da garganta dos bocais: não há necessidade dos bocais serem todos iguais.

A construção dos bocais é parte mais crítica. O perfil elíptico da parte curva dos mesmos deve ser obtido com razoável precisão, a fim de que as condições especificadas sejam atendidas.

Há várias maneiras de construir os bocais. Eles podem ser feitos de alumínio fundido, alumínio repuxado ou modelados em fibra de vidro. A foto 1 a seguir mostra dois bocais feitos de alumínio fundido, num estágio intermediário de acabamento.

Na hipótese dos bocais serem fundidos, há necessidade de usinar a parte interna dos mesmos, de modo a garantir as coordenadas do perfil elíptico. Já os bocais feitos de alumínio repuxado ou fibra de vidro necessitam de um modelo que seja usinado com precisão. Em todos os casos o acabamento superficial interno deve ser liso e sem qualquer presença de ondulações.



Foto 1 – Bocais fundidos em alumínio, aguardando usinagem.

A espessura da parede dos bocais não é crítica, porém devem ser evitadas espessuras muito finas, pois conferem baixa resistência mecânica, ou espessuras muito grossas, que acabam elevando desnecessariamente o peso do conjunto dos bocais.

A fixação dos bocais à parede central também um ponto importante a ser observado, pois a presença de saliências na entrada do ar poderá causar erros na determinação da vazão. A foto 2 mostrar como deve ser o alinhamento da superfície de entrada dos bocais com a parede.

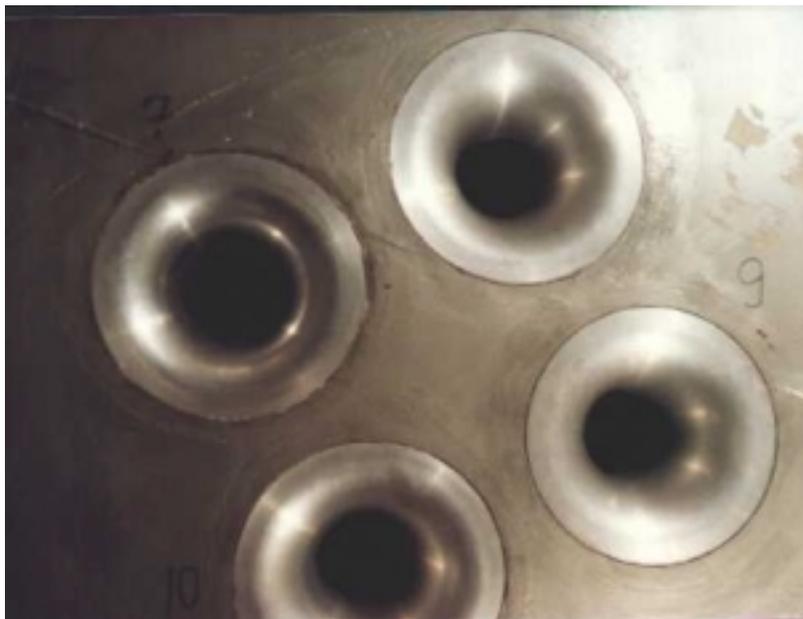


Foto 2 – Aspecto da concordância das superfícies de entrada dos bocais e da parede.

3.3 Anéis piezométricos

Os anéis piezométricos têm por finalidade ler a pressão no interior da câmara, em determinados pontos. Há necessidade de pelo menos dois anéis, um para cada lado da parede dos bocais. Devem de preferência ser construídos com tubos de cobre e possuir várias tomadas internas de pressão. A foto 3 mostra um exemplo da instalação de um anel piezométrico no interior de uma câmara de bocais.

Na foto 3 pode-se notar o tubo de cobre na posição vertical conectado à tomada de pressão, a qual encontra-se montada em um pedaço retangular de madeira (na cor azul, na foto). No centro deste pedaço de madeira há um furo cilíndrico de cerca de 4 mm de diâmetro.

No interior da câmara devem ser colocadas várias tomadas de pressão a fim de obter uma leitura correta. É comum a instalação de seis ou oito tomadas em cada anel piezométrico.



Foto 3 – Anel piezométrico típico no interior de uma câmara de bocais

3.4 Ventilador

A câmara de bocais necessita de um ventilador para fazer a movimentação do ar e também para reduzir a perda de carga do sistema. Logo, a escolha do ventilador é um item bastante importante neste caso. Em primeiro lugar, é necessário decidir se o ventilador irá soprar para o interior da câmara ou irá aspirar a partir dela. No primeiro caso, o ventilador estará aspirando a partir do ar ambiente e recalçando-o para dentro da câmara. Neste caso, os dispositivos a serem testados receberão ar e o jogarão no ambiente. É o caso por exemplo do ensaio de insufladores e distribuidores de ar.

Já o caso em que o ventilador aspira a partir da câmara, como é o caso mostrado na figura 1, os dispositivos sob teste deverão estar situados na parede oposta, e o ar irá entrar na câmara a partir do ambiente externo.

4. INSTRUMENTAÇÃO

A instrumentação necessária para a leitura dos parâmetros necessários à obtenção dos valores de vazão e pressão de ar pode variar de acordo com o investimento despendido. São necessários instrumentos para a medição das pressões estáticas e atmosféricas, temperaturas e umidade do ar ambiente.

4.1 Pressão atmosférica

É necessária a aquisição de um barômetro de coluna de mercúrio ou do tipo aneróide, para a medição da pressão atmosférica. Este parâmetro entra nos cálculos para a determinação da massa específica do ar atmosférico. Os instrumentos disponíveis no mercado servem perfeitamente para a finalidade. É conveniente evitar a aquisição de barômetros de custo muito baixo, pois em geral tendem a introduzir erros muito grandes.

4.2 Pressão estática

A medição da pressão estática no interior da câmara pode ser feita por manômetros de coluna de líquido ou por transdutores eletrônicos de pressão. Devem ser evitados os manômetros do tipo Bourdon neste caso. Embora mais caros, os transdutores são mais precisos que os manômetros de coluna inclinada, além de suportarem sobrecarga nas leituras. Além disso, podem ser conectados a um sistema de aquisição de dados *real-time* para leituras instantâneas e em maior frequência, permitindo a redução dos custos de ensaio.

São necessários pelo menos dois manômetros (ou transdutores): um do tipo diferencial para a leitura das pressões estáticas diferenciais nos bocais, e outro para a leitura das pressões na câmara de testes. Um terceiro manômetro deve ser utilizado para a leitura da pressão estática na entrada dos bocais, mas em muitos casos pode ser utilizado o mesmo valor medido na seção de testes da câmara.

A escolha destes instrumentos está relacionada com a faixa de operação. No caso de câmaras de bocais, a pressão diferencial nos bocais não deve ir além de 1,5 kPa, e as pressões estáticas não ultrapassam 5,0 kPa.

4.3 Temperatura

A temperatura do ar atmosférico pode ser medida sem problemas por vários tipos e modelos de termo-elementos. Podem ser utilizados desde termômetros de coluna de mercúrio, até sensores do tipo Pt 100, que são sensores de platina de alta estabilidade. Os termômetros eletrônicos podem ser acoplados a um sistema de aquisição de dados.

4.4 Umidade

Os psicômetros mais comumente utilizado são do tipo Assmann, que são aqueles que utilizam o princípio da saturação adiabática (*T_{bs}* – temperatura de bulbo seco, e *T_{bu}* – temperatura de bulbo úmido). Possuem dois termo-elementos para realizar a medição, que podem ser termômetros de mercúrio ou termo-sensores do tipo Pt 100. Há ainda os psicômetros do tipo eletrônico com sensor capacitivo, e aqueles mais simples, do tipo mecânico com de crina de cavalo.

4.5 Sistema de aquisição de dados

A montagem de um sistema de aquisição eletrônico de dados é extremamente simplificada nos dias de hoje. Basta a inserção de uma placa de aquisição analógico-digital de oito canais num micro-computador, placa esta facilmente encontrada no nosso mercado, e

um programa de aquisição para executar o interfaceamento. Na entrada deste sistema podem ser acoplados quaisquer instrumentos que possuam saída analógica de 0 a 5V ou de 0 a 10V.

A aquisição eletrônica computadorizada de dados permite a realização mais rápida e mais confiável dos ensaios no laboratório, já que elimina a interferência humana. Desta forma, os dados são adquiridos instantânea e simultaneamente, permitindo leituras rápidas e em maior frequência, o que permite a realização de maior quantidade de testes num mesmo espaço de tempo, reduzindo os custos. Ademais, pelo fato de se utilizar micro-computadores do tipo IBM-PC compatíveis, o tratamento dos dados pode ser feito em planilhas eletrônicas comuns, facilmente dominadas por técnicos de nível médio.

4.6 Calibração dos instrumentos

A realização de uma medição correta começa na utilização de instrumentos de boa qualidade e calibrados. Um bom instrumento é aquele que possui boa repetibilidade, devendo neste caso ser calibrado para garantir os valores medidos.

As calibrações podem ser feitas periodicamente, contra padrões rastreados a laboratórios de referência, para que possam ser emitidos certificados de calibração válidos. Alguns instrumentos requerem ser calibrados com mais frequência que outros, como é o caso por exemplo dos higrômetros de crina de cavalo, que devem ser calibrados de preferência duas vezes por ano.

REFERÊNCIAS

AMCA 210 – ASHRAE 51, Laboratory methods of testing fans for rating, 1991, Air Movement and Control Association, IL, USA.

ISO 5801, Industrial fans – performance testing using standardized airways, 1996, International Standards Association, Switzerland.