

# 1

## Introdução

### 1.1

#### Testes de motores

Os motores veiculares podem ser testados em laboratórios de ensaio e pesquisa de duas formas: montados nos próprios veículos ou dispostos em bancadas. A primeira forma exige laboratórios amplos onde os pneus do veículo são colocados sobre os rolos de um dinamômetro de chassis, simulando, assim, as condições de carga e trânsito que os veículos enfrentam no uso cotidiano. Os dinamômetros de chassis são equipamentos caros, cuja repetibilidade nos testes dependem do modo de dirigir o veículo, no entanto, são os mais indicados e utilizados para testes de emissões nos quais as acelerações e desacelerações têm de ser analisadas e controladas. A outra forma, de custo mais baixo e boa repetibilidade na obtenção dos dados, é com o motor montado em um dinamômetro de bancada, que impõe as condições de carga e rotação diretamente no eixo do motor, Martyn & Plint [1].

As instalações das salas de testes de motores de combustão variam consideravelmente em função dos limites de potência, torque e rotação dos motores a serem avaliados; também existem salas projetadas para interesses específicos, tais como: testes de produção, estudo de ruído do motor, óleos lubrificantes, emissões de escape, certificação, etc. Segundo Martyn & Plint [1], o objetivo comum dessas salas de ensaio é obter dados que serão utilizados para identificar, modificar, homologar ou desenvolver critérios para avaliação do desempenho de todo ou parte do motor testado. No entanto, os dados de desempenho do motor de combustão testado em um dinamômetro de bancada dependem fortemente das condições atmosféricas do ar admitido pelo motor e do ar na sala de ensaio. Para avaliar os dados obtidos nos testes precisam-se utilizar métodos de ensaio padrão para considerar e corrigir as variações das condições dos fluidos envolvidos no funcionamento do motor, tais como o ar de admissão, óleo lubrificante, líquido de arrefecimento, entre outros.

Dentro deste contexto, tem-se desenvolvido diferentes sistemas auxiliares de condicionamento que são responsáveis pelo controle das condições desses

fluidos durante o funcionamento do motor, oferecendo os seguintes benefícios:

- simulação de condições extremas em bancadas de ensaio;
- fácil integração com o sistema de automação para a execução de testes;
- boa repetibilidade na obtenção de dados.

A Figura 1.1 mostra uma configuração típica de uma sala de testes com um motor montado em um dinamômetro de bancada com seus principais componentes.

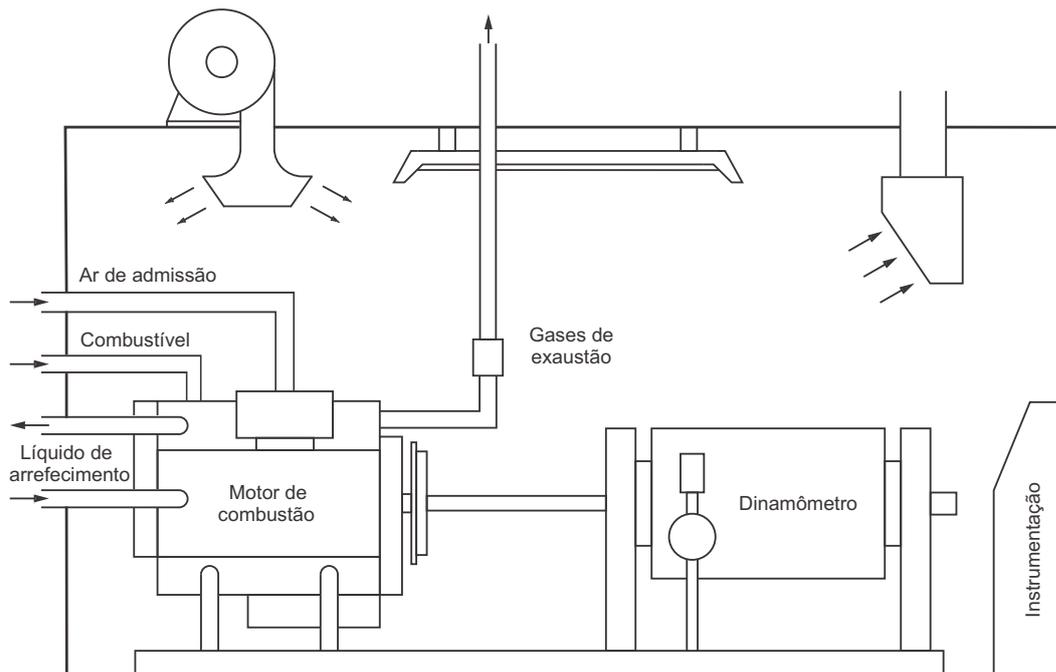


Figura 1.1: Diagrama esquemático de uma sala de testes de motores, mostrado por Martyr & Plint [1].

O presente trabalho está focado no sistema de condicionamento do ar de admissão devido ao efeitos significativos no desempenho do motor [2], dos quais podem-se mencionar os seguintes:

- o torque do motor aumenta em aproximadamente 0,12% quando a pressão do ar de admissão aumenta em 1 hPa;
- a potência do motor diminui em aproximadamente 0,5% com o aumento da temperatura do ar de admissão em 1°C;
- o teor de umidade no ar de admissão tem influência nas emissões, principalmente de  $\text{NO}_x$ .

Pelos motivos mencionados acima, o condicionamento do ar de combustão tem uma importância chave na realização de testes quando o ensaio é realizado sob condições-padrão de referência baseadas em normas técnicas.

Para testes de desenvolvimento e pesquisa o ar de combustão deve ser fornecido com um mínimo grau de poluição e a condições controladas de pressão, temperatura e umidade.

Nos testes de produção em série (não de emissões) variações nas condições do ar de admissão não são particularmente importantes, mas os dados registrados nos documentos de ensaios devem ser corrigidos para condições-padrão [1].

## 1.2

### Objetivos do trabalho

A presente dissertação tem como objetivo principal o desenvolvimento de um modelo de simulação do sistema de condicionamento do ar de admissão de motores, a fim de permitir a realização de ensaios sob condições-padrão de referência através do controle da temperatura e umidade do ar, baseado na norma NBR ISO 1585 [3].

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- estabelecer os parâmetros e condições de trabalho do sistema de condicionamento, bem como os limites de operação das variáveis de controle;
- projetar e dimensionar os equipamentos do sistema condicionamento de ar de admissão;
- implementar o modelo dinâmico do condicionador de ar projetado utilizando o software comercial EES e suas propriedades termodinâmicas dos fluidos;
- projetar o sistema de controle, baseado em controladores PID utilizando o MATLAB. Avaliar dois esquemas de sintonização dos controladores PID: o método clássico de Ziegler-Nichols e utilizando um sistema fuzzy supervisorio;
- simular o sistema de condicionamento de ar em malha fechada através de uma comunicação entre as equações da modelagem termodinâmica e os algoritmos de controle PID, estabelecida entre o EES e o MATLAB;
- validar o modelo de simulação do condicionador projetado utilizando dados experimentais das condições do ar de combustão de um motor Diesel testado sob o ciclo de ensaios dos 13 modos em regime estacionário para certificação de emissões.

### 1.3

#### Organização da dissertação

Este capítulo apresentou como foco de estudo o sistema de condicionamento do ar de admissão para testes de motores bem como os objetivos e abordagem geral da dissertação.

No Capítulo 2, os conceitos fundamentais dos processos de condicionamento do ar e suas principais propriedades são resumidas. As condições-padrão de referência do ar de combustão para realização de testes de motores são descritas. Também apresenta-se uma revisão da classificação dos controladores utilizados nos sistemas de condicionamento de ar, assim como as novas técnicas de controle por inteligência computacional.

No Capítulo 3, uma análise detalhada para o desenvolvimento do projeto do condicionador e as condições de operação são discutidas. Faz-se o dimensionamento e seleção dos principais equipamentos do condicionador. Justifica-se também a aplicação de um sistema fuzzy no sistema de controle PID da unidade de condicionamento do ar de admissão.

No Capítulo 4, é desenvolvida a modelagem matemática do condicionador. Cada componente do sistema é analisado e são obtidas as equações dinâmicas que regem seu comportamento. O desenho do sistema de controle é apresentado e utilizado para implementar o código de simulação.

No Capítulo 5, são apresentados os parâmetros e dados experimentais utilizados na simulação do condicionador projetado. É realizado, também, um estudo e avaliação dos resultados obtidos baseado em dois esquemas de controle: 1) o sistema de controladores PID e 2) o sistema de controle supervisão fuzzy PID.

No Capítulo 6, conclusões e análises quanto aos resultados são descritas. Finalmente, são propostas sugestões para trabalhos futuros.