

3

Aparato Experimental

Todas as experiências foram realizadas na bancada de testes localizada no Laboratório de Engenharia Veicular (LEV) da PUC - Rio.

A seguir, na Figura 3.1, ilustra-se o arranjo experimental montado para a realização dos ensaios e aquisição de dados experimentais. Também estão representados, além das grandezas básicas de funcionamento e desempenho medidos por diferentes instrumentos, os pontos onde se tomaram as demais medidas necessárias na avaliação do teste.

Posteriormente, serão detalhados os equipamentos de medição e controle, acompanhados por uma série de figuras que facilitarão um melhor entendimento dos diferentes ensaios.

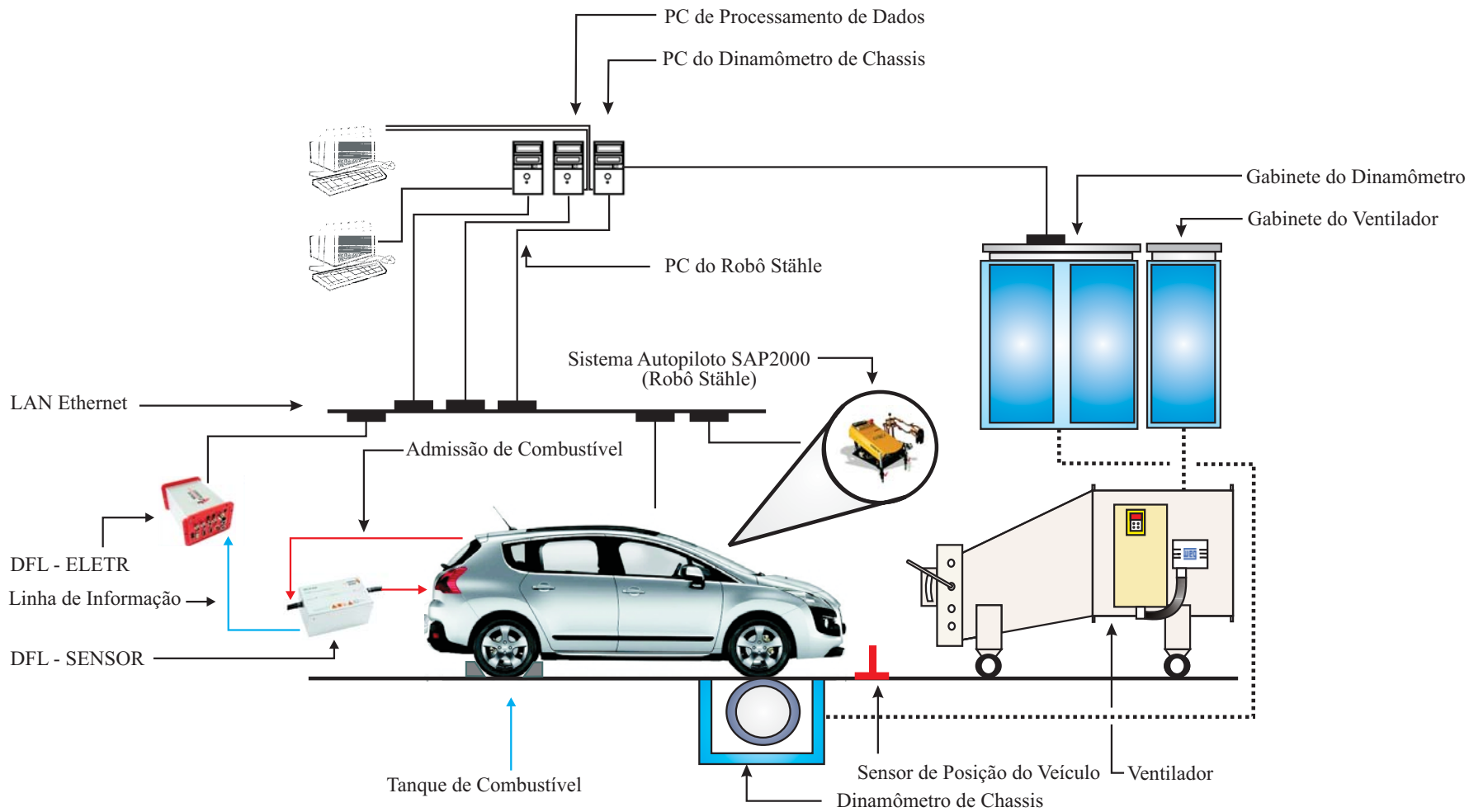


Figura 3.1: Bancada de Teste.

3.1

Equipamentos e Dispositivos de Medição e Controle

3.1.1

Veículo Peugeot 3008 1.6

Foi utilizado para os testes um Veículo Peugeot 3008 1.6. A seguir, são apresentadas as fotografias e principais características do veículo utilizado na Figura 3.3 e a Tabela 3.1.

As dimensões do veículo se mostram na Figura 3.2.

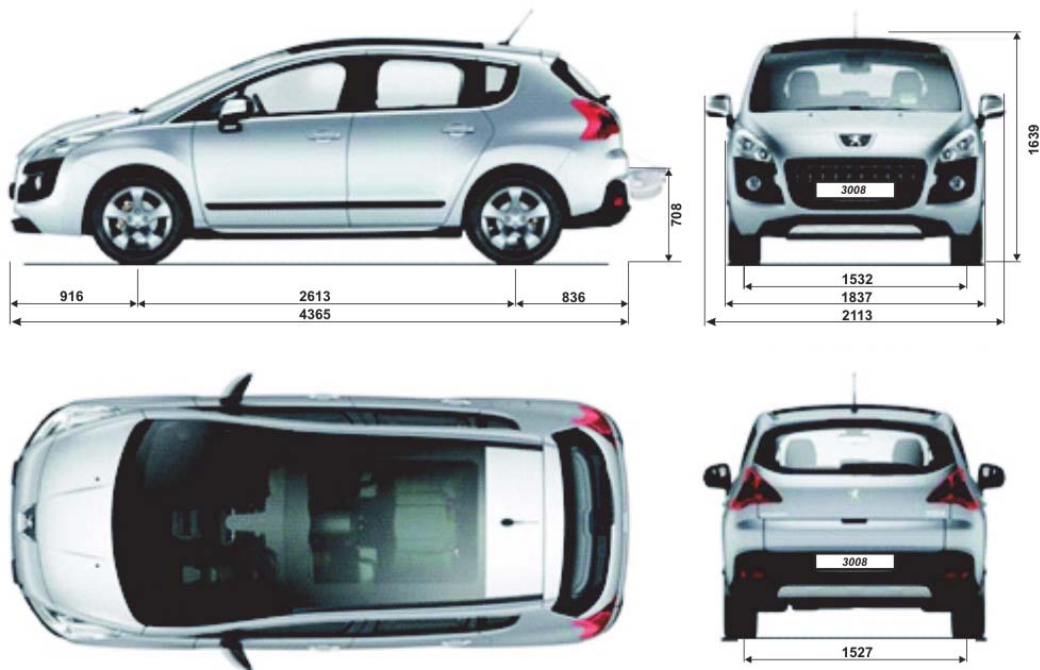


Figura 3.2: Dimensões (mm) do Veículo Peugeot 3008 1.6.

Cópia da Figura A do Peugeot 3008

Fonte: Peugeot[32].



Figura 3.3: Fotografias do Veículo Peugeot 3008 1.6 no Dinamômetro de Chassis.

Tabela 3.1: Características Gerais do Peugeot 3008.

MOTOR		TRANSMISSÃO E VELOCIDADE	
Código	16V THP	Transmissão	Mecânica
Ciclo	Otto		MCM / B
Combustível	Gasolina	Marchas	6
Cilindrada Total (cm ³)	1598	Velocidade Máxima	201 km/h
Diâmetro x Curso (mm)	77 x 88,5	Aceleração de 0-100 km/h (s)	9,8
Potência Máxima, CEE (kW)	115	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL	
Regime de Potência Máximo (rpm)	6000	ECE - urbano (litros/100 km)	10,8
Par Máximo, CEE (N.m)	240	EUDC - urbano (litros/100 km)	5,8
Regime de Par Máximo (rpm)	1400	Combinado (litros/100 km)	7,6
Combustível	Sem Chumbo	Emissões de CO ₂ (g/km)	179
Catalizador	sim	Capacidade do tanque (litros)	60
MASSA		AERODINÂMICA	
Massa em vácuo (kg)	1540	Área (m ²)	2,686
Massa admissível (kg)	1680	Coefficiente de arrasto (C _x)	0,296
Massa Máxima (kg)	3220	Volume Total (m ³)	0,512
Reboque (kg)	1200	Pneus	215 / 60 R16

Cópia Adaptada da Guia de Utilização - Peugeot 3008.

Fonte: Peugeot[32].

3.1.2

Dinamômetro de Chassis AVL - ZÖLLNER 48

Este sistema foi projetado para testar veículos motorizados de dois eixos com tração dianteira ou traseira e com uma carga máxima no eixo de 4500 kg. Este sistema, mostrado na Figura 3.4, foi desenvolvido para análise de emissão de exaustão e é baseado nas diretrizes da Indústria Automotiva da Alemanha, estabelecidas no Seminário de Padronização da Tecnologia de Medição da Exaustão (Especificação AK) e na Especificação de Proposta da EPA. AVL South América[33] fabricou o sistema de teste que atende às exigências das Especificações US EPA C 100081 T1.



Figura 3.4: Dinamômetro AVL - ZÖLLNER 48.

Cópia da Figura 3.1.4 do Manual de Operação do Dinamômetro de Chassis AVL - Zöllner 48.

Fonte: AVL South América[33].

O sistema de bancada de teste é projetado para simular o peso do veículo na faixa de 454 kg (1000 lbs) a 5400 kg (12000 lbs). A inércia do sistema de dinamômetro de chassis corresponde a um peso do veículo de 1678 kg (3700 lbs).

Este sistema de teste é projetado com uma máquina CA entre os rolos. O acionamento é realizado no estator da máquina CA. Para evitar histerese provocada pelo atrito dos rolamentos, estes são movimentados sobre seu eixo permanentemente, com baixa velocidade, através de um motor CA. A aplicação da máquina CA, significa que este dinamômetro de chassis pode ser utilizado para realizar medições de desempenho em veículos motorizados mais potentes.

A força de tração nominal da máquina CA no modo de acionamento é 5870 N até 92 km/h. A força de tração da máquina CA no modo gerador é 5987 N até 92 km/h. A força de tração máxima da máquina CA no modo de acionamento contínuo é 8922 N até 92 km/h. A força de tração permanente da máquina CA no modo gerador contínuo é 10096 N até 92 km/h. A velocidade máxima do teste é 200 km/h. Adiante faz-se uma descrição do sistema.

3.1.2.1

Registro e Processo de Valores Medidos

- O valor da velocidade é medido por meio de um gerador de pulsos incremental capaz de reconhecer o sentido de rotação.
- O valor da aceleração é formado pela diferenciação do sinal da velocidade da máquina CA e usado para todos os outros cálculos e simulação de inércia.
- O valor real da força de tração é registrado pela célula de carga e digitalizado no amplificador de medição. A transmissão destes resultados é realizada digitalmente.
- A medição da distância é derivada dos sinais de pulso vindo do gerador incremental de pulso. Quatro medições independentes de distância podem ser realizadas simultaneamente. Em cada nova partida a medição de distância automaticamente é reconfigurada como zero.
- Pode ser medido o tempo que a bancada leva para cobrir 20 intervalos diferentes de velocidade. Estes intervalos podem se sobrepor. Medições podem ser realizadas durante os períodos de aceleração e desaceleração. Se um intervalo for repetido, a nova medição substitui a antiga. A resolução de tempo é de 10 ms.

3.1.2.2

Simulação da Inércia na estrada

- Ajusta-se a inércia do dinamômetro de chassis com a finalidade de que este corresponda ao peso real do veículo. A inércia a ser simulada, que mostra-se na Equação 3-3, é multiplicado pelo sinal da aceleração com a finalidade de ter o ponto de ajuste da força de tração demandada.

– A simulação de estrada é realizada conforme a seguinte formula

$$F = Ft + F_0 + F_1v + F_2v^n + I_w^* dv/dt \quad (3-1)$$

$$Ft = gR_w \sin(\alpha) \quad (3-2)$$

$$I_b = R_w - R_g \quad (3-3)$$

Onde:

F	: Força de tração.
g	: Gravidade 9,81 m/s ² .
R_w	: Peso de referência do veículo em kg.
Ft	: Força de tração para vencer o gradiente da estrada.
F_0	: Força de tração independente da velocidade N.
F_1	: Coeficiente para a fração.
v	: Coeficiente para a fração não linear.
F_2	: Força de tração
n	: Expoente da variável ($1 < n < 3$)
R_g	: Inércia básica do dinamômetro de chassis
I_w^*	: Inércia a ser simulada seletivamente
dv/dt	: Aceleração

3.1.3

Sistema Autopiloto SAP2000 (Robô Stähle)

O autopiloto, mostrado na Figura 3.5, é um robô de acionamento avançado controlado por um computador para teste de direção de veículos automotivos em dinamômetros de rolos de chassis simples e duplo. O sistema, controlado por computador, permite um alto grau de precisão e repetibilidade para resultados consistentes de teste. O ciclo de acionamento específico pode ser definido pelo operador no software ou comando, por um computador host remoto (via interface RS-232 ou LAN).

A seguir, na Tabela 3.2, apresentam-se as características do robô utilizado nos testes de consumo de combustível. Além disso, o sistema SAP2000 pode ser ligado a analisadores de emissão de exaustão, sistema de controle dinamômetro e computador host remotos. Para que o robô consiga dirigir da forma que o programador deseja, deve-se realizar um ciclo de aprendizado do veículo. Este ciclo de aprendizado é realizado somente uma vez por cada combinação de acionamento de veículo e permite ao robô determinar as características de desempenho do veículo.



Figura 3.5: Robô Stähle SAP2000.

Fonte: Stähle Robot Systems[34].

Tabela 3.2: Características do Robô Stähle SAP2000.

Geral		Atuador da marcha		
Peso Total	30 kg	Sistema de atuação	Motor elétrico	
Controle da Tensão do atuador	35V CC	Curso da marcha	250 mm max.	
Temp. de Operação	-40 °C até 80 °C	Curso lateral	200 mm max.	
Temp. de Armazenamento	-30 °C até 80 °C	Força	250 N max.	
Potência de Operação	110/230 VCA, 600 watts	Velocidade	0,6 m/s max.	
Componentes do controlador	Módulo de Signal	19", 3 HU	Posições automáticas da marcha	P-R-N-D-4-3-2-1
	Módulo de Energia	19", 3 HU	Posições manuais da marcha	R-N-1-2-3-4-5-6
	Ventilador	19", 1 HU	Sequencial + Tiptronic	Manual - Neutro
	Computador	19", 4 HU	Velocidade	0,45 m/s max.
Atuador da embreagem		Atuador do freio SAP2000		
Sistema de atuação	Motor elétrico	Sistema de atuação	Motor elétrico	
Curso	200 mm max.	Curso	150 mm max.	
Força	200 N max.	Força	350 N max.	
Velocidade	0,35/0,5 m/s max. (engatar/liberar)	Velocidade	0,3 m/s max.	
Atuador do Acelerador		Entradas de Velocidade		
Sistema de atuação	Motor elétrico	Entrada analógica de tensão	0-10V, isolado oticamente	
Curso	150 mm max.	Frequência de entrada de pulso	0,5 Hz até 500 kHz	
Força	100 N max.	Tensão de entrada de pulso	±75 V	
Velocidade	0,45 m/s max.	Faixa recomendável de pulso	3 pulsos/polegada	

Cópia Adaptada do Capítulo 7 do Manual de Operação do Dinamômetro de Chassis AVL - Zöllner 48.

Fonte: AVL South América[33].

3.1.4 Medidor de Vazão Mássica

A medição da vazão de combustível foi feita mediante a utilização de um conjunto de equipamentos composto por um sensor de vazão (DFL-SENSOR) e um Processador de Sinal (DFL-ELETR) mostrados na Figura 3.6, da marca Corrsys-Datron[35]. Este conjunto permite a determinação da vazão de combustível para cada situação da etapa experimental.



Figura 3.6: Sistema de Aquisição da Vazão de Combustível.

3.1.4.1 DFL-Sensor

A firma Corrsys-Datron, menciona que sensores DFL são desenvolvidos para a medição do consumo de combustível dos motores de combustão interna. Este sensor trabalha numa faixa de 1-5bar e as principais características do DFL-Sensor são:

- Tamanho reduzido.
- Adequado para gasolina, diesel, combustíveis a base de etanol e bio.
- Desenhado para sistemas de fornecimento de combustível com uma única linha de alimentação.

- Ideal para aplicações com veículos em movimento, seja em dinamômetro de chassis ou na rua.
- Suporta condições ambientais extremas.
- Tem uma capacidade máxima de medição de 250 l/h.

3.1.4.2

DFL-ELETR

A firma Corrsys-Datron, menciona que o Processador de Sinal DFL lê as informações do DFL-Sensor e as processa para finalmente ter na saída a informação em diferentes formatos. O processador de sinal suporta os seguintes formatos:

- Saída de pulso TTL proporcional ao volume de combustível.
- Saída Analógica proporcional à vazão de combustível.
- Saída CAN para o volume de combustível e taxa de fluxo.

Este equipamento foi emprestado pela Petrobras, estando inicialmente habilitadas as saídas em formato TTL. Nova configuração das saídas analógicas foram realizadas mediante o uso do software CeCalWinPro-1-9-13, onde configurou-se a faixa de medição, a frequência de aquisição de dados e a resolução dos dados. A Figura 3.7 mostra a interface entre o computador e o Processador DFL.

3.1.5

Ventilador Axial

O motor CA exige um ventilador externo de resfriamento. Este ventilador deve ser instalado no final da tubulação da alimentação do ar. Devido ao ruído que este ventilador provoca, ele deve ser localizado fora da câmara de teste. O ventilador é acionado pelo controlador do dinamômetro de chassis e exige ar livre de poeira.

O ventilador que se mostra na Figura 3.8, é do tipo axial. Possui um motor elétrico trifásico 220 / 380 / 440 Volts e um conversor de frequência, mediante o qual pode-se salvar os dados da velocidade instantânea do veículo, já que a velocidade do ventilador é proporcional à velocidade do veículo no dinamômetro. Na Tabela 3.3 mencionam-se algumas características do ventilador.

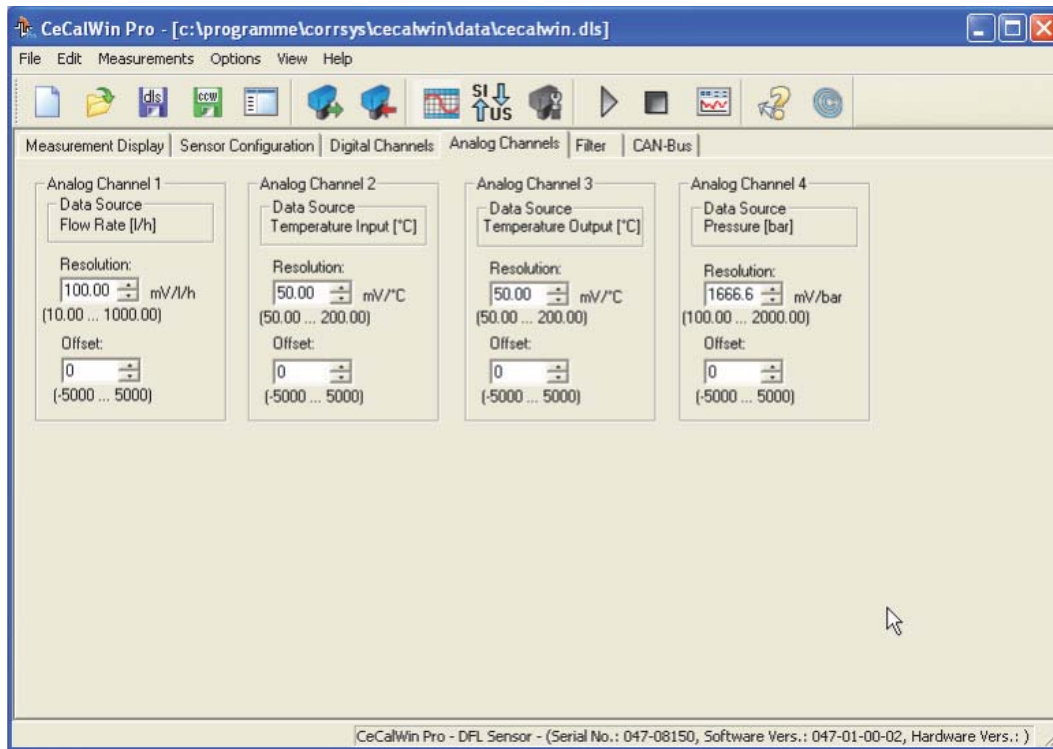


Figura 3.7: Interface de Configuração do DFL-ELETR.



Figura 3.8: Ventilador DES.47 SV.490.B12.

3.2 Sistema de Controle e Aquisição de dados

O sistema de controle e aquisição de dados é constituído fundamentalmente por dois sistemas independentes. Estes serão descritos ao longo da seção. A importância destes sistemas está na confiabilidade de que aquele percurso estipulado foi cumprido de maneira certa e, além disso, os dados coletados são confiáveis.

Tabela 3.3: Características Gerais do Ventilador DES.47 SV.490.B12.

Aspectos Técnicos	
Referência	AXIAL
Modelo	47SV
Tipo	B-12
Acabamento	RAL 9002
Classe de proteção mínima	IP 23
Tamanho	490
Arranjo	4 Tubos
Vazão (m ³ /h)	100000
Pressão estática (Pa)	654
Pressão total (Pa)	1200
Velocidade de descida (m/s)	22.76
Potência Consumida (Cv)	45,0
RPM ventilador	1760
Motor (Cv / RPM)	60 / 1760
Nível de Ruído a 1 (dBA)	102

Cópia Adaptada da Tabela 1 da Proposta P-02/0371-C-O.
Fonte: Higrotec Industria e Comércio S.A.[36].

3.2.1

Sistema de Controle

O sistema de controle é aquele responsável por garantir a execução do percurso fornecido pelo usuário. Este sistema interliga o robô Stähle SAP2000 ao Dinamômetro de Chassis AVL - ZÖLLNER 48.

3.2.1.1

Interface de usuário - ZÖLLNER

É uma interface gráfica conveniente, baseada em um computador pessoal. A operação do sistema acontece por meio de uma "Interface homem - máquina" intuitiva. Para este objetivo, a AVL - ZÖLLNER usa pacotes de softwares testados e comprovados.

A interface do usuário pode ser em Inglês ou Alemão. Na Figura 3.9 pode ser visualizada a interface na tela do computador.

3.2.1.2

Interface de usuário - Stähle Autopilot System

É uma interface gráfica conveniente, que permite a programação do ciclo de condução, monitorar e controlar o robô para que, desta forma, se cumpra o ciclo desejado pelo usuário.

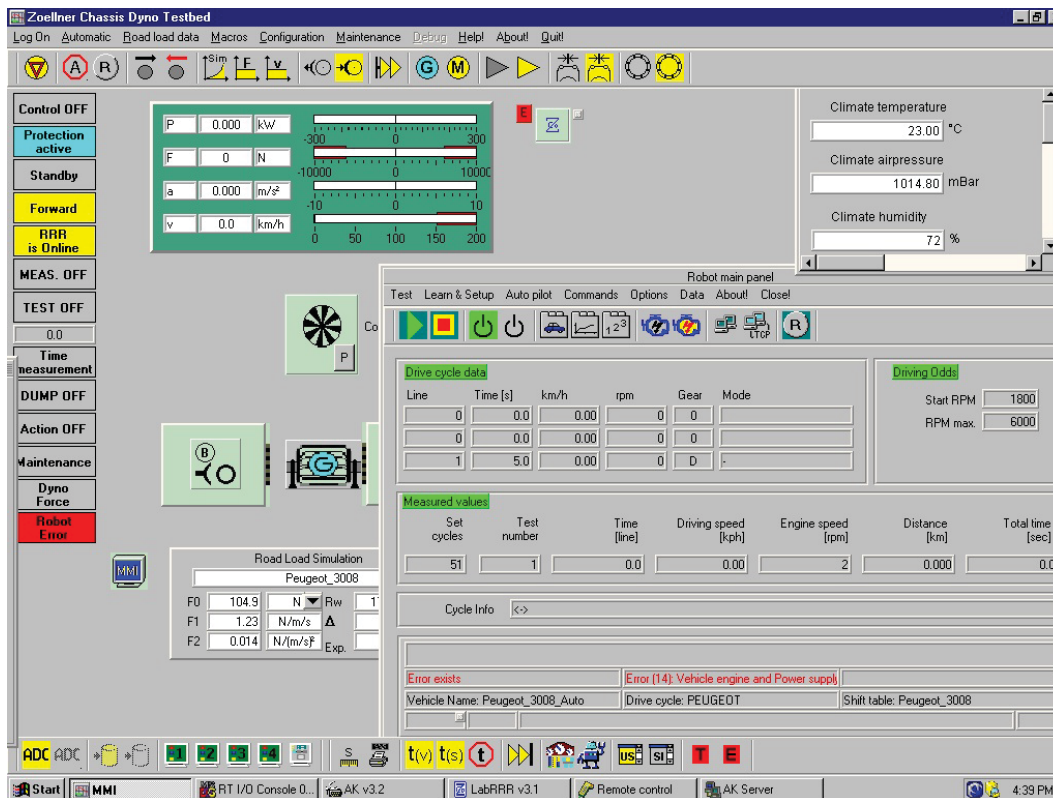


Figura 3.9: Tela da Interface de Usuário do Dinamômetro AVL - ZÖLLNER 48

A interface do usuário pode ser em Inglês ou Alemão, na Figura 3.10 se mostra como é a interface na tela do computador. As características deste sistema se mencionam a seguir:

- Software operacional acionado por menu.
- Programa de auto aprendizado do veículo.
- Procedimento de aprendizado para seleção de posições da embreagem.
- Direção manual com motorista robô.
- As sequências de testes podem ser escritas sem conhecimento de programação.
- Criação de ciclos de direção usando sistema de dialogo ou arquivos ASCII.
- Ciclos de direção podem descarregados do computador host remoto.
- Ciclos de direção podem ser iniciados e parados em qualquer ponto do ciclo.
- Dimensões de controle podem mudar linha a linha em um ciclo de direção.
- Forças de embreagem podem ser programadas.

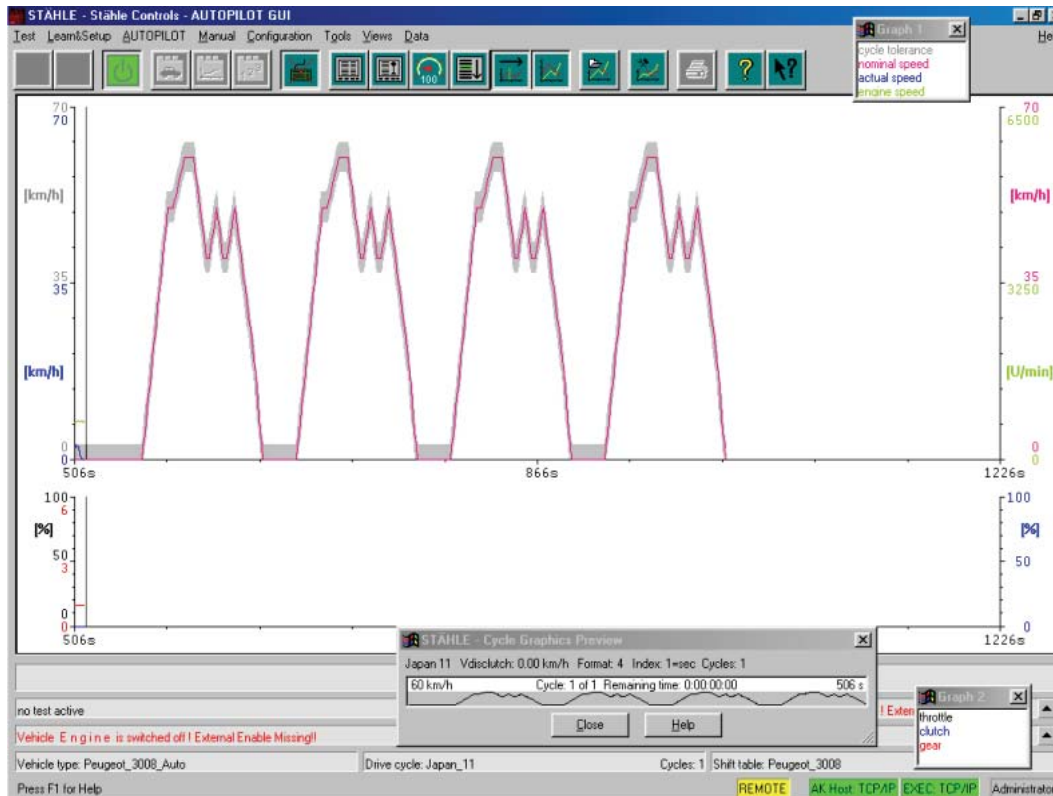


Figura 3.10: Tela da Interface de Usuário do Robô Stähle SAP2000

- Ciclos de condução pré definidos: FTP 72 e FTP 75; FTP 505; cidade US e estrada US; ciclo da cidade de New York; AMA/EPA; ECE e EUDC e Modo 10.

3.2.2 Sistema de Aquisição de Dados

O processo de aquisição de dados é realizado através de um equipamento próprio do Dinamômetro de Chassis. Mediante este pode-se realizar a aquisição dos dados da velocidade instantânea do veículo, aceleração, vazão de combustível, e condições ambientais em cada teste.

Na Figura 3.11 pode-se observar os valores provenientes dos sensores de pressão, temperatura e vazão de combustível.

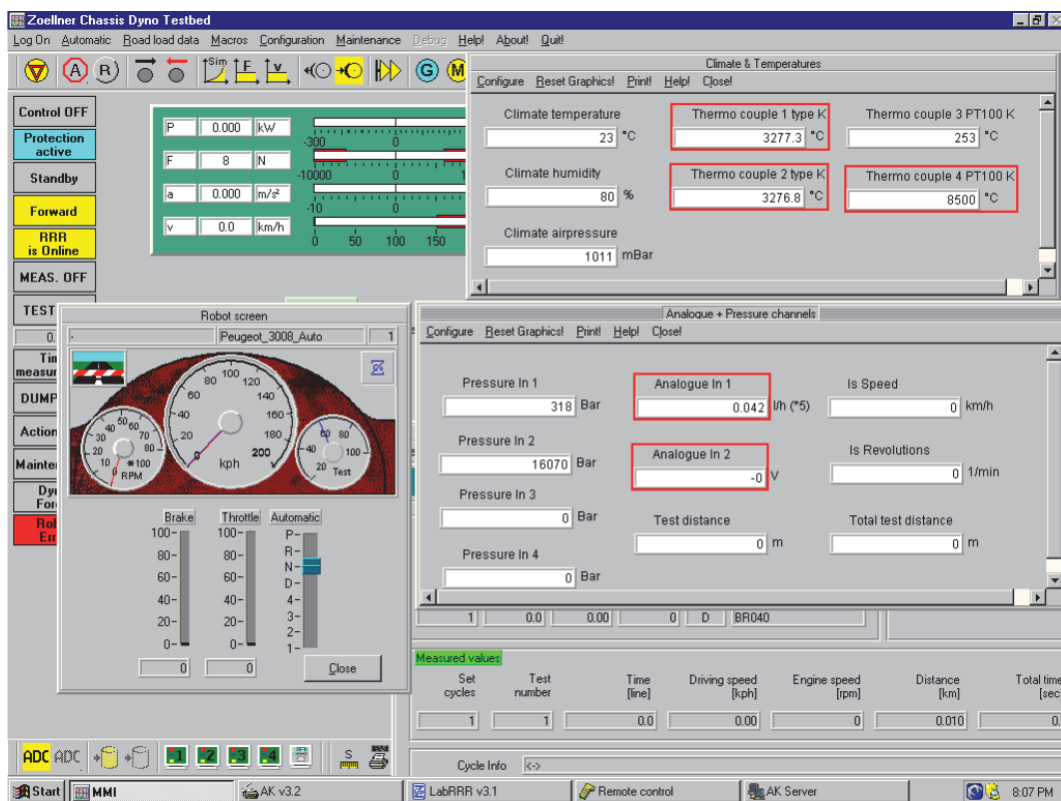


Figura 3.11: Tela da Interface de Usuário do Dinamômetro AVL - ZÖLLNER 48, Aquisição de Dados