

Unidade de Gerenciamento Eletrônico de um Motor Volkswagen 2.0L

Bruno César Fernandes Pereira, Armando Antonio Maria Laganá, Bruno Silva Pereira
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Demerson Moscardini
FATEC Santo André

Roteiro

1. Objetivos
2. Projeto Conceitual
3. Projeto Detalhado
 - a) Hardware
 - b) Firmware
 - c) Software
4. Testes no Veículo
5. Conclusão
6. Referências

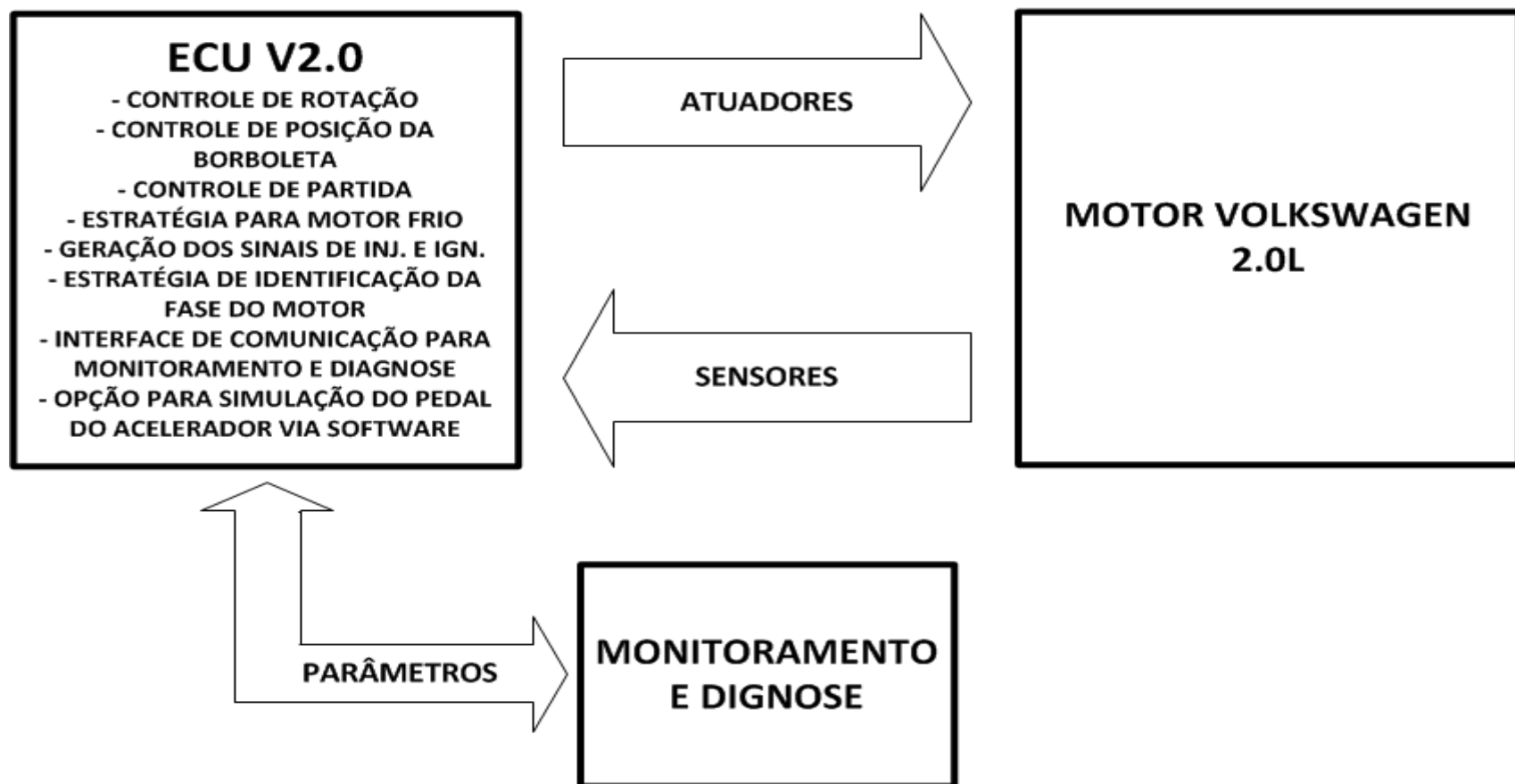
1. Objetivos

- Desenvolvimento de uma unidade de gerenciamento eletrônico de um motor a combustão interna modelo Volkswagen 2.0L:
 - Controle de Rotação: Leitura de sensores e cálculo de parâmetros de atuação (injeção, ignição, reles e válvula borboleta)
 - Reação do motor quando submetido à carga, fornecendo torque ao seu eixo

- Meta final: Aplicação do motor em um veículo operando com carga (dinamômetro inercial)

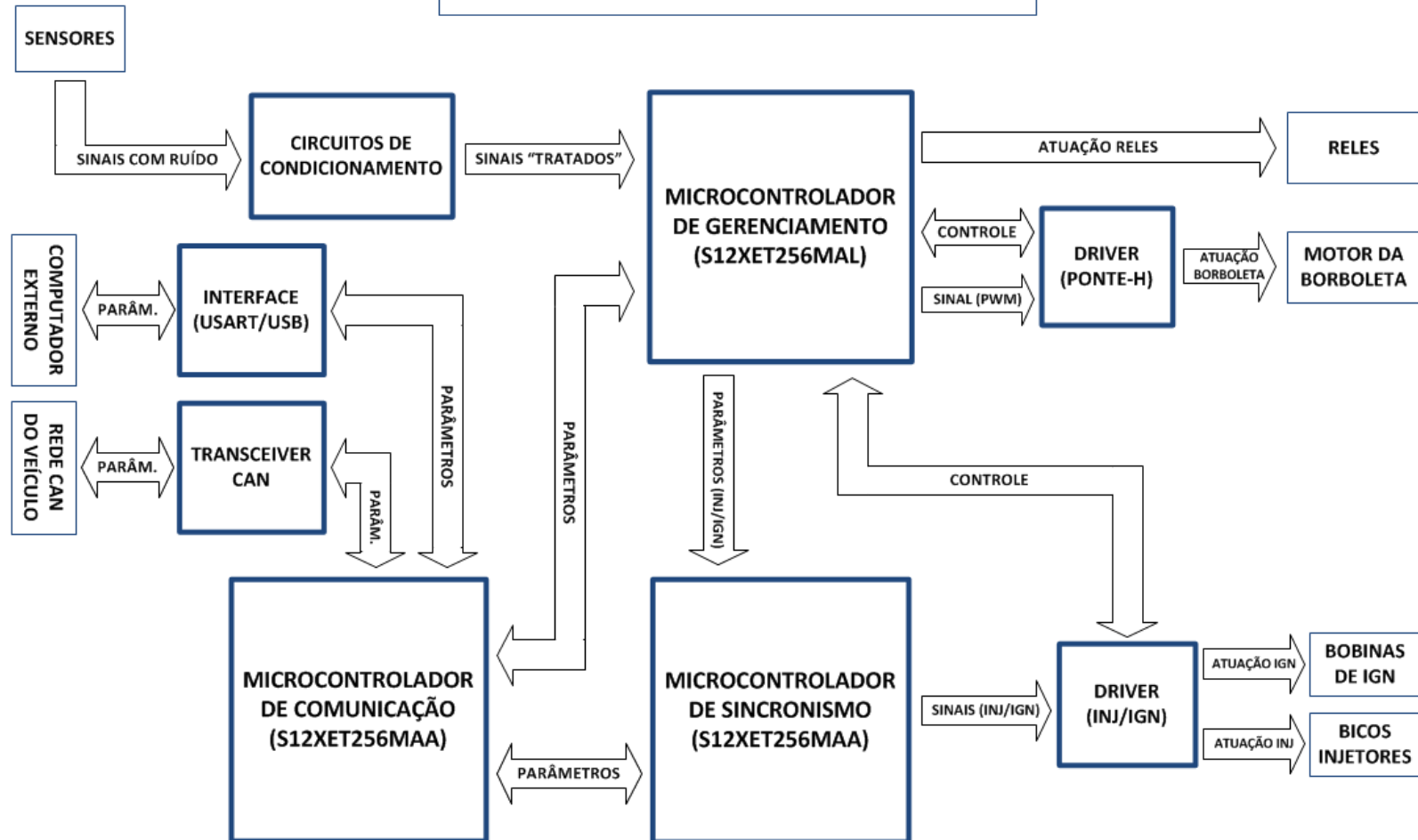
2. Projeto Conceitual

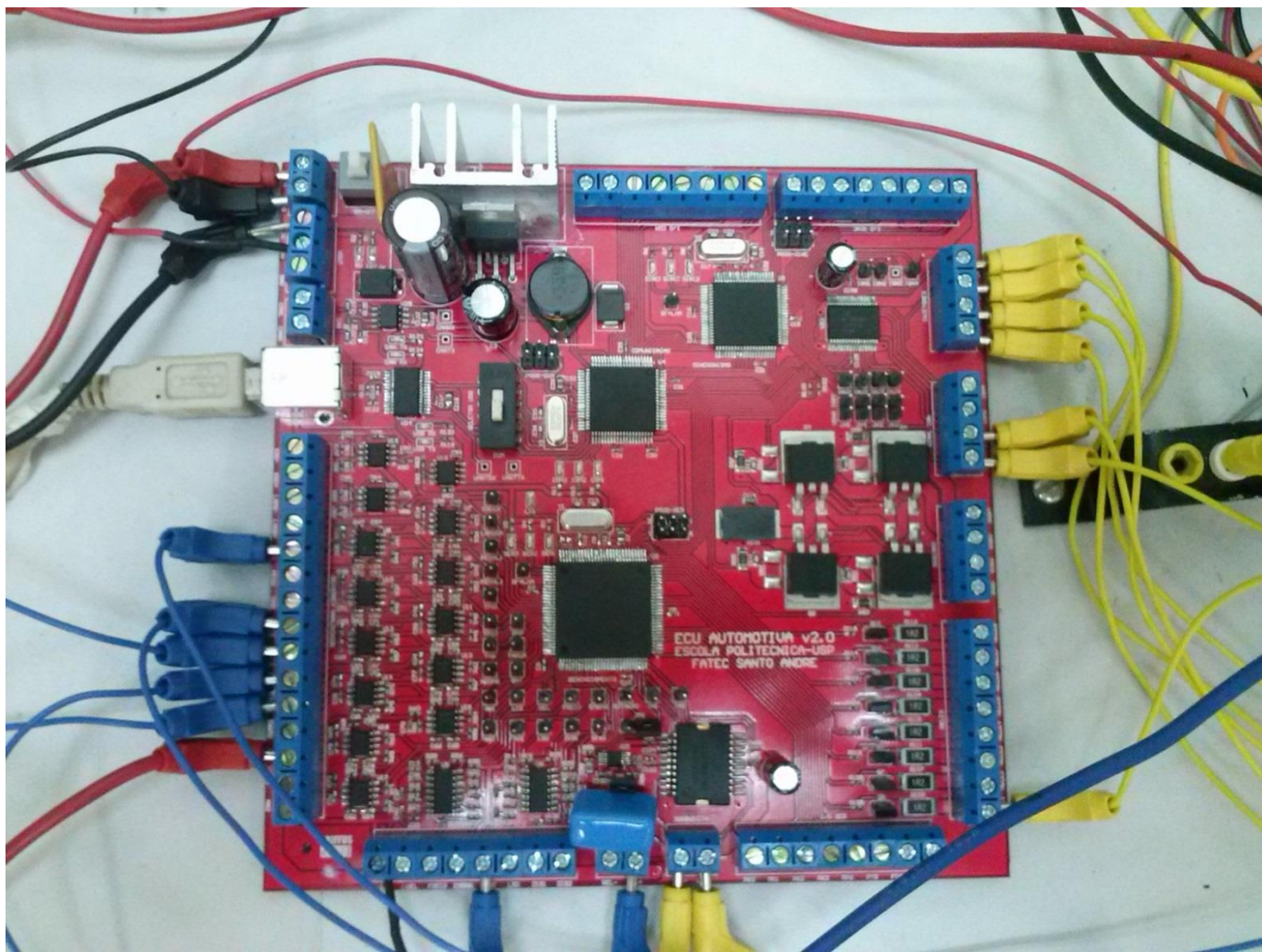
DIAGRAMA DE BLOCOS



3a. Projeto Detalhado Hardware

DIAGRAMA DE BLOCOS

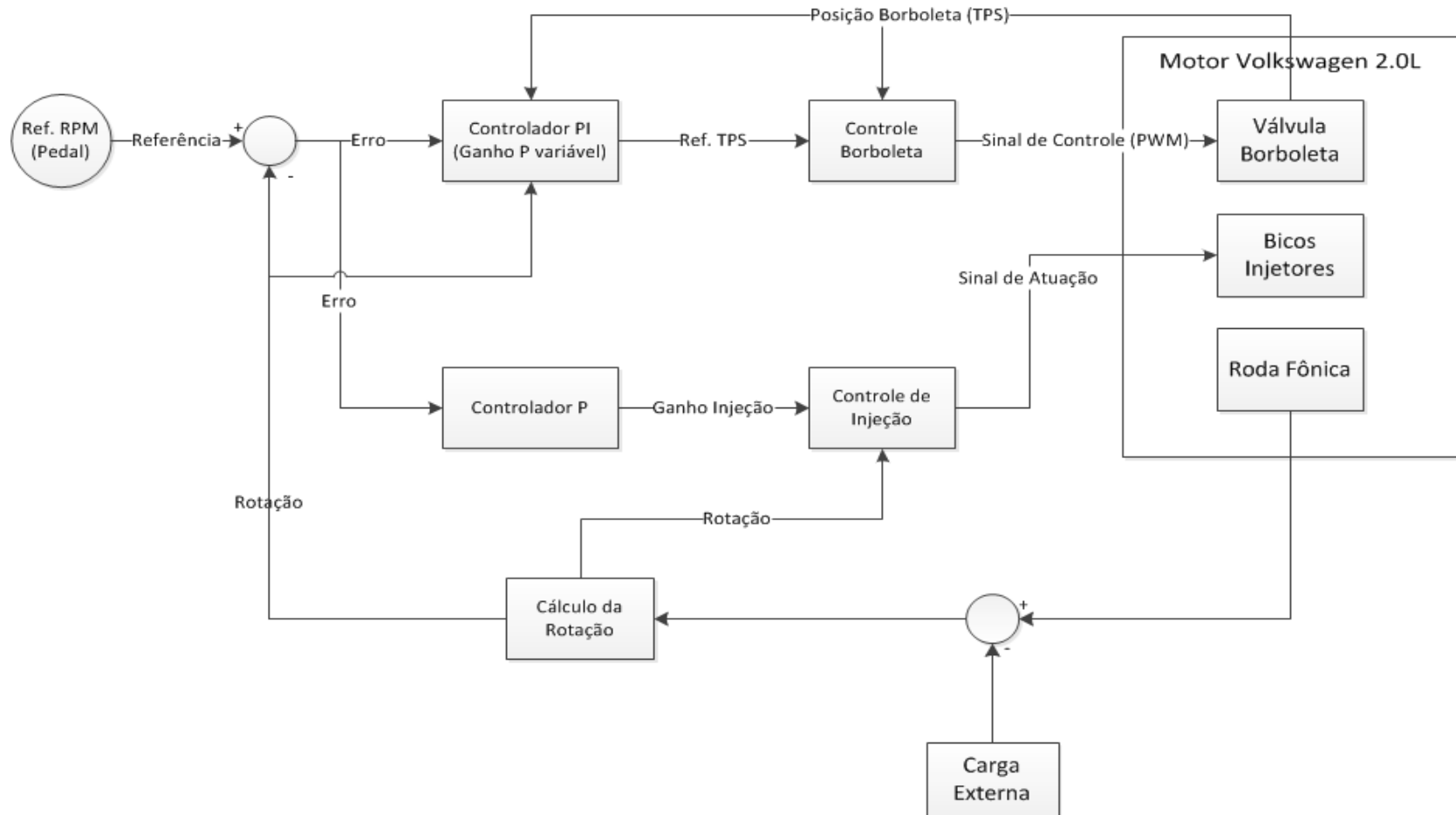




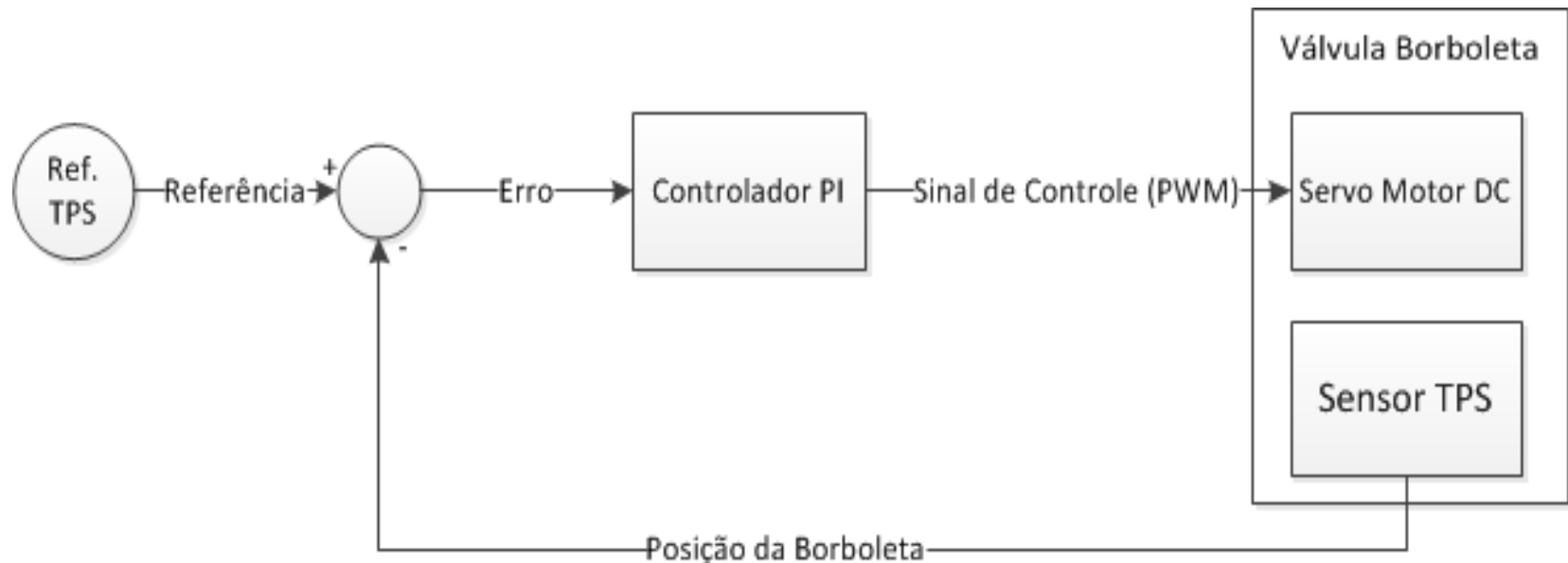
3b. Projeto Detalhado Firmware

- Controle de partida (inclusive com motor frio)
- Controle de posição da Válvula Borboleta
- Controle do acionamento de injeção e ignição
- Controle estequiométrico (em malha aberta) da mistura Ar/Combustível
- Controle de rotação de 800 a 6000 RPM

Controle de rotação



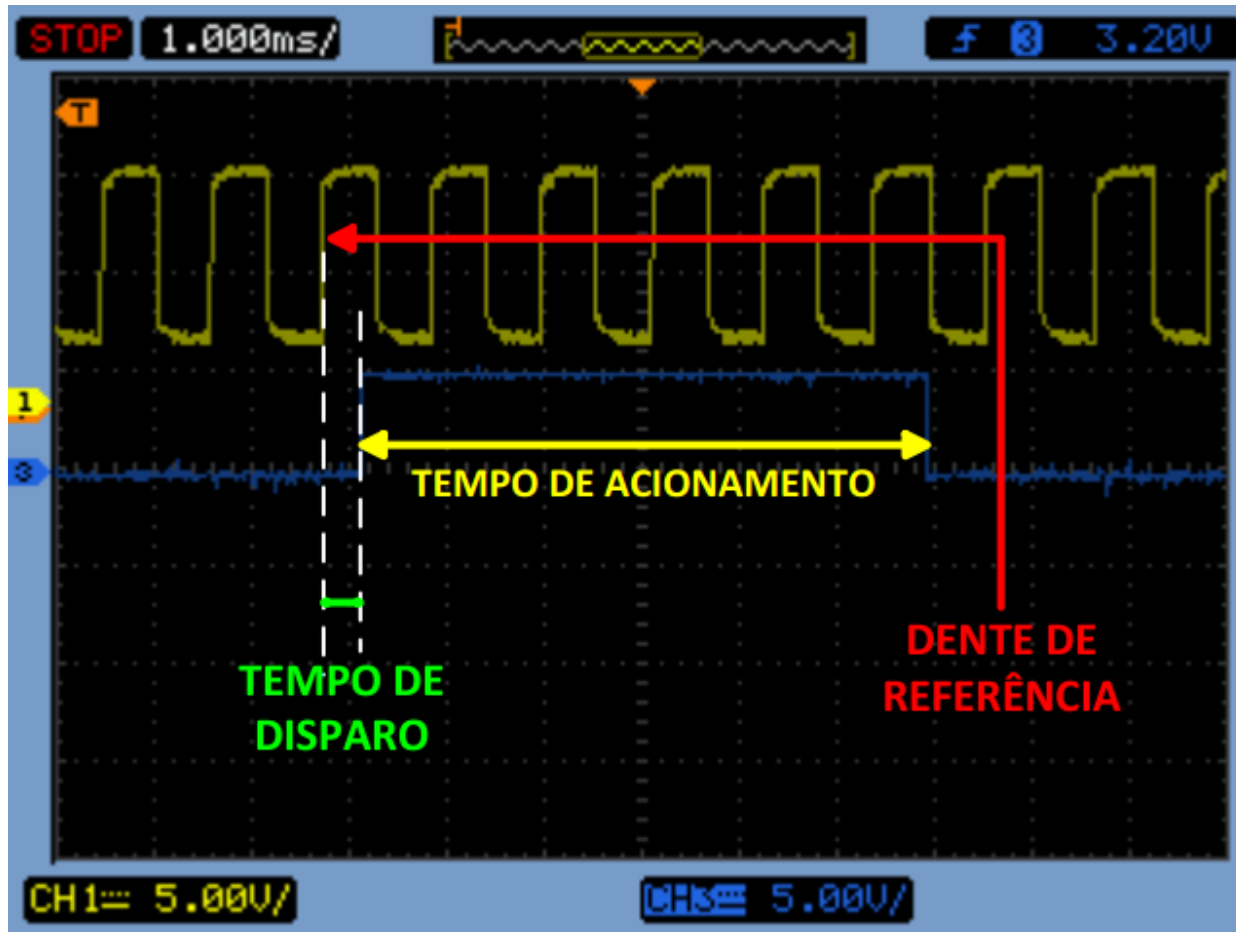
Controle de posição da válvula borboleta



Cálculo do tempo de injeção:

- Cálculo da rotação do motor;
- Estimativa da massa de ar admitida;
- Cálculo da massa de combustível de acordo com a relação estequiométrica (13,3:1);
- Cálculo do tempo de injeção, com base no fluxo do bico injetor;
- Aplicação de um fator de correção (determinado de forma empírica), com base na aceleração e na temperatura da água.

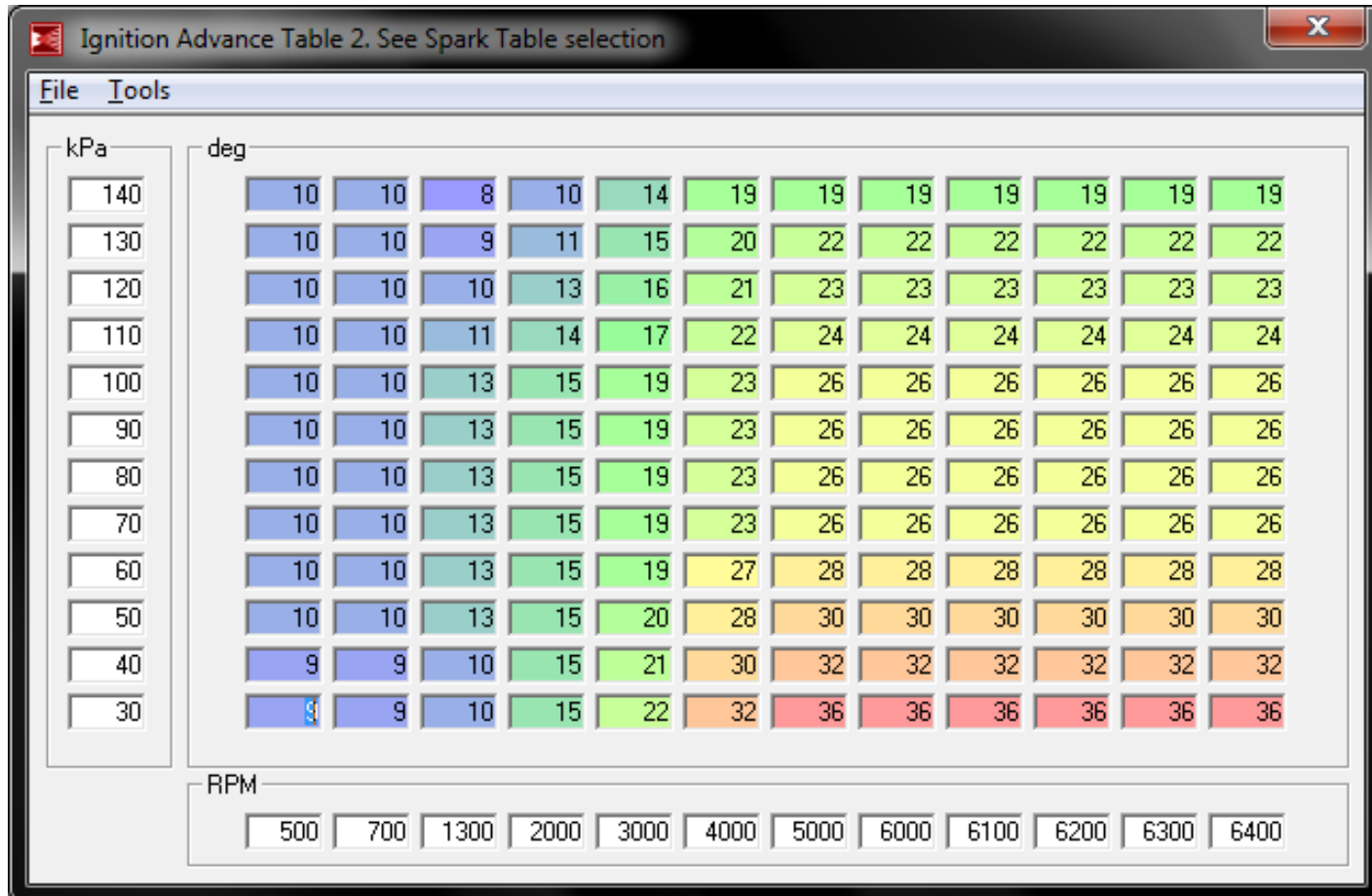
Parâmetros de acionamento (injeção/ignição)



Adiantamentos de injeção:

- Mapeia-se a borda de descida e calcula-se os parâmetros da borda de subida;
- Mapa de injeção em função da rotação;
- Mapa de ignição em função da rotação e da pressão do ar (MAP).

Mapa de ignição inicial (ClubPolo forums (2013))

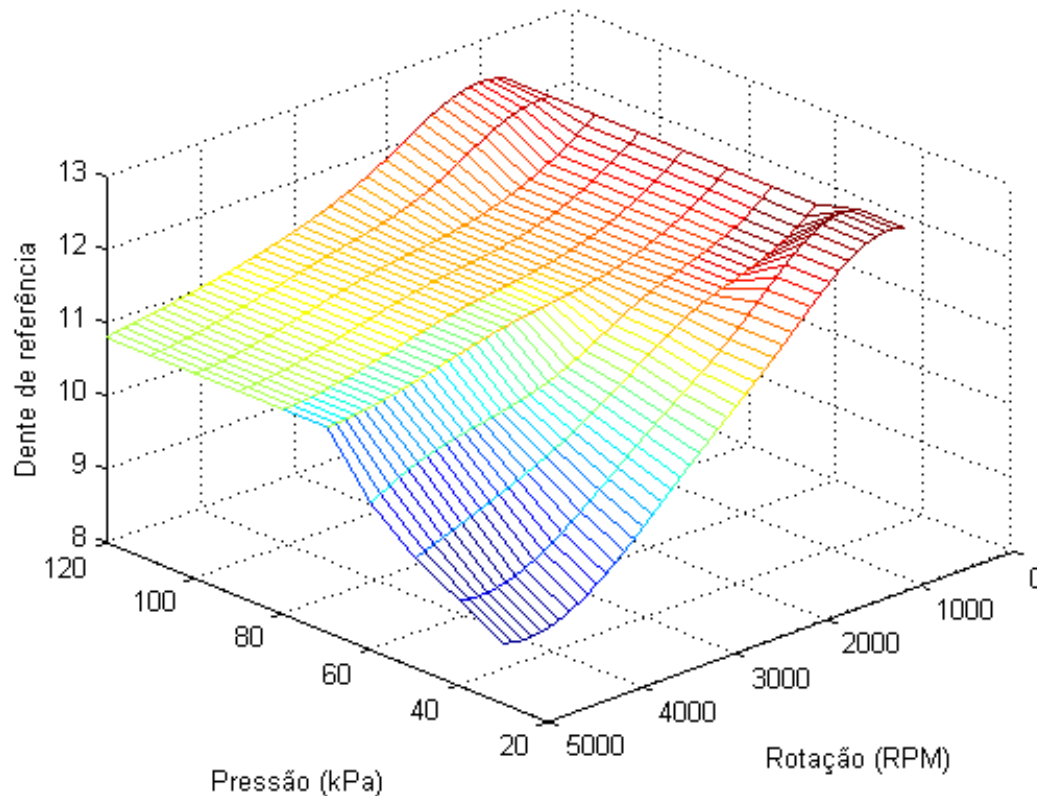


Mapa de ignição ajustado

RPM kPa	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
500	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7
700	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10
1300	10	10	13	13	13	13	13	13	11	10
2000	15	15	15	15	15	15	15	15	14	13
3000	22	21	20	19	16	16	16	16	16	16
4000	29	27	24	21	18	18	18	18	18	18
5000	31	29	27	24	19	19	19	19	19	19
6000	31	29	27	24	19	19	19	19	19	19

Mapa de ignição final

Mapa de ignição interpolado



3c. Projeto Detalhado Software

Diagnose v1.6

Diagnose e Monitoramento - ECU v2.0

PEDAL VW POLO
 NORMAL

Controlar Pedal

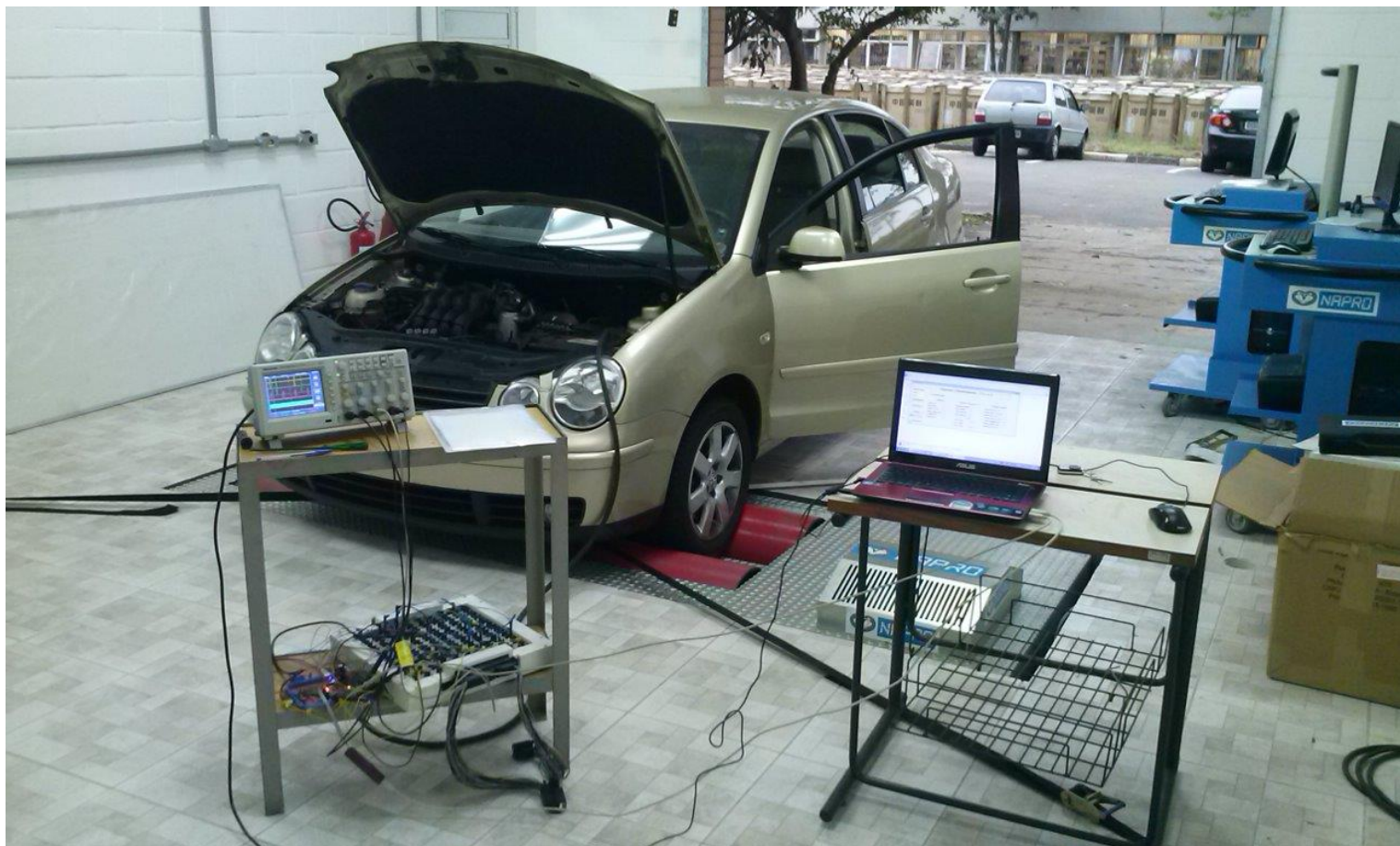
Sensores	Controle - Rotacao e VB	Injeção / Ignição
Pedal (V) <input style="width: 80%;" type="text" value="0,80"/>	Rotação (RPM) <input style="width: 80%;" type="text" value="2269"/>	Dente Ref. Inj. 14 <input style="width: 80%;" type="text" value="49"/>
Map (kPa) <input style="width: 80%;" type="text" value="40,7"/>	Ref. (RPM) <input style="width: 80%;" type="text" value="2261"/>	Tempo Disp. Inj. (us) <input style="width: 80%;" type="text" value="228"/>
Temp. Ar (°C) <input style="width: 80%;" type="text" value="69,9"/>	TPS (VB) (V) <input style="width: 80%;" type="text" value="0,90"/>	Dente Ref. Ig. 14 <input style="width: 80%;" type="text" value="58"/>
Temp. Água (°C) <input style="width: 80%;" type="text" value="81,1"/>	Ref. (VB) (V) <input style="width: 80%;" type="text" value="0,88"/>	Tempo Disp. Ig. (us) <input style="width: 80%;" type="text" value="47"/>
Lambda (V) <input style="width: 80%;" type="text" value="0,04"/>	Erros	Tempo Injeção (ms) <input style="width: 80%;" type="text" value="5,23"/>
Bateria (V) <input style="width: 80%;" type="text" value="12,02"/>	Ger. (SW) <input style="width: 80%;" type="text" value="11110000"/>	Tempo Bobina (ms) <input style="width: 80%;" type="text" value="5,80"/>
	Ger. (HW) <input style="width: 80%;" type="text" value="0"/>	Deteção de Fase <input style="width: 80%;" type="text" value="1"/>
	Sinc. (SW) <input style="width: 80%;" type="text" value="10000000"/>	

Serial Config.

Corrigir Unid.

4. Testes no Veículo

Plataforma de projeto (IEE-USP)



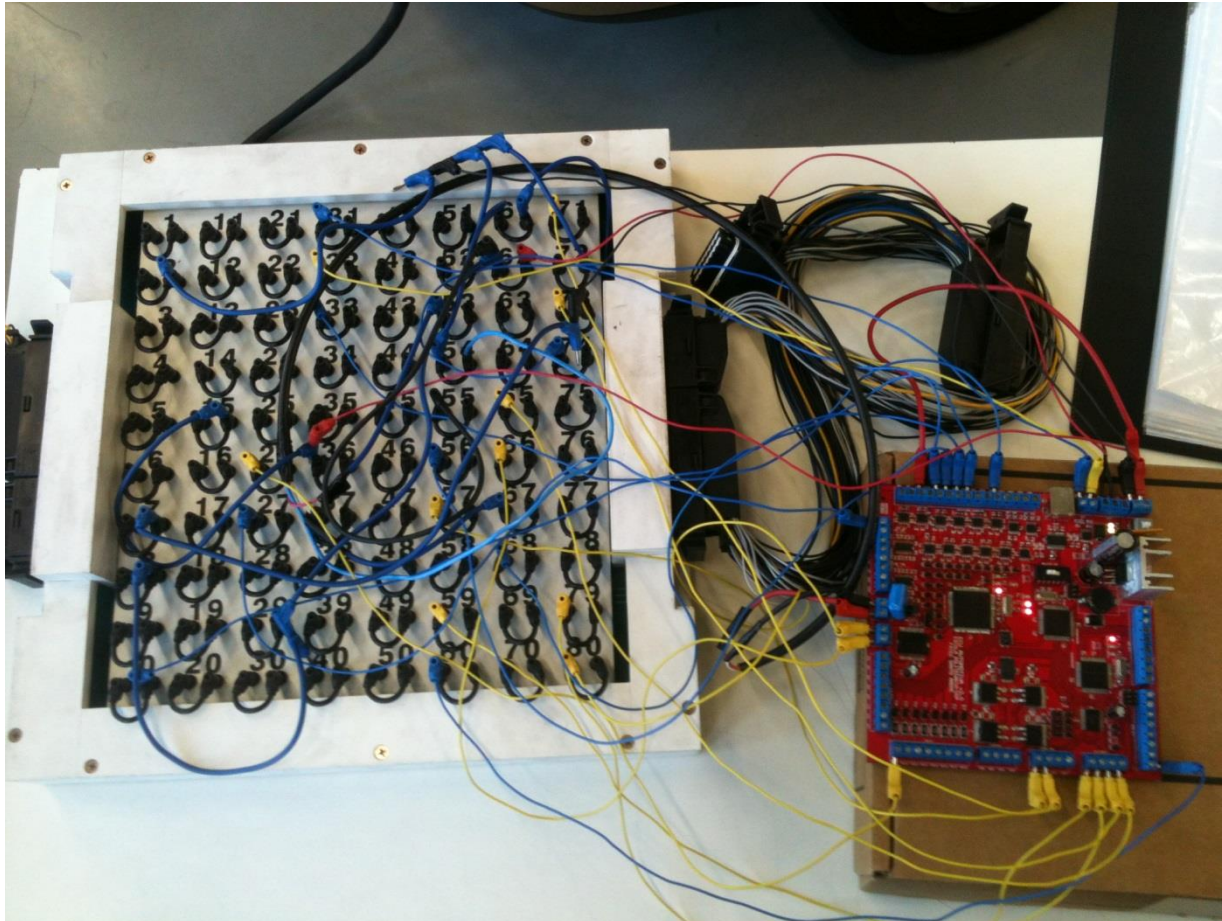
Intersecção dos sinais do motor



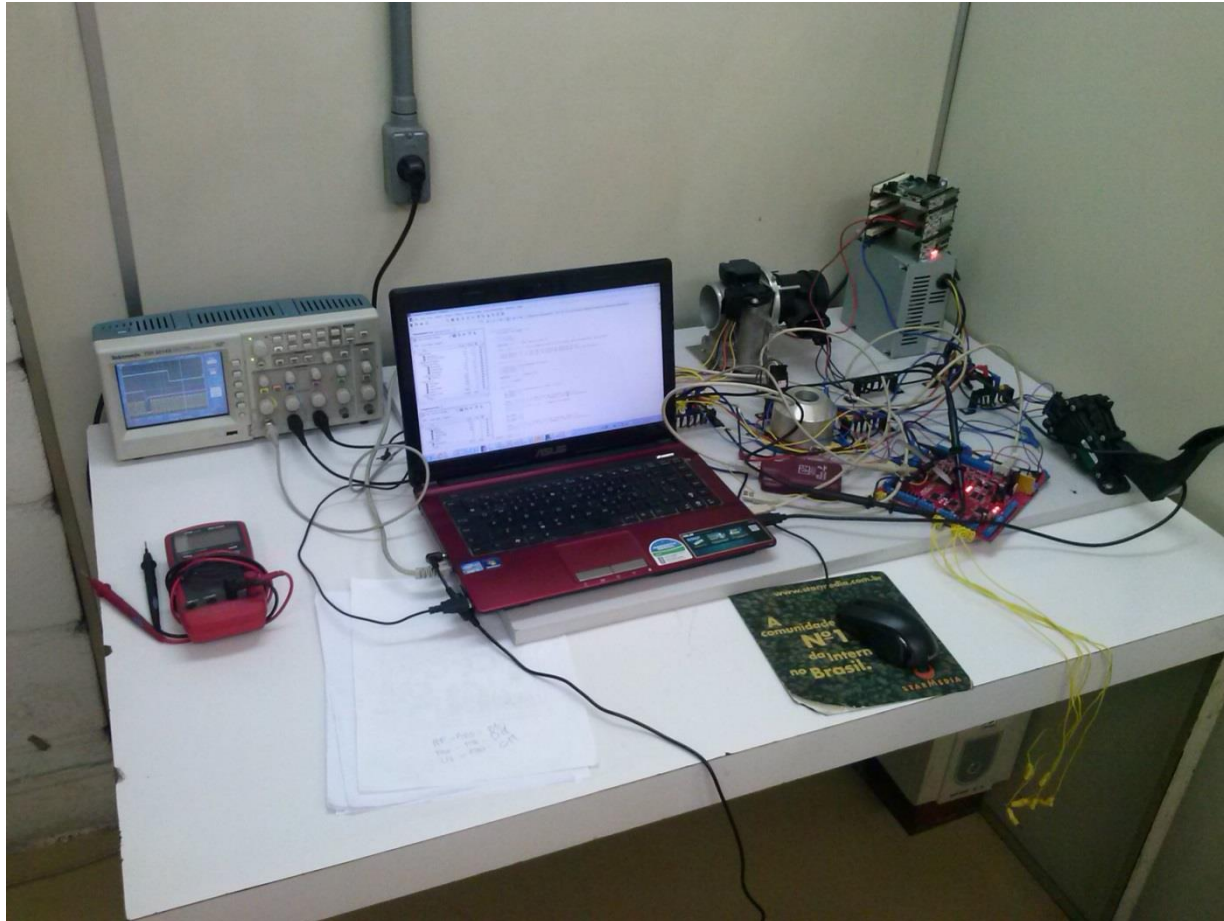
Intersecção dos sinais do motor



Intersecção dos sinais do motor



Laboratório para testes (LSI-USP)



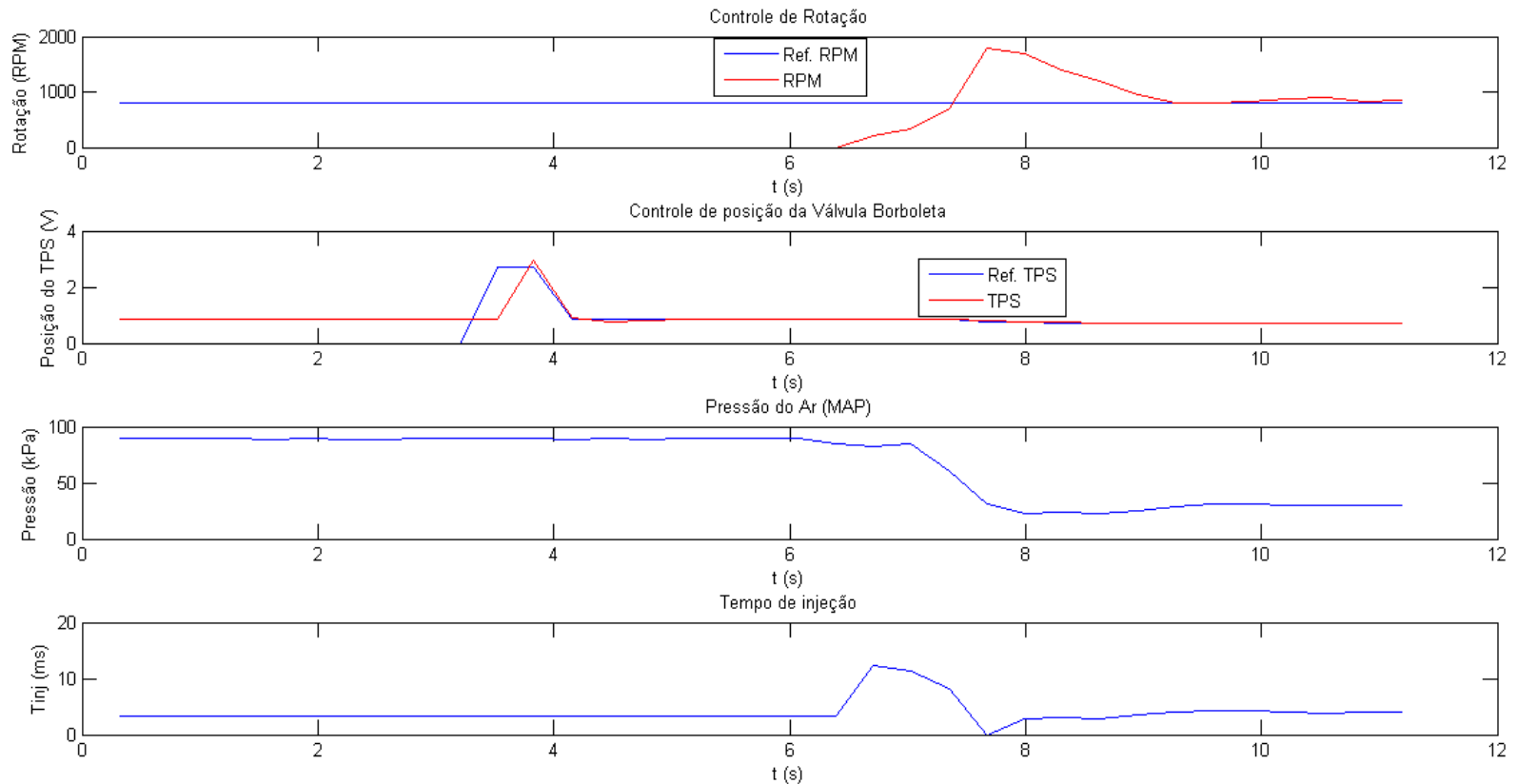
Etapas do teste de integração:

- Verificação do cálculo da rotação
- Atuação nos bicos injetores
- Atuação na válvula borboleta
- Atuação na ignição
- Leitura dos sensores
- Acionamento de Relê e atuação completa
- Inserção do cálculo da massa de combustível

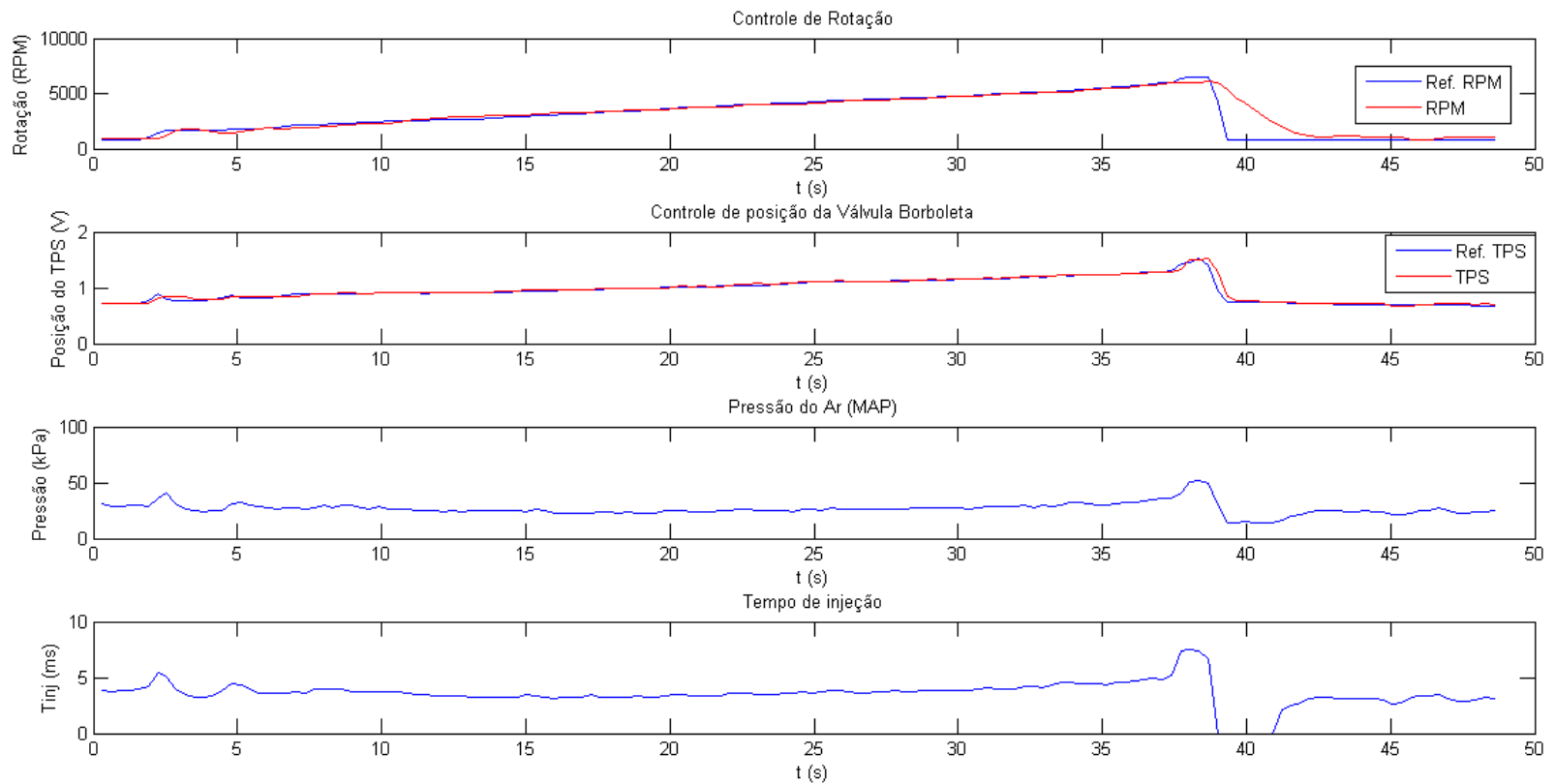
Etapas do teste de integração (continuação):

- Inserção do controle de rotação
- Ajuste do tempo de injeção para acelerações bruscas
- Ajuste para partida a frio
- Aplicação de carga ao motor (dinamômetro)

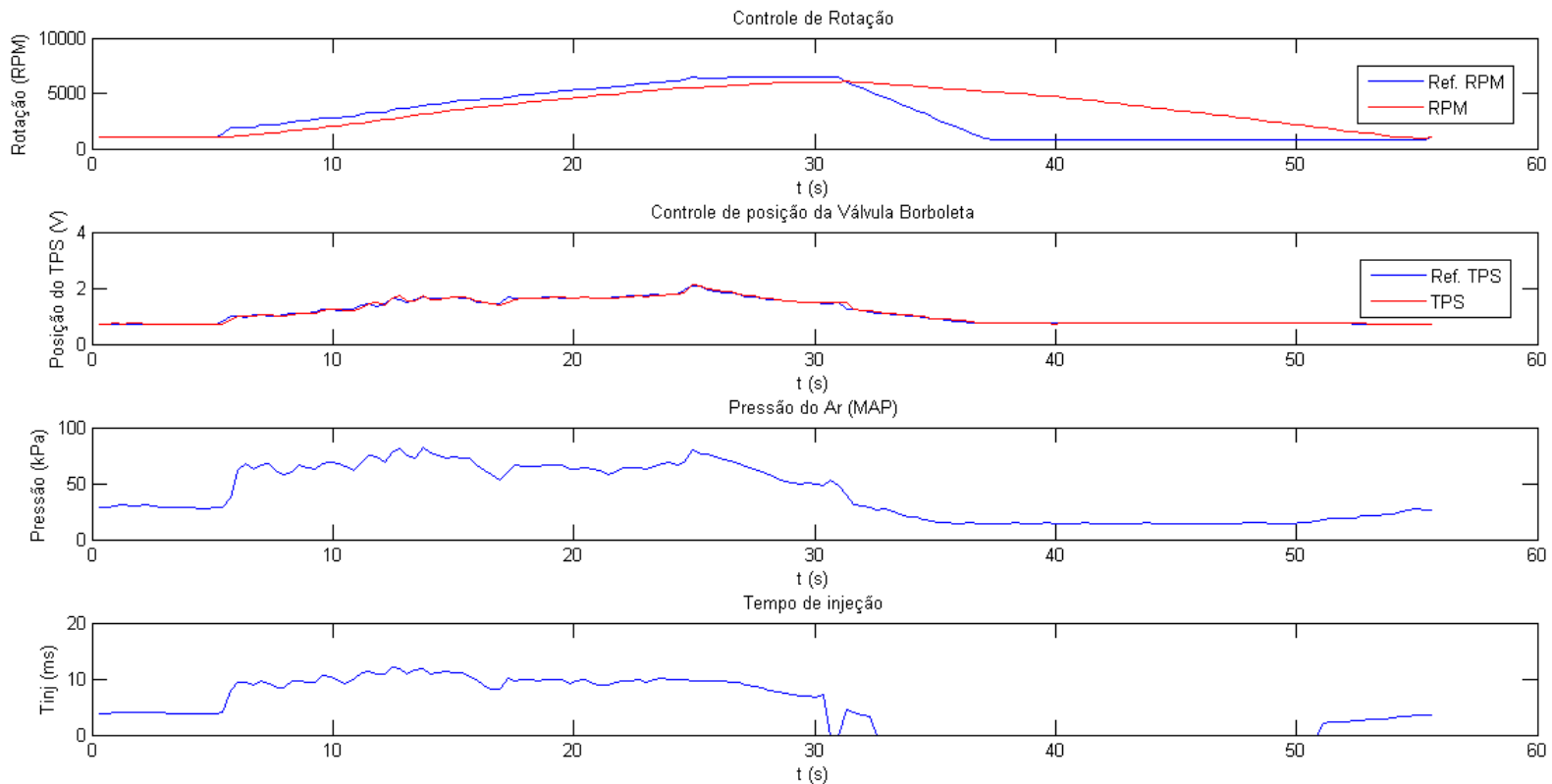
Regime de partida



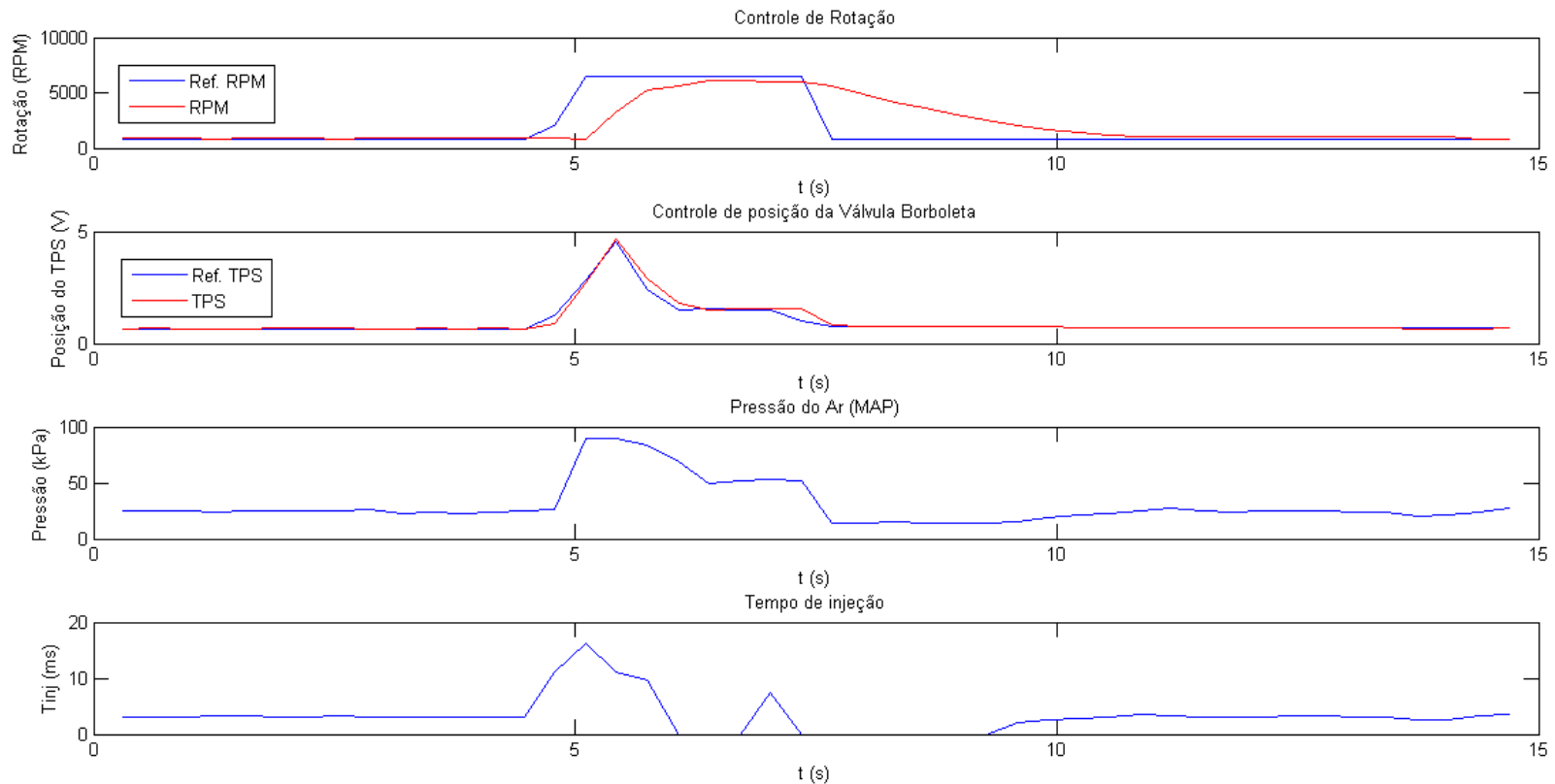
Aceleração suave com o motor em vazio



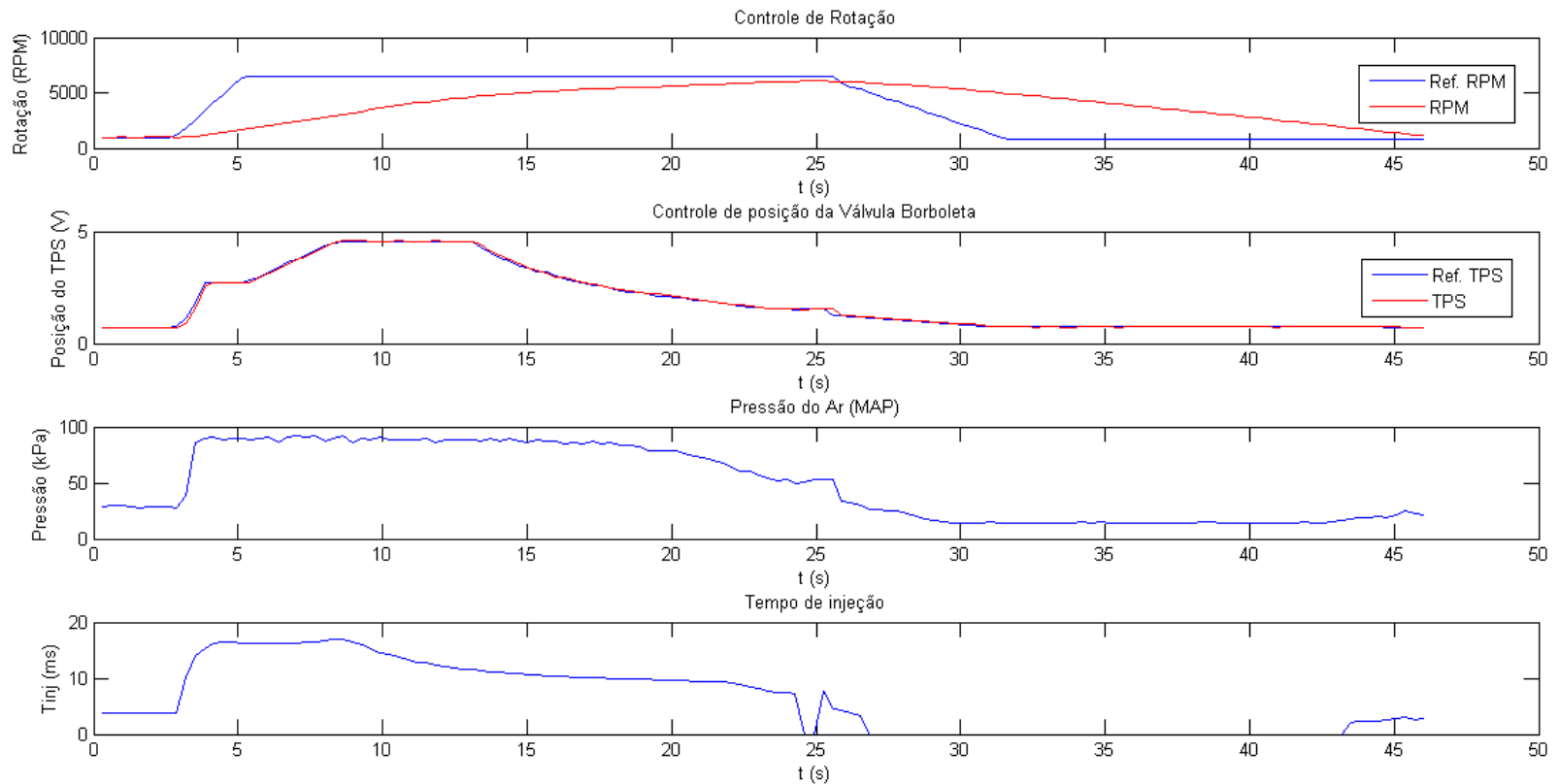
Aceleração suave com o motor sob carga



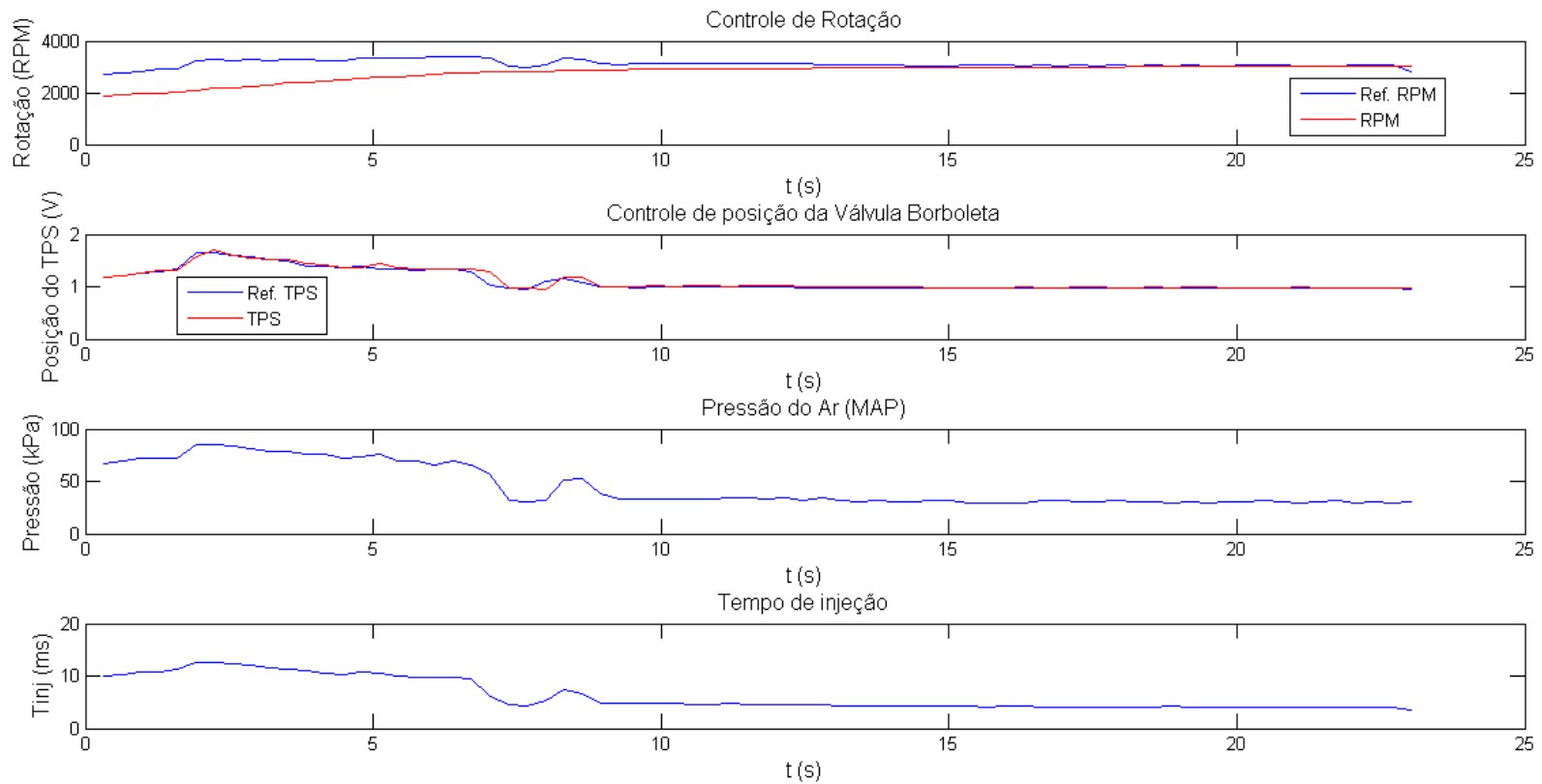
Aceleração brusca com o motor em vazio



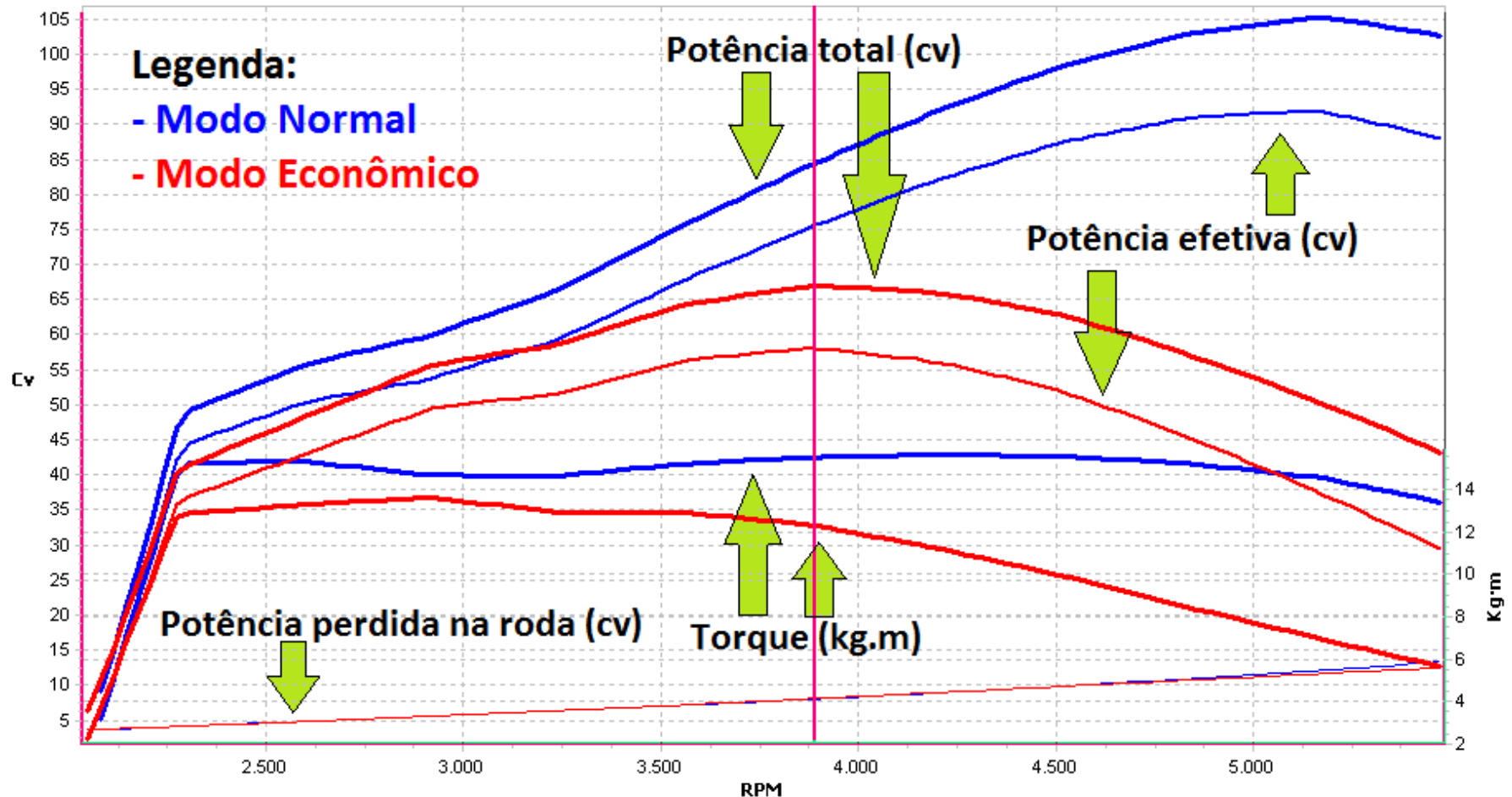
Aceleração brusca com o motor sob carga



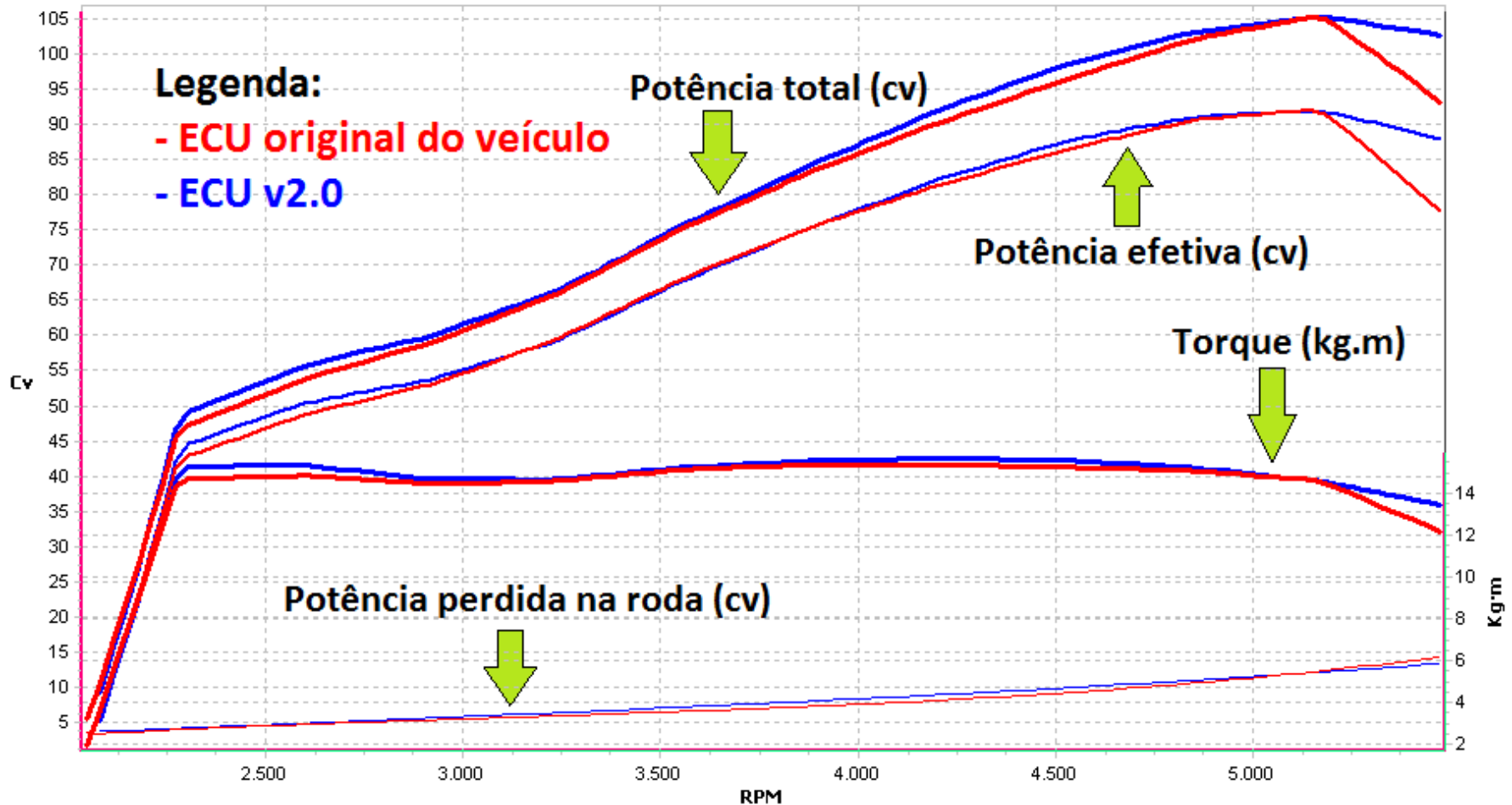
Rotação constante (3000 rpm) com o motor



Curva de Potência: Modo Econômico x Modo Normal



Curva de Potência: ECU original do veículo x ECU v2.0



5. Conclusão

Cumprida meta inicial de desenvolver uma ECU para um motor Volkswagen 2.0L operado com carga:

- É possível se controlar um motor à combustão interna por meio de controle de rotação!
- Desempenho muito próximo ao obtido com a ECU original do veículo;
- A ECU desenvolvida controlou integralmente o motor, sem qualquer auxílio da ECU original;
- Hardware flexível (possibilita desenvolvimentos futuros);
- Projeto se revelou como um trabalho bastante desafiador:
 - aplicação real
 - conceitos de eletrônica
 - processamento de sinais
 - teoria de controle
 - programação
 - projeto de hardware
 - protocolos de comunicação
 - conceitos de engenharia automotiva

6. Referências

1. ALBALADEJO, F. S. Desenvolvimento de uma unidade de gerenciamento eletrônico para motores de combustão interna do ciclo Otto. Dissertação (Mestrado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013.
2. ANG, K. H.; CHONG, G.; LI, Y. Pid control system analysis, design, and technology. Control Systems Technology, IEEE Transactions on, v. 13, n. 4, p. 559–576, 2005.
3. BOSCH, R. Manual de tecnologia automotiva. [S.l.]: Edgard Blücher, 2005. ISBN 8521203780.
4. CLUBPOLO FORUMS. NA Ignition maps. 2013. Disponível em: <http://www.clubpolo.co.uk/forum/index.php?showtopic=303127>.
5. DEUR, J. et al. An electronic throttle control strategy including compensation of friction and limp-home effects. Industry Applications, IEEE Transactions on, v. 40, n. 3, p. 821–834, 2004.
6. DIAS, B. M. de A. Plataforma didática de injeção eletrônica para controle de motores a combustão interna. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) — Faculdade de Tecnologia de Santo André, 2011.
7. PEREIRA, B. C. F. Unidade de Gerenciamento Eletrônico de um Motor Volkswagen 2.0L: Projeto Otto II. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013.
8. FREESCALE. Datasheet da família MC9S12XE. [S.l.], 2012.
9. KALINSKY, D.; KALINSKY, R. Introduction to Serial Peripheral Interface. 2002. Disponível em: <http://www.embedded.com/electronics-blogs/beginner-s-corner/4023908/Introduction-to-Serial-Peripheral-Interface>
10. OGATA, K. Engenharia de controle moderno. Prentice Hall, 2003. ISBN 9788587918239. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=fXmIPQAACAAJ>.
11. ROCHA, G. Estequiometria do Motor de Combustão Interna. 2009. Disponível em: <http://www.infomotor.com.br/site/2009/03/estequiometria-do-motor-de-combustao-interna>
12. SCARPINETTI, V. S.; SOARES, A. M. F. Unidade eletrônica de controle de um motor a combustão: Projeto Otto. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2012.
13. WYLEN, G. V.; BORGNACKE, C.; SONNTAG, R. Fundamentos da Termodinâmica. [S.l.]: Edgard Blücher, 2009. ISBN 9788521204909.

OBRIGADO PELA ATENÇÃO!