

Calculando Sensores Lambda, TPS e MAP com exatidão máxima

Robson E.A. Schneider; Eduardo R. Guarienti; Matheus V. Brondani; Aline B. Loreto

Campus Cachoeira do Sul/CS
Universidade Federal de Santa Maria/UFSM
Cachoeira do Sul,RS/Brasil

robson882@gmail.com; eduardo.guarienti@gmail.com; matheusbrondani@hotmail.com; aline.loreto@ufsm.br

Resumo— Este trabalho consiste em aplicar a matemática intervalar nos cálculos operacionais dos sensores Lambda, TPS e MAP do sistema de injeção eletrônica de combustível de um automóvel, tendo como objetivo obter resultados mais precisos para seu funcionamento e que assim se possa melhorar a performance do veículo, otimizando o consumo de combustível e gerar menos poluentes.

Palavras-chave: injeção eletrônica, matemática intervalar; precisão;

I INTRODUÇÃO

A injeção eletrônica consiste em um aparelho eletrônico capaz de dosar ao motor a quantidade necessária de ar-combustível para que o mesmo funcione perfeitamente. Para o funcionamento correto de um motor com este sistema, é necessária a utilização de vários componentes, o principal é a Unidade Central Eletrônica (ECU), onde se tem dados do veículo e seus parâmetros de ajuste de fábrica, além de realizar os cálculos de tempo de injeção [1]. Porém, ao representar dados numéricos no sistema de ponto flutuante, estes são aproximados para um subconjunto finito dos números reais. Através desta aproximação, erros são gerados pela impossibilidade da máquina representar todos os valores reais com toda a sua exatidão [2]. Erros numéricos gerados pela ECU podem aumentar o nível de poluentes, superaquecer o motor ou provocar consumo excessivo de combustível, por exemplo. Um modo de contornar estes problemas recorrentes a perda de informações ao representar um valor real no sistema de ponto flutuante, é utilizar-se da aritmética intervalar [3].

Nesta forma de representação numérica, os valores pontuais são representados por um intervalo X que os contenha. Todo erro originado para tratamento dos valores como o arredondamento e truncamento, para adequar o valor pontual a ser representado pela máquina, são tratados pela aritmética intervalar e pelos arredondamentos direcionados [3].

Com este trabalho, propõe-se abordar com matemática intervalar os cálculos operacionais de três importantes sensores do sistema de injeção eletrônica: o sensor de oxigênio (também conhecido como sensor Lambda), o sensor de

posição da borboleta (sensor TPS) e o sensor de pressão absoluta no coletor de admissão (sensor MAP). O objetivo da utilização da matemática intervalar é obter um melhor rendimento para o funcionamento da injeção eletrônica, pois a solução intervalar fornece resultados mais exatos e confiáveis que a solução real.

I. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A presente seção descreve brevemente conceitos e fundamentos essenciais para o entendimento e execução do presente artigo.

A. Mistura por Injeção Eletrônica

Os dois métodos de mistura mais utilizados em motores de combustão interna são o carburador e o sistema de injeção de combustível. A grande diferença entre estes dois métodos está no seu princípio de funcionamento, uma vez que o carburador mistura mecanicamente o combustível com o ar, enquanto a injeção pulveriza combustível diretamente para a câmara de combustão ou para o coletor de admissão onde se efetua a mistura de ar com combustível [4].

Os injetores funcionam com o auxílio de uma bomba de combustível, a qual mantém o combustível a pressão elevada. O injetor comum, eletronicamente ativado, debita combustível conforme o sinal elétrico que recebe, funcionando como uma “porta” que abre quando passa corrente e fecha quando a corrente para. Portanto um injetor está constantemente sendo “ligado e desligado”, aberto e fechado. Os injetores, conforme a geometria da sua “porta” podem disparar sob a forma de *spray*, aproximadamente atomizada de fácil vaporização, ou sob a forma de jato que pode ser apontado para uma zona quente, como a cabeça da válvula de admissão ajudando a evaporar a gasolina injetada [5].

B. Injeção Eletrônica

A injeção eletrônica é um sistema de alimentação de combustível.

“A injeção eletrônica é uma das grandes inovações tecnológicas do automóvel. Surgiu na década de 1980 e foi aperfeiçoada na década de 1990. A injeção veio para

substituir o carburador e agregar mais eficiência ao motor, principalmente, quanto às emissões gasosas pelo escapamento. Como ocorria com o carburador, a função deste equipamento é fazer a mistura de ar e combustível, só que nos modernos sistemas isso é feito de maneira extremamente precisa. Quem determina quando, quanto e por quanto tempo as válvulas de injeção abrem é um computador, mas ele faz isso baseado em informações colhidas por sensores e transformadas em sinal elétrico, para chegarem ao computador. A quantidade de combustível deixado entrar irá se juntar ao ar que o motor está admitindo, momento em que se forma a mistura ar/combustível” [6].

O sistema de injeção eletrônica é eficaz pelo fato de seu controle de mistura ar/combustível ser mais preciso. Seu funcionamento é baseado na coleta das condições do motor, feita por sensores e enviadas ao módulo de injeção eletrônica (ECU), através dessas informações, será feito cálculos, correções e posteriormente controlada por atuadores. O combustível é injetado por uma eletroválvula chamada bico injetor, que é presa a uma linha pressurizada por uma bomba de combustível e controlada por um regulador de pressão [7].

C. Sensores

Sensores são dispositivos que trabalham com medidas de grandezas físicas, convertendo-as em sinal elétrico, para que estes possam ser interpretados por sistemas eletrônicos e micro controladores [5]. Eles estão instalados em pontos estratégicos do motor e tem como finalidade coletar sinais para que a ECU possa analisar e decidir qual estratégia seguir.

Os principais sensores utilizados pela central de um automóvel são [5]:

- TPS (Throttle Position Sensor) - Este sensor informa a porcentagem do quanto foi pressionado o pedal do acelerador.
- CTS (Coolant Temperature Sensor) - Informa à ECU a temperatura da água do radiador que é muito parecida com a temperatura do motor. Quanto menor for a temperatura, maior a necessidade de combustível para o motor.
- ATS (Air Temperature Sensor) - Informa à ECU a temperatura do ar que entra no motor, assim determinando a quantidade de combustível adequado para uma combustão eficiente.
- MAP (Manifold Absolute Pressure) - Responsável por informar a pressão formada dentro do coletor de admissão, entre a borboleta e o motor.
- Sensor de Rotação - Informa para a ECU a rotação do motor e, na maioria dos sistemas, a posição dos pistões, para a ECU definir a hora certa para a injeção de combustível e ignição.

- Sonda Lambda ou Sensor de Oxigênio - Este sensor fica alojado no escapamento. Ele informa à ECU sobre a presença de oxigênio nos gases resultantes da combustão. É responsável pela dosagem correta do combustível a ser injetado, pois tem a função de enviar a informação da quantidade de oxigênio que resulta nos gases de escape e é em função desta informação que a ECU libera a quantidade de combustível correta. Em automóveis que funcionam com mais de um combustível (álcool/gasolina) a ECU consegue identificar o combustível utilizado, ou a porcentagem de cada um deles, através do sinal deste sensor.

O presente trabalho considera os sensores Lambda, TPS e MAP a serem calculados com exatidão máxima através da matemática intervalar [3]. Os demais sensores CTS, ATS e de Rotação serão futuramente estudados e aplicados na Teoria Intervalar [3].

D. Matemática Intervalar

A Matemática Intervalar é uma teoria matemática introduzida na década de 1960 que tem como objetivo fundamental o tratamento automático dos erros em Computação Científica [2]. Nesta abordagem, os valores reais, também conhecidos como pontuais, são armazenados através de intervalos, cujos extremos são pontos flutuantes.

A aritmética intervalar utiliza intervalos reais para representar valores infinitos, valores desconhecidos ou para representar valores contínuos que podem ser conhecidos ou não. Os intervalos servem para representar dados inexatos, aproximações e erros de truncamento de procedimentos [2].

Na matemática intervalar, o valor real x é aproximado por um intervalo x , que possui como limites inferior e superior números de máquina de forma que o intervalo contenha x . O tamanho deste intervalo pode ser usado como medida para avaliar a qualidade de aproximação [2]. Os cálculos reais são substituídos por cálculos que utilizam a aritmética intervalar [3].

Os intervalos encapsulam os dados reais considerando o erro máximo que pode ter ocorrido. Os erros (de arredondamento e/ou truncamento) que surgem posteriormente e que se propagam em todo processo computacional são tratados pela aritmética intervalar e pelos arredondamentos direcionados, que, pelo princípio da máxima exatidão, garantem o controle rigoroso dos erros nos resultados de computações numéricas. Assim, ao final do processo matemático-computacional, tem-se uma estimativa da influência dos erros de entrada no resultado final obtido. Esta é uma análise automática, indicada pelo diâmetro do resultado intervalar final.

É importante ressaltar que existem questões do tipo: “Por que utilizar técnicas intervalares se existem na maioria dos sistemas de computadores bibliotecas matemáticas avançadas e eficientes, que resolvem a maioria dos problemas?”.

A justificativa do uso de técnicas intervalares, inicia pelo fato de que os computadores empregam aritméticas chamadas

de ponto flutuante ou ponto fixo. Nestas aritméticas, números reais são aproximados para um subconjunto finito de números reais chamados números de máquina representáveis. Devido esta representação são gerados alguns tipos de erros. O primeiro tipo de erro ocorre quando um valor real de entrada é aproximado para um número de máquina. O segundo tipo de erro é causado pelos resultados intermediários gerados na execução de cada operação e que vão se acumulando. Existe ainda um outro tipo de erro que está relacionado com a incerteza dos dados de entrada, o que acontece muito no caso de experimentos físicos e químicos onde os dados de entrada são incertos. [2]

No processo de resolução de problemas podem ser constatadas algumas fontes de erros: erros de propagação nos dados iniciais, erros de arredondamento e erros de truncamento, causados ao se trincar sequências infinitas de operações aritméticas, após um número finito de etapas. Neste contexto percebe-se a importância de técnicas intervalares. Ressalta-se que uma resposta intervalar carrega com ela a garantia de sua incerteza. Um valor pontual não carrega medidas de sua incerteza. Mesmo quando uma análise de sondagem do erro é executada, o número resultante é somente uma estimativa do erro que pode estar presente.

São muitas as aplicações de intervalos e nas mais diversas áreas, tais como: programação matemática, manipulação de equações, análise e projeto de circuitos elétricos, psicologia matemática, estatística, equações diferenciais, física e muitos outros [8].

Salienta-se que na literatura pesquisada não encontrou-se a teoria intervalar aplicada a solução de problemas que envolvem sensores e injeção eletrônica de motores.

III DESENVOLVIMENTO

Para fazer a abordagem intervalar aos cálculos dos sensores da injeção eletrônica, foram escolhidos primeiramente os sensores Lambda, TPS e MAP pois, estes são os sensores mais importantes para o funcionamento do sistema de injeção eletrônica [1].

O sensor MAP tem um papel significativo nos sistemas de gerenciamento de motor já que ele informa a ECU com qual carga o motor está trabalhando e calcula a melhor quantidade de combustível para a determinada massa de ar, enquanto o sensor TPS é utilizado para definir a posição do acelerador, e com isso a ECU identifica em qual regime está o motor, marcha lenta (acelerador em posição de descanso), plena carga (acelerador em final de curso) ou aceleração rápida. A sonda Lambda gera um sinal elétrico para que a ECU possa definir a quantidade de combustível a ser injetado, garantindo uma mistura ar/combustível ideal [10].

A seguir descreve-se os sensores Lambda, TPS e MAP, as respectivas equações, os cálculos considerando dados reais e, com a representação dos dados de entrada pontuais em intervalos com uma precisão $\delta=0,00001$, os intervalos solução para cada sensor.

A. Sensor Lambda

Para que a ECU possa fazer correções no tempo de injeção é necessário verificar em qual estado encontra-se a mistura ar/combustível, para isto é utilizado o sensor que mede os níveis de oxigênio nos gases de escape, que também recebe o nome de sonda lambda.

Para se queimar uma massa de 14,7 kg de ar, é necessário 1 kg de gasolina. Quando a relação da mistura é ideal, recebe o nome de relação estequiométrica. Caso essa mistura esteja fora do especificado, se diz que a mesma está pobre ou rica [9]. Para identificar se uma mistura é rica, pobre ou ideal é necessário calcular o valor do Fator Lambda, representado pelo símbolo λ , que assume um valor que é definido por (1):

$$\lambda = \frac{\text{relação ar/combustível}}{\text{relação estequiométrica}} \quad (1)$$

O valor $\lambda = 1$ é uma indicação de que a mistura ar/combustível é ideal. Se $\lambda < 1$, a mistura é considerada rica, pois haverá sobra de combustível resultando em um elevado consumo de combustível e maior emissão de poluentes. Em caso de $\lambda > 1$, onde se tem mais ar do que combustível, a mistura é dita pobre e resultará em um superaquecimento do motor.

Através da matemática intervalar, foi calculado o coeficiente λ da sonda lambda com o objetivo de controlar a propagação de erros nos cálculos executados pela sonda. Considerando que a relação combustível/ar ideal é de 1g de gasolina para cada 14,7g de ar, e, se estimarmos que a mistura real queima 15g de gasolina, temos que

$$\lambda = \frac{15g}{14,7g} = 1,020408163$$

uma mistura considerada “pobre” pela ECU. Porém, para esta estimativa podemos calcular com exatidão máxima através da matemática intervalar considerando uma representação de $\delta = 0,00001$ para os valores reais da mistura real e mistura ideal, obtém-se como resultado o Lambda Intervalar

$$\lambda I = [1,020406789; 1,020409538].$$

B. Sensor TPS

O sensor de posição de borboleta tem como função informar a unidade de comando sobre a posição angular em que a borboleta de aceleração se encontra. Conforme a angulação da borboleta mais ou menos ar é admitido para dentro do motor, possibilitando saber a que carga o motor está trabalhando, assim podendo definir o avanço ou atraso da ignição [9]. Basicamente é um potenciômetro linear. Assim com o movimento de abertura da borboleta, altera-se a posição do curso sobre uma trilha. O funcionamento do sensor TPS é regido por (2):

$$V0 = Vs * \left(\frac{\theta i}{\theta t}\right) \quad (2)$$

onde $V0$ é a tensão de saída, Vs é a tensão de alimentação, θi é o ângulo do potenciômetro e θt é o ângulo máximo do potenciômetro. As tensões são medidas em volts e os ângulos

em graus ou radianos. A tensão de alimentação V_s é tabelada e vale 5V. O ângulo máximo do potenciômetro é de 24°. No sensor de posição de borboleta, o sinal de referência varia de 0 a 5 volts, sendo 0 fechado e 5 totalmente aberto.

Para o cálculo efetuado, estimou-se uma angulação de 22° para a posição da borboleta. Portanto, de acordo com (2), temos que

$$V_0 = 5 * \left(\frac{22}{24}\right) = 4,58333333 \text{ Volts.}$$

Calculando com exatidão máxima através da matemática intervalar e considerando uma precisão de $\delta = 0,00001$, obtém-se como resultado o TPS Intervalar, $TPSI = [4,583320173; 4,583346492]$ Volts.

C. Sensor MAP

O sensor de pressão absoluta do coletor de admissão, também chamado de sensor MAP, tem por função informar a unidade de comando sobre as variáveis da pressão do coletor de admissão, pressão essa chamada de absoluta uma vez que se considera a pressão atmosférica (1 BAR ao nível do mar - aproximadamente). No sistema de injeção este sensor tem uma papel fundamental, pois é responsável pela indicação da carga do motor. Com isso, a unidade de comando pode determinar o avanço ideal da centelha, substituindo o antigo avanço automático a vácuo do distribuidor.

Atualmente, sensores MAP fazem parte dos sistemas de controle de motores de combustão interna e medem o vácuo no duto de admissão. Quando o motor realiza um ciclo de admissão, um dado cilindro gera uma redução de pressão no duto de admissão para receber a mistura ar-combustível. A pressão nesse duto é informada à ECU que então calcula a vazão mássica de ar (MAF) através da (3):

$$MAF = \frac{(RPM * MAP * volume * MM)}{IAT * R} \quad (3)$$

onde:

MAF = vazão mássica de ar [g/min]

RPM = rotação do motor [min^{-1}]

MAP = pressão absoluta no coletor de admissão [kPa]

volume = volume do cilindro multiplicado pelo número de cilindros [L]

MM = massa molecular do ar (aproximadamente 28,97 g/mol)

R = constante dos gases perfeitos (aproximadamente $8,314416 \text{ J} * (\text{mol} * \text{K})^{-1}$)

IAT = temperatura da mistura ar-combustível admitida [K].

Para os cálculos efetuados dos sensores Lambda, TPS, MAP adotados no presente trabalho foram usados os dados obtidos através do sistema OBD (*on-board diagnostic*) de um veículo Chevrolet Suburban ano 1999, movido a gasolina, equipado com um motor de 5733cc de cilindrada e eficiência

volumétrica de 34%. A temperatura para a mistura ar-combustível admitida era de 27,372°C (300,372K). Os dados do sistema OBD foram coletados com o veículo funcionando em marcha lenta, com rotação do motor de, aproximadamente, 2131 RPM e fluxo de massa de ar igual a 64,64 g/s ou 3878,4 g/min.

O resultado da pressão absoluta no coletor de admissão utilizando a matemática pontual resultou em $MAP = 80,95768423$ kPa.

Calculando com exatidão máxima através da matemática intervalar considerando uma representação de $\delta = 0,00001$, obtém-se como resultado um MAP intervalar = $[80,94178988; 80,95809855]$ kPa.

IV DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A fim de calcular com maior exatidão os valores obtidos pelos sensores, consideramos os intervalos com uma precisão de $\delta=0,00001$ na representação dos valores reais em intervalos. Na Tabela 1 encontram-se os resultados reais e intervalares obtidos para cada sensor.

Tabela 1. Resultados do Valor Real e Intervalar

Sensores	Valor Real	Valor Intervalar
Lambda	1,020408163	[1,020406789; 1,020409538]
TPS	4,583333333	[4,583320173; 4,583346492]
MAP	80,95768423	[80,94178988; 80,95809855]

Para verificar a qualidade do intervalo solução usualmente utiliza-se duas medidas de erros [2], sendo elas:

-Erro Absoluto:

$$EA = |x - m(X)| < w(X)/2,$$

onde $m(X)$ é o ponto médio do intervalo X e $w(X) = |x_{\text{máx}} - x_{\text{mín}}|$ é o diâmetro do intervalo X , $x_{\text{máx}}$ é o extremo superior do intervalo e o $x_{\text{mín}}$, o extremo inferior do intervalo.

-Erro Relativo:

$$ER = |(x - m(X)) / x| \leq (w(X)) / (2 \min|X|) \text{ se } 0 \notin X,$$

onde $|X| = \{|X| : x \in X\}$ e $\min|X|$ é o extremo inferior do intervalo X .

A Tabela 2 apresenta o Erro Absoluto para os sensores Lambda, TPS e MAP. Saliencia-se que o erro é calculado com base nos valores reais e intervalares (através do ponto médio e diâmetro dos intervalos) da Tabela 1.

Tabela 2. Resultado do Erro Absoluto

Sensores	Erro Absoluto
Lambda	$5 \times 10^{-10} < 1,3745 \times 10^{-6}$
TPS	$5 \times 10^{-10} < 1,31595 \times 10^{-5}$
MAP	$7,740015 \times 10^{-3} < 8,1543355 \times 10^{-3}$

Verifica-se que os intervalos solução da Tabela 1 encapsulam os valores reais dos sensores, e através do Erro Absoluto constata-se diferença na 10ª casa decimal, resultado importante o qual ratifica que os intervalos possuem qualidade de representação do valor real.

Na Tabela 3 encontram-se os Erros Relativos dos sensores, calculados a partir dos respectivos Erros Absoluto em relação ao valor real conforme a Tabela 1.

Tabela 3. Resultado do Erro Relativo

Sensor	Erro Relativo
Lambda	$4,9 \times 10^{-10} \leq 1,34701181 \times 10^{-6}$
TPS	$1,090909 \times 10^{-10} \leq 2,87117188 \times 10^{-6}$
MAP	$9,56056868 \times 10^{-5} \leq 1,00743201 \times 10^{-4}$

Verifica-se que os intervalos dos sensores da Tabela 1 apresentam diferença na 10ª casa decimal (para Lambda e TPS) e na 5ª casa para o sensor MAP. Esta diferença em relação ao valor real indica que o intervalo solução apresenta uma boa representação de aproximação do valor real.

Considerando os resultados das medidas de qualidade descritos nas Tabelas 2 e 3, pode-se afirmar que os sensores calculados através da matemática intervalar apresentaram intervalos solução com boa qualidade, o que garante uma excelente representação e exatidão em relação ao valor real. Todavia, verifica-se que a utilização da teoria matemática intervalar apresentou uma exatidão maior, diminuindo os erros e garantindo solução de forma mais confiável, retornando resultados mais precisos para o valor dos sensores. Isso é de suma importância pois, numa situação real, esses resultados tem influência direta no desempenho do motor em seu uso diário.

CONCLUSÃO

Quando se trabalha com computação numérica, um dos fatores de maior importância é a exatidão da resposta desses cálculos. O que sempre se procura são resultados cada vez mais precisos e com um menor erro possível contido neles.

Salienta-se que o foco é a obtenção de maior exatidão em cálculos computacionais e também a necessidade de controlar a propagação dos erros durante todos os processos que envolvem o cálculo, contudo o uso da aritmética intervalar torna-se importante na qualidade dos resultados atingidos, uma vez que os intervalos garantem a sua incerteza.

O presente trabalho propôs uma solução intervalar, através da aplicação da matemática intervalar, nos cálculos operacionais de três importantes sensores do sistema de injeção eletrônica: o sensor de oxigênio - sensor Lambda, o sensor de posição da borboleta – sensor TPS e o sensor de pressão absoluta no coletor de admissão - sensor MAP. Verificou-se, através de exemplos, que é possível obter resultados mais confiáveis e com exatidão máxima através da Teoria Intervalar, obtendo um melhor rendimento para o funcionamento da injeção eletrônica, uma vez que a propagação dos erros inerentes ao processo computacional é controlado pela matemática intervalar.

Uma mistura ar/combustível de qualidade é fundamental para que o motor de um veículo possa ter excelência em seu funcionamento. Tendo isso em vista, efetuar os cálculos de funcionamento da injeção eletrônica com exatidão máxima, através da utilização da matemática intervalar, é de suma importância, já que os resultados reais carregam a incerteza.

Verifica-se, através das medidas de erros (absoluto e relativo), a qualidade do intervalo solução. Os resultados obtidos com a teoria intervalar demonstram que esse tipo de abordagem fornece resultados mais exatos e confiáveis. Na prática, isso implica em melhor eficiência para o rendimento do motor, gerando uma menor quantidade de poluentes emitidos e otimizando o consumo de combustível.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem pelo aporte financeiro do Programa de Bolsas de Iniciação Científica FIPE/UFSM.

REFERÊNCIAS

- [1] DENTON, T. Automobile electrical and electronic systems. 3rd. ed. Londres: Elsevier, 2004.
- [2] H. Ratschek and J. Rokne, New Computer Methods for Global Optimization. Ellis Horwood, 1988.
- [3] R. E. Moore, Interval Analysis. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1966.
- [4] R. B. R. Protásio, Implementação de um Sistema de Injeção e Ignição Eletrocineticamente Controlados num motor de Comutação Interna, Dissertação de Mestrado Faculdade de Engenharia, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2012.
- [5] E. H. C. Teixeira, Módulo de Injeção Eletrônica Universal, Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Elétrica, Universidade São Francisco, Itatiba/SP, 2012.
- [6] FIGUEIREDO, Luís F. Injeção eletrônica. Publicada em: 14 dez. 2004. Disponível em: <https://www.webmotors.com.br/wmpublicador/Dicas_Conteudo.vxlpu b?hmid= 34401>. Acesso em: 03 agosto 2016.
- [7] AIRD, Forbes. Bosch Fuel Injection Systems. HP Books, 2001J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.
- [8] R. B. Kearfott and V. Kreinovich, Applications of Interval Computations: an introduction. Dordrecht: Kluwer, 1996.
- [9] FERRARI, Biagio. Injeção é bico Uma simples introdução. Publicado em: 2007. Disponível em: <<http://www.motonline.com.br/tecnica/tecnica-injecao-e-bico.html>> Acesso em: 06 ago 2016.
- [10] BOSCH. Injeção Eletrônica. Disponível em: <<http://www.bosch.com.br/br/autopecas/produtos/injecao/index.html>>. Acesso em: 29 jul. 2016.