

Sistemas de ignição por compressão em motores do automóvel

Paulo Sérgio Santos, Luís Carrilho Gonçalves, Pedro Dinis Gaspar e Luís Carlos Pires

Departamento de Engenharia Electromecânica

Universidade da Beira Interior

Calçada Fonte do Lameiro – Covilhã

Telf: +351 275 329 925; fax: +351 275 329 972; e-mail: m2379@ubi.pt, carrilho@ubi.pt, dinis@ubi.pt, pires@ubi.pt

Resumo — Desde a década de 30 que o motor de ignição por compressão (motor Diesel) é utilizado como meio de propulsão do automóvel. Ao longo de todos estes anos tem sofrido uma grande evolução tecnológica, assente no mesmo princípio de funcionamento. Para responder aos desafios que actualmente se colocam da diminuição do consumo de combustível e do tratamento dos gases resultantes da combustão, surgiu o sistema de ignição por compressão de carga homogénea (HCCI), tecnologia adaptável às arquitecturas de motor a gasolina convencionais. É apresentada uma análise do sistema de ignição por compressão do ciclo Diesel e do HCCI.

O motor de ignição por compressão

Nos motores de ignição-compressão é introduzido ar no cilindro durante parte da admissão e na compressão. Nos motores de ignição-explosão é introduzida no cilindro uma mistura combustível. As razões de compressão dos motores ignição-compressão podem ser mais elevadas não há o perigo de auto-detonação, usando-se valores na gama 12 a 24. O ar atmosférico é introduzido no curso de admissão e comprimido a cerca de 4MPa e 800K durante o processo de compressão. Cerca de 20° antes do ponto morto superior, inicia-se a injeção. O combustível líquido é atomizado, vaporizado e incorporado no ar. Após a evaporação, a mistura com o ar é feita em proporções próximas das de ignição.

A temperatura e a pressão são superiores às do ponto de ignição do combustível, pelo que após algum atraso, é iniciada a ignição espontânea de partes da mistura “não uniforme” ocorrendo um aumento da pressão. A chama propaga-se rapidamente ao combustível que se misturou com ar suficiente para queimar. À medida que se dá o processo de expansão, a mistura e a queima continuam. [1]

O ciclo Diesel

O ciclo Diesel representa em teoria o funcionamento do motor com o mesmo nome. O processo de injeção de combustível inicia-se quando o êmbolo se aproxima do ponto morto superior e continua durante a primeira parte do curso de expansão.

O processo de combustão no ciclo de Diesel aproxima-se a um processo de adição de calor a pressão constante. Pela observação dos diagramas $P-v$ e $T-s$ do ciclo Diesel ideal, (Figura 1), o processo 1-2 é de compressão isentrópica, o 2-3 de adição de calor a pressão constante, o 3-4, de expansão isentrópica e o 4-1, de rejeição de calor a volume constante. [2]

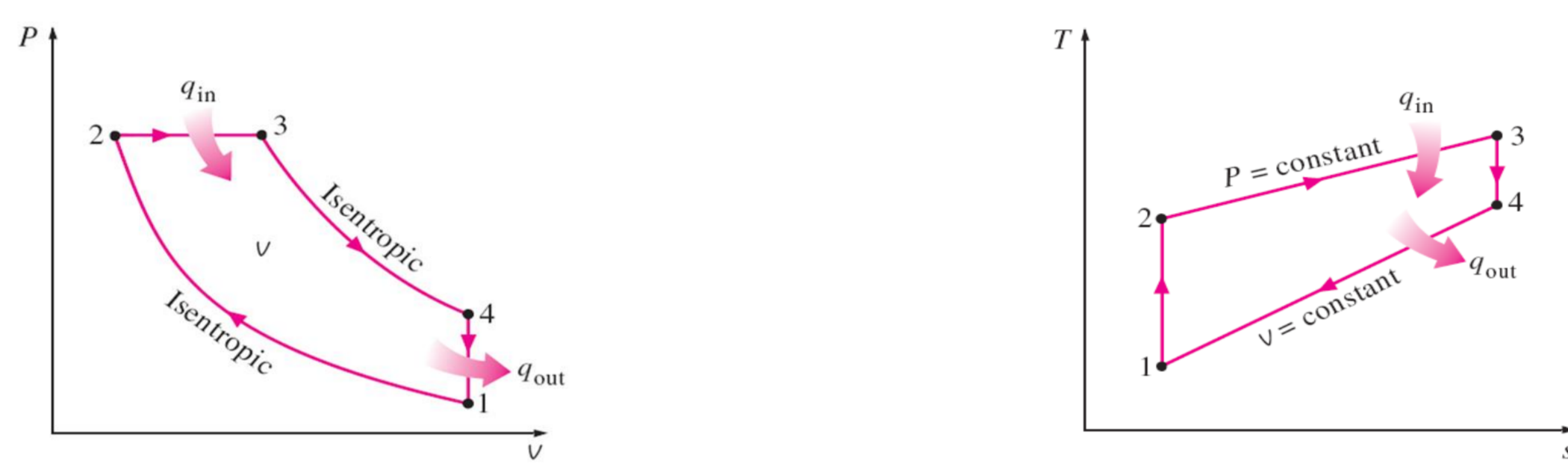


Fig. 1. Diagramas $P-v$ e $T-s$ do ciclo de Diesel ideal. [2]

Ignição por compressão

A ignição produz-se de uma forma espontânea mas não instantânea. Apresenta-se, (Figura 2), um esquema compreensivo do processo de ignição onde podemos diferenciar-se três processos: formação da mistura, inflamação e combustão total.

Formação da mistura - Este processo produz-se no mesmo momento que o combustível entra para o interior da quente e densa atmosfera reinante no interior do cilindro, com o ar a atingir a sua máxima pressão.

Inflamação - Uma vez cumpridas as condições anteriores, o combustível tem de oxidar-se para que se possa produzir uma ignição/inflamação.

Combustão total - Ocorre no tempo final do processo. Como se indica, (Figura 2), pode produzir-se uma combustão completa se se derem as condições totalmente favoráveis de temperatura, concentração de oxigénio e de combustível. [3]

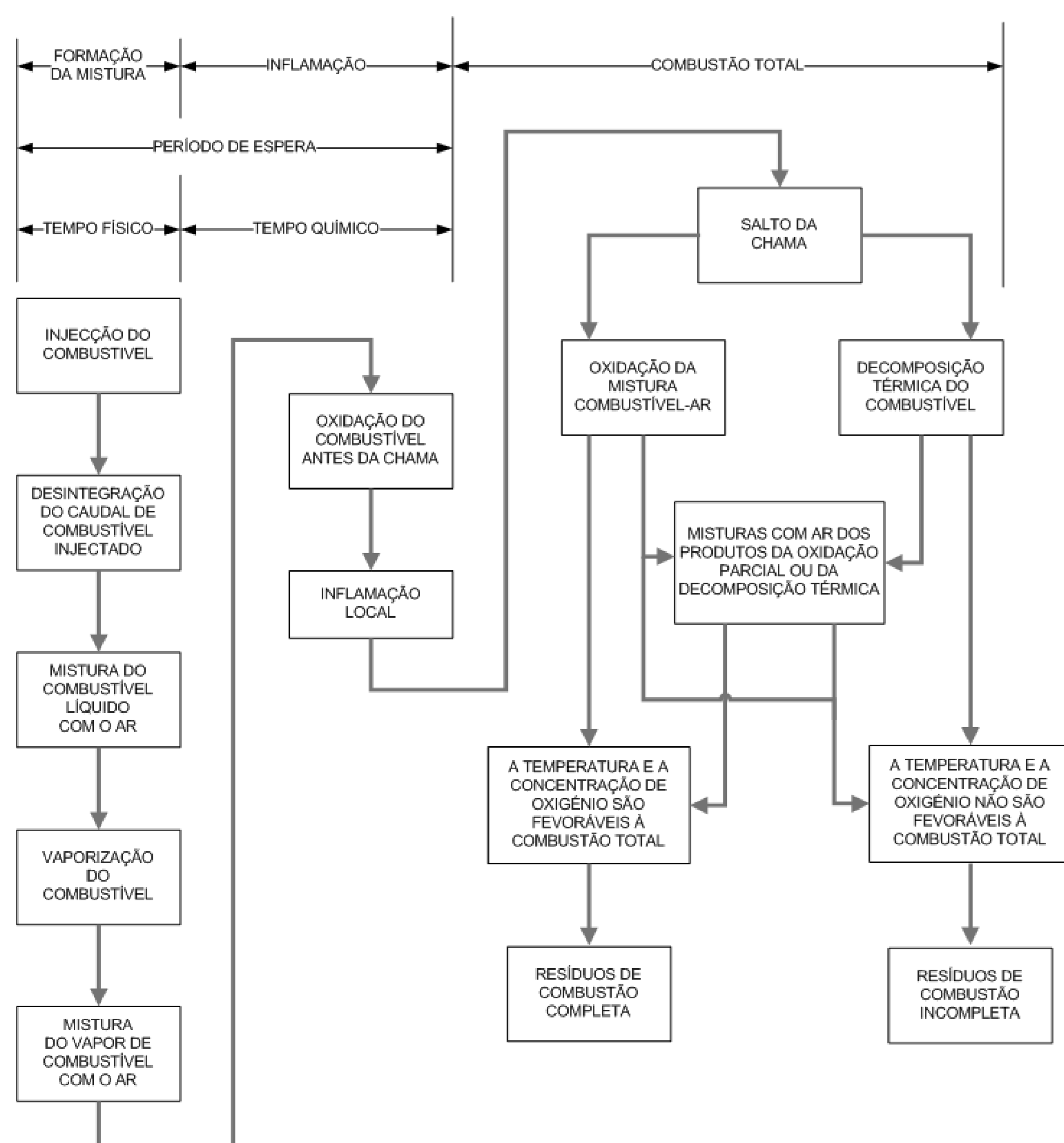


Fig. 2. Esquema do processo de ignição Diesel. [3]

A ignição final

Vejam o gráfico (Figura 3). A linha a cheio espessa, indica o valor das pressões que se vão obtendo à medida que o êmbolo ascende no seu trajecto de compressão e desce até ao ponto morto inferior (PMI). Partindo desde o primeiro ponto morto inferior (PMS), à medida que o êmbolo ascende, vai aumentando a pressão pela compressão do ar. Antes de a compressão ter finalizado tem início o processo da injeção. Assim, em 1 já se iniciou a injeção. Inicia-se então a combustão final, que faz aumentar rapidamente a pressão, até ao ponto máximo (C), ultrapassando-se o PMS. A combustão continua enquanto o êmbolo vai descendo no seu curso.

A zona representada por 2 é o avanço da injeção e o seu cálculo determina os graus do PMS em que se vai iniciar a injeção para que esta se produza tal como se indica no gráfico. Pela mesma razão podemos dizer que em 3 temos a duração da injeção, que se inicia antes do PMS, ocorrendo um atraso, uma vez já ultrapassada pelo êmbolo na linha do ponto morto superior. [3]

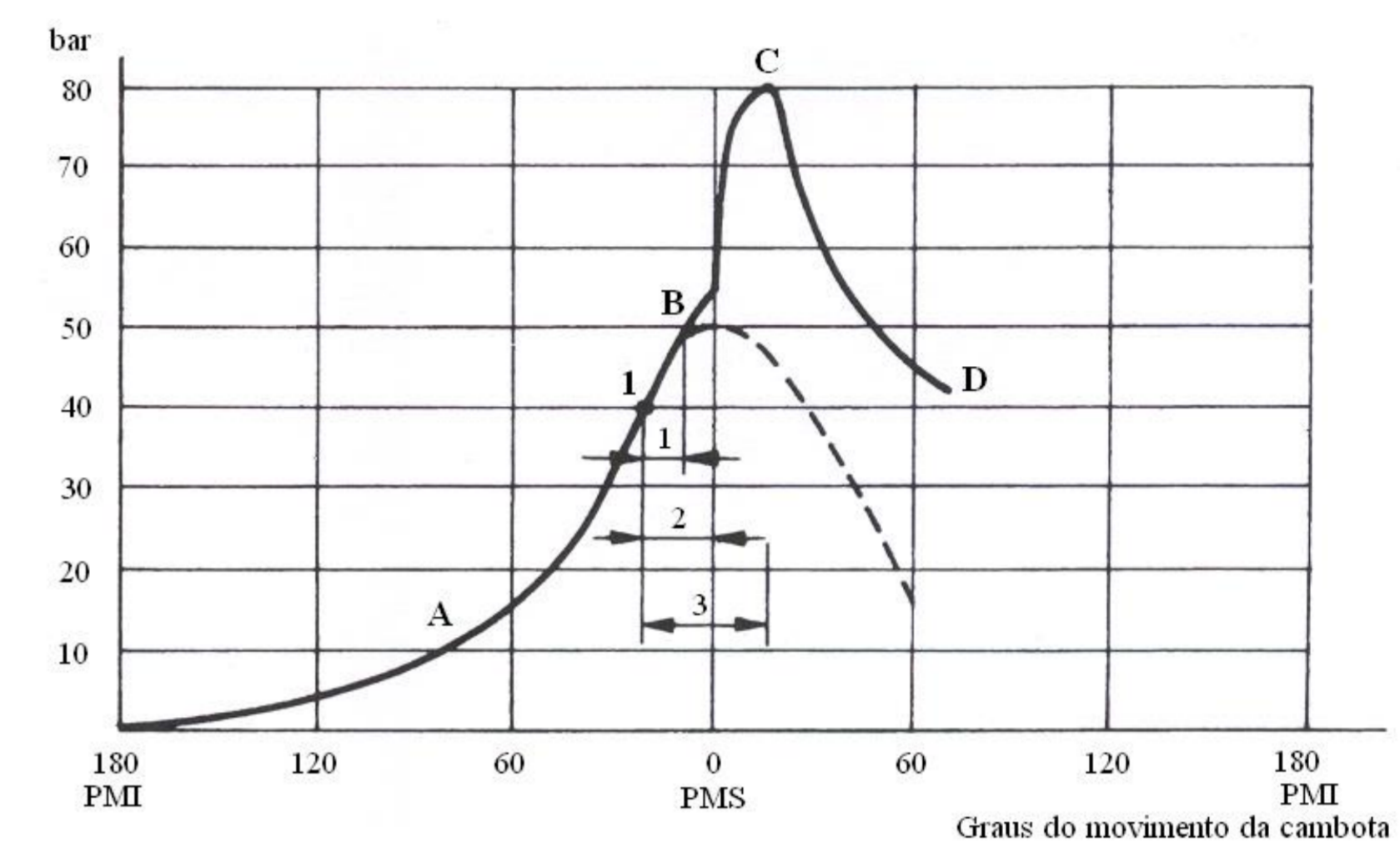


Fig. 3. Representação do ciclo do motor Diesel. [3]

Velas de incandescência

As velas de incandescência, existem para combater as perdas de calor: Ao efectuar uma “incandescência prévia” e aquecer a câmara de combustão, compensam as condições de arranque menos favoráveis. As velas de incandescência modernas, mantêm o estado incandescente até o motor atingir a temperatura de operação necessária.

Existem velas de incandescência de aço e cerâmicas, para diferentes tensões eléctricas da bateria e com características de incandescência especiais.

As velas de incandescência de vara metálica, (Figura 4(a)), possuem uma resistência helicoidal alojada numa vara incandescente, executada em metal de alta resistência térmica. Um material cerâmico, óxido de magnésio, no interior da vara de aquecimento, protege as resistências helicoidais de vibrações e golpes.

Nas velas de incandescência cerâmicas, (Figura 4(b)) a resistência helicoidal da vela, possui um ponto de fusão alto. Além disso é coberta por nitrito de silicone, um material cerâmico extremamente resistente. [4]

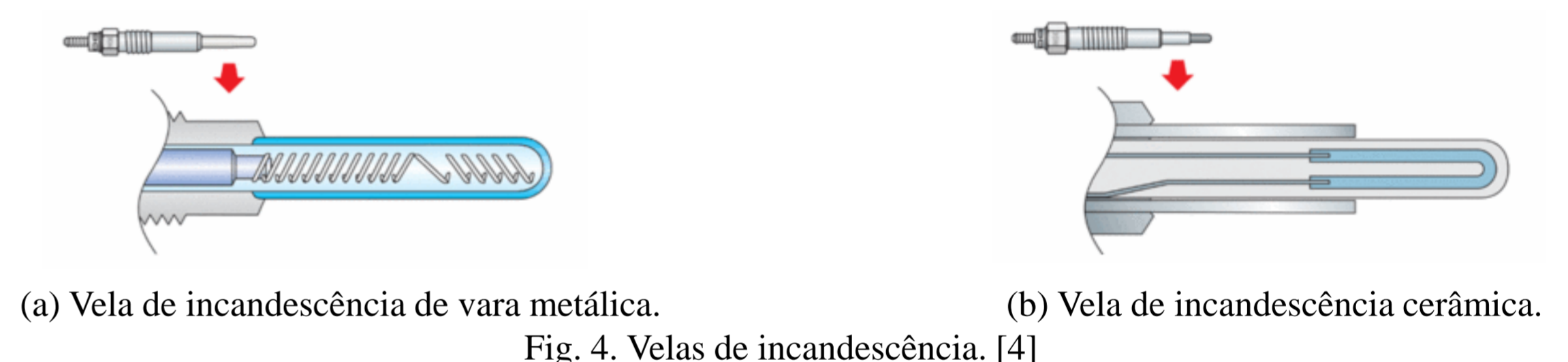


Fig. 4. Velas de incandescência. [4]

Ignição por compressão de carga homogénea (HCCI)

Num motor HCCI (High Compression Charge Ignition) a ignição da mistura combustível/ar ocorre através da sua compressão no cilindro. O HCCI produz uma libertação de energia sem “chama” e de baixa temperatura em toda a câmara de combustão. Todo o combustível presente na câmara é queimado quase simultaneamente, o que produz uma potência semelhante aos actuais modelos convencionais a gasolina, mas utilizando para tal uma menor quantidade de combustível, (Figura 5).

O calor é um facilitador necessário para o processo HCCI, pelo que o motor utiliza uma ignição tradicional por faísca enquanto trabalha a frio para gerar calor no interior dos cilindros, aquecer rapidamente o catalisador de escape e permitir o funcionamento do sistema HCCI. Uma vez em modo HCCI, a mistura é pobre, pelo aumento do excesso de ar.

Principais destaques da tecnologia HCCI: eficiência do motor próxima de um Diesel com custos de pós-tratamento de gases substancialmente reduzidos (sem NO_x , CO_x , ...); utiliza as tecnologias comprovadas de injeção directa de motores a gasolina e comando variável de válvulas, adaptável a arquitecturas de motor a gasolina convencionais. [5]

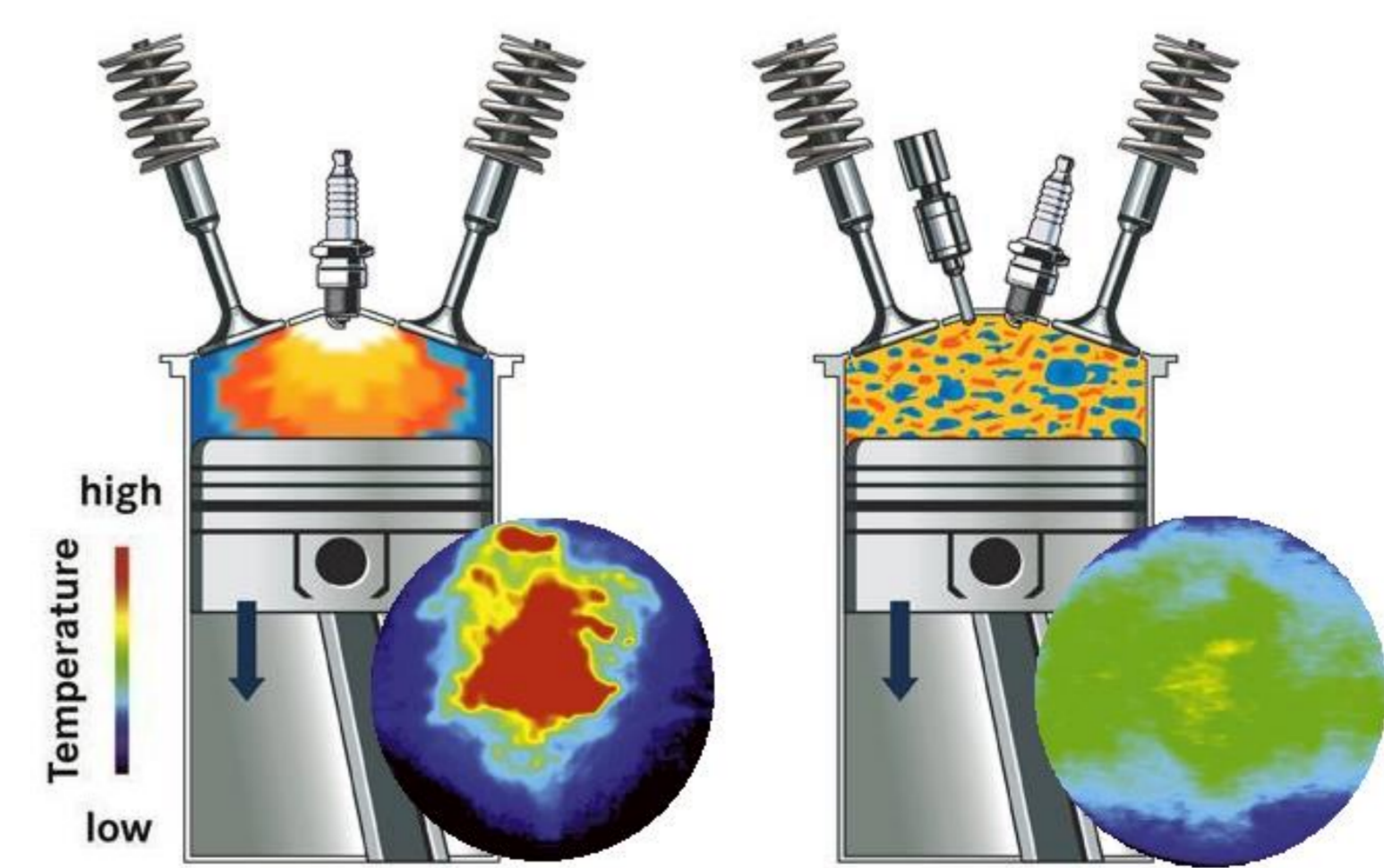


Fig. 5. Temperaturas na câmara de combustão.

Referências

- [1] Brójo, F., Apontamentos de Motores Térmicos (2222), Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Electromecânica, Universidade da Beira Interior, Ano lectivo 2003/2004
- [2] Çengel, Y. A., Boles, M. A., Termodinâmica, Editora McGraw-Hill de Portugal, L. da, 3ª edição, Alfragide, 2001
- [3] Castro, M., Manual de Injeção Diesel, Plátano Edições Técnicas, Lisboa, 1990
- [4] “Para que velas de incandescência?”, disponível on-line: <http://www.ngk-dpower.com/pt/technik/>, acedido a 7 de Abril de 2009
- [5] “GM testa nova tecnologia de combustão”, disponível on-line: <http://motores.sapo.pt/artigo/8653>, acedido a 21 de Abril de 2009