

# Tudo acerca de velas de incandescência

Informações  
técnicas  
N.º 4



# Índice

<i>O motor diesel</i>	<b>3</b>
Função	3
Arranque a frio	3
Sistema de injeção	4
<i>Velas de incandescência tipo lápis com regulação automática</i>	<b>5</b>
Requisitos de uma vela de incandescência moderna	5
Concepção e função	6
Velas de incandescência de pós-aquecimento (GN)	7/8
<i>O Sistema de Arranque Instantâneo (ISS)</i>	<b>9</b>
Conceito do sistema	9
Controlo electrónico	9
<i>Desempenho superior sob pressão</i>	<b>10</b>
<i>Qualidade BERU</i>	<b>11</b>
<i>Concepções baratas - algo que deve dispensar</i>	<b>12</b>
<i>Causas de avaria nas velas de incandescência</i>	<b>13</b>
<i>Dicas de oficina</i>	<b>14</b>
Dispositivo de teste da vela de incandescência:	
Testar sem remover as velas	14
Como iniciar o motor diesel de forma rápida e segura	14
Binários	15
Escareador BERU: para uma limpeza rápida e fiável do orifício da cabeça do cilindro	15

# O motor diesel

## Função

Os motores diesel são motores de ignição por compressão, ou seja: o combustível injectado é sujeito a ignição sem ser necessária uma faísca de ignição. O ciclo de combustão é accionado em três passos:

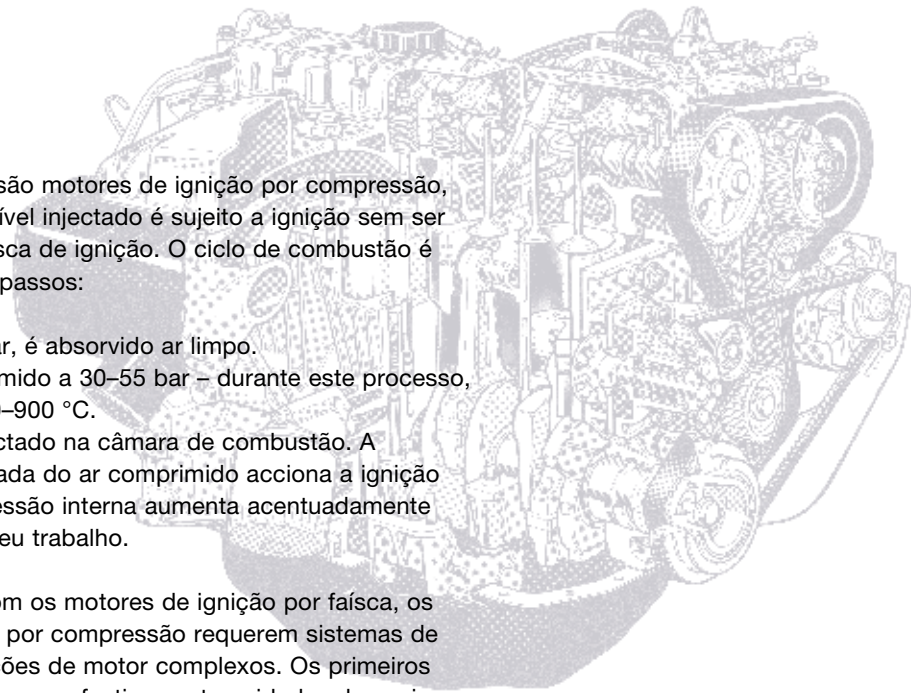
1. Em primeiro lugar, é absorvido ar limpo.
2. Este ar é comprimido a 30–55 bar – durante este processo, aquecerá até 700–900 °C.
3. O gasóleo é injectado na câmara de combustão. A temperatura elevada do ar comprimido acciona a ignição automática, a pressão interna aumenta acentuadamente e o motor faz o seu trabalho.

Em comparação com os motores de ignição por faísca, os motores de ignição por compressão requerem sistemas de injeção e concepções de motor complexos. Os primeiros motores diesel não eram efectivamente unidades de accionamento muito convenientes ou de funcionamento suave. Devido ao processo de combustão „dura“, faziam muito barulho em estado frio. As características típicas incluíam uma relação alimentação/peso mais elevada, uma saída baixa por litro de deslocamento, assim como um desempenho de aceleração mais baixo. Graças ao desenvolvimento contínuo da tecnologia de injeção e das velas de incandescência, foi possível eliminar todas estas desvantagens. Actualmente, o motor diesel é considerado uma fonte de alimentação equivalente ou mesmo superior.

## Arranque a frio

A expressão „arranque a frio“ descreve todos os processos de arranque que ocorrem enquanto o motor e o meio envolvido não atingem a temperatura de funcionamento. Quanto mais baixa for a temperatura, menos favoráveis são as condições para uma ignição rápida e uma combustão completa e ecológica. São utilizadas determinadas medidas de apoio como auxílio durante o arranque a frio e de forma a que o arranque não seja demasiado longo ou mesmo impossível. Estas medidas compensam as fracas condições de arranque, dando igualmente início a uma ignição atempada e equilibrada para garantir uma combustão estável.

A vela de incandescência é um componente que auxilia o arranque a frio. Cria condições ideais de ignição para o combustível injectado através de energia térmica gerada electricamente que é conduzida até à câmara de combustão. É indispensável enquanto auxílio para o arranque a frio no caso dos motores com uma câmara de combustão dividida, de forma a garantir que estes podem efectuar o arranque mesmo no intervalo de temperatura que ocorre frequentemente de 10–30 °C. Uma vez que a qualidade do arranque se deteriora consideravelmente a temperaturas abaixo de zero, a vela de incandescência é também utilizada como um auxílio para o arranque a frio no caso dos motores diesel de injeção directa.



# O motor diesel

## Sistemas de injeção

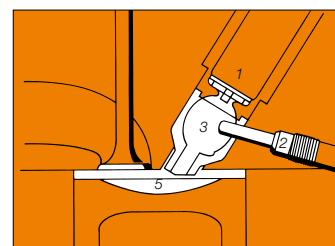
Dependendo da concepção e da configuração da câmara de combustão, é feita uma distinção entre os três sistemas de injeção seguintes nos motores diesel:

1. Sistema de pré-câmara
2. Processo de câmara de turbulência
3. Injeção directa

As velas de incandescência são necessárias para todos os sistemas – para garantir que o combustível injectado pode evaporar e a mistura de combustível-ar é sujeita a ignição na superfície quente da vela.

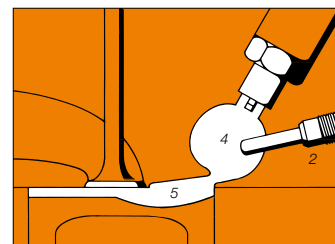
### SISTEMA DE PRÉ-CÂMARA

Neste sistema, a câmara de combustão está dividida em duas partes: uma pré-câmara e a câmara principal. Estas estão ligadas entre si através de vários orifícios (canais de injeção). Durante o curso de compressão, uma parte do ar comprimido é forçada a entrar na pré-câmara. Um pouco antes de chegar ao ponto morto superior, o combustível é injectado através de um bocal directamente na pré-câmara do respectivo pistão. É aqui que ocorre a combustão parcial do combustível injectado. As temperaturas elevadas geradas garantem um aumento rápido da pressão. Assim, todo o conteúdo da pré-câmara é expulso através dos canais de injeção para a câmara de combustão principal, local onde ocorre efectivamente a combustão.



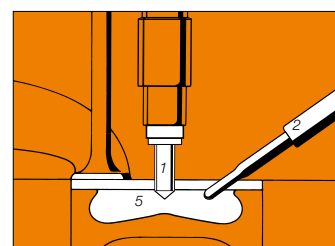
### PROCESSO DE CÂMARA DE TURBULÊNCIA

A câmara de turbulência esférica está configurada na cabeça do cilindro, separadamente da câmara de combustão principal. A câmara de combustão principal e a câmara de turbulência estão ligadas por um canal de injeção de diâmetro amplo. Durante o curso de compressão, o canal de injeção na câmara de turbulência desencadeia a rotação intensiva do ar de admissão. O gasóleo é injectado para este ar de turbulência. A combustão tem início na câmara de turbulência e, em seguida, propaga-se para a câmara de combustão principal.



### INJEÇÃO DIRECTA

Na injeção directa diesel (introdução de combustível-ar), o combustível é injectado a alta pressão através de bocais com orifícios múltiplos para o ar de admissão altamente comprimido para atomização; durante este processo, a concepção da cabeça do pistão especial ajuda à formação da mistura. Durante o arranque, o ar de admissão frio é rapidamente aquecido devido à pressão de compressão elevada. O elemento de aquecimento é projectado para a câmara de combustão principal. Em princípio, a vela de incandescência nos motores de injeção directa tem a mesma função como nos motores de câmara: auxilia a ignição durante o arranque. O elemento de aquecimento de uma vela de incandescência moderna atinge uma temperatura superior a 1000 °C em apenas alguns segundos.



Nos arranques a frio, ocorre geralmente a seguinte situação: o ar frio que é absorvido produz temperaturas mais baixas no final da etapa de compressão. Durante a condução, a temperatura do ar comprimido é adequada para uma ignição automática. No entanto, não é suficiente para o arranque, principalmente a temperaturas exteriores baixas. Mas são as rotações de arranque baixas que apresentam as consequências mais graves. Devido ao longo tempo de espera da carga, a perda de temperatura e pressão é bastante superior do que, por exemplo, durante o tempo de inactividade.

Durante o arranque a frio, o seguinte é sempre aplicável: O ar de admissão frio provocará temperaturas baixas no final da compressão. No entanto, o efeito das rotações do motor mais baixas durante o arranque é mais grave. Devido ao longo tempo de espera da carga, a perda de temperatura e pressão é bastante superior do que, por exemplo, durante velocidades em marcha lenta.

- 1 | Bocal de injeção
- 2 | -Vela de incandescência
- 3 | -Pré-câmara
- 4 | -Câmara de turbulência
- 5 | -Câmara de combustão

# Velas de incandescência tipo lápis com regulação automática

## *Requisitos de uma vela de incandescência moderna*

### TEMPO DE AQUECIMENTO CURTO

As velas de incandescência devem proporcionar uma temperatura elevada dentro do período de tempo mais curto possível para auxiliar a ignição – e devem manter esta temperatura independentemente das condições ambiente, ou mesmo ajustar a temperatura em função das referidas condições.

### REQUISITO DE ESPAÇO PEQUENO

Os motores diesel nos veículos de passageiros com versões de injeção directa e injeção de pré-câmara ou câmara de turbulência e utilização de tecnologia de 2 válvulas possuem normalmente espaço suficiente disponível para bocais de injeção e velas de incandescência.

No entanto, no caso dos motores diesel modernos com sistemas de common rail ou de injeção bomba-bocal e tecnologia de 4 válvulas, o espaço disponível é bastante restrito. Isto significa que o espaço necessário para a vela de incandescência deve ser reduzido a um mínimo, resultando num formato muito fino e longo. Actualmente, as velas de incandescência BERU com diâmetros de tubo de incandescência reduzidos para <3 mm já estão em funcionamento.

### ADAPTAÇÃO PRECISA À CÂMARA DE COMBUSTÃO

Idealmente, a sonda de incandescência deve estar situada precisamente na extremidade do vórtice da mistura - no entanto, deve ainda assim projectar de uma forma suficientemente profunda para a câmara de combustão ou a pré-câmara. Apenas assim é capaz de introduzir devidamente o calor. Não poderá prolongar-se demasiado na câmara de combustão, pois poderá interferir na preparação do combustível injectado e, conseqüentemente, na preparação da mistura para uma mistura de combustível-ar inflamável. Tal aumentaria as emissões de gases de escape.

### VOLUME DE INCANDESCÊNCIA SUFICIENTE

Para além da vela de incandescência, o sistema de injeção assume uma importância significativa no arranque a frio do motor. Apenas um sistema que tenha sido optimizado em termos de ponto de injeção, quantidade e composição da mistura, em conjunto com a posição correcta e a potência térmica da vela de incandescência, garantirá um bom desempenho no arranque a frio. Mesmo após o arranque do motor, a vela de incandescência não poderá ser “descomprimida a frio” pelo aumento de movimento de ar na câmara de combustão. Nos motores com pré-câmara ou câmara de turbulência verificam-se especificamente velocidades de ar muito elevadas na ponta da vela de incandescência. Neste ambiente, a vela funcionará apenas se tiver reservas suficientes, ou seja, se estiver disponível um volume de incandescência suficiente para que o calor possa ser imediatamente conduzido para a zona de descompressão a frio.

As velas de incandescência desenvolvidas pela BERU preenchem estes requisitos da forma ideal. Os engenheiros da BERU trabalham numa relação estreita com a indústria automóvel, principalmente durante a etapa de desenvolvimento do motor. O resultado: um arranque a diesel rápido e ecológico em 2-5 segundos (em conjunto com o Sistema de Arranque Instantâneo (ISS), num máximo de 2 segundos), um arranque fiável até -30 °C, um arranque do motor firme mas suave, com até menos 40% de emissões de partículas de carbono na fase de aquecimento para velas de incandescência de pós-aquecimento (para mais informações, consulte a partir da página 7).





# Velas de incandescência tipo lápis com regulação automática

## Concepção e função

A vela de incandescência BERU engloba basicamente o corpo da vela, a sonda de incandescência com a bobina de aquecimento e de regulação, assim como o parafuso de ligação. A sonda de incandescência resistente à corrosão está pressionada no compartimento de forma a ser à prova de gás. Para além disso, a vela está selada com um anel de vedação ou um componente de plástico no conector. A bateria fornece a energia eléctrica à vela de incandescência. É gerida por uma unidade de controlo electrónico de tempo de incandescência.

### BOBINA DE AQUECIMENTO E BOBINA DE REGULAÇÃO

O princípio básico de uma vela de incandescência moderna consiste na combinação de uma bobina de aquecimento e uma bobina de regulação num elemento de resistência comum único. A bobina de aquecimento é fabricada em material resistente a temperaturas elevadas cuja resistência eléctrica é amplamente independente da temperatura. Juntamente com a parte frontal da sonda de incandescência, forma a zona de aquecimento. A bobina de regulação está ligada ao parafuso de ligação dinâmico; a sua resistência apresenta um elevado coeficiente de temperatura.

Toda a bobina está firmemente envolvida num pó cerâmico comprimido, electricamente isolante mas altamente condutor de calor. Durante a compactação mecânica, o pó é comprimido de tal forma que a bobina fica encaixada como se estivesse fundida em cimento. Proporciona tanta estabilidade que os fios finos da bobina de aquecimento e da bobina de regulação podem resistir permanentemente a todas as vibrações. Embora os enrolamentos individuais estejam dispostos a apenas alguns décimos de milímetro de distância, não ocorrerão curtos-circuitos – e certamente não ocorrerá um curto-circuito no tubo de incandescência, o que destruiria a vela.

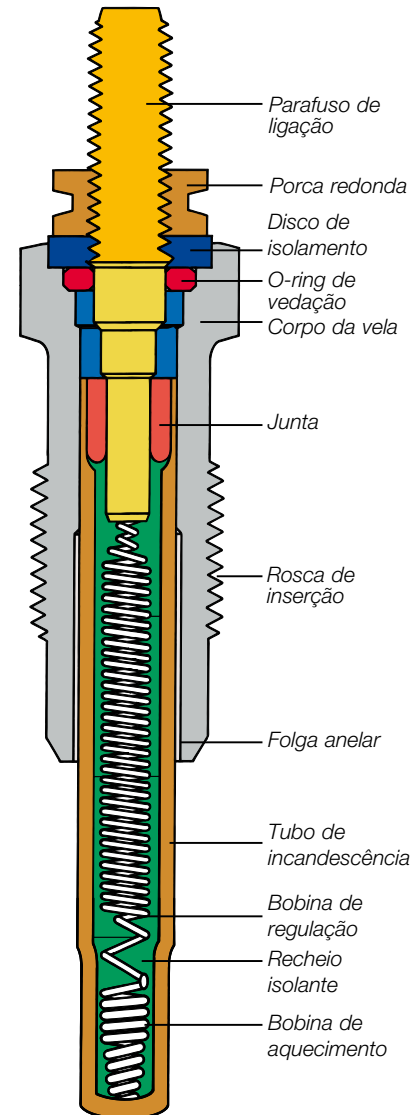
Com os diferentes materiais, comprimentos e diâmetros e com as diferentes espessuras de fios para a bobina de aquecimento e bobina de regulação, é possível alterar os tempos de aquecimento e as temperaturas de incandescência da vela, de acordo com os respectivos requisitos do motor.

### FUNÇÃO

Durante o pré-aquecimento, ocorre inicialmente um fluxo de corrente elevada através do parafuso de ligação e a bobina de regulação para a bobina de aquecimento. Esta última aquece rapidamente, fazendo com que a zona de aquecimento fique incandescente. A incandescência propaga-se rapidamente – após 2-5 segundos, a sonda de aquecimento fica incandescente aproximando-se do corpo da vela. Tal aumenta adicionalmente a temperatura da bobina de regulação que já foi aquecida pela corrente. Em seguida, a resistência eléctrica aumenta e a corrente reduz para um ponto no qual não pode causar quaisquer danos na sonda de incandescência. Desta forma, o sobreaquecimento da vela de incandescência não é possível.

Se o motor não arrancar, a vela de incandescência desligará através da unidade de controlo de tempo de incandescência após um determinado tempo de espera.

A resistência da liga utilizada nas velas de incandescência BERU aumenta com a temperatura. Assim, é possível conceber a bobina de regulação de uma forma que inicialmente permitirá a entrada de uma corrente mais elevada para a bobina de aquecimento do que quando atingir a temperatura-alvo. A temperatura-alvo é atingida mais rapidamente e é mantida dentro do intervalo permitido através de um efeito de aumento de regulação.



Concepção de uma vela de incandescência tipo lápis de regulação automática e aquecimento rápido.

# Velas de incandescência tipo lápis com regulação automática

## *Velas de incandescência tipo lápis pós-aquecimento (GN)*

Os modelos de veículos mais antigos estão normalmente equipados com velas de incandescência que apenas ligam antes e durante a fase de arranque. Podem ser reconhecidos graças à abreviatura GV. Os veículos de passageiros a diesel modernos saem normalmente da linha de produção com velas de incandescência GN instaladas. Estão equipados com o inovador sistema trifásico de incandescência. Isto significa que ficam incandescentes.

- antes do arranque,
- durante a fase de arranque,
- após o arranque e
- durante o funcionamento do motor (em modo deslocação).

### FUNÇÃO

O pré-aquecimento de controlo electrónico arranca quando o interruptor do dispositivo de arranque de bloqueio de ignição é accionado e dura aprox. 2-5 segundos a temperaturas exteriores normais até o motor estar pronto a arrancar. O tempo de pós-aquecimento dura até 3 minutos após arrancar o motor de modo a reduzir emissões ruidosas e poluentes ao mínimo.

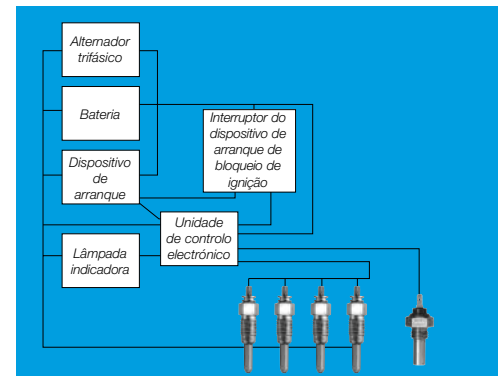
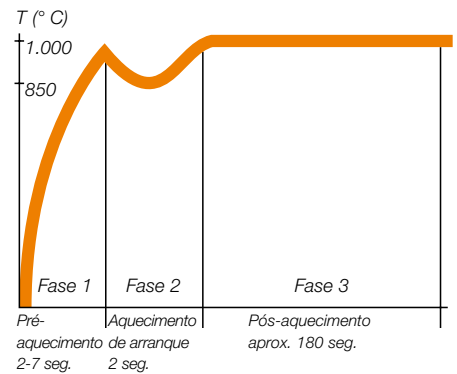
O estado de funcionamento do motor é registado, por exemplo, através da medição da temperatura de arrefecimento. O processo de pós-aquecimento é contínuo até o líquido de arrefecimento atingir uma temperatura de 70 °C, ou será desligado após um determinado período de tempo que está definido no mapa de desempenho. Normalmente, não ocorrerá um pós-aquecimento caso a temperatura de arrefecimento seja já superior à da anterior ao arranque.

### PROTECÇÃO CONTRA SOBREAQUECIMENTO

As velas de incandescência com regulação automática restringem o fluxo da corrente da bateria à vela com temperatura elevada, de modo a evitar o sobreaquecimento. No entanto, quando o motor está em funcionamento, a tensão irá aumentar até um ponto em que as velas de incandescência que não estejam em conformidade com as novas tecnologias rebentam. Além disso, as velas fornecidas com corrente são expostas a temperaturas de combustão elevadas após o arranque e são, deste modo, aquecidas no interior e no exterior. As velas de incandescência BERU de pós-aquecimento são funcionais à tensão do gerador total. A sua temperatura aumenta muito rapidamente, no entanto será em seguida limitada pela nova bobina de regulação a uma temperatura de saturação inferior à das velas sem pós-aquecimento.

Importante: Apenas as velas de incandescência GN podem ser instaladas num sistema de incandescência criado para velas de incandescência GN – as velas de incandescência GV poderiam ficar danificadas muito rapidamente.

A tecnologia trifásica de incandescência.



Princípio de concepção de um circuito para um sistema de incandescência de pós-aquecimento com quatro velas de incandescência de aquecimento rápido ligadas em paralelo e um sensor de temperatura.

# Velas de incandescência tipo lápis com regulação automática

## ARRANQUE RÁPIDO EM 2 SEGUNDOS

Com a vela de incandescência BERU GN de pós-aquecimento, é possível reduzir o tempo de incandescência para 2-5 segundos. Para alcançar isto, os designers reduziram o diâmetro na extremidade frontal da sonda de aquecimento. Deste modo, a sonda de aquecimento inicia a incandescência de forma mais rápida nesta zona. A uma temperatura de 0 °C, são apenas necessários 2 segundos até ao arranque. Quando as temperaturas são inferiores, o sistema está adaptado em conformidade com os requisitos através do controlo do tempo de incandescência e o tempo de incandescência irá aumentar respectivamente: a -5 °C aprox. 5 e a -10 °C aprox. 7 segundos.

## REDUÇÃO DO FUMO BRANCO/AZUL

O denominado fumo branco ou azul é emitido pelo cano de escape até ser atingida a temperatura de ignição ideal. Estes tipos de fumo produzidos são o resultado de uma combustão incompleta do combustível que resulta de uma temperatura de ignição demasiado baixa. O pós-aquecimento permite que o gasóleo queime de forma mais completa e com menos ruído durante a fase de aquecimento. A opacidade do fumo é, deste modo, reduzida até 40%.

## ELIMINAÇÃO DA DETONAÇÃO DE ARRANQUE A FRIO

A detonação durante o arranque a frio de um motor diesel é causada pelo aumento do atraso da ignição quando o motor está frio. O combustível é sujeito a uma ignição abrupta e o motor detona. O pré-aquecimento e o pós-aquecimento de velas de incandescência GN garantem que o motor atinge de forma mais rápida a temperatura de funcionamento. Isto protege o motor, resulta num funcionamento do motor mais silencioso e evita a detonação. O combustível será assim queimado de forma mais uniforme e completa. Deste modo, a energia é reduzida e a temperatura da câmara de combustão aumentará mais rapidamente.



Depósitos de carbono no papel filtrante três minutos após o arranque a frio. Com o pós-aquecimento (à direita), os depósitos de carbono são aprox. 40% inferiores do que sem o pós-aquecimento.

### Características técnicas da vela de incandescência GN

- Vela de incandescência de arranque rápido numa concepção de dimensões reduzidas
- Tempo de pré-aquecimento curto: apenas aprox. 2 - 7 segundos
- Arranque fiável (até mesmo a -30 °C)
- Ecológica: aprox. 40% menos de emissões poluentes durante a fase de aquecimento
- Sem detonação
- Funcionamento do motor mais silencioso
- Arranque do motor mais suave
- Para veículos com tensões de funcionamento até 14,5 V



# O Sistema de Arranque Instantâneo (ISS) BERU

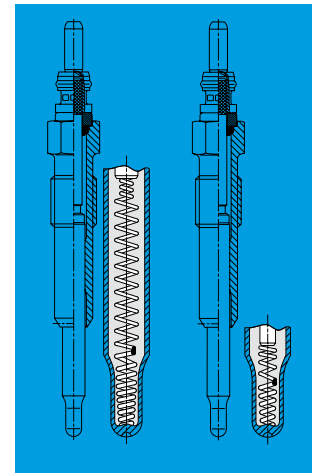
Para possibilitar um arranque com chave para os veículos a diesel parecido com o motor de ignição por faísca – esse foi o grande desafio. A solução dos engenheiros da BERU: o Sistema de Arranque Instantâneo (ISS).

## Conceito do sistema

O Sistema de Arranque Instantâneo (ISS) BERU compreende uma unidade de controlo electrónico da vela de incandescência e velas de incandescência com desempenho optimizado e tempo reduzido de aquecimento no máximo de 2 segundos, em comparação com os cerca de 5 segundos de uma vela de incandescência padrão (SR). Tanto na fase de aquecimento como de saturação, exigem significativamente menos energia. Os semicondutores de alimentação são usados na unidade de controlo como permutadores no controlo das velas de incandescência, substituindo o relé electromecânico usado anteriormente. Em comparação com as velas de incandescência com regulação automática convencionais, a combinação do enrolamento da vela de incandescência de alimentação optimizada do ISS é consideravelmente mais curta e a área de incandescência é reduzida para aproximadamente um terço. Nos motores de injeção directa, isso corresponde à parte da sonda de aquecimento que se prolonga para a câmara de combustão.

## Controlo electrónico

Quando o motor está em funcionamento, a vela de incandescência é arrefecida pela alteração na carga e movimento de ar na fase de compressão. A temperatura da vela de incandescência irá diminuir com o aumento da velocidade para uma tensão constante da vela de incandescência e quantidade de injeção e irá aumentar para uma quantidade crescente de injeção e tensão e velocidade constantes da vela de incandescência. A unidade de controlo electrónico pode compensar estes efeitos: as velas de incandescência são sempre fornecidas com a tensão eficaz ideal para o respectivo ponto de funcionamento. A temperatura da vela de incandescência pode, assim, ser controlada de acordo com o estado de funcionamento. Para além disso, a combinação da vela de incandescência de baixa tensão e a unidade de controlo electrónico é usada para um aquecimento extremamente rápido da vela de incandescência. Isso é efectuado alimentando a tensão de bordo completa para a vela de incandescência por um período pré-definido e apenas então entrando em funcionamento com a tensão eficaz necessária durante o funcionamento sincronizado. O período normal de pré-aquecimento é, assim, reduzido para um máximo de 2 segundos, mesmo a baixas temperaturas. A eficácia do sistema é tão elevada que não é necessária mais do que a alimentação exigida pela vela de incandescência da fonte de alimentação de bordo. Dado que cada vela de incandescência pode ser controlada por um semicondutor de alimentação distinto no ISS, a corrente pode ser monitorizada separadamente em cada circuito de corrente de incandescência. O diagnóstico individual em cada vela é, portanto, possível.



Estrutura interior da vela de incandescência padrão com regulação automática SR (esquerda) e da vela de incandescência ISS de alimentação optimizada (direita).



Sistema ISS de incandescência electronicamente controlado: Unidade de controlo e velas de incandescência.



O Sistema de Arranque Instantâneo BERU permite um arranque com chave para motores de ignição por compressão tal como o motor de ignição por faísca.

### Características técnicas do ISS

- Arranque fiável mesmo a temperaturas de -30 °C
- Temperatura controlável no pré-aquecimento, aquecimento intermédio e pós-aquecimento
- Tempo de aquecimento extremamente rápido: são atingidos 1000 °C em 1- 2 segundos
- Numerosas funções de diagnóstico
- Baixos requisitos de alimentação (importante especialmente nos motores com 6 ou mais cilindros)
- inactividade estável imediata e retoma da carga bem controlada
- Fiabilidade funcional mais elevada
- Emissões de poluentes minimizadas
- Especificamente concebido para motores diesel com injeção directa
- Possibilidade de diagnóstico de bordo



# BERU – Principal inovador na utilização das velas de incandescência com sensores de pressão PSG

## VELAS DE INCANDESCÊNCIA COM SENSORES DE PRESSÃO INTELIGENTES

As novas leis de emissões na Europa e nos EUA irão reduzir ainda mais as emissões autorizadas de gases de escape dos motores diesel. Os limites das emissões de NO<sub>x</sub> e de partículas, relevantes para o motor diesel, serão de futuro até 90% inferiores ao valor actual. Não é possível cumprir estes padrões de emissões apenas com as soluções convencionais.

Os programadores da BERU integraram um sensor de pressão piezoresistivo na vela. Dadas as condições de temperaturas, vibrações e pressões extremamente elevadas na cabeça do cilindro, a concepção mecânica da vela de incandescência é um importante factor de sucesso. A sonda de aquecimento não é pressionada no corpo da vela de incandescência, como era a vela de incandescência padrão no passado, sendo apoiada elasticamente como componente móvel e transmite a pressão ao diafragma localizado na área posterior da vela de incandescência. O actual sensor de pressão é, portanto, posicionado mais longe da câmara de combustão numa área com condições ambiente significativamente mais favoráveis. A carga térmica do vedante é controlável devido à utilização de uma sonda de aquecimento do sistema de arranque rápido ISS Diesel BERU, que é apenas incandescente na respectiva ponta.

As PSG inteligentes (velas de incandescências com sensores de pressão) já estão a ser testadas como equipamento original pelo grupo Volkswagen e GM/Opel e, em breve, serão usadas nas mais recentes concepções de motores diesel.

Para mais informação sobre BERU PSG – velas incandescentes com sensor de pressão, por favor ler a brochura BERU PSG

## Vela de incandescência de cerâmica

### FORTES VALORES INTERNOS

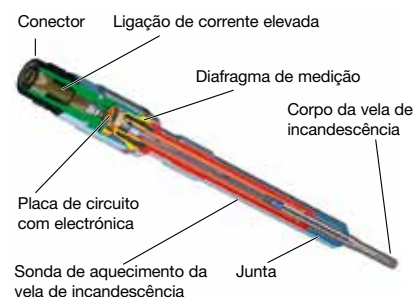
A composição dos materiais é crucial para o desempenho das velas de incandescência de cerâmica BERU. Cerâmica de nitrato de silicone de elevada resistência para encerrar o bissulfureto de molibdénio de condução eléctrica dentro de uma estrutura interpenetrante. Este material suporta pressões até 200 bar e temperaturas até 1300 °C - todas nas variadas atmosferas gasosas encontradas na câmara de combustão (ar ambiente, diesel, oxigénio, água).

### O DESEMPENHO LEVADO ATÉ À PONTA

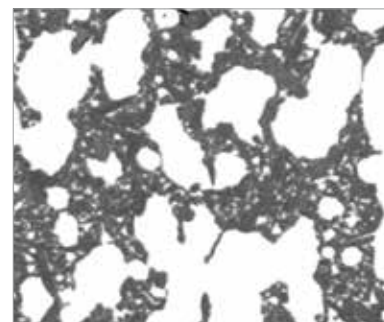
Para além de curtos períodos de aquecimento, a concepção da sonda de aquecimento posicionada externamente, obviamente patenteada, também proporciona uma regulação otimizada. Além disso, a capacidade de aquecimento da vela concentrada na ponta do elemento de cerâmica exige menos energia para gerar a temperatura necessária para o arranque do motor e, assim, utiliza menos combustível, em comparação com as velas convencionais. Para além de uma fiabilidade de funcionamento acrescida, a resistência no sistema de regulação assegura que a vela de incandescência de cerâmica BERU tem o melhor equilíbrio energético possível em cada ponto de funcionamento do motor. Isso também contribui para uma redução do consumo e das emissões.

### UM PROCESSO EXCLUSIVO

As velas de incandescência de cerâmica BERU são fabricadas em instalações de produção em série patenteadas. O elemento de aquecimento de cerâmica é fabricado num processo de extrusão e modelação por injeção. Isso é seguido pelos processos para aliviar, sinterizar e fortalecer, produzindo elevadas tolerâncias necessárias antes da instalação nos corpos metálicos. Tal requer vários procedimentos de rectificação e, devido à extrema dureza e resistência dos materiais, a rectificação deve ser efectuada com ferramentas de diamante. O contacto da sonda de aquecimento de cerâmica é produzido em procedimentos especiais de elevada temperatura sobre toda a superfície. Assim, obtém-se uma elevada capacidade de resistência face às oscilações e alterações de temperatura. Com a combinação de material de elevada resistência, construção inovadora e processos de produção mais recentes, as velas de incandescência de cerâmica BERU oferecem características impressionantes.



**A PSG inteligente (vela de incandescência com sensor de pressão).**



**A microestrutura da vela de incandescência de cerâmica BERU com pequenas sondas de fortalecimento de nitrato de silicone e grãos brancos de bissulfureto de molibdénio, que formam a estrutura 3D de condução eléctrica.**

### A estrutura da sonda de aquecimento cerâmica na vela de incandescência BERU



**O elemento de aquecimento consiste em cerâmica sólida de condução eléctrica. Dado que este possui uma resistência específica superior na superfície à do material condutor de retorno e abastecimento, a sonda de incandescência apenas apresenta incandescência na ponta (a extremidade) atingido, assim, mais rapidamente elevadas temperaturas. O contacto da vela de incandescência consiste num condutor interno e externo com um isolador posicionado no meio.**

# Velas de incandescência BERU: Segurança quintuplicada para uma qualidade máxima

## 1. CONCEBIDAS EM COLABORAÇÃO ESTREITA COM OS FABRICANTES DE AUTOMÓVEIS

Como especialista em arranques a frio diesel e parceiro de desenvolvimento da indústria automóvel, a BERU não só esteve envolvida na concepção de velas de incandescência desde o início, como também já estava presente e envolvida no desenvolvimento de novos motores. Foi, por isso, possível coordenar de forma precisa a posição de instalação da vela de incandescência no motor - e os engenheiros da BERU sabem exactamente quais os parâmetros particularmente importantes ou quais as reservas de desempenho que a vela de incandescência em desenvolvimento deve possuir.

## 2. FABRICADAS DE ACORDO COM NORMAS ISO

As velas de incandescência BERU são concebidas de acordo com as Normas ISO 7578 e 6550. Estas especificam as dimensões e tolerâncias da geometria, o ângulo de vedação, o tamanho da chave, o diâmetro da sonda de aquecimento, etc.

## 3. DESENVOLVIDAS DE ACORDO COM AS ESPECIFICAÇÕES DO PRODUTO DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

As velas de incandescência BERU cumprem as especificações do produto da indústria automóvel, que variam de um fabricante de veículos para o outro. Assim, por exemplo, são necessários entre 10.000 e 25.000 ciclos para um funcionamento contínuo.

Além disso, as velas de incandescência BERU são submetidas a testes na câmara fria. São efectuados, ainda, testes à resistência a influências ambientais, meios de contacto, aditivos e produtos de limpeza do motor.

## 4. SUJEITAS A TESTES ESPECIAIS DA BERU

As velas de incandescência BERU são submetidas a testes especiais adaptados aos requisitos práticos do funcionamento diário e de oficina, por exemplo, através da simulação de forças de extracção de conector ou testes de sobrecarga rápidos. O pessoal responsável pelos testes é incansável nestes testes de sobrecarga rápidos:

Cada amostra de teste deve manter-se totalmente funcional mesmo após 3000 ciclos.

## 5. FABRICADAS DE ACORDO COM OS MAIS RECENTES MÉTODOS DE PRODUÇÃO

O fabrico de modernas velas de incandescência extremamente compridas e finas para motores diesel de injeção directa acarreta desafios específicos. O diâmetro do tubo de incandescência deve ser adaptado exactamente à câmara de combustão. Um comprimento dimensionado com precisão do tubo de incandescência deve projectar-se na câmara de combustão - apenas então pode ser assegurado que a turbulência não irá gerar quaisquer emissões nocivas adicionais. As propriedades de temperatura da vela de incandescência devem ser adequadas com precisão de acordo com a concepção da câmara de combustão - e o actual consumo das velas de incandescência deve ser adaptado com precisão à fonte de alimentação de bordo existente. Apenas as mais modernas instalações de produção, como aquelas em que a BERU opera, oferecem as condições de fabrico destas velas de incandescência finas com a qualidade pretendida.

# Concepções baratas - algo que deve dispensar

## ÓPTICA DE 2 BOBINAS, MAS TECNOLOGIA DE APENAS 1 BOBINA

Apenas uma vela de incandescência com 2 bobinas consegue apresentar um curto tempo de aquecimento e resistência de temperatura exigidos pelos fabricantes de automóveis. No entanto, dado que a segunda bobina não está imediatamente visível do exterior, alguns fabricantes poupam-se à chamada bobina de regulação. A falta de limitação da corrente de incandescência coloca uma pressão excessiva sobre o arranque da bateria – e, uma vez que o aquecimento necessário não é atingido no período prescrito, o veículo não arranca ou apenas o consegue com dificuldade. (Consulte a Figura 3)

## ENCHIMENTO DA SONDA DE AQUECIMENTO COM PÓ ISOLANTE DE BAIXA QUALIDADE

Em vez do pó de magnesite utilizado pela BERU, que é comprimido e seco antes do enchimento, as velas de incandescência baratas utilizam normalmente pó isolante solto, em alguns casos contaminado, que é inserido sem secagem.

Consequência fatal: Durante o primeiro processo de incandescência, o pó expande significativamente e o tubo de incandescência enche. As velas de incandescência só poderão ser removidas desmontando a cabeça do cilindro! (Consulte a Figura 9)

## BOBINA DE AQUECIMENTO NÃO CENTRADA E ENGASTADA NO PINO DE LIGAÇÃO

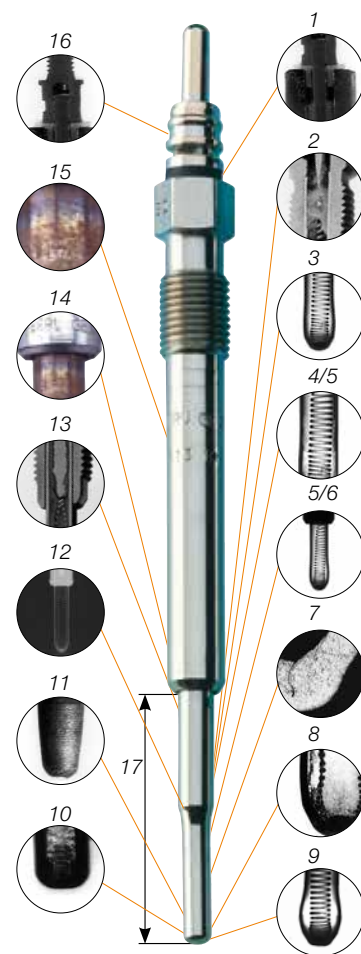
A qualidade de produção também se vê aqui: apenas as mais modernas máquinas de produção podem centrar e engastar com precisão o pino de ligação. Os fabricantes dúbios limitam-se a apenas encaixar a bobina de aquecimento no pino de ligação. No entanto, a protecção necessária face a um curto-circuito não pode ser garantida desta forma. (Para tal, consulte as Figuras 5 e 13)

## CONTACTO COM DEFEITO

Nas velas de incandescência de fraca qualidade, a posição dos entalhes de ligação eléctrica não está em conformidade com as especificações do equipamento original. Embora a ligação pareça similar à das velas de incandescência originais, o contacto não será concluído de forma correcta. A ligação eléctrica à vela de incandescência não é, portanto, garantida. Alguns destes fabricantes também poupam no material dos componentes de ligação – às custas do contacto eléctrico. (Consulte a Figura 16)

## TUBO DE INCANDESCÊNCIA SOLDADO INCORRECTAMENTE

Muitos fabricantes baratos não possuem a tecnologia de produção para soldarem correctamente um tubo de incandescência. O resultado: Microfissuras nos tubos de incandescência – e, assim, fugas, que podem resultar novamente em curtos-circuitos.



Como reconhecer velas de incandescência de fraca qualidade

Sintoma	Risco	Sintoma	Risco
1 Mono-vedação	Ausência de impermeabilidade	11 Ponta do tubo de incandescência torcida, sonda de aquecimento demasiado fina	Depósitos de calcário, vida útil reduzida
2/9 Enchimento do tubo de incandescência com pó de magnésio de fraca qualidade	Mau isolamento, dilatação do tubo de incandescência inferior	12 Espiral de incandescência indevidamente concebida	Sobrecarga da bateria devido a consumo excessivo de corrente, risco consequente de queimar os contactos da unidade de controlo de tempo de incandescência: Isso reduz vida útil ou prejudica o funcionamento
3 Necessária tecnologia de 2 bobinas, especificações do fabricante	Perfil das características não em conformidade com as mas apenas uma bobina instalada	5/13 Bobina de incandescência montada na posição inclinada	Curto-circuito
4 Espessura das paredes não contínua	Tubo de incandescência explode	14 O cone não se adapta correctamente à cabeça do cilindro	Problemas de vedação, destruição da cabeça do cilindro
5 Bobina numa posição inclinada no tubo de incandescência	Curto-circuito	15 Superfície sem revestimento de superfície	Gripagem no orifício
6 Tubo de incandescência não centrado, pelo que não existe concentricidade. A vela de incandescência está em posição inclinada na pré-câmara ou câmara de turbulência	A vela de incandescência é destruída pelo jacto de injeção e injeção e	16 A manga apenas é pressionada	Desaperto e interrupção do fornecimento de corrente, contacto solto
7 sonda de aquecimento com microfissuras	Explosão	17 Comprimento do lápis não de acordo com as especificações do fabricante	Se o comprimento do lápis for demasiado: a vela de incandescência é destruída pelo jacto de injeção. Se for demasiado curto: problemas de arranque
8/9 Ponta da sonda de aquecimento enchida com pó de magnésio não comprimido e/ou húmido	Curto-circuito, dilatação da sonda de incandescência, vida útil reduzida		
10 Extremidade redonda perfurada, não correctamente soldada	Explosão		



# Causas de avaria das velas de incandescência tipo lápis

Com tempo quente e seco, um motor diesel arranca mesmo que uma vela de incandescência esteja defeituosa e apenas as outras velas pré-aqueçam. Nessa eventualidade, são normalmente aumentadas as emissões poluentes e possivelmente detonação no arranque. No entanto, o condutor não irá notar conscientemente estes sinais ou não conseguirá interpretá-los. Quando o tempo ficar mais frio e húmido, o condutor terá uma má surpresa e na primeira noite de gelo: o “contributo de aquecimento” do motor diesel deixa de funcionar e o motor funciona, no máximo, com dificuldade e produz fumo – no entanto, será mais provável que nada funcione. Segue-se uma lista de danos típicos e causas relacionadas. Na maioria dos casos, será possível corrigir a avaria através desta ajuda de diagnóstico.

## SONDA DE AQUECIMENTO COM SULCOS E AMOLGADELAS

### Causas:

- a) Interrupção da bobina devido a funcionamento a tensão demasiado elevada, p. ex. arranque com bateria auxiliar
- b) abastecimento de alimentação demasiado longo devido a relé preso
- c) pós-aquecimento não admissível quando o motor está em funcionamento
- d) utilização de vela de incandescência sem pós-aquecimento

### Acção correctiva:

- a) Arranque com bateria auxiliar apenas à tensão da fonte de alimentação de bordo.
- b)/c) Verificação do sistema de pré-aquecimento, substituição do relé de tempo de incandescência.
- d) Instalação de velas de incandescência de pós-aquecimento.



## SONDA DE AQUECIMENTO PARCIAL OU TOTALMENTE DERRETIDA OU PARTIDA

### Causas:

- a) Início demasiado precoce de atomização
- b) Bocais com resíduos de carvão ou desgastados
- c) Falha do motor, p. ex. devido a gripagem do pistão, ruptura da válvula, etc.
- d) Bocais com fugas
- e) Anel do pistão gripado

### Acção correctiva:

- a) Definição precisa do ponto oportuno de injeção.
- b) Limpeza ou substituição dos bocais de injeção.
- c) Verificação do perfil do jacto de combustível.
- d) Revisão ou substituição do bocal de injeção.
- e) Certificação de que os anéis do pistão se movem livremente



## PONTA DA SONDA DE AQUECIMENTO DANIFICADA

### Causas:

- Sobreaquecimento da sonda de aquecimento devido a
- a) Atomização demasiado prematura e sobreaquecimento da sonda de aquecimento e bobina de aquecimento durante esta fase; a bobina de aquecimento fica frágil e parte.
- b) Folga anelar fechada entre o compartimento da vela e a sonda de aquecimento; como consequência, é desviado demasiado calor da sonda de aquecimento, a bobina de regulação

### Acção correctiva:

- a) Verificação do sistema de injeção, definição precisa do ponto de injeção.
- b) Ao aparafusar uma vela de incandescência, cumprir sempre o binário de aperto especificado pelo fabricante do veículo.



## PARAFUSO DE LIGAÇÃO DESGASTADO, HEXÁGONO DANIFICADO

### Causas:

- a) Parafuso de ligação desgastado: A porca de ligação actual foi apertada com binário excessivo.
- b) Hexágono danificado: Uso da ferramenta incorrecta; a vela está deformada e provoca um curto-circuito do compartimento à porca redonda.

### Acção correctiva:

- a) Apertar a actual porca de ligação com a chave dinamométrica. Cumprir sempre o binário de aperto especificado. Não lubrificar ou aplicar massa lubrificante na rosca.
- b) Apertar a vela com a chave dinamométrica adequada. Cumprir estritamente o binário especificado (consultar as especificações dos fabricantes de automóveis). Não lubrificar ou aplicar massa lubrificante na rosca.





## Dicas de oficina

### *Dispositivo de teste da vela de incandescência: Testar sem remover as velas*

Actualmente, com o novo dispositivo de teste da vela de incandescência BERU, pode testar velas de incandescência de cerâmica e aço em veículos com tensão de bordo de 12 V, de forma fácil, rápida e fiável - individualmente e sem necessidade de desmontá-las ou colocar o motor em funcionamento.

O novo dispositivo de teste da vela de incandescência BERU rápido oferece muitas vantagens para práticas na oficina:

- Testes fiáveis, rápidos e económicos, pois não é necessário remover as velas ou colocar o motor em funcionamento
- Não é necessário pré-seleccionar o tipo de vela de incandescência (aço ou cerâmica)
- Reconhecimento automático da potência de tensão da vela de incandescência (de 3,3 – 15 V)
- Testar de acordo com as condições actuais
- Funcionamento fácil
- Possibilidade de testar cada vela de incandescência individual
- Visor analógico para regulação de corrente e aquecimento (possibilidade de comparar velas de incandescência individuais quanto ao consumo de corrente e desempenho de regulação)
- Protecção contra curtos-circuitos e erros de polaridade
- Protecção contra sobrecarga (monitorização adicional da vela de incandescência através de um circuito independente)
- Procedimento de teste controlado por curvas características, tal como em equipamento de controlo electrónico.
- Detecção de contactos soltos através de processador e, de seguida, segunda verificação.
- Software de microcontrolador especial integrado no dispositivo de teste

Deveria existir um dispositivo de teste da vela de incandescência BERU em todas as oficinas.



**A nossa dica:**  
Verifique as velas de incandescência com o dispositivo de teste da vela de incandescência BERU rápido. Idealmente, deve substituir a totalidade do conjunto da vela de incandescência no caso de existir qualquer defeito ou funcionamento indevido.

A experiência mostra que as velas de incandescência atingem, na maioria das vezes, o respectivo limite de desgaste uma após a outra - e após remoção dos cabos de ligação e dos carris de contacto, é mais económico substituir a totalidade do conjunto do que substituir mais velas pouco tempo depois.

### *Como colocar em funcionamento um motor diesel de forma rápida e fiável*

O problema	A causa	Solução BERU
Gases durante o arranque, Produção de fumo	Vela de incandescência com apenas uma bobina, temperatura demasiado baixa	Utilize válvulas de incandescência com tecnologia de 2 bobinas BERU (a bobina de aquecimento e a bobina de regulação garantem o alcance de uma temperatura mais elevada durante um tempo de aquecimento mais curto)
Detonação durante a fase de arranque	Vela de incandescência sem efeito limitador e sem reserva de calor	Instale velas de incandescência de pós-aquecimento BERU para um fornecimento de calor melhor e mais rápido
Bateria esgotada, fase de arranque longo	A vela de incandescência aquece apenas ligeiramente, o tempo de aquecimento é demasiado longo	Instale velas de incandescência GN BERU que tenham sido devidamente adaptadas ao motor e ao sistema de incandescência trifásico (pré-aquecimento – aquecimento de arranque – pós-aquecimento)
Funcionamento difícil e irregular do motor	A temperatura final da vela de incandescência é demasiado baixa	
O motor só começa a trabalhar após várias tentativas de arranque	Vela de incandescência com defeito	
O motor só começa a trabalhar com a produção de odores desagradáveis	Os valores eléctricos das velas de incandescência não foram correctamente definidos	
A sonda de incandescência está ligeiramente derretida ou apresenta depósitos de calcário	A espessura da parede da sonda de aquecimento é demasiado pequena (acontece frequentemente com velas de incandescência baratas)	
A sonda de incandescência está totalmente derretida	O bocal de injeção tem defeito	Substitua o suporte do bocal com o conjunto do suporte do bocal de substituição BERU

# Dicas de oficina

## Binários

**Importante ao substituir velas de incandescência: Cumpra os binários!**

Rosca da vela de incandescência	Shear torque
M 8	20 Nm
M 9	22 Nm
M 10	35 Nm
M 12	45 Nm

### BINÁRIO FINAL

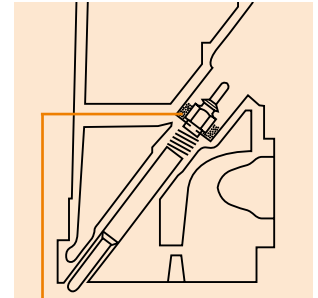
Tenha em atenção o binário final ao desmontar as velas de incandescência.

### O QUE DEVO FAZER QUANDO É ATINGIDO O BINÁRIO FINAL?

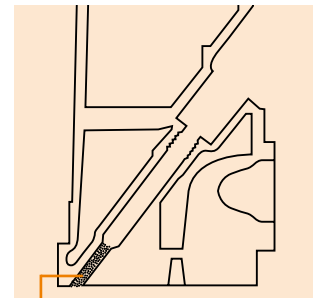
Nunca deverá continuar a rodar – a vela de incandescência poderá partir-se. Em vez disso, proceda de acordo com o programa de 3 pontos: “Soltar ligeiramente – Aquecer – Desapertar”:

1. Soltar ligeiramente: Aplique uma quantidade generosa de óleo sintético na rosca da vela de incandescência e deixe actuar, se possível durante a noite ou durante um período de tempo ainda mais longo.
2. Aquecer: Coloque o motor em funcionamento até aquecer ou utilize um cabo em separado para fornecer corrente às velas de incandescência funcionais durante 4-5 minutos (apenas possível no caso de velas de incandescência com uma tensão de funcionamento de 11 – 12 V) - a vela de incandescência aquecerá e queimará sem impedimentos.
3. Desapertar: Em seguida, tente desapertá-la uma vez mais e solte cuidadosamente a vela de incandescência para fora da cabeça do cilindro com uma ferramenta adequada. (Não ultrapasse o binário de desaperto máximo – consulte a tabela acima. Pare sempre antes de atingir o binário final; se necessário, tente novamente aquecendo.)

Após a remoção das velas de incandescência usadas, limpe sempre a rosca, o encaixe cónico e o canal da vela de incandescência na cabeça do cilindro com ferramentas adequadas. (ver abaixo).



Agora, injecte óleo sintético aqui.



Estes resíduos de combustão podem ser removidos com o escareador BERU.

Rosca da vela de incandescência	Binário de aperto
M 8	10 Nm
M 9	12 Nm
M 10	15 Nm
M 12	22 Nm

### BINÁRIO DE APERTO

Ao apertar as velas de incandescência novas, deve ser seguido o binário de aperto indicado pelo fabricante do veículo.

**Nota:** O binário de aperto da porca de ligação também deve ser seguido no caso de velas de incandescência com ligação aparafusada. Principalmente após cozedura (coqueificação) entre a sonda de incandescência e a cabeça do cilindro, o orifício da cabeça do cilindro fica frequentemente sujo devido a resíduos de partículas de incandescência ou sujidade. Essa coqueificação pode ser removida de forma fácil e segura das cabeças dos cilindros com roscas de 10 mm – com o escareador BERU (RA003 - 0 890 100 003).



Remova e coloque as velas de incandescência APENAS com uma chave dinamométrica.

Rosca da porca de ligação	Binário de aperto
M 4	2 Nm
M 5	3 Nm

## Escareador BERU: para uma limpeza rápida e fiável do orifício da cabeça do cilindro



O escareador BERU – (RA003 – 0 890 100 003) liberta partículas geradas no processo de coqueificação que pode ocorrer após “cozedura” entre a vela de incandescência e a cabeça do cilindro.

### PROCEDIMENTO:

- Limpe provisoriamente o orifício da vela de incandescência com um pano.
- Aplique massa lubrificante na área de corte do escareador BERU e encaixe-o na cabeça do cilindro: Os resíduos de combustão ficarão agarrados à massa lubrificante e serão removidos ao desapertar a ferramenta.
- A vela de incandescência nova pode ser instalada sem qualquer problema (tenha novamente em atenção o binário de aperto!).
- Antes de instalar as velas de incandescência, aplique massa lubrificante na caixa e nas roscas com massa lubrificante GK (GFK01 – 0 890 300 034)



GKF01 - 0 890 300 034

BERU® é uma marca comercial registada da BergWarmer Ludwigsburg GmbH  
PRMBU1435-PT



 **FEDERAL-MOGUL**  
MOTORPARTS

Global Aftermarket EMEA  
Prins Boudewijnlaan 5  
2550 Kontich • Belgium

[www.federalmogul.com](http://www.federalmogul.com)  
[www.beru.federalmogul.com](http://www.beru.federalmogul.com)

[beru@federalmogul.com](mailto:beru@federalmogul.com)

 [www.fmecat.eu](http://www.fmecat.eu)

Integramos  
a perfeição

