

MOTORES DE BAIXA CILINDRADA: desempenho e potência na atualidade

LOW-DISPLACEMENT ENGINES: performance and power in the present day

Laércio Corrêa Filho¹; Thiago Luís Nogueira Silva²

RESUMO

Este estudo investiga a evolução da indústria automobilística, focalizando no aprimoramento de motores para melhor eficiência, economia de combustível e conformidade ambiental. O objetivo é comparar um motor downsizing de 1.0 litros com tecnologias avançadas e um motor mais antigo de 2.0 litros, identificando diferenças, melhorias de projeto e avaliando sua durabilidade, sem considerar um cronograma específico. O foco da pesquisa reside na redução do tamanho dos motores para diminuir as emissões, mantendo desempenho e durabilidade. A hipótese sustenta que os novos motores downsizing terão desempenho e durabilidade equivalentes aos motores maiores. Para atingir esses objetivos, a pesquisa seleciona os motores para comparação, analisa as tecnologias empregadas, avalia normas ambientais, compara tecnologias antigas e novas, coleta dados dos motores e apresenta os resultados. O estudo é justificado pela necessidade de reduzir as emissões de CO₂ e modernizar a tecnologia automotiva. Concentrando-se nos motores EA 211 com injeção direta, turbocompressor e inovações, e no EA 113 mais antigo, o trabalho destaca a necessidade de atualização tecnológica. O referencial teórico abrange a história dos motores de combustão interna, conceitos básicos, detalhes dos motores EA 113 e EA 211, e um comparativo de desempenho entre eles, ressaltando as tecnologias de injeção de combustível, turbocompressores e comando de válvulas com variadores de fase. A metodologia adotada envolve

¹Graduando do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas. Email: laerciovg@hotmail.com

²Professor Mestreorientador do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas. Email: thiagosilva@unis.edu.br

pesquisa bibliográfica, coleta de dados de campo, pesquisa exploratória e análise comparativa dos motores, com o intuito de enriquecer o conhecimento sobre o tema proposto.

Palavras-chave: Motor. Indústria automobilística.

ABSTRACT

This study investigates the evolution of the automotive industry, focusing on improving engines for better efficiency, fuel economy, and environmental compliance. The aim is to compare a downsized 1.0-liter engine with advanced technologies to an older 2.0-liter engine, identifying differences, design improvements, and assessing their durability, without considering a specific schedule. The research focuses on reducing engine size to lower emissions while maintaining performance and durability. The hypothesis supports that the new downsized engines will have performance and durability equivalent to larger engines. To achieve these goals, the research selects engines for comparison, analyzes employed technologies, evaluates environmental standards, compares old and new technologies, collects engine data, and presents the results. The study is justified by the need to reduce CO2 emissions and modernize automotive technology. Focusing on the EA 211 engines with direct injection, turbochargers, and innovations, along with the older EA 113, the work underscores the necessity of technological updates. The theoretical framework covers the history of internal combustion engines, basic concepts, details of EA 113 and EA 211 engines, and a performance comparison between them, highlighting fuel injection technologies, turbochargers, and variable valve timing systems. The methodology involves bibliographic research, field data collection, exploratory research, and comparative engine analysis to enhance understanding of the proposed topic.

Keywords: *Engine, Automotive industry.*

1 INTRODUÇÃO

A indústria automobilística está em constante evolução, buscando melhorias em seus motores para atender às demandas por maior desempenho, economia de combustível e regulamentações ambientais cada vez mais rigorosas. Uma solução encontrada por muitos fabricantes foi a redução do tamanho dos motores, mantendo o desempenho. Este trabalho tem como objetivo comparar dois motores: um motor downsizing de 1.0 litro, equipado com tecnologias como injeção direta e turbocompressor, com um motor de 2.0 litros de tecnologia mais antiga, para avaliar se os novos motores conseguem manter a mesma durabilidade e resistência. A pesquisa envolverá a análise das tecnologias empregadas, normas ambientais, características dos motores e a apresentação dos resultados do comparativo. Com as crescentes preocupações ambientais e a busca por redução de emissões de CO₂, a investigação se torna relevante para entender como essas inovações tecnológicas estão impactando a indústria automobilística.

2 MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Neste trabalho, exploraremos o universo dos motores de combustão interna, com foco nos motores EA 113 e EA 211 da Volkswagen. Inicialmente, exploramos a história desses motores, desde as contribuições de Nikolaus A. Otto até os conceitos básicos de motores de ciclo Otto.

Em seguida, examinamos as tecnologias utilizadas em cada motor, como a injeção de combustível, destacando a diferença entre injeção direta e indireta, bem como o uso de turbo compressores e os benefícios associados a eles. Além disso, abordamos o comando de válvulas com variadores de fase, que desempenham um papel crucial na otimização do desempenho e eficiência dos motores.

A análise comparativa de desempenho entre os motores EA 113 e EA 211, abordando potência, torque e outras características relevantes, proporcionará uma compreensão mais aprofundada das nuances e particularidades desses motores.

Comentado [L01]:

TEMA
PROBLEMA DE PESQUISA
OBJETIVO
JUSTIFICATIVA
METODOLOGIA

2.1 História

No final do século XIX, houve um avanço significativo na tecnologia dos motores de combustão interna. Em 1867, Nicolaus A. Otto e Eugen Langen desenvolveram um motor atmosférico que usava a pressão da combustão do ar-combustível para impulsionar um pistão. Esse conceito deu origem ao motor Otto, que evoluiu para os motores de ignição por centelha (HEYWOOD, 1988).

Por volta de 1876, Otto introduziu motores de combustão interna com ignição por centelha, enquanto em 1892, Rudolf Diesel inventou o motor de ignição por compressão. Essa distinção marcou um marco importante na tecnologia dos motores (HEYWOOD, 1988).

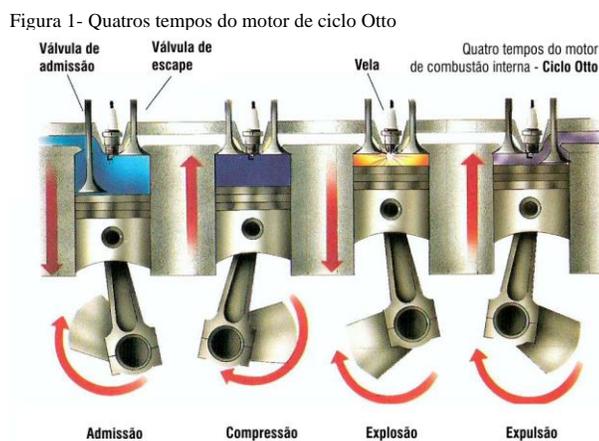
O experimento de Otto é notável: o pistão era movido manualmente, comprimindo a mistura ar-combustível no cilindro, e a ignição iniciava o processo de combustão, gerando uma explosão que impulsionava o motor. Esse processo envolveu quatro etapas distintas: admissão de combustível, compressão, combustão e expulsão de resíduos (HEYWOOD, 1988).

Esses avanços foram fundamentais para o desenvolvimento dos motores de combustão interna, tornando-se a base da tecnologia que impulsiona os veículos em todo o mundo. Essa evolução é crucial para a compreensão da engenharia de motores de combustão interna em pesquisas contemporâneas, como as metodologias de injeção de combustível e formação de misturas (AMORIN, 2016) e estratégias de sincronização do comando de válvulas (BONATESTA et al., 2016).

2.2 Conceitos Fundamentais de Motores

A alimentação dos motores de combustão interna consiste tipicamente em uma mistura predominantemente gasosa. Ao término da fase de compressão, uma faísca elétrica de alta intensidade é disparada na câmara de combustão, iniciando a combustão da mistura ar-combustível (AMORIM, 2016). O motor utilizado na comparação deste estudo é do tipo Otto, composto por

quatro etapas: admissão, compressão, expansão e exaustão (AMORIM, 2016). A Figura 1 ilustra as quatro fases do motor de ciclo Otto.



Fonte: INFOENEM (2019).

No caso da ilustração (Figura 1), foi empregado um motor com 2 válvulas por cilindro, uma para a entrada da mistura ar-combustível e outra para a saída dos produtos da combustão. O motor EA 113, que servirá como referência neste estudo, também possui apenas duas válvulas por cilindro. A abertura da válvula de admissão permite a entrada de ar no cilindro, sendo o fluxo de ar controlado por uma válvula borboleta conectada ao acelerador. Ao acionar o acelerador, a válvula borboleta se abre, possibilitando a entrada de mais ar no cilindro do motor. Cada fase do motor corresponde a 180° de rotação do virabrequim, componente responsável por conectar as bielas ao conjunto de pistões. Dessa forma, as bielas giram o virabrequim por meio dos pistões, acionando o eixo de saída da transmissão (AMORIM, 2016). O Ponto Morto Superior (PMS) é o ponto em que o pistão se encontra no ponto mais alto do cilindro. Já o Ponto Morto Inferior (PMI) ocorre quando o pistão está no ponto mais baixo, e esse movimento do pistão é denominado curso do pistão.



Após a conclusão da fase de admissão, as válvulas de admissão e escape se encontram fechadas, dando início à fase de compressão, na qual o ar (para motores de injeção direta) ou a mistura ar-combustível (injeção indireta) é comprimida dentro do cilindro até que o pistão alcance o PMS. Nesse estágio, a vela de ignição assume a responsabilidade de gerar uma centelha, iniciando o processo de combustão.

2.3 Motor EA113

O motor EA 113 2.0 L, identificado pelo prefixo BER, pertence à família de motores EA 113, que tem uma longa trajetória de produção e tem sido empregada em diversos veículos da Volkswagen. No contexto brasileiro, destacam-se modelos como o Golf em sua terceira e quarta geração, o Polo e o Passat. Com o passar dos anos, este motor passou por inúmeras atualizações e configurações, variando de 1,5 L, 1,6 L, 1,8 L a sua versão de 2,0 L. Além disso, oferece diferentes tipos de cabeçotes, incluindo 8v, 16v e 20v, bem como opções aspiradas e turbo. Para esta pesquisa, foi selecionada a versão de 2,0 L com 8 válvulas e aspiração natural (VOLKSWAGEN, 2007). Na Figura 2, encontram-se ilustradas as características fundamentais deste motor.

Figura 2 – Quadro do motor EA 113

Motorização - EA 113 2.0 L	Gasolina
Prefixo do Motor	BER
Cilindrada (cm ³)	1984
Taxa compressão	10,3:1
Torque Kgfm (NBR 5484)	17,3
Potência cv (NBR 5484)	116
Diâmetro do cilindro (mm)	82,5
Curso pistão (mm)	92,8
Válvula por cilindro	2
Rotação marcha-lenta (rpm)	860

Fonte: Volkswagen, (2007).

A tabela fornecida abrange dados essenciais sobre o motor, permitindo a comparação entre diferentes motores. Estas informações incluem a cilindra do motor, o tipo de combustível (gasolina) (VOLKSWAGEN, 2007).

2.4 Motor EA 211

O Motor EA 211 é parte de uma distinta linhagem de motores, dispondo de diversas iterações, desde turboalimentadas até aspiradas, com sistemas de injeção de combustível que podem ser tanto indiretos quanto diretos. Além disso, apresenta variações de cilindrada, abrangendo 1.0 L, 1.2 L, 1.4 L e 1.6 L. Neste estudo, focaremos na variante CHZC. Na Figura 3, são apresentadas as informações técnicas fundamentais deste motor.

Figura 3 – Quadro do motor EA 211

Código do motor	CHZB	CHZC
Tipo	Motor 3 cilindros em linha	
Volume total deslocado	999 cm ³	
Diâmetro dos cilindros	74.5 mm	
Curso dos cilindros	76.4 mm	
Válvulas por cilindro	4	
Taxa de compressão	10.5:1	
Potência máxima	70 kW a 5,000–5,500 rpm	81 kW a 5,000–5,500 rpm
Torque máximo	160 Nm a 1,500–3,500 rpm	200 Nm a 2,000–3,500 rpm
Sistema de gerenciamento	Bosch Motronic ME 17.5.21	
Combustível	Gasolina sem chumbo	
Tratamento dos gases de escape	Catalisador 3 vias com uma sonda lambda antes e outra após o catalisador.	
Padrão de emissões	EU6	

Fonte: Volkswagen (2007).

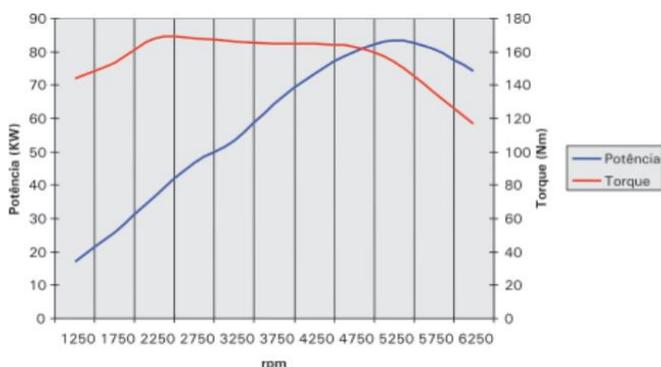
As especificações diferem consideravelmente em relação ao motor EA 113. Este motor se caracteriza pela injeção direta de combustível, um turbocompressor com controle de pressão acionado eletronicamente, um comando de válvulas sincronizado por uma correia dentada, um

coletor de escape integrado à cabeça do motor, uma carcaça da válvula termostática que faz parte da bomba do líquido de arrefecimento e uma bomba do líquido de arrefecimento acionada pelo comando das válvulas de escape por meio de uma correia dentada. Ademais, ele apresenta variação tanto no comando de válvulas de admissão (até 50°) quanto no comando de válvulas de escape (até 40°), e dispõe de uma bomba de óleo do tipo palheta com controle de pressão (Volkswagen, 2022).

2.5 Comparativo de Desempenho entre os Motores EA 113 e EA 211

Para selecionar os motores a serem analisados neste comparativo, recorreu-se aos gráficos de desempenho fornecidos pelos fabricantes dos motores, neste caso, a empresa Volkswagen. Nas Figuras 4 e 5, a seguir, são apresentados os gráficos que evidenciam o desempenho semelhante entre esses motores.

Figura 4 – Gráfico do motor EA 113

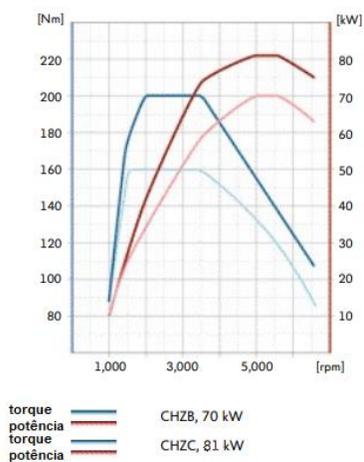


Fonte: Volkswagen, (2007).

Como é possível observar para um motor aspirado o torque gerado é de aproximadamente 170 Nm e potência máxima aproximada de 86000 watts o que serão dados importantes para compara como o próximo gráfica da figura 5.

Figura 5 – Gráfico do motor EA 211

Gráfico de potência e torque



Fonte: Volkswagen, 2022

Ao analisar os gráficos, constata-se que a potência é bastante similar. No motor EA 113, observa-se um pico de torque entre as rotações de 5150 a 5250 rpm, atingindo um valor de 85 kW, enquanto no motor EA 211, nas rotações de 5000 a 5500 rpm, a potência alcança 81 kW, valores muito próximos. Entretanto, ao comparar o torque, observa-se uma discrepância mais acentuada devido à avançada tecnologia empregada no motor EA 211. Enquanto o torque do motor EA 113 se situa em 173 Nm entre as rotações de 2200 e 2250 rpm, o motor EA 211 gera torque em uma faixa de rotação mais baixa, a partir de 2000 rpm, mantendo um torque de 200 Nm até 3500 rpm. Fica evidente que o motor EA 211 apresenta vantagens em relação ao seu antecessor.

2.6 Tecnologias utilizadas em cada motor

III Jornada Científica de Engenharia, Arquitetura e Tecnologia – 27 e 28/11/2023

Estudamos as tecnologias usadas nos motores, para entender o que melhorou ou não no motor EA 211 em comparação motor EA 113, dessa forma buscamos as principais mudanças em tecnologias aplicadas.

2.6.1 Injeção de combustível

O motor EA 113 emprega um sistema de injeção indireta de combustível, onde a mistura de ar/combustível é preparada externamente à câmara de combustão. Na montagem do motor Otto, como o EA 113, os injetores são posicionados nos pórticos das válvulas (VOLKSWAGEN, 2007).

Por outro lado, o motor EA 211 utiliza injeção direta de combustível, permitindo um controle preciso da injeção, resultando em redução do consumo e emissões poluentes, devido a uma melhor formação da mistura ar/combustível (AMORIM, 2016).

Esses sistemas possuem diferenças notáveis, como demonstrado no quadro 1, onde a injeção direta apresenta vantagens significativas em termos de economia de combustível, dirigibilidade, controlabilidade da razão ar/combustível e emissões (GUZZO, 2012).

Quadro 1 – Vantagens da injeção direta de combustível em relação a indireta.

Parâmetro	Vantagens
Economia de Combustível	<ul style="list-style-type: none">• Substancial redução de perdas de bombeamento• Menor perda de calor• Maior razão de compressão possível
Dirigibilidade	<ul style="list-style-type: none">• Melhor resposta transiente• Melhor início de funcionamento a frio
Controlabilidade da Razão Ar/Combustível	<ul style="list-style-type: none">• Maior rapidez no início e estabilização da combustão• Menor necessidade de enriquecimento durante o início do funcionamento
Emissões	<ul style="list-style-type: none">• Podem reduzir emissões de hidrocarbonetos• Redução de emissão de CO₂



Fonte: Guzzo, 2012

A injeção direta de combustível é um dos principais impulsionadores das mudanças no tamanho e na redução da poluição dos motores

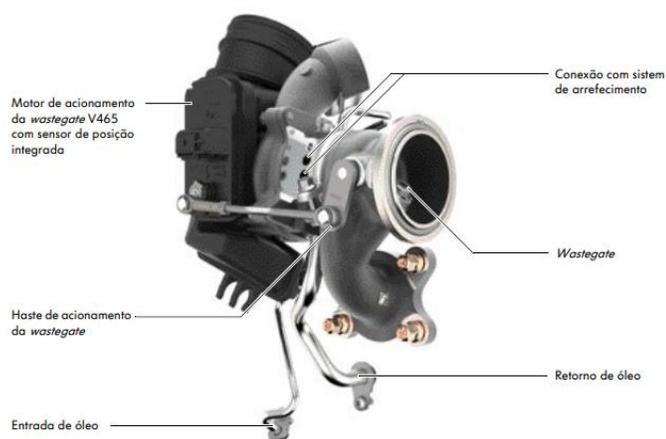
6.2.2 Turbocompressores

No contexto dos motores de combustão interna, uma distinção significativa emerge do uso de turbocompressores, como exemplificado na série de motores EA 211. Conforme explicado pela VOLKSWAGEN (2022), o desempenho excepcional dos motores TSI é notavelmente atribuído ao turbocompressor, responsável tanto pela responsividade quanto pelo alto torque, mesmo em baixas rotações. Para atingir esse nível de desempenho, foram implementadas modificações, em conjunto com o coletor de admissão compacto, para otimizar a funcionalidade do turbocompressor:

- a) O ângulo de incidência do fluxo de gases de escape nas palhetas da turbina foi otimizado para acionar a turbina em rotações mais baixas, facilitando a aceleração.
- b) Uma válvula wastegate elétrica garante uma atuação mais rápida e suficientemente potente para um funcionamento eficaz.
- c) A carcaça quente do turbocompressor é fabricada com aço resistente a altas temperaturas, capaz de suportar temperaturas dos gases de escape de até 1.050°C (para motores que geram no mínimo 70 kW, como no modelo comparativo em foco).

A Figura 8, proveniente da Volkswagen (2022), retrata detalhes específicos do turbocompressor utilizado na família de motores EA 211.

Figura 8 – turbo compressor



Fonte: Volkswagen (2022).

Na contrapartida, o motor EA 113 emprega um sistema de indução aspirado. Em um sistema aspirado, a entrada de ar nos cilindros durante a fase de admissão ocorre por meio da criação de um gradiente de pressão entre o coletor de admissão e o cilindro. Esse gradiente é gerado pelo movimento do pistão do PMS (Ponto Morto Superior) para o PMI (Ponto Morto Inferior), criando um vácuo dentro do cilindro. Conforme mencionado por Brunetti (2018), o gradiente de pressão nesses motores é limitado pela pressão atmosférica, restringindo o máximo gradiente possível à pressão atmosférica.

Essa comparação ilustra uma distinção fundamental nas metodologias de admissão empregadas por diferentes projetos de motores na indústria automotiva, evidenciando a importância dos turbocompressores na melhoria dos índices de desempenho.

6.2.3 Controle do Comando de Válvulas com Variadores de Fase em Motores de Combustão Interna

Em um motor de combustão interna de quatro tempos, o processo de troca gasosa inicia-se com a abertura da válvula de admissão, geralmente entre 10 a 20 graus após o PMS (Ponto Morto Superior), permitindo a entrada de ar fresco no cilindro à medida que o pistão se move. Esta fase se estende até cerca de 50 a 70 graus após o PMS para assegurar o contínuo enchimento do cilindro. Em torno de 40 a 60 graus após o PMS, inicia-se o processo de exaustão. O "blowdown" coincide com a abertura da válvula de exaustão, permitindo a liberação dos gases de combustão devido à diferença de pressão entre o cilindro e o coletor de escape. Esse processo continua até o PMI (Ponto Morto Inferior). Após o PMI, o pistão se desloca para o PMS, expelindo os gases restantes do cilindro, conhecido como "bombeamento". Geralmente, a válvula de exaustão se fecha entre 15 a 30 graus após o PMS.

O período em que ambas as válvulas estão abertas é denominado "cruzamento de válvulas" ou "overlap". Em situações em que a pressão de exaustão é menor que a de admissão, durante o cruzamento de válvulas, pode ocorrer o refluxo dos gases de escape para a admissão. Em altas rotações, devido ao fluxo pulsante no conduto de escape, cria-se um gradiente de pressão favorável à admissão de mistura fresca, resultando em ganhos de eficiência volumétrica devido ao cruzamento de válvulas (Heywood, 1988).

O componente responsável pelo controle de abertura e fechamento das válvulas é o comando de válvulas, que normalmente está sincronizado com o virabrequim. Em algumas configurações, podem ser empregados dois comandos, um para admissão e outro para escape.

Em motores como o EA 113, o comando de válvulas estabelece um ciclo fixo de abertura e fechamento das válvulas para uma faixa específica de operação do motor, o que resulta na redução da eficiência volumétrica tanto em altas quanto em baixas rotações (Pulkrabek, 1997).

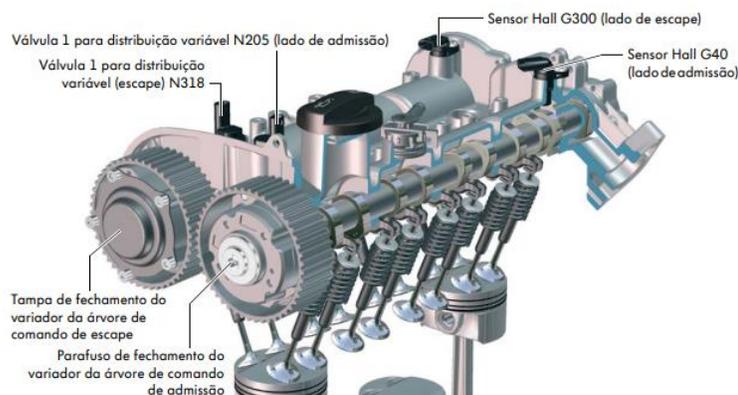
Para superar as limitações do diagrama de válvula fixo, surge o comando de válvulas com variador de fase, conhecido como Variable Valve Timing (VVT). Essa solução permite ajustar os ângulos de abertura das válvulas, maximizando o desempenho do motor em diferentes condições de carga e rotação. O VVT minimiza o cruzamento de válvulas em marcha lenta, reduzindo o refluxo dos gases de escape para a admissão ao manter o corpo de borboleta praticamente fechado.

Em baixas rotações, as válvulas de admissão são fechadas antecipadamente para otimizar a eficiência volumétrica e o torque, enquanto em rotações mais elevadas, com o corpo de borboleta totalmente aberto, as válvulas de admissão são fechadas tardiamente para aumentar a eficiência volumétrica e a potência (Ferguson, 2015).

A implementação do VVT é realizada por meio de um variador de fase, que controla o adiantamento e o atraso dos eventos das válvulas por meio de um atuador hidráulico montado junto ao comando de válvulas. A Unidade de Controle Eletrônico (ECU) gerencia a fase do comando de válvulas de acordo com a condição operacional do motor, permitindo a variação contínua dos eventos de válvula em uma ampla faixa de até 60 graus ou a atuação em dois estágios com ângulos pré-determinados (Wang, 2007).

No motor EA 211, emprega-se o sistema de duplo-variador de fase, ou Dual-CVVT, com comandos de válvulas independentes para controlar tanto a válvula de admissão quanto a de escape de forma contínua. A Figura 9 mostra os atuadores e sensores responsáveis pelo avanço ou retardo das válvulas no motor EA 211.

Figura 9 – Comandos de válvulas EA 211



Fonte: Volkswagen, 2022



Como representado na Figura 9, o atuador N318 controla as válvulas de escape e o atuador N205 controla as válvulas de admissão, enquanto os sensores G40 e G300 captam a posição dos comandos de admissão e escape, respectivamente.

De acordo com Bonatesta et al. (2016), a adoção do sistema Dual-CVVT em motores de injeção direta pode resultar em ganhos de até 5% no consumo de combustível.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Na introdução, o estudo foi fundamentado na análise de dados provenientes de pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo. A pesquisa de campo tinha como objetivo coletar informações sobre motores de potência similar, mas com diferenças na câmara de combustão, explorando a prática do downsizing. Inicialmente, uma marca de veículo foi selecionada, e dois motores de potência comparável foram escolhidos. Os dados desses motores foram examinados para viabilizar a comparação. Após a coleta desses dados, conduziu-se uma análise bibliográfica das tecnologias empregadas em cada motor para compreender as soluções de redução de cilindrada, mantendo ou aumentando a potência.

Para complementar, realizou-se uma pesquisa exploratória empregando questionários direcionados a uma retífica de motores, visando identificar os principais problemas encontrados nesses motores. Com base nessas informações coletadas, uma análise abrangente foi conduzida para determinar se os motores que adotam a prática de downsizing não apenas melhoraram a eficiência, mas também mantiveram ou aprimoraram a durabilidade, oferecendo assim uma visão mais ampla e detalhada dessas tecnologias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para agregar mais informações foi levantado 5 questões pertinentes a durabilidade EA 211 desta maneira em conversa com profissionais da área e através da pesquisa bibliográficas, pode-se responder essas questões a ajudar a concluir o trabalho.

1-Os motores 3 cilindros estão no mercado e serão o futuro por alguns anos, depois de alguns km quais os itens eles mais apresentam desgaste? Quais preocupações devem ser pensadas para esse motor?

É um motor robusto, a maior parte dos casos que chegam nas retifica são bem exclusivos, não recebendo esses motores com frequência, a parte de arrefecimento do motor é muito boa, bem gerenciada pela injeção eletrônica, na parte do cabeçote os reparos principais são: defeitos em guias de válvula que apresentam folga, assentamento de válvula e válvula queimada, porém são serviços comuns para diversos motores e alguns casos causados por combustível de mal qualidade.

2-Considera-se segunda a montadora impossível retificar esse motor, mas na prática como isso está ocorrendo?

Para esses motores não foi encontrada informações em literatura, porém na prática as retificas estão efetuando plaina de até 0,5 mm e consideram não ter problemas, na restante como troca de guia e válvulas o serviço está previsto em literaturas. Para parte do bloco a literatura se limita a reparos nas bielas, não permitido trabalhos no virabrequim.

3- Quais os principais defeitos podem ser levantados para esse motor?

Para esse motor pode se levantar os seguintes problemas:

Problema de válvulas injetoras principalmente as de final de código R e AM;

Bomba de alta que perde estanqueidade e passa combustível para o óleo;

O suspiro do motor que rompe a membrana e gera entrada de ar falsa;

Bomba de água que tem problema de estanqueidade tanto no eixo como na junta.

4- Esses problemas são considerados críticos para esse motor?

Todos esses problemas podem se tornar crítico, se não houver uma manutenção preventiva ou uma manutenção corretiva a tempo de corrigir essas falhas antes de gerar danos maiores ao motor.

5- Pode se considerar um bom motor?

Sim, pode-se considerar um bom motor, considerando todas as informações levantadas pode se entender que houve uma melhora muito grande na durabilidade do motor.

Outro ponto a ser visto é a manutenção desse motor que trazida na tabela a seguir:

Quadro 2: manutenção por serviço.

Tabela de revisões		
serviço	Serviço recomendados por quilometragem de 10000 em 10000 km	Serviço recomendados por data de 1 em 1 ano
1º serviço	Troca de óleo, bujão, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar.	Troca de óleo, bujão, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar.
2º serviço	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar.	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar.
3º serviço	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar.	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar. Correia de acessórios.
4º serviço	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar. Velas de ignição.	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar. Velas de ignição.
5º serviço	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar.	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar. Correias de acessório, correia dentada e correia bomba de água.
6º serviço	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar. Correia de acessórios.	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar.
7º serviço	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar.	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar.
8º serviço	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada

	necessidade do filtro de ar. Velas de ignição.	necessidade do filtro de ar. Velas de ignição.
9º serviço	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar.	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar. Correia de acessórios.
10º serviço	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar.	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar. Correias de acessório, correia dentada e correia bomba de água.
11º serviço	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar.	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar.
12º serviço	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar. Correias de acessório, correia dentada e correia bomba de água.	Troca de óleo, anel, filtro de óleo e filtro de combustível. Verificada necessidade do filtro de ar.

Fonte: O autor.

Alguns itens como líquidos do radiador não são discriminados no site da Volkswagen do Brasil, mas são avaliados em todas as revisões seja por tempo ou quilometragem. Conforme salientado no manual do proprietário veículos de uso adverso podem ter o prazo de tempo e quilometragem reduzidos para 6 meses ou 10.000 km ou também para veículos usados em situação de tráfego intenso (como “anda e para”, tráfego urbano), em trajetos curtos (abaixo de 8 km diários) ou com motor funcionando em temperaturas abaixo do regime considerado ideal.

Seguindo o raciocínio que as revisões passam a ser mais simples e intervalos maiores, e com toda a informação recolhida através da entrevista de campo podemos dizer que o EA 211 é um motor resistente e compre com seu propósito.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise aprofundada dos motores EA 113 e EA 211 revelou um panorama complexo sobre o avanço tecnológico na indústria automobilística. A comparação entre um motor downsizing de 1.0 litro e um motor de 2.0 litros mais antigo, enfatizando inovações como injeção direta, turbocompressores e controle de válvulas, demonstra a evolução contínua para atender às demandas por desempenho e eficiência, especialmente em meio a regulamentações ambientais mais rígidas.

Os motores EA 113 e EA 211 representam distintas abordagens tecnológicas, evidenciando os benefícios da injeção direta e do uso de turbocompressores para aprimorar eficiência e potência. O EA 211, com suas tecnologias mais avançadas, demonstrou claramente um desempenho superior em termos de torque, mostrando a eficácia do downsizing na manutenção do desempenho com menor cilindrada.

No entanto, a pesquisa de campo revelou preocupações comuns em relação aos motores, como problemas com válvulas injetoras, bomba de alta e suspiro do motor, indicando áreas de atenção para futuros desenvolvimentos. A manutenção regular foi destacada como vital para a durabilidade desses motores, conforme descrito nas tabelas de revisões.

Dessa forma, este estudo sugere que, embora os novos motores sejam mais eficientes e potentes, é crucial abordar questões de confiabilidade e durabilidade por meio de melhorias contínuas na engenharia e manutenção. Futuras pesquisas devem se concentrar na resolução dos problemas identificados, além de aprimorar a eficiência e a resistência desses motores, visando a um equilíbrio ideal entre desempenho e confiabilidade.

Este estudo ressalta a necessidade de pesquisas adicionais para aprimorar a durabilidade e a confiabilidade dos motores downsizing, abordando os problemas identificados. Sugere-se uma investigação mais aprofundada para resolver as preocupações com válvulas injetoras, bomba de alta e suspiro do motor, visando a melhorias na engenharia e na manutenção. Além disso, investigações sobre métodos para manter o equilíbrio entre eficiência, potência e durabilidade desses motores são essenciais para o avanço da indústria automotiva.

REFERÊNCIAS

AMORIN, Felipe Grossi Lamas. Metodologia numérica para caracterização da injeção de combustível e formação da mistura para desenvolvimento de motores de combustão interna. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Minas Gerais, MG, Brasil.

BONATESTA, F. et al. Fueleconomyanalysisofpart-loadvariablecamshaft timing strategies in twomodernsmall-capacitysparkignitionengines. Applied Energy, v. 164, p. 475-491, 15 fev. 2016. ISSN 0306-2619. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030626191501507X>>.

BRUNETTI, F. Motores de Combustão Interna - Vol. 1. [s.l.] Editora Blucher, 2018.

FERGUSON, A. T. K. A. C. R. InternalCombustionEngines Applied Thermosciences. ThirdEdition. Colorado, EUA: John Wiley& Sons, Ltd, 2015. 477 p.

GUZZO, Marcio Expedito. Metodologias para análise e caracterização dos sprays de um injetor de injeção direta de gasolina. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Minas Gerais, MG, Brasil.

HEYWOOD, John B. Internalcombustionenginesfundamentals. Nova York: McGraw-Hill. Inc., 1988. 930 p.

INFOENEM. Estudando os Motores de Combustão Interna. [s.d.]. Disponível em:
<<https://infoenem.com.br/estudando-os-motores-de-combustao-interna/>>.

PULKRABEK, W. W. Engineering Fundamentals of the IntenalCombustionEngine. FirstEdition. New Jersey, EUA: Prentice Hall, 1997. 411 p.

RIATO, G. Bosch apresenta alternativa à injeção direta de combustível. Automotive business, 2015. Disponível em: <<https://www.automotivebusiness.com.br/pt/posts/noticias/bosch-apresenta-alternativa-a-injecao-direta-de-combustivel/>>.

SCANDURA, Marcelo Carlos. Estudo de otimização do rendimento volumétrico de um motor de combustão por centelha. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, SP, Brasil.

VOLKSWAGEN. Motor 1.0 I TSI 3 Cilindros Desenho e Funcionamento. São Bernardo do Campo - SP: Volkswagen do Brasil, 2022.

III JORNADA CIENTÍFICA DE
**ENGENHARIA
ARQUITETURA
E TECNOLOGIA**
MOVIDOS POR CONHECIMENTO

Prazo de submissão: **13/11/2023**
27 e 28 de novembro
<https://www.even3.com.br/jeatec2023>

Grupo
UNIS

VOLKSWAGEN. Motores da frota Nacional. São Bernardo do Campo - SP: Volkswagen do Brasil, 2007.

WANG, Y. Introduction to Engine Valvetrains. First Edition. Warrendale, PA, EUA: SAE International, 2007. 604 p.