

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Caio Leone Teixeira Cardoso**

**ESTUDO DO FUNCIONAMENTO DE MOTORES COM  
COMBUSTÃO INTERNA  *Downsizing***

**Taubaté – SP**  
**2017**

**Caio Leone Teixeira Cardoso**

**ESTUDO DO FUNCIONAMENTO DE MOTORES COM  
COMBUSTÃO INTERNA  *Downsizing***

Trabalho de graduação apresentado para obtenção  
do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica  
Departamento de Engenharia Mecânica  
Universidade de Taubaté.  
Orientador: Prof. Me. Ivair Alves dos Santos

**Taubaté – SP**

**2017**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado  
de Bibliotecas / UNITAU - Biblioteca das Engenharias**

C268	<p>Cardoso, Caio Leone Teixeira</p> <p>Estudo do funcionamento de motores com combustão interna downsizing. / Caio Leone Teixeira Cardoso. - 2017.</p> <p>34f. : il; 30 cm.</p> <p>Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2017</p> <p>Orientação: Prof. Me Ivair Alves dos Santos, Coorientação: Prof.Me. Fábio Henrique Fonseca Sertejani, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica.</p>
------	---

## Caio Leone Teixeira Cardoso

### ESTUDO DO FUNCIONAMENTO DE MOTORES COM COMBUSTÃO INTERNA *DOWNSIZING*

Trabalho de graduação apresentado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica Departamento de Engenharia Mecânica Universidade de Taubaté. Área de Concentração: Engenharia Mecânica.

Data: 30/10/2017

Resultado: Aprovado

#### BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Ivair Alves dos Santos

Universidade de Taubaté

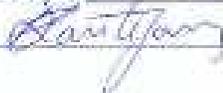
Assinatura:



Prof. Me. Fabio Santajani

Universidade de Taubaté

Assinatura:



*Aos meus pais Antônia e Marcos por acreditarem incondicionalmente no meu projeto.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Me. Ivair Alves dos Santos, pela impecável orientação.

Ao Prof. Me. Antônio Carlos Tonini pelo constante incentivo e críticas.

Aos Profs. Me. da banca, pelas decisivas opiniões que muito contribuíram na formação e conclusão desta dissertação.

À Universidade de Taubaté que com muito glamour me atribuiu tais conhecimentos.

*"[...] não ganhe o mundo e perca sua alma; sabedoria é melhor do que prata e ouro"*  
(BOB MARLEY, 1978).

## RESUMO

Este trabalho de graduação tem como objetivo apresentar soluções tecnológicas utilizadas em motores à combustão interna que focam no aumento de eficácia energética, obtendo redução em emissão de gases poluentes e no consumo de combustível. Utilizou-se de uma pesquisa exploratória mostrando resultados obtidos por diversos pesquisadores através de pesquisa bibliográfica e testes apresentados como referências. As tecnologias citadas têm relação direta com a aplicação do conceito de “*downsizing*” (redução do tamanho dos motores à combustão interna), pois ao aplica-las se obtém mesma potência em um propulsor menor quando comparado a um propulsor de maior volume que não utiliza tais tecnologias, causando assim, o menor consumo de combustível e a menor emissão de gases poluentes. As soluções tecnológicas apresentadas são: coletor de admissão variável, injeção direta, sobrealimentação e taxa de compressão variável.

**Palavras-chave:** Motores de combustão interna, downsizing, sobrealimentação, injeção direta, taxa de compressão variável.

## ABSTRACT

This undergraduate work aims to present technological solutions used in internal combustion engines that focus on increasing energy efficiency, obtaining reduction in emission of pollutant gases and fuel consumption. It was used an exploratory research showing results obtained by diverse researchers through bibliographical research and tests presented as references. The aforementioned technologies are directly related to the application of the concept of "downsizing" (internal combustion engine size reduction), since the same applies to the same power in a smaller propulsion when compared to a larger propulsion that does not use such technologies, thus causing lower fuel consumption and lower emissions of polluting gases. The technological solutions presented are: variable intake manifold, direct injection, supercharging and variable compression ratio.

**Keywords:** Internal combustion engines, downsizing, supercharging, direct injection, variable compression ratio.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Descrição das peças que compõem um motor com combustão interna .....	19
--	----

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – O eixo de manivelas converte o movimento do pistão em movimento rotatório, que é transmitido para as rodas.....	15
<b>Figura 2</b> – Geometria básica do motor de combustão interna .....	18
<b>Figura 3</b> – Vista das peças que compõem um motor de combustão interna .....	19
<b>Figura 4</b> – Relação das posições do pistão.....	20
<b>Figura 5</b> – Os quatro tempos do motor.....	21
<b>Figura 6</b> – Injeção indireta e direta de combustível.....	23
<b>Figura 7</b> – Funcionamento do comando de válvulas.....	25
<b>Figura 8</b> – Como um turbocompressor é instalado em um veículo.....	27
<b>Figura 9</b> – Turbocompressor Borg Warner B01.....	28

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

GNV – Gás Natural Veicular

VT – Volume Total

VD – Volume Deslocado

VC – Volume da Câmara de Combustão

## SUMÁRIO

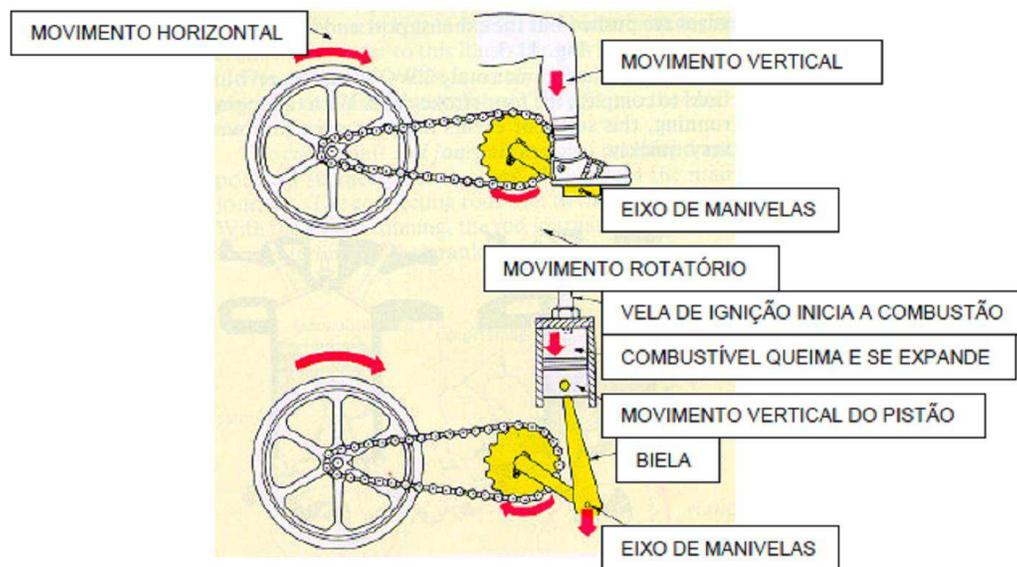
1	INTRODUÇÃO .....	13
1.1	Objetivo do Trabalho .....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1	Motores com Combustão Interna .....	17
2.1.1	Taxa de Compressão .....	21
2.1.2	Tipo de Alimentação.....	21
2.1.3	Combustão .....	22
2.1.4	Comando de válvulas .....	23
2.2	O Conceito de Downsizing .....	24
2.3	Sobrealimentação .....	25
2.3.1	Turbocompressor .....	25
3	METODOLOGIA.....	28
3.1	Classificação dos Métodos de Pesquisa .....	28
3.1.1	De acordo com o objetivo.....	28
3.2	Métodos de pesquisa utilizados neste trabalho .....	28
4	RESULTADOS.....	30
5	CONCLUSÃO.....	31
	REFERÊNCIAS.....	32

## 1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho será apresentado o estudo de um motor com funcionamento à combustão interna. Ele é a unidade motriz de um veículo. A força do veículo lhe dá movimentação, e lhe proporciona a possibilidade de transporte de cargas (animal, vegetal, humana, material). Portanto, a fonte de força e movimento de um veículo é o motor. Quanto mais potente o motor, maior será a sua capacidade de transporte de carga, e então maiores velocidades poderão ser alcançadas pelo veículo. Assim, quando se tem um veículo com o motor mais potente que um outro, significa que o primeiro será capaz de transportar uma maior quantidade de carga, ou de atingir maiores velocidades do que o outro. Por exemplo, motores de utilitários e ônibus são desenvolvidos com maior potência que os de veículos de modelo popular, pois necessitam de uma maior capacidade de transporte de carga. Assim como os motores de veículos esportivos também obtêm maior potência que os de modelos populares. Porém, motores de veículos esportivos foram desenvolvidos para atingir maiores velocidades. O emprego da potência de um motor para uma maior capacidade de carga ou para a obtenção de velocidades mais elevadas se define através do desenvolvimento correto do projeto de um sistema de transmissão. O sistema de transmissão é um conjunto de equipamentos e peças que realizam a transferência de potência do motor para as rodas do veículo.

Como fonte de energia o motor utiliza o combustível, conforme Figura 1. Eles podem ser encontrados nos estados líquidos ou gasosos. Os combustíveis mais utilizados pela população são o etanol, a gasolina e o diesel, todos nos estados líquidos. O gás natural veicular (GNV) é uma fonte de energia alternativa, e é no estado gasoso. A definição do combustível utilizado para cada motor depende de alguns fatores, tais como: a economia, a potência requerida ou a necessidade do atendimento a legislações ambientais. Podemos definir o combustível como o alimento de um o motor.

**Figura 1 – O eixo de manivelas converte o movimento do pistão em movimento rotatório, que é transmitido para as rodas**



**Fonte: Fundamentos do funcionamento de motores, 1998**

A cada dia que se passa está se agravando a preocupação com a qualidade do meio ambiente, ou seja, estão sendo implantadas leis mais rígidas em relação a fiscalização das emissões causadas pelos motores à combustão interna. O motor libera gases que apresentam inúmeros componentes tóxicos que prejudicam a saúde de todos os seres vivos. Desta forma, o aumento da eficiência dos motores vem sendo algo prioritário na produção de veículos, pois isso traz uma queda em consumo de combustível com um melhoramento em desempenho e, então, diminuir as emissões.

Para ajudar no projeto para desenvolver novos motores, existem ferramentas que os projetistas utilizam, com o desejo de economia em custos e tempo. As ferramentas do meio computacional se tornaram mais precisas, rápidas e com maior acessibilidade, devido aos avanços tecnológicos, assim então sendo mais aceitos no mercado fabril.

Nesta atualidade os investimentos em motores menores com alto rendimento e pouco consumo de combustível vem sendo muito maior pelas fabricantes dos veículos. Estas soluções tecnológicas utilizadas em novos motores à combustão interna, têm como objetivo tanto aumentar sua eficiência energética, quanto reduzir o

consumo de combustível e, então, a emissão de gases tóxicos que prejudicam a todos. Tais motores estes que são motores de funcionamento em quatro tempos com ciclo Otto, eles seguem o seguinte ciclo de funcionamento formado por quatro etapas: admissão, compressão, combustão e exaustão, a finalidade destas soluções tecnológicas são realizar a melhora de cada uma das etapas de funcionamento. Temos a aplicação tecnológica utilizada pelas fabricantes de automóveis ligada diretamente com o conceito downsizing, conforme Higa (2011), o termo no setor automotivo representa um com capacidade cúbica menor, porém com desempenho potência e torque semelhante a um motor com capacidade cúbica maior. Com a aplicação dessas novas tecnologias podemos obter um motor de capacidade 1.0 com potência igual de um motor 1.6 mais antigo, mas com uma eficiência energética melhora e emitindo menor quantidade de gases poluentes na atmosfera terrestre. Está se tornando abito das fabricantes brasileiras a troca de motores que possuem quatro cilindros por motores mais compactos e eficientes desenvolvidos com três cilindros. Necessitou-se de algumas soluções para alcançar tais objetivos, como exemplo, a injeção direta, a sobrealimentação, entre outras tecnologias. Mas de certa forma, a mais utilizada tem sido a sobrealimentação através do uso de turbo compressores que segundo Nakano (2007), é componente formado por uma turbina e um compressor acoplados a um eixo, utilizando a energia dos gases de escape através da turbina para comprimir o ar aspirado da atmosfera através do compressor. De acordo com Gouzonnat (2015), a diminuição do tamanho físico destes motores faz com que também os veículos fiquem mais leves, já que o propulsor é um dos itens de maior peso, assim se tem melhores acelerações e melhor comportamento dinâmico do veículo. Com a utilização do conhecido método downsizing, teremos motores à combustão interna com o tamanho físico reduzido, e assim, tornando uma alternativa para se obter as exigências do mercado e governo em relação a performance dos veículos e seus impactos ambientais.

## **1.1 Objetivo do Trabalho**

A finalidade deste trabalho é estudar os motores com combustão interna que utilizam o *downsizing* no mercado do Brasil, examinando então as tecnologias

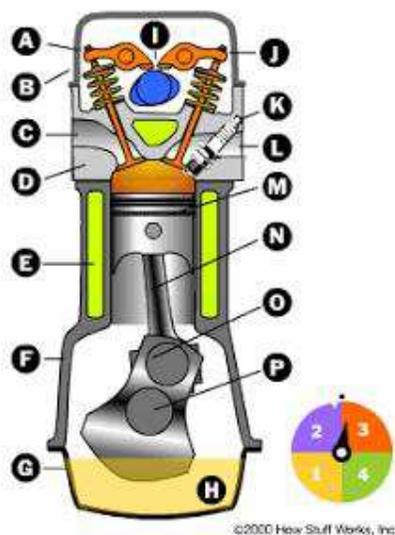
utilizadas levando em consideração a diminuição do consumo de combustível e emissão de poluentes. Portanto acrescentando o conhecimento neste segmento.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Motores com Combustão Interna

O motor com combustão interna é uma máquina térmica que tem a funcionalidade de conversão da energia química gerada pelo combustível em forma de trabalho. A queima do combustível dentro do motor é a forma com que essa conversão é realizada em um motor com combustão interna (Figura 2). Para que se realize essa conversão existe uma harmonia entre os vários componentes de um motor. (HEYWOOD, 1988)

Figura 2 - Geometria básica do motor de combustão interna



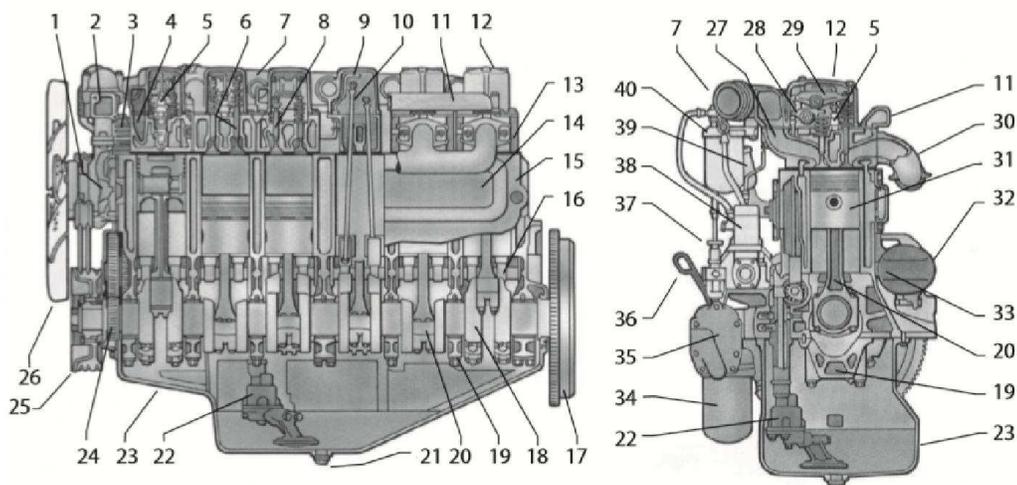
Fonte: *ENGINE*, 2000.

Os elementos de maior importância em um motor com combustão interna é apresentado na Figura 3 e relacionados na Tabela 1, agora na Figura 4 salientam-se as máximas posições do pistão dentro do cilindro, chamadas por ponto morto superior e ponto morto inferior. (BRUNETTI, 2012)

Os dois modelos mais utilizados de motores com combustão interna são os motores de ignição por centelha bem como denominado por motor Otto, que tem a

combustão inicialmente por uma centelha e motores de ignição por compressão bem como denominado de motor diesel, em que a elevada pressão e temperatura são capazes para dar início ao processo de combustão. Ambos os motores ditos conseguem serem desenvolvidos em fases de dois tempos e de quatro tempos. (STONE, 1999)

**Figura 3 – Vista das peças que compõem um motor de combustão interna**



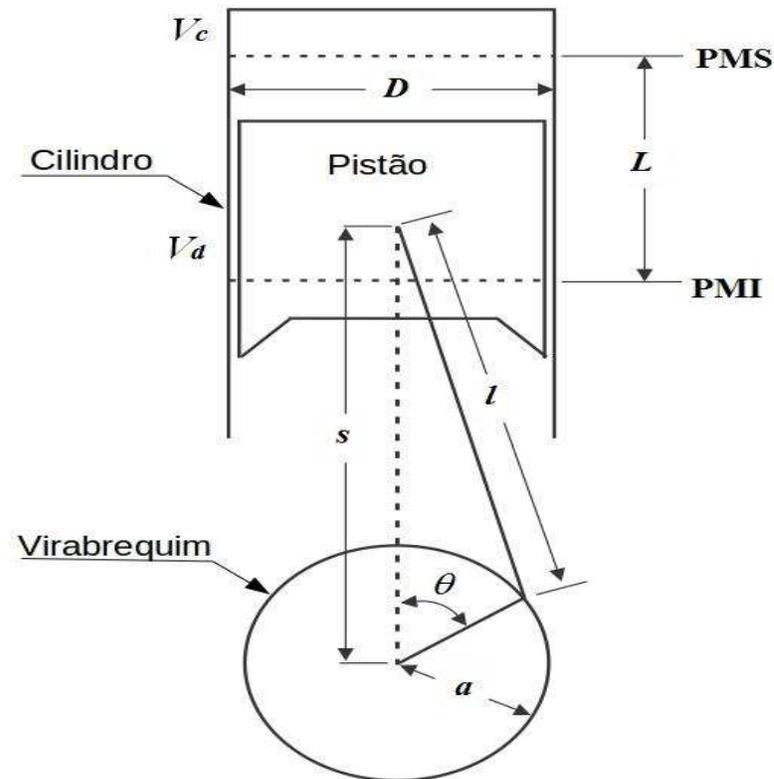
Fonte: BRUNETTI, 2012.

**Tabela 1 - Descrição dos componentes de um motor de combustão interna**

1. Bomba-d'água	5. Injetor de combustível	9. Linha de combustível
2. Válvula termostática	6. Válvula de escapamento	10. Haste de válvula
3. Compressor de ar	7. Coletor de admissão	11. Duto de água
4. Duto de admissão	8. Válvula de admissão	12. Tampa de válvula
13. Cabeçote	23. Cárter	32. Motor de partida
14. Tampa lateral	24. Engrenagem do virabrequim	33. Dreno de água
15. Bloco	25. Amortecedor vibracional	34. Filtro de óleo
16. Eixo comando de válvulas	26. Ventilador	35. Radiador de óleo
17. Volante	27. Duto de admissão	36. Vareta de nível de óleo
18. Virabrequim	28. Balancim da válvula de admissão	37. Bomba manual de combustível
19. Capa de mancal	29. Balancim da válvula de escapamento	38. Bomba injetora de combustível
20. Biela	30. Coletor de escapamento	39. Respiro do cárter
21. Bujão do cárter	31. Pistão	40. Filtro de combustível
22. Bomba de óleo		

Fonte: BRUNETTI, 2012

Figura 4 - Relação das posições do pistão



Fonte: HARTMANN, 2015

Onde, segundo Garcia, 2012:

PMI: Ponto morto inferior – posição onde o pistão está com a maior distância permitida do cabeçote.

PMS: Ponto morto superior – posição onde o pistão está com a menor distância permitida do cabeçote.

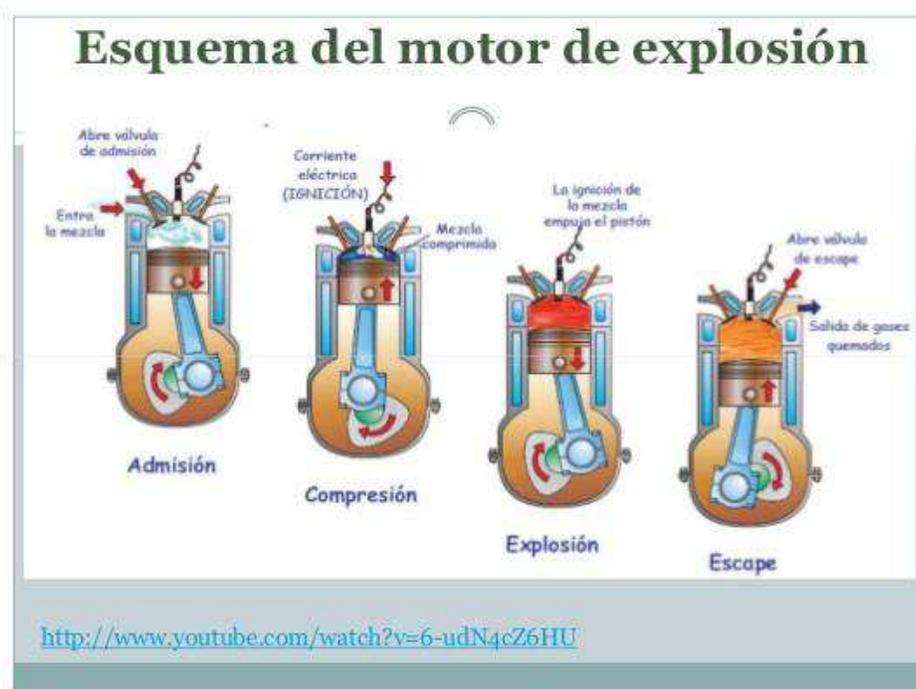
V1: Volume total – volume entre a parte superior do pistão e o cabeçote quando o pistão está na posição PMI.

V2: Volume morto ou volume da câmara de combustão – volume entre a parte superior do pistão e o cabeçote quando o pistão está na posição PMS.

S: Curso do pistão – Distância percorrida pelo pistão do PMI ao PMS ou vice-versa.

Pode se observar os ciclos do motor quatro tempos do tipo Otto (Figura 5), são estabelecidos por como, (GARCIA, 2012):

Figura 5 - Os quatro tempos do motor



Fonte: BAT, 2014

Tempo de admissão: O pistão sai do PMS e vai para o PMI e em decorrência do movimento ocorre uma sucção que faz com que um fluxo de gases entre através da válvula de admissão que por sua vez estará aberta. Desta forma o cilindro se preenche pela mistura ar-combustível ou somente ar para motores com alimentação através de injeção direta de combustível.

Tempo de compressão: Nesta etapa a válvula de admissão se fecha e o pistão é deslocado do PMI ao PMS, então, a mistura ou apenas ar dependendo do tipo de injeção do motor, acaba sendo comprimida.

Tempo de expansão: Quando o pistão se aproxima do PMS uma fagulha é disparada e então provoca-se a ignição da mistura iniciando a explosão (combustão). Desta forma é gerada uma explosão, que por sua vez, traz um grande aumento da pressão e o pistão é empurrado para o PMI do motor. Nesta etapa se realiza a geração de energia.

Tempo de exaustão: A válvula de exaustão é aberta e o pistão se desloca do PMI ao PMS retirando então os gases queimados do cilindro; ao fim desta etapa se reinicia o tempo de admissão, formando, assim, um ciclo.

### 2.1.1 Taxa de Compressão

A taxa de compressão é estabelecida como o volume total ( $V_t$ ) interno do cilindro em função do mínimo volume, onde se encontra  $V_t$  pela adição do volume deslocado ( $V_d$ ) com o volume da câmara de combustão ( $V_c$ ). (PEDROZO, 2010)

$$rc = \frac{V_t}{V_{min}} = \frac{V_c + V_d}{V_c} \quad (1)$$

Os motores de ciclo Otto variam suas taxas de compressão 8 a 11, e os motores de ciclo Diesel variam suas taxas de compressão de 12 a 24, (PULKRABEK, 1997). Motores que possuem sobre alimentação acabam possuindo menores taxas de compressão quando comparados a motores naturalmente aspirados, isso ocorre pelo fato das altas pressões atingidas no interno da câmara de combustão.

### 2.1.2 Tipo de Alimentação

O combustível é pulverizado no coletor de admissão onde ocorre a mistura do combustível ao ar que entrará na câmara de combustão, sistema de injeção indireta, pelo fato do combustível ser misturado fora da câmara de combustão ele tem contato com outras partes do motor antes de entrar ao interior do cilindro. Agora no sistema de injeção direta o combustível é pulverizado imediatamente na câmara de combustão por um injetor posicionado no cabeçote, assim evita-se que ocorra a condensação nas paredes do coletor de admissão, cabeçote e válvulas; sendo assim mais precisa a quantidade de combustível injetada. Na figura 6 ilustram-se as diferenças entre a injeção direta e indireta de combustível.

Os motores do ciclo Otto podem ser alimentados por combustível por meio de um carburador, utilizado em aplicações de baixo rendimento onde se tem restrições

menores de emissão de poluentes, sistema de injeção direta ou indireta. A utilização dos sistemas de injeção de combustíveis é mais precisa, tornando mais simples o controle das emissões, (BRUNETTI, 2012).

Segundo Dias (2015) a injeção direta de combustível permite recursos que melhoram a competência da combustão, assim utilizando menos combustível para alcançar os mesmos números de energia que um sistema de injeção indireta.

**Figura 6 - Injeção indireta e direta de combustível**



Fonte: ZAMARO, 2016

### **2.1.3 Combustão**

Este processo tem seu início no instante em que o pistão se aproxima do PMS, e a ignição se inicia pela fagulha lançada pelo eletrodo da vela, causando o começo das reações de oxidação do combustível.

Ela pode ser observada em três fases, primeiramente ocorre o retardamento químico, onde se tem as reações preliminares junto à vela e não se tem um aumento considerável de pressão na câmara. A segunda fase se tem pela combustão normal que ocorre após o retardamento químico, em que a combustão se espalha através

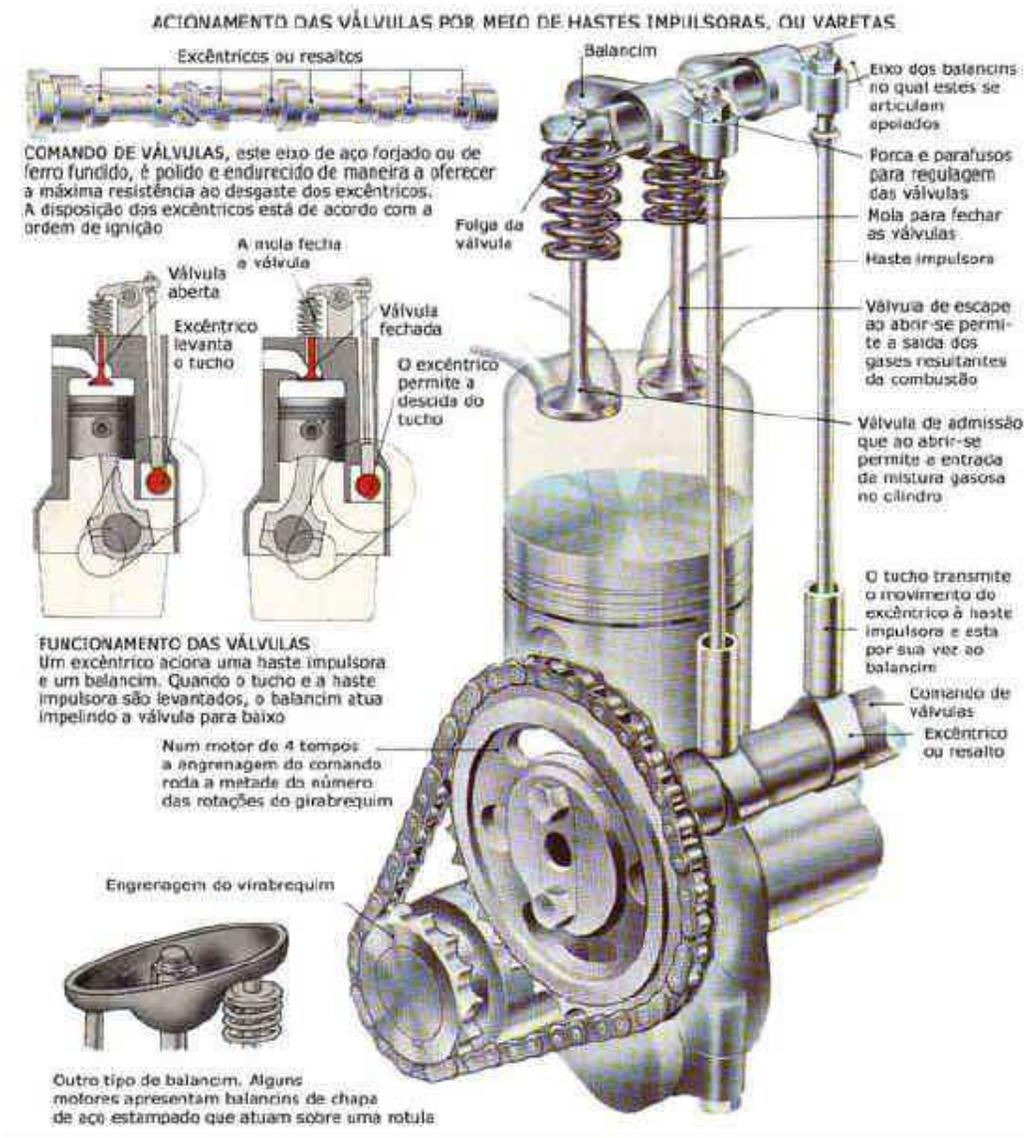
de uma frente de chama, ficando para trás os gases queimados e na frente mistura não queimada. Esta fase tem fim quando a frente de chama chega próxima das paredes do cilindro. Por fim, a combustão espalha o combustível não queimado. (GARCIA, 1992)

#### **2.1.4 Comando de válvulas**

O sistema de comando de válvulas é feito para que cada válvula tenha sua abertura e fechamento no exato momento.

No comando de válvulas existem dois parâmetros a serem considerados, o levantamento (*lift*) e o tempo de abertura de cada válvula. A Figura 7 ilustra o funcionamento do comando de válvulas.

Figura 7 – Funcionamento do comando de válvulas



Fonte: FAZER FÁCIL, 2014

## 2.2 O Conceito de Downsizing

O conceito de *downsizing* se tornou popular na indústria automobilística devido a exigências governamentais por menores níveis de emissões e dos consumidores por maior eficiência energética.

Conforme Gheorghiu (2013) *downsizing* significa ao mesmo tempo redução da cilindrada do motor, usualmente reduzindo o numero de cilindros, e aumentando a pressão média indicada com a ajuda da sobrealimentação, mantendo o torque e a potência diminuindo o tamanho do motor.

O estudo realizado por Sprei e Karlsson (2013) mostra que o mercado da Suécia exige novos carros que mantenham seu tamanho e desempenho que os antigos, mas consumindo menos combustível. O comparativo de massa e potência máxima entre 2007 e 2010, relacionado com o volume de cilindros reduzido resultou trouxe a diminuição dos motores, em média 20% dos automóveis em 2010 tem capacidade do motor por peso do veículo de 1 1/ton, menor valor que anos anteriores.

Para que se obtenha sucesso no conceito de *downsizing* é necessário a aplicação de inovações tecnológicas que possibilitem a diminuição do volume dos motores e mantém a performance, alguns exemplos de tecnologias ainda em estudo e outras já aplicadas em veículos produzidos em larga escala estarão sendo apresentados a seguir, tais inovações prolongarão a vida dos motores à combustão interna.

## **2.3 Sobrealimentação**

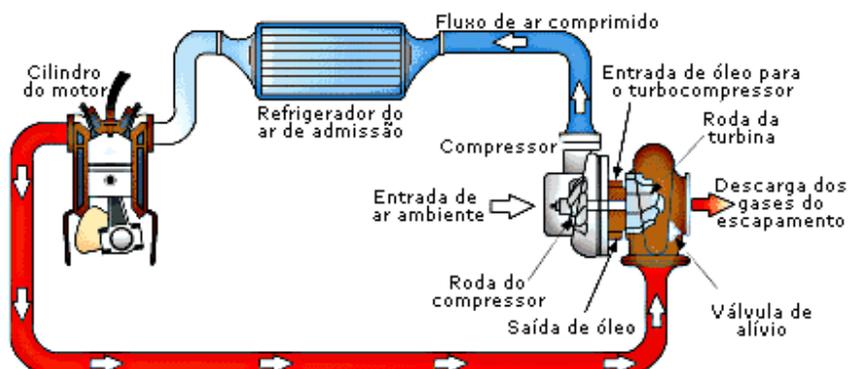
Pulkrabek (2003) define os turbocompressores como compressores montados na admissão de ar dos motores e aplicados com intuito de aumentar a pressão do ar admitido, resultando num maior volume de ar combustível admitindo-se nos cilindros em cada ciclo. Esta mistura adicional gera maior performance durante a combustão e, por sua vez, maior potência no eixo do motor. O aumento de pressão pode variar entre 20 e 250 KPa, mas a maioria dos motores operam próximos ao menor ponto desta escala.

### **2.3.1 Turbocompressor**

Um turbocompressor – um compressor mais uma turbina operando em mesmo eixo – é utilizado para o aumento de densidade do ar (ou mistura) admitido pelo motor. A força disponível no fluxo de gases de escape é usada para causar

movimento a turbina que conseqüentemente movimenta o compressor aumentando a densidade do fluido que se admite antes de entrar em cada cilindro. (HEYWOOD, 1988)

**Figura 8 – Como um turbocompressor é instalado em um veículo**



Fonte: HOW STUFF WORKS, 2014

A Figura 8 mostra a estrutura de funcionamento de um turbocompressor em um veículo, demonstrando as explicações anteriores, onde os gases de escape movimentam a turbina (caixa quente do turbocompressor), levando movimento para o compressor (caixa fria do turbocompressor). O compressor eleva a densidade do ar admitido pelo motor. Logo após este ar sofre uma redução de temperatura no resfriador do ar de admissão (*intercooler*), tendo como objetivo aumentar ainda mais a densidade do ar admitido pelos cilindros.

Segundo Ometto (2014) a multinacional americana Borg Warner vem desenvolvendo o modelo de turbocompressor B01 voltado para veículos alimentados por etanol e gasolina (bi-combustível) de 0,8 a 1,4 litro, objetivando atender aos requisitos do Inovar-Auto. Para o turbocompressor em motores bi-combustível os principais desafios são a diluição do óleo por etanol nos mancais, o gás corrosivo de escape em contato com a caixa quente do conjunto e desgaste do alumínio do lado do compressor pelo fato do etanol ser potencialmente corrosivo.

**Figura 9 – Turbocompressor Borg Warner B01**



**Fonte: COISAS DE AGORA, 2015**

A Borg Warner projetou mancais mais resistentes, com design e tolerâncias diferentes, também otimizou a dissipação de calor na carcaça central fazendo que a viscosidade do óleo seja mantida em nível aceitável. A adversidade do desgaste ainda encontra-se em estudo, podendo ser preciso a realização de tratamento superficial nos rotores do compressor e material resistente a elevada temperatura nas carcaças da turbina e do compressor.

Os novos turbocompressores tem rotor de compressor fresado, atuadores elétricos de maior precisão, assim ganhando redução no tempo de resposta quando comparado a sistemas antigos e mecânicos, e também mancais projetados para trabalharem em harmonia com os lubrificantes atuais de menor viscosidade.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Classificação dos Métodos de Pesquisa**

A formação de um trabalho de graduação começa pela escolha do foco da pesquisa, que é a definição de maior importância a ser buscada, composta através de um grande trabalho de revisão bibliográfica, recomendações de pesquisadores, de amigos, ou até mesmo, elaborado partindo do conhecimento, que sustenta o significado da metodologia. (CRESWELL, 1994)

##### **3.1.1 De acordo com o objetivo**

Conforme os objetivos, as pesquisas classificam-se em Pesquisa Exploratória, Pesquisa Explicativa e Pesquisa Descritiva (GIL, 1991).

A Pesquisa Exploratória possibilita grande proximidade com o problema com objetivo de tornar mais decifrável e fornecer um conceito concreto para a formação das hipóteses, relacionando investigação bibliográfica, questionando indivíduos que participaram de realizações práticas com o problema de pesquisa, sendo apresentada normalmente através de pesquisas bibliográficas e estudos de caso (GIL, 1991; MALHOTRA, 2004).

Neste trabalho de graduação realizou-se uma pesquisa exploratória sobre a linha de desenvolvimento com inovação tecnológica dos motores à combustão interna, com realce no ganho do rendimento específico e a diminuição das emissões de gases prejudiciais adquiridos pela aplicação de técnicas contidas no *downsizing*.

#### **3.2 Métodos de pesquisa utilizados neste trabalho**

Para se alcançar este objetivo foi realizada uma pesquisa bibliográfica baseada na literatura técnica sobre motores à combustão interna, como:

- How stuff Works por HEYWOOD, J. B.
- Coisas de agora por WARNER, Borg.
- Motores a combustão interna por BRUNETTI, Franco
- Introduction to internal combustion engines por STONE, Richard.

- Engineering fundamental of the internal combustion engine por PULKRABEK, W. W.

Tanto quanto usou-se literatura acadêmica disponíveis em teses e trabalhos de graduação, como:

- Desenvolvimento de motor de alta performance a etanol para competição formula SAE através de simulação computacional e validação experimental por PEDROZO, V.P.
- Estudo de como a sobrealimentação alimenta a eficiência energética nos motores bicomustíveis por LAINO, R.V.
- Injeção direta x indireta: As diferenças entre as tecnologias TSI e FSI por DIAS. (2012)

## 4 RESULTADOS

Os resultados obtidos neste trabalho são conhecidos através das pesquisas realizadas em torno de referências, que vão desde o estudo de um motor à combustão interna comum, desenvolvido apenas para atingir suas necessidades de eficácia e não considerando questões governamentais atuais que envolvem principalmente a questão de poluição atmosférica.

Observou neste trabalho que a constante procura por parte dos clientes que utilizam os veículos aqui no Brasil se dá por parte da diminuição do consumo de combustível dos veículos atuais, mas sem perder rendimento em desempenho.

Resultou-se que a aplicação do desenvolvimento de novas tecnologias que apoiem o conceito *downsizing* em motores à combustão interna tende a somente crescer, pois atingirá cada vez mais os objetivos governamentais, com a considerável diminuição em poluição e também os objetivos do produto final, o cliente, que busca sempre visar a economia financeira sem perder o conforto.

## 5 CONCLUSÃO

Neste trabalho apresentou-se explicações tecnológicas, que estão sendo desenvolvidas ou que já são utilizadas em veículos em produção, tais que objetivam o aumento da eficácia dos motores de combustão interna.

Conforme foi citado exigências de mercado e leis ambientais consideravelmente mais intensa no quesito consumo de combustível e emissão de gases poluentes, tornaram obrigatória a indústria fabril a recorrer a meios de alcançar tais requisitos de forma que mantenha o custo acessível de seus produtos sem perder sua performance notada pelo cliente.

A pesquisa que fora realizada expõe, por meio de simulações e testes realizados pelos pesquisadores, que ainda existe possibilidade de implementar novas tecnologias com o objetivo de alcançar redução em emissão de poluentes e consumo de combustível em veículos produzidos em grande escala.

Conclui-se que o downsizing dos motores à combustão interna também esta ligado a uma ou mais soluções tecnológicas que foram expostas neste trabalho de graduação, são opções para o crescimento da vida deste propulsor, considerando que a indústria automobilística demonstra que a eletrificação por completa do trem de força é o rumo a ser tomado em um futuro.

## REFERÊNCIAS

Auto Mechanics – Martin W. Stockel **Industrial Education consultant**  
Souht Holland , Illiniois - 1981

**Automotive Handbook** – Bosch – 1994

BRUNETTI, F. **Motores a combustão interna**: Volume 2 / Franco Brunetti. - São Paulo: Blucher, 2002.

CARRO DE GARAGEM. **Coletor de admissão**. Disponível em:<<https://www.carrodegaragem.com/wp-content/uploads/2013/03/coletor.jpg>>. Acesso em 29 de abril de 2017.

CITROEN. **Engines Downsizing**. Disponível em:<<http://www.citroen.com.br/universo-citroen/tecnologias/engine-downsizing.html>>. Acesso em 29 de abril de 2017.

CRESWELL, J. W. **Research Design: qualitative & quantitative approaches**. Resumofeitopor Elisabeth Adriana Dudziack. London: Sage, 1994.

DIAS, T. **Injeção direta x indireta: As diferenças entre as tecnologias TSI e FSI**. Disponível em: <<http://mecanicaonline.com.br/wordpress/2015/07/22/injecao-direta-x-indireta-as-diferencas-entre-as-tecnologias-tsi-e-fsi>>. Acesso em 29 de abril de 2017.

**Engine** – 2000 [http://4.bp.blogspot.com/\\_50KiG5cw2LM/SkBEhwG0al/AAAAAAAAAFD8/1x7IKrbldPQ/s320/engine.gif](http://4.bp.blogspot.com/_50KiG5cw2LM/SkBEhwG0al/AAAAAAAAAFD8/1x7IKrbldPQ/s320/engine.gif)

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GOUZONNAT, F.; MERCKX, P.; CAZENAVE, R.; LE COQ, S.; DEMESSE, F. **New challenges encountered when designing highly downsized gasoline engines (through new PSA Peugeot Citroën powertrain examples)**. PSA PEUGEOT CITROEN, 18, Rue des Fauvelles, F-92256 LA GARENNE COLOMBES, França, 2015.

HEYWOOD, J. B. **Internal combustion engine fundamentals**. New York: McGrawHill, 1988.

HIGA, H. Y. **Estudo e preposição para redução de consumo do motor flex-fuel**. 2011. 73 f. Monografia (Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

HONDA TECH. **Supercharger**. Disponível em:<<https://honda-tech.com/forums/attachments/forced-induction-16/181930d1293514343->

[%2A%2A%2A-official-jrsc-thread%2A%2A%2A-mp45sc.jpg](#)>. Acesso em 29 de abril de 2017.

LAINO, R.V. **Estudo de como a sobrealimentação alimenta a eficiência energética nos motores bicombustíveis**. Monografia (Pós Graduação Engenharia Automotiva) – Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2014.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de Marketing: Uma Orientação Aplicada**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

MAUÁ DE TECNOLOGIA. **Downsizing em motores de combustão interna: uma abordagem de inovação tecnológica**. 2014 Disponível em: <http://maua.br/files/monografias/completo-downsizing-motores-combustao-interna-280731.pdf>

MS – MOTORSERVICE. **Comando de Válvulas**. Disponível em:< [https://www.ms-motorservice.com.br/fileadmin/media/corporate\\_content/Product\\_Pictures/Nockenwelle\\_BFG/BF\\_obenliegende\\_nockenwelle\\_grafik.png](https://www.ms-motorservice.com.br/fileadmin/media/corporate_content/Product_Pictures/Nockenwelle_BFG/BF_obenliegende_nockenwelle_grafik.png)>. Acesso em 30 de abril de 2017

NAKANO, D. G. **Estudo sobre instalação de um turbocompressor em automóvel nacional**. 2007. 129 f. Dissertação (Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2007.

PEDROZO, V.P. **Desenvolvimento de motor de alta performance a etanol para competição formula SAE através de simulação computacional e validação experimental**. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

PIELECHA, I.; CIESLIK W.; BOROWSKI P.; CZAJKA J.; BUESCHKE W.; et al., **Reduction of the number of cylinders in internal combustion engines – contemporary trends in downsizing**. Combustion Engines. 2014, 159(4), 12-25. ISSN 2300-9896.

PULKRABEK, W. W. **Engineering fundamental of the internal combustion engine**. New Jersey: Prentice Hall, 2003.

RODRIGUES, T.M. **“Downsizing” em motores de combustão interna: Uma abordagem de inovação tecnológica**. Monografia (Pós Graduação Engenharia Automotiva) – Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2014.

STONE, Richard. **Introduction to internal combustion engines**. London:Macmillan, 1999.

STONE, R.; BALL, J. K. **Automotive Engineering Fundamentals**. Warrendale: Society of Automotive Engineers, 2004.

**Tecnologia industrial II**, Segundo Bat - <https://es.slideshare.net/Albelba/motor-otto2bat>

TURBO BY GARRET. **Turbocharger**. Disponível em:<<https://www.turbobygarrett.com/turbobygarrett/basic>>. Acesso em 29 de abril de 2017.