

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ**

Tecnologia em Mecânica Automobilística

Pietro Trevisanello Puglia

São Paulo
2018

**CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ**

Tecnologia em Mecânica Automobilística

Pietro Trevisanello Puglia

Retífica e princípios de funcionamento RD350

Trabalho de Conclusão de Curso entregue à Fatec Santo André como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Mecânica Automobilística.

Orientador: Prof.
Roberto Bortolussi

Santo André
2018

P978r

Puglia, Pietro Trevisanello
Retífica e princípios de funcionamento RD350 / Pietro
Trevisanello Puglia. - Santo André, 2018. – 58f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Mecânica Automobilística, 2018.

Orientador: Prof. Roberto Bortolussi

1. Mecânica. 2. Motor de combustão interna. 3. Ciclo dois
tempos. 4. Yamaha DT180. 5. Retífica. 6. Pistões. 7.
Manutenção. I. Retífica e princípios de funcionamento
RD350.

629.2



CENTRO PAULA SOUZA

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Faculdade de Tecnologia de Santo André

LISTA DE PRESENÇA

Santo André, 05 de Julho de 2018

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA: "RETÍFICA E PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO RD350" DO ALUNO DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE: PROF. ROBERTO BORTOLUSSI [Signature]

MEMBROS: PROF. CLEBER WILLIAN GOMES [Signature]

PROF. FERNANDO GARUP DALBO [Signature]

ALUNOS: PIETRO TREVISANELLO PUGLIA [Signature]

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família em primeiro lugar, por me dar forças quando nem eu sabia mais o que fazer e como evoluir no projeto, pelo incentivo e confiança, que me motivaram a continuar.

Meu nono Pietro Trevisanello, que me ajudou e me ensinou praticamente tudo o que sei de mecânica hoje, sem ele não poderia nem começar, a ele só tenho a agradecer, por tudo o que me foi ensinado, e pelos momentos difíceis, quando nos acolheu e nos cuidou, foi sem dúvida essencial para a conclusão do projeto.

Minha mãe Cinzia Trevisanello e minha namorada Thais de Oliveira Conceição foram as pessoas que mais me deram forças, incentivo, ajuda e ideias principalmente de como iluminar a garagem de madrugada algumas vezes, até concluir a montagem do motor, sem dúvida foram essenciais para a conclusão do projeto.

Meu pai Luiz Vasco, que por menos que goste que eu tenha motos, e por mais que tente fazer com que eu desista delas, foi a pessoa mais curiosa, e a cada dia que me via perguntava como estava ficando o motor, sem dúvida foi essencial para a conclusão do projeto.

Meus irmãos Luca e Filippo, que me ajudaram a achar peças pela internet, a montar e desmontar o motor, e a pesquisar tudo o que precisei para conseguir concluir o projeto, nos piores momentos estavam me ajudando a carregar as peças e conferir os apertos, sem dúvida foram essenciais para a conclusão do projeto.

Minha filha, que também participou e sujou as mãozinhas de graxa e me lembrou de guardar os soquetes dentro dos cilindros recém retificados, sem isso realmente a moto não funcionaria, sem dúvida foi essencial para a conclusão do projeto.

À família Sackboy, que esteve sempre presente e participando de tudo, sem dúvida foram essenciais para a conclusão do projeto.

À Fatec e meu orientador Roberto Bortolussi, por me darem grande parte do conhecimento necessário para saber o que fazer com todas aquelas peças e principalmente por permitirem que este projeto pudesse se tornar meu trabalho de conclusão de curso, sem dúvida foram essenciais para a conclusão do projeto.

Ao Diogo do canal Movimento 2 Tempos São Paulo, por me aguentar e me ajudar tanto com todas as dicas e dúvidas sobre montagem, desmontagem, peças, adaptações, e me ensinar praticamente tudo o que eu sei sobre motores dois tempos, sem esse cara não teria nem saído do lugar, foi sem dúvida essencial para a conclusão do projeto.

Ao Marcelo Tonella, que com seu canal também me ensinou muito sobre o funcionamento dos motores dois tempos e foi na verdade um dos principais quando eu comecei a mexer nesses motores (ele foi da época em que ela funcionava), foi sem dúvida essencial para a

conclusão do projeto.

Ao Marlon Nagata, da M2 Motostore, pelas dicas e peças fornecidas, emprestadas e vendidas, foi sem dúvida essencial para a conclusão do projeto.

RESUMO

Neste projeto pretende-se demonstrar o processo de retífica feita em um motor de combustão interna de ciclo dois tempos, mais especificamente uma YAMAHA RD350 1989, enfatizar algumas de suas características e peculiaridades principais, como por exemplo, o bombeamento de óleo dois tempos para lubrificação dos pistões, cilindros, virabrequim e rolamentos, pela bomba nomeada autolub e patenteada pela YAMAHA; YPVS, uma válvula de restrição da vazão dos gases de escape do motor; câmara de expansão do conjunto de escapamentos, o que na época foram inovações para ganho de performance ainda demonstrar que pode-se fazer uma adaptação dos pistões originais para os pistões da YAMAHA DT180, devido as dificuldades atuais de se encontrar peças para este modelo. Existem no mercado paralelo pistões para RD350, porém há poucas opções, uma de baixa qualidade, da marca Toko, produzido na china, podem ser comprados pelo mercado livre, por aproximadamente R\$ 50,00. Ou outra opção de alta qualidade, da marca Wiseco e com preço inacessível por muitos, podem ser importados pelo Amazon, e custam entre \$ 300,00 a \$ 400,00, mais as taxas de transporte e importação, o que resulta em valores de aproximadamente R\$ 1200,00 a R\$ 1500,00, uma vez que o dólar está valendo aproximadamente R\$ 3,83, isso conferido no dia 11/07/2018. Este motor sofreu a quebra do pistão esquerdo, devido a uma folga nos rolamentos das bielas com o virabrequim, causado por um desgaste natural, já que este motor tem atualmente 94000 Km e por um excesso de carbonização por falta de manutenção, uma vez que os motores dois tempos tem uma tendência maior de carbonização. No dia da falha, a moto estava sem bateria, o que impedia o funcionamento correto do YPVS, aumentando a pressão dentro dos cilindros de maneira exagerada, esta válvula funciona simulando o abaixamento das janelas de escape, aumentando assim o trabalho realizado pela expansão dos gases dentro da câmara de combustão e cilindros. Neste tipo de motor temos baixo torque em baixas rotações, essa é uma manobra para se tentar amenizar essa falta de torque, pois diminuindo a vazão dos gases de saída e abaixando a altura da janela de escape conseguimos um aumento do torque, porém deve ser aberta, de medias a altas rotações, devido ao fluxo de gases ser maior, neste caso, em 5500 RPM.

Palavras-chave: Autolub. Carbonização. DT180. RD350. Yamaha. YPVS.

ABSTRACT

In this work, tried to show the rebuild process done in an internal combustion motor of two stroke cycle, more specifically a YAMAHA RD350 1989, specificity some of its principal characteristics and particularity, for example: the pumping of two stroke oil for the lubrication of the pistons, cylinders, crankshaft, and rollers for the pump named Autolub and patented by YAMAHA; YPVS a restriction valve for the flow of combustion gases; and expansion chamber, what at the time was an innovation for performance gain and show the possibility of piston YAMAHA DT180 adaptation by the original one, caused by the difficult of found parts. In the parallel aftermarket just had a few options, one of low quality, brand Toko produced on China, can be acquired on Mercado Livre, its costs around R\$ 50,00. Or other of high quality by Wiseco brand, it can be acquired by Amazon site and costs around \$ 300,00 \$ 400,00, more import and transport rates, what results actually in a value around R\$1200,00 R\$ 1500,00, once the dollar value in the moment permeates R\$ 3,85, that was check in 11/07/2018. This engine had its left piston broken by a clearance on crankshaft and connecting rods, caused by a natural fade, because the engine had 94000 Km and excessive carbonization by a lack of maintenance, one time of this type of engine had a characteristic of high carbonization. In the day of broke event, the bike had no battery, what means the incorrectly function of YPVS and increase of the pressure in the cylinders exaggeratedly, this valve suits right this, because, a two stroke engine had low torque in low rotation, this maneuver try to soften this lack of torque, because decreasing the flow of gases and the height of the scape window the engine had an increase of torque in low rotation, but the valve need to open in medium for high rotation, particularly this case in 5500 RPM.

Key words: Autolub. Carbonization. DT180. RD350. YAMAHA. YPVS.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| AGRADECIMENTOS | 5 |
| RESUMO | 7 |
| ABSTRACT | 8 |
| SUMÁRIO..... | 9 |
| LISTA DE FIGURAS..... | 11 |
| LISTA DE ABREVIATURAS..... | 12 |
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1. Motivação | 14 |
| 1.2. Objetivos | 16 |
| 1.3. Organização do Trabalho | 17 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 19 |
| 2.1 Cálculo volumétrico e taxa de compressão..... | 20 |
| 2.2 Caixa do filtro de ar e elemento filtrante..... | 22 |
| 2.3 Carburador..... | 24 |
| 2.4 Coletor de admissão e tubo equalizador | 26 |
| 2.5 Válvula de palhetas..... | 28 |
| 2.6 Cilindro e janelas | 29 |
| 2.7 YPVS..... | 32 |
| 2.8 Pistões | 35 |
| 2.9 Bielas | 37 |
| 2.10 Autolub | 38 |

| | | |
|------|---|-----------|
| 2.11 | Virabrequim | 39 |
| 2.12 | Câmara de expansão..... | 39 |
| 3 | ATIVIDADE PRÁTICA | 42 |
| 4 | RETÍFICA | 47 |
| 5 | AFERIÇÃO DE MEDIDAS..... | 49 |
| 5.1 | Comparação dos resultados..... | 52 |
| 6 | CÁLCULO VOLUMÉTRICO E DE COMPRESSÃO..... | 54 |
| 7 | DISCUSSÃO FINAL E CONCLUSÃO | 56 |
| 8 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 58 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Motor recém-aberto para identificação do problema, e descoberta de um pistão com a “cabeça rachada ao meio e sua arte inferior completamente moída. | 16 |
| Figura 2 - Caixa do filtro de ar, condutores de ar, e palhetas. | 23 |
| Figura 3 - Vista explodida de um carburador Mikuni de RD 350. | 26 |
| Figura 4 - Tubo equalizador, coletores de admissão, pistonete e agulhas do pistonete. | 27 |
| Figura 5 - Válvulas de palhetas. | 29 |
| Figura 6 - Janela de transferência motor dois tempos. | 30 |
| Figura 7 - Janela de escape. | 30 |
| Figura 8 - Janelas de admissão. | 31 |
| Figura 9 - Camisa do cilindro esquerdo riscada e janelas afetadas. | 32 |
| Figura 10 - Válvulas do YPVS. | 34 |
| Figura 11 - Curva de torque e potência RD 350. | 34 |
| Figura 12 - Comparativo de potência do motor com e sem YPVS. | 35 |
| Figura 13 - Pistão DT180 e biela RD 350. | 36 |
| Figura 14 - Biela torta RD 350. | 37 |
| Figura 15 - Câmaras de expansão. | 41 |
| Figura 16 - Limites de folgas do virabrequim | 48 |
| Figura 17 - Pistão RD350 ART | 49 |
| Figura 18 - Pistão DT180 | 50 |
| Figura 19 - Aferição do volume das câmaras de combustão. | 51 |
| Figura 20 - Tabela comparativa de medidas dos pistões | 52 |
| Figura 21 - Tabela comparativa dos volumes aferidos. | 52 |
| Figura 22 - Tabela comparativa entre os motores standard e com adaptação de pistões. | 56 |

Lista de Abreviaturas

| | |
|-------|---|
| DKW | <i>Dampf-Kraft-Wagen</i> |
| PMI | <i>Ponto Morto Inferior</i> |
| PMS | <i>Ponto Morto Superior</i> |
| VEMAG | <i>Veículos e Máquinas Agrícolas S.A.</i> |
| YPVS | <i>Yamaha Power Valve System</i> |

1 Introdução

“Only ten years ago the two-stroke engine was widely and quite understandably thought to be a “reasonable alternative to the four-stroke only when minimum weight and manufacturing cost were all-important considerations. The two-stroke was recognized as having substantial theoretical promise, as it delivered a power stroke for each 360 degrees of crankshaft rotation but the hard reality was that each individual power impulse was too feeble to amount to much when totaled at the output end of the crankshaft. A very few engines had begun to appear in which some of the theoretical promise was realized however, and this encouraged engineers at MZ, Yamaha and Suzuki to persist in their efforts to wring competitive power output from the racing two-stroke engine. To say that they were ultimately successful would be gross understatement.”

Gordon Jennings.

Motores dois tempos são máquinas de funcionamento mais simples do que os comuns motores quatro tempos, porém ao contrário do que a maioria pensa tem um projeto muito refinado, com detalhes e particularidades desconhecidos pela maioria.

Entre as décadas de 80 e 90 foi onde tiveram o seu auge aqui no Brasil, ficando muito conhecida a concorrência indireta das motos RD350 que trazia um motor bicilíndrico dois tempos de 347 cilindradas e aproximados 55 CV de potência, e a famosa CBX750, que trazia um motor de quatro cilindros e quatro tempos de 750 cilindradas e aproximados 80 CV, as duas motos tinham velocidades finais e aceleração muito parecidas, mesmo com a diferença no tamanho dos motores, a diferença principal é a forma como o motor entrega o torque e a potência para o piloto.

Os motores dois tempos tem uma curva de torque padrão, sempre crescente, ou seja, aumenta-se o torque e conseqüentemente a potência, conforme aumenta-se a rotação do motor.

Os motores dois tempos são na verdade muito anteriores a isso, geralmente sendo utilizados como motores de competição por serem motores muito baratos, leves, e com um rendimento muito superior aos motores de quatro tempos.

Segundo Sandler (2010), teve sua fase inicial anteriormente ao motor de ciclo Otto, projetado por uma dupla de italianos, Nicolò Barsanti e Felice Matteucci, porém, tinha um funcionamento diferente do que conhecemos hoje, era um motor considerado sem compressão, porém a compressão referida é ocorrida antes da fase de admissão da mistura, atualmente gerada no cárter do motor, este modelo funcionava apenas com compressão feita pelos pistões.

Em sua fase pós ciclo Otto o escocês Dugald Clerk desenvolveu um projeto mais parecido com os motores que temos hoje, devido a compressão da mistura pré admissão do cilindro, porém usava um pistão com função exclusiva de comprimir a mistura ar combustível para admissão pelo cilindro que a usaria para combustão.

Nas competições do MotoGP até meados dos anos 90, os motores dois tempos de 500 cilindradas competiam na mesma classe dos motores quatro tempos de 900 cilindradas.

Foram utilizados também na indústria automobilística, em carros alemães, ou poloneses, porém são motores carentes de torque em baixas rotações, o que acabava restringindo seu uso para carros de pequeno porte.

Motores à diesel também podem ser de dois tempos, esses nunca foram descontinuados, e usados geralmente em navios ou trens de carga, onde a exigência de potência é grande, porem estes tem cárter separado, e não misturam óleo com combustível para queima.

A partir da década de 90 a produção desses motores começou a sofrer grandes restrições, devido a emissão de poluentes gerada pela queima de óleo lubrificante junto ao combustível do motor.

Poucas indústrias aceitaram o desafio de continuar investindo seus recursos nestes motores que estavam possivelmente extintos, foram continuados sempre como motores fora de estrada e voltados para veículos de competição.

Agora em 2017 a KTM apresentou seu motor mais recente, utilizado em uma de suas motos de enduro; um motor monocilíndrico de dois tempos e 250 cilindradas, que rende aproximadamente 40 CV de potência, possui injeção eletrônica, e passa nas regras de emissões atuais, euro 5 mostrando mais uma vez o rendimento e eficiência destes motores.

1.1. Motivação

A Ideia deste projeto surgiu da necessidade da retífica do motor de uma moto YAMAHA RD 350 EXPORT 1989, uma vez que quando usada antes da quebra, estava com um problema de falta de bateria, causado por falha no sistema retificador de tensão.

Desta maneira o servo-motor do YPVS não atuava, limitando o giro do motor em 7000 RPM e aumentando muito a pressão dentro dos cilindros, somado a um excesso de carboniza-

ção devido ao uso em temperatura errada de funcionamento do motor houve um começo de pré-ignição em determinado momento do uso da motocicleta.

Estes fatores somados há uma folga entre as bielas, rolamentos e virabrequim, devido aos 94000 Km originais da parte de baixo do motor, permitiram a quebra de um dos pistões, forçando a retifica no motor da motocicleta e decidindo por transformar este projeto em um trabalho de conclusão de curso da Fatec Santo André.

O resultado da quebra pode ser conferido na figura 1 a seguir, que foi tirada logo após a abertura do motor, alguns dias após a falha, onde pode ser observado o motor da motocicleta já sem o cabeçote ou tampa do motor, que permite o acesso aos pistões, dos quais, o esquerdo, no caso, ao lado direito da figura 1, percebe-se uma rachadura de lado a lado em sua parte superior, esta rachadura corre o pistão por completo e o divide em duas partes, fixadas nesta posição apenas pelo primeiro anel de vedação, pouco abaixo, a partir da região do segundo anel, o qual já não estava mais fixado ao pistão, este foi completamente destruído e estilhaçado devido ao movimento do motor, conforme o motor funcionou por um curto período, os pequenos pedaços que se desprenderam do pistão pelo bater da biela, caíram até o cárter e formam esmagados pelo virabrequim.

Figura 1 - Motor recém-aberto para identificação do problema, e descoberta de um pistão com a “cabeça rachada ao meio e sua arte inferior completamente moída.



Fonte: Autor.

1.2. Objetivos

Neste projeto pretende-se demonstrar o processo de retífica feita em um motor de combustão interna de ciclo dois tempos, mais especificamente uma moto YAMAHA RD350 1989, e ainda enfatizar algumas de suas características e peculiaridades principais, como por exemplo, o bombeamento de óleo dois tempos para lubrificação dos pistões, cilindros, virabrequim e rolamentos, pela bomba nomeada autolub e patenteada pela YAMAHA, YPVS, uma válvula de restrição da vazão dos gases de escape do motor, câmara de expansão do conjunto de escapamentos, bem como a adaptação dos pistões de DT180, uma vez que os originais de RD350 estão cada vez mais escassos no mercado.

Este motor bi cilíndrico, sofreu a quebra do pistão esquerdo o qual já era uma adaptação de DT180, havia também um excesso de carbonização por falta de temperatura devido as velas erradas colocadas anteriormente, a fim de corrigir uma falha na carburação deste motor, que não é tão simples de se fazer, uma vez que a mistura de potência dos motores dois tempos se dá com a mistura levemente pobre, o que quer dizer menor lubrificação, pois o óleo esta diluído no combustível, gera também um superaquecimento pois a admissão da mistura faz parte direta da refrigeração do motor e elevado desgaste e o travamento do motor.

Comumente eram usadas velas com grau térmico mais frio, para possivelmente evitar superaquecimento, no caso as velas BR9ES sendo que a moto vinha de fábrica com as BR8ES ambas da NGK ainda que recomendadas pelo manual, mas apenas como um caso opcional, e dependendo do uso da moto e afinação do piloto.

O uso de velas de grau térmico mais baixo ao recomendado pelo fabricante leva a um acúmulo do carbono na parte superior dos pistões e cabeçote do motor e conseqüentemente elevação da temperatura na câmara de combustão, já que o carbono acumula temperatura e demora para conseguir dissipar, com isso podemos ter um problema chamado pré-ignição, o que aumenta vibrações e aquecimento, podendo ocorrer falha de ignição e acelerando assim o desgaste do motor.

1.3. Organização do Trabalho

Este trabalho está organizado da maneira mais lógica e de mais fácil interpretação, tentou-se organizar principalmente como uma linha do tempo, descrevendo cada situação em cada momento respectivo.

No Capítulo dois (Fundamentação teórica) descrevem-se as principais características deste motor, seu funcionamento e vantagens ou desvantagens de técnicas utilizadas como possibilidades de variação ao padrão original, podendo ser características de preparação dos motores ou inativação de partes para alívio de carga dos mesmos.

No capítulo três (Atividade prática), será descrito todo o processo de desmontagem do motor, peças utilizadas, remontagem e “acerto” da carburação da motocicleta.

No quarto capítulo (Retífica) será descrito de forma breve os processos de retífica de um motor que são os mesmos para motor dois ou quatro tempos.

No capítulo cinco (Aferição de medidas) será exemplificado, de como foram feitas as medições das peças e um comparativo entre os pistões de RD350 e DT180.

Será trazido também uma dissertação sobre o uso e adaptação dos pistões de DT180 na motocicleta RD350.

No capítulo seis (Cálculo volumétrico e de compressão) serão exemplificados e comparados os cálculos de volume de motor e taxa de compressão nas versões standard e com adaptação dos pistões.

O capítulo sete (Discussão final e conclusão) traz de forma simples a conclusão, se realmente pode ser feita esta adaptação, se acarreta algum tipo de prejuízo ou ganho de eficiência para o modelo.

2 Fundamentação teórica

“FROM A very humble beginning, the two-stroke internal combustion engine has now been developed to a degree that was not thought possible just a few years ago. I am sure even the engineers who have stood by the two-stroke principle for so long find it staggering that this mechanically simple device can produce as much power as it does today, with relative reliability.”

A. Graham Bell

Quando o ar é admitido pelo motor, passa pela caixa do filtro de ar, onde temos o elemento filtrante, um tipo de espuma umedecida com óleo dois tempos, para auxiliar na retenção de partículas indesejáveis para o motor, após, passa pelos dutos condutores de ar, para dar uma característica laminar ao fluxo.

Ao chegar aos carburadores, o ar pode seguir dois caminhos, direto, passando pelo Venturi, nome dado ao perfil do duto, usado para que o ar ganhe velocidade e após, perca pressão, fazendo aparecer uma pressão negativa para a sucção da mistura que surgirá do outro caminho traçado pelo ar.

A segunda “opção” é que o ar passe pelos dutos do parafuso de ar, o qual pode ser controlada a abertura, determinando mistura mais rica ou mais pobre, em médias e altas rotações se mais aberto. Seguindo por esse caminho o ar adentra os carburadores encontrando a cuba cheia de combustível, o qual será levado junto por arraste, aqui seguirá caminho pelo giclê de baixa, até aproximadamente 1/4 da rotação máxima do motor, de 2/4 a 3/4 de rotação, a mistura seguirá pelo giclê de alta, ainda que quem determine seu fluxo sejam o parafuso de ar e agulha do pistonete, pois determinará a abertura da passagem, acima de 3/4 de rotação, a vazão não mais será afetada pela agulha do pistonete, sendo o giclê de alta seu único determinante.

Devido à baixa pressão gerada no Venturi, a mistura é puxada para fora dos carburadores, encontrando com o ar admitido apenas pelo Venturi, aqui encontrarão o óleo dois tempos injetado nos carburadores pela bomba do autolub e o arrastarão junto para dentro do motor.

Agora a mistura de ar, combustível e óleo, passarão pelas pirâmides de torque, que tem como função evitar o refluxo gerado pela pressão dos cilindros para os carburadores, e vibrar suas palhetas com a passagem da mistura ajudando a pulverização.

Passa-se agora para as janelas de admissão, onde a mistura seguirá para o cárter, seja passando pela parte inferior dos pistões, seja passando pelas janelas dos pistões. Aqui a mistura ganhara temperatura, ajudando na refrigeração do motor e evaporação de parte da mistura, o que melhora a queima dentro dos cilindros.

Quando o pistão passar do ponto morto superior (PMS) para o ponto morto inferior (PMI), irá comprimir a mistura que se encontra no cárter, que seguirá pelas janelas de transferência até os cilindros.

Quando os pistões passarem dos PMI ao PMS, irão comprimir a mistura dentro do cilindro, fechando primeiro as janelas de transferência e depois as janelas de escape, portanto, uma parte da mistura ainda não queimada, será mandada para fora dos cilindros, permanecendo por um tempo na câmara de expansão, pois a janela de escape ainda estará aberta durante uma pequena parte da compressão.

Realizada a combustão, o pistão desce, já dando início a um novo ciclo, abrirá primeiro a janela de escape, jogando os gases para fora, e depois as janelas de admissão, admitindo nova mistura, os gases que sobraram da queima, saíram do cilindro passando pela válvula YPVS e foram para a câmara de expansão.

A válvula do YPVS controla a vazão de gases, fica fechada em giros baixos até médio, abrindo gradualmente a partir dos 5500 RPM, pois assim aumenta a pressão dos gases na saída do cilindro, impedindo que uma parte da mistura não queimada saia.

Na câmara de expansão, os gases perdem um pouco de velocidade com o aumento do volume dos escapes, logo depois sofrem uma compressão, pelo afunilamento da câmara, fazendo com que haja uma reflexão da pressão dentro da câmara, essa reflexão é a responsável por mandar de volta para os cilindros o resto da mistura não queimada, para reduzir o consumo e diminuir a perda de torque em baixas rotações desses motores.

Seguindo pelo escape, os gases passam pelo silenciador e agora serão eliminados.

2.1 Cálculo volumétrico e taxa de compressão

O cálculo do volume do motor dois tempos é universal e efetuado da mesma maneira que para um motor de quatro tempos.

Segundo Bell (1999), calcula-se o volume do cilindro desde o ponto morto inferior do pistão até o ponto morto superior, ou seja, o volume do motor será determinado pela área do cilindro, multiplicado pelo curso do pistão, multiplicado pelo número de pistões do motor, conforme a equação seguinte:

$$CV = \frac{\pi D^2 S}{4000} = [cm^3]$$

Onde:

- CV: volume do cilindro.
- D: diâmetro do cilindro em mm.
- S: curso do pistão em mm.

Multiplicado pelo número de cilindros, temos o volume total do motor:

$$VM = CV * NC = [cm^3]$$

Onde:

- VM: volume total do motor.
- CV: volume do cilindro.
- NC: número de cilindros do motor.

Porém ao analisarmos a taxa de compressão dos motores dois tempos há duas maneiras de ser calculada, e são classificadas como taxa de compressão não corrigida e taxa de compressão corrigida.

A diferença entre as duas técnicas é que a taxa de compressão corrigida, usa como base para os cálculos do volume de compressão comprimido pelo pistão, apenas o curso do cilindro a partir do momento em que este obstrui completamente a janela de escape, e a taxa de compressão não corrigida, que é a que será usada neste trabalho, toma como referência o curso total do pistão como base de cálculo do volume a ser comprimido.

$$CR = \frac{CV + CCV}{CCV}$$

Onde:

- CR: Taxa de compressão.
- CV: volume do cilindro.
- CCV: volume da câmara de combustão mais junta.

2.2 Caixa do filtro de ar e elemento filtrante

A caixa do filtro de ar tem como principal função coletar o ar atmosférico de um local mais afastado do motor, onde o ar coletado tem uma carga térmica menor, por tanto maior densidade, fazendo assim com que o motor desenvolva maior potência, por admitir mais mistura.

Dentro da caixa do filtro, os dutos e galerias são dimensionados para gerar um fluxo de ar laminar e com velocidade ideal para o arraste do combustível e do óleo no carburador, nesta configuração original não é recomendado filtros “esportivos”, pois além de coletarem ar mais quente, o ar entra de maneira turbulenta nos carburadores fazendo com que seja necessária outra configuração de carburação e perdendo eficiência do motor ao invés de um aumento

O elemento filtrante deste motor, é uma espuma com poros relativamente grandes, porém nos motores dois tempos essa espuma deve ser embebida em óleo dois tempos e esmagada para retirada do excesso.

A adição do óleo restringe um pouco mais a passagem do ar e faz com que as impurezas fiquem agarradas as paredes da espuma, diminuindo o que seria absorvido pelo motor.

Os problemas ocasionados aqui podem ser, segundo o próprio manual de serviços:

Excesso de óleo no elemento filtrante: dificuldade do motor em aspirar o ar atmosférico para dentro do motor.

Falta de óleo ou do próprio elemento filtrante: excesso de partículas admitidas pelo motor, consequentemente aumento do desgaste das peças e acúmulo de carbono na parte superior do pistão, esta carbonização pode levar à pré-ignição.

Substituição do conjunto por filtros esportivos: idem ao anterior, com ressalva para alteração do fluxo laminar do ar e alteração do funcionamento dos carburadores.

O excesso de carbonização no motor pode levar a falha de algum componente, como velas, pistões (caso desta motocicleta), válvulas de escape, restrição do fluxo de gases de escape acima do normal.

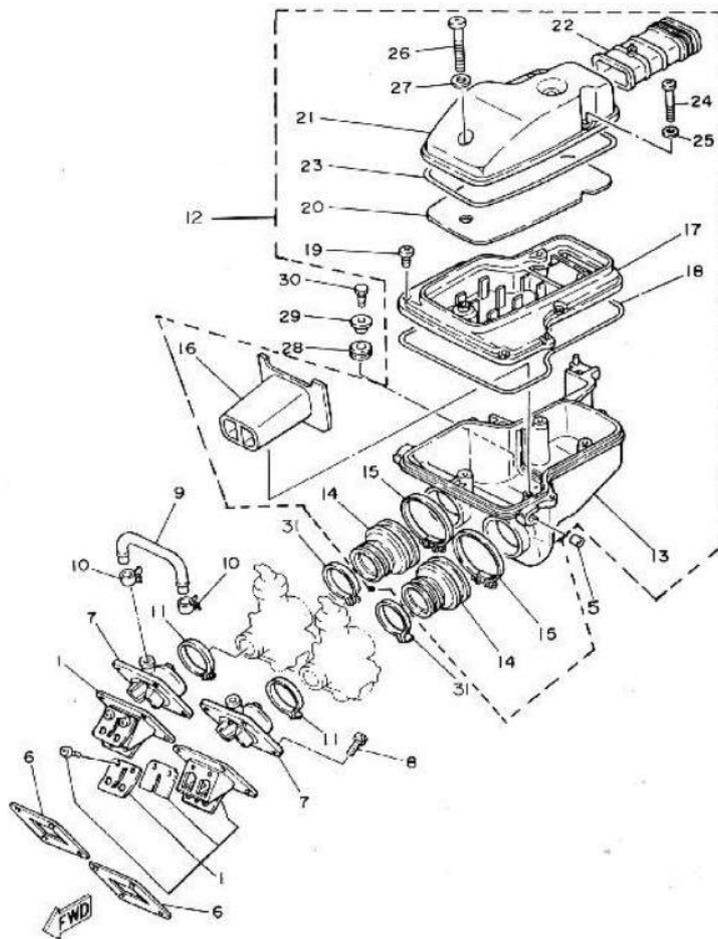
Para se corrigir este problema deve-se:

- Limpar o sistema de carbonização, se necessário desmontar o cabeçote do motor para melhor acesso às partes.

- Lavagem do elemento filtrante.
- Substituição do óleo dois tempos no elemento.
- Remontagem do sistema.

A figura 2 a seguir é uma imagem retirada do manual de serviços da motocicleta, que mostra os elementos da caixa do filtro de ar do modelo.

Figura 2 - Caixa do filtro de ar, condutores de ar, e palhetas.



Fonte: Catalogo de peças RD 350.

2.3 Carburador

Para explicar o carburador, primeiramente será descrito as suas peças e funcionamento, depois o funcionamento do conjunto, segundo o padrão universal e utilizado pela Yamaha.

Corpo do carburador: onde são fixados todos os componentes do carburador, é ele o responsável pela fixação do carburador nos condutores de ar e nos coletores de admissão dando a fixação deste no motor.

Agulha e sede: são os responsáveis por permitir ou bloquear a passagem de combustível da linha para dentro do carburador.

Boia: empurra a agulha contra a sede, fechando a passagem de combustível conforme o nível sobe dentro da cuba do carburador.

Cuba: responsável por armazenar o combustível do carburador e contém o parafuso de dreno.

Parafuso dreno: serve para drenar o combustível de dentro da cuba.

Giclês: Parecido com um parafuso vazado, por onde passará combustível misturado com ar em sentido ao Venturi, e admissão pelo motor.

Agulha do pistonete: fixada ao pistonete, aumenta ou diminui a passagem de combustível pelo giclê de alta, restringindo a passagem devido ao seu perfil “cônico”.

Pistonete: libera ou restringe a passagem de ar para o Venturi.

Venturi: faz parte da usinagem do corpo do carburador; é um estrangulamento seguido de aumento de diâmetro no duto de passagem do carburador, que tem como função linearizar o fluxo e criar uma zona de baixa pressão, para admissão da mistura, que será induzida para fora da cuba.

Parafuso do ar: libera ou restringe o fluxo do ar de admissão para dentro da cuba do carburador, ajustando parte da mistura que sairá dos carburadores.

Parafuso de marcha lenta: mantém o pistonete numa posição inicial fixa, para manter a mistura ideal de funcionamento do motor em marcha lenta.

Afogador: serve para enriquecer a mistura, aumentando a entrada de combustível para partidas à frio.

Num motor dois tempos a afinação da carburação é essencial, este sistema é muito sensível a imperfeições como por exemplo impurezas oriundas do próprio combustível ou óleo, excesso ou falta de combustível, resultantes de um possível erro de configuração dos carburadores.

Frequentemente pode-se ter o entupimento de algum giclê, e por tanto, falha na quantidade de combustível admitida, um motor dois tempos que trabalha sob regime de mistura pobre, pode facilmente travar, devido ao excesso de temperatura nas partes móveis, e falta de lubrificação, uma vez que o principal responsável pelo arraste do óleo para dentro do motor é o combustível presente na mistura ar/combustível.

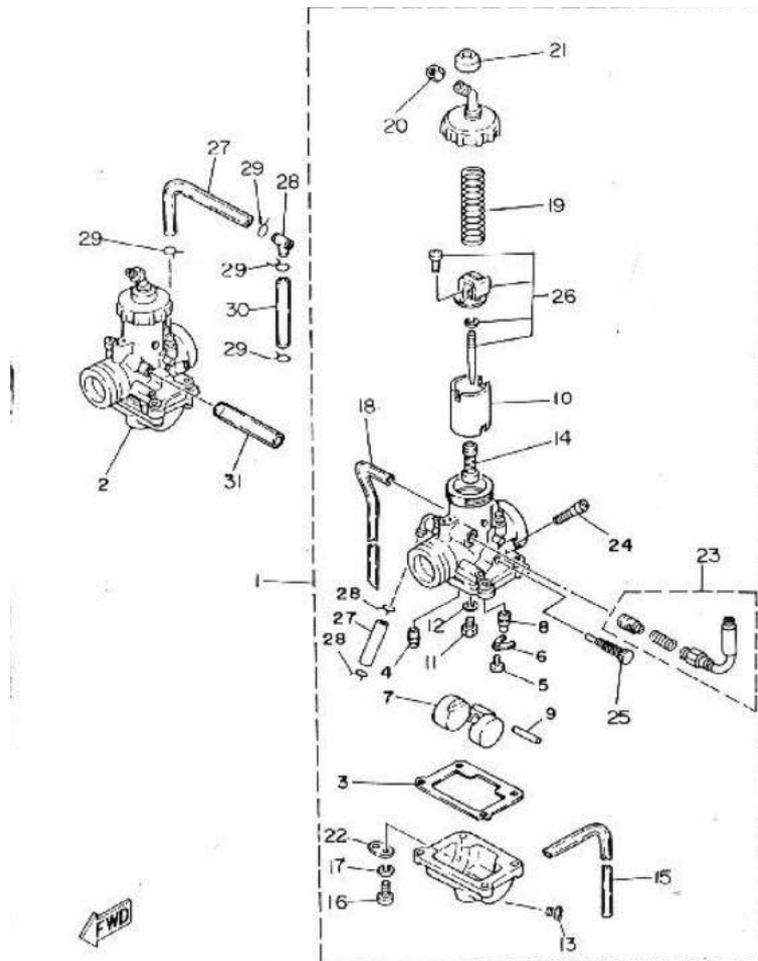
Geralmente o motor apresentará sintomas de falta de combustível.

Para se corrigir essa falha, deve-se:

- Retirar os carburadores do motor.
- Desmonta-los em cima de uma bancada.
- Efetuar a devida limpeza com os produtos e ferramentas corretas.
- Conferir as medidas e regulagens.
- Remontar os carburadores e remonta-los no motor.
- Refazer a carburação da motocicleta com o motor em temperatura normal de uso.

A imagem 3 a seguir, também retirada do manual de serviços da motocicleta, esquematiza as peças citadas anteriormente e exemplifica suas posições de montagem.

Figura 3 - Vista explodida de um carburador Mikuni de RD 350.



Fonte: Catálogo de peças RD350.

2.4 Coletor de admissão e tubo equalizador

O coletor de admissão é uma peça metálica emborrachada, que tem por função fixar os carburadores aos cilindros e suportar o tubo equalizador, são montadas no cilindro com uma junta de alumínio.

O tubo equalizador, tem por função conectar os dois coletores, e armazenar uma parte da mistura que será admitida nos cilindros.

Em altas rotações, quando a demanda de combustível é maior, a mistura que fica armazenada no tubo equalizador é admitida, por tanto em determinados momentos quando a

força da admissão é grande, o regime de carga alto e rotação alta, os dois carburadores podem servir para um pistão apenas.

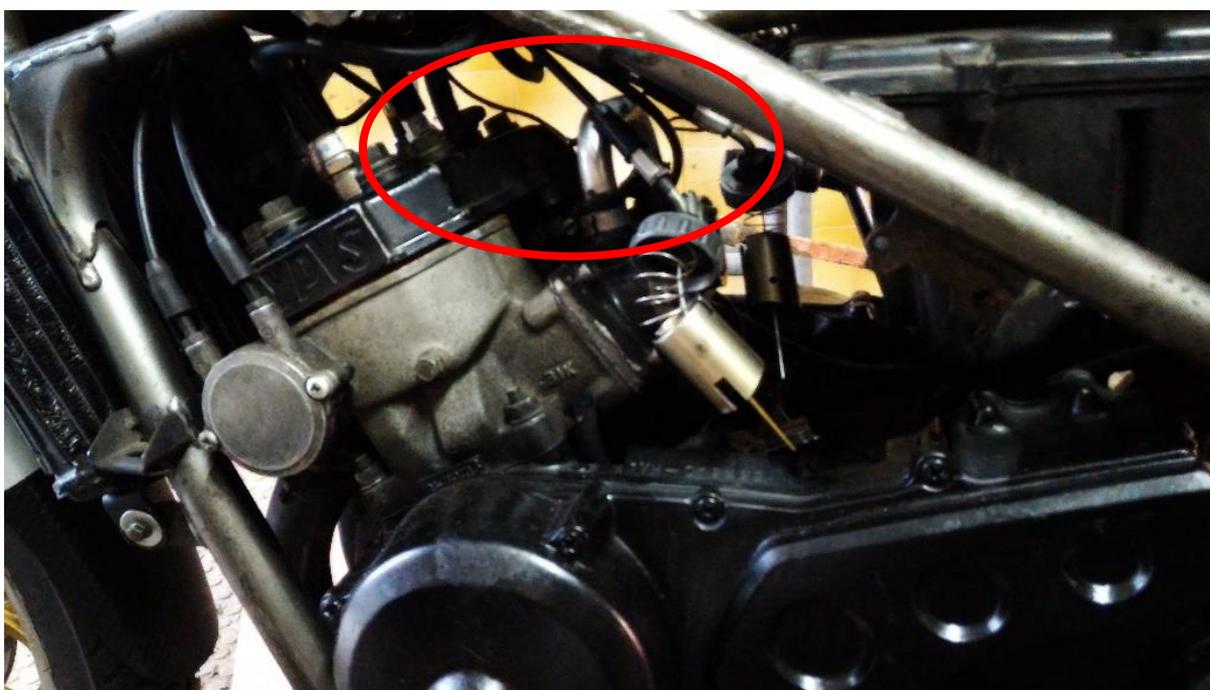
Devido a possíveis falhas nas técnicas ou processos utilizados para a montagem e desmontagem do sistema, ou o próprio tempo de vida, os coletores de admissão podem sofrer rasgos ou rachaduras, ocasionando falsas entradas de ar, empobrecendo a mistura, alterando toda a carburação anteriormente feita ou dificultando o acerto da carburação do motor, piorando a lubrificação e aumentando a chance de falhas.

Seus sintomas podem ser de mistura pobre, ou dificuldade de se achar a marcha lenta da motocicleta.

Para se corrigir o problema deve-se localizar o coletor defeituoso e efetuar a substituição.

A figura 4 a seguir, é uma foto tirada da motocicleta que mostra o tubo equalizador e sua montagem, podem ser observados os pistonetes e agulhas dos pistonetes, esta foto foi tirada em uma das limpezas de carburador feitas na motocicleta.

Figura 4 - Tubo equalizador, coletores de admissão, pistonete e agulhas do pistonete.



Fonte: Autor.

2.5 Válvula de palhetas

São construídas em alumínio, com quatro palhetas metálicas ou de fibra de vidro, que se assentam contra uma camada fina de Neoprene na superfície do alumínio para dar vedação, como exemplificado na figura 5.

Servem para permitir o fluxo da mistura apenas em um sentido, dos carburadores para dentro dos cilindros impedindo o retorno de parte da mistura para fora do motor devido à compressão feita no cárter pela descida do pistão. Nestes motores quem faz o trabalho de abertura de passagens, compressão ou geração de pressões negativas são os pistões, auxiliados por suas geometrias e casamento com janelas, diferentemente dos motores quatro tempos onde temos válvulas que ajudam a controlar os fluxos.

Em giros baixos do motor as palhetas ajudam a pulverizar a mistura, vibrando conforme o ar passa, em giros médios e altos, acaba perdendo um pouco essa função uma vez que ficam praticamente abertas.

Podem perder vedação com o passar do tempo, devido ao ressecamento, ou “acomodação” das palhetas em determinada posição, o que não afeta muito o rendimento do motor em giro alto, porém compromete muito o torque em baixas rotações o que pode ser percebido facilmente pelo piloto, uma vez que parece que o motor aumenta repentinamente seu rendimento em rotações médias para altas.

Correção do problema:

- Retirada dos carburadores para acessar as válvulas de palhetas e retirada destas.
- Desmontagem das palhetas.
- Aplainamento da superfície de vedação.
- Montagem das palhetas e limitadores.
- Aferição do empenamento dos limitadores e vedação das palhetas de acordo com o manual.
- Remontagem do sistema.

Figura 5 - Válvulas de palhetas.



Fonte: Autor.

2.6 Cilindro e janelas

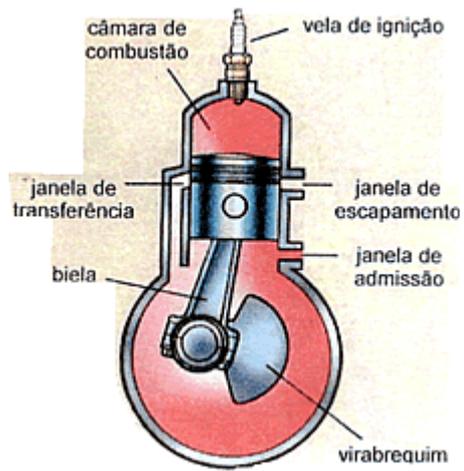
No caso de um motor dois tempos, os ciclos de admissão e escape não são feitos por válvulas, e sim pela abertura e fechamento feito pelo próprio pistão de janelas ou aberturas nas paredes dos cilindros, como mostrado na figura 6.

Quando a mistura é comprimida no cárter do motor, passa por uma abertura na lateral dos cilindros (janelas de transferência) que a levarão para a parte superior dos pistões.

A abertura e fechamento das janelas de admissão e escape, se dão pela posição dos pistões com relação aos cilindros, são abertas a cada vez que os pistões passam do PMS para PMI, e fechadas a cada vez que passarem do PMI para PMS, admitindo, queimando e expulsando gases a cada ciclo do motor.

As figuras 7 e 8 mostram respectivamente as janelas de escape e admissão dos cilindros.

Figura 6 - Janela de transferência motor dois tempos.



Fonte: <http://motorizacao.blogspot.com.br/2012/08/motor-2-tempos.html>.

Figura 7 - Janela de escape.



Fonte: Autor.

Figura 8 - Janelas de admissão.



Fonte: Autor.

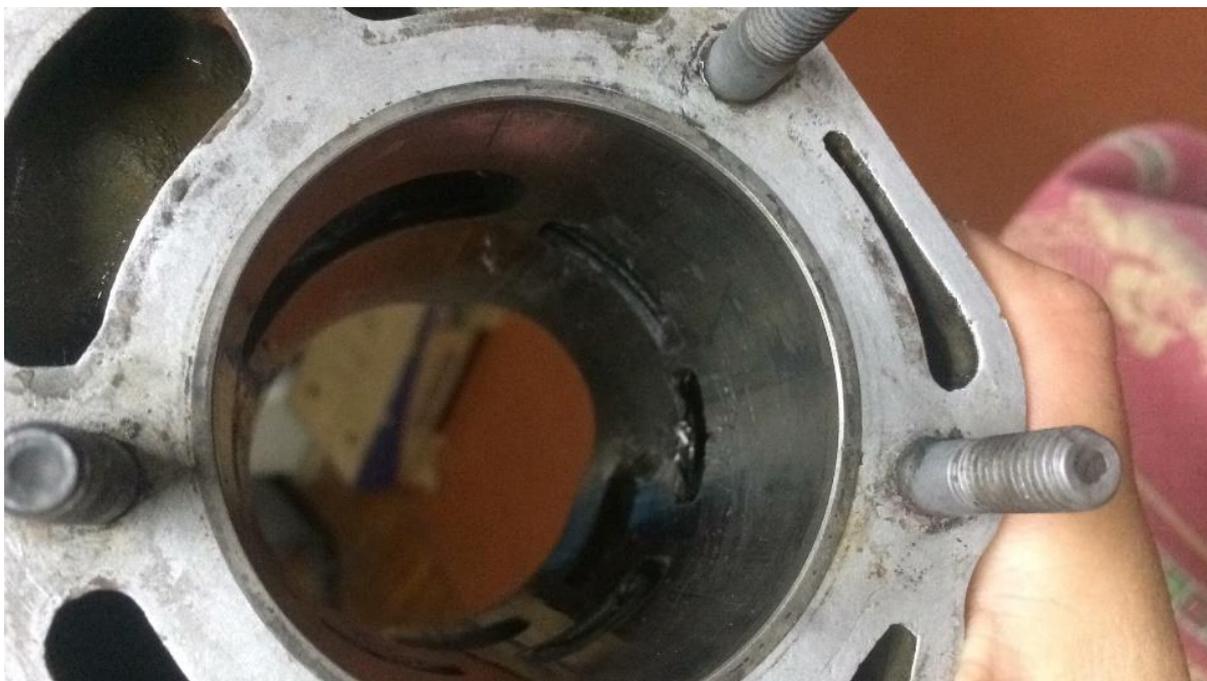
Com o tempo de uso há um certo desgaste dos cilindros, podendo ter conicidade ou ovalização, porém não são muito frequentes.

No caso de alguma possível falha em outros componentes, como a quebra da saia de um pistão, ou como no caso deste motor, a quebra por completo da parte de baixo de um dos pistões inclusive a trava do pino da biela, pode ocasionar o desgaste exagerado das camisas do cilindro, gerando riscos e perdendo compressão e até mesmo estragando as bordas e desenho das janelas de admissão ou escape.

Para reparar essa falha deve-se desmontar o motor e fazer a devida retífica nos cilindros com a substituição dos kits de pistões, bielas e rolamentos, juntas e retentores.

A figura 9, a seguir, mostra os riscos ocasionados dentro dos cilindros pela quebra do pistão.

Figura 9 - Camisa do cilindro esquerdo riscada e janelas afetadas.



Fonte: Autor.

2.7 YPVS

Criada pela Yamaha na década de 80 é uma válvula em formato de meia lua, que restringe a passagem dos gases de escape provenientes da queima de combustível nos cilindros, diminuindo o tamanho e principalmente simulando o abaixamento da altura das janelas de escape.

Num motor dois tempos a curva de torque e potência característica é praticamente sempre crescente, ou seja, em baixas rotações o motor apresenta baixo torque, essa foi a inovação dessa válvula do YPVS.

Simulando a diminuição da altura máxima das janelas de escape até o ponto morto superior consegue-se uma melhor eficiência em giros baixos a médios (~1500 a 5500 RPM).este efeito deve-se ao curso útil do pistão ser aumentado, pois ele acaba quando chega a abertura da janela de escape, que no ciclo de descendência do pistão, será a altura máxima da janela de escape. A vantagem de usar as válvulas, é que a dimensão das janelas pode ser variável, restringindo o fluxo em baixas rotações e aumentando em médias e altas, pois a válvula em formato de “meia lua” se abrirá gradualmente, a partir dos 5500 RPM do motor, liberando a pas-

sagem dos gases e ajudando o motor ganhar potência, neste caso, apenas não restringindo a potência do próprio motor.

Diferentemente do que se popularizou esse sistema não funcionava como um “turbo” ou “segundo estágio”, na verdade, sua principal função é melhorar a dirigibilidade da moto, erroneamente se diz que essa válvula aumenta a potência do motor, mas pelo contrário, ela lineariza a curva de torque, diminui consumo, e melhora as emissões do motor.

De acordo com o gráfico referente as figuras 11 e 12 podemos observar que por volta das 5000 RPM o motor tem um brusco aumento de torque, isso é característico deste tipo de motor, e se deve à geometria de funcionamento que favorece altas rotações, coincidentemente é próximo desta rotação em que o YPVS começa a atuar, e assim popularizou-se que a moto ganhava potência apenas na sua abertura.

Os problemas recorrentes aqui podem ser:

- Acúmulo de carbono referente à queima de combustível e excesso de pressão proveniente da restrição do fluxo de gases gerado pelas próprias válvulas do YPVS.
- Vazamento de óleo dois tempos do lado externo do motor por desgaste dos retentores.
- Desalinhamento da posição das válvulas.

Para a correção dos problemas deve-se:

- Limpar as válvulas do YPVS, para isso pode-se desmontar o conjunto de escapes, o que dará acesso suficiente para limpá-las com uma escova de latão e algum solvente como gasolina ou Tíner, se isso não for o suficiente, deve-se desmontar a parte superior do motor, para uma limpeza mais apurada.
- Efetuar a troca dos retentores, para melhor vedação.
- Realinhar as válvulas esticando os cabos e conferindo a marca da polia.

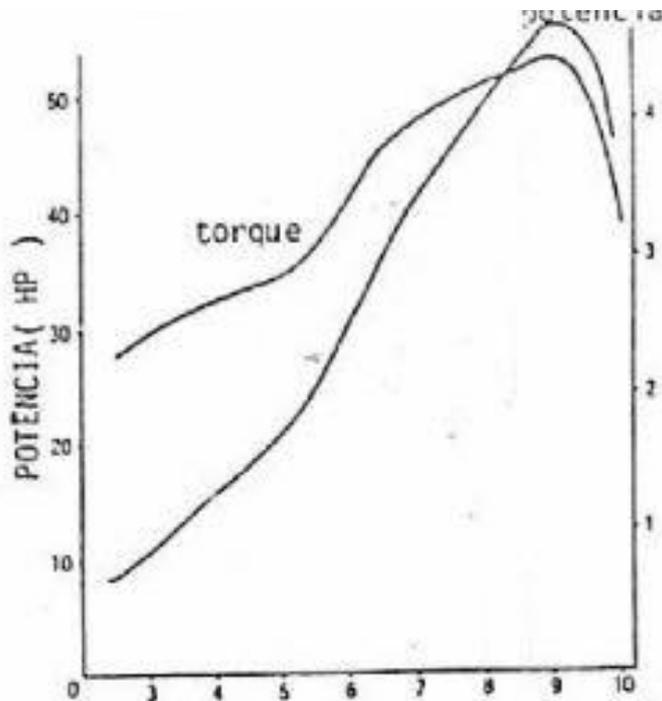
Na figura 10 são mostradas as válvulas do sistema YPVS.

Figura 10 - Válvulas do YPVS.



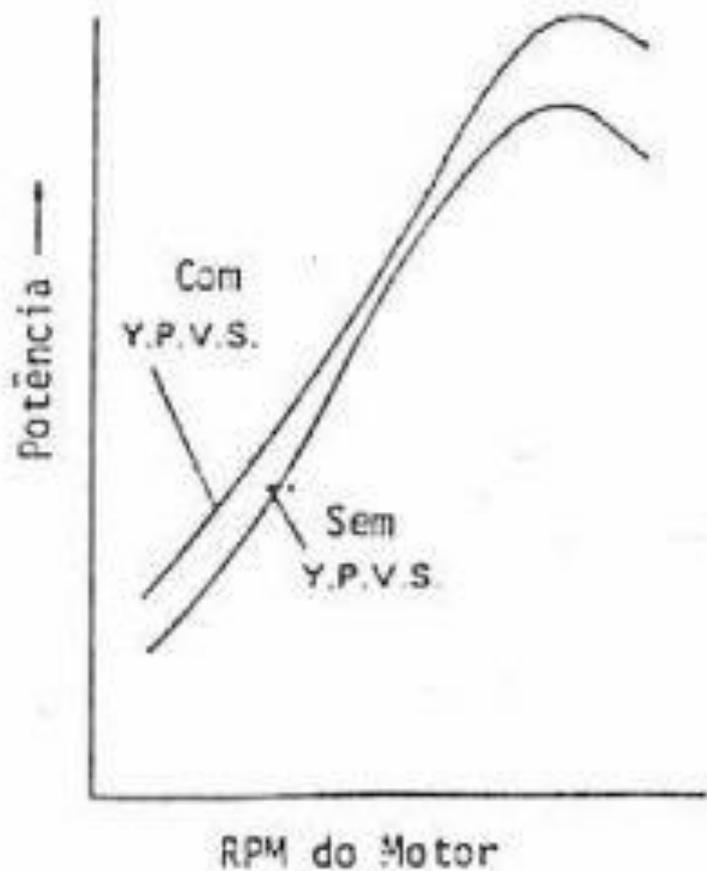
Fonte: <http://www.danidrea.com.br/produtos/30/valvula-ypvs.html>.

Figura 11 - Curva de torque e potência RD 350.



Fonte: Manual de serviços RD350.

Figura 12 - Comparativo de potência do motor com e sem YPVS.



Fonte: Manual de serviços RD350.

2.8 Pistões

Os pistões de um motor dois tempos geralmente possuem janelas do lado da admissão, para que a mistura tenha uma abertura por onde possa passar, das válvulas de palhetas pela abertura da admissão, janelas dos pistões e cárter, para posteriormente ser comprimida para a admissão na parte superior dos pistões, como pode ser visto na figura 13.

Quando comparados com pistões de motores quatro tempos, são mais compridos e com aberturas laterais, tem de um a dois anéis de vedação, e não possuem anel raspador de óleo.

Com o uso do motor, o desgaste natural dos pistões, anéis e camisas, gera uma folga considerável a vibração dos pistões, com um ruído característico popularmente chamado de batida de saia.

Esta vibração é prejudicial ao motor, e geralmente quebra a parte inferior dos pistões, no caso deste motor foi quebrada a parte inferior inteira e por ser bi cilíndrico, continuou a funcionar por um tempo, reduzindo estas partes a cavacos.

Para se evitar o problema, deve-se fazer a retífica do motor quando for detectado este ruído proveniente de vibração nos pistões.

Figura 13 - Pistão DT180 e biela RD 350.



Fonte: Autor.

2.9 Bielas

As bielas dos motores dois tempos, diferentemente dos motores quatro tempos, não tem emenda alguma, são peças inteiriças, e possuem rolamento onde encaixam no eixo do virabrequim.

São lubrificadas pela mistura de combustível e óleo dois tempos provenientes da admissão, o que caracteriza uma perda menor de potência quando comparados ao motor quatro tempos, pois tem um arraste menor devido a não presença de óleo no cárter.

As bielas podem ser comparadas às bielas de motores quatro tempos de motos de baixa cilindrada, pois também possuem o virabrequim desmontável.

Em casos de falha, como travamento do motor, ou quebra de pistões, as bielas dificilmente se fraturam nesses motores, porém podem entortar ou empenar, como pode ser observado na imagem 14.

Conforme o uso do motor, também pode ser observado o desgaste dos rolamentos inferiores das bielas, verificando sua folga lateral.

Figura 14 - Biela torta RD 350.



Fonte: Autor.

2.10 Autolub

Este motor possui uma bomba para injeção de óleo dois tempos nos carburadores, para a lubrificação de todo o conjunto do motor.

Esta bomba é conectada a uma engrenagem ligada diretamente ao virabrequim, diminuindo chances de falha e obrigando o seu funcionamento sempre que o motor estiver ligado e aumentando o bombeamento conforme se aumenta a rotação do motor, mesmo que este não esteja em regime de aceleração.

Tem um funcionamento simples, convertendo o movimento circular do virabrequim, em reciprocativo, gerando sucção em sua extensão e compressão do óleo quando volta a sua posição normal, bombeando assim o óleo para os carburadores.

Há também uma regulagem por arruelas, para uma pré-configuração da proporção de óleo a ser injetado no motor, fazendo com que o eixo se desloque mais para frente ou mais para trás, aumentando o volume de óleo que aceita na sua fase de sucção para bombeamento.

No cabo do acelerador há uma divisão, duas pontas acionam os pistonetes dos carburadores, e uma terceira ponta aciona uma polia no eixo do Autolub, fazendo com que o eixo seja empurrado para trás, e aumentando o bombeamento para o motor, devido a um regime de carga mais intenso.

Outra maneira de se fazer a lubrificação do motor, era misturar o óleo no combustível do tanque, porém esta técnica não era tão eficiente, em determinados regimes de funcionamento do motor, como por exemplo em reduções. No momento de redução de marchas não se tem abertura dos pistonetes, e, portanto, a injeção de combustível no motor é mínima, sendo assim, não havia lubrificação suficiente.

Esta situação caracterizava um problema em momentos de longas reduções em motores sem bombeamento de óleo, como por exemplo conta-se sobre as primeiras gerações da DKW Vemag, em que era possível acontecer de alguns carros pararem na descida da serra de Santos com os motores travados por falta de lubrificação, pois nesses modelos, a lubrificação era feita pela mistura de óleo no tanque de combustível, depois que surgiu o modelo com lubrificante, bomba de óleo patenteada pela DKW.

Problemas ocorridos nestas bombas são muito poucos, pois elas não trabalham em regimes de rotações altas e estão sempre repletas de óleo, porém podem demonstrar vazamentos por desgaste dos retentores do eixo da bomba ou acúmulo de sujeira provinda do próprio óleo lubrificante.

Para solucionar este problema deve-se:

- Retirar a bomba do motor.
- Efetuar sua desmontagem.
- Efetuar a limpeza necessária.
- Trocar os retentores do eixo da bomba.
- Trocar as juntas.
- Remontar o sistema.
- Efetuar a sangria do sistema.
- Simular o aumento da demanda de óleo empurrando com a mão a polia que contém o cabo do acelerador, sempre com o motor em marcha lenta.

2.11 Virabrequim

O conjunto do virabrequim neste caso é dividido em algumas peças conhecidas por bolachas, rolamentos e pinos que são montadas por interferência, dando forma e resistência ao conjunto, diferentemente dos motores quatro tempos de grande porte que geralmente são fabricados em uma única peça, fundidos ou forjados e usinados.

No caso da RD 350 será composto por quatro “bolachas”, quatro rolamentos, um espaçador dos rolamentos do meio, dois pinos, dois rolamentos de agulha, duas bielas e quatro espaçadores, parecidos com arruelas, que ficarão entre as bielas.

O mais comum de haver falhas aqui, é pelo desgaste dos rolamentos, para correção da falha deve-se efetuar a desmontagem, retífica e substituição dos rolamentos.

2.12 Câmara de expansão

As câmaras de expansão são aquelas seções dos escapamentos que possuem uma área transversal maior do que o resto do conjunto, como podem ser vistas na figura 15.

Não são essenciais para o funcionamento do motor, os projetos mais antigos, tinham escapamentos parecidos com os dos motores quatro tempos.

Porém havia um desperdício de combustível, uma vez que parte da mistura proveniente da admissão, passava direto pelos cilindros e janelas de escape.

Seu funcionamento é relativamente simples, porém, não tão intuitivo.

A câmara de expansão serve basicamente para desacelerar os gases de escape, e poder restringir a sua passagem no final dos tubos. Essa restrição, devido a um afinamento, faz com que haja um aumento de pressão, e por consequência a reflexão de uma parte desses gases, essa reflexão é responsável por “empurrar” de volta a mistura ainda não queimada para dentro dos cilindros no momento em que os pistões reabrirem as janelas de escape.

As câmaras de expansão podem ser dimensionadas para melhor rendimento em baixas ou altas rotações, variando-se basicamente a restrição à passagem dos gases, conicidade das seções, espaço entre as seções e tamanho das mesmas.

Não são peças comuns de falhas, porém pode haver acúmulo de carbono ou algum amassado referente à condução do veículo, o que prejudica sensivelmente o rendimento do motor.

Para solucionar o problema deve-se:

- Retirar os escapes.
- Efetuar a limpeza interna, o que pode ser feito usando um cabo de aço ligado a alguma ferramenta de rotação, como por exemplo uma furadeira.
- Funilaria para desamassar as curvas do escape.
- Substituição dos anéis de vedação e juntas de escape.
- Remontagem do sistema.

Figura 15 - Câmaras de expansão



Fonte: Autor.

3 Atividade prática

A parte prática deste projeto foi efetuada antes da parte teórica, porém foram realizadas fotografias e anotações para que pudesse ser transformado em monografia posteriormente.

O projeto demandou por volta de um mês, porém teve a espera de cinco meses anteriores devido à falta de dinheiro que o projeto exigia.

Uma das maiores dificuldades deste caso é para achar as peças deste modelo, uma vez que a Yamaha não a produz desde 1993, por sorte ainda temos a fabricação de algumas peças de mercado paralelo e algumas adaptações possíveis.

Assim que o projeto foi realmente iniciado, foi realizada a desmontagem do motor para detecção da falha e análise das peças afetadas que deveriam ser substituídas, retificadas, recuperadas, limpas ou reutilizadas.

Em sequência foram numeradas e guardadas para a remontagem em seus devidos lugares.

Na sequência iniciou-se a etapa de busca de peças e compras, a maioria feita pela internet em sites de compra e vendas.

Nesta etapa que durou aproximadamente entre os meses de abril e julho de 2017 foi feito o investimento de aproximadamente R\$ 1300,00.

As peças compradas foram:

- Dois kits novos de pistões, neste caso foram adaptados os pistões da DT180 da marca Mahle, devido à falta de opções no mercado de pistões de RD350, os pistões são similares, mas com o tamanho das janelas diferentes, que para correção, foram reabertas utilizando uma micro retífica.
- Camisas novas de RD350 para os cilindros da marca Riosulense.
- Novo par de bielas com os kits rolamentos superior e inferior da marca KMP.
- Kit de juntas da marca Valflex.
- Kit de rolamentos do virabrequim novos, da marca FAG.
- Condutores de ar novos, pois esses não tinham na moto.
- Elemento filtrante novo, pois não tinha na moto.
- Válvula termostática nova, pois não havia no motor.
- Coxins amortizadores da roda traseira, para substituição dos anteriores, pois já estavam gastos.

- Cubo de embreagem seminovo, pois durante o processo de desmontagem houve a quebra de um dos pinos de fixação.
- Importação de novas válvulas de palhetas, devido à baixa vedação das originais decorrentes ao ressecamento do Neoprene.
- Kit de retentores e juntas novas do Autolub.
- Arruela trava e porca do cubo de embreagem novos.
- Retentor da bomba d'água, da marca RTO.
- Anel de vedação do tubo da bomba d'água.
- Arruela trava do pinhão.
- Retentor do pinhão.
- Retentor do eixo do câmbio.
- CDI novo da marca Servitec, pois o original começou a apresentar falhas.
- Novo retificador da marca Magnetron, como manutenção preventiva, uma vez que a parte elétrica começou a apresentar defeitos.
- Nova bateria da marca Moura, pois, a anterior parou de funcionar, sendo uma das principais para a falha do motor da moto.

Foram também compradas algumas ferramentas específicas necessárias, como:

- Torquímetro de vareta, para aferição do torque necessário em cada parafuso.
- Extrator do magneto da CG até ano 1993, uma vez que este também é rosca esquerda de mesmo passo e diâmetro, e quando se procura da RD350, ou não se acha, ou custa uma média de quatro vezes o valor.
- Chave de impacto da marca SATA, para remoção de parafusos Philips da carcaça do motor, onde levam um torque grande e com chaves comuns não se consegue soltar sem espaná-los.
- Fixador universal de embreagem.

Após as compras esperou-se a chegada das peças pelo Correio, e assim que foram recebidas as camisas dos cilindros, essas peças juntamente a um dos novos pistões para conferência da folga e virabrequim com bielas e rolamentos foram encaminhadas para a retífica Corre Motor, localizada no centro de São Paulo, onde foram investidos mais R\$ 900,00, para pagamento do serviço completo de retífica das peças, no mês de julho de 2017.

Aqui também foi levado o estator para a substituição dos fios no Ney Estatores, também no centro de São Paulo, uma vez que uma das voltas foi afetada pela ferramenta na desmontagem do mesmo.

Foi feito o polimento e afinamento dos cantos das janelas de admissão, transferência do motor e abertura das janelas dos pistões, uma vez que os da DT180 têm as mesmas dimensões, porém janelas menores.

No projeto original estes dutos também têm aparência grosseira e não ideal para passagem de gases em alta velocidade.

Nas janelas de admissão foi feito o desbaste de aproximadamente 1,50 mm das arestas do desenho dos dutos da admissão, porém sem alterar a área final dos mesmos, apenas, melhorando a conicidade e conseqüentemente o fluxo de gases pela passagem dos dutos.

Posteriormente foi feito um polimento usando lixas d'água até a graduação 600 para a retirada de possíveis rebarbas e mantendo certa irregularidade da superfície, garantindo assim as condições ideais para passagem da mistura.

Nas janelas de transferência, o processo utilizado foi o mesmo, visando apenas a melhoria das passagens para os gases provenientes do cárter do motor, aqui foram afinadas as arestas dos dutos de passagem, diminuindo a primeira barreira que os gases encontram ao adentrar estes dutos. Aqui também não foram alteradas características principais, como a área total das aberturas das passagens, apenas melhorada a conicidade dos dutos.

As janelas dos pistões também foram desbastadas usando como base a área total das aberturas dos dutos de admissão dos cilindros, aqui foi visado o tamanho ideal que se devem ter as janelas dos pistões, para serem aceitos pelo motor da RD350, e levemente elevadas visando um aumento da mistura admitida na fase de baixa pressão do cárter.

Nas laterais das janelas foi desbastado por volta de 2,00 mm de cada lado para o casamento das janelas com os dutos de admissão, e em sua parte superior, por volta de 1,00 mm.

Também foi feita uma desmontagem para limpeza dos carburadores, conferência de todas as medidas, substituição das juntas, agulhas do pistonete, troca dos parafusos de ar, agulha e sede.

O objetivo do polimento é o melhor rendimento do motor e teórico ganho de potência, consiste em aperfeiçoar as galerias internas como, janelas e dutos de passagem da mistura do cárter para as janelas de admissão, eliminando “cantos vivos”, arredondando as quinas existentes, e partes que possam atrapalhar o fluxo da mistura.

Após isso iniciou-se a remontagem das peças, troca dos retentores e remontagem do motor em bancada, o que levou por volta de um dia de serviço.

Foi passado óleo dois tempos em cada componente sempre que montado, como anéis de pistão, rolamentos do virabrequim, gaiola dos pistões, camisas de cilindro, para garantir que estariam lubrificadas em sua primeira partida, também em alguns prisioneiros do motor, para impedir sua oxidação pois atravessam o motor e tem contato direto com oxigênio.

Aqui todo o procedimento foi acompanhado do manual de serviços da motocicleta, conferido o posicionamento de cada peça e torque dos parafusos, efetuada a troca dos retentores, e de todas as juntas de vedação, por juntas novas de papel, já que não são recomendadas juntas líquidas nestes motores.

Terminada a montagem do motor, e reconferido o torque de cada parafuso o motor foi finalmente fixado ao quadro da motocicleta, esta fixação é feita por dois parafusos passantes, um na parte anterior e outro na parte posterior do motor, na parte de baixo existem duas barras de sustentação, mas estas têm a função de impedir uma possível torção devido ao torque do motor.

Foram substituídos os coxins amortizadores da roda traseira, a corrente foi lubrificada e remontada, e alinhada a roda traseira, remontada a linha de combustível, filtro de ar, todo o sistema de arrefecimento, bem como uma nova válvula termostática, e recolocado o tanque de combustível.

Os fluidos do motor foram adicionados:

- Gasolina aditivada Shell
- Óleo de motor 20w 50, para a transmissão, sendo o original 20w 40, porém este não mais é fabricado.
- Óleo dois tempos Motul 510, no reservatório específico.
- Fluido de arrefecimento Radiex bio coolant, na proporção de 50% (foi escolhida essa proporção pela facilidade de mistura, uma vez que o sistema comporta 1500 ml

Após, foi efetuada a sangria da bomba do autolub, para o motor não rodar sem óleo, principalmente na primeira partida, que foi efetuada logo após a conferência de todos os itens citados.

Depois de alguns minutos de funcionamento do motor, foi verificado o funcionamento do arrefecimento do mesmo, e iniciou-se o processo de “acerto” da carburação.

Para isso é necessário que o motor esteja em temperatura de funcionamento, e com os carburadores pré-configurados, o que quer dizer que os giclês devem estar nas medidas origi-

nais, altura de boia entre 20,00 mm e 22,00 mm, agulhas do pistonete na casa número 4, e parafusos de ar com uma volta e meia de abertura.

Assim que a mistura é acertada com a moto parada e em funcionamento, foram feitos testes em movimento, e sempre ouvindo os sons do motor para identificar uma mistura pobre ou rica, bem como alguns testes de abertura total do acelerador, para aumentar o regime de carga e efetuar a leitura das velas, para comprovar a qualidade da mistura.

Acertada a carburação, as agulhas do pistonete foram desmontadas e elevadas em uma posição com relação a configuração original, remontadas, e refeitos os testes das velas para garantir uma mistura mais rica do que o comum, nos primeiros 500 km de uso do motor, para garantir uma melhor lubrificação das partes móveis, até o melhor assentamento das partes, principalmente a folga entre pistão e cilindro.

Neste caso o excesso de combustível acaba limitando o giro do motor, por volta dos 8500 RPM, esta “manobra” serve como prevenção de falhas ou desgastes até que as partes se “moldem” da melhor forma possível e possam trabalhar em regime natural de mistura, potência e temperatura.

4 Retífica

Este motor recebeu uma retífica nos cilindros e virabrequim, foi feito o reencamisamento, para isso os cilindros do motor são lavados em banho químico, para limpeza de todos os resíduos de óleo, aquecidos, com um maçarico a uma distância segura e por não muito tempo em cada posição, uma vez que são feitos de alumínio e podem derreter. As camisas por serem feitas em aço e ter massa diferente dos cilindros, terão dilatações diferentes também, facilitando o processo de desmontagem ou retirada das camisas.

Após, foi feita a substituição das camisas por novas, e usinada sua parte superior, para que fique no mesmo nível dos cilindros e possam receber o cabeçote do motor.

Em seguida as camisas são abertas para a medida standard e com folga de 0,06 ~ 0,065 mm com relação aos pistões, conferida a folga, serão brunidas, para dar característica à superfície e melhorar a lubrificação dos pistões.

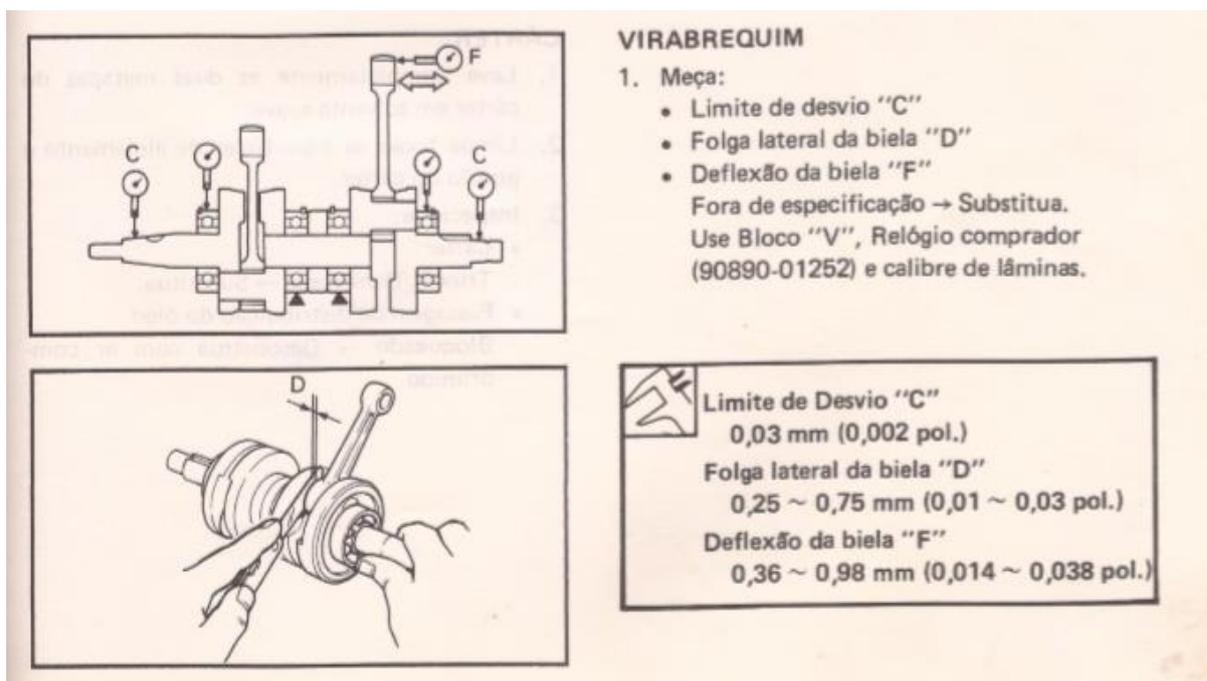
Foi feita a substituição das camisas devido aos riscos que uma delas apresentava após a falha do motor.

Pelo manual é apresentado que os pistões variam de 0,25 mm, e existia a opção de duas retíficas, pois a marca fornece até a medida de 0,50 mm, porém no mercado paralelo, sabe-se que existe até a medida 2,00 mm permitindo até oito retíficas do motor a cada encamisamento.

O virabrequim, foi desmontado, substituído os pinos de encaixe das bielas e rolamentos das bielas, montado por interferência numa prensa e conferido o seu alinhamento, com limite de desvio máximo ou “C” de 0,03 mm, folga lateral ou “D” de 0,025 ~ 0,75 mm e deflexão da biela ou “F” de 0,36 ~ 0,98 mm.

A imagem 16 a seguir mostra as folgas permitidas e limites de empenamento das bielas no virabrequim da RD350.

Figura 16 - Limites de folgas do virabrequim



Fonte: Autor.

5 Aferição de medidas

Aferiu-se todas as possíveis medidas dos dois pistões analisados, um original Yamaha RD 350, e o outro, um pistão de DT 180, bem como o volume da câmara de combustão, abaixo serão mostradas as medidas para conferência.

A figura 17 a seguir mostra um pistão de RD350, que foi utilizado para aferição das medidas trazidas neste projeto.

Pistão RD350:

- Diâmetro: 64,02 mm
- Altura total: 72,60 mm
- Diâmetro do furo do pino da biela: 16,10 mm
- Distância entre o furo e o ponto máximo do pistão: 32,50 mm
- Largura das janelas: 19,00 mm
- Comprimento das janelas (media): 20,23 mm
- Altura das janelas: 41,00 mm
- Canaleta dos anéis: 1,50 mm

Figura 17 - Pistão RD350 ART



Fonte: Autor.

Pistão DT180 mostrado na figura 18 a seguir:

- Diâmetro: 64,50 mm
- Altura total: 72,38 mm
- Diâmetro do furo do pino da biela: 16,10 mm
- Distância entre o furo e o ponto máximo do pistão: 32,70 mm
- Largura das janelas: 16,50 mm
- Comprimento das janelas (media): 20,97 mm
- Altura das janelas: 40,00 mm
- Canaleta dos anéis: 1,50 mm

Figura 18 - Pistão DT180



Fonte: Autor.

Para aferição do volume da câmara de combustão, foi realizado um experimento onde fecha-se a câmara de combustão usando-se um vidro, com um pequeno orifício, por onde é inserido um líquido em uma seringa graduada e medido seu volume, para tal, foi repetido três vezes e calculado sua média aritmética, abaixo os volumes dos três experimentos e a média calculada que pode ser conferido na imagem 19.

- 25,0 ml
- 26,0 ml
- 25,6 ml

$$Média = \frac{25,0 + 26,0 + 25,6}{3} = 25,5 \text{ ml}$$

Figura 19 - Aferição do volume das câmaras de combustão



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=aOhHoala8ew>

Mediu-se também o volume da parte superior dos pistões, usando-se a mesma técnica, os resultados obtidos foram:

- 4,0 cm^3
- 3,0 cm^3
- 3,5 cm^3
- Por tanto neste caso adota-se o valor médio por ser igual a média aritmética, 3,5 cm^3 .

5.1 Comparação dos resultados

Os resultados obtidos podem ser vistos mais uma vez nas tabelas comparativas, figuras 20 e 21 a seguir, as quais mostram as diferenças e semelhanças entre os pistões comparados e volumes aferidos.

Figura 20 - Tabela comparativa de medidas dos pistões

| Parte do pistão | RD350 | DT180 |
|---|----------|----------|
| Diâmetro | 64,02 mm | 64,50 mm |
| Altura total | 72,60 mm | 72,38 mm |
| Diâmetro do furo do pino da biela | 16,10 mm | 16,10 mm |
| Distância entre furo e ponto máximo do pistão | 32,50 mm | 32,70 mm |
| Largura das janelas | 19,00 mm | 16,50 mm |
| Comprimento das janelas | 20,23 mm | 20,97 mm |
| Altura das janelas | 41,00 mm | 40,00 mm |
| Canaleta dos anéis | 1,50 mm | 1,50 mm |

Fonte: Autor.

Figura 21 - Tabela comparativa dos volumes aferidos

| Parte do motor | RD350 | DT180 |
|----------------------------|-------------|------------|
| Volume superior do pistão | 3,5 cm^3 | 3,5 cm^3 |
| Volume câmara de combustão | 25,5 cm^3 | ... |

Fonte: Autor.

Com base nos resultados obtidos conclui-se que os pistões são praticamente os mesmos, com diferenças mínimas, as quais podem ser corrigidas utilizando-se uma micro retífica, como por exemplo a diferença existente entre comprimento e largura das janelas dos pistões.

As possíveis diferenças preocupantes, como por exemplo distância entre o pino da biela e o ponto máximo do pistão, que poderiam influenciar diretamente na taxa de compressão não existem, as medidas são praticamente as mesmas, se considerarmos o erro de medida.

A única diferença existente e que de fato não se consegue alterar, é a diferença de medida do diâmetro dos pistões standard. Aqui, será analisado e comparado com maior profundidade no capítulo subsequente, pois altera volume útil do motor e taxa de compressão, porém, tudo dentro das especificações, uma vez que essas medidas de pistão DT180 equivale a um pistão de segunda retífica de RD350.

6 Cálculo volumétrico e de compressão

Tomando-se como base, o trabalho de Bell (1999), Two-stroke performance tuning, o volume dos cilindros, volume do motor e relação de compressão são dados respectivamente por:

$$CV = \frac{\pi D^2 S}{4000} = [cm^3]$$

$$CVt = CV * NC = [cm^3]$$

$$CR = \frac{CV + CCV}{CCV}$$

Onde:

- CV: volume dos cilindros
- D: diâmetro em milímetros.
- S: curso do pistão.
- CVt: volume total do motor.
- NC: número de cilindros.
- CR: relação de compressão.
- CCV: volume da câmara de combustão mais o volume da junta menos o volume superior do pistão.

Para RD350 com pistões originais:

$$CV = \frac{\pi(64,00^2)54}{4000} = 173,72cm^3$$

$$CVt = 173,72 * 2 = 347,43cm^3$$

Cálculo do volume da junta do motor:

Para tal usa-se o diâmetro da câmara de combustão ou da abertura da junta para os pistões, e 1mm como espessura, pois foi a junta adotada no projeto.

$$VJ = \frac{\pi(65,00^2) * 1}{4000} = 3,32cm^3$$

$$CR = \frac{173,72 + (25,5 + 3,32 - 3,5)}{(25,5 + 3,32 - 3,5)} = 7,86: 1$$

Para o mesmo motor com pistões de DT180:

$$CV = \frac{\pi(64,50^2)54}{4000} = 176,44cm^3$$

$$CVt = 176,44 * 2 = 352,88cm^3$$

$$CR = \frac{176,44 + (25,5 + 3,32 - 3,5)}{(25,5 + 3,32 - 3,5)} = 7,97: 1$$

7 Discussão final e conclusão

Pelo projeto apresentado entende-se que os pistões da Yamaha DT180 podem ser usados no motor da Yamaha RD350 sem prejuízos de rendimento, devido as suas medidas serem semelhantes, há, entretanto, uma ressalva para o volume total do motor e a relação de compressão, que sofrerão alteração ao montar o motor com a adaptação dos pistões, devido ao diâmetro ser um pouco maior no caso da DT.

Os valores podem ser conferidos na figura 22, tabela de resultados calculados para as duas configurações de motor.

Figura 22 - Tabela comparativa entre os motores standard e com adaptação de pistões.

| Referencia | RD350 | DT180 |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| Volume do cilindro | 173,72cm ³ | 176,44cm ³ |
| Volume do motor | 347,43cm ³ | 352,88cm ³ |
| Taxa de compressão | 7,86: 1 | 7,97: 1 |

Fonte: Autor.

O aumento da taxa de compressão neste caso, apenas pode resultar em um ganho de performance do motor, pois aumentará a eficiência da queima e aproveitamento da expansão dos gases.

Está, entretanto, dentro dos parâmetros da Yamaha, uma vez que equivale a uma segunda retífica do motor standard da RD350.

O conseqüente aumento de cilindrada pode acarretar um ganho também de performance, com um leve aumento da potência e torque do motor, uma vez que equivalerá a um motor maior.

O que acarretara num consumo maior de combustível, devido a demanda ser maior para preencher os cilindros com pistões adaptados.

Porém nenhuma falha ou quebra poderá ser percebida desde que a montagem e amaciamento sejam feitos corretamente, para tal, na fase em que os cilindros forem reencamisados, deverão ser abertos para a medida standard de DT180, ou seja 64,50 mm, bem como deverão ser usados anéis compatíveis com DT180, para correta vedação.

Assumindo-se a adaptação, o motor poderá ser utilizado da mesma maneira que um original.

8 Referências Bibliográficas

Jennings, Gordon. Two-stroke tuner's handbook. 1. Ed. Canada: HPBooks, 1973. 166 p.

Graham, Bell A. Two-stroke performance tuning. 2. Ed. Reino Unido: Haynes, 1999. 273 p.

Paulo César Sandler. DKW - A grande história da pequena Maravilha. 2ed. Ed. Alaúde 2010.

Dellorto. Carburetor guide. Italia. Moto Tecnica. 2012.

Yamaha. Guia de serviços RD350. Brasil. Yamaha. 1989.

Yamaha. Catalogo de peças RD350. Brasil. Yamaha. 1989.

Yamaha. Manual de serviço RD350. Brasil. Yamaha. 1993.

Faggi, Rodrigo. Formação de mistura ar combustível em motores de ignição por faísca a quatro tempos. 2012. Disponível em: <<http://maua.br/files/monografias/formacao-de-mistura-ar-combustivel-em-motores-de-ignicao-por-faisca-a-quatro-tempos.pdf>> Acesso em: 18 jun. 2018.

Blanc, Xavier. Web site oficial da RD250/350LC. 2010. Disponível em:

<<http://www.rd350lc.net/ALLSTORY.htm>> Acesso em: 18 jun. 2018.

Danidrea. Imagem sobre válvula YPVS. 2013. Disponível em:

<<http://www.danidrea.com.br/produtos/30/valvula-ypvs.html>> Acesso em: 18 jun. 2018.

Rebelatto, Rodrigo. Imagem do ciclo básico de funcionamento de um motor dois tempos.

2013. Disponível em: <<http://motorizacao.blogspot.com.br/2012/08/motor-2-tempos.html>>

Acesso em: 18 jun. 2018.

Projeto NBR 13032/1995 Copyright © 1996, ABNT–Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro