

# **MOTORES ENVENENADOS**

**PARA USO EM:**

**AVIAÇÃO**

**BARCOS**

**LANCHAS**

**Engenheiro Adriano Antonio Luciano de Lima**  
**CREA: 5061459022 – SP**

Formação Acadêmica:

Engenharia de Computação na UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

Técnico em Eletrônica – Escola Técnica Estadual Comendador Emílio Romi

**Versão do Documento: 1**

**Data: Maio de 2003**

**Advertência:**

Este texto pode ser copiado e distribuído livremente não deve ser vendido. Qualquer marca registrada citada neste texto é propriedade de seu fabricante. Eu não fabrico, nem vendo, nem instalo turbo ou blower e também não faço preparação de motor. A instalação do turbo ou a preparação do motor é de sua responsabilidade. Este texto está disponível gratuitamente na INTERNET em: [www.aall.hpg.com.br](http://www.aall.hpg.com.br)

**Contato:**

[adriano.antonio.lima@bol.com.br](mailto:adriano.antonio.lima@bol.com.br)

[aall@ieg.com.br](mailto:aall@ieg.com.br)

# Introdução

Este documento é dedicado para quem gosta de trikes, ultraleves, barcos, aviões e motores em geral. Em particular este texto é mais direcionado para aviação experimental (trikes e ultraleves), mas pode ser utilizado como referência para aviões, helicópteros, barcos, automóveis e qualquer outro veículo.

Eu sou Engenheiro de Computação, minha área é a informática. No entanto, na UNICAMP eu tive uma base sólida de Matemática, Física e Mecânica assim eu consigo analisar problemas que não é da minha área. Em particular, eu tenho um bom conhecimento de mecânica.

Eu pesquisei este assunto durante um mês e fiz os cálculos com cuidado. Porém, caso eu tenha cometido algum erro de conta ou de conceito sinta-se à vontade para corrigi-lo ou para fazer qualquer critica positiva ou negativa.

Eu não pretendo explicar a fundo o funcionamento do turbo, do blower e do motor aspirado. Eu apenas mostro o que importa quando você ganha potência, as vantagens e desvantagens e quanto custa. Assim você é que decide se vale à pena envenenar o motor ou colocar um redutor. A respeito de redutor leia o outro documento específico sobre caixa de redução que está disponível na INTERNET no mesmo lugar que este documento se encontra.

Quando você envenena o motor você aumenta a potência dele, isso deve ser feito com cuidado para não estragar o motor e também depende de onde o motor será usado. Se o motor for usado em aviação, há três fatores importantes que devem ser considerados. O primeiro é se o motor não corre o risco de parar ou quebrar em pleno vôo, se isso ocorrer você cai e estraga o aparelho e pode até morrer. O segundo é se o motor não vai fazer o aparelho exceder a VNE (Velocidade Não Exceder), se isso ocorrer à asa quebra e você cai e morre. O terceiro é o peso, o motor não deve ficar muito pesado.

Se o motor for usado em barcos há também três problemas básicos. O primeiro é se o motor quebrar ou parar você vai ficar perdido no meio do rio ou do mar. O segundo é que a hélice pode cavitari e se ela cavitari não adianta acelerar que não ganha velocidade e o pior estraga a hélice, a transmissão e até o barco, porque quando a hélice cavita ela começa a vibrar e a água começa a corroer a hélice, no caso de corrosão da hélice ela pode até quebrar com o tempo. O terceiro é que o barco pode virar. Se o motor for colocado em carro nada disso é problema.

Eu resolvi escrever este texto depois que eu fiquei sabendo de um acidente que ocorreu com um trike com motor turbinado, em particular este

trike usava o **motor Volkswagen 1600**. Neste acidente **morreram duas pessoas**, o piloto e o passageiro, o que ocorreu foi que a **asa quebrou** e o aparelho e seus ocupantes caíram em queda livre atingindo o solo a mais de 200 Km/h! Sobreviver a isso só por milagre! Por respeito às vítimas e seus familiares não vou citar os nomes das vítimas e nem a cidade onde isso ocorreu.

Neste texto eu mostro a causa do acidente e porque ele ocorreu e como poderia ser evitado. Eu não realizei perícia no aparelho nem vi como ele ficou, também não conhecia as vítimas, porém, quem gosta de aviação sempre fica sabendo deste tipo de coisa! Baseado nos relatos de testemunhas do acidente eu pude deduzir o que aconteceu, para chegar a esta conclusão eu analisei cientificamente o problema, ou seja, através da Mecânica, Física e Matemática e eu mostro isso neste texto. Assim, se você pensa em colocar turbo em qualquer aparelho que voe você já sabe que terá que tomar cuidado para não se matar!

Para quem não sabe trike é uma asa delta com motor, o motor é colocado num carrinho tipo triciclo. O piloto e o passageiro vão sentado neste carrinho, este carrinho é pendurado na asa delta. O aparelho decola, voa e pousa igual a um avião convencional.

Neste texto eu vou tratar apenas do motor Volkswagen 1600 e comparo com os motores ROTAX. Isto porque estes dois tipos de motores são os mais utilizados em aviação experimental, no entanto, os conceitos e problemas valem para qualquer tipo de motor de combustão interna (motor a gasolina, álcool, diesel, gás natural, etc...).

Na parte da bibliografia eu indico os endereços de INTERNET onde eu obtive estas informações. Como os documentos da INTERNET mudam muito de endereço conforme o local em que está hospedado, se você não achar o que procura a partir dos endereços que eu forneci, utilize um mecanismo de busca e digite turbo que você encontrará vários endereços sobre o assunto.

## **Envenenamento de Motor**

Se você tiver qualquer dúvida a respeito de qualquer conceito ou fórmulas leia o outro texto sobre caixa de redução, este texto está disponível na INTERNET no mesmo local que este texto está disponível. No texto sobre caixa de redução estes conceitos são explicados melhor. Eu não vou repetir estes conceitos aqui senão este texto ficaria muito grande.

O que é envenenar (ou preparar, ou mexer) um motor?

Envenenar um motor é aumentar a potência dele, ou seja, aumentar a sua energia e também a sua força. Esta energia que foi obtida com o envenenamento será convertida em maior força e maior velocidade, ou seja, o motor fica mais forte.

Todo motor de combustão interna funciona de forma semelhante. Há uma explosão dentro da camisa do pistão que movimenta o pistão. O movimento do pistão faz o virabrequim girar e é a ponta do virabrequim que é o eixo do motor. No eixo do motor é ligado o que você quiser, ou seja, uma hélice, um cambio de carro, uma bomba d'água, etc. Logo, toda a energia e força do motor está no eixo do motor. Como o eixo do motor gira as leis da Física que determinam seu movimento são as leis do movimento circular.

A potência do motor é dada pela fórmula:

$$P = T \times W$$

Ou,

Potência = Torque x Velocidade Angular

T = Torque, é a “força” do motor, quanto maior o torque mais forte é o motor.

W = Velocidade Angular

A velocidade angular é definida por:

$$W = 2 \times \pi \times f$$

Onde:

$\pi$  = Leia pi. É uma constante e tem o valor de 3,141592654

f = frequência em Hertz

Frequência é o número de voltas que o eixo do motor dá em 1 segundo, por exemplo, se o motor está girando em 6.000 RPM a frequência é 100 Hertz isto significa que em um segundo o eixo do motor dá 100 voltas, em um minuto o eixo dá 6.000 voltas é por isso que se diz RPM que significa rotações por minuto.

A potência é dada em Watts que significa energia por segundo, esta energia é a energia mecânica. É importante tomar cuidado com as unidades:

Potência = medida em Watts

1 HP = 746 Watts

1 CV = 735 Watts

CV = Cavalo

HP = Horse Power, significa cavalo vapor em Inglês.

Torque = medido em N.m que significa Newton vezes metro, Newton é unidade de força.

1 Kgf.m = 9,80665 N.m

Frequência = medida em Hertz

60 RPM = 1 Hertz

Assim, colocando a fórmula de potência numa forma mais conveniente:

$$\text{Potência} = \text{Torque} \times 2 \times \pi \times f$$

O número 2 e o número pi são constantes e não mudam, apenas o torque o a frequência (RPM) podem mudar, desta forma há somente três maneiras possíveis e diferentes de aumentar a potência de um motor:

**Primeira:** aumentar apenas o torque do motor, ou seja, aumentar a sua força.

**Segunda:** aumentar apenas a frequência do motor, ou seja, aumentar o RPM o que significa aumentar a rotação do motor.

**Terceira:** aumentar ao mesmo tempo o torque e o RPM do motor.

Agora que nós vimos as três maneiras possíveis de aumentar a potência do motor nós podemos verificar cada tipo de envenenamento.

## O motor aspirado

O motor aspirado é o mais comum de ser encontrado, todo motor que não é turbo é aspirado logo a maioria dos automóveis tem um motor aspirado. No motor aspirado a mistura ar/combustível que entra dentro da camisa do pistão é puxada pelo próprio movimento do pistão, ou seja, o motor faz força para puxar a mistura para dentro do motor. Esta força é perdida e não fica disponível no eixo do motor, ou seja, você não aproveita esta força. No motor turbo o motor não faz força para puxar a mistura, a turbina injeta a mistura dentro do motor.

O motor aspirado por mais eficiente que seja não consegue encher mais que 70% da capacidade dos seus cilindros. E o pior quanto maior a altitude menor a quantidade de ar/combustível o motor consegue puxar o que significa que o motor perde potência. A 2.500 metros o motor perde 25% de potência o que significa que o motor consegue encher 52,5% da capacidade dos seus cilindros. Em aviação, por exemplo, o problema da altitude é comum porque você nunca voa perto do solo! No motor turbo a turbina enche 100% da capacidade dos cilindros em qualquer altitude.

Há também outro detalhe, o motor de combustão interna é classificado como uma máquina consumidora de ar. Isso significa que a potência obtida de um dado motor é determinada pela quantidade de ar que ele aspira em um certo período de tempo, e não pela quantidade de combustível utilizada. Isto porque o combustível que é queimado requer ar com o qual se mistura para completar o ciclo de combustão. Uma vez que a relação ar/combustível atinge um certo ponto, a adição de mais combustível não produzirá mais potência, somente fumaça preta. Quanto mais densa a fumaça preta, maior é o desperdício de combustível. Portanto, aumentando o combustível além de relação ar/combustível limite, resulta apenas em excessivo consumo de combustível.

O método de envenenamento aspirado é feito através do aumento de RPM do motor, ou seja, para que o motor tenha mais potência é preciso que ele gire mais. Isso é feito trocando o comando de válvulas e as válvulas por um modelo esportivo, assim as válvulas ficam mais tempo abertas e possibilita um maior enchimento dos cilindros. Além disso, é necessário trocar o carburador e regular o motor. Também é preciso trocar o coletor de escape, a bobina, vela e filtro de ar por um modelo esportivo e fazer um retrabalho no cabeçote.

A principal vantagem deste método é o baixo custo e a facilidade de preparação em relação ao turbo, quando o incremento de potência desejado é de até 30%. As principais desvantagens ficam por conta da perda de torque em

baixas rotações, e a instabilidade da marcha lenta e também se você quiser voltar ao motor original também é mais trabalhoso.

Além disso, você também pode aumentar a cilindrada do motor trocando os pistões. Você também pode utilizar um virabrequim que tenha um braço maior assim você obtém um torque maior. Há também o virabrequim com rolamento que diminui muito o atrito e proporciona alguns cavalos de potência a mais.

Repare que o combustível é mesmo que você utilizava antes. Se você utilizar um combustível mais forte você obtém uma potência maior.

Use o bom senso para fazer uma aspirada no motor, assim, o motor irá durar praticamente o mesmo que o original, não há risco de quebrar ou parar, o motor não esquenta e também não gasta muito combustível.

Em relação ao motor esquentar há algo que deve ser mencionado: qualquer método de envenenamento faz o motor esquentar. Isso porque a explosão dentro do motor é mais intensa o que significa que o calor é maior logo o motor vai esquentar mais.

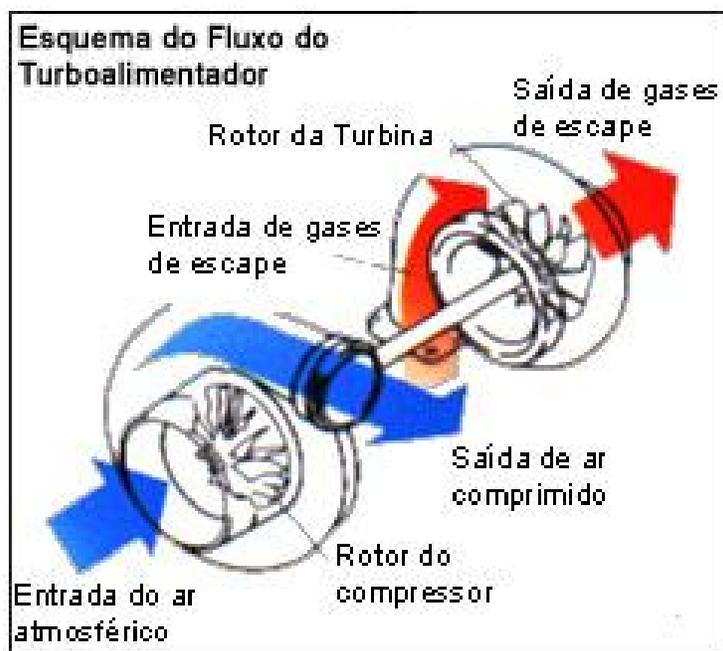
Há trikes que utilizam o motor Volkswagen 1600. Neste caso, há kits prontos para o motor Volkswagen 1600. Há virabrequim com rolamentos, há virabrequim com um braço maior e um bloco especial para abrigar este virabrequim há pistões e camisas de até 2600 cilindradas (motor 2.6), há radiadores de óleo para resfriar o motor. Ou seja, há peças disponíveis para todos os gostos e bolsos. É só procurar na INTERNET ou em oficinas de preparação de motores.

## **O motor turbo**

O método turbinado, como o próprio nome diz, baseia-se em instalar no motor, especificamente no coletor do escapamento, um turbo compressor.

Chama-se turbo compressor porque a peça é formada por uma turbina e por um compressor.

Veja a figura a seguir:



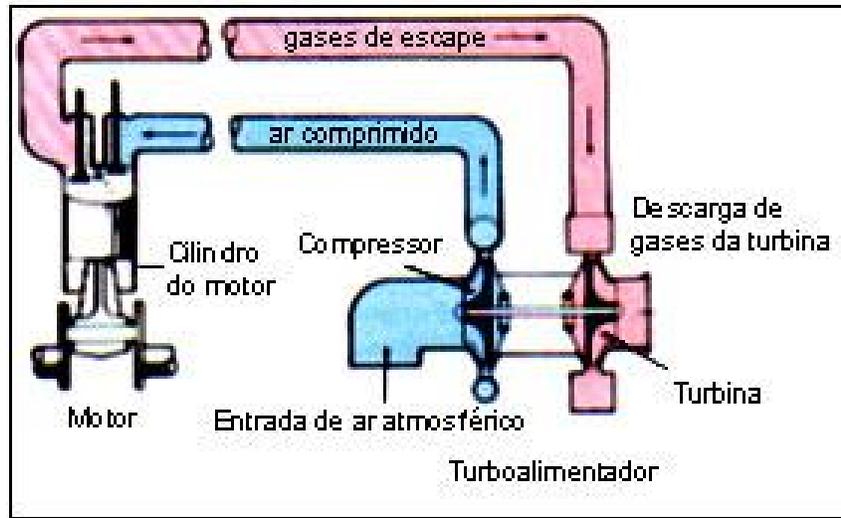
O turbo é formado por duas peças, a turbina e o compressor. A turbina é a da direita e é chamada de turbina quente e o compressor é o da esquerda e é chamado de turbina fria. As setas em vermelho representam o gás que sai do escapamento, as setas em azul representam o ar que é puxado e depois é comprimido e injetado no motor.

O gás que sai do escapamento gira o rotor da turbina quente do mesmo jeito que o vento gira um cata-vento ou um moinho, depois de girar a turbina quente o gás vai para o escapamento e vai embora.

O rotor da turbina quente está ligado no mesmo eixo do rotor da turbina fria assim quando o rotor da turbina quente gira o rotor da turbina fria também gira. O rotor da turbina fria gira e puxa o ar como se fosse uma bomba, depois a turbina comprime o ar e injeta dentro do carburador com pressão, lá o ar recebe o combustível e é injetado dentro do motor.

Com o turbo o motor recebe a mistura no interior de seus cilindros de forma pressurizada e não aspirada, ou seja, o motor não precisa mais fazer força para puxar o ar. A força para puxar o ar vem dos gases do escapamento que antes eram desperdiçados e agora são aproveitados para girar a turbina.

Para ver isso em mais detalhes veja a figura a seguir:



Repare como o gás do escapamento gira a turbina quente e conseqüentemente gira a turbina fria. A turbina fria puxa o ar comprime e injeta dentro do pistão com pressão.

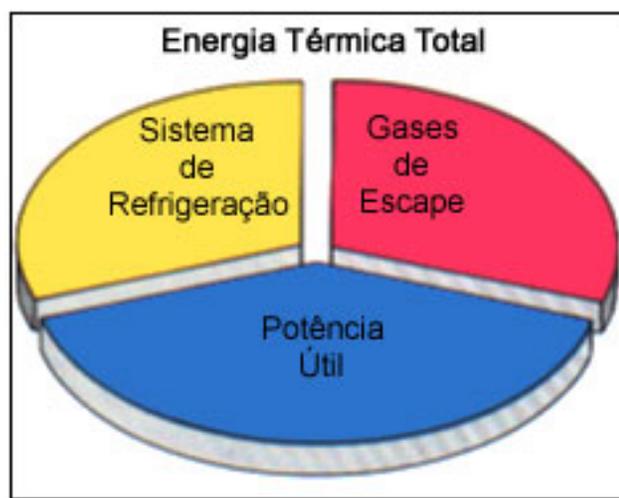
Veja a figura abaixo como um turbo é por dentro:



Repare na separação entre as duas turbinas. A turbina parece um caracol, dentro dela há um rotor e é esse rotor que gira. O gás do escapamento está representado pela seta vermelha e o ar que é puxado e injetado dentro do motor está representado pela seta azul.

O turbo envia ao motor ar comprimido, ou seja, a partir deste momento o motor recebe a mistura no interior dos seus cilindros na forma pressurizada e não mais aspirada. O motor não precisa fazer força para puxar o ar para o seu interior logo você já ganha uma força extra. Além disso, a turbina empurra o ar para dentro do cilindro conseguindo encher 100% da câmara de combustão. Com mais ar disponível a explosão é mais forte o que significa que o motor tem mais potência e mais força. O turbo aumenta a potência do motor aumentando o torque do motor.

De onde vem essa energia extra? Para responder essa pergunta observe a figura abaixo:



A figura representa a distribuição de energia no motor de combustão interna. Toda a energia do motor é proveniente da explosão do combustível dentro da câmara do pistão. Na explosão do combustível as moléculas do combustível são quebradas e liberam energia. De toda energia liberada um terço é perdido no sistema de refrigeração, um terço é perdido nos gases do escapamento e apenas um terço está disponível no eixo do virabrequim. O turbo então aproveita o um terço da energia que o escapamento joga fora para girar o rotor da turbina e puxar o ar e injetar novamente dentro do motor. Ou seja, o motor turbo aumenta a eficiência do motor logo aumenta a potência.

Por exemplo, um motor comum de 50 HP fornece 50 HP de energia (Torque e RPM) no eixo do virabrequim. Geralmente os motores conseguem fornecer 30% da energia disponível no combustível, se conseguisse obter 100% da energia disponível o motor seria de 166,66 HP! A diferença de potência (116,66 HP) é perdida no sistema de refrigeração e pelo escapamento. O turbo proporciona 50% a mais de potência então o motor de 50 HP passa a ser de 75 HP.

Nos vimos que se o motor liberasse 100% de energia então o motor seria de 166,66 HP, com o turbo ele passa a 75 HP o que significa que agora o motor aproveita 45% da energia do combustível e mesmo assim 91,66 HP são perdidos no sistema de refrigeração e no escapamento. Porém, antes o motor aproveitava 30% da energia e perdia 70%, agora aproveita 45% da energia e perde 55%. Parece pouco, mas já é um ganho significativo de força para o motor. Por exemplo, as locomotivas a vapor aproveitavam 11% da energia 89% era perdida! Os motores a gasolina ou a álcool aproveitam 30% da energia e perdem 70%, com o turbo o motor aproveita 45% e perde 55%. O motor diesel aproveita 45% da energia e perde 55%, com o turbo o motor diesel aproveita 67,5% da energia e perde 32,5%. O motor a diesel é usado em trabalhos pesados porque ele é mais eficiente, ou seja, gasta menos e tem mais força. Você poderia fazer um motor à gasolina ou a álcool que tivesse a mesma potência que um motor a diesel, porém, você iria gastar mais combustível porque o motor a gasolina não é tão eficiente quanto o motor diesel. O motor elétrico aproveita 90% da energia! É por isso que o motor elétrico é usado para trabalhos pesados na indústria como, por exemplo, puxar água.

Quanto de potência o motor ganha com o turbo? A resposta é depende da pressão do turbo. Com 0,5 bar o motor ganha 50% de potência. Com 0,4 bar o motor ganha 40% de potência. Com 1 bar o motor ganha 100% de potência mas corre o risco de explodir!

Há dois tipos de turbo, o turbo veneno que só entra quando o motor já está bem acelerado e quando ele entra gasta mais combustível ainda, esse tipo de turbo é muito encontrado em carros de corrida. E o turbo para aumentar a eficiência do motor, esse turbo fica ligado direto e proporciona economia de combustível porque aumenta a eficiência do motor. Esse tipo de turbo é encontrado em caminhões, ônibus e automóveis normais.

As principais vantagens do turbo são: a preservação das características originais do motor, ou seja, aumenta apenas o torque o RPM não muda. E também se quiser tirar o turbo o motor volta a ficar original. Se o ganho de potência ficar em até 50% não existe nenhum risco para o motor e nem muda a sua durabilidade. O desempenho do motor não muda com a altitude porque o turbo sempre enche a câmara do pistão em 100%. O consumo de combustível é menor porque o motor fica mais eficiente. O motor polui menos porque a queima do combustível é mais completa. O gás que sobrou da explosão do combustível é todo puxado para fora quando abre a válvula de escape porque como a turbina quente já está girando quando isso ocorre, ela está “puxando” os gases, ou seja, há uma pressão negativa que puxa o gás; isso evita que sobre algum resíduo dentro da câmara de combustão.

As principais desvantagens são: cada motor tem um tipo de turbo apropriado para ele se você colocar um turbo não recomendado para o aquele motor você corre o risco de estragar o motor ou não obter o desempenho necessário. No caso do motor Volkswagen 1600 há kits prontos para colocar no motor. O preço do kit geralmente é caro e deve ser instalado por pessoas experientes senão pode não ficar como você queria, porém com o ganho de potência e a economia de combustível com o tempo você obtém o retorno do investimento. Se a pressão do turbo for acima de 0,5 bar há o risco do motor explodir. Como a explosão dentro do motor é mais forte o motor esquenta mais assim, no caso do motor Volkswagen 1600 isso é crítico porque ele é refrigerado a ar, porém, existem radiadores de óleo para resfriar o motor.

Há alguns cuidados a tomar com motores turbo. O primeiro é evitar os três inimigos do turbo:

Falta de lubrificante do turbo.

O turbo puxa algum objeto estranho, por exemplo, parafuso, porca, arruela, estopa, pedra, etc. Neste caso estraga as paletas do turbo e tem que trocar. Isso pode ser evitado deixando o filtro de ar sempre limpo e não ligando o motor sem o filtro de ar.

O lubrificante está contaminado, ou seja, está sujo com terra ou metal.

O segundo cuidado é esperar 30 segundos para a queda de rotação do turbo antes de desligar o motor e também depois de ligar o motor esperar 30 segundos antes de colocar o veículo em movimento. Esses cuidados são necessários para que o turbo não trabalhe sem lubrificação, permitem a estabilização do fluxo e da pressão do óleo lubrificante, dentro dos níveis recomendados para o bom funcionamento do turbo.

## **O motor com blower**

Uma tradução para blower seria soprador. É exatamente isto que o blower faz. Quem assistiu o filme “Mad Max” ou o filme “Velozes e Furiosos” viu carros que tinham um blower. O blower é aquele negócio que sai para fora do capô do carro e tem uma entrada de ar.

O Blower é um superalimentador que envia aos cilindros um maior volume de ar e combustível, o que aumenta a eficiência volumétrica. Seu funcionamento é diferente comparado ao turbo. Ligado ao virabrequim por correias e polias o mesmo é também instalado entre o carburador e o coletor

de admissão. Ele não comprime o ar como o turbo mas apenas desloca-o com maior velocidade fazendo com que a pressão só se crie dentro do coletor de admissão, já que este trabalha a um volume constante e passa então a receber ar forçado, ou seja, o blower assopra o ar dentro da câmara de combustão. A utilização de um intercooler é ineficaz neste caso pois o ar se comprime já no coletor e não no blower. Na preparação simples apenas o coletor de admissão precisa ser trocado por um de desenvolvimento especial para evitar sobrecarga dos cilindros centrais. Quando a necessidade requer um preparo mais robusto é recomendado pistões fundidos ou forjados, virabrequim e bielas especiais e comando de válvulas específicas para que motor suba de giro com mais eficiência.

O blower pode ficar ligado direto ou apenas quando se quer mais potência como acontecia no filme “Mad Max” quando Mel Gibson ligava o blower para alcançar ou fugir dos bandidos.

## **O motor com nitro**

Este caso é mais recomendável para automóveis porque é necessário instalar um cilindro para armazenar o gás e esse cilindro geralmente é grande e pesado.

Nitro nada mais é que óxido nitroso. O óxido nitroso é usado nos motores para ser injetado nos cilindros. Ao chegar nos cilindros o gás se divide através de uma reação química, causada pelo calor, em seus componentes originais (oxigênio e nitrogênio) e libera oxigênio que faz com que melhore a queima do combustível e o nitrogênio que forma, por meio de uma reação, o gás nitrogênio.

Essa reação do gás faz com que esfrie a mistura, fazendo uma descompressão muito rápida do nitro que estava sob pressão. Esse resfriamento melhora bastante a potência devido à diminuição da densidade da mistura.

O bom do nitro é que a instalação é fácil, podendo ser colocado em qualquer motor e também pode ser reaproveitado em outros motores, ou seja, é um kit bem simples.

Outra vantagem, que pode ser usado como dica, é que ele retira o ponto fraco do turbo que é a pouca potência enquanto a turbina não está em funcionamento. Por isso é muito bom usar o nitro em conjunto com o turbo. Com o nitro também não há muito risco de detonação.

As desvantagens ficam por parte da autonomia que ele tem e o alto custo de reabastecimento do cilindro. Custando em torno de R\$70 a R\$80, e tendo autonomia de poucas injeções, fica um pouco caro o seu manuseio. Também há a possibilidade de quebrar outros itens do carro, devido ao forte aumento de rotações causado bruscamente no motor. Mas ele cumpre o que promete.

## **Aplicação para o Volkswagen 1600**

Agora que nós vimos os principais métodos de envenenamento de motor nos podemos ver como ficaria um motor Volkswagen 1600 envenenado para ser usado em trike ou ultraleve. Obviamente, você pode combinar os vários tipos de veneno, por exemplo:

Fazer uma aspirada e colocar um turbo e também o nitro ou o blower, trocar o virabrequim por um de braço maior e com rolamento, trocar os pistões, trocar o comando de válvula, ou seja, o envenenamento vai do gosto e do bolso de cada um!

Nunca é demais repetir:

Use o bom senso para fazer o veneno se você for colocar o motor em qualquer coisa que voe ou que ande na água para que você não estrague o aparelho ou se mate!

Vamos a especificação dos motores:

### **Volkswagen 1600 gasolina**

Potência máxima = 64,04 HP a 4.600 RPM, torque = 99,17 N.m

Torque máximo = 114,7378 N.m a 3.200 RPM, potência = 51,54 HP

### **ROTAX 582 UL – 2V – DCDI**

Potência máxima = 53,6 HP a 6.000 RPM

Torque máximo = 68 N.m a 5.500 RPM

RPM máximo = 6.400

Caixa de redução B, C ou E

No caso os valores da caixa de redução do ROTAX são:

Caixa B: 2 / 2,24 / 2,58

Caixa C e Caixa E: 2,62 / 3 / 3,47 / 4

Caso você tenha alguma dúvida a respeito das contas leia o texto sobre caixa de redução que se encontra disponível na INTERNET no mesmo local que este texto está.

Então um trike usando o motor ROTAX 582 com caixa de redução tipo B de 2,58 para 1 fornece para a hélice:

$$\text{Torque} = 68 \times 2,58 = 175,44 \text{ N.m}$$

$$\text{RPM} = \frac{5.500}{2,58} = 2.131,78 \text{ RPM}$$

$$\text{Potência} = 175,44 \times 2 \times \pi \times \frac{2.131,78}{60} = 39.165,1343 \text{ Watts} = 52,5 \text{ HP}$$

Lembre que:

60 RPM = 1 Hertz

1 HP = 746 Watts

Este trike em particular utiliza a hélice 66 x 41, ou seja, 66 polegadas de comprimento passo 41 (66 polegadas são 1,6764 metros).

Repare que o torque que o motor ROTAX fornece para a hélice é 175,44 N.m o Volkswagen 1600 fornece no máximo 114,7378 N.m, logo o Volkswagen 1600 não tem força para girar a hélice 66 x 41.

Há duas maneiras de resolver este problema, a primeira é fazer um redutor para o motor Volkswagen 1600 de forma a aumentar a força do motor. A segunda é envenenar o motor Volkswagen 1600 para obter a força necessária.

Observando as especificações do motor Volkswagen 1600, nós notamos que ele fornece torque máximo de 114,7378 N.m a 3.200 RPM, isso dá a potência de 51,54 HP. Ou seja, o Volkswagen 1600 fornece praticamente a mesma potência e fornece um RPM maior, porém, fornece um torque menor. Logo o envenenamento precisa aumentar o torque e deixar o RPM intacto, nós vimos anteriormente que quem faz isso é o turbo, assim é necessário colocar um turbo no motor Volkswagen 1600.

O turbo vai aumentar o torque do motor Volkswagen e vai deixar o RPM no mesmo nível, aumentando o torque aumenta a potência.

Agora surge a pergunta inevitável: O torque precisa aumentar de quanto?

O ROTAX 582 com caixa de redução tipo B de 2,58 para 1 fornece torque de 175,44 N.m o Volkswagen 1600 fornece no máximo torque de 114,7378 N.m, logo é preciso aumentar:

$$\frac{175,44 - 114,7378}{114,7378} \times 100 = 52,9\%$$

Nós vimos que o turbo com 0,5 bar de pressão aumenta a potência e o torque em 50%, então uma pressão de 0,529 bar no turbo aumenta a potência e o torque em 52,9%.

O Volkswagen 1600 usando um turbo com 0,529 bar de pressão então ficará com as seguintes especificações:

### Especificação anterior do motor Volkswagen 1600 gasolina

Potência máxima = 64,04 HP a 4.600 RPM, torque = 99,17 N.m

Torque máximo = 114,7378 N.m a 3.200 RPM, potência = 51,54 HP

Agora ganhando 52,9% de potência:

Potência máxima = 64,04 + 52,9% = 97,91 HP

Torque na potência máxima = 99,17 + 52,9% = 151,63093 N.m

Torque máximo = 114,7378 + 52,9% = 175,44 N.m

Potência no torque máximo = 51,54 + 52,9% = 78,8 HP

O RPM não muda!

Logo:

### Volkswagen 1600 a gasolina usando turbo com 0,529 bar de pressão

Potência máxima = 97,91 HP a 4.600 RPM, torque = 151,63093 N.m

Torque máximo = 175,44 N.m a 3.200 RPM, potência = 78,8 HP

Repare que agora o Volkswagen tem força para girar a hélice 66 x 41 do ROTAX 582, porque ele fornece o mesmo torque que o ROTAX fornece e ainda fornece um RPM maior.

Resumindo o ROTAX 582 com redução de 2,58 para 1, fornece para a hélice 66 x 41:

Torque = 175,44 N.m

RPM = 2.131,78 RPM

Potência = 52,5 HP

O Volkswagen 1600 com turbo a 0,529 bar de pressão fornece para a mesma hélice 66 x 41:

Torque = 175,44 N.m

RPM = 3.200 RPM

Potência = 78,8 HP

Repare que o torque é o mesmo logo tem força para girar a mesma hélice, o RPM é maior logo a potência é maior. O fato de o RPM ser maior implica que o aparelho irá atingir uma velocidade maior porque há mais potência (energia) disponível para a hélice. Isso causa um problema: a **velocidade pode exceder a VNE**. A velocidade VNE é a velocidade máxima que a asa suporta acima disso ela quebra.

Vamos ver que velocidade o trike atinge:

Nós podemos calcular isso a partir da razão entre os RPMs:

$$\text{Razão} = \frac{\text{RPM Volkswagen}}{\text{RPM ROTAX}} = \frac{3.200}{2.131,78} = 1,5010$$

Então um trike usando o motor ROTAX 582 com redutor de 2,58 para 1 e usando a hélice 66 x 41 atinge no máximo 80 Km/h em qualquer situação, seja contra o vento ou na subida; o mesmo trike com o motor Volkswagen 1600 usando um turbo com pressão de 0,529 bar e utilizando a mesma hélice atinge  $80 \times 1,5010 = 120,08$  Km/h nas mesmas condições.

**Esse ganho de velocidade representa 50,10%**, se a asa tiver um VNE abaixo de 120,08 Km/h a **asa quebra!** Se o VNE estiver próximo de 120,08 Km/h é **muito perigoso**. Isso é **extremamente importante** porque a maioria dos trikes utiliza asa que tem um VNE de 100 Km/h algumas asas têm VNE de 90

Km/h e outras mais raras tem VNE de 110 Km/h ou de 120 Km/h. **Em todos os casos o VNE é excedido e a asa vai quebrar e você vai morrer!**

Agora nós podemos analisar **o acidente em que morreram duas pessoas** que eu citei no início deste texto.

Uma pessoa que tinha um trike com o motor Volkswagen 1600 queria obter o mesmo rendimento que uma pessoa que tem um trike com o motor ROTAX 582. Como nós vimos o Volkswagen não tem força de girar a hélice do ROTAX logo o trike que utiliza o motor Volkswagen tem que utilizar uma hélice menor e de passo menor o que significa que o empuxo que a hélice do Volkswagen gera é menor que o empuxo que a hélice do ROTAX gera, ou seja, o Volkswagen anda mais devagar e demora mais para subir e tem menos força, além disso, voar com duas pessoas é crítico.

Essa pessoa então olhou as especificações dos motores ROTAX 582 e do Volkswagen 1600 e conclui que um turbo seria a melhor opção porque o turbo aumenta o torque do motor aumentando também a potência do motor. O que ele esqueceu foi que um aumento de potência implica num aumento de velocidade!

Então essa pessoa colocou o turbo no motor Volkswagen regulou a pressão para obter o torque necessário para girar a hélice do ROTAX (66 x 41), ele colocou a hélice do ROTAX e regulou o turbo até conseguir girar ela. Segundo testemunhas ele mediu com uma balança fixa no chão a força que o carrinho fazia e verificou que a força era igual e quando acelerava era maior que a força que um carrinho com o motor ROTAX fazia na mesma balança.

A pessoa ficou feliz afinal ela tinha conseguido fazer o trike dele ficar igual e até melhor que um trike com ROTAX! A pessoa muito prudente testou o carrinho no chão correndo com ele pela pista do aeroporto e deixou o motor ligado por mais de meia hora para testar o turbo, tudo ocorreu bem.

Então confiante que ele tinha feito a coisa certa, ele esperou o motor esfriar e foi voar sozinho com o trike, ele decolou voou normalmente e depois pousou. Ele reparou que o trike subiu muito bem e se comportava até melhor que o ROTAX, porém, ele não correu muito com o trike e nem forçou muito com manobras mais radicais para ver se tinha ficado bom mesmo, afinal com uma pessoa só o motor não precisa fazer tanta força!

A pessoa muito contente convidou outra pessoa adulta para dar uma volta para ver se o trike tinha ficado bom mesmo na subida, afinal o Volkswagen original pede água para subir com duas pessoas adultas. Se o trike passasse neste teste seria excelente.

As duas pessoas montaram no carrinho e foram voar. Na decolagem e na subida o trike subiu como um foguete sem problemas, a pessoa deu

algumas voltas em cima do aeroporto e depois pegou altura de cruzeiro para testar a velocidade. Foi aqui que ocorreu a tragédia. A pessoa assim que atingiu a altura de cruzeiro acelerou o trike para poder correr, como ele não tinha um medidor de velocidade, ele não percebeu que estava voando próximo do VNE. **Quando a asa atingiu o VNE ela quebrou para trás e os dois caíram em queda livre e morreram.**

Segundo testemunhas, a asa se quebrou para trás o que implica que não era excesso de peso. Se fosse excesso de peso a asa se quebrava para cima. Não havia um vento muito forte no dia do acidente logo o que quebrou a asa foi o VNE mesmo.

Em relação ao vento é preciso tomar outro cuidado, se o vento estiver contra a asa e a hélice está fornecendo um empuxo maior (uma força maior), a asa pode se quebrar mesmo que não tenha atingido o VNE devido ao esforço extra que está sendo feito!

**O acidente poderia ser evitado?** A resposta é sim e tem várias opções:

Ele deveria utilizar outra asa que suportasse uma velocidade maior.

Ele deveria ter calculado a velocidade que ele iria atingir.

Ele deveria ter um medidor de velocidade.

**Ele deveria ter utilizado uma outra hélice menor** e que produzisse um empuxo igual à hélice do ROTAX e não uma hélice que produz um empuxo maior e que vai implicar em velocidade maior. Se a hélice produzisse o mesmo empuxo do ROTAX então o trike ficaria exatamente igual, se a hélice produzir um empuxo maior o trike fica mais forte que o ROTAX o que é perigoso.

**Isto significa que o turbo não pode ser usado em trikes? A resposta é não. O turbo pode ser usado em trikes desde que você tome o cuidado de colocar uma hélice que não exceda o VNE e que não gere um esforço contra o vento maior que a hélice do ROTAX gera. Em aviação qualquer coisa que você for fazer tem que ter uma base científica, se você fizer “gambiarra” você morre!**

Essas pessoas que morreram neste acidente morreram porque não sabiam deste problema, talvez não tivessem escolaridade suficiente para entender isso. Desta forma assim que eu fiquei sabendo deste acidente eu resolvi escrever este texto para que ninguém mais caia na armadilha que essa pessoa caiu!

Aliás, é importante mencionar que o trike com motor Volkswagen com 0,529 bar de pressão no turbo ficou superior ao ROTAX 582. Isso porque apesar do motor fornecer a mesma força o RPM é maior, o que significa que a potência é maior. Esse RPM maior implica em maior velocidade. É fácil perceber isso, imagine que um trike com o motor ROTAX 582 usando hélice 66 x 41 e girando essa hélice a 2.131,78 RPM atinja 80 km/h. Se você girar essa hélice a 3.200 RPM você vai atingir uma velocidade maior (120,08 km/h).

Surge a questão eu tenho que trabalhar com o motor em 3.200 RPM? Sim porque essa é a faixa de torque máximo do Volkswagen 1600 e motor vai trabalhar ali.

Girando a hélice acima de 2.131,78 RPM vai ser necessário mais força? Sim, quanto mais rápido uma hélice gira mais ar ela puxa assim precisa de mais força. O Volkswagen vai fornecer isso? Sim porque ele tem mais energia disponível ele ganhou 52,9% de energia com o turbo. Se ele não atingir então um pequeno aumento na pressão do turbo gera a força extra que você precisa para atingir 3.200 RPM. Esse aumento de força não será refletido na velocidade porque quem determina a velocidade é o RPM.

Aliás, se o motor Volkswagen turbinado com 0,529 bar de pressão não atingir os 3.200 RPM significa que a sua velocidade final será menor, isso pode ser útil porque você pode regular a pressão do turbo para que o trike não atinja a VNE. Com isso o trike fica superior a um Volkswagen original, porém, inferior ao ROTAX porque você não está fornecendo o torque necessário. Na prática é melhor utilizar uma outra hélice que compense este RPM a mais, ou se a hélice original não atingir 3.200 RPM agora com o turbo ela pode atingir.

Por exemplo, existe trike que tem o motor Volkswagen original e o motor sem a hélice atinge 3.200 RPM, com a hélice ele atinge 2.800 RPM como fazer para fazer essa hélice atingir 3.200 RPM? Simples:

Fazendo a razão entre os RPMs:

$$\frac{3.200}{2.800} = 1,1428$$

Isto significa que eu preciso de 14,28 % a mais de força para ganhar 400 RPM, logo a pressão no turbo pode ser de 0,1428 bar, na prática você pode colocar 0,2 bar de pressão o que possibilita 20% a mais de força. Você é que decide qual a melhor opção, perceba que dá para testar hélice só mudando a pressão do turbo!

Resumindo o turbo deixa o motor Volkswagen com uma potência maior que a necessária para ser usado em um trike, isso pode ser perigoso, porém, é possível contornar esse problema.

E se o motor Volkswagen não fosse usado em trike e sim num avião maior? Qual seria o motor que ele pode substituir?

Para responder a essa pergunta é só verificar as especificações dos motores.

### Volkswagen 1600 a gasolina usando turbo com 0,529 bar de pressão

Potência máxima = 97,91 HP a 4.600 RPM, torque = 151,63093 N.m

Torque máximo = 175,44 N.m a 3.200 RPM, potência = 78,8 HP

Este motor substitui todos os motores ROTAX abaixo:

#### ROTAX 503 UL – 1V

Potência máxima = 45,6 HP a 6.500 RPM

Torque máximo = 51 N.m a 5.900 RPM

RPM máximo = 6.800

Caixa de redução B, C ou E

#### ROTAX 503 UL – 2V

Potência máxima = 49,6 HP a 6.500 RPM

Torque máximo = 55 N.m a 6.000 RPM

RPM máximo = 6.800

Caixa de redução B, C ou E

#### ROTAX 532

Potência máxima = 64 HP a 6.200 RPM, torque = 73,53 N.m

Torque máximo = 71 N.m a 6.200 RPM, potência = 61,79 HP

Caixa de redução A, C

Esta especificação em particular foi fornecida pela assistência técnica eu não vi o documento oficial do fabricante. Este motor não é mais fabricado.

#### ROTAX 582 UL – 2V - DCDI

Potência máxima = 64,4 HP a 6.500 RPM

Torque máximo = 75 N.m a 6.000 RPM

RPM máximo = 6.800

Caixa de redução B, C ou E

### ROTAX 582 UL – 2V - DCDI

Potência máxima = 53,6 HP a 6.000 RPM

Torque máximo = 68 N.m a 5.500 RPM

RPM máximo = 6.400

Caixa de redução B, C ou E

### ROTAX 582 UL – 1V - DCDI

Potência máxima = 43,6 HP a 5.100 RPM

Torque máximo = 63 N.m a 4.700 RPM

RPM máximo = 5.500

Caixa de redução B, C ou E

### ROTAX 618 UL – 2V

Potência máxima = 73,8 HP a 6.750 RPM

Torque máximo = 80 N.m a 6.500 RPM

RPM máximo = 7.000

Caixa de redução C, E

### ROTAX 912 UL

Potência máxima = 80 HP a 5.500 RPM

Torque máximo = 103 N.m a 4.800 RPM

RPM máximo = 5.800

Redutor dentro do motor de 2,273 para 1

Repare que o motor Volkswagen turbo substitui até o ROTAX 912! Esse motor é utilizado em avião grande e caro! Imagine colocar um ROTAX 912 num trike! É exatamente isso que você faz se colocar 0,529 bar no turbo!

O envenenamento é a única solução para aumentar a força do motor? Não, você pode fazer uma caixa de redução e aumentar a força do motor. Leia o outro documento a respeito de caixa de redução.

Vamos ver como ficaria o redutor para Volkswagen 1600.

O ROTAX 582 com redutor de 2,58 fornece para a hélice 66 x 41:

Torque = 175,44 N.m

RPM = 2.131,78 RPM

Potência = 52,5 HP

O Volkswagen 1600 fornece para hélice:

Torque = 114,7378 N.m

RPM = 3.200 RPM

Potência = 51,54 HP

O torque não é suficiente logo é necessário um redutor de:

$$\text{Redutor} = \frac{175,44}{114,7378} = 1,5290$$

Repare que o valor do redutor é o mesmo da pressão que você utiliza no turbo. Ou seja, o redutor aumenta o torque em 52,9% igual ao turbo, porém, diminui o RPM em 52,9% o que significa que a potência não muda!

Para obter este redutor você pode usar:

Uma engrenagem ou catraca de moto com 26 dentes e a outra com 17 dentes.

Uma polia com diâmetro de 26 e a outra com diâmetro de 17.

Logo o Volkswagen depois do redutor fornece:

Torque = 114,7378 x 1,5290 = 175,44 N.m

$$\text{RPM} = \frac{3.200}{1,5290} = 2.092,87 \text{ RPM}$$

Potência = 51,54 HP

Repare que a potência não muda, ou seja, o redutor aumenta o torque e diminui o RPM com isso a potência fica a mesma. O turbo aumenta o torque e aumenta a potência porque o RPM não muda. **A grande diferença entre o redutor e o turbo é que o turbo aumenta a potência do motor enquanto o redutor não.**

**O fato do redutor não mexer na potência tem a vantagem de não haver o problema de exceder o VNE, ou seja, o Volkswagen e o ROTAX ficam iguais.** A desvantagem é que você não consegue substituir um motor mais potente como, por exemplo, o ROTAX 912 pelo Volkswagen 1600. É possível fazer o Volkswagen ter a mesma força que o ROTAX 912, porém, não o mesmo RPM logo a velocidade será menor.

Obviamente, você pode usar um turbo e um redutor junto e aumentar ainda mais a força do motor, assim, é possível até substituir motores maiores, mais potentes e mais caros! A escolha depende do gosto e do bolso do freguês.

Nós vimos que o ROTAX 582 fornece 2.131,78 RPM para a hélice e o Volkswagen 1600 depois do redutor fornece 2.092,87 RPM, essa diferença de velocidade se reflete na velocidade. Vamos calcular a razão:

$$\text{Razão} = \frac{2.131,78}{2.092,87} = 1,0185$$

Isso significa que se um trike usando o ROTAX 582 e a hélice 66 x 41 atingir 90 Km/h em qualquer condição seja na subida ou contra o vento, o mesmo trike usando o Volkswagen 1600 e girando a mesma hélice e nas mesmas condições atinge:

$$\frac{90}{1,0185} = 88,36 \text{ Km/h, praticamente a mesma velocidade.}$$

O problema de atingir a VNE ou o excesso de esforço contra o vento ocorre com o motor reduzido? Não, porque a potência não aumentou. Apesar do motor estar girando a mesma hélice, ele está girando a hélice com o mesmo torque e o mesmo RPM que o motor ROTAX gira, logo atinge a mesma velocidade. Na prática atinge uma velocidade menor porque o motor Volkswagen é mais pesado, porém, a diferença é insignificante.

Resumindo, o motor Volkswagen reduzido ficou igual ao ROTAX. Não há o problema do VNE e nem o problema do excesso de esforço contra o vento, ou seja, não há risco de você morrer porque está voando num motor reduzido. Aliás, eu já vi na INTERNET trikes e até aviões grandes que utilizam o Volkswagen reduzido.

## Conclusão

Envenenar motor tem suas vantagens e desvantagens assim como usar o redutor. Você pode utilizar vários métodos juntos para obter um melhor desempenho e depois usar o redutor para aumentar mais ainda a força. Basicamente o que você vai fazer no motor depende da aplicação, do que você deseja do seu motor, do seu gosto e principalmente do seu bolso!

O que movimenta o avião ou barco é a hélice assim sempre que você utilizar um motor mais potente você deve utilizar uma hélice apropriada para ele senão você perde seu tempo e ainda corre o risco de se matar!

Use o bom senso para envenenar o motor, não adianta você ter um motor potente que dure pouco, gaste muito e ainda corre o risco de quebrar ou parar. No caso de aviação cuidado extremo com a VNE para não quebrar a asa e também com o esforço contra o vento que também pode quebrar a asa.

Eu coloquei este texto em formato PDF para que ele pudesse ser lido em qualquer tipo de computador e também para que ele não seja modificado.

Eu espero que você tenha gostado deste texto e que ele tenha sido útil para você. Espero que eu tenha esclarecido suas dúvidas.

**Engenheiro Adriano Antonio Luciano de Lima**  
**CREA: 5061459022 – SP**

**Maio de 2003**

## **Bibliografia**

Qualquer livro de Física ou de Mecânica de nível universitário.

O outro texto a respeito de caixa de redução disponível neste mesmo local na INTERNET.

Os links a seguir:

Caso algum link desse não funcione porque a página mudou de local, algo muito comum na INTERNET, entre num serviço de busca e digite turbo ou envenenamento de motor que você encontrará tudo que procura.

Lenha Car

[www.lenhacar.hpg.ig.com.br/turbo.htm](http://www.lenhacar.hpg.ig.com.br/turbo.htm)

Aerocar

[www.aerocar.com.br](http://www.aerocar.com.br)

Águia Diesel

[www.aguiadiesel.com.br](http://www.aguiadiesel.com.br)

[http://intermega.com.br/motormais/br/aspirado\\_ou\\_turbo.htm](http://intermega.com.br/motormais/br/aspirado_ou_turbo.htm)  
[www.carrosderua.com.br](http://www.carrosderua.com.br)  
[www.chevetteiros.com.br/notas.shtml](http://www.chevetteiros.com.br/notas.shtml)  
[www.turbobrasil.com.br/duvidas.htm](http://www.turbobrasil.com.br/duvidas.htm)  
[www.estherturbo.com.br/perguntas/perguntas.htm](http://www.estherturbo.com.br/perguntas/perguntas.htm)

Este tem informações completas e detalhadas a respeito de Volkswagen:  
[www.uol.com.br/bestcars/](http://www.uol.com.br/bestcars/)

[http://quatorrodas.abril.com.br/reportagens/0802veneno\\_01.html](http://quatorrodas.abril.com.br/reportagens/0802veneno_01.html)  
<http://geocities.yahoo.com.br/cjcarrosequipados/turbo.htm>  
<http://members.tripod.com/animsmile/turbo2.htm>  
<http://www.autonetcars.hpg.ig.com.br/turbo.htm>