

AiCVT - FIRST CONTINUALLY VARIABLE TRANSMISSION (CVT) WITH POSSIBILITY OF AVERAGE EFFICIENCY ABOVE 100% AND WITHOUT LIMIT OF POWER.

Alan Miranda Monteiro de Lima, D.Sc.

Kraftmittel Technologies, COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e
Universidade Veiga de Almeida (UVA)

Email: alan@kraftmittel.com

RESUMO

Neste trabalho conseguiu-se um aumento teórico na eficiência do Automatic Inertial Continuously Variable Transmission (AiCVT) [1] utilizando um conversor de torque modificado, ao invés de um simples acoplador fluido. Neste conversor de torque modificado o estator multiplica o torque na bomba (ao invés de na turbina), porém a bomba está no eixo de saída, com isso o sistema AiCVT fará algo jamais feito antes, possuirá uma eficiência acima de 100%, nas primeiras marchas, e na última marcha atingirá a eficiência de $\approx 100\%$. Será o único sistema de transmissão de potência que além das perdas normais, possuirá também ganhos, e quanto mais deslizamentos entre a bomba e turbina, mais perdas, mas também mais ganhos. O AiCVT possui a bomba do conversor de torque na saída da transmissão, e planetárias dentro da turbina, permitindo que a potência vinda do motor possua dois caminhos em paralelo para atravessar a transmissão. O giro da turbina serve para mudar as relações de marcha. Com essas 2 características torna-se desnecessário o uso de qualquer sensor, pois quem muda as relações de marcha é uma grandeza similar ao Momento Linear Instantâneo do veículo, e isso faz também que possua respostas imediatas. Não existe limite de torque e nem depende de atrito para transferir potência.

ABSTRACT

In this work a theoretical increase in the efficiency of the Automatic Inertial Continuously Variable Transmission (AiCVT) [1] was obtained using a modified torque converter, instead of a simple fluid coupler. In this modified torque converter the stator multiplies the torque in the pump (instead of in the turbine), but the pump is in the output shaft, so the AiCVT system will do something never done before, it will have an efficiency above 100% in the first gears, and last gear will achieve $\approx 100\%$ efficiency. It will be the only power transmission system that besides normal losses, will also have gains, and the more slips between the pump and turbine, more losses, but also more gains. The AiCVT features the torque converter pump at the output of the transmission, and planetary inside the turbine, allowing power from the

engine to have two parallel paths to traverse the transmission. The turning of the turbine serves to change the gear ratios. With these 2 features it becomes unnecessary to use any sensor, since changing gear ratios is a magnitude similar to the instantaneous Linear Momentum of the vehicle, and this also causes immediate responses. There is no torque limit and it does not depend on friction to transfer power.

INTRODUÇÃO

O sistema AiCVT possui características muito simples e interessantes. É formado por um conjunto de engrenagens redução planetárias trabalhando em paralelo com um conversor de torque, e com as planetárias trabalhando dentro da turbina. Os conversores de torque atuais trabalham em conjunto com a transmissão de forma *serial*, ou seja, a potência vem do motor passa pelo conversor de torque e depois entra na transmissão (engrenagens). Com essa configuração atual dos conversores de torque, qualquer deslizamento entre a bomba e a turbina do conversor de torque há perda de eficiência, pois todo deslizamento é perdido, e quando a potência chega na transmissão, já chega com perdas. Nesta inovação isso não ocorre, pois as peças foram selecionadas e montadas de forma inovadora unindo as melhores características das engrenagens planetárias e dos conversores de torque. Nesta inovação a potência possui dois caminhos para atravessar a transmissão, através das engrenagens redução planetárias e/ou pelo fluido, pois o conversor de torque trabalha em *paralelo* com as engrenagens, ou seja, as engrenagens e o fluido trabalham juntos e de forma simultânea. Esse sistema não possui nenhum sensor, pois quem escolhe por onde a potência vai passar, se pelas engrenagens e/ou pelo fluido, é a natureza do movimento através de uma grandeza similar ao Momento Linear instantâneo do veículo, a qual chamei de *Velocidade Normal Instantânea*, que é descrita pela divisão da Velocidade instantânea pela Força Normal (V/F_N). A velocidade e a força normal são as duas grandezas que regem o comportamento do sistema AiCVT. A grande vantagem deste sistema é que a natureza sempre escolhe os caminhos mais fáceis e que se gaste menos energia. A natureza escolhe qual fração da potência vai passar pelas engrenagens e qual vai passar pelo fluido. Essa escolha é feita a todo momento, de forma automática e contínua.

O sistema possui somente um conjunto redução, ou seja, uma única relação real de marchas, que é a relação de primeira marcha, todas as outras marchas são realizadas pelo giro da turbina junto com as planetárias. Neste sistema as engrenagens redução planetárias e conversor de torque estão montados de forma paralela, com a bomba do conversor de torque ligada diretamente (movimento solidário) no eixo de saída. O sistema possui apenas 2 conjuntos de movimentos. **1** - eixo de entrada → redução planetária → eixo de saída; **2** - eixo de saída → bomba → turbina → planetárias → eixo de saída novamente, completando a retroalimentação. A essa retroalimentação chamei de *Retroalimentação Inercial Instantânea*, então qualquer alteração na *Velocidade Normal Instantânea* do veículo é sentida instantaneamente pela transmissão, que faz com que as relações de marcha sejam trocadas

continua e instantaneamente para a relação de marcha mais apropriada para aquele momento, ou seja, para a mais apropriada relação de torque e velocidade instantâneos.

Um diferencial desta inovação é que o eixo de saída é um eixo “leva e traz”, pois ao mesmo tempo que leva potência para a saída do câmbio, leva também para a turbina, que devolve toda potência recebida girando a engrenagem coroa (que contém as planetárias em seu interior) e as planetárias giram o eixo de saída. Ou seja, ao mesmo tempo o eixo de saída é girado pelas planetárias, gira a turbina, que por sua vez gira as planetárias e o eixo de saída. O eixo de saída gira e é girado a todo o tempo e simultaneamente. Isso faz com que a potência flua pelo eixo de saída nos dois sentidos ao mesmo tempo, como será visto mais adiante. Esse “leva e traz” instantâneo transforma torque em velocidade e vice-versa quando há necessidade. Quando a bomba acelera a turbina estamos transformando torque em velocidade e quando a dificuldade de movimento (subidas, retomadas, etc) freia a turbina, estamos transformando velocidade em torque.

1 – FUNCIONAMENTO DO SISTEMA AiCVT

Para ilustrar o funcionamento vamos observar as figuras simplificadas 1 e 2 a seguir:

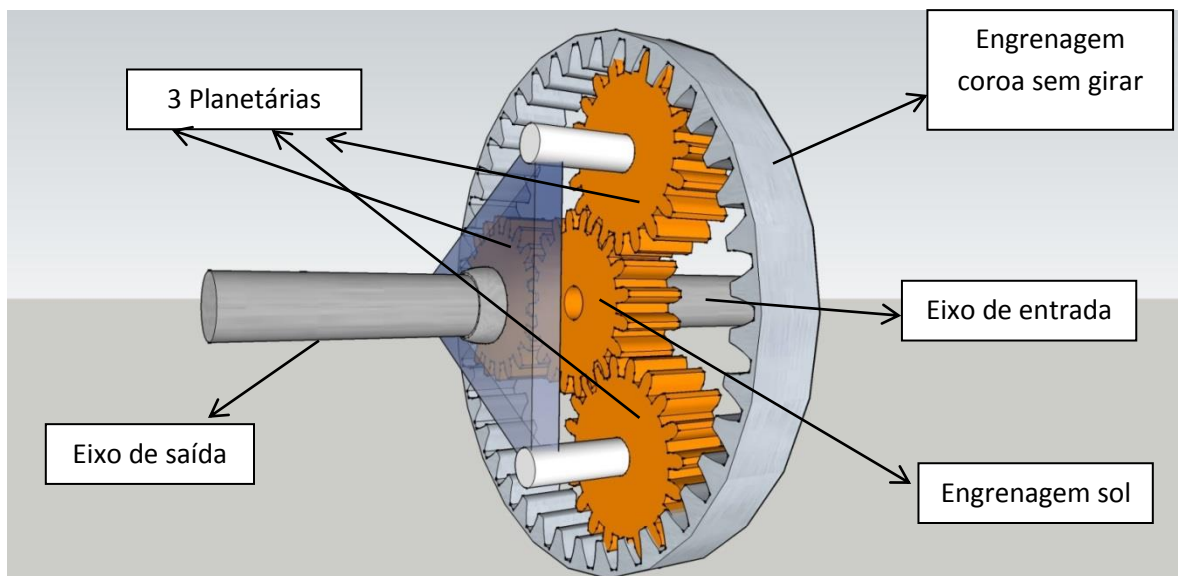


Figura 1: Redução simples

Na figura 1, temos uma redução planetária comum. A engrenagem sol e as planetárias possuem o mesmo número de dentes, portanto temos uma redução de 4:1. Ao girarmos o eixo de entrada, o eixo de saída também girará no mesmo sentido com uma rotação 4 vezes menor e com um torque 4 vezes maior do que o eixo de entrada. A eficiência deste sistema de redução é muito alta, acima de 95%.

O que é o sistema AiCVT? É um conversor de torque com engrenagens dentro da turbina e com a bomba do conversor sendo girada pelo eixo de saída. Ou seja, a potência vem do motor, entra direto nas planetárias e sai pelo eixo de saída com redução da rotação e aumento do torque. A bomba está conectada no eixo de saída, a qual gira a turbina, que possui as engrenagens planetárias em seu interior. Quando a turbina gira, esta gira também todo o sistema planetário, introduzindo uma componente da rotação a mais no eixo de saída. O eixo de saída possui duas componentes de giro, uma delas é fornecida pelas planetárias e a outra é fornecida pelo giro da turbina. Então podemos notar que mesmo em situação de stall da turbina o sistema possui rotação e torque na saída. A turbina possui uma trava contra recuo (não mostrada na figura 2, mas mostrada na página das fotos do protótipo) para não permitir que ela gire no sentido contrário ao do eixo de entrada. Isto aconteceria devido ao giro das planetárias ser contrário ao giro do eixo de entrada, então as planetárias forçariam a turbina a girar em sentido oposto ao eixo de entrada. Observemos a figura 2 a seguir.

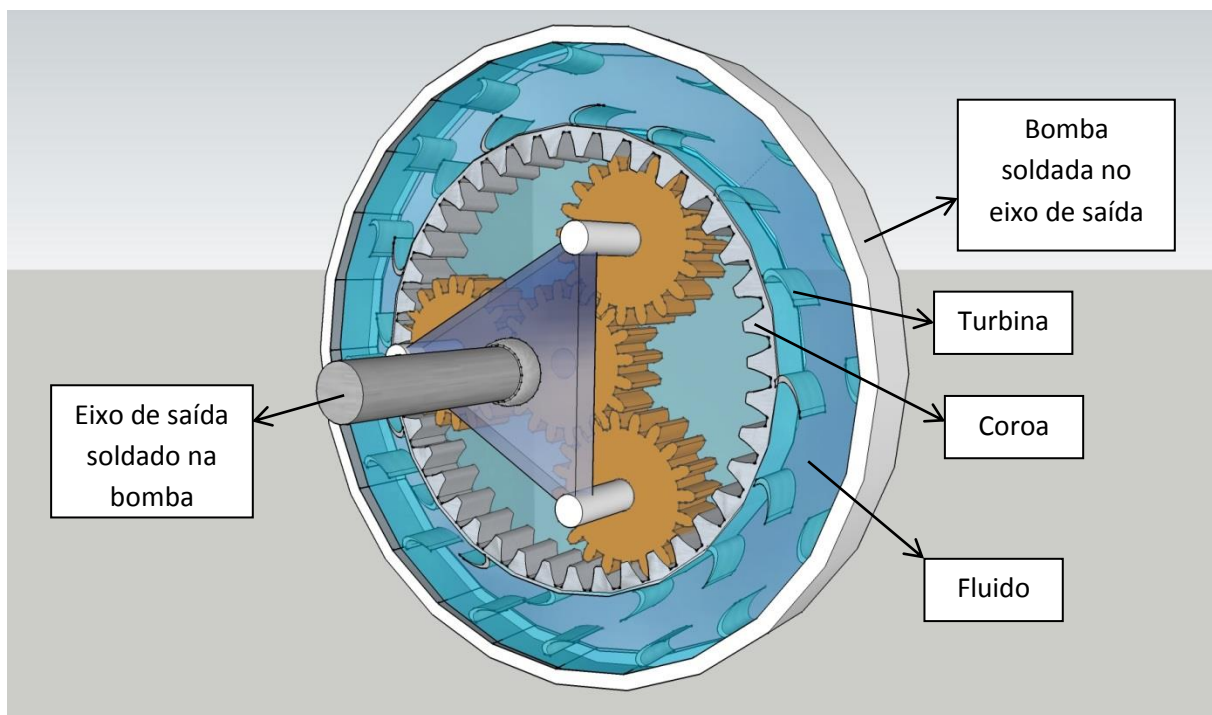


Figura 2: AiCVT. É a figura 1 acrescentada de um conversor de torque com a bomba deste soldada no eixo de saída (a caixa externa protetora e a trava contra recuo, que não permite que a turbina gire no sentido contrário ao eixo de entrada, não estão na figura).

O conversor de torque está representado somente pela bomba e turbina para simplificar e facilitar a compreensão, porém o papel do estator (não mostrado nas figuras) é primordial para aumentar a eficiência do sistema. O estator multiplicará o torque na bomba, em situações de deslizamentos entre bomba e turbina, e veremos adiante que essa multiplicação de torque na bomba é responsável pelo aumento de eficiência, pois a bomba se encontra no eixo de saída. Neste sistema, mesmo em stall de turbina, temos rotação e torque na saída. Os rolamentos entre as estruturas não foram mostrados nas figuras, mas todos os eixos possuem giro.

Observando a figura 2 podemos notar que a parte das reduções da figura 1 se mantém a mesma. Porém a coroa fixa agora será uma estrutura movida (turbina e coroa), que é movida pela bomba através do fluido. Observemos que a bomba e a turbina do conversor de torque estão no eixo de saída, ou seja, a turbina é movida pela força da saída, com outras palavras, a potência transferida (energia) já está na saída. Observaremos mais a frente que o papel do estator é essencial para aumentar a eficiência, pois o estator multiplica o torque da bomba (no conversor de torque modificado), porém a bomba já está no eixo de saída, então o estator multiplica o torque da saída das planetárias, que é o próprio eixo de saída, aumentando muito o torque na saída em marchas de alto torque e baixas rotações.

No início do movimento do veículo, a força hidráulica que a bomba exerce na turbina é pequena, pois o veículo ainda está com pouca velocidade, e a rotação da bomba é a rotação do eixo de saída da transmissão (rotação da redução planetária), e a força necessária para mover a turbina com a redução dentro é grande, devido à inércia do veículo de estar parado. Com o continuar do movimento, a velocidade do veículo vai aumentando, e consequentemente a força hidráulica que a bomba exerce na turbina também aumenta, e paralelamente a força necessária para mover a turbina com a redução dentro vai diminuindo, pois o veículo já começou a se mover, e consequentemente sua inércia de estar parado vai diminuindo com a velocidade. Isto equivale à dificuldade de se começar a mover um carro, por isso temos a primeira marcha de força em todos os tipos de veículos, e depois temos marchas com relações mais de velocidade e menos força.

Estendendo esse raciocínio veremos que esse sistema tende a levar sempre o câmbio para a relação 1:1. O sistema funciona de uma forma simples, pois a componente de rotação que surge a mais no eixo de saída, inserida pelo giro da turbina (com as engrenagens redução dentro e consequentemente o eixo de saída também) se somando à rotação induzida pelas planetárias, nos fornece a rotação necessária para termos trocas infinitas das relações de marcha, até chegarmos à relação de 1:1, quando todos os componentes estarão girando com a mesma rotação, e como se todos os componentes estivessem soldados uns nos outros.

Este sistema também pode ser chamado de câmbio exponencial, pois a velocidade na saída aumenta exponencialmente. No início do movimento temos pouca força para mover um grande peso (na parte de fluido), porém com o ganho de velocidade começamos a aumentar a força motora e diminuir o “peso” a ser movido, então vamos ter uma grande força para mover um pequeno “peso”. Esse sistema fará a aceleração do veículo se comportar similar a aceleração de um autorama.

Com isso temos um câmbio CVT (pois o número de velocidades de rotação que a turbina pode ter é infinito) sem a necessidade de sensores, pois todos os sensores foram substituídos pela natureza. Em qualquer situação de velocidade (com exceção se estivermos na rotação máxima do motor), se pressionarmos o pedal do acelerador, teremos respostas imediatas, pois a rotação do motor entra direto nas planetárias, obrigando a haver mudança na relação de marchas (com desacoplamento fluido, pois o eixo de entrada acelera a saída e ao mesmo

tempo freia a turbina, devido à força exercida pelas planetárias na coroa (turbina) ser contrária ao movimento, obrigando a haver o desacoplamento fluido) e fazendo as reduções de acordo com a pressão do pé do motorista no acelerador. Porém imediatamente após diminuirmos a taxa de aceleração, o veículo tenderá assintoticamente para a relação de 1:1.

Se começarmos a subir uma serra, por exemplo, o câmbio sentirá imediatamente a dificuldade do movimento (devido à inclinação do piso, Força Normal), e fará as reduções automaticamente sem qualquer intervenção do motorista (havendo o desacoplamento fluido obrigatoriamente, pois a força necessária para mover a turbina vai ser maior que a força que a bomba possui), e sempre da forma mais otimizada possível, pois quem faz isso é a natureza do movimento. Essa redução vai ser de acordo com a força do motor, peso do carro, velocidade desejada pelo motorista e inclinação do piso, quanto mais inclinado maior será a redução, para termos mais torque.

A *Velocidade Normal Instantânea*, que é a relação (V/F_N), é quem controla as relações de marchas, ou seja, quando a relação V/F_N estiver aumentando, estamos aumentando a velocidade (e/ou diminuindo a Força Normal) e diminuindo o torque, e quando estiver diminuindo estamos diminuindo a velocidade (e/ou aumentando a Força Normal) e aumentando o torque.

Se soltarmos a trava contra recuo (não mostrada nas figuras), ao pararmos em um sinal de trânsito, por exemplo, o câmbio funcionará como embreagem, pois poderá ficar engatado, porém com a saída parada, transferindo o movimento do eixo de entrada para o sistema de reduções, que moverá a turbina no sentido contrário ao do eixo de entrada, devido à força exercida pelas planetárias na turbina ser contrária ao movimento do eixo de entrada. Ou seja, o sistema AiCVT não precisa de embreagem extra, pois possui uma embreagem embutida em seu funcionamento natural.

Com um dispositivo simples que freie a turbina, teremos um freio motor customizável. Pois o freio atuará simultaneamente reduzindo as marchas e freando as rodas, tornando o freio muito mais seguro e eficiente.

2 – COMPARAÇÃO DO SISTEMA AiCVT COM UM CONVERSOR DE TORQUE COMUM

O sistema AiCVT pode ter seu funcionamento confundido com um conversor de torque comum, e por isso faremos uma comparação de eficiência nos regimes de operação de ambos a seguir:

O problema no conversor de torque comum é que ele está colocado em *série* com a transmissão, ou seja, a rotação vem do motor passa pelo conversor de torque e depois pela transmissão, e qualquer perda de eficiência no conversor é transferida para a transmissão, diminuindo a eficiência do sistema como um todo, pois todo deslizamento no conversor de torque é totalmente perdido. Veremos que isso não ocorre no sistema AiCVT, pois a energia

tem 2 caminhos para passar (engrenagens redução e/ou fluido) e passa pelo(s) que oferece(m) menor esforço, devido ao conversor de torque do AiCVT trabalhar em *paralelo* com as reduções planetárias.

2.1 – Regimes de operação do conversor de torque comum:

1 – Deslizamento máximo (stall da turbina) → Eficiência = 0%, pois não temos rotação na saída.

2 – Deslizamento intermediário → Eficiência vai depender do grau de deslizamento, quanto mais deslizamento, menos eficiência.

3 – Acoplamento fluido perfeito com lock-up → Eficiência \approx 100%.

2.2 – O sistema AiCVT possui 3 regimes de operação:

1 – Deslizamento máximo, bomba girando e a turbina totalmente parada (stall da turbina). Potência = Rotação x Torque, nesse caso a potência passa totalmente pelas engrenagens, então utilizando o exemplo da figura 2 (redução de 4:1), pois vai se comportar como o redutor simples da figura 1. Então, por exemplo: Rotação de entrada de 6.000 RPM com um torque de 100 Nm, teremos que a Potência de entrada é de $P_{\text{entrada}} = 6.000 \text{ (RPM)} \times 100 \text{ (Nm)} \times 2\pi/60$ ($2\pi/60$, constante para termos a potência em Watts) = 20.000π Watts. Como a rotação na saída vai ser de $(6.000 / 4) = 1.500 \text{ RPM}$ e o torque de saída vai ser de $(100 \times 4) = 400 \text{ Nm}$, temos que a Potência de saída vai ser de, $P_{\text{saída}} = 1.500 \text{ RPM} \times 400 \text{ Nm} \times 2\pi/60$ – (perdas devido ao deslizamento e a resistência da turbina) + (ganhos devido à multiplicação de torque na bomba pelo estator, lembrando que a bomba é o próprio eixo de saída) = 20.000π Watts - perdas% + ganhos% = ??? Watts. Notamos que se fosse um conversor de torque comum essa eficiência seria **zero**. Veremos no item 4 que a eficiência nesse caso (stall de turbina = primeira marcha) é extremamente alta, podendo ficar *acima* dos 100%, se for utilizado um conversor de torque que multiplique o torque na bomba.

2 – Deslizamento intermediário → Neste caso a Potência vai passar parte pelas engrenagens redução e parte pelo fluido (quem escolhe qual parte da potência vai passar pelas engrenagens e qual parte vai passar pelo fluido é a natureza). Veremos no item 4 que nesse caso a eficiência tenderá assintoticamente para 100% no acoplamento.

3 – Acoplamento fluido → Eficiência \approx 100%, com toda a potência passando pelo fluido. Todos os componentes do AiCVT se movendo em movimento solidário, como se o AiCVT fosse um eixo rígido.

3 – INOVAÇÕES E REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO SISTEMA AiCVT

As duas modificações básicas que puderam fornecer subsídios para que funcionasse de maneira inovadora, surpreendentemente simples e eficiente foram:

1 – A introdução de engrenagens redução planetárias dentro da turbina de um conversor de torque, trabalhando em **paralelo** com este, dessa forma toda perda no deslizamento é jogada para as engrenagens, que transferem a potência para a saída, ou seja, ***o deslizamento traz perdas e ganhos (devido ao torque reativo do estator), porém os ganhos podem ser maiores que as perdas***, fazendo com que a eficiência seja algo jamais visto em qualquer sistema de transmissão de potência.

2 – Com a Retroalimentação Inercial Instantânea (bomba do conversor de torque ligada no eixo de saída) o movido participa ativamente no movimento, e com isso dispensando qualquer tipo de sensor e fazendo com que o veículo sempre esteja na melhor relação de marchas e economizando combustível, pois quem faz a escolha das relações de marcha é a *Velocidade Normal Instantânea*.

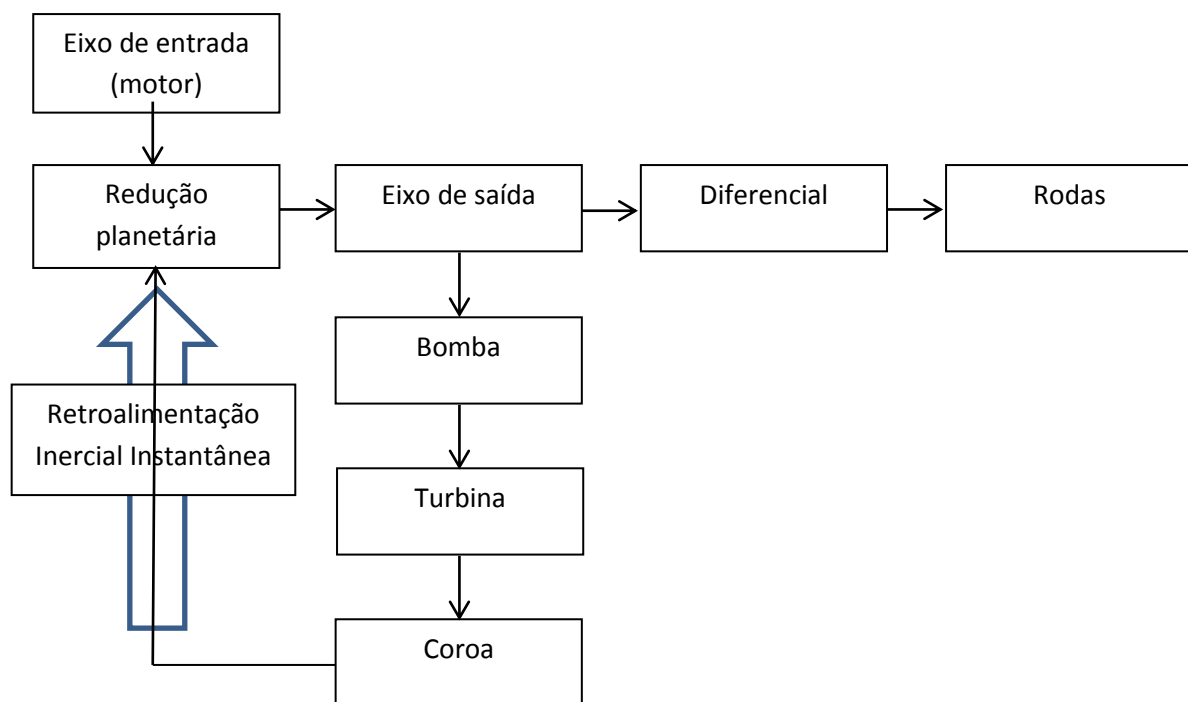


Figura 3: Fluxograma do AiCVT

4 – EFICIÊNCIA DO SISTEMA AiCVT UTILIZANDO UM CONVERSOR DE TORQUE QUE MULTIPLIQUE O TORQUE NA BOMBA

Voltando as contas do item 2.2 caso 1, com uma redução de 4:1, temos que a potência de entrada do exemplo é de $P_{\text{entrada}} = 6.000 \text{ (RPM)} \times 100 \text{ (Nm)} \times \frac{2\pi}{60} = 20.000\pi \text{ Watts}$, e a potência de saída é de $P_{\text{saída}} = 1.500 \text{ RPM} \times 400 \text{ Nm} \times \frac{2\pi}{60} - (\text{perdas devido ao deslizamento}) + (\text{ganhos devido à multiplicação de torque na bomba pelo estator}) = 20.000\pi \text{ Watts} - \text{perdas\%} + \text{ganhos\%} = ??? \text{ Watts}$. Vamos considerar que a perda devido ao aquecimento do óleo e para vencer a resistência da turbina será de 40%. O estator, no stall de turbina, multiplica o torque entre 2 e 3 vezes, então vamos considerar que multiplique somente por 2 vezes. Como se trata de uma equação linear, podemos tirar os 40% do torque

ou da rotação, que o resultado numérico será o mesmo. Vamos tirar os 40% do torque, por exemplo, já que o ganho é no torque também.

$P_{saída} = 1.500 \text{ RPM} \times (400 \text{ Nm} - 40\%) \times 2\pi/60 + (\text{ganhos devido à multiplicação de torque na bomba pelo estator}) = 1.500 \text{ RPM} \times (240 \text{ Nm}) \times 2\pi/60 + (\text{ganhos devido à multiplicação de torque na bomba pelo estator})$. Então temos 240 Nm na bomba (saída), e o estator multiplica esse torque por 2, então temos finalmente: $P_{saída} = 1.500 \text{ RPM} \times (240 \text{ Nm}) \times 2 \times 2\pi/60 = 1.500 \text{ RPM} \times (240 \text{ Nm}) \times 2 \times 2\pi/60 = 24.000\pi \text{ Watts}$.

Neste exemplo temos que $P_{entrada} = 20.000\pi \text{ Watts}$, e $P_{saída} = 24.000\pi \text{ Watts}$, ou seja, eficiência de 120% em primeira marcha. Pode parecer que existe algum equívoco, mas vejamos a explicação abaixo.

Por que isso acontece? O estator do conversor de torque está fixado na estrutura do carro, atuando como uma “força externa”. A bomba acelera o fluido, fornecendo energia cinética para o mesmo, que passa pelas aletas da turbina e volta em sentido contrário ao giro da bomba, o estator faz uma força externa (lembrando que o estator está fixado na carcaça do carro, ou seja, fora do câmbio) sobre o fluido e o redireciona para o mesmo sentido de giro da bomba. A força feita pelo estator faz com que o fluido colida com as aletas da bomba, fornecendo energia cinética a esta, e isso aumenta a potência da bomba. Nos conversores de torque comuns, o fluido volta da turbina, é redirecionado pelo estator, porém não transmite sua energia para a bomba (devido ao formato das aletas da bomba), apenas passando pelas aletas da bomba e colidindo com mais velocidade nas aletas da turbina, e com isso multiplicando o torque da turbina. Na verdade o estator é um agente externo ao câmbio, pois possui seu eixo fixado na estrutura do carro, que trava o eixo do estator fornecendo a força necessária para redirecionar o fluido (se colocarmos um torquímetro no eixo do estator fixo na carcaça do carro poderemos medir esse torque reativo). Quando fazemos uma força sobre algum objeto (mesmo sendo uma gota de fluido, pois pela segunda lei de Newton $F = m \times a$, Força = massa vezes a aceleração) aceleramos esse objeto. Nesse caso essa força faz com que o fluido mude de direção e colida com as aletas da bomba com massa e velocidade, fornecendo mais energia para a bomba no caso do conversor modificado, ou para a turbina no caso dos conversores comuns. O que importa é que esse torque reativo está dentro do conversor e por onde vamos absorvê-lo, pela turbina ou pela bomba.

Os 120% de eficiência do exemplo acima podem parecer que algo está violando as leis da Física, porém isso é um entendimento equivocado. Quando afirmo que o sistema AiCVT pode superar os 100% de eficiência, estou somente falando da potência gerada pelo motor. Um sistema Físico não pode ultrapassar os 100% de eficiência, porém se levarmos em consideração o torque reativo como sendo parte do sistema chegaremos nos 100%. Mas o único gerador de potência é o motor, e o sistema AiCVT aproveita o torque reativo (torque extra “gerado” pelo estator redirecionando o fluido em favor do giro da bomba). Então temos que o motor gera a potência, mas o estator “reaproveita” a energia cinética do fluido para aumentar o torque da bomba (ou da turbina). Considerando que o motor gera 100% da potência, poderemos ter na saída mais de 100% dessa potência gerada pelo motor, pois o que

temos a mais do que os 100% é o torque reativo medido no torquímetro do parágrafo anterior. O sistema AiCVT aproveita esse torque extra gerado pelo estator e o joga no eixo de saída, possibilitando essa eficiência jamais vista. Fato semelhante acontece na turbina do conversor de torque comum, onde em situações de stall de turbina, o torque medido na turbina será superior ao torque fornecido pelo motor, exatamente pelo mesmo motivo, porém como a turbina está parada e não possui outro caminho para a energia passar, a eficiência do conversor de torque comum, nesse caso, é zero.

Nos conversores de torque comuns mesmo aumentando o torque na turbina, em stall da turbina não temos rotação na saída, então mesmo tendo um alto torque (de 2 a 3 vezes o torque original do motor) não temos rotação na saída, então a eficiência é zero (stall da turbina em conversores de torque comuns). A diferença é que no AiCVT a bomba está na saída, e mesmo no stall da turbina do AiCVT temos rotação na saída, que é a rotação da redução planetária, e também temos torque. Em primeira marcha (stall da turbina) o AiCVT comporta-se como um redutor comum, porém com a diferença de possuir mais torque, devido à multiplicação de torque da bomba (no caso da utilização de um conversor de torque modificado).

Podemos notar na figura 4 que a eficiência cai com o aumento das marchas, devido à diminuição das perdas por deslizamentos e também pela diminuição da resistência da turbina, também dos ganhos pela multiplicação de torque na bomba, e chega próximo dos 100% na última marcha, pois nessa hora todas as perdas com deslizamentos cessaram (estamos no acoplamento fluido), mas também todos os ganhos devido à multiplicação de torque também cessaram, pois o estator, bomba e turbina estão girando com a mesma velocidade.

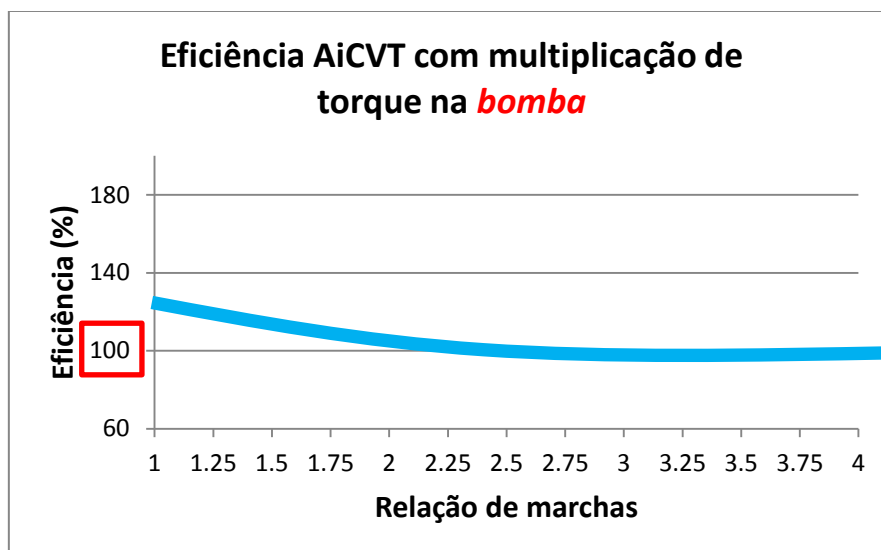


Figura 4: Eficiência AiCVT com multiplicação de torque na **bomba**

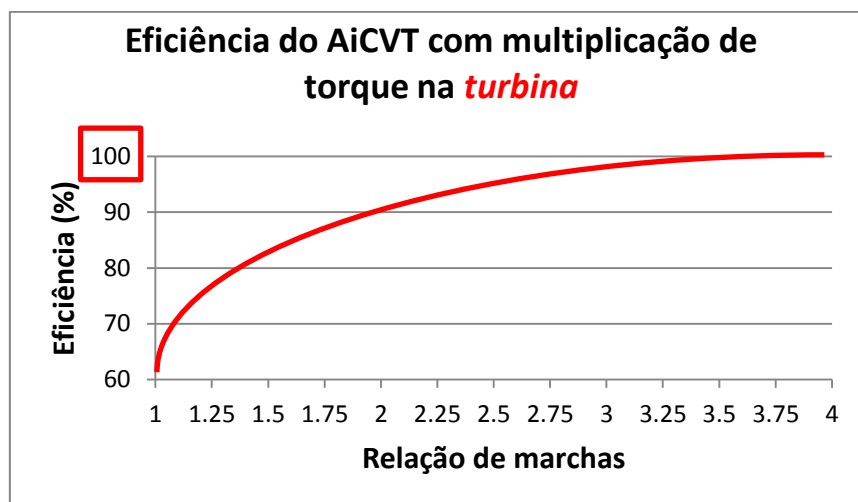


Figura 5: Eficiência AiCVT com multiplicação de torque na *turbina*

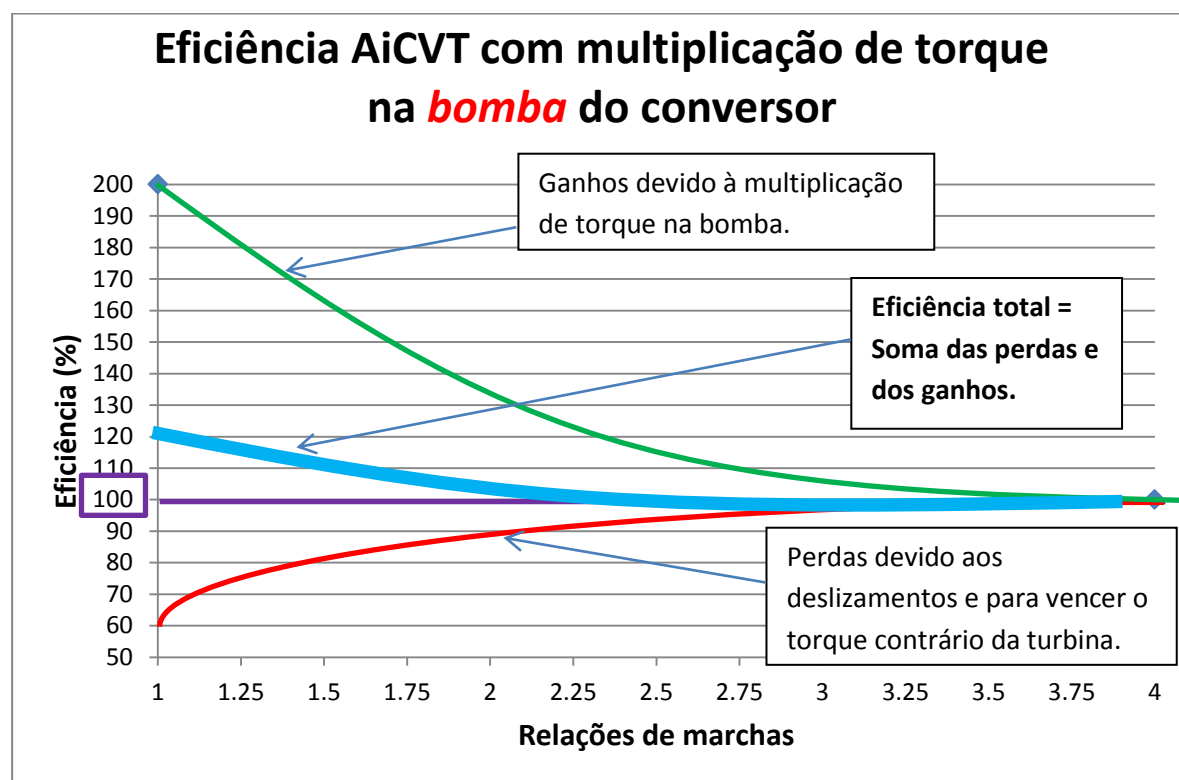


Figura 6: Simulação da eficiência do sistema AiCVT

O preço a ser pago pela multiplicação de torque é o aquecimento do óleo, nas primeiras marchas ou em subidas íngremes e demoradas, então para o correto funcionamento deverá haver um radiador de óleo que mantenha a temperatura do óleo dentro dos limites das especificações técnicas dos fabricantes.

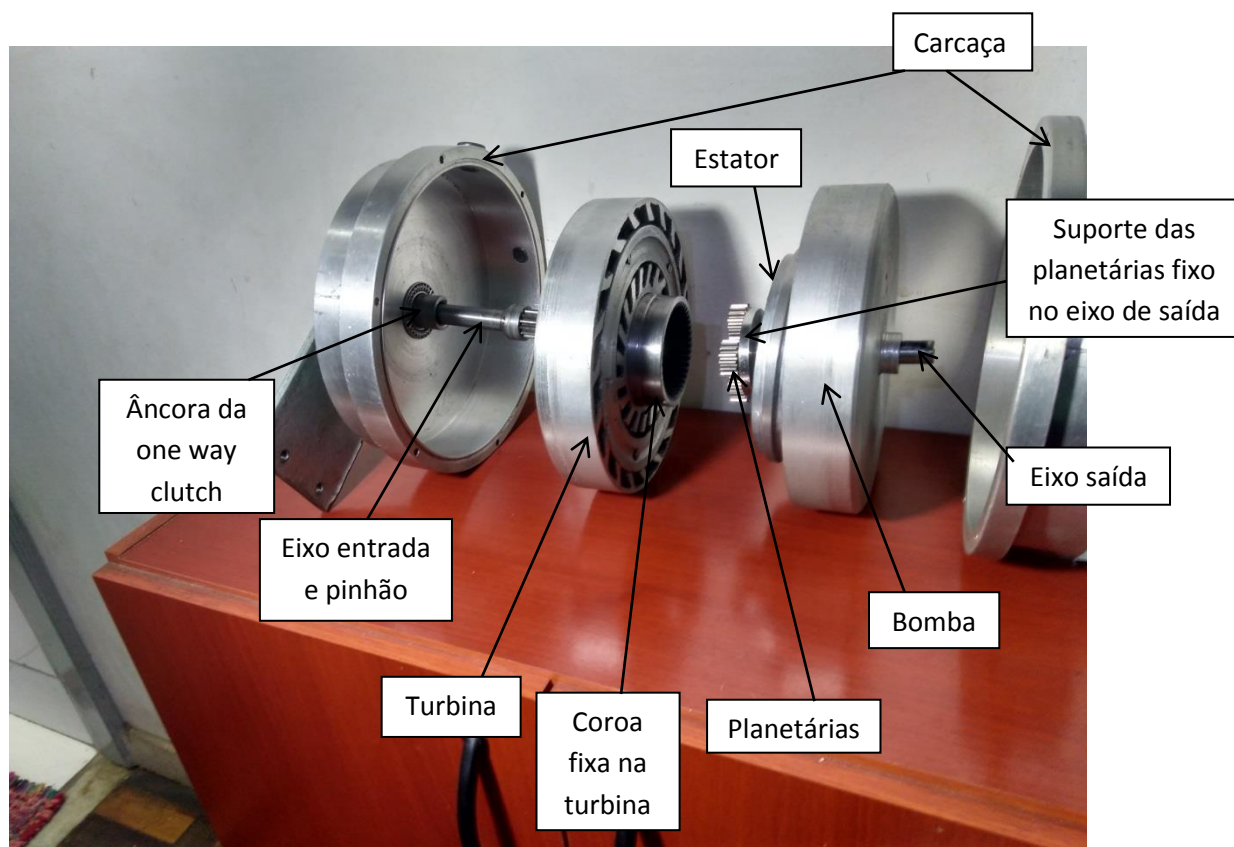


Figura 7: Vista 1 - Protótipo expandido

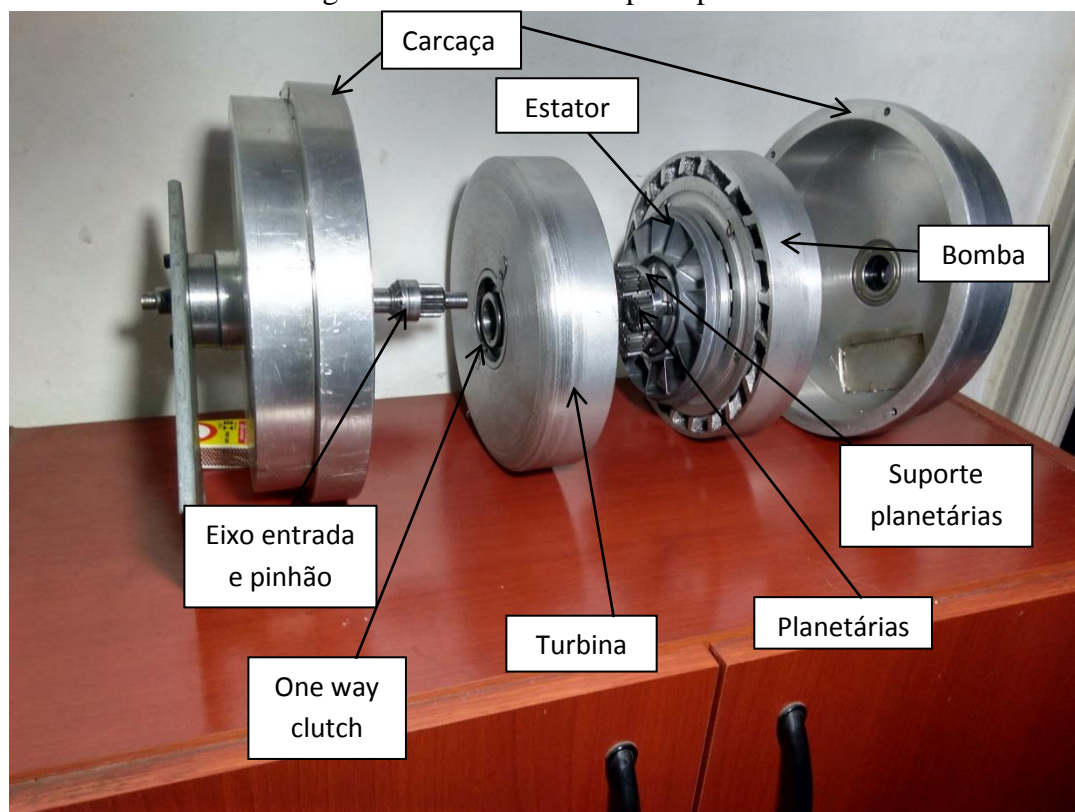


Figura 8: Vista 2 - Protótipo expandido

As figura 7 e 8 são um protótipo do sistema AiCVT, onde: O eixo de entrada vem do motor, passa pela *one way clutch* e pela turbina (sem interagir com estas) e entra direto nas planetárias, que giram o eixo de saída e a bomba. A bomba gira o fluido, que faz força hidráulica na turbina, girando a turbina. Quando a turbina gira, a coroa gira também, girando as planetárias dentro desta. Quando a coroa gira é inserida uma componente a mais da rotação no eixo de saída, mudando a velocidade e o torque na saída. O estator redireciona o óleo no mesmo sentido que a bomba, aumentando o torque desta, e consequentemente, aumentando a eficiência.

5 – CONCLUSÕES FINAIS DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE POTÊNCIA AiCVT:

- Criou um novo paradigma de transmissão de potência, onde o movido tem papel importante no movimento, sendo movido e também motor.
- Possui um custo de fabricação muito inferior aos seus concorrentes automáticos e CVTs.
- Funciona sem nenhuma eletrônica.
- Possui eficiência média *acima* de 100%.
- Possui embreagem embutida.
- Possui freio motor customizável.
- Possui respostas imediatas às solicitações no acelerador.
- Não possui limite de torque.
- Possui somente peças simples e duráveis.
- Manutenção simples e barata.
- Pode ser construído com quaisquer relações iniciais e finais de marcha.
- Pode ser utilizado em carros populares sem alteração do preço final.
- Fará o veículo acelerar como um autorama, ou seja, com força e velocidade.

OBS:

- Todos os desenhos são somente uma ideia de como se fazer as estruturas, e em nenhum momento foi levado em consideração nenhuma técnica específica de se fazer engrenamentos, suportes de eixos para o fim específico, etc.
- Todas as contas são aproximações, somente para mostrar que é possível existir eficiências superiores as que estamos acostumados a ver, utilizando a Retroalimentação Inercial Instantânea (bomba do conversor de torque na saída) e a multiplicação de torque na bomba.
- Por falta de expertise em fluidos e em usinagem não consegui multiplicar o torque na bomba, e todas as contas são teóricas.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] – De Lima, Alan Miranda Monteiro, AUTOMATIC INERTIAL CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION (AiCVT) – UM NOVO PARADIGMA DE CVT, SIMPLES, BARATA E EFICIENTE – Anais do SIMEA 2015. p.229-247.