

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DIRCT / DIRGRAD / DECEN

CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

DISCIPLINA PROJETO FINAL II

LARISSA LOPES DA SILVA CANDEO

MARIO OSVALDO HAIDUK JUNIOR

Análise de Viabilidade do Uso de Transmissões CVT em Tratores Agrícolas para Aplicações Brasileiras

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2011

LARISSA LOPES DA SILVA CANDEO

MARIO OSVALDO HAIDUK JÚNIOR

Análise de Viabilidade do Uso de Transmissões CVT em Tratores Agrícolas para Aplicações Brasileiras

Monografia apresentada à disciplina Projeto Final II, do Curso de Engenharia Industrial Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba, como requisito parcial para aprovação.

Orientador: Prof. Samuel Soares Ansay

Co-orientador: Eng. MSc. Maurício Infantini

CURITIBA

2011

DEDICATÓRIA

Dedicamos esse trabalho primeiramente a nossa família: pais, mães e irmãos que sempre estiveram ao nosso lado durante a nossa vida, que nos deram força e apoio para sempre ser e fazer o melhor, que entenderam os nossos momentos de ausência pela dedicação ao curso durante toda a nossa vida acadêmica.

Em segundo lugar, dedicamos aos nossos amigos pelos momentos de diversão e descontração durante os períodos mais difíceis do curso de engenharia, pela ajuda mútua em diversas matérias que nos possibilitaram, muitas vezes, conseguir seguir em frente no curso. E, com certeza, pelo ombro amigo nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Queremos agradecer o apoio da empresa Case New Holland (CNH) e de todos os seus funcionários que de alguma forma nos ajudaram com a confecção desse trabalho através: do fornecimento de informações sobre as máquinas; da ajuda com os questionários e entrevistas; e das respostas rápidas aos nossos questionamentos. Ou seja, agradecemos a todos na empresa que de alguma forma tornaram esse trabalho possível. Agradecemos, em especial, ao Engenheiro Mauricio Infantini da engenharia de produto da CNH que nos ajudou a obter informações sobre os tratores e nos orientou durante toda a execução do trabalho, sem a ajuda dele esse trabalho não teria sido possível.

Agradecemos também aos professores dedicados que tivemos durante o curso, não somente por terem ensinado, mas por terem nos feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados, aos quais, sem nominar terão meu eterno agradecimento. E, por último, agradecemos a universidade por nos proporcionar um bom ambiente de aprendizado e por nos dar a oportunidade de adquirir conhecimentos na área da engenharia.

“Não precisamos de mais dinheiro, não precisamos de mais sucesso ou fama, não precisamos do corpo perfeito, nem mesmo do parceiro perfeito, agora mesmo, neste momento exato, dispomos da mente, que é todo o equipamento básico de que precisamos para alcançar a plena felicidade.” (Dalai Lama)

RESUMO

A transmissão continuamente variável (CVT) vem sendo desenvolvida a muito tempo, principalmente na área automotiva, e difere basicamente das demais por não usar um sistema principal com engrenagens. O CVT é uma inovação utilizada com sucesso em máquinas agrícolas em vários países. Na Europa, América do Norte e Ásia existem tratores com CVT. Em contrapartida no Brasil, tal tecnologia é ainda inexistente. O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade da utilização da transmissão CVT em aplicações brasileiras. Para atingir esse objetivo, foi realizada uma análise técnica e econômica. Do ponto de vista econômico, foram analisados os custos de manutenção e de consumo do trator com CVT e comparados com dados de um trator sem CVT. Na análise técnica foram comparadas as características técnicas da transmissão automática com a CVT, ambas montadas no mesmo trator, a exceção da transmissão. Aplicou-se a metodologia QFD (*Quality Function Deployment*) para identificar as características consideradas relevantes para o cliente brasileiro em relação à transmissão. Como os tratores analisados são atualmente comercializados na Europa, o comparativo de desempenho entre eles permite compreender as vantagens e desvantagens dessas transmissões e com isso cruzar essas informações com as características identificadas como relevantes pelo cliente brasileiro. Verificou-se que o trator com CVT possui um custo mais elevado, 5,4% maior, porém tem diferenciais importantes para os clientes, como maior conforto, maior número relações de transmissão, facilidade de uso, entre outros.

Palavras-chave: tratores, agricultura, CVT, transmissão

Abstract

The continuously variable transmission (CVT) has been developed a long time, mainly in the automotive area, and basically differs from the other not to use a primary system with gears. The CVT is an innovation used successfully in agricultural machines in several countries. In Europe, North America and Asia there are tractors with CVT. However in Brazil, such technology is still non-existent. The purpose of this paper is to analyse the feasibility of the use of the CVT transmission in Brazilian applications. To achieve this goal, was carried out a technical and economic analysis. From an economic point of view, maintenance costs were analysed and tractor consumption with CVT and compared with data from a tractor without CVT. In technical analysis were compared the technical characteristics of automatic transmission with the CVT, both mounted in the same tractor, the exception of the transmission. Applied the methodology QFD (Quality Function Deployment) to identify the characteristics deemed relevant to the Brazilian customer in relation to the transmission. As the tractors analysed are currently marketed in Europe, the performance comparison between them allows to be understood the advantages and disadvantages of these broadcasts and with this cross this information with the characteristics identified as relevant by the Brazilian customer. It was found that the tractor with CVT has a higher cost, 5.4% higher, but has important differentiators for clients, such as greater comfort, greater number ratios, ease of use, and others.

Key words: tractor, agriculture, CVT, transmission

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Percentual de tratores com transmissão tipo engrenagem deslizante (A), sincronizada (B), hidrostática (C) por faixa de potência.....	18
Figura 2 - Caminho da força para uma transmissão 8x2 em gama baixa	20
Figura 3 - Caminho da força para uma transmissão 8x2 em gama alta	20
Figura 4– Representação de um par de engrenagens deslizantes	21
Figura 5 - Representação de um sincronizador.....	22
Figura 6 - Esquema da transmissão hidrostática	23
Figura 7 – Circuito de uma transmissão hidrostática.	24
Figura 8 - Transmissão "Full Power Shift".	26
Figura 9 – Diagrama do fluxo de força de uma transmissão automática “Full Power Shift”	27
Figura 10 – CVT com correia metálica.	28
Figura 11 - CVT divisor de potência.	29
Figura 12 – Planetário somador de potência.....	30
Figura 13 – Modelo de acoplamento na entrada.....	31
Figura 14 – Modelo de acoplamento na saída	31
Figura 15 - Gráfico de Força x Velocidade na CVT.....	31
Figura 16 - CVT hidrostática.....	33
Figura 17 - CVT hidrostática: transmissão mecânica e hidrostática.....	33
Figura 18 – Design da CVT hidrostática: transmissão mecânica e hidrostática.....	34
Figura 19 – Esquema do funcionamento da transmissão CVT S-Matic.	35
Figura 20 – Princípio do funcionamento do somatório de potência no redutor planetário.	36
Figura 21 – Variação 1, “dog clutch” K1 selecionado.....	37
Figura 22 - Variação 2, “dog clutch” K2 selecionado.....	38
Figura 23 - Variação 3, “dog clutch” K3 selecionado.....	38
Figura 24 - Variação 4, “dog clutch” K4 selecionado.....	39
Figura 25 - Variação para a ré, “dog clutch” KR selecionado.....	39
Figura 26 – “Dog clutches”.	40
Figura 27 – Eficiência da transmissão CVT S-Matic.	41

Figura 28 - Engrenagens do Dual Power	42
Figura 29 - Dual Power desligado	42
Figura 30 - Dual Power ligado	43
Figura 31 - Montagem do <i>Creeper</i>	44
Figura 32 - <i>Creeper</i> na posição neutra.....	44
Figura 33 - <i>Creeper</i> na gama baixa.....	45
Figura 34 - <i>Creeper</i> na posição super reduzido	46
Figura 35 - Diagrama de fluxo de caixa.....	46
Figura 36 - Diagrama de Kano	56
Figura 37- Inter-relacionamentoentre RQ e NC.....	57
Figura 38 - Corpo da casa da qualidade	58
Figura 39 - Casa da qualidade	60
Figura 40-Matriz de decisão	61
Figura 41 - Matriz de avaliação relativa para um retroprojctor de transparências.....	62
Figura 42 - Matriz de avaliação absoluta - exemplo motor.....	63
Figura 43 - Casa da qualidade	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Eficiência de alguns tipos de CVT.....	29
Tabela 2 – Vida útil das máquinas e implementos agrícolas.....	49
Tabela 3 - Parâmetros para cálculo de custos com reparos e manutenção de máquinas agrícolas durante a sua vida útil.	52
Tabela 4 - Escalonamento de critérios qualitativos	64
Tabela 5 – Comparativo de custos transmissão automática x CVT	70
Tabela 6- Valor médio do consumidor obtido para 20 entrevistas.....	71
Tabela 7 – Lista de prioridades resultantes apresentadas na casa da qualidade	73
Tabela 8 - Matriz de avaliação relativa	74

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS E SÍMBOLOS

AS – Custo com alojamento e seguros

C – Consumo de combustível

CF – Custo fixo

CT – Custo operacional

CV – Custo variável

CVT – Transmissão continuamente variável

D – Custo com depreciação

F – Valor futuro

F_n – Ganho ou despesa (preço de aquisição)

FPS – Transmissão automática *full power shift*

I – Taxa de juros (anual, semestral, mensal)

J – Rendimento do dinheiro se esse fosse aplicado (juros)

L – Custos com lubrificantes

I – Consumo de combustível

NC – Necessidades do consumidor

P – Valor presente ou valor atual

Pot – Potência da máquina

PTO – *Power take-off* (tomada de força)

QFD – *Quality function deployment*

RM – Custos com reparos e manutenção

RQ – Requisitos da qualidade

S – Valor de sucata

ST – Salário do tratorista

t – Tempo de uso por ano

TIR – Taxa interna de retorno

VAUE – Valor anual equivalente

VOC – Voz do consumidor

VOE – Voz da engenharia

VPL – Valor presente líquido

V – Vida útil da máquina

ρ – Densidade do combustível

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Tema	14
1.2	Problema	14
1.3	Objetivos	15
1.4	Justificativa	15
1.5	Conteúdo do trabalho	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	Transmissões em tratores agrícolas	17
2.1.1	Marcha e gama em tratores	19
2.1.2	Transmissão mecânica	21
2.1.3	Transmissão hidrostática	23
2.1.4	Transmissão hidrodinâmica	24
2.1.5	Transmissão automática	25
2.1.6	Transmissão CVT	28
2.1.7	Dual Power	41
2.1.8	<i>Creep</i> erou Super-Redutor	43
2.2	Viabilidade econômica e técnica	46
2.2.1	Viabilidade econômica	46
2.2.2	Viabilidade técnica	52
3	METODOLOGIA	65
3.1	Metodologia para a viabilidade econômica	65
3.2	Metodologia para a viabilidade técnica	66
3.3	Justificativa da metodologia	67
4	RESULTADOS	69
4.1	Análise de viabilidade econômica	69
4.2	Análise de viabilidade técnica	70
5	CONCLUSÕES	75
	REFERÊNCIAS	77
	APÊNDICE A– QUESTÕES DO QFD	80
	APÊNDICE B – MODELO DE ENTREVISTA	84

1 INTRODUÇÃO

1.1 Tema

A transmissão continuamente variável (CVT) foi primeiramente imaginada e proposta por Leonardo Da Vinci em 1490 (ROZEN, 2008). Porém, somente em 1886 uma patente sobre CVT foi registrada. Os engenheiros automotivos Gottlieb Daimler e Karl Benz projetaram uma transmissão continuamente variável com uma correia de borracha em perfil trapezoidal entre dois cones rasos. Contudo, apenas em 1958 essa transmissão foi utilizada em um veículo de passageiros quando a DAF (*Doornes Automobiel Fabreiken*) lançou o Daffodil, um veículo de 600 cc com dois cilindros (COLONNA, 2011). Porém, com a tecnologia disponível na época, a transmissão tinha muitos problemas de durabilidade, tornando constantes as quebras e necessidades de manutenção. Por isso, começou-se a utilizar transmissões com engrenagens (ROZEN, 2008).

Ao mesmo tempo em que o CVT passou a ser utilizado em veículos, o mercado agrícola brasileiro tem apresentado crescente expansão (ROZEN, 2008). Devido ao crescimento da população mundial e à necessidade de aumento da produção de alimentos, nos últimos anos, tem sido alcançadas safras recordes em diversos segmentos rurais. Em virtude disso, o investimento em tecnologia nessa área vem aumentado gradativamente e, o produtor rural está cada vez mais interessado em avanços que possam aumentar a sua produtividade. Um exemplo disso é o sucesso das exposições de máquinas agrícolas que, cada vez mais, tiram os produtores das suas fazendas para conhecer os produtos e tecnologias novas.

Os conceitos das transmissões nos tratores agrícolas no Brasil são os mesmos há mais de 20 anos. Juntamente com o desejo por parte dos produtores por inovações objetivando aumentar a sua produtividade no campo, exige que se busque tecnologias alternativas às atualmente empregadas.

1.2 Problema

Desde sua aplicação no automóvel, muita pesquisa vem sendo feita sobre a transmissão CVT, já que essa pode apresentar algumas vantagens, entre as quais cabe destacar um maior número de relações de transmissão e um maior conforto

para o operador. Essa transmissão já é aplicada em tratores agrícolas de países da Europa, América do Norte e Ásia. Contudo, no Brasil, essa tecnologia, que poderia aumentar a produtividade do produtor rural, não se faz presente. Como as condições de operação do trator no Brasil diferem significativamente das demais regiões do mundo no que diz respeito a clima, condições de terreno, horas trabalhadas por dia e culturas orgânicas, é fundamental realizar um estudo de viabilidade do uso da transmissão CVT no Brasil.

1.3 Objetivos

Realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica de uma transmissão CVT utilizada em um modelo de trator atualmente comercializado na Europa e aplicado em tratores agrícolas para o mercado brasileiro.

1.4 Justificativa

A agricultura no Brasil vem crescendo mais a cada ano. Estima-se que a safra de grãos terá um aumento em 2011 de aproximadamente 1,2% em relação a 2010 (IBGE A, 2011). Além disso, em 2010, a agropecuária representou aproximadamente 5% do PIB brasileiro (108,8 bilhões) e teve um crescimento de 6,5% se comparado com 2009 (IBGE B, 2011). Esse aumento de produtividade aconteceu, principalmente, pelo uso de novas tecnologias, já que não é possível aumentar proporcionalmente a produção e a área cultivada. Para isso acontecer seria necessário desmatar zonas de mata protegidas pela lei. Em virtude disso, os produtores rurais estão cada vez mais exigentes com os produtos que compram e cada vez mais aderem a novas tecnologias para aumentar a sua produtividade, isto é, o seu lucro. Por essa razão houve um aumento da venda de máquinas agrícolas no Brasil de 16% entre março de 2010 e fevereiro de 2011 se comparado ao mesmo período entre 2009 e 2010 (ANFAVEA, 2011).

Em virtude dos fatos mencionados acima torna-se relevante, portanto, realizar uma análise de viabilidade das transmissões CVT em tratores agrícolas utilizados no mercado brasileiro. Essa tecnologia pode representar um aumento de eficiência para o produtor rural brasileiro.

1.5 Conteúdo do trabalho

A introdução apresenta a possibilidade do uso de transmissões do tipo CVT em tratores no Brasil, devido a perspectivas de avanços tecnológicos no mercado agrícola nacional.

O segundo capítulo faz uma breve revisão literária sobre os diversos tipos de transmissões utilizadas em tratores agrícolas e é feita uma série de descrições sobre os métodos de avaliação de viabilidade técnica e econômica.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia e as considerações realizadas na análise de viabilidade econômica e técnica.

No quarto capítulo são discutidos os resultados obtidos a partir das considerações apresentadas na metodologia.

O último capítulo traz as conclusões obtidas no trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Transmissões em tratores agrícolas

A concepção das transmissões de potência pode ser dividida em: formato e *design*. O formato da transmissão está relacionado com a aparência externa, é determinado pela posição da transmissão no veículo e as suas limitações geométricas existentes. O formato é afetado pela sua configuração de montagem. Cabe ao engenheiro projetista desenvolver ou adaptar um formato adequado a uma transmissão já existente em um veículo com diferentes dimensões. O *design* da transmissão está relacionado com a configuração interna e com a função da mesma. Uma transmissão tem como principais funções: “afastamento do repouso”, que pode ser feito mecanicamente ou hidraulicamente; “mudança de velocidade de rotação”, que pode ser feita através de rodas dentadas, engrenagens planetárias, transmissões hidrodinâmicas, hidrostáticas ou CVT; e “funcionamento/controle da transmissão”, que pode ser realizada por uma mudança manual ou por um sistema automático associado a uma unidade de controle. Todas essas configurações devem ser escolhidas de acordo com a potência de transmissão, com a tração utilizada e com a facilidade de operação (LECHNER;NAUNHEIMER, 1999).

As transmissões são, basicamente, classificadas em três categorias: mecânicas (subdivididas em engrenagens deslizantes e sincronizadas), hidrostáticas e hidrodinâmicas. Atualmente, a preferência do mercado nacional é por tratores agrícolas com uma configuração de transmissão mecânica (tratores de potências menores) e transmissão hidrostática (tratores de potências maiores), como pode ser visto no gráfico a seguir (Figura 1) (RIBAS *et al.*, 2010).

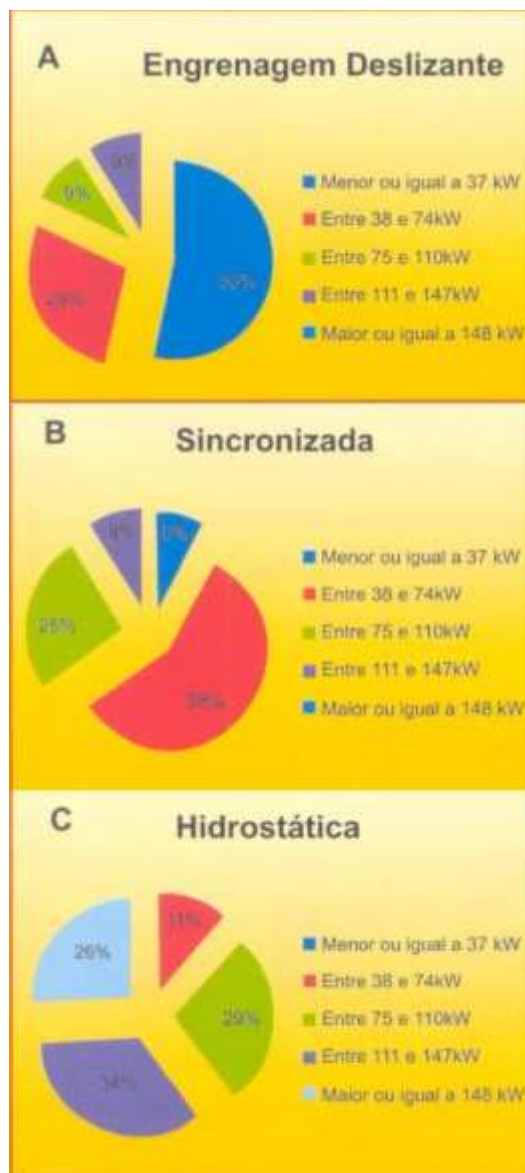


Figura 1 - Percentual de tratores com transmissão tipo engrenagem deslizante (A), sincronizada (B), hidrostática (C) por faixa de potência

Fonte: Frantz *et al.*(2010).

A preferência do mercado nacional pela transmissão mecânica deve-se ao preço. Os custos de fabricação e manutenção são menores na engrenagem deslizante e maiores na hidrostática. Quanto menor a potência do trator mais barato ele é, sendo que o maior volume de vendas no mercado brasileiro se concentra nas baixas potências. Geralmente, o cliente que paga mais caro pelo trator não se importa em pagar a mais pela transmissão, já aquele que compra um trator mais barato não quer um custo maior. Assim, a transmissão dos tratores utilizados no Brasil pode ser dividida da forma apresentada na Figura 1, na qual a transmissão

mecânica é predominante nos tratores de menor potência e a hidrostática nos de maior.

2.1.1 Marcha e gama em tratores

Nos tratores existem pelo menos duas alavancas que controlam a transmissão, a de marchas e a de gamas. As gamas são engrenagens posicionadas no eixo de saída que aumentam ou reduzem a relação de transmissão de acordo com a necessidade do operador. Em uma gama alta, mais velocidade e menos torque se obtém e em uma gama baixa, menos velocidade e mais torque é gerado.

O sistema de gamas também é conhecido por multiplicador, já que multiplica o número de relações de transmissão possíveis. Um trator com quatro marchas para frente, duas para trás e com duas gamas, na realidade possui oito relações de transmissão para frente e duas para trás (ré). Quando a gama baixa está acoplada o eixo de saída se desconecta do contra-eixo principal exigindo que a força desvie pelo contra-eixo secundário, localizado na parte superior da transmissão. O engate da quarta marcha permite que a força passe diretamente do eixo principal para o contra-eixo secundário e, em seguida, para o eixo de saída (Figura 2). Quando a gama alta é selecionada a gama alta o contra-eixo principal e o eixo de saída formam um único eixo que transmite a força para o eixo traseiro a uma rotação que depende da marcha acoplada (Figura 3) (CNH, 2009).

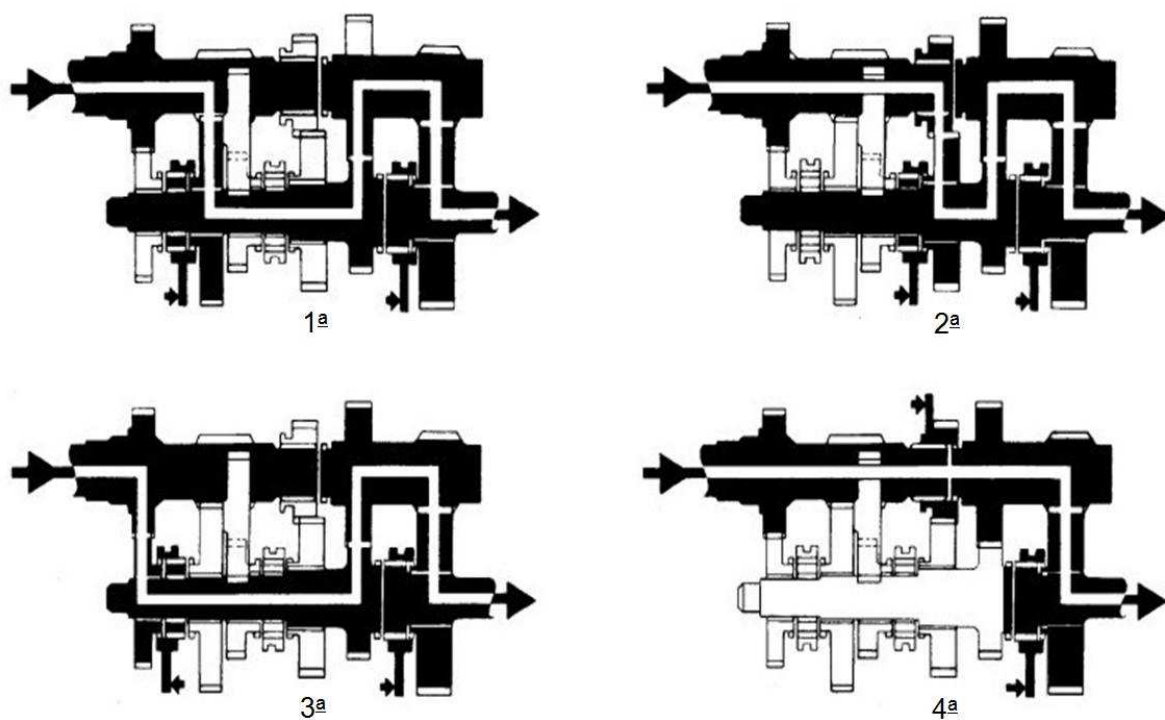


Figura 2 - Caminho da força para uma transmissão 8x2 em gama baixa
Fonte: CNH (2009).

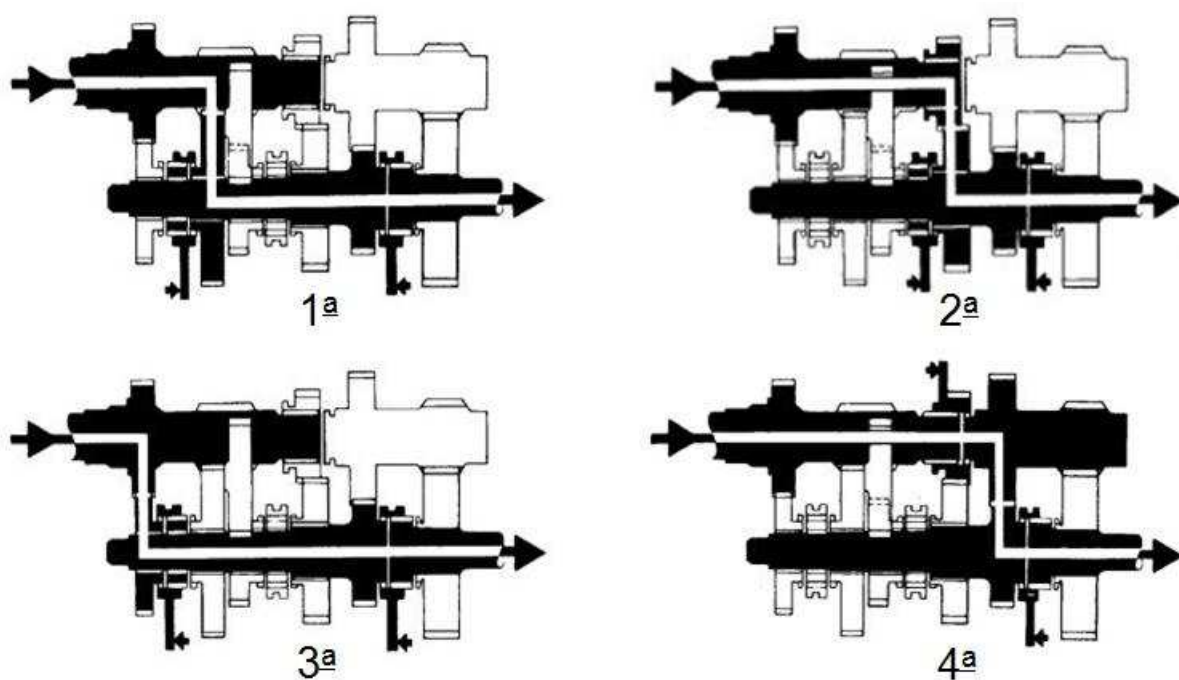


Figura 3 - Caminho da força para uma transmissão 8x2 em gama alta
Fonte: CNH (2009).

2.1.2 Transmissão mecânica

2.1.2.1 Engrenagem deslizante

Nas caixas de engrenagens deslizantes, Figura 4, os trens de engrenagens deslocam-se lateralmente, mantendo-se solidários com o seu veio, ao movimento de rotação. Para mudar a relação de transmissão é necessário que o par de engrenagens a engrenar esteja com a mesma velocidade tangencial. Quando um trator desembreia, apenas o par de engrenagens que estava engrenado continua com a mesma velocidade. Portanto, para selecionar uma relação de transmissão mais baixa ou mais alta, deve-se aumentar ou diminuir o regime do motor afim de sincronizar as velocidades das engrenagens a serem engrenadas. A operação desse tipo em transmissão requer prática do operador. Assim, o usual é fazer a troca de marcha com o trator parado. Esta caixa é popularmente conhecida como “caixa seca”(CNH, 2009).

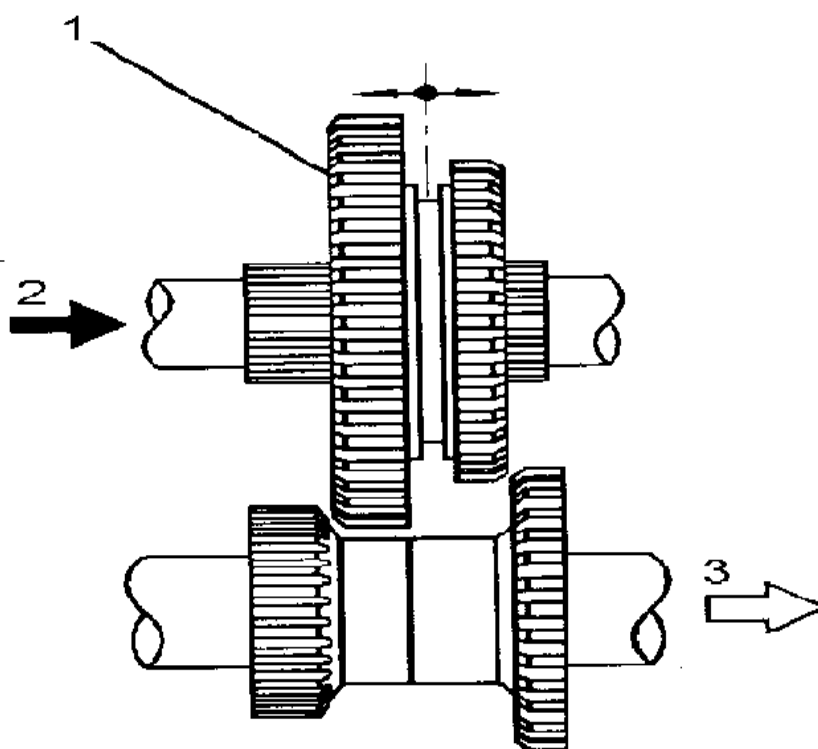


Figura 4– Representação de um par de engrenagens deslizantes. 1 – Engrenagens deslizantes; 2 – Veio primário; 3 - Veio secundário.

Fonte: LECHNER; NAUNHERIMER (1999)

2.1.2.2 Sincronizada

A Figura 5 mostra uma transmissão do tipo sincronizada em que os trens condutores estão permanentemente engrenados e giram livremente sobre os seus eixos. O engrenamento é possibilitado por mangas deslizantes e por dispositivos sincronizadores. Tais sincronizadores consistem em cones de fricção, macho e fêmeas que, quando se põem em contato, diminuem ou aumentam a velocidade da engrenagem livre até a igualar a do veio onde está montada. E somente depois permite sincronizar a rotação do veio e da engrenagem (a fixação de ambos é feita através de dentes laterais).

Em tratores agrícolas é bastante relevante um número alto de relações de transmissão para poder se adequar a cada condição de trabalho em termos de tração e velocidade. Assim, os tratores têm pelo menos uma caixa de pré-seleção, com uma alavanca de seleção própria, que permite ter uma gama de velocidades baixas e uma alta, multiplicando-se assim por dois o número de velocidades da caixa principal (LECHNER; NAUNHEIMER, 1999).

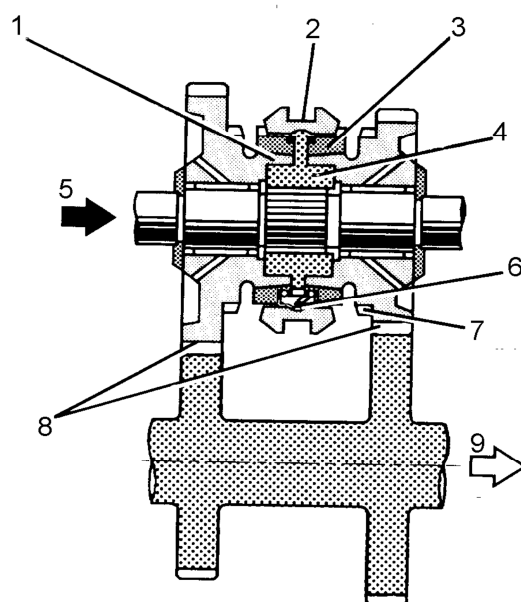


Figura 5 - Representação de um sincronizador. 1 – Cone de sincronização; 2 – Manga deslizante; 3 – Ligação cônica intermediária; 4 – Núcleo deslizante; 5 – Veio primário; 6 – Trinco; 7 – Dente de transmissão; 8 – Engrenagens livres; 9 – Veio secundário.

Fonte: LECHNER; NAUNHERIMER (1999)

2.1.3 Transmissão hidrostática

A transmissão hidrostática é baseada em pacotes de discos que, juntamente com embreagens, direcionam o movimento de um eixo a outro de acordo com um comando hidráulico acionado pelo operador ou automaticamente (Figura 6). Esse tipo de sistema possibilita a variação de velocidade de acordo com o torque, sem necessidade de parada do trator (RIBAS *et al.*, 2010).

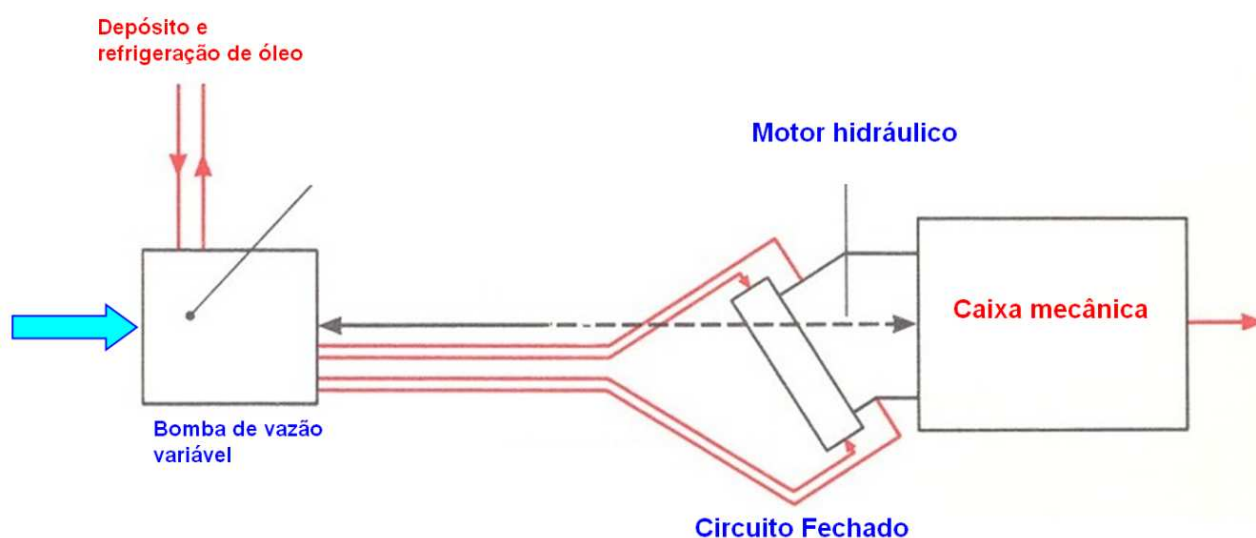


Figura 6 - Esquema da transmissão hidrostática

Fonte: Adaptado de Márquez (2010).

Geralmente a transmissão do tipo hidrostática opera com uma bomba variável e pelo menos um motor constante ou variável em um circuito fechado. Um motor variável pode melhorar a eficiência para altas rotações (RENIUS, 2005). A figura 7 mostra o circuito hidráulico de uma transmissão hidrostática. A bomba de carga (3) com a válvula de segurança (4) estão sempre alimentando o tubo de baixa pressão que passa pelo filtro (5) e pela válvula de checagem (6). O fluxo excedente deixa os tubos de baixa pressão pela válvula de descarga (7) chegando ao tanque de óleo através da válvula de alívio de pressão (8).

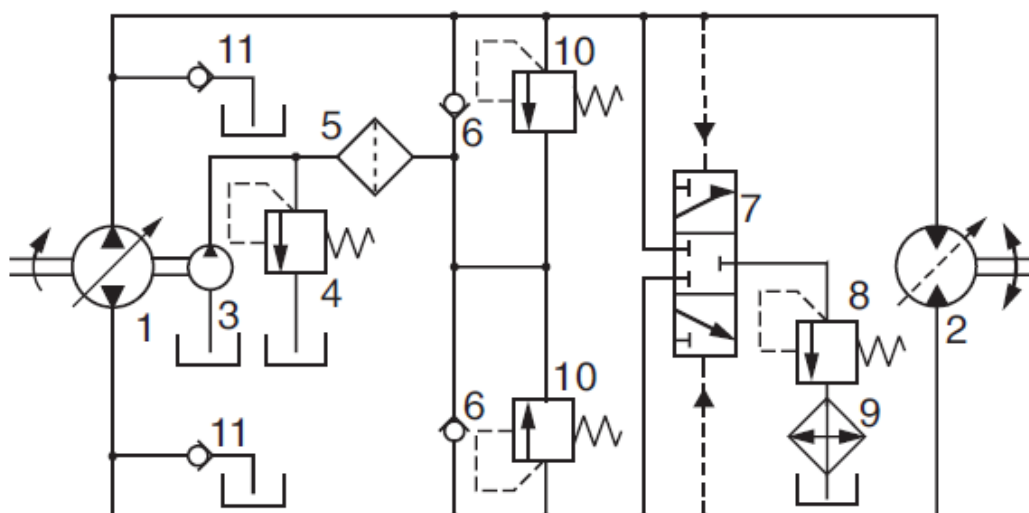


Figura 7 – Circuito de uma transmissão hidrostática. Simbologia ISO 1219-1.

1 bomba hidrostática; 2 motor hidrostático; 3 bomba de carga; 4 válvula de segurança; 5 filtro de óleo; 6 válvula de checagem; 7 válvula de descarga; 8 válvula de alívio; 9 resfriador; 10 válvula de alívio; 11 válvula de checagem

Fonte: Renius (2005).

Todo esse sistema é frequentemente utilizado para o controle da transmissão além de controlar a temperatura e contaminação do fluido, suportar vazamentos e permitir altas rotações na bomba (RENIUS, 2005).

As transmissões hidrostáticas têm uma eficiência relativamente baixa, 80% em média (RENIUS, 2005), porém utilizando este conceito em conjunto com uma transmissão mecânica a eficiência tem valores mais atraentes.

2.1.4 Transmissão hidrodinâmica

A transmissão hidrodinâmica se baseia no princípio da transferência de potência através da energia cinética de um fluido hidráulico. Essa transmissão é a menos utilizada no Brasil devido à alta demanda de esforço dos equipamentos (máquina e implementos). Para operações nas quais há uma maior exigência de torque e potência, esse sistema tem a sua eficiência reduzida, já que altos esforços provocam a parada da máquina (RIBAS *et al.*, 2010).

2.1.5 Transmissão automática

Estas caixas permitem a mudança de relação de transmissão sem desembrear, isto é, o eixo de entrada continua solidário à rotação do motor. Ela não interrompe a transmissão de potência, uma verdadeira troca de relação de transmissão sob potência. Os tratores que usam esse tipo de transmissão podem escolher a velocidade e a tração que melhor se ajusta ao trabalho realizado, sem interromper a cadeia de transmissão (NAUNHEIMER, 2011).

As transmissões automáticas tipicamente usadas em tratores podem ser classificadas como “*Semi Power Shift*” e “*Full Power Shift*” de acordo com o grau de automatização das função: troca da relação de transmissão. Essa troca pode ser feita manualmente (apenas com o uso de uma alavanca, sem precisar acionar uma embreagem) no caso da “*Semi Power Shift*” ou totalmente automatizada para a “*Full Power Shift*”(LECHNER;NAUNHEIMER, 1999)..

As transmissões que usam o princípio “*Power Shift*” têm como principais vantagens: uma redução do estresse do condutor; uma troca mais rápida de marcha; uma troca mais “inteligente” de relação de transmissão, gerando uma economia de combustível; ótima eficiência em operações de campo (operação de arado, por exemplo);(LECHNER;NAUNHEIMER, 1999).

A figura 8 mostra o *design* de um exemplo de uma transmissão “*Full Power Shift*” da Mercedes – Benze seus principais componentes (trata-se de uma transmissão para caminhões pesados, porém tem o mesmo princípio de funcionamento da “*Full Power shift*” para tratores). Enquanto a figura 9 mostra o fluxo de força, que é desenvolvido sem interrupção da potência vinda do motor.

De acordo com Figura 8, quando a troca de marcha é feita de uma relação de transmissão mais lenta para uma mais rápida, o ajuste da velocidade é feita por um freio ativado por um sistema de freio eletropneumático (4) que aciona o eixo de transmissão intermediária (3). Já quando é feita uma redução da marcha, antes da engrenagem ser desengrenada, o processo de sincronização na caixa de transmissão principal (II) é realizada por um aumento de velocidade do motor com veículo com a embreagem fechada e com o grupo desmultiplicador (III) engatado.

O grupo desmultiplicador (I) e o grupo redutor (III) são cada um ativado por um cilindro atuador separado. O grupo redutor é controlado pelo cilindro atuador pneumático (8). Neste local, a haste do cilindro (9) aciona a luva deslizante (11) da engrenagem planetária (5) através do garfo (10). Enquanto as três luvas deslizantes (12, 13, 14) do grupo de transmissão principal (II) são ativadas pelos seus correspondentes garfos (15, 16, 17) com o auxílio de um eixo seletor (18). Este eixo seletor pode ter um movimento de rotação para o processo mudança de marcha e um movimento axial para a seleção do engrenamento, tudo isso também por sistemas pneumáticos.

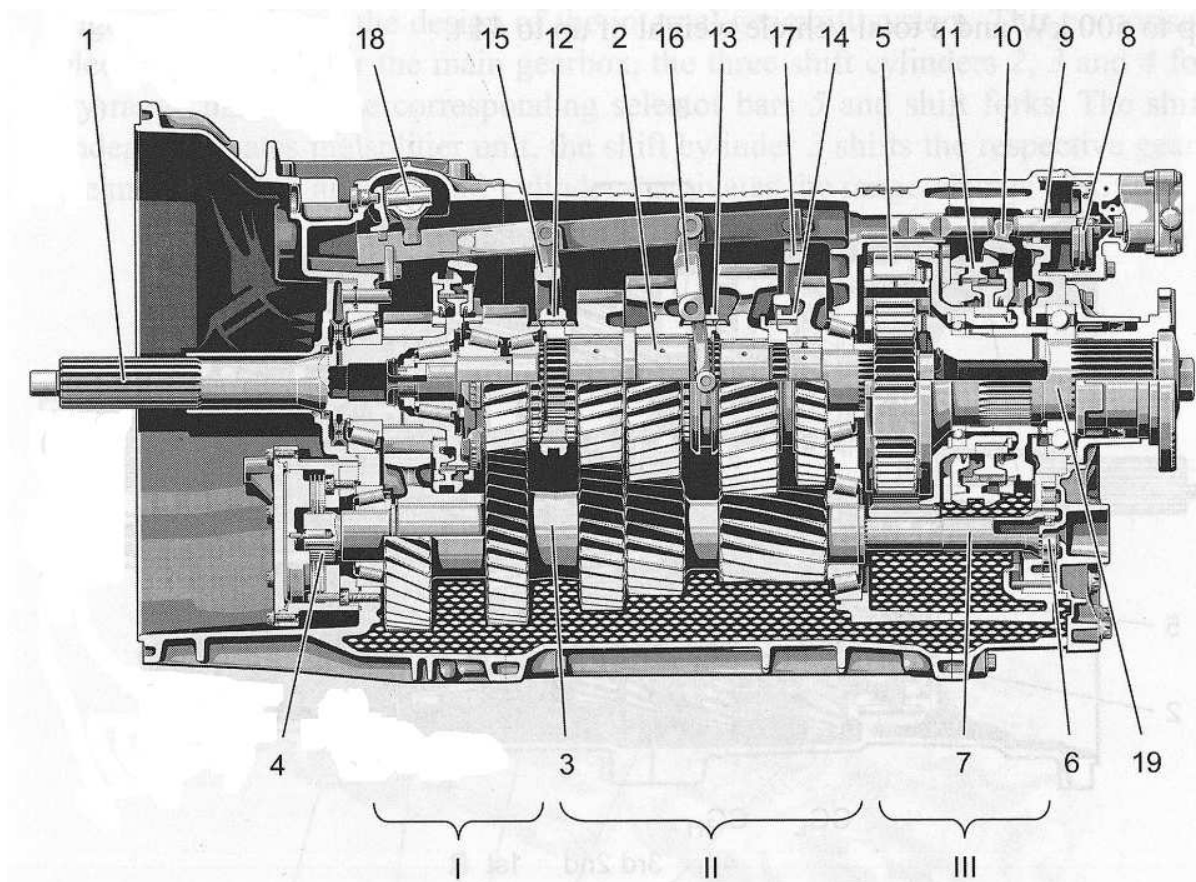


Figura 8 - Transmissão "Full Power Shift". I grupo desmultiplicador; II transmissão principal; III grupo redutor; 1 eixo de entrada; 2 eixo principal; 3 eixo intermediário; 4 freio do eixo intermediário; 5 engrenagem planetária; 6 bomba de óleo; 7 eixo da bomba de óleo; 8 cilindro atuador pneumático; 9 haste do cilindro; 10 garfo; 11 luva deslizante; 12/13/14 luvas deslizantes da transmissão principal; 15/16/17 garfos da transmissão principal; 18 eixo seletor; 19 eixo de saída.

Fonte: NAUNHEIMER (2011).

A inteligência requerida para o processo de troca de marcha (interação do veículo e embreagem, ativação das luvas deslizantes, controle do freio do eixo intermediário, etc.) é responsabilidade da unidade eletrônica de controle da transmissão. O comando da transmissão funciona baseado no comportamento do condutor (posição do pedal do acelerador) e de acordo com a situação da condução, estes dados são enviados da unidade de controle do veículo para a unidade eletrônica de controle da transmissão. Além disso, durante a troca de marcha, a velocidade do eixo intermediário e do eixo de saída e as posições dos atuadores pneumáticos são monitoradas por sensores que enviam as informações para a unidade eletrônica de controle da transmissão.

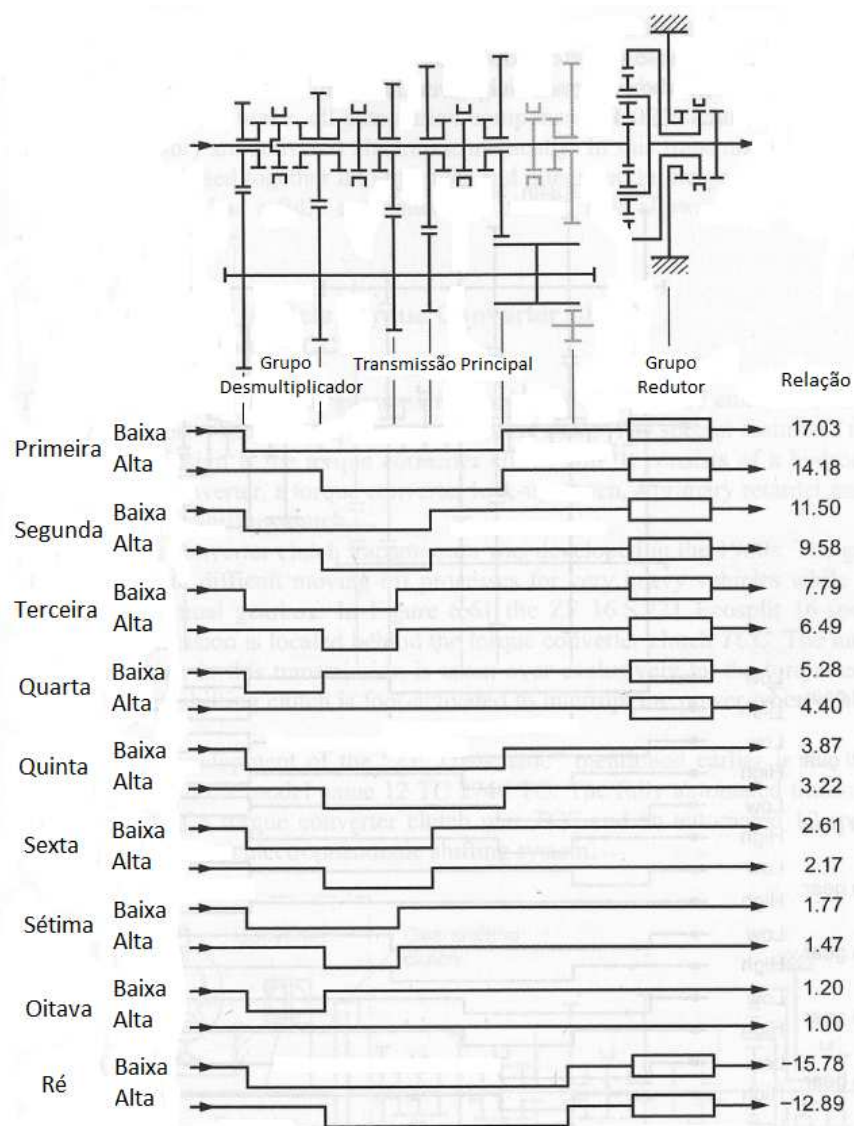


Figura 9 – Diagrama do fluxo de força de uma transmissão automática “Full Power Shift”

Fonte: NAUNHEIMER (2011).

2.1.6 Transmissão CVT

O tipo mais comum de CVT funciona com um sistema de polias que possibilita a variação contínua da relação de transmissão. Para tornar esse tipo de tecnologia mais confiável e eficiente, vem sendo utilizado um sistema de correias metálicas (figura 10) para unir as polias. A transmissão CVT do tipo toroidal também está entre as mais conhecidas, especialmente para veículos de passeio (NAUNHEIMER, 2011).

Nas máquinas com CVT, a mudança de marcha é feita de forma "suave" e discreta, ou seja, o operador apenas sente uma leve aceleração. Esse tipo de transmissão causa menos fadiga ao motor e é mais confiável. Além disso, o CVT melhora a eficiência e desempenho da máquina. Com a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** é possível perceber a boa eficiência de alguns tipos de transmissões CVT (LANG, 2000).

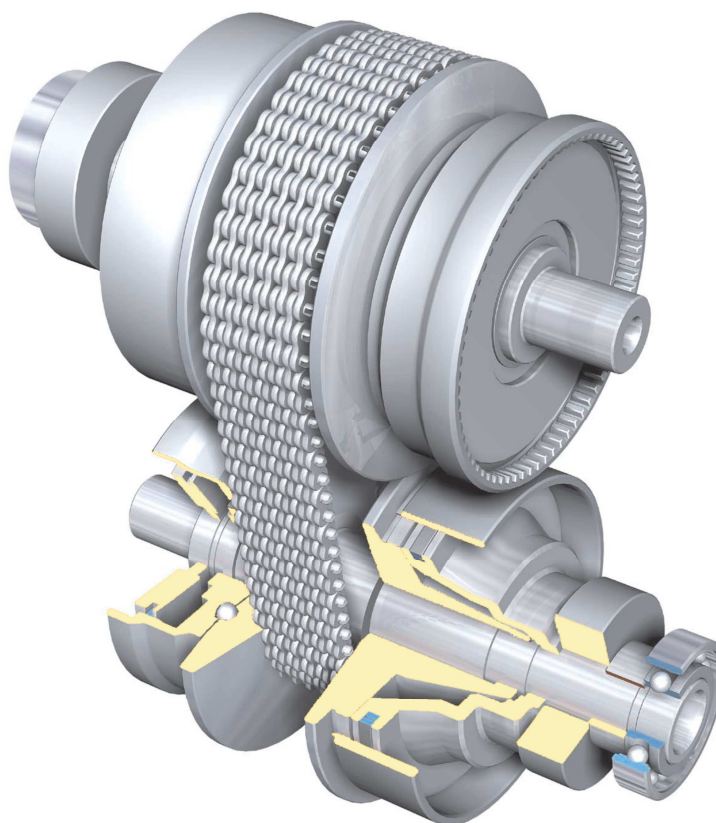


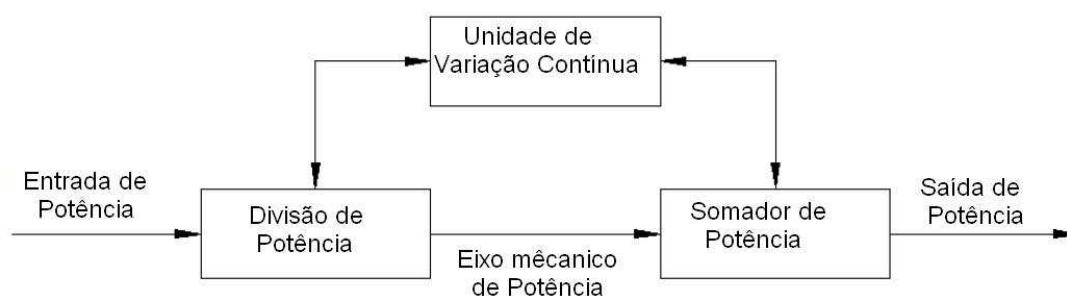
Figura 10 – CVT com correia metálica.
Fonte: Renius (2005).

Tabela 1 - Eficiência de alguns tipos de CVT

Mecanismo CVT	Varição de eficiência
Correia de borracha	90% - 95%
Correia de aço	90% - 97%
Toroidal	70% - 94%
Geometria variável	75% - 96%

Fonte: Adaptado de Lang (2000)

Outro tipo de transmissão continuamente variável é a hidrostática. Esse sistema é muito utilizado em máquinas de alta potência e torque, como caminhões e tratores (HARRIS, 2007). Essa CVT funciona através do princípio da divisão de potência. A energia de entrada é convertida em mecânica e hidrostática e, então, é convertida novamente, antes da saída, em energia mecânica (figura 11).

**Figura 11 - CVT divisor de potência.**

Fonte: Adaptado de Chengyan (2010).

A ideia principal é dividir a potência de entrada em duas partes, uma parte da potência é enviada para um caminho hidrostático de relação variável, e a parte restante para um caminho mecânico de relação constante e com uma alta eficiência.

Em seguida, as duas partes de potência são em uma engrenagem planetária (Figura 12). Para uma determinada velocidade de entrada, duas velocidades são adicionadas na engrenagem planetária somatória de potência, uma constante e outra variável. Dessa maneira, a velocidade de saída também é variável.

Assumindo uma divisão de potência com 70% de transmissão mecânica, 30% de transmissão hidrostática e que a transmissão mecânica tenha uma eficiência de 95% enquanto a transmissão hidrostática 80%. A eficiência total do sistema seria: $0.7 \times 0.95 + 0.3 \times 0.8 = 0.905 = 90.5\%$ (RENIUS, 2005).

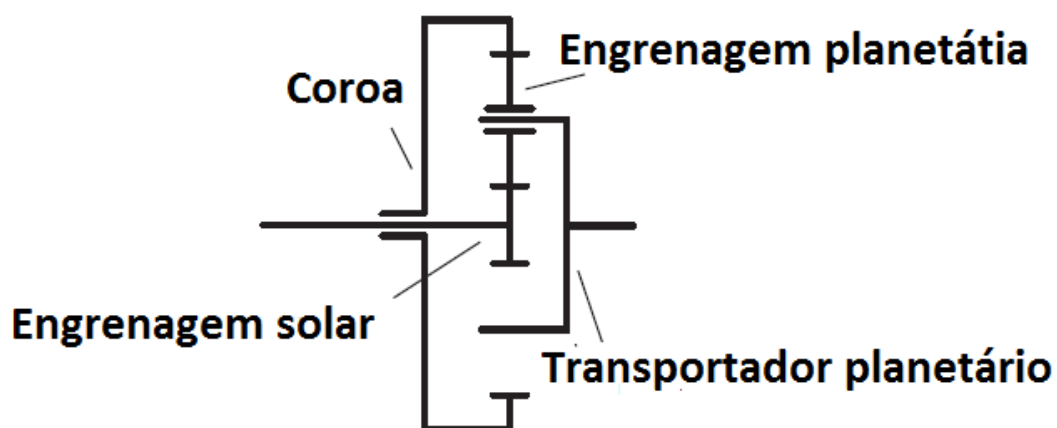


Figura 12 – Planetário somatório de potência.

Fonte: Renius (2005).

Para esse tipo de CVT existem dois modelos, um possui acoplamento na entrada (Figura 13) e o outro, na saída (Figura 14). Ambos os tipos têm o que se chama de ponto de fechamento no qual a divisão de potência se torna puramente mecânica. Esse é ponto limitador do sistema, porém se a transmissão possuir outros acoplamentos (troca de marchas) possíveis, o mecanismo muda a marcha para atingir maiores velocidades. O escalonamento de marchas das transmissões mecânicas não acontece, pois o sistema hidráulico divide a capacidade de transmissão, fazendo com que a mudança seja contínua (Figura 15).

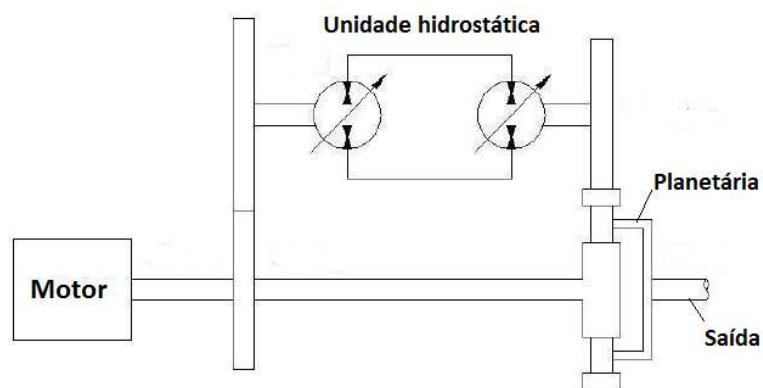


Figura 13 – Modelo de acoplamento na entrada
Fonte: Adaptado de CHENGYAN (2010).

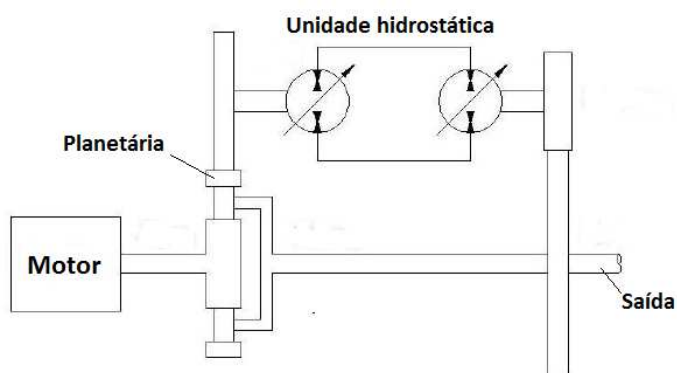


Figura 14 – Modelo de acoplamento na saída
Fonte: Adaptado de CHENGYAN (2010).



Figura 15 - Gráfico de Força x Velocidade na CVT
Fonte: Adaptado de Chengyan (2010).

No modelo com acoplamento na entrada, a engrenagem solar e a bomba hidráulica são movidas pelo motor. O motor hidráulico move a coroa do planetário. O torque é dividido em duas partes e transmitido pelos dois caminhos, hidráulico e mecânico. A velocidade do eixo de saída é a soma dos dois caminhos. No começo da operação, a bomba está com deslocamento zero, enquanto o motor está com deslocamento máximo. A potência nesse ponto é transmitida totalmente pelo caminho mecânico. O deslocamento da bomba aumenta na direção positiva, ao mesmo tempo em que a participação da transmissão hidrostática aumenta, a velocidade de saída também sobe, ou seja, a potência hidráulica transmitida é adicionada a mecânica.

No modelo com acoplamento na saída, a unidade hidráulica é colocada no eixo de saída. O motor move a engrenagem solar do planetário e a coroa move a bomba hidráulica. O motor hidráulico adiciona torque no eixo de saída. No começo da operação, a unidade hidrostática ao lado do motor possui um deslocamento zero, enquanto a que se encontra na saída, está com deslocamento máximo. Nesse momento a potência é transmitida totalmente pelo caminho mecânico. Logo em seguida a unidade hidrostática do motor aumenta o deslocamento positivo, aumentando a participação da transmissão hidráulica e, conseqüentemente, a velocidade de saída (CHENGYAN, 2010).

Na Figura 16 está esquematizada uma transmissão continuamente variável hidrodinâmica, utilizada em tratores, do tipo *Fendt Vario* (NAUNHEIMER, 2011). O acoplamento acontece na entrada e o sistema possui duas bombas hidráulicas que garantem um melhor desempenho, pois há mais força para rotacionar o eixo. Na Figura 17 está separada a transmissão mecânica da hidrostática para haver um melhor entendimento, já que os sistemas funcionam em conjunto.

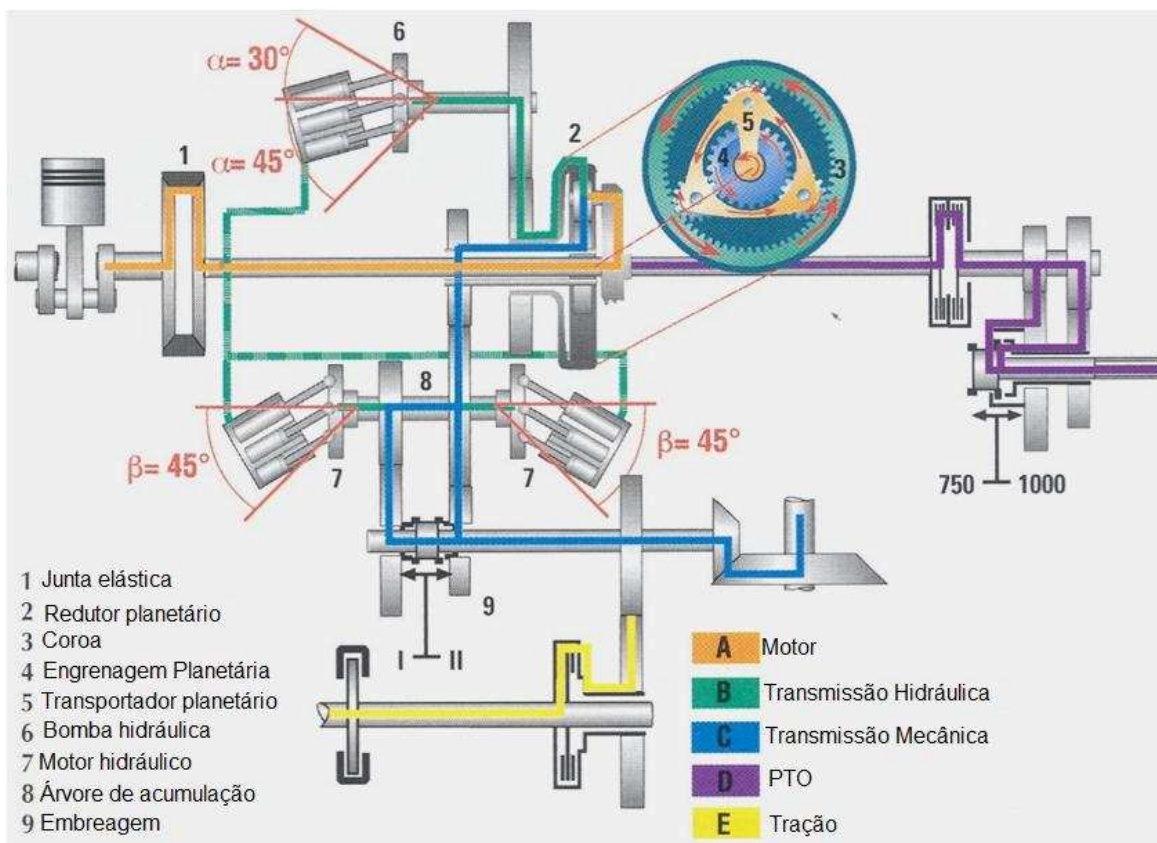


Figura 16 - CVT hidrostática.
 Fonte: Adaptado de Márquez (2010).

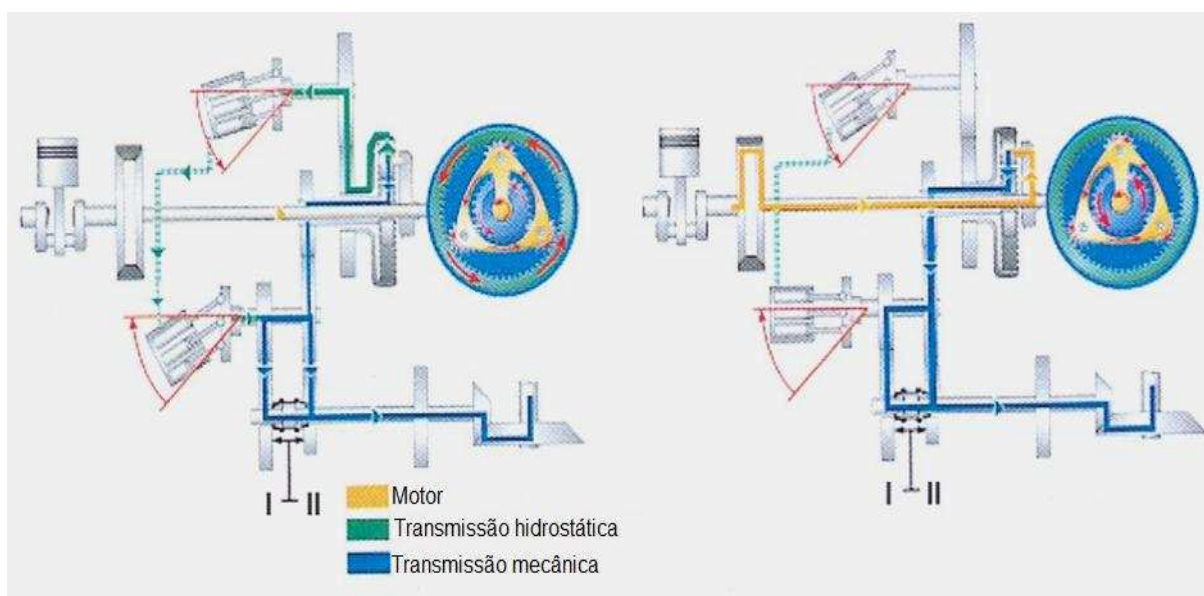


Figura 17 - CVT hidrostática: transmissão mecânica e hidrostática.
 Fonte: Adaptado de Márquez (2010).

A transmissão CVT hidrostática em análise neste trabalho é do tipo hidráulica *Steyr S-Matic* (Figura 18), que é utilizada em tratores *Steyr* e *Case New Holland*. Esta transmissão trabalha com uma unidade hidrostática e um sistema mecânico constituído por um redutor planetário somatório de potência, seguido por duas engrenagens planetárias simples e uma planetária para inversão de rotação (RENIUS, 2005). Ela tem um conceito de funcionamento muito semelhante ao da *Fendt Vario*.

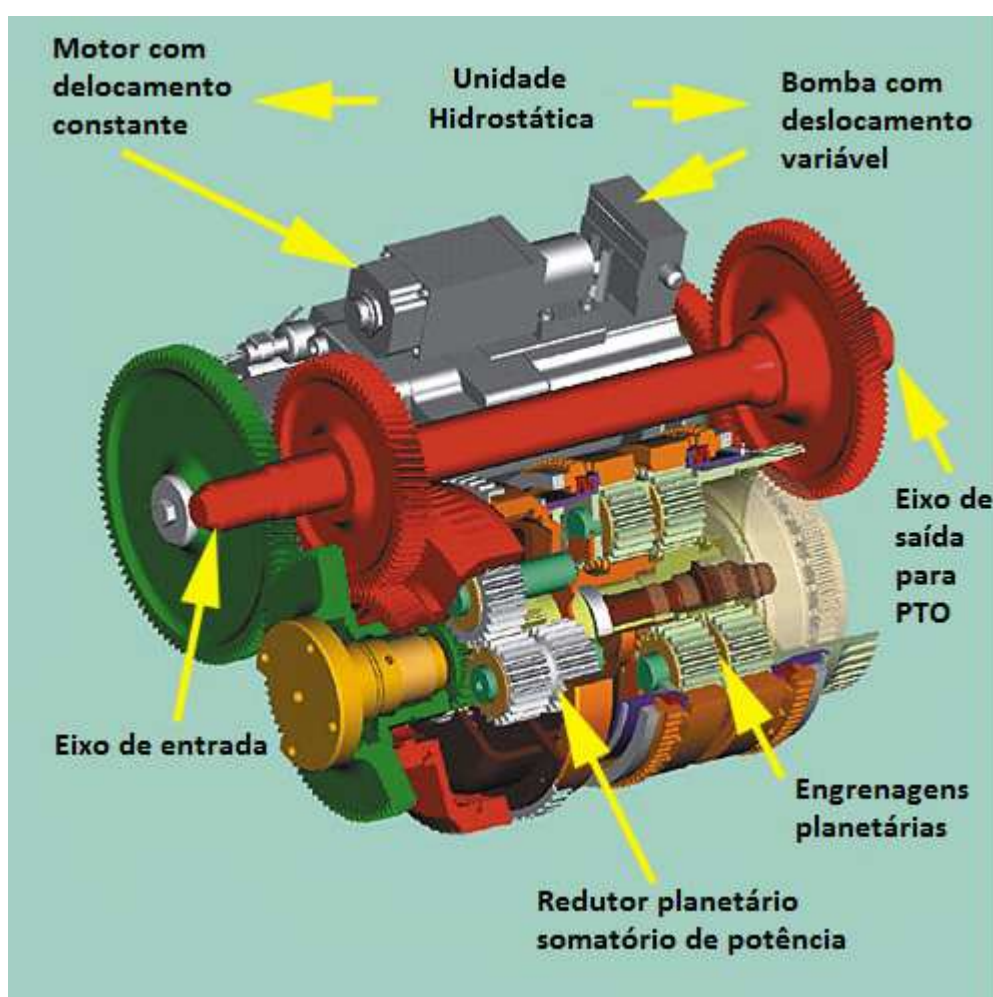


Figura 18 – CVT hidrostática: transmissão mecânica e hidrostática.

Fonte: Adaptado de Aitzetmüller (2000).

A figura 19 mostra de maneira esquemática os componentes principais da transmissão para o entendimento de seu funcionamento.

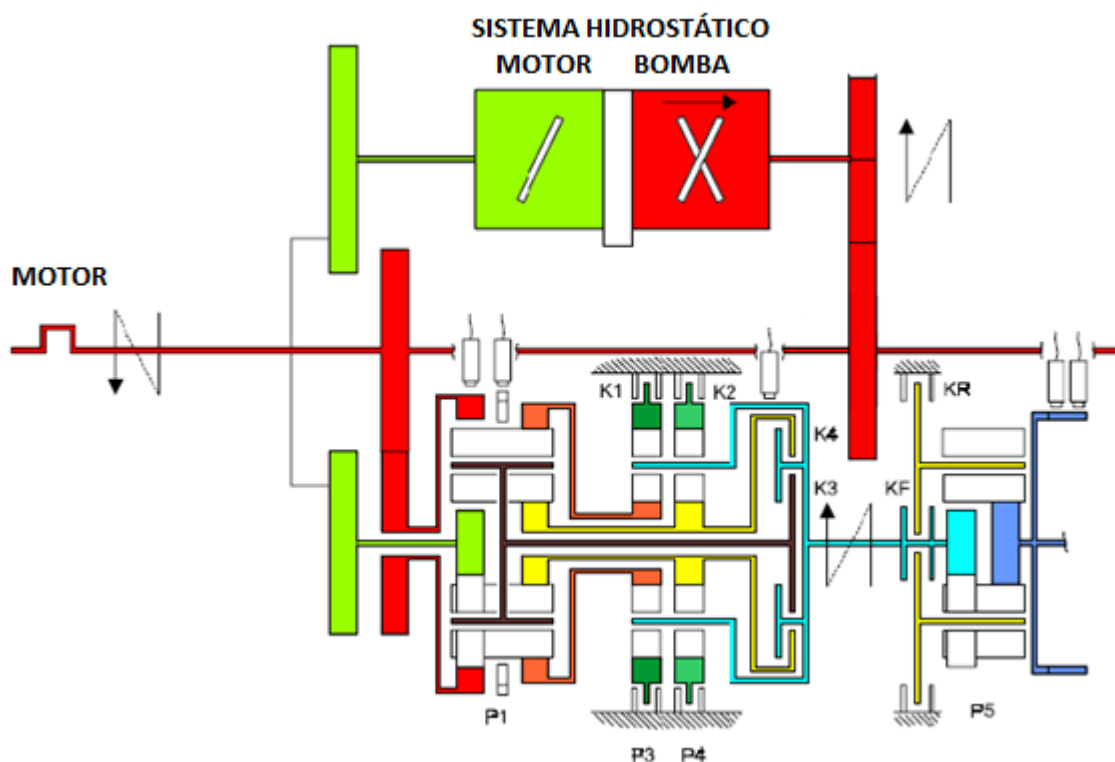


Figura 19 – Esquema do funcionamento da transmissão CVT S-Matic.
Fonte: Adaptado de Aitzetmüller (2000).

O eixo de entrada aciona a engrenagem planetária P1 e ao mesmo tempo também aciona uma bomba hidráulica de disco oscilante. Um motor hidráulico é acionado pelo fluxo de óleo gerado pela bomba. Devido à variação do ângulo do disco oscilante da bomba, o sentido e a velocidade de rotação desse motor pode ser continuamente variável. A engrenagem na saída do eixo do motor hidrostático é engrenada com uma engrenagem conectada a engrenagem solar do redutor planetário P1. Nesse redutor planetário ocorre a soma da potência mecânica (coroa) com a potência de origem hidrostática (engrenagem solar).

O princípio de funcionamento do somatório de potência no redutor planetário pode ser visto na figura 11. Assumindo uma rotação constante do motor.

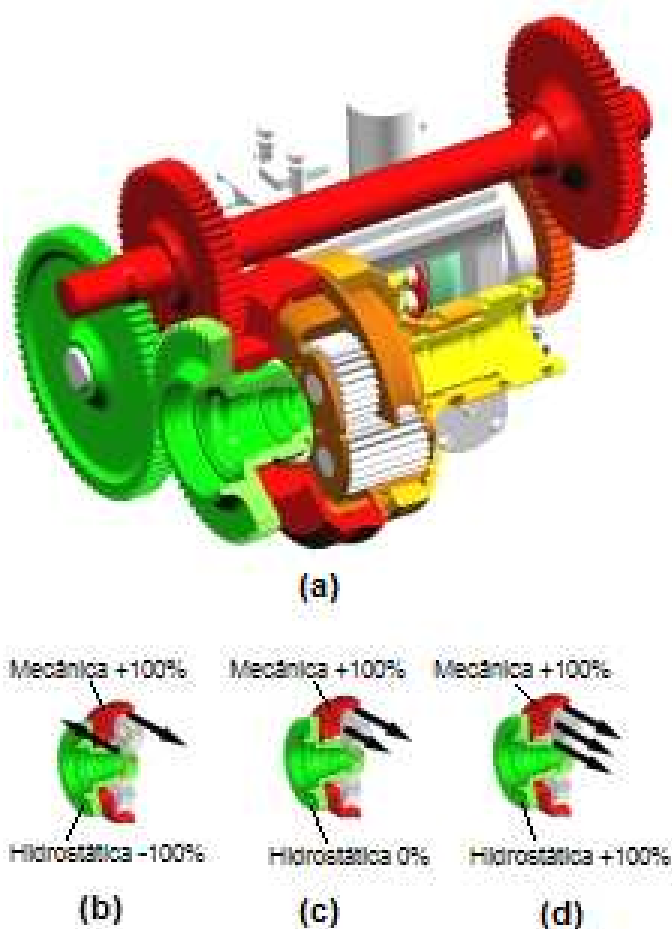


Figura 20 – Princípio do funcionamento do somatório de potência no redutor planetário. Fonte: Adaptado de Aitzetmüller (2000).

A coroa movimentada pela engrenagem do eixo de entrada tem uma rotação de velocidade constante. E a velocidade da engrenagem solar varia dependendo do ângulo do disco oscilante da bomba hidráulica. Na Figura 20 (b) a engrenagem solar gira em direção oposta à coroa. A rotação da engrenagem solar é ajustada para compensar a rotação da coroa. Nessa condição a velocidade de rotação do transportador planetário é nula. Então, a saída do sistema pode ter uma velocidade zero, embora os componentes do sistema estejam girando em altas velocidades. Este estado neutro permite manter o veículo parado mesmo em declives sem a necessidade de ativar os freios.

Além disso, o veículo pode ser acelerado suavemente com um mínimo de efeitos dinâmicos no sistema de transmissão, pela variação da velocidade da engrenagem solar.

Através da variação da velocidade de saída do motor hidrostático da máxima rotação, no sentido oposto, para a mesma velocidade e sentido de rotação da coroa, a velocidade do transportador planetário aumenta continuamente de zero até a rotação máxima de saída.

Caso a velocidade da engrenagem solar for nula (Figura 20 (c)), a potência transmitida é exclusivamente mecânica. Nessa condição, a transmissão opera com a máxima eficiência. Pois as perdas geradas pelo sistema hidrostático acabam sendo reduzidas.

Quando a velocidade da engrenagem planetária igualar a velocidade da coroa, todo o redutor planetário rotaciona em um estado bloqueado (Figura 20 (d)).

Para atender de maneira suficiente todas as relações de transmissão e para manter a parte da potência de origem hidrostática em níveis mínimos, quatro arranjos mecânicos são montados no eixo de saída do redutor planetário. Tais arranjos, que também são redutores planetários, são selecionados por “dog clutches” (figura 26). Estes alcançam o sincronismo da velocidade quando o disco oscilante da bomba hidrostática alcançam um ângulo, positivo ou negativo, máximo.

Varição 1: O torque é transferido da coroa do redutor planetário P1 para a engrenagem planetária P3. Isto ocorre devido à conexão da coroa de P3 com a carcaça ligada a coroa do redutor planetário somatório de potência. Tal conexão é feita pela “dog clutch” K1.

O intervalo de velocidade do veículo com essa variação de transmissão acionada é de zero a oito quilômetros por hora (CHENGYAN, 2010).

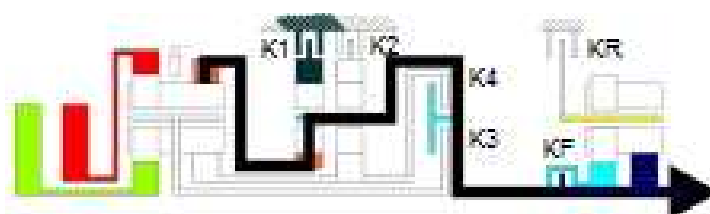


Figura 21 – Variação 1, “dog clutch” K1 selecionado.

Fonte: Aitzetmüller (2000).

Varição 2: Quando o redutor planetário alcança o estado bloqueado, o anel de acoplamento K2 tem sua velocidade sincronizada e assim é acionado. Possibilitando que o torque seja transmitido da engrenagem solar do redutor

planetário somatório de potência para a engrenagem planetária P4. Durante a troca para a próxima variação, ambos os anéis K1 e K2 estão acionados. Porém K1 é desconectado em seguida.

O intervalo de velocidade do veículo com essa variação de transmissão acionada é de oito a quatorze quilômetros por hora (CHENGYAN, 2010).

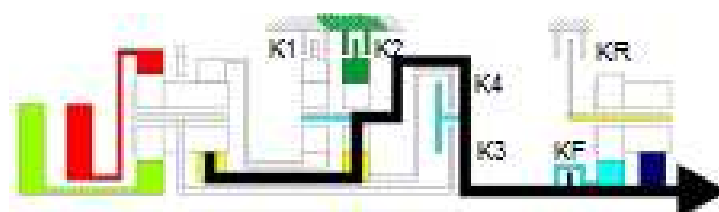


Figura 22 - Variação 2, “dog clutch” K2 selecionado.
Fonte: Aitzetmüller (2000).

Variação 3: O torque é transferido do transportador planetário do redutor planetário somatório de potência diretamente para o eixo de saída através da conexão da “dog clutch” K3. Este é acionado quando a engrenagem solar do redutor planetário somatório de potência girar em uma direção oposta à coroa.

O intervalo de velocidade do veículo com essa variação de transmissão acionada é de quatorze a trinta quilômetros por hora (CHENGYAN, 2010).

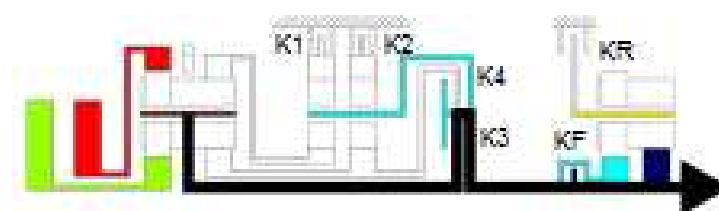


Figura 23 - Variação 3, “dog clutch” K3 selecionado.
Fonte: Aitzetmüller (2000).

Variação 4: O torque é transferido pela conexão da engrenagem solar com o eixo de saída. Isto é feito pela “dog clutch” K4. Esta quarta variação é a que possibilita a máxima velocidade de saída.

O intervalo de velocidade do veículo com essa variação de transmissão acionada é de trinta a cinquenta quilômetros por hora (CHENGYAN, 2010).

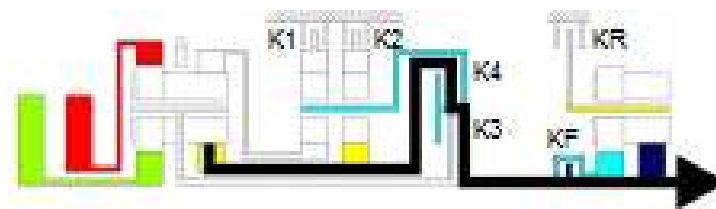


Figura 24 - Variação 4, “dog clutch” K4 selecionado.
Fonte: Aitzetmüller (2000).

Durante todas as variações anteriores o veículo encontra-se em avanço. Nessa condição a “dog clutch” KF está sempre conectado. Para a inversão da rotação (marcha ré) é ativado a “dog clutch” KR.

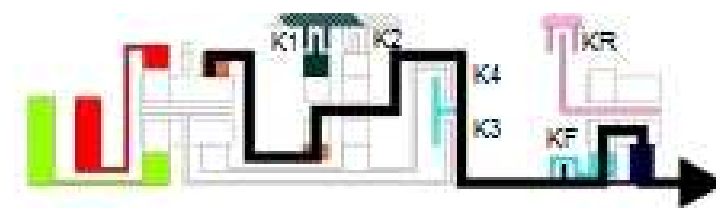


Figura 25 - Variação para a ré, “dog clutch” KR selecionado.
Fonte: Aitzetmüller (2000).

Todos as “dog clutches” citadas anteriormente (K1, K2, K3, K4, KF e KR) são acionados hidráulicamente. E o uso dos mesmos é justificável por uma melhor eficiência devido redução das perdas por fricção. Além disso, as “dog clutches” não necessitam de qualquer manutenção durante toda a vida da transmissão (Aitzetmüller 2000).

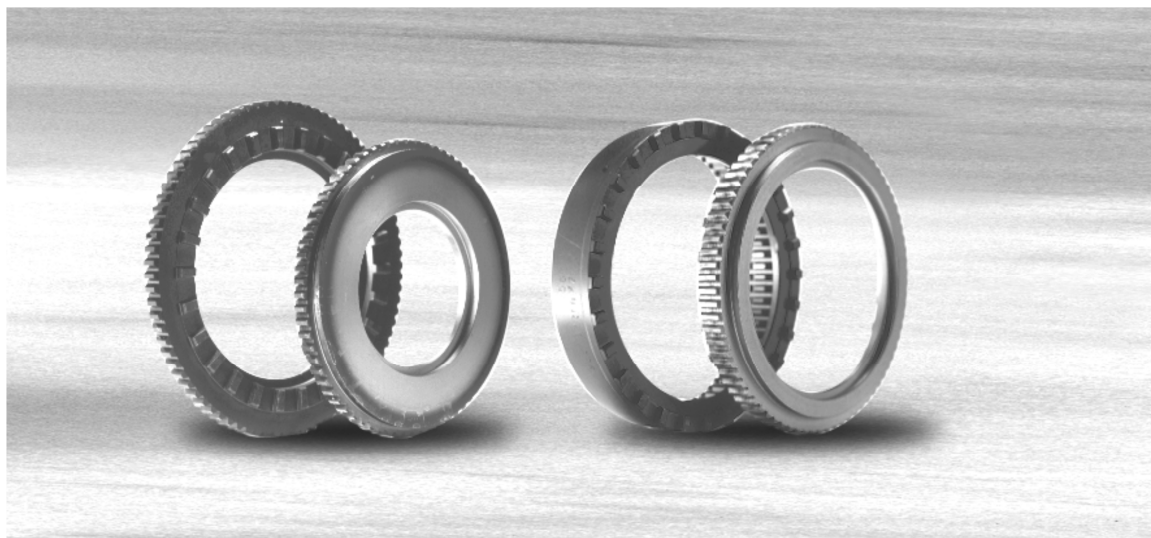


Figura 26 – “Dog clutches”.
Fonte: Aitzetmüller (2000).

Como já comentado, a troca da ativação das “dog clutches” é feita com velocidades sincronizadas. No instante da troca das variações de transmissão, duas “dog clutches” estão acionados ao mesmo tempo. Com a variação do ângulo do disco oscilante da unidade hidrostática, o torque é transferido de uma “dog clutch” para a outra. Após isso, o primeiro anel é desengatado e a relação de transmissão segue variando continuamente com a mudança da velocidade de saída do motor hidrostático.

Devido ao fato de manter a parte da potência hidráulica em níveis baixos durante todas as condições de operação devido às quatro variações mecânicas de transmissão, o sistema apresenta uma ótima eficiência. Como pode ser visto no gráfico de eficiência (Figura 27).

A influência da unidade hidrostática de transmissão pode ser percebida pelos pontos no meio de cada variação de transmissão (picos do gráfico), onde a parte da potência hidrostática transferida é igual a zero. Nesses pontos a transmissão é exclusivamente mecânica.

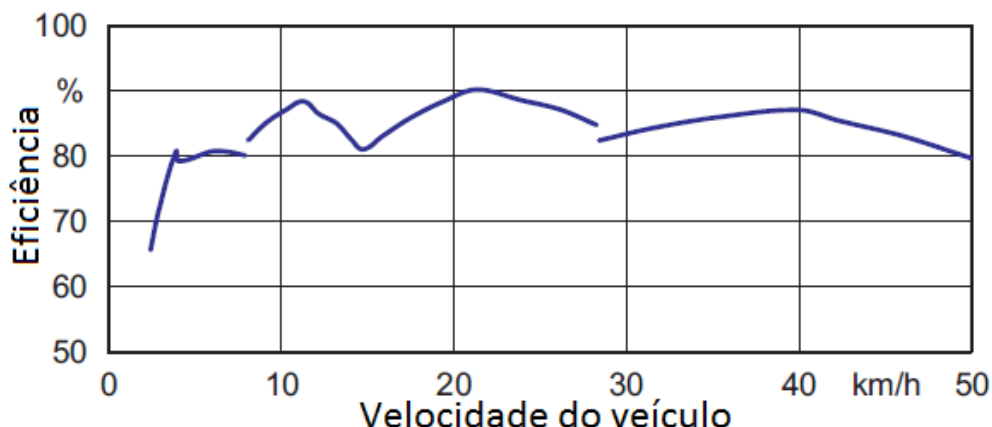


Figura 27 – Eficiência da transmissão CVT S-Matic.

Fonte: Adaptado de Renius (2005).

A transmissão CVT hidrostática tem uma boa aceitação no mercado devido a diversas vantagens, tais como: grande conforto para o operador; não usar engrenamento manual; a velocidade de rotação do motor pode ser ajustada de forma independente à velocidade do veículo. Isso oferece excelentes condições para o uso de PTO; variação de velocidade contínua; função neutra, sem a necessidade de freios para manter o veículo parado em declives; aceleração suave mesmo sob condições severas; sistema de interrupção de tração em qualquer velocidade; menor nível de ruído (RENIUS, 2005).

2.1.7 Dual Power

O sistema *Dual Power* é um conjunto de engrenagens planetárias comandadas por embreagens com acionamento eletro-hidráulico (válvula de controle). Ele é instalado entre a embreagem e a entrada da transmissão, sendo composto por uma engrenagem solar, três engrenagens planetárias fixadas a um transportador planetário, encaixado em uma engrenagem anular (Figura 28). Sua função é aumentar o torque do trator sem a necessidade de mudança de marchas ou gamas. O sistema reduz a velocidade de deslocamento enquanto multiplica o seu torque.

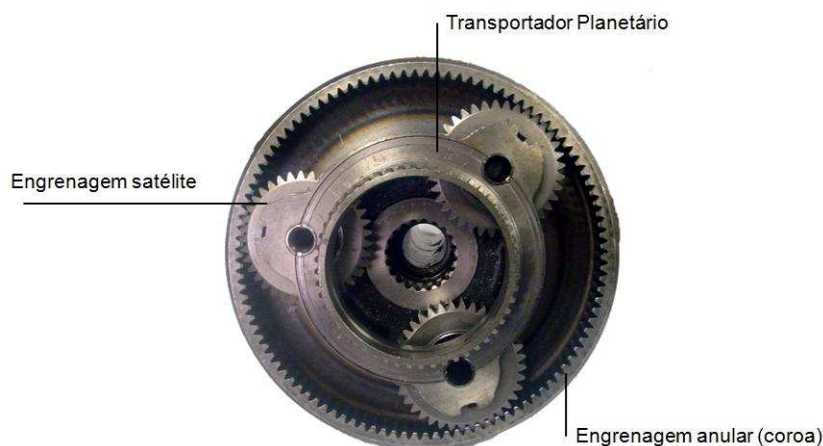


Figura 28 - Engrenagens do Dual Power
Fonte: CNH (2009).

Quando o *Dual Power* está desligado (Figura 29) a embreagem de acionamento tranca a engrenagem solar no transportador planetário. A aplicação da força na coroa faz movimentar o sistema que se comporta como uma simples engrenagem. Durante os trabalhos de campo recomenda-se ligar o *Dual Power* quando for exigido maior torque para a execução da tarefa. Restabelecida a exigência de torque normal, desliga-se o *Dual Power*. Procedendo desta forma, o operador estará aproveitando a reserva de torque.

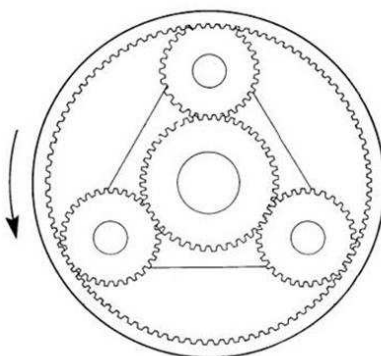


Figura 29 - Dual Power desligado
Fonte: CNH (2009).

Quando o *Dual Power* está ligado (Figura 30), a embreagem de acionamento tranca a engrenagem solar no alojamento planetário. A potência aplicada na coroa força as engrenagens satélite a rodarem sobre seu próprio eixo e em volta da engrenagem solar. O transportador planetário, solidário as engrenagens satélite, gira no mesmo sentido da coroa, mas com menor velocidade e maior torque.

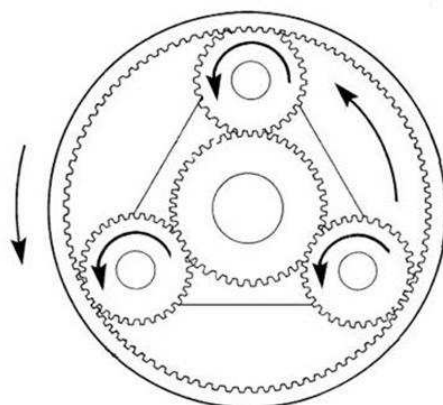


Figura 30 - Dual Power ligado
Fonte: CNH (2009).

2.1.8 *Creeper* ou Super-Redutor

O Conjunto de Caixa de Velocidades de Redução ou *Creeper* é um jogo de engrenagens solares ou epicycloidais montado no eixo de saída da transmissão (Figura 31). O sistema reduz a velocidade de deslocamento do trator e multiplica o torque. Assemelha-se a uma gama extra. A instalação do *Creeper* resulta nas seguintes relações de transmissão:

Transmissão 8 x 2 + *Creeper* (4 x 1) = 12 x 3

Transmissão 8 x 2 + *Creeper* (4 x 1) + *Dual Power* (2x) = 24 x 6



Figura 31 - Montagem do Creeper
Fonte: CNH (2009).

O acionamento do super redutor é mecânico, através da alavanca de gamas. Para as transmissões 8x2 a alavanca de gamas terá quatro posições, são elas: *high*, neutro, *low* e *creeper*. Selecionando-se a posição de neutro ou ponto-morto a luva de acoplamento não engata qualquer componente e o eixo de saída não se move (Figura 32).

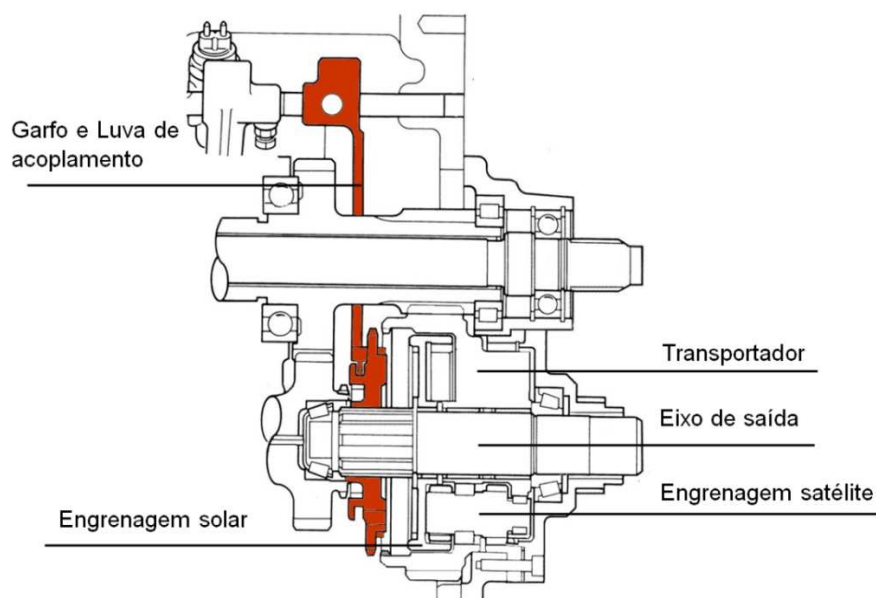


Figura 32 - Creeper na posição neutra
Fonte: CNH (2009).

Quando se engata a gama baixa (*low*), a luva de acoplamento é engrenada ao transportador planetário fazendo com que a energia seja transmitida do contra-eixo secundário para o eixo de saída (Figura 33). Desta maneira, o *creeper* comporta-se como uma simples engrenagem, transferindo a força sem reduzir ou multiplicar o movimento.

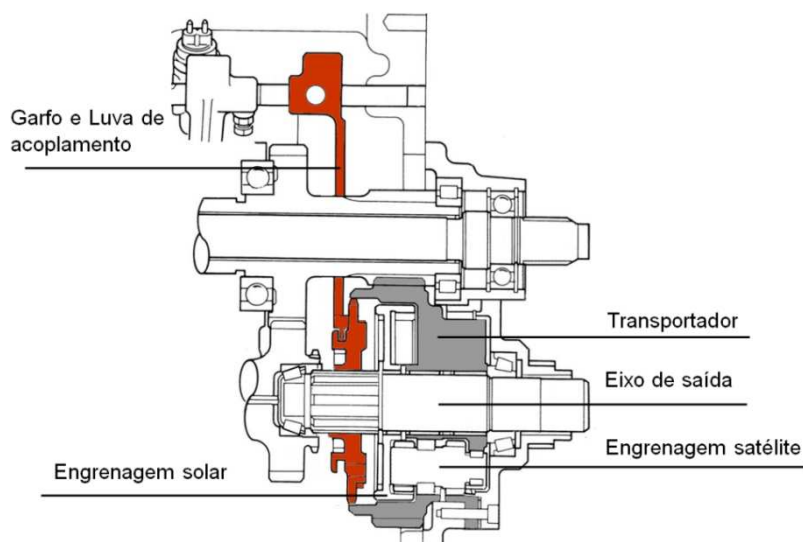


Figura 33 - Creeper na gama baixa

Fonte: CNH (2009).

Na posição super reduzida a luva de acoplamento entra no transportador planetário e engata a engrenagem solar (Figura 34). Os dentes das engrenagens planetárias acionam a engrenagem solar e, conseqüentemente, a velocidade reduzida (CNH, 2009).

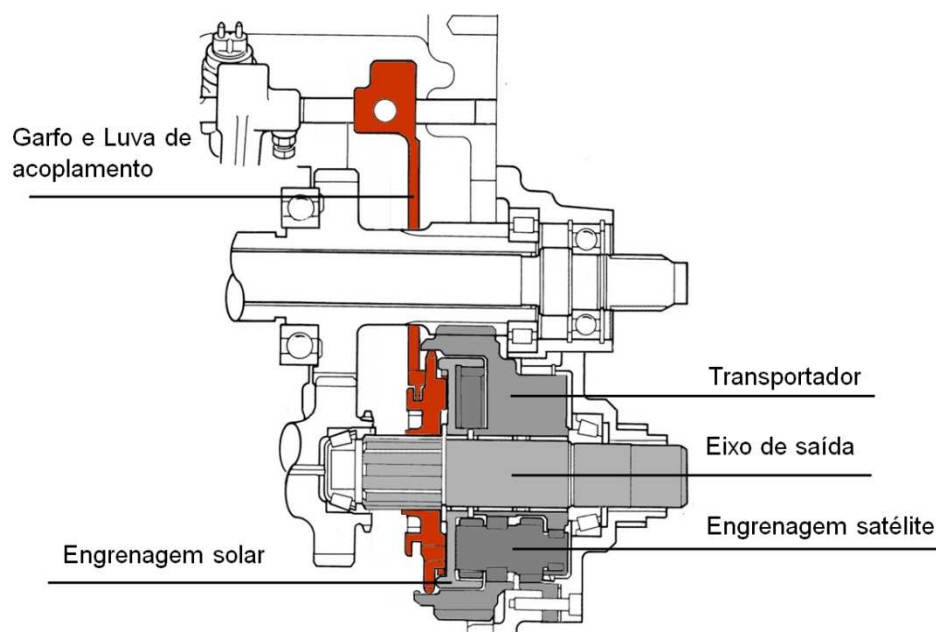


Figura 34 - Creeper na posição super reduzido
Fonte: CNH (2009).

2.2 Viabilidade econômica e técnica

2.2.1 Viabilidade econômica

Segundo Grachinski (2009) para se fazer uma análise de viabilidade econômica podemos recorrer a duas metodologias: o fluxo de caixa e a análise de alternativas econômicas. A primeira consiste no levantamento das posições econômicas (presente, futuro e intermediário) ao longo do tempo e pode ser compreendida de maneira mais fácil através de um diagrama (Figura 35).

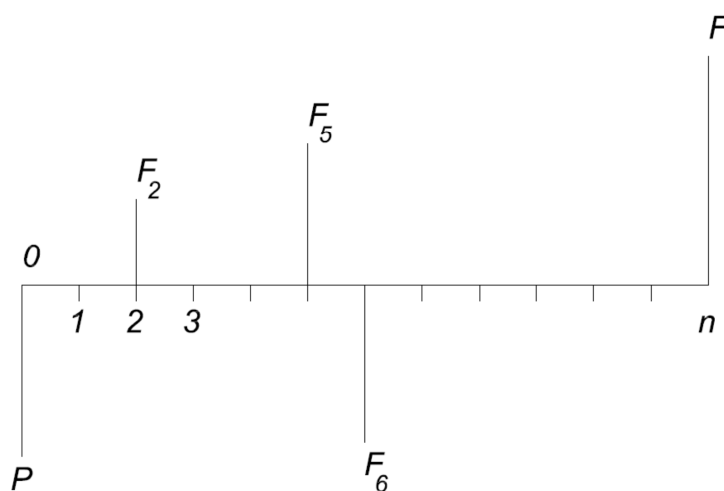


Figura 35 - Diagrama de fluxo de caixa.
Fonte: Grachinski (2009).

No diagrama de fluxo de caixa são adotadas algumas convenções: o eixo horizontal mostra o tempo do instante inicial ao final do prazo; os números indicam instantes no tempo; F_n pode representar ganhos se positivos ou despesas se negativos; o P é equivalente ao valor presente ou ao valor atual; o F está relacionado com o valor futuro; e o n mostra o número de períodos de capitalização.

Como se pode perceber no diagrama de fluxo o capital não é estático, pelo contrário, é atualizado de maneira constante através das taxas de retorno de investimento, mais conhecidas como taxas de juros (representada pela letra “ i ”). Com o seu auxílio o valor presente pode ser transformado em valor futuro (equação (1)).

$$P = F (1+i)^n \quad (\text{Eq.1})$$

Para realizar a análise de alternativas econômicas pode-se utilizar o método do valor presente líquido (VPL), do valor anual uniforme equivalente (VAUE) ou da taxa interna de retorno (TIR). Deve-se escolher aquele que melhor se encaixa a situação analisada.

A ferramenta *VPL* determina um valor no instante inicial, considerando um fluxo de caixa formado por uma série de despesas e receitas. Todos os valores envolvidos são reduzidos ao instante inicial, como mostrado na equação abaixo (equação (2)).

$$VPL = \sum F_n (1 + i)^{-n} \quad (\text{Eq. 2})$$

Portanto, a alternativa mais viável economicamente seria aquela de maior valor algébrico.

No método VAUE determina-se uma série uniforme equivalente a todos os custos e receitas para cada alternativa, considerando a taxa mínima de atratividade. O projeto com a viabilidade melhor é aquele cujo saldo positivo é maior.

O método da taxa interna de retorno consiste no cálculo da taxa que zera o valor presente dos fluxos de caixa das alternativas. O investimento mais rentável é aquele que possui uma TIR maior que a taxa mínima de atratividade.

2.2.1.1 Custo operacional de máquinas agrícolas

O custo operacional de máquinas agrícolas (CT), segundo Pacheco (2000), é, geralmente, dividido em custo fixo (CF) e custo variável (CV), como pode ser verificado na equação (3).

$$CT = CF + CV \quad (\text{Eq.3})$$

2.2.1.1.1 Custo Fixo

Os custos fixos são também chamados de custos de propriedade, pois não dependem do uso da máquina. A partir do momento da sua aquisição o equipamento gera custos, mesmo se mantido inativo. Para reduzir esse ônus deve-se utilizar a máquina o maior número de horas por ano, reduzindo o seu tempo ocioso. Entre os custos fixos se inclui: depreciação (D), juros (J), alojamento e seguros (AS). Portanto, o custo fixo é calculado de acordo com a equação (4).

$$CF = D + J + AS \quad (\text{Eq.4})$$

A depreciação se refere a uma desvalorização sofrida pelo equipamento ao longo tempo, independente do uso. Esse fator só é conhecido com precisão no momento da venda. Por isso, ela pode ser estimada por meio do método da linha reta.

O método da linha reta considera uma depreciação constante da máquina durante a sua vida útil. Nesse método o valor de sucata é arbitrado em 10% do preço inicial do equipamento. O valor da máquina é depreciado de acordo com a equação abaixo (equação (5)).

$$D = \frac{P-S}{V} \quad (\text{Eq.5})$$

Onde:

D = depreciação (R\$/h)

P = preço de aquisição da máquina (R\$)

S = valor de sucata = $0,1 \times P$ (R\$)

V = vida útil (horas)

A vida útil da máquina pode variar com o tipo e com a manutenção empregada. Por isso, na falta de estatísticas detalhadas para a estimativa da vida útil, pode-se empregar valores tabelados (Tabela 2).

Tabela 2 – Vida útil das máquinas e implementos agrícolas

Equipamento	Vida útil (horas)	Vida útil (anos)	Uso por ano (horas/ano)	
Tratores	10.000	10	1.000	
Arados	2.000	5	400	
Grades	2.000	5	400	
Escarificadores	2.000	5	400	
Subsoladores	2.000	5	400	
Enxadas rotativas	2.000	5	400	
Semeadoras de sementes miúdas	1.200	5	240	
Semeadoras de sementes graúdas (precisão)	Plantio direto	1.200	5	240
	Plantio convencional	1.200	5	240
Cultivadores	2.000	5	400	
Pulverizadores	1.200	5	240	
Colhedora de arrasto	8.000	10	800	
Colhedora combinada automotriz	8.000	10	800	
Colhedora de forragem	2.500	10	250	
Ceifadoras	2.000	10	200	

Fonte: Pacheco (2000).

O capital utilizado na compra do equipamento deve ser computado como retendo juro à base semelhante aquela obtida quando colocado o capital no comércio. Esse juro é calculado de acordo com a equação (6).

$$J = \frac{[(P+0,1P)] \times i}{t} \quad (\text{Eq.6})$$

Onde:

J = juros (R\$/h)

P = preço de aquisição (R\$)

i = juros ao ano (%)

t = tempo de uso por ano (horas/ano)

No Brasil, não é muito usual se fazer seguro de máquinas agrícolas. Isso não significa que não se deve calcular o custo desse seguro. Quando o proprietário não repassa o custo do seguro a uma seguradora, esse passa a ser bancado pelo mesmo, o risco de acidentes ou perdas está sempre presente. Desta forma, o usual é utilizar uma percentagem do custo inicial para o cálculo do seguro, seja esse repassado a uma seguradora ou não. Então, o alojamento e o seguro é calculado de acordo com a equação (7).

$$AS = 0,02 \times P/t \quad (\text{Eq.7})$$

Onde:

AS = alojamento + seguro (R\$/h)

P = preço de aquisição (R\$)

t = tempo de uso (horas/ano)

2.2.1.1.2 Custos variáveis

Os custos variáveis ou operacionais são aqueles que dependem do uso que se faz da máquina e são constituídos por: combustível (C), lubrificantes (L), reparos e manutenção (RM) e salário do tratorista (ST). Portanto, o custo variável é calculado de acordo com a equação (8).

$$CV = C + L + RM + ST \quad (\text{Eq.8})$$

O custo relacionado ao combustível pode ser calculado de acordo com a equação (9).

$$C \left(\frac{R\$}{h} \right) = \frac{l \times Pot \times Preço}{\rho} \quad (\text{Eq.9})$$

Onde:

l = consumo de combustível (g/kWh)

Pot = potência da máquina (kW)

$Preço$ = preço do litro de combustível (R\$/l)

ρ = densidade do combustível (g/l)

O consumo de lubrificantes deve ser visto no manual do operador que acompanha a máquina.

No custo de manutenção deve-se ser considerada tanto a manutenção preventiva quanto a corretiva. Na manutenção preventiva, tem-se que considerar componentes trocados em intervalos regulares, como filtros de ar, filtros de óleo, correias e lubrificantes.

A manutenção corretiva por depender de fatores de difícil controle, como habilidade do operador e condições do terreno, é difícil de ser estimada com precisão. Porém, para se ter uma estimativa básica pode-se fazer uso de tabelas, como a colocada abaixo (Tabela 3).

O salário do tratorista pode ser calculado com o auxílio da equação (10) e da equação (11).

$$\text{Salário mensal} = 1,5 \times \text{salário mínimo} + 0,2 \times \text{encargos sociais} \quad (\text{Eq.10})$$

$$ST \left(\frac{R\$}{h} \right) = (\text{Salário mensal} \times 13) / \text{horas de uso por ano} \quad (\text{Eq.11})$$

Tabela 3 - Parâmetros para cálculo de custos com reparos e manutenção de máquinas agrícolas durante a sua vida útil.

Equipamento		Gasto total com reparos % do preço de aquisição
Tratores		100
Arados		60
Grades		50
Escarificadores		60
Subsoladores		60
Enxadas rotativas		80
Semeadoras de sementes miúdas		80
Semeadoras de sementes graúdas (precisão)	Plantio direto	80
	Plantio convencional	80
Cultivadores		100
Pulverizadores		80
Colhedora de arrasto		90
Colhedora combinada automotriz		100
Colhedora de forragem		60
Ceifadoras		150

Fonte: Pacheco (2000).

2.2.2 Viabilidade técnica

Segundo Shillito (2001) o QFD (*Quality Function Deployment*) é uma metodologia que permite à equipe de desenvolvimento transformar os desejos dos clientes em características de projeto para cada estágio do desenvolvimento do produto. O objetivo principal do método é transformar critérios subjetivos em objetivos, pois esses podem ser quantificados e medidos. Ou seja, o QFD é um

método complementar para determinar como e onde as prioridades devem ser colocadas, tendo em vista a satisfação do consumidor.

2.2.2.1 Objetivo do QFD

Antes que qualquer prática de coleta da “voz do consumidor”, como o QFD, possa ser feita é necessário responder algumas questões básicas para determinar qual é o foco a ser tomado pela equipe de desenvolvimento. As perguntas irão estabelecer de uma forma rápida e eficiente o que se sabe e o que não se sabe sobre o objeto de estudo. As suas respostas são especialmente importantes, pois metodologias como o QFD dependem muito do uso eficaz das pessoas dentro das equipes. Shillito (2001) sugere as seguintes questões:

1. Propósito:
 - A) Por que se está fazendo o projeto?
 - B) Qual é a missão do time?
2. Data de fim do estudo
 - A) Quando o estudo deve ser terminado?
3. Responsável pelas decisões
 - A) Quem é o responsável pelas decisões?
 - B) Quem é o primeiro na cadeia de decisões que pode dizer não?
4. Escopo
 - A) O que está incluído no estudo?
 - B) O que não está incluído no estudo?
5. Produto
 - A) Qual produto? Modelo? Geração?
 - B) Classe mundial? Revolucionário?
6. Mercado/Consumidor
 - A) Qual é o consumidor que nós estamos tentando satisfazer?
 - B) País?
 - C) Mercado?
 - D) Segmento?
 - E) Usuário?
 - F) Influência de compra do chefe?
7. Horizonte de tempo para o produto
 - A) Esse ano? Ano que vem? Quando?
8. Suposições
 - A) Produto
 - B) Mercado
 - C) Empresa
 - D) Fabricante – Quem? Localização?

- E) Distribuição
 - F) Consumidor
 - G) Outros
9. Organização do plano de negócios
- A) As questões respondidas acima se encaixam no plano de negócios da organização?
 - B) Nós (time) temos uma cópia do plano de negócios?
 - C) Há *spinoffs* que poderão ser aplicados em outras organizações?
10. Membros do time
- A) Baseado nas respostas para as perguntas acima, nós ainda temos as pessoas certas?
 - B) Quem são os membros? Qual histórico nós precisamos? Qual geografia está representada?
 - C) Adicionar mais membros? Quem? O quê? Histórico/especialidade/informação? Quantos nós precisamos? Por quanto tempo?
11. Comprando o equipamento
- A) Economia
 - B) Desempenho do produto
 - C) Segurança
 - D) Facilidade de uso
 - E) Capacidade de trabalho
 - F) Ambiente
12. Tarefa/ Leque de soluções/Função
- A) Qual é a tarefa que o consumidor estará tentando cumprir comprando o produto?
 - B) Qual é o leque de soluções que o produto oferece?
 - C) Qual é a função básica do produto? Por que ele existe?

O sucesso do projeto é maior se os aspectos organizacionais e políticos forem abordados no seu início. Possíveis dificuldades podem ser antecipadas e abordadas antes da sua ocorrência. A discussão e documentação desses tópicos é uma das etapas mais importantes. Um trabalho ruim nessa fase pode significar dinheiro e tempo perdidos no futuro.

2.2.2.2 Voz do consumidor

O ato de coletar a voz do consumidor (VOC) envolve a realização de uma pesquisa para determinar o que é importante para o consumidor quando esse decide comprar um produto. A coleta da VOC é diferente de uma pesquisa de mercado que busca somente avaliar a satisfação do consumidor.

Segundo Shillito (2001), existem dois tipos de dados a serem levantados na análise de viabilidade técnica, os quantitativos e os qualitativos. O consumidor, geralmente, expressa as suas opiniões de forma qualitativa, como “Eu odeio operar essa máquina!”. Em termos de projeto essas opiniões devem ser traduzidas para uma linguagem mais quantitativa, racional e objetiva para poder passar informações passíveis de serem medidas e validadas, como “A barra de controle está do lado direito e eu sou canhoto”. Há, portanto, uma diferença entre as necessidades do consumidor e as soluções de projeto. A equipe de desenvolvimento tem a tarefa de traduzir essas necessidades em requisitos que possam ser utilizados no projeto. O consumidor quer algo que seja fácil de carregar, para os projetistas isso significa uma alça acolchoada ou algo leve, por exemplo.

Interpretar a voz do consumidor é uma operação delicada na qual muitos erros podem ocorrer, por isso deve ser feita com atenção e cuidado. Nesse contexto, Noriaki Kano da Universidade de Tokyo Rika desenvolveu uma teoria que engloba desenvolvimento de produto e satisfação do consumidor, conhecido como diagrama de Kano. O método do professor japonês possibilita transformar as informações obtidas na coleta da VOC em melhorias reais do produto de forma a não buscar somente a satisfação do cliente, mas a superação de suas expectativas, o encantamento.

Segundo o diagrama de Kano, Figura 36, os requisitos do produto especificados pelo cliente podem ser classificados em quatro categorias: requisitos esperados ou obrigatórios são aqueles que o consumidor espera encontrar no produto, mas a sua existência ou melhoria não resulta em grandes modificações na satisfação do cliente, já que esses constituem a característica básica da mercadoria, contudo se eles não estiverem sendo satisfeitos podem significar uma grande insatisfação por parte do consumidor; os requisitos explícitos são aqueles que o cliente manifesta, isto é diz que quer no produto; requisitos inesperados são aqueles que o cliente não espera, ou seja que o surpreende.



Figura 36 - Diagrama de Kano
Fonte: Faria (2008)

2.2.2.3 Casa da qualidade

De acordo com Terninko (1997), a casa da qualidade é um dos métodos mais reconhecidos e usados para capturar e visualizar uma série de requisitos necessários ao QFD. A metodologia utiliza uma matriz para traduzir os requisitos do consumidor (VOC) em requisitos de engenharia (*Voice of engineering* - VOE), possibilitando utilização da voz do consumidor no desenvolvimento de novos produtos. Basicamente, a matriz da casa da qualidade é o motor que movimenta todo o processo de QFD, ou seja, é uma espécie de mapa conceitual que fornece os meios para “transladar as vontades dos clientes (de natureza essencialmente abstrata) em metas de projeto (de natureza quantitativa)” (FORCELLINI, 2002). O método assegura a qualidade ainda na fase de projeto, já que possibilita a comunicação entre os setores responsáveis pelo desenvolvimento do produto em todas as suas etapas.

Existem várias formas de casa da qualidade, mas a sua habilidade de adaptar-se aos requisitos de um problema em particular faz dessa metodologia um sistema confiável. Segundo Forcellini (2002), a sua construção se inicia com a identificação das vontades do consumidor, as características funcionais do produto que o esse julga serem mais importantes. As necessidades do consumidor podem ser arranjadas em grupos que representam um conceito amplo do consumidor, como mostrado na Figura 38.

Após a sua coleta, as necessidades do consumidor (NC) são passadas para a linguagem de engenharia. Os requisitos da qualidade são características técnicas, preferencialmente possíveis de serem mensuráveis através de algum tipo de sensor, e que o produto necessita ter para atender ao que o consumidor necessita, como mostra a Figura 38.

Os sinais positivos ou negativos na frente dos requisitos da qualidade (RQ), como mostrado na Figura 38, representam o que se espera do RQ. Por exemplo, o sinal negativo na frente do “peso limitado”, reflete o desejo de redução do peso.

O próximo passo é preencher o corpo da casa da qualidade, formando a “matriz de relacionamento” que indica de uma forma qualitativa o quanto cada requisito da qualidade afeta cada necessidade do consumidor. Esse inter-relacionamento pode ser feito através de símbolos, como mostrado na Figura 37.

GRAU DE RELACIONAMENTO (gr)	
NECESSIDADES DO CONSUMIDOR	REQUISITOS DA QUALIDADE
⊗	FORTE RELACIONAMENTO (5)
○	MEDIO RELACIONAMENTO (3)
△	FRACO RELACIONAMENTO (1)
X	NULO RELACIONAMENTO (0)

Figura 37- Inter-relacionamento entre RQ e NC
Fonte: Forcellini, 2002.

Os valores dos graus de relacionamento dão peso para cada relação e serão úteis na classificação dos RQ's. Na Figura 38 está mostrado como esse relacionamento é feito e como o corpo da casa da qualidade é montado.

NECESSIDADES DO CONSUMIDOR		USO DO APARELHO		REQUISITOS DA QUALIDADE						VALOR DO CONSUMIDOR (v _o)
				(-) PESO LIMITADO	(-) TEMPERATURA EXTERNA DA CARCACA	(-) INEXISTENCIA DE CANTOS VIVOS	(+) CONJUNTO DE LENTES ADEQUADO	(-) NIVEL DE RUIDO	ETC...	
NECESSIDADES DO CONSUMIDOR	OPERACAO	BAIXO AQUECIMENTO	X	⊗	X	Δ	X		4	
		BAIXO RUIDO	Δ	X	X	X	⊗		4	
		FOCO HOMOGENEO	X	Δ	X	⊗	X		5	
		FACIL AJUSTE DO FOCO	Δ	X	Δ	○	Δ		3	
		BOA AMPLIACAO	Δ	X	X	⊗	X		5	
		CONTRASTE	X	Δ	X	Δ	X		4	
		ETC...								
	TRANSPORTE	BAIXO PESO	⊗	X	X	Δ	Δ		4	
		FACIL DE PEGAR	⊗	X	⊗	X	X		3	
		POUCO AQUECIDO	X	⊗	X	Δ	X		3	
		ETC...								
	SEGURANCA	EVITAR QUEIMADURAS	X	⊗	X	X	X		4	
		EVITAR LESOES	○	X	⊗	X	X		3	
		ETC...								
	APARENCIA	COR AGRADAVEL	X	Δ	X	X	X		1	
FORMA AGRADAVEL		Δ	X	○	X	X		2		
ETC...										

Figura 38 - Corpo da casa da qualidade

Fonte: Forcellini, 2002.

Nessa mesma etapa, a voz do cliente é utilizada para identificar o valor de importância que esse atribui para cada necessidade. Adota-se valores entre 5 e 1, sendo 5 o máximo e 1 o mínimo, como mostrado na coluna “Valor do Consumidor” na Figura 38.

No lado direito da casa da qualidade, ao lado da coluna das necessidades do consumidor, são colocados os resultados das avaliações dos consumidores (notas de 1 a 5) para o produto e dois de seus principais concorrentes, como mostrado na Figura 39. Pode-se ter, então, uma noção clara de como está cada característica funcional do produto (NC) em relação aos competidores, sob a ótica dos consumidores. Essa, portanto, é uma oportunidade de identificar os pontos fortes e fracos do produto. “Nesta etapa da construção da casa da qualidade, tem-se a possibilidade de retratar a posição estratégica de cada produto frente a seus concorrentes, mostrando oportunidades de mercado” (FORCELLINI, 2002).

Na próxima fase do projeto, a equipe de desenvolvimento deve quantificar os requisitos da qualidade passíveis de serem medidos, já que existem situações em que nem todos são mensuráveis. A análise deve ser feita para os concorrentes e para o próprio produto, como mostra a Figura 39.

Depois de quantificar os requisitos da qualidade, tem-se que inter-relacioná-los, identificando seus graus de dependência através da construção do “telhado” da casa da qualidade, Figura 39. Essa é uma maneira de visualização de como uma característica do produto influencia em outra. Esta relação pode ser negativa ou positiva, por exemplo, a diminuição da massa de um aparelho pode prejudicar o nível de ruído do mesmo, criando uma relação negativa. A tabela de relacionamento dos requisitos deve ser semelhante à utilizada no corpo da casa da qualidade.

Por último, deve-se calcular o valor de importância de cada requisito da qualidade, através da equação (12). A determinação desses valores possibilita classificá-los e estabelecer as prioridades de projeto, como mostrado na Figura 39.

$$\text{Valor de importância} = \text{Valor do consumidor} \times \text{grau de relacionamento} \quad (\text{Eq.12})$$

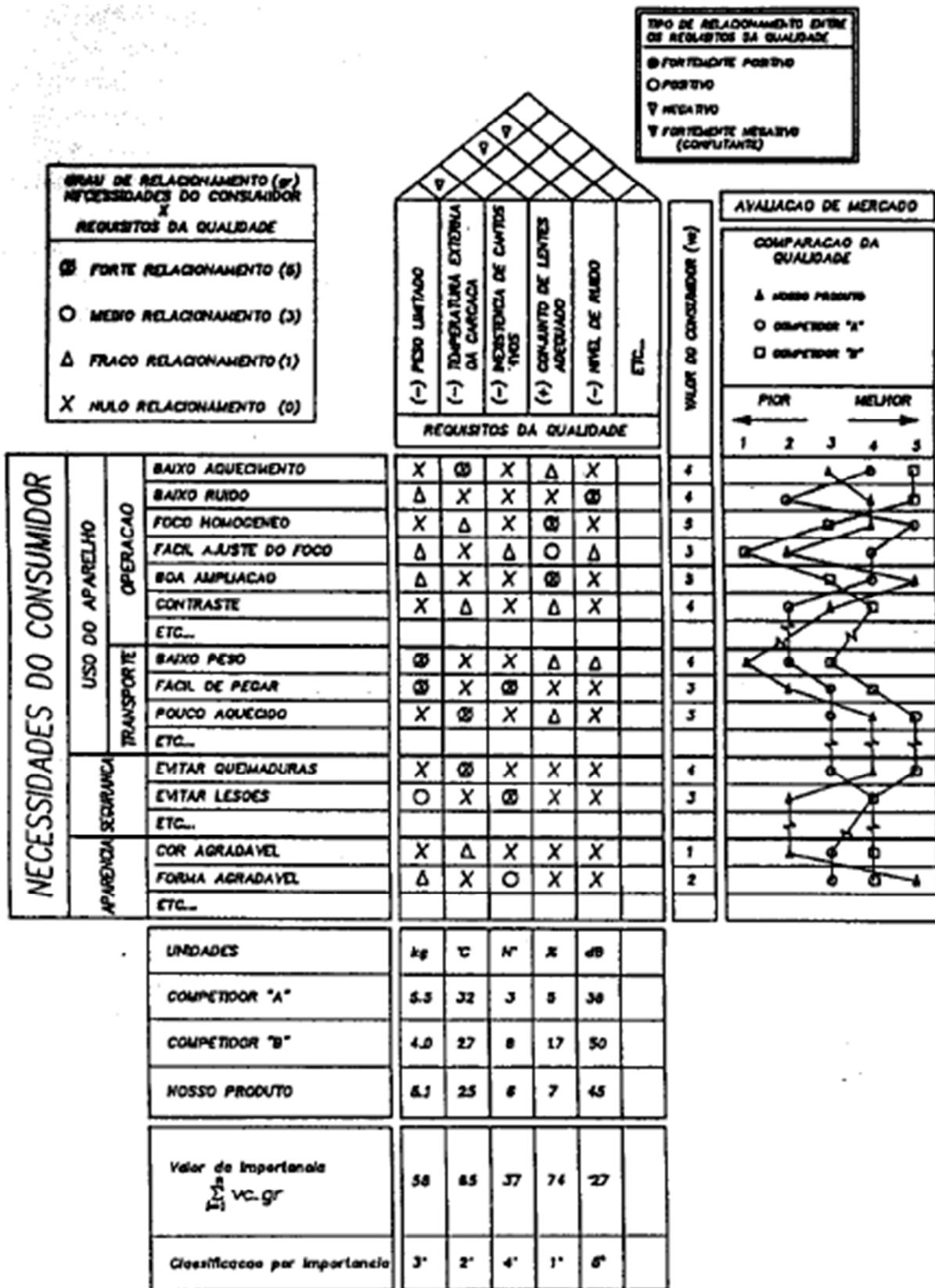


Figura 39 - Casa da qualidade
 Fonte: Forcellini, 2002.

2.2.2.4 Matriz de avaliação de alternativas

Segundo Forcellini (2002), os termos decisão ou escolha implicam nas ações de valorização, comparação e tomada de decisão. As ações citadas são fortemente relacionadas, por isso, para se obter um maior número de informações para a tomada de decisão, os conceitos devem ser valorados de forma compreensiva e expressos na mesma linguagem e no mesmo nível de abstração.

Existem duas maneiras distintas de se fazer a comparação: a forma absoluta e a relativa. Na absoluta, cada conceito é comparado de forma direta com algum tipo de informação, conhecimento, experiência ou requisito. Na forma relativa, os conceitos são comparados entre si.

A comparação pode ser feita através de uma matriz de avaliação, utilizando-se das necessidades dos clientes e dos requisitos de projeto. Para Forcellini (2002), essa analogia, conhecida como método de Pugh, é bastante eficiente para a comparação de conceitos que não tenham sido suficientemente detalhados. O método fornece uma maneira de medir a capacidade de cada conceito de atender as necessidades dos clientes. A comparação das notas obtidas por cada conceito servirá para avaliar as alternativas. A essência da metodologia é mostrada na Figura 40.

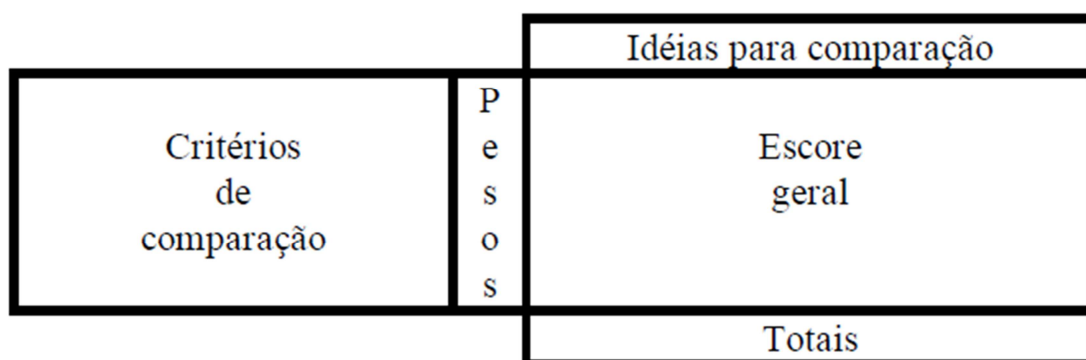


Figura 40-Matriz de decisão
Fonte: Forcellini (2002)

Na matriz de avaliação relativa, mostrada na Figura 41, as necessidades do cliente são extraídas da casa da qualidade com os seus respectivos pesos e

comparadas em relação a um produto de referência que pode ser escolhido de forma aleatória entre as ideias a serem avaliadas. A letra “M” indica que aquele produto naquele requisito do cliente é igual ao tomado como referência e recebe o valor zero. O sinal de “+” representa o fato de naquela característica o produto avaliado é melhor que o de referência e recebe o valor 1. O sinal de “-” é usado para indicar que naquela necessidade a ideia avaliada é pior que a de referência e recebe o valor -1. Cada sinal, então, é multiplicado pelo peso do requisito do cliente que ele está atrelado, gerando um valor total. Quanto maior o valor, melhor o desempenho do produto avaliado em relação aos outros.

	Peso	II	IV	V
Baixo aquecimento	4	M	R	M
Baixo ruído	4	M	E	M
Homogeneidade do foco	5	M	F	M
Facilidade de ajuste do foco	3	M	E	M
Adequada ampliação	5	M	R	M
Adequado contraste	4	M	Ê	-
Baixo peso	4	-	N	-
Facilidade de pegar	3	-	C	M
Não provoca queimaduras	4	M	I	M
Não provoca lesões	3	M	A	-
Agradabilidade da cor	1	+		+
Agradabilidade da forma	2	M		M
Total +		1	0	1
Total -		2	0	3
Total global		-1	0	-2
Peso total		-6	0	-10

Figura 41 - Matriz de avaliação relativa para um retroprojektor de transparências

Fonte: Forcellini (2002)

De acordo com o nível de informação e conhecimento acerca do problema de projeto, se poder obter, ainda na fase de projeto conceitual, concepções com um bom nível de detalhamento. A matriz de avaliação, então, pode ser feita utilizando-se

como critérios para comparação os requisitos de projeto. Esse tipo de matriz é conhecido como matriz de avaliação absoluta.

Um exemplo da matriz de avaliação absoluta é mostrado na Figura 42. Na primeira coluna são colocados os critérios de avaliação com os respectivos coeficientes de peso p_i . Os coeficientes devem ser definidos pela equipe de desenvolvimento e somar um total de um após serem alocados para todos os critérios de avaliação. Na segunda coluna se indica os parâmetros de avaliação com as respectivas unidades, quando possível. São feitas, então, tantas colunas quantas forem as soluções sob avaliação. Cada solução possui três colunas de valores, os parâmetros k_{ij} , o valor v_{ij} a ser determinado para cada critério de avaliação e a coluna do produto $p_i v_{ij}$.

Critério de avaliação		Parâmetros		Solução S ₁ (Motor M ₁)			Solução S ₂ (Motor M ₂)		
Título C _i	p_i	Nome	k_{ij} unid.	Parâm. k_{i1}	Valor v_{i1}	$p_i v_{i1}$	Parâm. k_{i2}	Valor v_{i2}	$p_i v_{i2}$
Pequeno consumo de combustível	0,30	Consumo de combustível	$\frac{g}{kWh}$	240	3	0,90	300	2	0,60
Baixo peso	0,15	Relação peso/potência	$\frac{kg}{kW}$	1,7	4	0,60	2,7	2	0,30
Fácil fabricação	0,10	Facilidade de fundição das peças	—	Regular	1	0,10	Bom	2	0,20
Vida longa	0,20	Vida	km	80.000	2	0,40	95.000	3	0,60
— — —	p_n	— —	—	—	—	—	—	—	—
	$\sum_{p=1}$		—	—	—	$\sum p_i v_{i1}$	—	—	$\sum p_i v_{i2}$

Figura 42 - Matriz de avaliação absoluta - exemplo motor

Fonte: Forcellini (2002)

No passo seguinte devem ser apontados valores numéricos aos critérios colocados na primeira coluna, ou seja, determinados os valores de v_{ij} para as diferentes soluções alternativas. Os valores de v_{ij} são definidos entre faixas de 0 a 10 ou 0 a 4 dependendo da necessidade da equipe de projeto. Se a faixa de 0 a 4 for utilizada, dá-se o valor 4 à solução que atender idealmente, ou muito bem, um determinado critério, e 0 quando não atendê-lo.

Os critérios qualitativos, tais como a facilidade de fabricação, resistência à corrosão, conforto, segurança e etc. são difíceis de quantificar. Nesses casos os

critérios são avaliados qualitativamente de acordo com a Tabela 4, e às avaliações qualitativas são atribuídos pontos ou notas.

Tabela 4 - Escalonamento de critérios qualitativos

<i>Avaliação qualitativa de critérios</i>	<i>Valores dos critérios v</i>
Insatisfatório	0
Regular	1
Bom	2
Muito Bom	3
Ótimo	4

Fonte: Forcellini (2002)

Os produtos $p_i v_{ij}$ são determinados para todos os critérios e soluções alternativas, para que se possa, então, definir o valor da função critério através da equação (13).

$$F_j = \sum_{i=1}^n p_i v_{ij} \quad (\text{Eq.13})$$

Na equação da função critério, n é o número de critérios parciais e j indica a j -ésima solução alternativa. Os valores são comparados e o maior resultado de F_j representa a melhor solução.

3 METODOLOGIA

3.1 Metodologia para a viabilidade econômica

Primeiramente, elaborou-se uma revisão bibliográfica a respeito dos tipos de transmissões utilizadas em tratores e suas características, além de coletar informações sobre o mercado agrícola nacional.

Na primeira parte do trabalho, será feita uma coleta de dados sobre custos de manutenção e operação do CVT hidrostático e da transmissão FPS, outro tipo de transmissão já utilizada no mercado brasileiro. Para chegar aos valores sobre os custos de manutenção serão utilizados dados e considerações feitas por Pacheco (2000), no relatório da Embrapa, ao estimar o custo operacional de máquinas agrícolas. A partir dessas informações se calculará os custos para comparar os gastos entre a transmissão CVT hidrostática e a FPS e, então, chegar a conclusões sobre a viabilidade econômica do trator.

Ao dar início à análise de viabilidade econômica, serão feitas algumas considerações. A diferença de preço entre o trator com e sem a transmissão continuamente variável será colocada na análise como investimento inicial. No custo operacional, somente se considerará o custo com o consumo de combustível, reparos, manutenção, depreciação, juros, alojamento e seguro. As demais variáveis abordadas por Pacheco (2000), como lubrificantes e salário do tratorista, não entrarão na análise.

Os dados para o cálculo do gasto com o consumo de combustível serão retirados de testes de desempenho de dois tratores *New Holland* de alta potência, aproximadamente 270 CV, vendidos na Europa. O Trator A, com transmissão automática (*Full Power Shift*), e o Trator B, com CVT hidrostático. Os tratores possuem as mesmas características técnicas: mesmo motor, eixos, cabine e pneus. A transmissão é o único diferenciador entre eles. Com relação ao preço do diesel, necessário na equação (9), será considerada a média de preços na região de Ribeirão Preto. Os dados foram coletados a partir de informações divulgadas pela ANP (Agência Nacional do Petróleo) (2011). O preço utilizado será o divulgado no mês de maio de 2011, 1,952R\$/l. O juro anual, necessário na equação (6), será o

acumulado do rendimento da poupança, em 2010, divulgado pela ABECIP (2011) e igual a 6,8%.

3.2 Metodologia para a viabilidade técnica

Na segunda fase do trabalho, será feito um levantamento das necessidades dos agricultores brasileiros relativas ao cultivo da cana-de-açúcar, no que diz respeito à transmissão de tratores de alta potência, utilizando a metodologia QFD (*Quality Function Deployment*). Serão feitas entrevistas com os consumidores da região de Ribeirão Preto que estão em contato direto com as máquinas agrícolas, especificamente os tratores. Contudo, antes de elaborar o roteiro de pesquisa, serão respondidas pela equipe de desenvolvimento, nesse caso os autores dessa monografia, as questões propostas por Shillito (2001) na página 55 e transcritas na revisão bibliográfica do presente trabalho, definindo de uma maneira mais concisa os objetivos da pesquisa a ser feita.

O roteiro de pesquisa elaborado servirá, somente, para coletar o valor do consumidor para as características das transmissões CVT hidrostática e FPS e será feito de uma forma simples e genérica com base nas características dessas transmissões levantadas na revisão bibliográfica. Serão entrevistados 20 consumidores os quais têm contato com os tratores no dia a dia e estão situados próximos a região de Ribeirão Preto. O roteiro de pesquisa será enviado às concessionárias *New Holland* da região para ser aplicado pelos funcionários das mesmas. De posse das informações retiradas dessa pesquisa será elaborada a casa da qualidade com: as necessidades do consumidor, requisitos da casa da qualidade e valor do consumidor. Por último, será feita uma matriz de comparação relativa entre as transmissões para se chegar a conclusões sobre a viabilidade técnica.

O estudo de viabilidade técnica irá envolver apenas a transmissão de tratores de alta potência (270 CV) utilizados na colheita e cultivo da cana de açúcar no Brasil. As demais características que não estiverem diretamente ligadas com a transmissão, como opcionais de motor e de cabine, não serão consideradas.

3.3 Justificativa da metodologia

Como se trata de uma análise de viabilidade de um projeto, segundo Torres (2006) ele "...deve ter viabilidade técnica, isto é, pode ser realizado com os procedimentos de engenharia e equipamentos disponíveis, porém a viabilidade técnica é necessária mas não suficiente; é preciso que haja também viabilidade econômica, isto é, o investimento somente é viável se remunerar adequadamente o capital investido, ou seja, os benefícios devem ser maiores que os custos." Portanto, para se desenvolver uma análise completa é necessário levar em consideração as duas viabilidades.

Na abordagem da viabilidade econômica, os custos abordados por Pacheco (2000), como lubrificantes e salário do tratorista não serão utilizados, pois são custos iguais para ambas as máquinas e o importante no presente trabalho é a comparação entre elas. A cultura de cana de açúcar foi escolhida, pois, segundo o IBGE A (2011), essa é a maior produção brasileira, considerando o número de toneladas produzidas no ano de 2010. Além disso, os tratores CVT fabricados atualmente na Europa são de alta e média potência, por isso, a escolha de uma cultura que utilize esse tipo de máquina coloca o estudo mais próximo à realidade brasileira. A região de Ribeirão Preto foi usada para as análises devido ao fato de nela haver uma grande concentração de usinas de álcool e açúcar que utilizam o tipo de trator dos testes de desempenho que servirão de base para os estudos de viabilidade. Para se calcular o rendimento que o consumidor teria se ao invés de comprar a mercadoria ele tivesse investido o capital será considerado o taxa de juro da poupança, pois essa é o investimento mais comum, seguro e fácil de fazer nos dias de hoje, segundo Brasil (2010).

Com relação à abordagem da viabilidade técnica, serão entrevistadas 20 pessoas, pois segundo Shillito (2001) esse é o número mínimo para se ter uma boa análise das necessidades do consumidor. O roteiro de pesquisa será elaborado de uma forma genérica e simples para que o entrevistado não reconheça os tipos de transmissão e para que o funcionário da concessionária consiga aplicar de forma rápida e fácil. A casa da qualidade proposta não será completa com as informações a respeito da avaliação de mercado, pois, como a tecnologia CVT para tratores não existe ainda no Brasil, informações a respeito de concorrentes são inexistentes. A

matriz de avaliação comparativa será utilizada ao invés da absoluta, porque a última necessita de informações, muitas vezes, pelo nível de detalhamento exigido, de difícil acesso. As características do trator que não estão relacionadas com a transmissão, como, por exemplo, o motor que pode vir a ser um diferencial, não serão consideradas na pesquisa devido ao interesse de se determinar apenas o impacto da transmissão no interesse do comprador.

4 RESULTADOS

4.1 Análise de viabilidade econômica

Para o cálculo do consumo médio de combustível, aplicou-se, para cada máquina, a equação (9), obtendo os seguintes custos com combustível: 86,98 R\$/h para a máquina com transmissão continuamente variável e 86,32R\$/h para a com transmissão automática. Portanto, para 10.000 horas de vida útil do trator, o gasto total com combustível será de R\$869830,2 para o trator com CVT e R\$863164,9 para o FPS, isto é, um consumo de 0,77% a mais para o CVT.

Para o cálculo da depreciação, utilizou-se o preço de venda das máquinas obtido via setor comercial *New Holland* e aplicou-se a equação (5). Os valores de depreciação, então, para a máquina com e sem CVT são 21,33 R\$/h e 18,90R\$/h, respectivamente.

De acordo com Tabela 3, o custo de manutenção de um trator na sua vida útil de 10.000 horas é equivalente a 100% do seu preço de aquisição. Por isso, utilizando-se a estimativa de preço de venda das máquinas no Brasil obtida via comercial *New Holland*, o custo de manutenção do trator CVT é equivalente a 23,70R\$/h enquanto que para a transmissão automática, 21,00 R\$/h.

Para calcular-se o juro anual, utilizou-se a equação (6) e obteve-se o valor de 15,71 R\$/h para o FPS e 17,73 R\$/h para o CVT. Com relação aos gastos com alojamento e seguro, foi-se aplicada a equação (7) e tem-se 4,2 R\$/h para máquina com transmissão automática e 4,74 R\$/h para a outra.

Aplicando-se a equação (4) e a equação (8), têm-se os resultados para os custos fixos e variáveis. O trator CVT gasta em torno de 43,80 R\$/h em custos fixos e 110,68 R\$/h em custos variáveis, o que retorna um custo total de 154,48 R\$/h. O FPS tem 38,81 R\$/h em custos fixos e 107,32 R\$/h em custos variáveis, retornando 146,12 R\$/h no total. Portanto, o CVT representa um investimento de 8,36 R\$/h (5,4%) por parte do consumidor.

A seguir é apresentado na Tabela 5, um resumo de todos os custos com os tratores de transmissão automática e CVT.

Tabela 5 – Comparativo de custos transmissão automática x CVT

		Trator A (FPS)	Trator B (CVT)	Diferença (%)
Custos Variáveis	Combustível (R\$/h)	86,32	86,98	0,76
	Manutenção (R\$/h)	21,00	23,70	11,39
Custos Fixos	Depreciação (R\$/h)	18,90	21,33	11,39
	Juro (R\$/h)	15,71	17,33	9,35
	Alojamento e Seguro (R\$/h)	4,20	4,74	11,39
Total (R\$/h)		146,12	154,48	5,4

4.2 Análise da viabilidade técnica

A fim de se compreender quais são as características da transmissão mais significativas para os clientes do mercado agrícola brasileiro foi respondido um questionário da metodologia QFD (ver apêndice A). Com base nessas respostas foi criado um roteiro de pesquisa, apresentado no apêndice B, para avaliar “o valor do consumidor” com relação às características da transmissão automática e da continuamente variável. Os valores obtidos após as 20 entrevistas com os consumidores estão na Tabela 6.

Como se pode observar através da Tabela 6, o consumidor valoriza ao mesmo tempo: custos, como consumo de combustível, preço de aquisição e manutenção; facilidade de uso; conforto; e eficiência. O ruído causado pela máquina e a eficiência em operações de arado não são aspectos tão valorizados pelos consumidores entrevistados.

Tabela 6- Valor médio do consumidor obtido para 20 entrevistas

Preço de aquisição	4
Preço da manutenção	4
Eficiência na operação de arado	3
Conforto	4
Facilidade de uso	4
Eficiência nas operações de transporte	3
Eficiência nas operações com o uso do PTO	4
Consumo de combustível	5
Barulho causado pelo trator	3
Eficiência da transmissão	4
Número de relações de transmissão	4

A partir dos valores do consumidor foi desenvolvida a casa da qualidade mostrada na Figura 43. A casa da qualidade indica o nível de importância das necessidades do consumidor subdivididas em três níveis: fraco, médio e forte e se relaciona com os requisitos da qualidade, retornando um valor numérico para definir as necessidades do consumidor.

RELACIONAMENTOS		REQUISITOS DA QUALIDADE											Valor do Consumidor
↗	FORTE	Preço do produto	Preço das peças de reposição	Transmissão FPS	Número de amortecedores	Transmissão CVT hidrostática	Número de marchas	Número de gamas	Controle das funções com joystick	Nível de ruído	Opções de ar condicionado e conforto térmico	Número de opções de pneus compatíveis	
→	MÉDIO	↓	↓		↑		↑	↑		↓	↑	↑	
↘	FRACO												
NECESSIDADES DO CONSUMIDOR	Custo de aquisição	↗	↘	↗	↘	↗	→	→	x	x	↗	x	4,00
	Custo da manutenção	→	↗	↗	↘	↗	x	x	x	↘	↘	x	4,00
	Eficiência na operação de arado	x	x	↗	x	→	↘	↘	x	x	x	x	3,00
	Conforto	→	x	→	↗	↗	x	x	x	↗	↗	x	4,00
	Facilidade de uso	x	x	→	x	↗	→	→	↗	x	x	→	4,00
	Eficiência nas operações de transporte	x	x	→	x	↗	→	→	→	↘	x	↘	3,00
	Eficiência nas operações com o uso do PTO	x	x	→	x	↗	→	→	↘	x	x	↘	4,00
	Consumo de combustível	x	x	↗	x	→	x	x	x	↗	x	↗	5,00
	Barulho causado pelo trator	x	x	→	→	↗	x	x	x	↗	x	x	3,00
	Eficiência da transmissão como um todo	↘	x	↗	x	→	↗	↗	x	x	x	x	4,00
Número de relações de transmissão	x	x	→	x	↗	↗	↗	x	x	x	x	4,00	
UNIDADES		R\$	R\$							db			
VALOR DA IMPORTÂNCIA		48	24	166	31	186	88	88	33	67	44	44	
CLASSIFICAÇÃO POR IMPORTÂNCIA		6	11	2	10	1	3	4	9	5	7	8	

Figura 43 - Casa da qualidade

Com a resolução da casa da qualidade obtiveram-se as principais especificações do produto em ordem qualitativa, demonstrado na Tabela 7. A partir da análise desses dados, se pode afirmar que a melhor maneira de atender as necessidades do consumidor é trocando os sistema de transmissão da máquina.

Tabela 7 – Lista de prioridades resultantes apresentadas na casa da qualidade

Prioridade	Requisito da qualidade
1	Transmissão CVT
2	Transmissão FPS
3	Número de marchas
4	Número de gamas
5	Nível de ruído
6	Preço do produto
7	Opções de ar condicionado e conforto térmico
8	Número de opções de pneus compatíveis
9	Controle das funções com <i>joystick</i>
10	Número de amortecedores
11	Preço das peças de reposição

Com o intuito de avaliar as duas opções de transmissão disponíveis, os requisitos da qualidade e as necessidades do consumidor foram utilizados para se confeccionar a matriz de avaliação relativa, mostrada na Tabela 8. Através da análise da matriz, pode-se perceber que as características da transmissão CVT se aproximam melhor daquilo que o consumidor valoriza, ou seja, essa tem um melhor desempenho na maior parte das características que o consumidor valoriza.

Tabela 8 - Matriz de avaliação relativa

Critério de Avaliação		Pesos	Transmissão FPS	Transmissão CVT hidrostática
Nº				
1	Custo de aquisição	4	+	R
2	Custo da manutenção	4	+	E
3	Eficiência na operação de arado	3	+	F
4	Conforto	4	-	E
5	Facilidade de uso	4	-	R
6	Eficiência nas operações de transporte	3	-	Ê
7	Eficiência nas operações com o uso do PTO	4	-	N
8	Consumo de combustível	5	+	C
9	Barulho causado pelo trator	3	-	I
10	Eficiência da transmissão como um todo	4	+	A
11	Número de relações de transmissão	4	-	
Somatório dos sinais +			5	0
Somatório dos sinais =			0	0
Somatório dos sinais -			6	0
Cálculo do valor final			-2	0
Ordenação das concepções			2	1

5 CONCLUSÕES

Foram realizadas análises de viabilidade econômica e técnica entre dois tratores de 220CV, equipados com transmissão FPS e CVT. Dos resultados pode-se concluir:

Pela análise econômica, o trator com CVT hidrostático apresenta custos totais maiores, cerca de 5,4%, em relação ao trator com transmissão FPS. A máquina com transmissão continuamente variável, além de ser mais cara, consome mais combustível e apresenta um maior custo de manutenção. Contudo essa diferença pode não ser significativa, se o consumidor tiver condições de pagar pelas vantagens que a transmissão CVT apresenta em relação a FPS, as quais foram identificadas através do uso da metodologia QFD.

Pela análise técnica, o consumidor brasileiro entrevistado valoriza as características da transmissão continuamente variável hidrostática tais como o maior conforto, maior eficiência nas operações de transporte, maior número de relações de transmissão e menor nível de ruído. Essa valorização fez com que o resultado da viabilidade técnica apontasse para a escolha do CVT ao invés da transmissão FPS, tanto pela casa da qualidade quanto pela matriz de avaliação relativa. Com a casa da qualidade se pode perceber que a melhor maneira de atender as necessidades do consumidor é através da escolha do tipo de sistema de transmissão da máquina. A partir da matriz de avaliação relativa, então, se avaliou os dois sistemas de transmissão disponíveis, CVT e automática, chegando à conclusão de que o CVT é o que melhor atende as necessidades dos clientes.

Analisando a viabilidade econômica e técnica em conjunto pode-se concluir que o custo da máquina CVT é mais elevado, entretanto essa transmissão possui características importantes para o cliente. Então, o consumidor com maior poder aquisitivo, devido às qualidades que ele considera importantes, estaria disposto a pagar a mais pelo trator com CVT.

A fim de se ter uma sensibilidade da influência do custo de aquisição da máquina sobre o custo total foi calculado o custo total para um valor de aquisição 20% maior para o CVT com relação ao FPS. Neste caso a diferença entre os custos

totais da máquina com CVT e a automática passa a ser de 12R\$/h, ou seja, uma diferença de 8%.

REFERÊNCIAS

ABECIP (Associação Brasileira das Entidades de Crédito Imobiliário e Poupança). **Caderneta de Poupança – Índices mensais**. 2011

ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores). **Carta da ANFAVEA**. Março 2011. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/carta.html>> Acesso em: 16 de março de 2011.

ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e B combustíveis). **Síntese dos preços praticados – São Paulo**. Maio, 2011.

AITZETMÜLLER, H. **Steyr S-Matic – The Future CVT System**. Seoul 2000 FISITA World Automotive Congress, Korea, 2000.

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Qual o melhor investimento para você**. Junho de 2010. Disponível em: <<http://www.portaldoinvestidor.gov.br>> Acesso em: 11 de março de 2011.

CHENGYAN, S. **Hydrostatic- Mechanical Power Split CVT**. Finlândia, 2010. 67 páginas. Tese de mestrado em automação de máquinas – Tampere University of Technology.

CNH. **Apostila de Treinamento**. Curitiba, 2009.

COLONNA, W. **O mundo do CVT**. Janeiro de 2011. Disponível em: <<http://www.brasilautomatico.com.br/si/site/0231>> Acesso em: 10 de março de 2011.

FARIA, C. **Diagrama de Kano**. Setembro de 2008. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/administracao/diagrama-de-kano/>> Acesso em: 8 de agosto de 2011.

FORCELLINI, F. **Projeto conceitual**. UFSC, 2002.

FRANTZ, U. *et al*. Transmitindo forças. **Revista Cultivar Máquinas**, Pelotas, Ed. 75, p. 22-25, julho 2010.

GRACHINSKI, V. **Análise de viabilidade técnica e econômica de uma solução para montagem de estruturas porta paletes.** Curitiba, 2009. 69 f. Monografia (Especialização em gestão de desenvolvimento de produto) - Departamento Acadêmico de Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

HARRIS, W. **How CVTs work.** Maio de 2007. Disponível em: <<http://carros.hsw.uol.com.br/cvt3.htm>> Acesso em: 10 de março de 2011.

IBGE A (Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.** Fevereiro 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201102_5.shtm> Acesso em: 12 março de 2011.

IBGE B (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Contas Nacionais Trimestrais-Indicadores de Volume.** Março 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1830&id_pagina=1> Acesso em: 17 março de 2011.

LANG, K. **Continuously Variable Transmissions: An Overview of CVT Research Past, Present, and Future.** Maio de 2000. Disponível em: <<http://www.lasercannon.com/Murano/Files/cvt.pdf>> Acesso: 23 de janeiro de 2011.

LECHNER, G.; NAUNHEIMER, H. **Automotive Transmissions: Fundamentals, Selection, Design and Application:** Springer, 1ª edição, 1999.

NAUNHEIMER, H.; Bertsche, B. **Automotive Transmissions: Fundamentals, Selection, Design and Application:** Springer, 2ª edição, 2011.

MÁRQUEZ, L. **Tractores Agrícolas: Tecnología y Utilización.** Curso de tratores, Santa Maria, 2010.

PACHECO, E. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas.** Embrapa, 2000.

RIBAS, R. *et al.* **Transmissões presentes em tratores agrícolas no Brasil.** **Ciência Rural**, Santa Maria, vol. 40, no. 10, Outubro de 2010.

RENIUS, K, Resch, R. **Continuously variable tractor transmission**. American Society of Agricultural and Biological Engineering, St. Joseph, Michigan, USA 2005

ROZEN, Marcos. CVT: Coragem, Vontade, Teimosia. **Revista AutoData**, São Paulo, Ed. 229, setembro 2008.

SHILLITO, M. **Acquiring, processing, and deploying voice of the customer**. Boca Raton, FL.: CRC Press, c2001. 279p.

TORRES, O. **Fundamentos da Engenharia Econômica e da Análise Econômica de Projetos**. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

TERNINKO, J. **Step-by-Step QFD Customer Driven Product Design**. St. Lucie Press, 2ª edição, 1997.

APÊNDICE A– QUESTÕES DO QFD

1. Propósito:
 - A) Por que se está fazendo o projeto?
R. O projeto busca verificar se o novo conceito de transmissão para tratores tem aceitação no mercado brasileiro.
 - B) Qual é a missão do time?
R. O time de pesquisa tem como objetivo principal captar a voz do cliente em relação as suas preferências em transmissão na área agrícola.
2. Data de fim do estudo
 - A) Quando o estudo deve ser terminado?
R. O estudo deve estar completo ao final de 2011.
3. Responsável pelas decisões
 - A) Quem é o responsável pelas decisões?
R. O time de desenvolvimento como um todo.
 - B) Quem é o primeiro na cadeia de decisões que pode dizer não?
R. A empresa que patrocina o projeto (CNH).
4. Escopo
 - A) O que está incluído no estudo?
R. O estudo irá envolver apenas a transmissão de tratores de alta potência utilizados na colheita e cultivo da cana de açúcar no Brasil.
 - B) O que não está incluído no estudo?
R. Demais características do trator que não estejam diretamente envolvidas com a transmissão.
5. Produto
 - A) Qual produto? Modelo? Geração?
R. O produto a ser analisado é o trator New Holland novo.
 - B) Classe mundial? Revolucionário?
R. O produto será verificado apenas para o mercado brasileiro de cana de açúcar.
6. Mercado/Consumidor
 - A) Qual é o consumidor que nós estamos tentando satisfazer?
R. Agricultor brasileiro que planta cana de açúcar.

- B) País?
 - R. Brasil.
 - C) Mercado?
 - R. Grandes plantações de cana de açúcar.
 - D) Segmento?
 - R. Mercado agrícola.
 - E) Usuário?
 - R. Tratorista.
 - F) Influência de compra do chefe?
 - R. Grande.
7. Horizonte de tempo para o produto
- A) Esse ano? Ano que vem? Quando?
 - R. Ano que vem.
8. Suposições
- A) Produto
 - R. Terá viabilidade técnica.
 - B) Mercado
 - R. O produto será aceito pelo mercado.
 - C) Empresa
 - R. CNH LatinAmerica.
 - D) Fabricante – Quem? Localização?
 - R. A própria CNH.
 - E) Distribuição
 - R. CNH.
 - F) Consumidor
 - R. Agricultor brasileiro que possui grandes plantações de cana de açúcar.
 - G) Outros
 - R. Não há detalhes a acrescentar.
9. Organização do plano de negócios
- A) As questões respondidas acima se encaixam no plano de negócios da organização?
 - R. Sim.

B) Nós (time) temos uma cópia do plano de negócios?

R. Não.

C) Há *spinoffs* que poderão ser aplicados em outras organizações?

R. Não.

10. Membros do time

A) Baseado nas respostas para as perguntas acima, nós ainda temos as pessoas certas?

R. Sim.

B) Quem são os membros? Qual histórico nós precisamos? Qual geografia está representada?

R. A equipe de desenvolvimento é a mesma do projeto.

C) Adicionar mais membros? Quem? O quê? Histórico/especialidade/informação? Quantos nós precisamos? Por quanto tempo?

R. Não.

11. Comprando o equipamento

A) Economia

R. O produto gasta uma maior quantidade de combustível, além do seu custo de aquisição ser maior.

B) Desempenho do produto

R. A transmissão CVT é mais eficiente, ou seja, ela transmite uma potência maior e proporciona uma transmissão contínua de velocidades.

C) Segurança

R. A mesma de um trator convencional.

D) Facilidade de uso

R. A mesma de um trator convencional.

E) Capacidade de trabalho

R. Para operações que exigem mais torque e potência ele tem uma capacidade de trabalho maior que os convencionais.

F) Ambiente

R. O risco para o meio ambiente é o mesmo dos produtos convencionais.

12. Tarefa/ Leque de soluções/Função

A) Qual é a tarefa que o consumidor estará tentando cumprir comprando o produto?

R. O consumidor procura uma maior eficiência e economia.

B) Qual é o leque de soluções que o produto oferece?

R. O produto oferece uma maior eficiência se comparado ao convencional.

C) Qual é a função básica do produto? Por que ele existe?

R. O produto tem como função básica ajudar o agricultor na colheita e no plantio, procurando sempre uma maior eficiência.

APÊNDICE B – MODELO DE ENTREVISTA

- 1- Coloque em ordem de prioridade com os números 5,3 e 1 as características do trator colocadas na tabela abaixo, sendo que 5 é o mais significativo e o 1, o menos. Pode repetir os números. Não é necessário ter todos os algarismos colocados na tabela, se você acha que tudo é prioridade, pode preencher tudo com o número 5, por exemplo.

Preço da aquisição	
Preço da manutenção	
Eficiência na operação de arado	
Conforto	
Facilidade de uso	
Eficiência nas operações de transporte	
Eficiência nas operações com o uso do PTO	
Consumo de combustível	
Barulho causado pelo trator	
Eficiência da transmissão	
Número de relações de transmissão	