

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE TRANSMISSÃO PARA UM VEÍCULO OFF ROAD - BAJA

Eduardo de Oliveira Santos

edu.unit@yahoo.com.br

Lucas Cruz Dias

lucas.cdias@yahoo.com.br

Resumo: Os sistemas de transmissão estão presentes em nosso dia-dia nas mais diversas áreas, como em veículos, motocicletas, aviões, equipamentos, mecanismos e máquinas, sendo estes compostos por cabos, correntes, correias ou engrenagens, com a finalidade de transmitir torque e velocidade. Nesse projeto foi desenvolvido um sistema de transmissão para veículo off road baja, estudado métodos e técnicas específicas para um sistema de transmissão e produzido peças variadas para montagem do sistema de transmissão. A projeção desenvolvida para o veículo of road baja teve que ser criticamente feita através de um conhecimento sobre o regulamento da sae atualizado para o ano de 2018. Os materiais utilizados foram CVT modelo tav2, aço 1020, cantoneiras, barras chatas, sistemas auxiliares de transmissão como bateria, mancais, bobinas, vela de ignição, entre outros materiais de apoio, softwares de desenho como o solidworks foram utilizados para cálculos de resistências, dimensões e simulações, além de sistemas de soldagem, usinagem, fresagem, sistemas CNCs de Usinagem, entre outros. Após finalizado o prazo do projeto, foram alcançados resultados surpreendentes como a construção de todo um sistema de transmissão

Palavras-Chave: Transmissão. Baja. Veículo. Cvt. Motor

INTRODUÇÃO

Os sistemas de transmissão estão presentes em nosso dia-dia nas mais diversas áreas, como em veículos, motocicletas, aviões, equipamentos, mecanismos e máquinas, sendo estes compostos por cabos, correntes, correias ou engrenagens, com a finalidade de transmitir torque e velocidade. Os veículos automotores são compostos por diversos conjuntos e subconjuntos, dentre estes pode-

se citar: sistema de suspensão, chassi ou carroceria, sistema de freio, sistema elétrico e sistema de transmissão, o qual destina-se a transmitir a energia gerada pelo motor de combustão interna para as rodas do veículo.

Um sistema de transmissão é o que define o quanto que o motor passa a sua tração para os pneus e velocidade ao veículo, a performance máxima em aceleração longitudinal de um motor de um veículo é determinado por um ou dois limites – força do motor ou tração limitada na direção. Qualquer velocidade do veículo depende do limite da redução. Nas baixas velocidades a tração dos pneus limitam o fator de sistema é denominado de machas, existe 2 tipos de sistema de redução, o de engrenagens e o os transmissão continuamente variável, CVT(do inglês: continuously variable transmission) “que será o velocidade e em altas velocidades a potência do motor é onde ocorre essa limitação.

A análise do limitação da força da aceleração envolve A análise das características do motor e da interação com sua transmissão. Os motores podem ser caracterizados pelo seu torque ou seu gráfico de força em função da velocidade, para a maioria desses motores é preciso de um modelo de sistema mecânico que transmite a força para o chão.

Transmissão começa com o motor, tendo seu torque e aceleração passado para um sistema mecânico reduzindo a velocidade para que o torque seja o necessário para tirar o carro da inercia, mas quando o carro já estiver em movimento o sistema precisa diminuir o torque e aumentar a aceleração com que faz que o carro seja mais veloz esse tipo de

transmissão utilizado no projeto”.

Transmissões automáticas apresentam algumas diferenças do sistema de redução por engrenagens, o principal é que assim como seu nome diz, não precisa do motorista para ocorrer as trocas de machas, a mudança de torque e aceleração ocorre de acordo com o motor, acionado por um sistema com princípios de hidro dinâmica que faz conforme quando o carro precise de mais ou menos torque ele ajusta a entrada do motor no sistema de transmissão, sendo o sistema desejado para um veículo de objetivo do projeto um baja, pois Um sistema de transmissão para que possa ser aplicado a um projeto baja deve ser de baixo custo, confiável, de fácil manutenção e apresentar bom desempenho durante as provas realizadas na competição, que são: conforto, frenagem, suspensão, tração, velocidade final e enduro.

O projeto Baja SAE foi criado na Universidade da Carolina do Sul, Estados Unidos, sob a direção do Dr. John F. Stevens; a primeira competição foi realizada em 1976. Chegou ao Brasil no ano de 1995, ano em que foi realizada a primeira competição nacional. O intuito do projeto é envolver o aluno em um caso real de desenvolvimento de projeto, nesse caso um veículo off-road (fora de estrada) com lugar para uma pessoa, dando a ele a oportunidade de aplicar na prática conhecimentos adquiridos em sala de aula.

O sistema de transmissão de um veículo Baja SAE é composto por um motor Briggs&Stratton de 10hp e 305 cilindradas, que é definido no regulamento como padrão para todas as equipes em regulamento, ligado a uma caixa de redução que transmite o movimento para os semieixos do veículo e consequentemente para as rodas.

Para uma adequada escolha dos materiais a serem utilizados num projeto é de suma importância conhecer suas tensões de escoamento. A maioria das estruturas é projetada para assegurar que apenas haverá deformação elástica como resultado da aplicação de uma

força. Torna-se, então, desejável conhecer o nível de tensão onde a deformação plástica tem início, ou onde ocorre o fenômeno de escoamento. Para metais que experimentam essa transição elastoplástica gradual, o ponto de escoamento pode ser determinado como sendo o ponto onde ocorre o afastamento inicial da linearidade na curva tensão-deformação, ou limite de proporcionalidade Young. Diante disso é fundamental que as pessoas envolvidas nesse tipo de projeto tenha um certo nível de capacitação pois deverá, durante o desenvolvimento do projeto aplicar seus conhecimentos técnicos para fazer análises, tomar decisões, resolver problemas de engenharia e desenvolver o projeto de forma responsável e com qualidade.

Nas competições, os veículos são equipados com um motor de mesma potência, restando para as equipes trabalharem em projetos que resultem nas menores perdas possíveis. Os sistemas de transmissão são os que apresentam maior potencial na redução de perdas, pois estes comunicam o motor diretamente com as rodas do veículo.

Justifica-se a realização deste dimensionamento pela necessidade de obter um sistema de transmissão eficiente e corretamente dimensionado, com a finalidade de reduzir as perdas do sistema e possibilitar um incremento na velocidade atingida pelo veículo. Este sistema possibilitará melhor desempenho ao veículo, de forma a otimizar seu rendimento e apresentar melhores resultados quando em operação, tornando o veículo mais competitivo. Por apresentar a possibilidade de troca entre torque e velocidade poderá atingir melhores resultados nas provas de tração, que exigem elevado torque, e velocidades superiores nas provas de aceleração e enduro, consequentemente alcançando melhores posições nas competições de baja organizadas pela SAE.

Objetivos

Objetivo Geral:

- Desenvolver um sistema de transmissão para veículo off road baja.

Específico:

- Estudar métodos e técnicas específicas para um sistema de transmissão;
- Produzir peças variadas para montagem do sistema de transmissão.

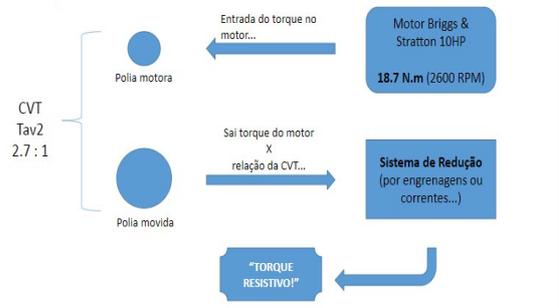
MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados foram CVT modelo tav2, aço 1020, cantoneiras, barras chatas, sistemas auxiliares de transmissão como bateria, mancais, bobinas, vela de ignição, entre outros materiais de apoio.

Métodos: softwares de desenho como o solidworks foi utilizado para cálculos de resistências, dimensões e simulações, além de sistemas de soldagem, usinagem, fresagem, sistemas CNCs de Usinagem, entre outros.

O projeto consiste em desenvolver um sistema de transmissão de um veículo off road o baja, conforme o livro de mecânica veicular(GILLESPIE, Thomas D. Fundamentals of vehicle dynamics), para definir a transmissão de um veículo deve analisar a curva de torque ou de força por velocidade do motor, o modelo do motor é um *Briggs&Stratton* de 10hp e 305 cilindradas, o gráfico é feito através de um teste de dinamômetro, que não foi necessário pois a fabricante já disponibilizava junto com o produto.

Após analisar o gráfico de torque do motor foi constatado o melhor tipo de cvt para esse tipo de motor e torque, seria um de modelo *comet*, porém não foi encontrado no mercado brasileiro, então houve a compra de outro modelo, a CVT tav2(modelo na figura 6.2, 2.7:1(sua redução), este modelo não é compatível com o motor, ao avaliar o modelo tinha que haver adaptações necessárias para que tornasse compatível.



“A soma da resistência a rolagem e força aerodinâmica (e força do gradiente, quando presente) formam a carga de propulsão do veículo, que são normalmente referenciadas como “road load”GILLESPIE D. Thomas, Fundamentals of Vehicle Dynamics, pág 118, SAE.

Definindo o torque necessário:

$$*T = \text{Forças de resistência ao movimento} \times \text{raio do pneu}$$



“A resistência da transmissão não é uma força no mesmo sentido que as anteriores. Ela representa a parcela da potência perdida no processo de transmissão do torque do eixo do motor ao eixo da roda. Esta resistência é usualmente dada como a eficiência “n” do sistema, medida experimentalmente ou estimada pelo engenheiro.”CANALE, Antonio, Automobilística dinâmica e desempenho, pág 76, ÉRICA, 1989.

Aerodynamic Drag (Arrasto Aerodinâmico)

Como o fluxo de ar sobre um veículo (ou qualquer outro corpo para esse assunto) é tão complexo, é necessário desenvolver um modelo semi - empírico que representa o

efeito. Assim sendo o arrasto aerodinâmico é caracterizado pela seguinte equação:

$$D_A = 1/2 \rho V^2 C_D A$$

where:

- C_D = Aerodynamic drag coefficient
- A = Frontal area of the vehicle
- ρ = Air density

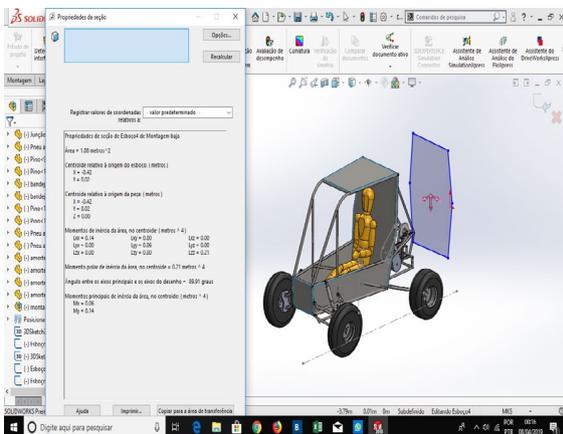
GILLESPIE D. Thomas, Fundamentals of Vehicle Dynamics, pag 97, SAE.

| VEÍCULO | C_a | C_a^2 (lb . seg ² . f _t ⁻⁴) |
|--------------------|-------------|---|
| CARROS PASSAGEIROS | 0,25 - 0,45 | 0,065 - 0,117 |
| CONVERSÍVEIS | 0,6 - 0,70 | 0,155 - 0,182 |
| CARROS DE CORRIDA | 0,2 - 0,3 | 0,052 - 0,078 |
| ONIBUS | 0,6 - 0,7 | 0,155 - 0,182 |
| CAMINHÃO | 0,8 - 1,0 | 0,208 - 0,260 |
| MOTOCICLETA | 1,3 | 0,338 |
| ESFERA | 0,47 | 0,122 |

* $C_a = 0,26 c_a$

CANALE, Antonio, Automobilística dinâmica e desempenho, pag 69, ÉRICA, 1989.

Projetando a área frontal através do modelo.



(Imagem retirada da projeção do veículo baja software Solidworks)

Calculando o arrasto aerodinâmico.

- Consideramos uma velocidade de 40 km/h (cerca de 11 m/s), que é a média de veículos desse tipo nas competições da SAE.
- Tendo a densidade do ar igual a 1,2 Kg/m³.

- Tendo uma área frontal modelada em cerca de 1,1 m².
- Considerando coeficiente de arrasto igual a 0,7 de acordo com a tabela.

Calculamos:

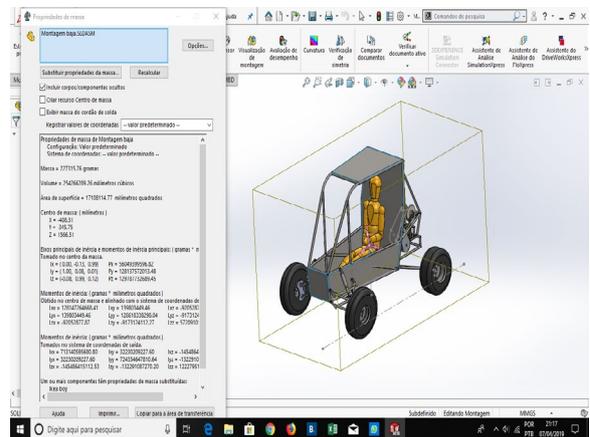
$$D_a = 1/2 * \rho * V^2 * C_d * A$$

$$D_a = 1/2 * 1,2 * 11^2 * 0,7 * 1,1$$

$$D_a = 56 \text{ N}$$

| VEÍCULO | CONCRETO | DUREZA MÉDIA | AREIA |
|--------------------|----------|--------------|-------|
| CARROS PASSAGEIROS | 0,015 | 0,10 | 0,30 |
| CAMINHÕES PESADOS | 0,012 | 0,08 | 0,25 |
| TRATORES | 0,02 | 0,04 | 0,20 |

CANALE, Antonio, Automobilística dinâmica e desempenho, pag 69, ÉRICA, 1989.



(Modelo CAD aproximado no SolidWorks)

Calculando a resistência a rolagem:

- Considerando 250 kg devido ao modelo incompleto no software e também devido a média de peso dos veículos de baja SAE já com o piloto.
- Considerando coeficiente de resistência a rolagem igual a 0,1 de acordo com tabela anterior.

Resistência a rolagem:

$$R_x = F_r * W$$

$$R_x = 0,1 * 250 \text{ Kg} * 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$R_x = 0,1 * 2.450 \text{ N} = 245 \text{ N}$$

- Grade (Resistência ao gradiente)

A força adicional no veículo resultante do grau é dada por:

$$R_g = W \sin \Theta$$

For small angles typical of most grades:

$$\Theta \text{ (radians)} \cong \text{Grade} = \text{Rise/run}$$

$$R_g = W \sin \Theta \cong W \Theta$$

GILLESPIE D. Thomas, Fundamentals of Vehicle Dynamics, pág 50, SAE.

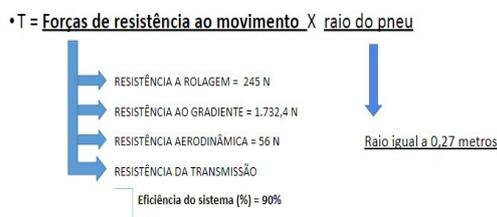
Devido a necessidade do veículo vencer aclives de 45° (graus) segundo o regulamento da SAE, teremos assim, $\Theta = 45^\circ$.

$$R_g = W * \text{sen}(45^\circ)$$

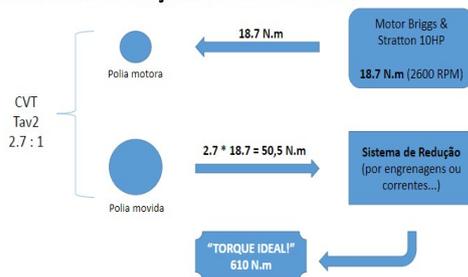
$$R_g = 2.450 \text{ N} * \text{sen}(45^\circ)$$

$$R_g = 1.732,4 \text{ N}$$

Assim definindo o torque necessário:



Definindo a relação de transmissão:



Assim foi definido a redução total:

Redução total = torque ideal/torque de entrada

$$\text{Redução total} = 610/56 \approx 10,9$$

Porém esse cálculo é para momento de inercia, e a maioria dos obstáculos na competição é com o veículo em movimento assim pode colocar um torque de entrada

aproximadamente de 70Nm dando uma redução total de 9.

Após calcular a redução total, o sistema de redução foi escolhido pela equipe, uma redução com um conjunto de 4 rodas dentadas movidas por corrente, o número de dentes foi escolhido por fatores da corrente, pois a corrente precisa ser uma para aguentar o desgaste e pistas de off road, fazendo uma pesquisa foram achados os modelos.

Para off road existem basicamente dois tamanhos de corrente. A corrente 428 e a corrente 520. A corrente 428 é utilizada em veículos menores e a corrente 520 é mais reforçada e usada na maioria dos veículos. Existe também a corrente 530. A diferença da corrente 520 para a corrente 530 é que a 530 é mais larga. Há correntes com emenda e correntes sem emenda. As correntes sem emenda exigem que a balança seja retirada para poderem ser montadas, mas tem a vantagem de não possuírem o elo de emenda que é um ponto mais fraco na corrente.

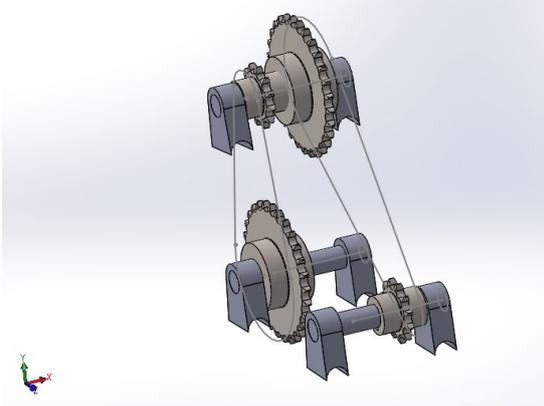
Passo de uma corrente é a distância entre os centros dos pinos.

520 - Passo 15,875mm (5/8") - Largura Interna 6,35mm (1/4") - Diâmetro Rolete 10,16mm (iso 10A-1)

525 - Passo 15,875mm (5/8") - Largura Interna 7,95mm (5/16") - Diâmetro Rolete 10,16mm (iso 10A-1)

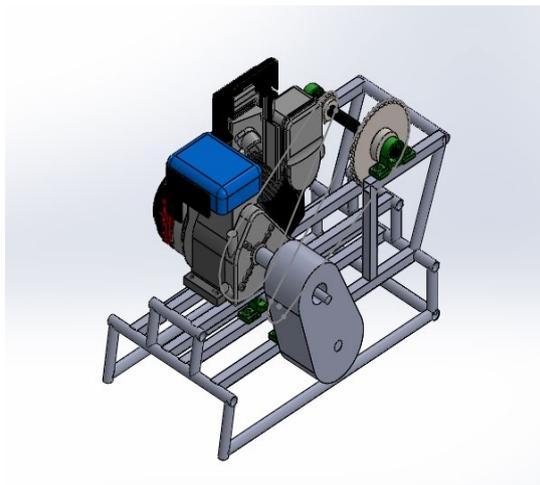
530 - Passo 15,875mm (5/8") - Largura Interna 9,53mm (3/8") - Diâmetro Rolete 10,16mm (iso 10A-1) -mais precisa-

Muda também a espessura das placas (internas e externas), assim como a capacidade de carga da corrente. Uma corrente 530 aguenta mais carga (força) que uma 520. Assim foi constatado que o tipo de roda dentada era padrão o modelo ISO 10A-1, e foi feito duas relações de 13x39 assim dando uma redução total esperada de 9.



(Imagem ilustrada da redução total software *SolidWorks*)

Assim concluindo o sistema de redução como nas imagens a seguir:



(Sistema de Redução mais o Motor e gaiola do veículo, software *SolidWorks*)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após finalizar o prazo do projeto, foi possível alcançar resultados surpreendentes como a construção de todo um sistema de transmissão e motorização do veículo off road baja, todo o sistema foi testado e analisado o seu desempenho o qual mostrou se satisfatório em relação as expectativas, pois é um projeto pioneiro no campus lagarto e portanto várias dúvidas e diversos problemas foram surgindo ao longo do andamento do projeto, mais que ao final, foi possível superar as dificuldades e alcançar os resultados e objetivos propostos. A imagem a seguir mostra o sistema de

transmissão montado juntamente com o motor e seus acessórios.



(Sistema de transmissão atual motor mais CVT)

CONCLUSÕES

A projeção desenvolvida para o **veículo** of road o baja teve que ser **criticamente** feita **através** de um conhecimento sobre o regulamento da sae atualizado para o ano de 2018. Com término deste trabalho, proporcionou o dimensionamento dos componentes de transmissão para o protótipo Baja SAE do IFS/Campus Lagarto. Contemplando todos os aspectos e etapas de dimensionamento, tendo como objetivo analisar as dinâmicas do veículo, através do sistema de transmissão.

Analisando a metodologia implementada, aponta-se como principal contribuição a separação por etapas onde a busca por informações sobre os dados necessários deve agilizar o processo de dimensionamento. Os elementos de transmissão serão dimensionados atendendo aos requisitos e a análise dos esforços de transmissão, que proporcionarão uma visão ampla dos principais fatores de dinâmica veicular no que diz respeito a sistemas transmissão, desta forma, permitindo maximizar o potencial do sistema durante o uso.

REFERÊNCIAS

CANALE, Antonio, Automobilística dinâmica e desempenho, pág 64, ÉRICA, 1989.

CHIODELLI, Ronan Toledo. Dimensionamento de componentes de transmissão para um protótipo baja SAE. **Undergraduate Thesis, Horizontina Faculty**, 2012.

GILLESPIE, Thomas D. **Fundamentals of vehicle dynamics**. SAE Technical Paper, 1992.

PAULA, Aline Emidio de et al. Projeto mecânico do sistema de transmissão de um veículo Baja. 2013.