

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO POR CORRENTE DE UM CARRO BAJA SAE

MAYLA WENDY SOARES DA SILVA^{1*}, ARIELLY ASSUNÇÃO PEREIRA², THEYD ROBSON GONÇALVES DA SILVA³, WILLIAM DA SILVA FREITAS⁴, JOÃO EUDES DA SILVA OLIVEIRA⁵

¹Aluno de graduação em Engenharia Mecânica - Faculdade Estácio de Belém, Belém-PA,
mayla.wendy@yahoo.com.br

²Msc. Professora em Engenharia Mecânica, Faculdade Estácio de Belém, Belém-PA,
arielly.pereira@gmail.com

³Aluno de graduação em Engenharia Elétrica - Faculdade Estácio de Belém, Belém-PA,
theyd.r.silva@gmail.com

⁴Aluno de graduação em Engenharia Mecânica - Faculdade Estácio de Belém, Belém-PA,
will.23.mecanica@gmail.com

⁵Aluno de graduação em Engenharia Mecânica - Faculdade Estácio de Belém, Belém-PA,
joao.eudes_silva@hotmail.com

RESUMO. Este trabalho teve por finalidade o dimensionamento do sistema de transmissão de um carro off-road para a 23ª Competição BAJA SAE Brasil, obedecendo os requisitos do regulamento. Para a segunda etapa de redução escolhemos a redução por corrente, devido ao seu baixo custo e fácil manutenção. Para o cálculo da relação de transmissão das correntes foi definido que seriam utilizadas duas etapas de redução. Foi calculada também a relação de transmissão que faria com que as rodas deslizem no asfalto. Encontramos assim que a relação de transmissão fixa ideal para o nosso carro seria de 9,5.

PALAVRA-CHAVE: Transmissão. Redução. Dimensionamento.

SIZE OF THE CURRENT TRANSMISSION SYSTEM OF A SAE CAR

ABSTRACT. This work had the purpose of designing the transmission system of an off-road car for the 23rd BAJA SAE Brazil Competition, obeying the requirements of the regulation. For the second stage of reduction we chose the current reduction due to its low cost and easy maintenance. For the calculation of the transmission ratio of the chains it was defined that two reduction steps would be used. It was also calculated the gear ratio that would cause the wheels to slide on the asphalt. We thus found that the ideal fixed ratio for our car would be 9.5.

KEYWORD: Transmission. Reduction. Sizing.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por finalidade, o dimensionamento de um sistema de transmissão que consiga atender as necessidades de projeto de um carro off road da competição BAJA SAE, sendo que deve resistir com segurança às condições de trabalho impostas durante a competição, proporcionando variações de torque e rotações de maneira eficiente, e principalmente que o veículo supere os obstáculos impostos em competição sem maiores dificuldades. As transmissões de potência representam um dos sistemas com maiores possibilidades de inovação, pois caracteriza a ligação entre o motor e as rodas do veículo, garantindo a eficiência do automóvel.

O objetivo deste projeto é dimensionar um sistema de transmissão por corrente para um carro ser capaz de operar em terrenos acidentados e em qualquer condição climática. Com tração suficiente para vencer os obstáculos e distância adequada do solo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A transmissão é a força em um carro baja, é realizada através dos seguintes componentes: Motor, um conjunto de redução por Transmissão Variável (CVT), um caixa de redução por correntes e eixos de saída para as rodas. Tem como finalidade transmitir a potência promovida do motor para as rodas do veículo.

2.1. Transmissão por Corrente

A transmissão por corrente consiste em elemento de máquina flexível composto por vários pinos interligados feitos de material metálico de alta resistência. Dependendo da potência a ser transmitida, a corrente pode apresentar diferentes tamanhos. As principais vantagens do sistema de transmissão por correntes são: adequada para grandes distâncias entre centros, longa vida útil, opera em condições severas, transmite alto torque, e compacto.

Porém o sistema apresenta alguns problemas que podem vetar sua utilização em alguns casos, como ruído em altas rotações, demanda lubrificação regular e podem sofrer vibração exagerada em sistemas de pouca precisão. O sistema ainda se mostra vantajoso quando vários eixos precisam ser acionados por uma única unidade motora. Outra desvantagem é a segurança desse sistema, quebras na corrente de transmissão podem oferecer riscos aos usuários e a outros componentes do sistema de transmissão. Além disso, esse sistema é considerado de alta eficiência para sistemas de redução de transmissão até 3:1, e moderada eficiência até 5:1, não sendo recomendado para valores de redução superiores ao anteriores mencionados. (CHIODILLI, 2012)

As reduções por correntes ainda podem ser divididas de acordo com o tipo de corrente utilizada, algumas delas são: correntes de rolos (utilizada em transmissão de alta potência e sistemas de transporte), correntes de buchas (utilizada em sistemas de baixa rotação e alta carga), correntes de dentes (utilizada em altas rotações, tendo como principal vantagem o baixo ruído)

2.2. Esforços de tração

De acordo com Chiodelli (2012), o desempenho de um veículo pode ser definido pela sua velocidade máxima e capacidade de aceleração. O desempenho da transmissão de um veículo também pode ser determinado comparando a tração disponível com a tração necessária para superar qualquer obstáculo.

a) Torque máximo

$$T_m = \frac{P(W) \cdot 30000}{n(rpm) \cdot \pi} \quad (1)$$

b) Esforços de Tração: após descobrirmos a Força máxima de Tração gerada, é necessária a força de tração (F_t) necessária para que o veículo exercer o maior desempenho quando for vencer o momento de inércia. Sendo que F_t é a soma dos esforços de Resistência de Rolamento (R_r), Resistência Aerodinâmica (R_a) e Gradiente de Resistência (R_g).

$$F_t = R_r + R_a + R_g + F_A(N) \quad (2)$$

c) Resistência ao Rolamento: é resistência devido à deformação dos pneus e a superfície do piso no ponto de contato. Pode ser calculado através da equação abaixo:

$$R_r = m_t(kg) \cdot R_m(N/kg) \quad (3)$$

Sendo que: m_t é somatória da massa do veículo e do condutor, e R_m é o coeficiente de resistência ao rolamento.

d) Resistência do Ar: representa a resistência oferecida pelo ar durante o movimento.

$$R_a = \frac{C_x \cdot V^2 \left(\frac{m}{s}\right) \cdot A(m^2)}{21} \quad (4)$$

e) Gradiente de Resistência: caracteriza-se pela resistência gerada devido à inclinação da superfície da estrada. Considerando a maior inclinação de 60° a ser superada pelo veículo em

velocidade constante a partir da aceleração de pista plana, sendo S a gradiente de inclinação equivalente a 100%.

$$R_G = \frac{m_t(kg) \cdot a\left(\frac{m}{s^2}\right) \cdot S}{100} \quad (5)$$

f) Força para Acelerar: esta é a força necessária para acelerar o veículo, para cálculo da F_a , temos que calcular primeira a aceleração (a), através da equação:

$$a = \frac{V_f - V_0}{t} \quad (6)$$

Para o cálculo de F_a , temos:

$$F_A = m_t(kgN) \cdot a(m/s^2) \quad (7)$$

Considerando os esforços máximos atuantes na situação, retomaremos a equação de Força de tração, fazendo a soma de todas as forças que estão agindo no veículo.

g) Torque e Rotação de Saída: o torque de saída é o mesmo torque da roda, pode ser calculado:

$$T_S = F_t(N) \cdot r(m) \quad (8)$$

2.3. Definição da caixa de redução por corrente

A relação de transmissão para o projeto é do tipo redutora com dois pares de rodas dentadas, com correntes do tipo cilíndricas. Pode ser calculada a partir da fórmula 10.

$$i = \frac{d_2}{d_1} + \frac{\omega_1}{\omega_2} + \frac{f_1}{f_2} + \frac{M_{t2}}{M_{t1}} \quad (9)$$

Ou ainda, $i = Z_2 / Z_1$, sendo que para altas relações de transmissão tem que se verificar o ângulo abraçamento em Z_1 não é menor que 120 graus.

A partir da seleção do valor da transmissão é possível escolher o número de dentes das rodas dentadas – movida e motora - assim podendo definir o Fator de aplicação f_1 , que leva em consideração a sobrecarga dinâmica, que depende das condições de operação da corrente.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada para a execução projeto, foi definida da seguinte forma: coleta de dados, análise dos esforços de tração, dimensionamento da transmissão.

3.1. Coleta de dados

O motor é outra restrição do regulamento, este deve ser o mesmo utilizado em todas as equipes, o modelo é o Briggs & Stratton, 4 tempos, monocilíndrico com combustão interna, injeção de gasolina por carburação e com potências de 10HP série 20. De acordo com Chiodelli (2012), o motor possui um torque máximo de 18,6 N.m à 2600 rotações por minuto. Através desta informação identificamos a faixa de rotação que gera maiores esforços na transmissão e proporcionando ao veículo maior força de tração.

CVT é uma transmissão que tem como fundamental característica variar continuamente a relação, possibilitando que o motor trabalhe com uma rotação mais adequada de acordo com a solicitada. Sendo que existem vários tipos de CVT's, para este projeto será utilizado de polias de diâmetro variável. O CVT escolhido foi da CVTECH - IBC, uma vez que essa patrocina a competição baja com o conjunto de transmissão completo, incluindo uma polia de transmissão, uma polia conduzida, duas esteiras, um conjunto de calibração.

Para as análises dos esforços, são foram determinados alguns valores Por exemplo: Roda de 12", massa do carro de 275 kg e 90 kg o piloto, velocidade mínima de 10 km/h e máxima de 60km/h, e considerando um rendimento máximo de 98%.

3.2. Análise dos esforços de tração

Através das relações de transmissão definidas, calculou-se o torque máximo disponível no eixo final para as diferentes rotações e com isso obteve-se a Força Máxima de Tração através da relação, que o veículo fornece as rodas. Para isso, fez-se necessário coletar informações quanto aos coeficientes de arrasto aerodinâmico e área frontal do veículo, coeficientes de atrito e rolagem dos pneus com os diferentes tipos de solo, a fim de calcular os demais esforços. O Esforço Máximo de Tração representa a soma de todos os esforços envolvidos na tração, onde através dos coeficientes adquiridos pode-se obter o Esforço de Rolamento, Resistência Aerodinâmica e Gradiente de Inclinação, considerando as condições que apresentassem maior esforço.

3.3. Dimensionamento da transmissão

Inicialmente, foi definido que a transmissão para o projeto é um conjunto com dois pares de rodas dentadas com correntes do tipo rolo, sendo que o primeiro par fornece a ampliação do torque fornecido pelo motor. E através de leituras bibliograficas, percebeu-se que emprego da transmissão por corrente além de ser mais viável economicamente, possui baixo peso e complexidade e supre as necessidades de eficiência

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com as análises dos esforços de tração, foi possível determinar a melhor relação de transmissão, pois assim foi considerado a influência das forças diversas que estão exercendo sobre o veículo. O gradiente de resistência a inclinação que representa uma parte considerável da Força de Tração para inclinação de 100% (60°), soma-se a esse alto valor do peso atribuído ao piloto com 90 kg, sendo que não pode ultrapassar o valor de 113,4 kg. O valor da velocidade manobra é decisivo, haja vista que a resistência aerodinâmica aumenta ao quadrado com a velocidade, é usual que a provas de maior exigência de tração são realizadas a baixas ou médias velocidades.

Tabela 1. Dados dos cálculos dos esforços de tração. Fonte: Autores, 2017.

Esforços de Tração			
	Inércia	Movimento	Plano Inclinado
Res. Aerodinâmica	5,88	213,9	53,48
Res. ao Rolamento	809,2	809,2	572,3
Gradiente de Res.	-----	-----	2336,3
Força de Aceleração	12,65	21,175	-----
Força Total	827,73	1044,275	-----
Torque	231,27	291,77044	-----

Tabela 2. Matriz de decisão para relação de transmissão. Fonte: Autores, 2017.

icvt	i1 = i2	icdr=i1*i2	it=icvt*i1*i2	Nm (rpm)	Nr=Nm/it	Tr=Tm*it*n	v=Nr*R*pi/30
0,34	1	1	0,34	200	588,2352941	5,432316	17,20227451
0,49	1,15	1,3225	0,648025	300	462,9451024	10,35375464	13,53830485
0,64	1,3	1,69	1,0816	400	369,8224852	17,28115584	10,81503945
0,79	1,45	2,1025	1,660975	500	301,0280107	26,53806197	8,803223007
0,94	1,6	2,56	2,4064	600	249,3351064	38,44801536	7,291522606
1,09	1,75	3,0625	3,338125	800	239,6554952	53,33455838	7,008453348
1,24	1,9	3,61	4,4764	1000	223,3937986	71,52123336	6,53289846
1,39	2,05	4,2025	5,841475	1200	205,4275675	93,33158267	6,007496394
1,54	2,2	4,84	7,4536	1400	187,8287002	119,0891486	5,492837466

1,69	2,35	5,5225	9,333025	1600	171,4342349	149,1174736	5,013399907
1,84	2,5	6,25	11,5	1800	156,5217391	183,7401	4,57730087
1,99	2,65	7,0225	13,974775	2000	143,1150054	223,2805701	4,185236137
2,14	2,8	7,84	16,7776	2200	131,1272172	268,0624262	3,834666857
2,29	2,95	8,7025	19,928725	2400	120,4291795	318,4092108	3,521814868
2,44	3,1	9,61	23,4484	2600	110,8817659	374,6444662	3,242611578
2,59	3,25	10,5625	27,356875	2800	102,3508716	437,0917346	2,993135242
2,74	3,4	11,56	31,6744	3000	94,71371202	506,0745586	2,769795166
2,89	3,55	12,6025	36,421225	3200	87,86085586	581,9164803	2,569391154
2,92	3,7	13,69	39,9748	3400	85,05358376	638,6933695	2,487295663
2,96	3,85	14,8225	43,8746	3600	82,0520301	701,002034	2,399518628
3	4	16	48	3800	79,16666667	766,9152	2,315139444

A partir dos dados da tabela, a relação de transmissão escolhida foi a 9,61 encontrado na tabela 2, sendo que para atender as necessidades de projeto, sendo definido para as duas etapas de redução. Foi calculada também a relação de transmissão que faria com que as rodas deslizem no asfalto. Encontramos assim que a relação de transmissão fixa ideal para o nosso carro seria de 9,5. O que é bem perto da relação de transmissão que foi oferecida a nossa equipe por um dos patrocinadores. Número de dentes: Coroa: 45, Pinhão 14, Material Aço 1045, Distância entre eixos Primeira redução: 153mm Segunda redução: 280mm, de acordo com a imagem abaixo.

Imagem 1. Sistema: coroa/pinhão e corrente da Riffel. Fonte: Autores, 2017.



5. CONCLUSÕES

Com este estudo, foi possível o dimensionamento dos componentes de transmissão de uma caixa de redução para o protótipo Baja SAE da Equipe *Jambú Racing*. Tendo como objetivo analisar as dinâmicas do veículo, através do sistema de transmissão foi possível definir os elementos de transmissão atendendo aos requisitos e a análise dos esforços de transmissão, proporcionaram uma visão ampla dos principais fatores de dinâmica veicular no que diz respeito a sistemas transmissão.

REFERÊNCIAS

CHIODELLI, R. T. **Dimensionamento de componentes de Transmissão para um protótipo BAJA SAE**. Faculdade Horizontina, 2012.

DIAS, F. M. **Projeto e construção de uma nova bancada de ensaio de CVT**. Faculdade de Tecnologia – Departamento de Engenharia Mecânica, 2010.

MELCONIAN, S. **Elementos de Máquinas**. Editora Érica, 10ª Edição, 2012.