

Received:
October 15, 2020

Accepted:
October 31, 2020

Published:
November 1, 2020

Transmission System for a baja vehicle SAE BRASIL

João Victor Garcia Freitas¹ , Joérbia Maria Pereira dos Santos¹ , Maicon Del Piano¹ , Pedro Augusto Barbosa Santos¹ , Vinícius Antônio Campos Souza¹ 

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Brasil.

Email address

joao.garcia@ufvjm.edu.br (João V.G. Freitas)

joerbia.maria@ufvjm.edu.br (Joérbia M.P. Santos) – Corresponding author.

maicon.alfredo@ufvjm.edu.br (Maicon D. Piano)

santos.pedro@ufvjm.edu.br (Pedro A.B. Santos)

vinicius.souza@ict.ufvjm.edu.br (Vinícius A.C. Souza)

Abstract

SAE BRASIL is a program that holds contests where students are encouraged to apply and develop their knowledge in the engineering area. One of its modalities is the baja, which consists of a kind of all-terrain vehicle. In order to improve performance in these competitions, and obtain trophies, this work aims to assemble a transmission system that better adheres to the prototype in a competitive way, guaranteeing the vehicle a good tractive capacity, and a good maximum speed, thus surpassing the old prototype BE-08, this taking into account the financial and bureaucratic conditions. This system is basically composed of a 19 briggs & stratton series engine, CVT (continuously variable transmission), a pair of CVs, and a transfer box, which when together are also called the power train. Thus, based on the methodology and analysis of the data, it was possible to develop a vehicle better than BE-08 reaching the design premise.

Keywords: Transmission, Reduction box, CVT, Homokinetics, Torque.

1. Introdução

A *Society of Automotive Engineers* (SAE) BRASIL é um programa que organiza e promove competições que incentivam os estudantes a aplicar os conhecimentos desenvolvidos em sala de aula. Para o setor automotivo destacam-se os projetos do Baja e Fórmula, sendo o primeiro uma proposta de veículo *off road*, robusto para diversos terrenos (SAE BRASIL, n.d.). Para garantir a paridade entre as equipes, os veículos que participam da competição devem seguir por completo as regras do Regulamento Administrativo e Técnico Baja SAE Brasil (Baja SAE Brasil, 2019)

Esses projetos são desenvolvidos por equipes compostas por estudantes. O Baja Espinhaço é uma equipe que há 9 anos representa a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri nas competições nacionais e regionais de Baja da SAE Brasil, projetando, desenvolvendo e otimizando protótipos baja.

Esses protótipos são modelos de veículos criados para superar diversos obstáculos com eficiência e segurança para o usuário, e é constituído por projetos específicos para os seus subsistemas. O *powertrain* é o subsistema responsável pela máxima eficiência de transmissão de potência do motor até as rodas com mínimo de perda possível. Vale ressaltar que esse sistema é composto por um motor *briggs & stratton série 19*, câmbio CVT (transmissão continuamente variável), uma caixa de transferência, e um par de homocinéticas.

Nesse contexto o presente objetivo é superar os desafios da equipe Baja Espinhaço, desenvolver e otimizar este subsistema com um menor custo, além de garantir uma maior eficiência, por meio de regulagens dos demais componentes, definições de relações de torque e potência, entre outros. Para completar provas, circuitos, e atingir os objetivos estabelecidos pela equipe, o veículo deve ter uma boa capacidade trativa máxima de pelo menos 350 kg, velocidade final superior a 40 Km/h, e transpor

obstáculos de até 55°. Assim, visando melhorar o desempenho nas competições, um dos grandes desafios para a equipe Baja Espinhaço.

2. Metodologia

O primeiro passo foi obter dados dos subsistemas anteriores desenvolvidos pela equipe, dos protótipos de outras equipes em competições passadas, e do motor que é um componente definido pelo programa SAE BRASIL. Pra isso foi feita uma busca de informações no site da SAE BRASIL, como velocidade máxima e aceleração dos veículos na competição nacional de 2019, além de informações do motor no próprio manual, e alguns dados de redução da caixa de transferência, uma vez que não era viável a fabricação de uma nova caixa.

Feito essa coleta, analisou-se as informações juntamente com o regulamento do Baja SAE Brasil, e então foram definidas as premissas de todo o sistema, para que o protótipo alcançasse o melhor rendimento em provas dinâmicas, priorizando a robustez e torque, visto que, os circuitos propostos nas competições são compostos em grande parte, por obstáculos trativos e de baixa velocidade.

Observou-se que nos resultados das equipes na etapa nacional de 2019 (Baja SAE Brasil, 2019), 5% dos veículos alcançaram velocidades máxima entre 39 e 41 km/h, conforme a Figura (1), logo a premissa inicial foi justamente superar essas velocidades, sem comprometer o torque e a robustez, para então tornar o carro mais competitivo.

Para que o motor apresentasse um melhor desempenho, sua rotação mínima foi ajustada para 1600 rpm, com acionamento de aceleração sensível para alcançar a rotação máxima com um curso mínimo de pedal para o usuário, dessa forma o pedal foi feito com ajuste de angulação na pedaleira e no curso de acionamento.

Para alcançar o torque desejado, utilizou-se a mesma relação de transmissão fixa por engrenagens do protótipo antigo, assim, a caixa de transferência ou caixa de redução, foi projetada para ter um maior torque, e um menor volume comparado ao sistema anterior. Ela é composta por quatro engrenagens cilíndricas de dentes retos, três eixos e chavetas.

Em relação ao câmbio, optou-se por utilizar um CVT, devido a sua capacidade de transmitir o máximo de potência com melhor controle de faixa de rotação, além do baixo consumo de combustível. Por meio das relações de redução fixa e dos

respectivos modelos de CVT, aplicando a metodologia apresentada por Gillespie (1992), foi possível estimar o torque e a velocidade máxima que o protótipo atingiria, possibilitando assim uma comparação de desenvolvimento entre os modelos.

Por fim, foram realizados testes para o levantamento de dados, validando o projeto desenvolvido, além de ajustar as configurações do veículo.

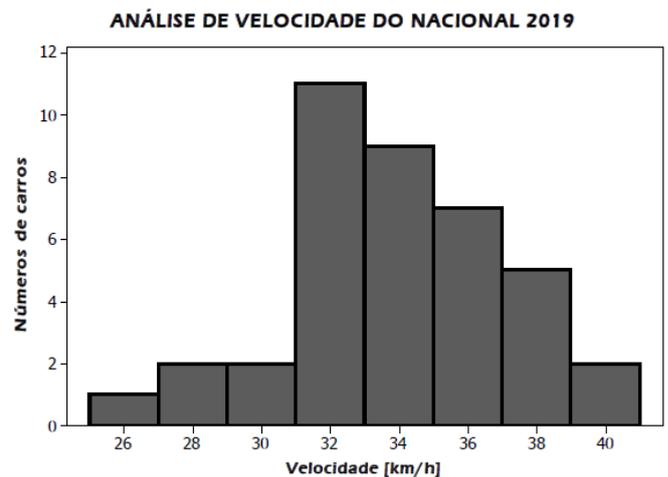


Figura 1 – Estudo ergonômico de acionamento.

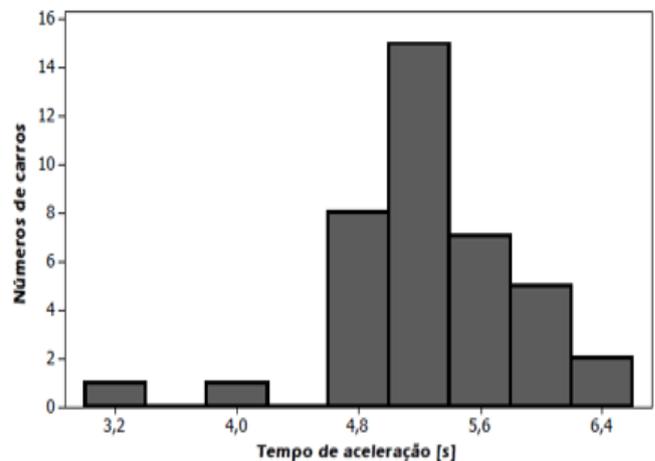


Figura 2 – Análise da aceleração.

3. Resultados e Discussões

A redução por engrenagens se mostrou vantajosa, além de requerer baixa manutenção, mantém a robustez e confiabilidade no sistema em condições críticas de operação. Isso ocorre devido as engrenagens trabalharem dentro de uma carcaça vedada e bem lubrificada, evitando assim o contato com detritos presentes no ambiente (Caldeira e Alves, 2017). A Tabela (1) apresenta os parâmetros desse sistema.

Tabela 1 – Parâmetros do sistema de redução por engrenagens.

Parametros	1º redução	2º redução
Nº de dentes	19 : 59	28 : 91
Redução parciais	3,105	3,25
Redução total	10,09	-

Na Tabela (2) é apresentado o resultado da comparação dos modelos de CVT. Notou-se que a *Comet 780* e a *Comet 790* atenderiam os objetivos, entretanto, optou-se pela *Comet 780* por ser mais economicamente viável. Como pode ser observado nessa tabela, a CVT *Comet 780* atingiu uma velocidade máxima superior a 40 km/h, além de também fornecer um torque superior as demais CVTs que atingiram velocidade acima de 40 km/h.

Tabela 2 – Análise modelos de CVT.

CVT	Torque máximo [N.M]	Velocidade máxima [km/h]	Active máximo [°]
Comet 770	727,043	38,462	90
Comet 780	672,810	44,037	68,796
Comet 790	617,439	56,269	58,686
Gaged GX9	730,697	39,981	90
Polaris P90	699,642	38,461	75,948

Ao analisar as homocinéticas disponíveis no mercado optou-se pela *Vw Gol G2 G3 G4* devido ser facilmente encontrada no mercado e seu baixo custo. Essa homocinética atende a angulação máxima de trabalho de 22°. Entretanto, para completar todo o curso transversal foi necessário

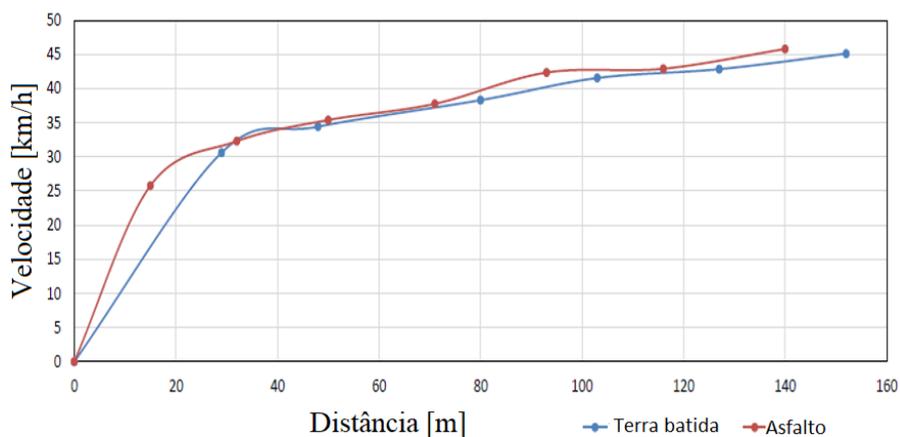


Figura 4 – Teste de velocidade máxima.

4. Considerações finais

O projeto, como um todo, exigiu o desenvolvimento de habilidades e conhecimentos por parte dos membros, para que fosse possível obter melhorias dentro da equipe.

fazer uma adaptação com luva do eixo cardan de chevete. Vale ressaltar que, mesmo com a adaptação, o custo da peça por completo foi inferior do que a peça que atendia o curso transversal.

Nas configurações, verificou-se as possíveis calibrações que alcançasse maior eficiência para a aceleração do veículo, chegando-se à configuração de uma calibração com 20 Psi como pode ser observado na Figura (3), assim o veículo estará entre os 10 mais rápidos da categoria nacional, conforme a Figura (2).

Com o sistema montado e configurado, fez-se testes e validações para analisar se os objetivos foram alcançados. Avaliou-se a velocidade do carro no asfalto e na terra batida, obtendo os dados apresentados na Figura (4).

Fez-se também teste de tração, onde o veículo foi capaz de puxar 360 Kg contra 300 Kg do antigo modelo, sem perder a aderência com o solo.

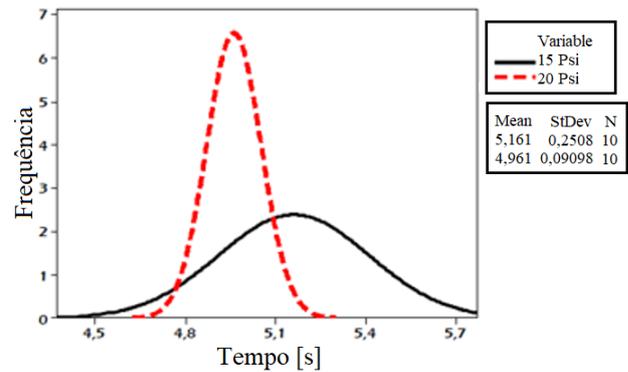


Figura 3 – Influência da pressão dos pneus no tempo de aceleração.

Utilizando o motor *briggs & stratton série 19*, a redução por engrenagem, a *CVT Comet 780*, e a homocinética da *Gol*, em um terreno plano de terra batida, o protótipo atingiu uma velocidade média de 26,07 km/h em uma distância de 50 m. A velocidade máxima desenvolvida é 15% maior que máxima

desenvolvida na etapa nacional da categoria, 44,48 Km/h.

Outro fator relevante, foi o aumento da capacidade trativa do veículo, que superou os 300 kg (peso puxado pelo protótipo BE08), puxando 360 kg, sem perder a aderência com o solo.

Logo, o protótipo alcançou velocidade máxima satisfatória, superando a velocidade máxima registrada no nacional de 2019, torque necessário para superar obstáculos e garantir aceleração suficiente nas competições, e com isso, a equipe Baja Espinhaço adquiriu o troféu 2º lugar de tração, em uma prova dentro da competição Nacional de 2020.

Referências

BAJA SAE BRASIL, 2019. *25ª Competição Baja SAE Brasil*. Disponível em: <<https://resultados.baja-sae-brasil.online/19BR/>> [Acessado em 21 junho 2020].

Caldeira, C.G. e Alves, V.E.P., 2017. *Projeto de uma caixa de redução com engrenagens cilíndricas de dentes retos*. Graduação. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Gillespie, T., 1992. *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. Society of Automotive Engineers (SAE).

SAE BRASIL. n.d. *Baja Nacional*. Disponível em: <<http://portal.saebrasil.org.br/programas-estudantis/baja-sae-brasil>> [Acesso em 21 junho 2020].

SAE BRASIL, 2019. *Regulamento Administrativo e Técnico baja SAE Brasil (RATBSB). Emenda 03*. São Paulo: SAE Brasil.