

DESENVOLVIMENTO DE UM VEÍCULO PARA OPERAÇÃO EM CONDIÇÕES FORA DE ESTRADA

Aluno: Eduardo Turba de Paula
Orientador: José Alberto dos Reis Parise

Introdução

Foi feito um estudo dos fatores para projeto da geometria de suspensão e direção do veículo, juntamente com o desenvolvimento dos componentes mecânicos vitais ao bom funcionamento deste. Tendo sempre em vista o meio de ação do veículo, todos estes fatores estão relacionados de forma que cada elemento deve ser otimizado para melhorar tanto suas características particulares quanto sistemáticas.

Objetivos

Desenvolver uma suspensão atuante o suficiente para que consiga corrigir com exatidão as imperfeições do solo de trabalho, porém firme o bastante para que evite a rolagem de carroceria quando percorrendo um raio de curvatura acentuado ou desvios simultâneos de trajetória. Paralelamente, elaborar um sistema de direção que realize a mudança de trajetória desejada sem alterar as características da suspensão.

Metodologia

A fim de que um veículo possua um comportamento dinâmico adequado, é imprescindível que haja um projeto de suspensão e direção coerentes com as circunstâncias de trabalho, embora os procedimentos para se chegar a esta geometria sejam os mesmos independentemente do meio. Nem sempre os valores encontrados são aplicáveis devido a restrições de regulamento.

Uma das filosofias mais utilizadas atualmente para se iniciar um projeto veicular é a “outboard to inboard”, literalmente, “de fora para dentro”. Ou seja, sempre devemos iniciar um projeto tendo como ponto de partida os extremos do veículo, para em seguida migrar em direção ao interior do veículo. Tal filosofia é imperativa em competições de alto nível já que a escolha de pneus adequados é essencial para um bom desempenho nas pistas. Em nosso projeto foram escolhidos pneus MAXXIS 24-8-12 de uso misto (80% terra, 20% asfalto).

Definidos quais serão os pneus a serem utilizados, devemos decidir qual será a roda e bitola do carro. As rodas devem ser escolhidas corretamente a fim de que o sistema de freio escolhido se encontre completamente encapsulado pelo perfil do aro, desta forma mantendo o componente protegido de detritos e água que podem prejudicar tanto a eficiência de frenagem quanto a integridade estrutural deste.

A bitola é a distância entre o centro de contato dos pneus com o solo que permanecem em um mesmo eixo. Este valor deve ser escolhido tendo sempre em vista a largura máxima permitida para o veículo, presente no regulamento, e qual é característica dinâmica desejada: Bitolas muito grandes tendem a deixar o carro mais estável em altas velocidades porém difícil de manobrar em raios de curvatura reduzidos; já esta sendo muito reduzida tende a deixar este mais ágil todavia instável e difícil de controlar a altas velocidades. Acima de tudo, esta é normalmente limitada por regulamentação de projeto que determina uma largura máxima para o veículo, o que nos fez optar por uma bitola de 50”.

Um projeto de suspensão implica necessariamente no desenvolvimento de uma manga de eixo, componente que possui a função de ligar os braços de controle, pinças de freio, braços de direção e eixos. Abordamos a solução de desenhos em chapas de aço autogabaritadas cortadas a laser e soldadas, solucionando os problemas de desperdício de material, excesso de peso e processo de confecção dispendioso. Optamos também pela maior dimensão admissível para a manga que ficará alocada no interior da roda, dando para esta uma margem de folga que ainda possibilite o passeio de jounce e rebound da suspensão. Essa opção é válida pois quanto maior for a sua dimensão, maior será a sua integridade estrutural e menores serão os momentos resultantes sobre esta.

A inclinação do pino mestre (King Pin Inclination, KPI), que é o ângulo formado entre a vertical e a reta que passa pelo centro de fixação dos braços de suspensão nos dois extremos da manga, é de extrema importância para a dinâmica do veículo e intimamente ligado ao desenho da manga. Esta inclinação é importante para a redução do braço-a-terra, que é o comprimento longitudinal da linha que liga o ponto central da roda e a linha do ângulo de KIP, ambas em contato com o solo. Quando o veículo percorrer uma curva é formada uma força resultante no ponto de fixação da suspensão na direção vertical orientada para cima que é proporcional a esta distância, logo, se esta for muito grande pode ocorrer uma resultante de magnitude tão elevada que resultará no capotamento do veículo. Nossos estudos chegaram a um valor ideal de aproximadamente 9° de KPI.

A determinação do comprimento dos braços de controle, ou braços de suspensão, é o próximo passo. A importância destes para a manobrabilidade do veículo são quanto ao ganho de câmbor e suavidade na absorção dos impactos. O câmbor é a inclinação relativa entre o plano longitudinal do pneu e a vertical, influenciando na manobrabilidade e estabilidade do veículo carroceria quando percorrendo um raio de curvatura acentuado ou desvios simultâneos de trajetória. Este ganho em cambagem é projetado da seguinte forma: O braço inferior é sempre projetado com um comprimento bem maior que o superior, e estes não se encontram paralelos, mas sim com um pequeno ângulo. Dada a geometria de braços diferentes e não-paralelos, podemos traduzir esta diferença geométrica em um leve ganho ou perda de inclinação da roda enquanto percorre o trajeto da suspensão (jounce e rebound).

Usualmente o braço inferior da balança fica paralelo a linha do solo e possui o maior comprimento possível, influenciando em um maior raio de curvatura melhorando a suavidade dos movimentos. O braço superior possui de 50% à 70% do comprimento do braço inferior e se encontra em leve angulação em relação ao inferior, convergindo em um ponto imaginário ao outro extremo do veículo e esta angulação é a responsável pelo ganho de cambagem. A distância entre este ponto e o centro do veículo é conhecido como Swing Arm Length.

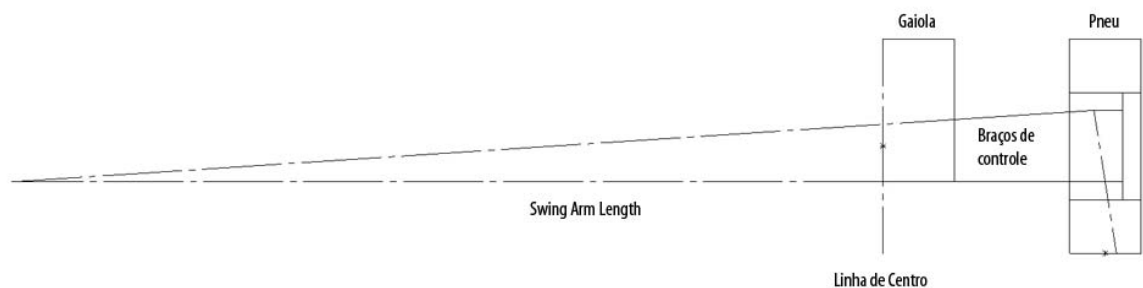


Fig 1. Geometria de suspensão

Igualmente importante, a geometria de direção, ou Ackerman, deve ser projetada corretamente para que o veículo mude de direção de forma correta, porém sem que esta interfira na já definida geometria de suspensão. Dadas as bitolas do veículo, sua distância entre-eixos e o raio de curvatura podemos aplicar uma fórmula que nos dá o ângulo de esterçamento necessário das rodas para que o carro realize a manobra. O ângulo formado pela roda posicionada no interior da curva é sempre maior que a externa a curva.

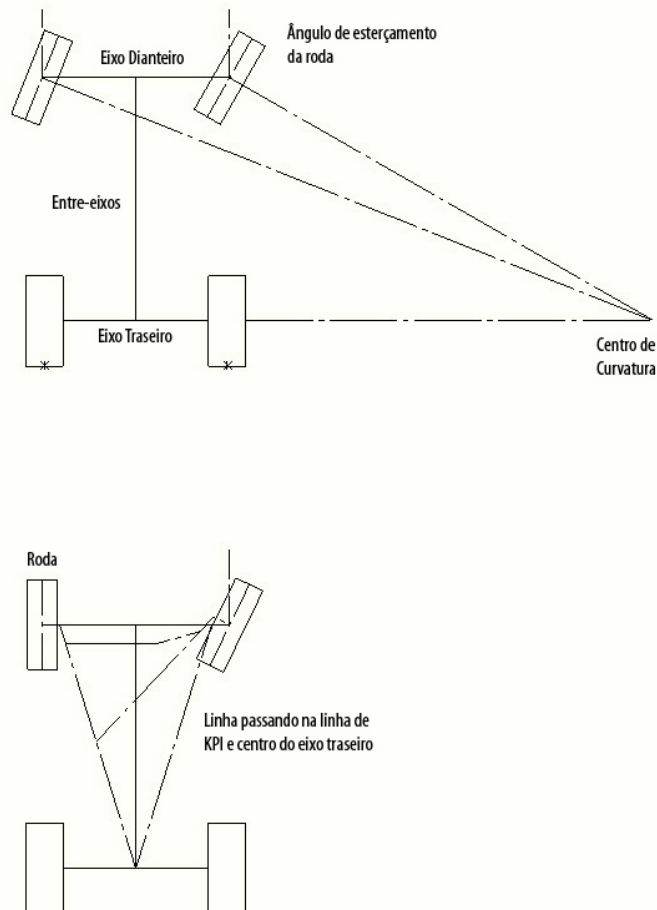


Fig 2. Geometria de direção

O raio de curvatura é raio mínimo que o veículo é capaz de traçar ao manobrar, sendo crucial de extrema relevância neste projeto tendo-se em vista que uma das provas consiste em realizar um slalom entrono de cones de sinalização.

Com estes ângulos definidos, devemos traçar duas linhas com sua origem no ângulo de KPI da manga de eixo, seguindo até o centro do eixo traseiro. Este é o desenho clássico de Ackerman, e que deve ser mantido quando ocorre o estreçamento da roda. Com esta segunda linha podemos definir a posição da caixa de direção, sendo o seu ponto extremo de fixação coincidente com a linha de Ackerman quando a caixa se encontra com o comprimento mínimo. Podemos também ligar a caixa de direção ao ponto de fixação na manga de eixo com um braço intermediário conhecido como “Tie rod”, esta solução é adequada quando a posição da caixa fica muito perto do assento do piloto o que dificulta sua entrada e saída do veículo, bem como o conforto ao dirigir.

Com todos os pontos geométricos já definidos e dimensionados o próximo passo é criarmos um modelo gráfico para verificar se todos os dados estão de acordo, se existe alguma incompatibilidade geométrica que tenha passado despercebida e até mesmo problemas não

imaginados. Utilizando a ferramenta gráfica Solidworks estivemos hábeis a completar com sucesso o desenvolvimento destes componentes.



Fig 3. Componentes modelados virtualmente

Conclusões

O estudo teórico permitiu uma maior compreensão do comportamento dinâmico do veículo. Vimos que todos os componentes que fazem parte deste conjunto exercem funções bem específicas e peculiares, e que sempre que tentamos ganhar de um lado, temos que sacrificar algum outro aspecto.

Referências

- 1 - ADAMS, H. Chassis Engineering: Chassis design building & tuning for high performance handling, 1993.
- 2 - GENTA, G. Motor Vehicle Dynamics: Modeling and Simulation, 1997.
- 3 - STANIFORTH, A. Competition Car Suspension: Design, Construction, Tuning, 1999.