

A Ergonomia na Identificação dos Aspectos Dimensionais Críticos: O Estudo Antropométrico de um Carro de Competição BAJA SAE

Ergonomics in Identification of Critical Dimensional Aspects: The Anthropometric a Car Racing BAJA SAE

Douglas da Silva¹, Bruna Pasquali Plentz², Sílvia Marcia Fiori Sala³, Eugenio Andrés Díaz Merino⁴

Resumo

O presente artigo apresenta estudos ergonômicos realizados em um veículo de competição de Baja SAE de equipe da Universidade Federal de Santa Catarina, contemplando a antropometria do piloto, com o objetivo de identificar os aspectos dimensionais críticos no projeto atual do carro. Estes aspectos podem afetar negativamente o desempenho do mesmo nas provas e de igual forma prejudicar o piloto. Para a análise foram utilizadas tabelas antropométricas com os percentis 5/50/95, além do uso de técnicas de fotogrametria e também da interação de manequins ergonômicos em escala 1:10. Como resultado, foi possível identificar os aspectos dimensionais críticos e propor recomendações para adequá-las às necessidades do piloto.

Palavras-Chave: Ergonomia. Antropometria. Calçados de salto alto. Biomecânica.

Abstract

This paper presents ergonomic studies developed in a competition vehicle of Baja SAE of Universidade Federal de Santa Catarina, in behalf of the pilot with intent to understand its current critical dimensional aspects, that can affect negatively the performance in static tests and how can prejudice the pilot during the endurance race. To develop the study, we used the anthropometric standard established in the bibliography and photogrammetric techniques for better evaluation and also of interaction of ergonomic models in 1:10 scale. As a result, it was possible to identify the critical dimensional aspects and propose recommendations to adapt to the pilot necessities.

Keywords: Ergonomics. Anthropometry. High-Heeled shoes. Biomechanics.

ISSN: 2316-7963

1 Graduando em Design/ Universidade Federal de Santa Catarina.

2 Graduanda em Design/ Universidade Federal de Santa Catarina.

3 Mestranda em Engenharia de Produção/ Universidade Federal de Santa Catarina.

4 Prof. Dr. em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

1. Introdução

Motivados pela paixão pelo automobilismo e por aventuras em percursos fora de estrada, entusiastas passaram a construir carros para competirem em corridas no deserto de Baja nos Estados Unidos. Tais entusiastas, assim como os carros que construía, motivaram a criação da competição Baja SAE, originada na Universidade da Califórnia do Sul (USC) em 1976. Organizada pela Sociedade de Engenheiros Automotivos (SAE), o Baja SAE é uma competição entre universidades para graduandos de cursos de engenharia, sendo o objetivo de a competição simular o mundo real dos projetos de engenharia e os desafios relacionados. (SAE Brasil, 2012).

Atualmente, o Baja SAE possui competições em diversos países, realizando anualmente uma etapa mundial no Canadá, onde participam os três primeiros colocados das etapas nacionais de cada país. No Brasil, sua organização cabe à SAE Brasil, que realiza etapas regionais por todo o país, além de uma etapa nacional, onde participam os melhores classificados nas etapas regionais.

Cada equipe competidora possui seus próprios carros, os quais são fabricados a partir das regras estipuladas pelo Baja SAE e SAE Brasil. (SAE Brasil, 2012)

O presente artigo objetiva estudar do ponto de vista antropométrico a posição do piloto no carro de competição da equipe UFSC Baja SAE, da Universidade Federal de Santa Catarina. Visa-se diagnosticar os pontos críticos do piloto quanto à acomodação do veículo no que diz respeito às suas relações dimensionais, para uma posterior correção.

1.1 A competição

Embora as equipes de Baja SAE participem assiduamente dos eventos de competição da categoria, esta modalidade de corrida ainda não é, nacionalmente, muito popular fora do meio acadêmico, onde é conhecida principalmente entre os cursos de engenharia. O número de pessoas envolvidas, na 18ª competição nacional, que ocorreu em Piracicaba no estado de São Paulo entre os dias 22 a 25 de março deste ano, teve 72 veículos em competição de 58 universidades do Brasil, entre estes dois eram da Universidade Federal de Santa Catarina (SAE Brasil, 2012). Já no cenário internacional, apenas no primeiro semestre de 2012 nos Estados Unidos acontecem três competições internacionais. A primeira, a Baja SAE Wisconsin 2012, ocorreu de 19 a 22 de abril e contou com a participação de 115 equipes, sendo estas de diversos países, incluindo equipes americanas, canadenses, brasileiras, argentinas, indianas, mexicanas e venezuelanas. A segunda, de Oregon, aconteceu no mês de maio, entre os dias 2 e 5, e teve a participação de 77 equipes, sendo estas dos Estados Unidos, Canadá, Índia, México, Venezuela, África do Sul, Rússia, Guatemala e França. A última, o Baja SAE Auburn 2012, que ainda não ocorreu durante a escrita do presente artigo, será no período de 7 a 10 de junho e terá a participação de 100 equipes competidoras dos Estados Unidos, Canadá, Emirados Árabes Unidos, Coreia do Sul, Índia, México e Venezuela (SAE, 2012).

A participação na competição requer o cumprimento de uma série de regras, algumas das quais interferem diretamente em aspectos ergonômicos do projeto. Tais regras, além de visarem o equilíbrio técnico entre as diversas equipes competidoras, buscam a manutenção da segurança do piloto.

A competição desdobra-se sob a forma de diversas provas estáticas e dinâmicas que têm por objetivo avaliar as competências de cada projeto. São provas que inferem aspectos técnicos, funcionais, ergonômicos e até mesmo estéticos. A prova mais aguardada, contudo, é de enduro, uma prova de regularidade realizada num percurso de estrada e que tem duração de quatro horas. Durante esse período, não ocorre a troca do piloto, que é submetido à exigência de grande esforço e resistência física para se manter apto a controlar o veículo ao longo de toda a corrida, de modo que entende-se que a inserção de preceitos ergonômicos no projeto do veículo poderá amenizar eventuais dores e desconfortos acarretados pela natureza da competição de enduro.

Cada equipe participante deve desenvolver seu próprio carro, sendo o único componente obrigatoriamente comum em todos os carros o motor, uma unidade de 10 CV de potência associado a uma transmissão continuamente variável (CVT). Desde que obedeçam as regras básicas da competição, as equipes têm a liberdade de desenvolver e fabricá-los da maneira que bem entenderem. Comumente, os carros são fabricados a partir de estruturas tubulares, de modo que os demais componentes são posteriormente adicionados a esta estrutura.

Para a construção dos carros competidores do Baja SAE há algumas regras que devem ser seguidas pelas equipes participantes e fabricantes. No que diz respeito aos requisitos técnicos de design, incluindo a parte ergonômica existente nas regras do projeto, são relevantes para a análise antropométrica as regras contidas no artigo 1: General Design Requirements da parte B: Technical Requirements. Dentre estas, mais especificamente a B1.1.1 a qual regulamenta que o veículo deve ser capacitado para acomodar uma pessoa de 190cm de altura com peso de 113kg. Além desta, há uma regra na qual exige que o carro possua no máximo 1,62 m de largura por 274m de comprimento, o que pode ser um fator contra as medidas antropométricas indicadas para o automóvel. Quanto à segurança do veículo, este deve ser capaz de operar com segurança sobre terrenos acidentados, incluindo obstáculos como pedras, dunas de areia, declives íngremes, lama e águas de altura rasas em qualquer tipo de clima, incluindo chuva, neve e gelo. As regras estipulam também que o carro deve acomodar pilotos de todos os tamanhos, incluindo desde o percentil 95 masculino até o 5 feminino (SAE International, 2012).

Ao final da competição, os membros das equipes participantes encontram-se exauridos, sobretudo o piloto que, ao longo das quatro horas de duração da prova de enduro, encontra-se em estado de extremo desconforto físico e psicológico. Ainda que as equipes se atentem a certos aspectos ergonômicos (parte deles previs-

tos nas regras) durante o desenvolvimento do projeto dos carros, tais aspectos acabam, sendo suprimidos pela falta de tempo hábil durante a etapa de construção dos carros ou, até mesmo, desprivilegiados em prol de outros aspectos mais diretamente relacionados à performance do carro.



Figura 1: Veículo Baja em competição (Baja Nacional, 2012) – Equipe UFSC de Baja SAE. Fonte: autores

O relato anterior pode ser observado, por exemplo, na Equipe UFSC de Baja SAE, formada por estudantes de cursos de engenharia da Universidade Federal de Santa Catarina. Ao longo dos anos em que participa do Baja SAE, a Equipe UFSC tem se firmado como a principal referência da categoria no sul do Brasil, obtendo ainda resultados consistentes na etapa nacional e já tendo conquistado, inclusive, vaga para competir na etapa mundial. Apesar do bom desempenho apresentado, no quesito ergonomia os carros da equipe estudada tem apresentado um desempenho regular ou baixo, justificando, desta forma a necessidade de um estudo desta natureza. Ademais, as reclamações de desconforto e sensação de exaustão do piloto ao longo da prova de enduro são bastante frequentes, prejudicando seu desempenho.

Embora seja possível encontrar referências nacionais e internacionais sobre a construção de Baja SAE (Sapuan 2009), (Pagnozzi, 2004), (Scalabrin, 2009), e sobre os veículos ou suas partes, como os sistemas de amortecimento (Sabino e Junior, 2008), (Romero e Díaz, 2008) de suspensão (Sabóia Filho e Nabarrete 2009), há ainda uma escassez de estudos quando relacionadas à ergonomia ou sobre conforto e desconforto nesta categoria (Ikeda, 2011). Porém, o tema ergonomia é tratado com bastante frequência quando estudados em automóveis de forma geral, por essa

razão é possível incorporar ao veículo Baja alguns conceitos dos automóveis comerciais e de competição, como a questão da construção, do assento (Kamp, 2012), conforto, segurança, dentre outros.

2. Problemática

Ainda que a boa ergonomia não seja a única influência no desempenho do carro, é capaz de atuar diretamente sobre o desempenho da equipe na competição. Dessa maneira, propõe-se aqui o desenvolvimento de um estudo ergonômico com ênfase nos aspectos antropométricos com base no carro desenvolvido pela Equipe UFSC de Baja SAE (figura 2).



Figura 2: carro construído pela Equipe UFSC Baja SAE. Fonte: autores

A avaliação ergonômica será desenvolvida a partir do ponto de vista antropométrico, tendo em conta os percentis que representam 5, 50 e 95 da população encontrados no livro *As Medidas do Homem e da Mulher* (Dreyfuss, 2005). Serão identificados os pontos críticos e comparados às especificações relatadas como corretas na literatura consultada.

3. Metodologia

O desenvolvimento desta análise será feito a partir da coleta dos dados estabelecidos na bibliografia utilizada, Como mencionado, a avaliação se dará a partir

do ponto de vista antropométrico. Ressalta-se, contudo que, visando uma melhor compreensão dos pontos críticos do projeto e de como esses afetam seus usuários, será realizada a coleta de medidas objetivas e subjetivas.

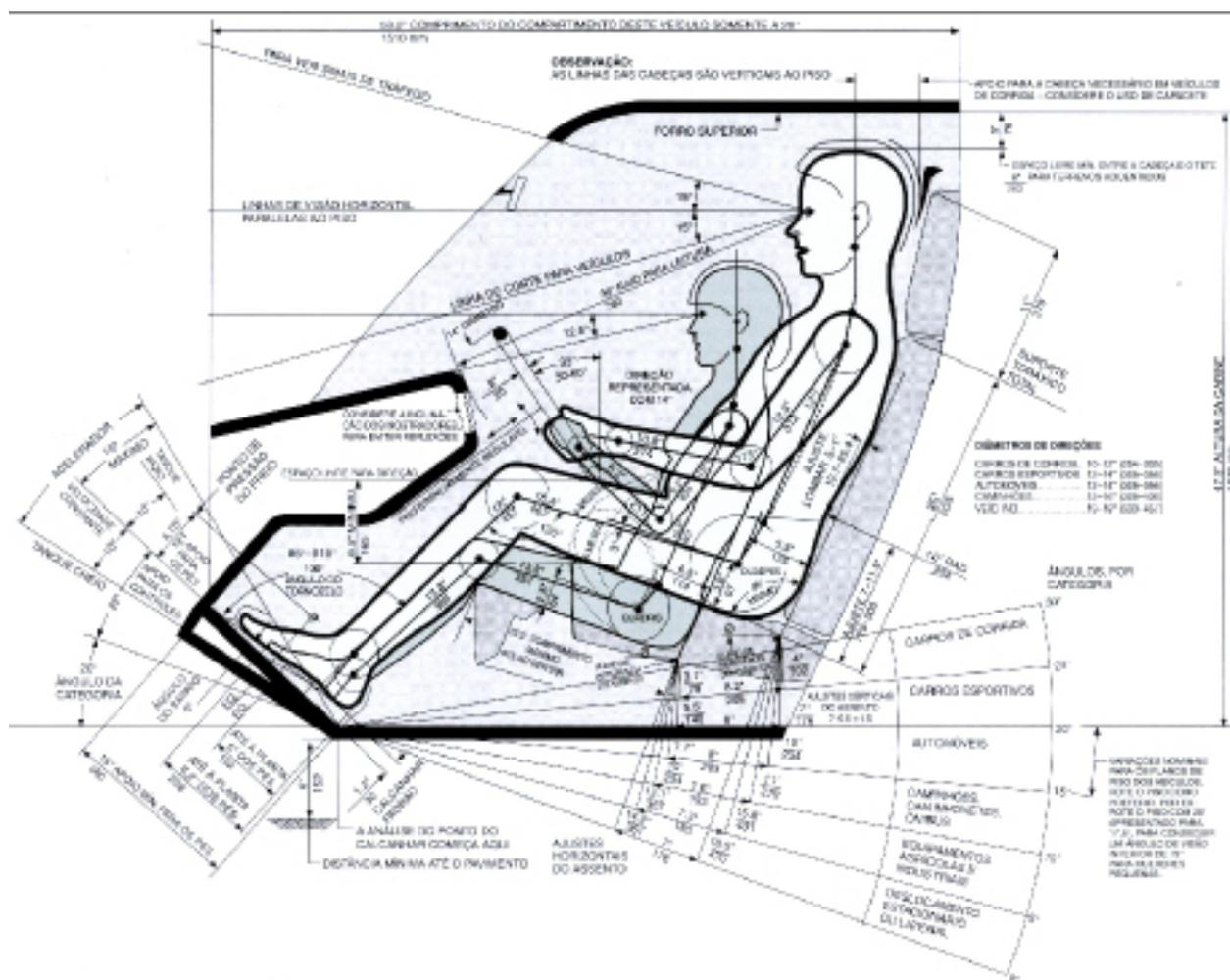


Figura 3: Representação das medidas ideais de acomodação para o percentil 5 e 95 em um veículo. (adaptado de Dreyfuss, 2005, p.72)

Em etapa prévia à análise, a partir de gabaritos, foram construídos manequins antropométricos bidimensionais nos percentis 5 e 95 e em escala 1:10. Depois, obtve-se o desenho técnico das vistas frontal, lateral e superior em escala 1:10 do produto a ser avaliado, no caso, o carro da Equipe UFSC de Baja SAE. Em seguida, os manequins são posicionados sobre o desenho técnico, permitindo a visualização de seu posicionamento no veículo e dando início, de fato, à análise ergonômica (este tipo de técnica, ainda que pouco precisa, possibilita uma primeira avaliação da situação, que posteriormente é complementada com medidas mais exatas).

A análise dá-se a partir da articulação do tronco com as pernas, o que constitui o chamado Ponto H. Este é considerado o ponto de partida universal para a análise ergonômica de veículos, suscitando na análise de diversos outros aspectos. Utilizou-se a técnica de fotogrametria, a qual consiste na técnica que permite efetuar medições rigorosas a partir de fotografias (Faculdade de Ciências Universidade do Porto, 2003). A partir das fotografias tiradas das vistas frontais e laterais dos pilotos percentis 5, 50

e 95 acomodados no veículo, permitiu-se avaliar os ângulos e dimensionamentos do ocupante do carro.

4. Análise

Segundo Pretroski (1999, 12), "a antropometria, embora possa tão somente destinar-se à medição dos segmentos corporais, constitui-se, pois, em "área-base" para o estudo do Homem." Partindo-se deste princípio, iniciou-se a análise do cockpit do carro de competição da Equipe UFSC Baja SAE.

Foram utilizadas como padrão as dimensões antropométricas, como ângulos de conforto, alcances recomendados por Dreyfuss (2005).

Primeiramente, foi realizado um levantamento, em que um usuário com as medidas equivalentes ao percentil 95 entrou e se acomodou no carro, simulando a posição de corrida do piloto. A partir de uma fotografia realizada, foi possível medir e avaliar os ângulos e as posições do mesmo (Figura 4), verificando se estavam de acordo com as especificações técnicas antropométricas.

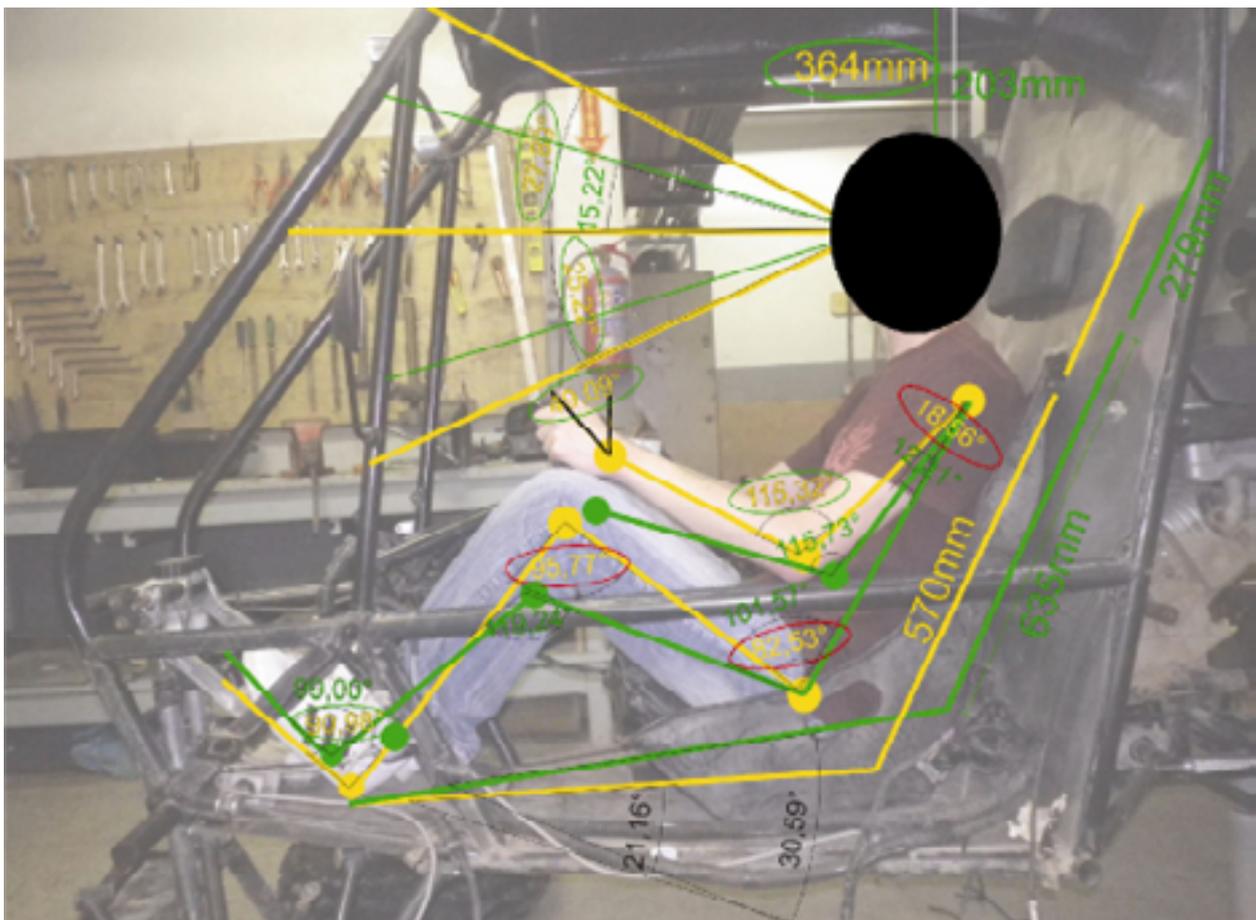


Figura 4: imagem lateral do usuário modelo percentil 95 no interior do veículo. Fonte: autores

De acordo com a figura 4, as informações na cor verde representam os ângulos e medidas recomendadas pela literatura. Já os em amarelo são os ângulos e medidas

reais do piloto com percentil 95, nem sempre estando de acordo com as recomendações ergonômicas.

Dentre os ângulos e medidas reais, os pontos críticos estão circulados em vermelho e os pontos positivos estão circulados em verde. A análise teve como ponto de partida o Ponto H, o qual é a posição vertical relativa do quadril do ocupante, especificamente o ponto de pivô entre o torso e as parcelas superiores do pé do corpo. Conforme mencionado anteriormente, é considerado o ponto de partida universal para a análise ergonômica de veículos, determinando a altura do teto, a aerodinâmica do veículo, a visibilidade, o conforto, facilidade da entrada e a saída, acomodação dos ocupantes em seu interior, segurança dos mesmos e na determinação da limitação da carroceria e desempenho desta no caso de colisão.

O ângulo em questão, entre o tronco e as pernas, deveria ter no mínimo 95° , mas na verdade este ângulo do piloto percentil 95 possui apenas 85° , mostrando um ponto crítico da estrutura.

O ângulo entre os joelhos possui aproximadamente 95° , quando na verdade deveria ter entre 110° e 120° para não apresentar desconforto ao piloto.

Já o ângulo de inclinação do apoio do pé, entre a canela e o peito do pé, enquadra-se na angulação indicada, com 90° , sendo que o correto é entre 90° e 100° . Desta forma, este ângulo mostra um ponto positivo do cockpit.

O tamanho do encosto do piloto, com 570 mm, encontra-se menor que o recomendado para todos os percentis, que é de 635 mm. O encosto para o pescoço, por sua vez, no carro analisado é inexistente. Encontra-se apenas o encosto para a cabeça, sem contemplar a parte da nuca do piloto. O correto seria um encosto para cabeça e pescoço, com uma inclinação frontal de 25° , de acordo com a foto analisada, para manter a postura correta de visão, e uma altura de 279 mm.

O movimento do ombro para segurar o volante deveria ter uma angulação de 12° , enquanto que no piloto em questão o ângulo é em torno de 18° . Apesar de não ser o indicado, esta angulação, por não apresentar tanta divergência do ângulo recomendado, não representa um ponto crítico que culminaria em futuros danos à saúde do piloto.

O ângulo entre o braço e o antebraço do piloto de percentil 95 é de 115° , sendo o ângulo perfeito nesta situação. Tal ponto representa uma potencialidade no projeto do cockpit.

Correta também está à inclinação do volante. O indicado, para este caso, é entre 30° e 60° , sendo que o ângulo apresentado é de 49° .

No que se refere ao ângulo de visão do piloto, o seguro é que permita sua visão em no mínimo 15° superior entre a linha do horizonte e o forro, para ver sinais de trá-

fego. O carro da Equipe UFSC de Baja SAE possui 27° de visão superior, considerado ótimo. Quanto ao ângulo de visão com inclinação inferior, entre a linha do horizonte e painel mostrador, passando pela linha de corte para veículos, o indicado é de 30°. Com 25°, permitindo o raio de leitura, o carro analisado encontra-se dentro dos padrões recomendados.

Quanto a especificações para carros de corrida, é necessário que, entre a cabeça e o teto, haja um espaço mínimo de 203 mm. O carro em questão, mesmo para o percentil 95, possui um espaço de 364 mm, sem considerar o capacete. Considerando o capacete, o espaço fica com 358 mm, ainda melhor que o recomendado pelas normas de segurança.

Além disso, outra especificação para carros de corrida é a inclinação do banco em relação ao chão. Indica-se 30° de inclinação, mas o banco do Baja SAE UFSC possui apenas 21°.

Na Figura 4, os tracejados esverdeados representam os ângulos ideais para a correta postura e conforto do piloto.

A observação dos ângulos do piloto deu-se também na vista frontal do carro (Figura 5), onde se avaliou em amarelo o ângulo atual de abertura das pernas do piloto e em verde o ângulo máximo de conforto.



Figura 5: imagem frontal do usuário modelo percentil 95 no interior do veículo. Fonte: autores

Enquanto que o ângulo máximo de abertura da perna para o conforto do piloto é de 20°, o piloto com percentil 95 apresenta uma abertura de 32°.

Percebe-se, no geral, que o piloto de percentil 95 não fica em posição confortável no carro analisado, pois o espaço do cockpit é considerado pequeno para suas medidas. Tal afirmação pode ser confirmada quando observado os ângulos corretos em comparação aos ângulos reais, conforme já visto anteriormente, de acordo com as medidas propostas por Dreyfuss (2005).

O segundo passo da pesquisa observatória foi analisar uma pessoa do percentil 5 acomodada no carro do Baja SAE UFSC (Figura 6). Assim como feito anteriormente, compararam-se os ângulos recomendados, traços em verde, com os ângulos reais, em amarelo. Os ângulos reais bons estão inseridos na elipse verde, enquanto que os pontos críticos encontram-se nas elipses vermelhas.

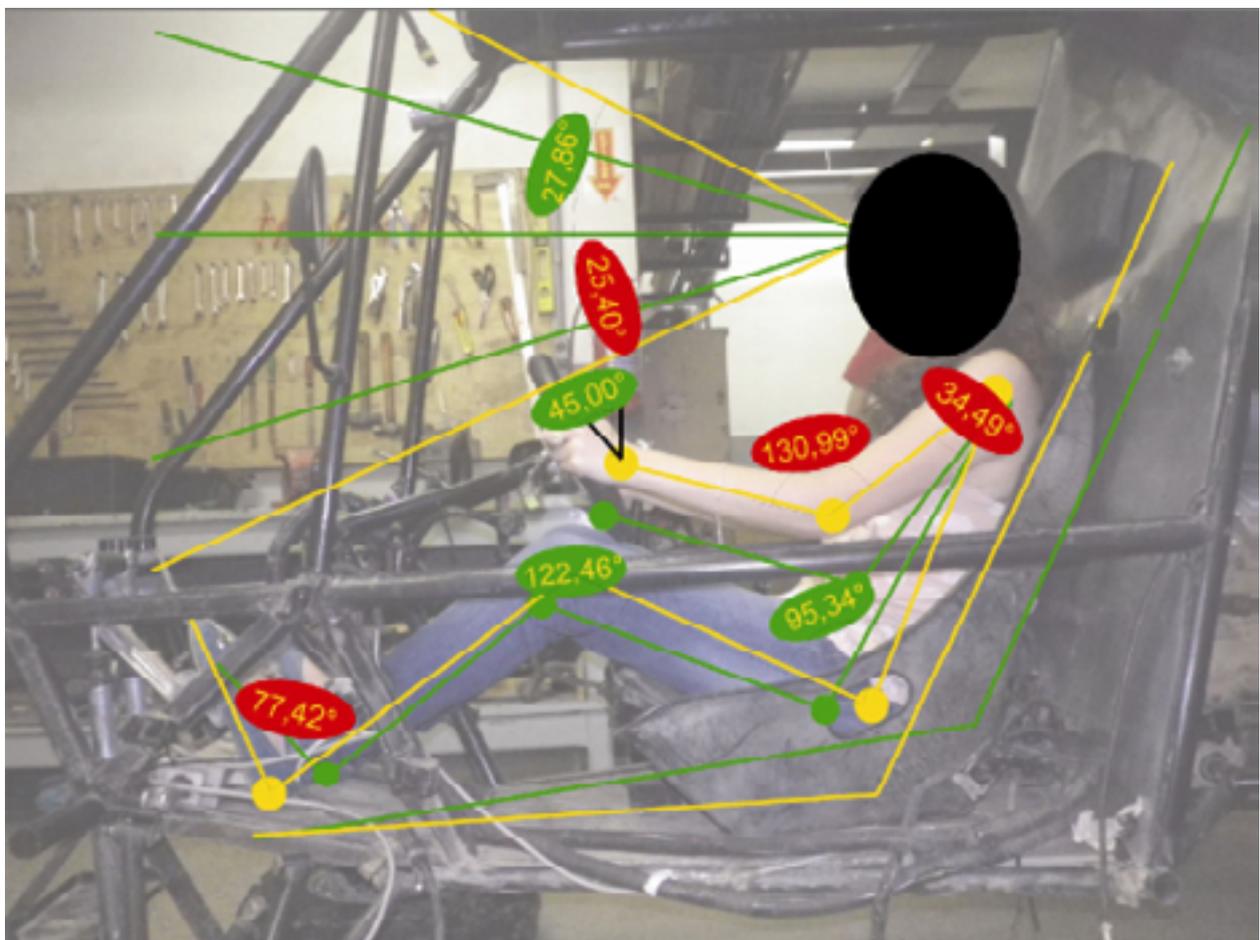


Figura 6: imagem lateral do usuário modelo percentil 5 no interior do veículo. Fonte: autores

Dentre os ângulos existentes no percentil 5 do piloto que são considerados adequados, encontram-se o de visão entre o teto e a linha do horizonte, com 27,86°, sendo que o mínimo recomendado é de 15°; o ângulo de inclinação do volante, atualmente com 45°, enquanto que o aconselhado é entre 30° e 60°; o ângulo do Ponto H, dos quadris, com 95°, em que esse é o ângulo mínimo indicado;

e correto também está o ângulo dos joelhos, de 122° , aproximado aos padrões das normas, de 120° .

Os pontos críticos encontrados ao acomodar um piloto de percentil 5 foram os ângulos entre o braço e antebraço, em que o certo seria de 115° e o real é de $130,99^\circ$; o ângulo de deslocamento dos ombros, com $34,49^\circ$, sendo que o recomendado é de 12° ; e também o ângulo de apoio dos pés, localizado entre a canela e o peito do pé, em que o encontrado foi de $77,42^\circ$ e o aconselhado é entre 85° e 110° . Outro ponto que, em comparação com as medidas antropométricas foi considerado negativo, foi o ângulo de visão inferior da linha do horizonte ao painel. Apesar disso, na prática o piloto não dirige olhando o horizonte, o que torna o posicionamento atual do painel do carro adequado.

No que diz respeito à visão frontal do carro, foi analisado o ângulo de abertura da perna do piloto com percentil 5 (Figura 7).

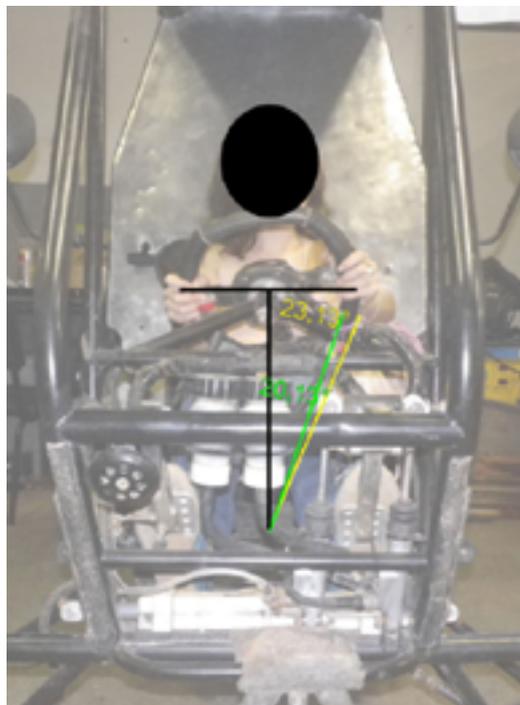


Figura 7: imagem frontal do usuário modelo percentil 5 no interior do veículo. Fonte: autores

Na Figura 7 é possível visualizar que há uma pequena discrepância entre o ângulo atual de abertura da perna (tracejado em amarelo), de 23° , e o máximo recomendado para conforto (tracejado em verde), de 20° .

Além da análise dos percentis 5 e 95, foi analisada também a acomodação de um piloto referente ao percentil 50 (Figura 8).



Figura 8: imagem lateral do usuário modelo percentil 50 no interior do veículo. Fonte: autores

Na figura 8, são identificados em verde, quais seriam os ângulos e posição ideais para o percentil 50.

Os ângulos que se encontram corretos ao percentil 50 são os de inclinação dos pés, entre a canela e o peito do pé, o de inclinação do volante e os de visão, tanto superior quanto inferior. Já os que não estão adequados são o dos quadris, o dos joelhos, dos ombros e a abertura entre o braço e antebraço.

Quanto ao ângulo de abertura da perna do percentil 50, foi possível verificar na vista frontal do carro (Figura 9).

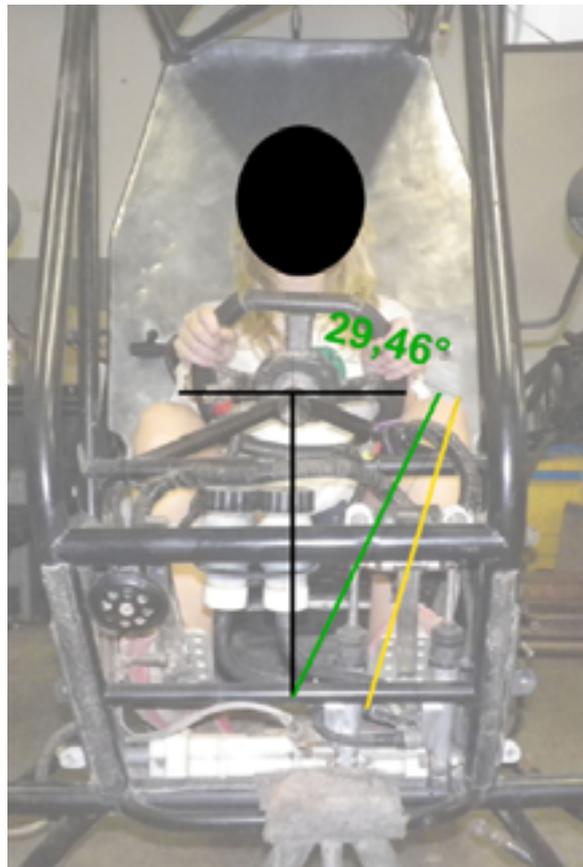


Figura 9: imagem frontal do usuário modelo percentil 50 no interior do veículo. Fonte: autores

Enquanto que o ângulo recomendado é de 20° , o piloto com percentil 50 apresenta-se com uma abertura de perna de $29,46^\circ$, caracterizando novamente um ponto crítico do projeto.

Em uma análise auxiliar feita com os manequins antropométricos dos percentis 5 e 95 em escala 10:1 pode-se perceber a incompatibilidade entre o espaço interno e o necessário para que todas as medidas sejam atendidas de maneira correta, foram medidos nos manequins os ângulos ideais dos pilotos e, com a posição correta, foram sobrepostos ao cockpit do carro.

Com esta observação fica claro que os ângulos do piloto percentil 95 no cockpit só poderiam ser corrigidos se o espaço interno da cabine fosse aumentado. Para estar de acordo com as normas ergonômicas, mesmo o percentil 5 requereria mais espaço interno, principalmente quanto à altura. No caso, a altura do banco deveria ser elevada para acomodar melhor as pernas.

5. Discussão e resultados

De acordo com a análise realizada baseada nas referências apresentadas, é possível afirmar que os pontos críticos identificados devem ser objeto de correções, para possibilitar uma melhora de performance geral do carro.

5.1 Considerações sobre adaptações ao piloto de percentil 50

O veículo está de acordo com diversas medidas e angulações em referência ao piloto de percentil 50, como a inclinação dos pés a angulação entre a canela e o peito do pé, a inclinação do volante e o campo de visão, tanto superior quanto inferior.

5.2 Considerações sobre adaptações ao piloto de percentil 95

O ângulo ideal entre o tronco e as pernas do piloto deve ter no mínimo 95° e entre os joelhos deve ser de 110° e

120° mantendo assim uma posição mais confortável. O ângulo de inclinação do apoio do pé, entre a canela e o peito do pé correto é entre 90° e 100°.

O veículo deve dispor de encosto de cabeça que suporte também a nuca e o pescoço do piloto, devendo ter no mínimo 635 mm e inclinação de 25°.

Em relação ao volante, deve ter 12° e em ter o braço e o antebraço 115°, ponto este que está correto no modelo atual, assim como a inclinação do volante que está entre 30° e 60°.

Para assegurar uma correta visualização do piloto este deve possuir uma angulação de no mínimo 15° superior e de 30° inferior em relação com a linha do horizonte.

Para carros de corrida como no caso, o espaço entre a cabeça e o teto do veículo deve ser de no mínimo 203mm e a inclinação do banco em relação ao chão deve ser de aproximadamente 30°.

Em relação ao plano frontal, pode-se considerar que o ângulo máximo em que o piloto deve ter que manter as pernas separadas é de 20°.5.3 Considerações sobre adaptações ao piloto de percentil 5

O ângulo de visão entre o teto e a linha do horizonte, é de no mínimo 15°; o ângulo de inclinação do volante aconselhado é entre 30° e 60°; o ângulo do Ponto H, dos quadris de no mínimo 95° e o ângulo dos joelhos desejável são próximos a 120°.

Os pontos mais críticos atualmente para o piloto do percentil 5 devem ser modificados para as seguintes medidas: entre o braço e antebraço deve ser de 115°; o ângulo de deslocamento dos ombros recomendado é de 12°; e também o ângulo de apoio dos pés, localizado entre a canela e o peito do pé é o aconselhado entre 85° e 110° e finalmente o ângulo de abertura das pernas deve ser de no máximo 20° para maior conforto do piloto.

6. Conclusão

Devido à longa duração da prova de enduro, o piloto é obrigado a se manter sentado ininterruptamente durante quatro horas. O que por si só já poderia ser exaustivo e doloroso, acaba sendo fortemente atenuado pelas condições do carro e do terreno acidentado no qual ocorre à etapa de enduro. Uma grande parte dos prejuízos gerados à saúde do piloto provém dos danos que a postura sentada causa nos chamados discos intervertebrais, comparados por Grandjean (2005) a "(...) um travesseiro, que fica entre os ossos das vértebras e é responsável pelos movimentos da coluna vertebral."

A manutenção de uma postura não natural do corpo pode provocar um desgaste acentuado dos discos intervertebrais, ocasionando diversos tipos de lesões. Pesquisas ortopédicas relacionaram tal desgaste à postura sentada, que pode elevar a pressão sobre os discos intervertebrais de 40% até 90% comparando à postura de pé. Além disso, a postura sentada pode exercer influências negativas sobre a coluna cervical. (Grandjean, 2005).

Após a análise antropométrica realizada, fica claro que o mais indicado para a equipe UFSC Baja SAE melhorar o posicionamento de seu piloto seria projetar novamente as gaiolas do carro, a fim de aumentar seu espaço interno. Dessa forma, seria possível um maior conforto para o piloto.

Levando-se em conta, porém, que atualmente existem restrições para se aumentar as dimensões do veículo e de se alterar a sua estrutura, vislumbra-se que a melhor opção no momento seria melhorar o banco do veículo, de acordo com o estudo realizado nesta pesquisa. Esta alternativa apresentaria um custo reduzido, além de ser de fácil acesso às necessidades da Equipe Baja UFSC. Além das melhorias no próprio banco, indica-se que seja adicionado um apoio contemplando a região da nuca e cabeça com inclinação frontal, evitando assim possíveis traumas causados à movimentação da cabeça do piloto. As outras alterações poderiam ser realizadas posteriormente, dentro das possibilidades da equipe.

7. Estudos futuros

Uma possível proposta para futuros estudos que foi percebida com o desenvolvimento deste artigo são outras questões relacionadas com a ergonomia que não são abordadas no estudo antropométrico realizado anteriormente e estão vinculadas com os itens de interação entre o piloto e o veículo.

Uma abordagem mais específica relacionada ao assento do veículo traria benefícios ao piloto, assim como a sua interação com o volante e os pedais e seus tamanhos e posicionamentos. O painel do veículo e seus marcadores podem também ser

estudados e avaliados, além de medir a quantidade de vibração que o piloto absorve provenientes do motor e do movimento do veículo.

Agradecimentos

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e ao Núcleo de Gestão de Design e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), por proporcionar auxílio e meios para a realização desta pesquisa.

Referências

Baja nacional, (2012). SAE programas Estudantis. [online] Available at: <http://www.saebrasil.org.br/eventos/ProgramasEstudantis/site/baja2012/index.html> [Accessed: 18 May 2012].

Chang, I. Et. Al..(2010) Designing and manufacturing of Formula SAE-Hybrid racecar for a new engineering education program. IEEE Xplore digital library. [online] Available at: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=5729097&contentType=Conference+Publications&searchField%3DSearch_All%26queryText%3DFormula+SAE[Accessed: 18 May 2012]

Cross, N., Cross, A. C. (1996). Winning by design: the methods of Gordon Murray, racing car designer - Design Studies, 17 (1), Janeiro, pp. 91-107.

Dreyfuss, H., (2005). As medidas do homem e da mulher: Fatores humanos em design. Porto Alegre: Bookman.

Faculdade de Ciências Universidade do Porto, (2003). Fotogrametria. [online] Available at: http://www.fc.up.pt/lic_eg/fotogrametria.html [Accessed: 10 May 2012].

Grandjean, E., (2005). Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem. 4th ed. Porto Alegre: Bookman, pp. 72.

Ikeda, A. Y. Et Al. (2011) Desconforto Percebido Em Condutores De Veículos Baja, VI Congresso Internacional de Pesquisa em Design. [Meio eletrônico]

Ilida, I., (2005). Ergonomia: Projeto e Produção. 2nd ed. São Paulo: Edgard Blücher.

Kamp, I.. (2012) The influence of car-seat design on its character experience (2012). Applied Ergonomics, 43 (2) Março, pp. 329-335.

Pagnozzi, R. M. Et. Al. (2004) Projeto de um Veículo Off-Road Mini Baja Utilizando Sistemas CAD/CAE para Projeto Preliminar e Detalhamento para Manufatura. Artigos on-line da Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas, XI CREEM - Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica, Aeronáutica e Automobilística. [online] Available at: http://www.abcm.org.br/xi_creem/resumos/AA/CRE04-AA10.pdf [Accessed: 15 Maio 2012]

Povoa, Á. H. Et. Al. (2011). Avaliação numérica do emprego de geometria alternativa na elaboração do flange de roda de um protótipo off-road do tipo mini-baja. *Ciência & Tecnologia: FATEC-JB*, 3 (1). pp. 1-15. Pretroski, E., (1999). *Antropometria: Técnicas e Padronizações*. Porto Alegre:

PallottRomero, J., Díaz, S. (2008) Diseño y construcción de un prototipo de amortiguador para un vehículo fórmula SAE. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 29 (2) Abril-Julio, pp.183-190.

Rozestraten, R. J. A.. A (2006). Ergonomia veicular do séculoXX. *Psicologia: Pesquisa & Trânsito*, 2 (1) Janeiro-Junho, pp.45-52.

Sabino, E., Junior, B. (2008) Simulação da alteração de parâmetros do amortecedor do Baja. 8º Congresso Nacional de Iniciação Científica, 11 (12) Novembro, pp.719-733.

Sabóia Filho, F. A. T., Nabarrete, A. (2009) Análise Dinâmica do Sistema de Suspensão Swing Axle para veículos off-road. *Anais do XVI Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do IT*, 16, Outubro, pp.19-22.

Sapuan, S. M. Et. Al. (2009). Design of composite racing car body for student based competition. *Scientific Research and Essay*, 4 (11), November, pp. 1151-1162 SAE, (2012). Baja SAE Series. [online] Available at:<http://students.sae.org/competitions/bajasae/> [Accessed: 18May 2012].

SAE Brasil, (2012) Programas Estudantis: O que é o Baja. [online] Available at: <http://www.saebrasil.org.br/eventos/ProgramasEstudantis/site/baja2011/> [Accessed: 20 May 2012].

SAE Brasil, (2012). Equipes Inscritas. [online] Available at: http://www.saebrasil.org.br/eventos/programas_estudantis/baja2012/equipes.aspx [Accessed: 18 May 2012].

SAE International, (2012). 2012 Collegiate Design Series Baja SAE Rules. [online] Available at: <http://www.sae.org/students/mbrules.pdf> [Accessed: 18 May 2012].

Scalabrin, J. M. C., Parise, J. A. R.. (2009) Projeto e construção de um chassi, do tipo gaiola, para a competição mini-baja sae. Arquivos online do XVII Seminário de Iniciação Científica da Puc-Rio. [online] Available at: http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2009/relatorio/mec/joao_mauricio.pdf [Accessed: 15 Maio 2012]