

DESENVOLVIMENTO DE UM ASSENTO PARA MINIBAJA VISANDO CONFORTO E SEGURANÇA

Caroline Santos Moreira, caroline.moreira@usp.br
Roberto Eiki Oshiro, roberto.oshiro@usp.br

¹Escola de Engenharia de São Carlos, EESC-USP, Rua Dr. Carlos de Camargo Salles 414, apto. 409

Resumo. Este trabalho apresenta os resultados de uma pesquisa de Iniciação Científica voltada ao desenvolvimento de um assento de um veículo minibus. O principal objetivo do trabalho focou-se em melhorar a ergonomia e segurança para o ocupante levando-se em consideração as várias limitações que um veículo desse tipo impõe. O assento, fabricado de maneira personalizada para o piloto ou para um determinado público-alvo, foi remodelado alterando a geometria, os ângulos e os materiais empregados. Ao término do processo, foi realizada a manufatura do banco e alguns parâmetros quantitativos de conforto foram avaliados com uso de sensores, testes e questionários. Este relatório engloba os principais resultados obtidos, além de um resumo das atividades realizadas.

Palavras chave: Ergonomia; Segurança; Baja

Abstract. The main objective of this work is the development of a seat for a minibaja vehicle, prioritizing the improvement of the driver's ergonomics and safety. The project aims to meet the specific requirements imposed by the competitive and challenging environment in which these vehicles operate. The minibaja is an off-road vehicle that takes part in rigorous competitions, where driver comfort and safety are crucial for overall performance. To achieve these goals, modifications were made to the seat's geometry in order to adapt it to the driver's physical characteristics, along with a careful selection of the most suitable materials for its manufacturing. The project considered the limitations imposed by the reduced space and the need for a seat that provides adequate support under extreme usage conditions, such as uneven terrain and intense vibrations. Thus, the focus was to provide a customized solution that could ensure greater comfort and safety, directly contributing to the driver's performance during competitions.

Keywords: Off-road design; Seat Customization; Vehicle Dynamics

1. INTRODUÇÃO

A iniciativa Baja SAE surge como uma plataforma de desenvolvimento acadêmico e técnico para estudantes de engenharia, que são desafiados a projetar, construir e testar um veículo off-road de alto desempenho em competições organizadas pela SAE Brasil. Os protótipos, como os desenvolvidos pela equipe EESC Baja, passam por avaliações rigorosas que envolvem provas estáticas e dinâmicas, enfrentando terrenos acidentados, obstáculos como valas e poças de lama, e exigindo máxima robustez e confiabilidade de todos os seus subsistemas, desde suspensão e freios até o design ergonômico (Badler et al., 2005).

Nesse cenário de alta exigência mecânica e física, a ergonomia se destaca como um dos aspectos mais relevantes do projeto, sendo determinante para o desempenho, segurança e bem-estar do piloto. Diferentemente de outros elementos de engenharia, a ergonomia visa otimizar a interação entre o condutor e o veículo, permitindo que o piloto mantenha postura adequada, concentração e capacidade de resposta ao longo de competições prolongadas, consequentemente melhorando o desempenho do protótipo. O estudo da ergonomia em automóveis busca compreender como variáveis como a posição do banco, angulação dos braços e suporte lombar influenciam diretamente o conforto físico e a eficiência do controle veicular (Bhise et al., 2010; Chaffin, 2001; Chaffin, 2007).

Dado que os protótipos Baja operam sob altos níveis de vibração e estresse térmico, a análise ergonômica torna-se ainda mais crítica. A literatura indica que a negligência de aspectos ergonômicos pode não apenas reduzir o desempenho do piloto, mas também aumentar riscos de lesões e fadiga extrema (Regan et al., 2009). A fim de fundamentar modificações no projeto, foram aplicadas ferramentas específicas, como questionários de conforto e testes de campo, que revelaram queixas frequentes quanto a dores lombares, angulação inadequada dos braços e aquecimento excessivo do banco (Dallamuta, 2021). Dados também apontam que manter os braços do piloto entre 90° e 100° em

relação ao tronco reduz a tensão muscular e aumenta a resistência física (RAC Drive, 2024; ErgoFit Consulting, 2024; ACE-PT.org, 2024; Schmidt et al., 2014).

Além disso, o ambiente de condução deve oferecer suporte à saúde mental do piloto, reduzindo o estresse cognitivo por meio de um layout intuitivo, visibilidade adequada e suporte físico bem distribuído (Sayer et al., 2007). Essa preocupação amplia o escopo da ergonomia, que deixa de ser apenas uma questão de conforto físico para se tornar também uma ferramenta de prevenção de erros operacionais e aumento da segurança geral. A abordagem integrada adotada neste projeto considerou, portanto, tanto fatores biomecânicos quanto perceptivos e subjetivo, utilizando técnicas como modelagem tridimensional, simulações computacionais e aplicação de métodos avançados de análise postural (Reed et al., 1999; Parkes e Franzen, 1993; Reed et al., 2003; Klauer et al., 2006).

Ao incorporar as melhores práticas da engenharia ergonômica, o projeto do novo assento do protótipo Baja 2024 buscou alinhar as exigências da competição off-road à integridade física dos pilotos. A ergonomia, nesse contexto, deixa de ser um aspecto secundário e se torna uma ferramenta estratégica para a performance e a segurança em provas de alto impacto.

2. METODOLOGIAS E PROCEDIMENTOS

A metodologia adotada neste projeto envolveu várias etapas fundamentais para o desenvolvimento de um assento que atendesse aos critérios de ergonomia e segurança estabelecidos. Inicialmente, foi realizada uma análise detalhada das necessidades ergonômicas dos pilotos que utilizam o minibaja, considerando aspectos como postura, conforto, e suporte corporal durante a condução em terrenos acidentados (BHISE; FARBER; SHAIKH, 2010).

Com base nessa análise, a geometria do assento foi projetada para otimizar o encaixe do corpo do piloto, minimizando pontos de pressão e garantindo uma distribuição uniforme do peso corporal. Em seguida, foi feita a seleção de materiais, com foco em encontrar opções que combinassem leveza, resistência e capacidade de absorção de impactos. Materiais como espumas de alta densidade e tecidos resistentes ao desgaste foram considerados para a confecção do protótipo do assento (BADLER; PALMER; BINDIGANAVALE, 2005). Após a fabricação do assento, foram realizados testes práticos, incluindo medições de temperatura e vibração durante o uso, além da aplicação de questionários aos pilotos para avaliar o nível de conforto e a eficácia das modificações implementadas.

3. RESULTADOS

3.1 Percepção Pessoal de Conforto

Para avaliar a percepção pessoal de conforto no desenvolvimento do novo banco do minibaja, foi adotada uma abordagem centrada no usuário, combinando métodos qualitativos e quantitativos. Inicialmente, aplicou-se um questionário estruturado aos pilotos da equipe, com o objetivo de identificar os principais pontos de desconforto relacionados ao modelo anterior, como o encosto do banco, o material utilizado e a posição dos braços. Com base nos dados coletados, foi possível compreender as necessidades ergonômicas mais relevantes para o público-alvo. Além disso, utilizou-se a ferramenta QFD (Desdobramento da Função Qualidade) para traduzir os requisitos subjetivos dos usuários, como conforto, segurança e estética, em parâmetros técnicos que orientaram o redesenho do assento.

A definição do perfil físico médio dos usuários, obtida por meio de um levantamento de peso e altura dos pilotos, também foi essencial para adequar a geometria do banco. Assim, por meio da combinação de ferramentas como questionários, análise de feedback e aplicação da matriz QFD, foi possível obter uma avaliação completa da percepção de conforto, permitindo ajustes no design que refletissem as reais demandas dos usuários.

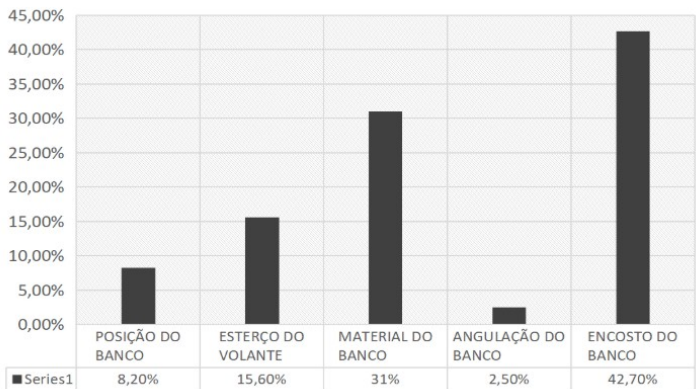


Gráfico 1: Resultado do Questionário de Percepção Pessoal de Conforto

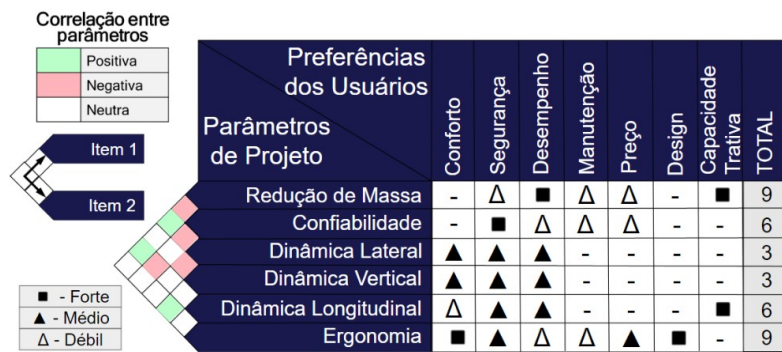


Figura 1: Análise QFD

3.2 Desenvolvimento da Geometria

A partir de uma análise das geometrias associadas a bancos de protótipos automotivos de alto rendimento, revelou-se a necessidade de alterações para alinhar-se aos objetivos de conforto predeterminados. O desenvolvimento da geometria do banco do minibaja teve como foco corrigir falhas ergonômicas identificadas em versões anteriores, que priorizavam a redução de peso em detrimento do conforto. Com base em estudos ergonômicos e feedbacks dos pilotos, a equipe redesenhou o assento para melhorar o suporte lombar e ajustar a posição dos braços, mantendo-os entre 90° e 100° em relação ao tronco — faixa ideal para reduzir fadiga muscular (RAC Drive, 2024; Schmidt et al., 2014).

A nova geometria foi modelada em software CAD considerando dados antropométricos do público-alvo e projetada com três partes principais: suporte de cabeça, apoio lombar rígido e laterais de contenção. O objetivo foi garantir estabilidade, conforto e postura ideal durante corridas off-road, abrangendo 95% da diversidade física dos pilotos.



Figura 2: Projeto 3D e protótipo físico do novo banco

3.3 Etapa de Testes

O conceito de conforto é subjetivo, variando de acordo com a experiência, a percepção individual e as características físicas de cada usuário. O que proporciona bem-estar a um piloto pode ser inadequado ou até desconfortável para outro. Essa variabilidade torna o conforto um desafio complexo de ser quantificado, especialmente em aplicações automotivas off-road, como no caso dos veículos do projeto Baja SAE, onde os pilotos estão expostos a condições extremas durante longos períodos de condução.

Diante dessa complexidade, o desenvolvimento de um projeto ergonômico eficaz requer não apenas a consideração da percepção subjetiva dos usuários, por meio de entrevistas e questionários, mas também a execução de testes quantitativos objetivos a fim de validar se as soluções implementadas atendem às demandas reais dos pilotos em termos de conforto térmico e biomecânico.

Para isso, foram implementadas medições com sensores instalados em 2 pontos do carro, no chassi e no assento, permitindo uma análise comparativa entre o que é exercido pela estrutura do carro e o que de fato é percebido pelo ocupante. Essa comparação é essencial para avaliar a eficácia do sistema de amortecimento do banco e conforto térmico para prever os efeitos de longo prazo da exposição à vibração contínua e altas temperaturas.

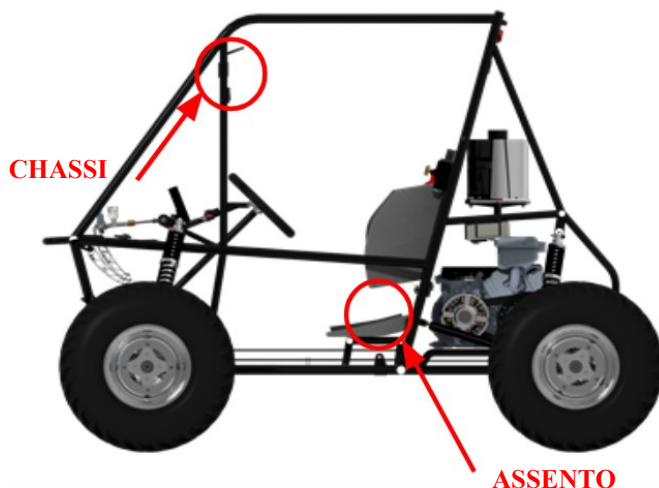


Figura 3: Posicionamento dos sensores de Vibração e Temperatura

3.3.1 Teste de Temperatura

Para avaliar o conforto térmico proporcionado pelo novo banco do minibaja, foi realizado um teste utilizando um sensor termopar posicionado no assento e no chassi do protótipo. Esse sensor permitiu registrar a evolução da temperatura em um ponto de contato constante, altamente influente na sensação térmica. A simulação foi feita em uma pista da equipe localizada no Campus 2 da EESC-USP, replicando as condições de uma prova de Enduro, com o piloto conduzindo o veículo por 4 horas, período semelhante ao das competições reais. Os resultados mostraram um aumento gradual da temperatura até cerca de 35,5°C, estabilizando após aproximadamente 35 minutos. Esse comportamento foi coerente com as condições ambientais do teste, realizadas em um dia quente, com temperatura ambiente por volta de 34°C. Os dados coletados indicaram que o material escolhido para o assento apresentou bom desempenho térmico, contribuindo para o conforto do piloto mesmo sob estresse térmico prolongado.

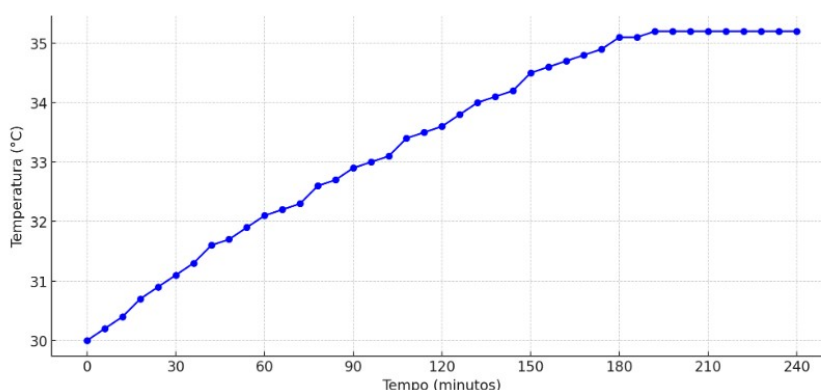


Gráfico 2: Teste de Temperatura

3.3.2 Teste de Vibração

O teste de vibração teve como objetivo mensurar e comparar os níveis de vibração transmitidos ao piloto durante a condução do minibaja em condições severas. Para isso, foram utilizados acelerômetros posicionados no chassi do veículo e entre o banco e o corpo do piloto, captando a aceleração vertical principalmente durante a passagem pelo obstáculo conhecido como “drop”. Os dados obtidos mostraram picos superiores a 2g, indicando um impacto significativo nessas situações. No entanto, o teste apresentou algumas limitações importantes relacionadas aos sensores utilizados. A equipe dispunha de um número restrito de acelerômetros e de equipamentos com precisão limitada, o que impediu a coleta de dados em múltiplos eixos (lateral e longitudinal), restringindo a análise apenas ao eixo vertical.

Além disso, a taxa de amostragem dos sensores se mostrou insuficiente, o que pode ter reduzido a fidelidade na captação de picos de aceleração mais breves ou intensos. Essas limitações impactaram os resultados ao subestimar o nível real de vibração sentido pelo piloto ou ao não capturar plenamente o comportamento dinâmico do banco em diferentes situações de impacto. Para futuras análises, recomenda-se o uso de sensores triaxiais de maior sensibilidade e a ampliação da instrumentação para permitir uma avaliação mais completa e precisa da resposta vibracional do sistema.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com o novo design do assento demonstraram melhorias significativas no conforto e segurança do piloto. Os testes de temperatura mostraram que o assento ajudou a manter uma temperatura adequada durante o uso prolongado, reduzindo o desconforto térmico. Além disso, os testes de vibração indicaram uma diminuição nas vibrações transmitidas ao corpo do piloto, contribuindo para uma condução mais estável e confortável. Os questionários aplicados também revelaram uma percepção positiva dos pilotos em relação ao conforto oferecido pelo novo assento, validando as alterações realizadas na geometria e na escolha dos materiais.

Em conclusão, o desenvolvimento do assento para o minibaja atingiu com sucesso os objetivos propostos de melhorar a ergonomia e a segurança do piloto. As alterações realizadas na geometria do assento permitiram um melhor ajuste ao corpo do piloto, proporcionando uma postura mais adequada e confortável durante a condução. A seleção dos materiais também se mostrou eficaz, oferecendo um equilíbrio entre leveza e resistência, essencial para as condições de uso extremas enfrentadas nas competições off-road (BHISE; FARBER; SHAIKH, 2010). Além disso, os testes realizados comprovaram que o novo design do assento contribuiu para a redução do desconforto térmico e das vibrações, fatores cruciais para o desempenho do piloto. Com base nos resultados obtidos, o projeto pode ser considerado um avanço significativo na busca por soluções que visam melhorar a experiência dos pilotos em competições de minibaja, aumentando não apenas o conforto, mas também a segurança e o desempenho geral durante as provas (DALLAMUTA, 2021).

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade de São Paulo, à Escola de Engenharia de São Carlos, e ao Prof. Roberto Eiki Oshiro pela orientação e suporte ao longo deste projeto. Também agradeço à equipe EESC BAJA pela colaboração no desenvolvimento e teste do protótipo. Um agradecimento especial aos meus pais e ao meu irmão, Guilherme, pelo apoio incondicional durante todo o processo.

6. REFERÊNCIAS

- BADLER, N. I.; PALMER, M.; BINDIGANAVALE, R. Ergonomics and vehicle subsystem integration in off-road design. SAE Technical Paper, 2005.
- BHISE, V. D.; FARBER, E.; SHAIKH, M. Ergonomics in the automotive design process. Warrendale: SAE International, 2010.
- CHAFIN, D. B. Occupational biomechanics. 3. ed. New York: Wiley, 2001.
- CHAFIN, D. B. Ergonomics guide for designing seated work. Applied Ergonomics, v. 38, n. 5, p. 541-547, 2007.
- DALLAMUTA, J. A. Avaliação ergonômica de um veículo Baja. In: HOLZMANN, H. A.; DALLAMUTA, J. A. (org.). Engenharia mecânica: a influência de máquinas, ferramentas e motores no cotidiano do homem. 2. ed. Ponta Grossa: Atena, 2021. p. 211-233.
- KLUAER, S. G. et al. The impact of ergonomic design on driver distraction and performance. Human Factors, v. 48, n. 2, p. 381-391, 2006.
- PARKES, A. M.; FRANZEN, S. Ergonomics in the automotive design process. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, v. 37, n. 11, 1993.
- RAC DRIVE. Ergonomic driving guide. Disponível em: <https://www.rac.co.uk/drive/>. Acesso em: 8 jul. 2024.
- REED, M. P. et al. The development of a new generation of automotive seating accommodation tools. SAE Technical Paper, 1999.
- REED, M. P. et al. An overview of seat comfort models for automotive applications. Ergonomics in Design, v. 11, n. 3, p. 17-23, 2003.
- SAYER, J. R. et al. Effect of driver workload on vehicle performance. Human Factors, v. 49, n. 3, p. 561-572, 2007.
- SCHMIDT, S. et al. A literature review on optimum and preferred joint angles in automotive sitting posture. Applied Ergonomics, v. 45, n. 2, p. 247-260, 2014.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.