

PROPOSTA DE VEÍCULO ELÉTRICO TIPO BAJA OFF-ROAD PARA COMPETIÇÕES ACADÊMICAS E ATIVIDADES AGRÍCOLAS

**JOÃO PEDRO BARCELOS MILAGRES¹, GEICE PAULA VILLIBOR², OSVANE
ABREU FARIA³, VINÍCIUS HENRIQUE PAIVA⁴, ARTHUR ZOPPI MARTINS⁵**

¹ Graduando em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa – MG, joao.milagres@ufv.br

² Eng. Agrícola e Ambiental, Prof^a. Dra, Depto. de Engenharia de Produção e Mecânica, Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa – MG, geice.villibor@ufv.br

³ Mestre em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, osafar@gmail.com

⁴ Graduando em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa – MG, vinicius.h.paiva@ufv.br.

⁵ Engenheiro Mecânico, mestrando em Engenharia Mecânica, Instituto de Engenharia Aeronáutica, São José dos Campos, SP, arthurzoppim@gmail.com

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: Projetos de veículos elétricos, para uso nas atividades urbanas e na agricultura, têm se tornado uma das alternativas aos tratores convencionais tanto para grandes produtores quanto para pequenas propriedades rurais. Objetivou-se com o presente trabalho propor um protótipo-conceito de um veículo elétrico tipo baja para competições acadêmicas e para as atividades agrícolas. Para concepção do protótipo, foi utilizada a metodologia de projeto apresentados por Pahl et al. (2007), iniciando pelo projeto informacional, pela obtenção dos requisitos e especificações de projeto, diagrama de funções e subfunções do sistema de *powertrain* elétrico, assim como a matriz morfológica com as variantes de soluções. As soluções foram classificadas de acordo com critérios de interesse do público-alvo e selecionou-se a melhor configuração para o leiaute do veículo. A solução selecionada foi aquela com sistema de propulsão elétrico nas rodas, com duas baterias de fosfato de ferro-lítio, acelerador manual, resfriamento a ar e duplo isolamento. O modelo de controlador utilizado foi definido de acordo com o modelo do motor. Posteriormente, foi realizada a modelagem do leiaute preliminar do veículo proposto. Com o projeto desse tipo de veículo, espera-se proporcionar benefícios ambientais, econômicos e sociais, além de promover a inovação tecnológica dos veículos elétricos e na agricultura.

PALAVRAS-CHAVE: Veículos elétricos, Agricultura, Metodologia de Projetos

OFF-ROAD BAJA TYPE ELECTRIC VEHICLE PROPOSAL FOR ACADEMIC COMPETITIONS AND AGRICULTURAL ACTIVITIES

ABSTRACT: Electric vehicle design, for use in urban activities and agriculture, have become one of the alternatives to conventional tractors for both large producers and small rural properties. The objective of this work was to propose a prototype-concept of a Baja-type electric vehicle for academic competitions and for agricultural activities. For conception of prototype was used the design methodology presented by Pahl et al. (2007), starting with the informational project, by obtaining the project requirements and specifications, diagram of functions and subfunctions of the electric powertrain system, as well as the morphological matrix with the solutions variants. In the morphological matrix, the solutions were classified according to criteria of interest to the target public and the best configuration for the vehicle layout was selected. The solutions were classified according to interest criteria for the target public and the best configuration for the vehicle layout was selected. The solution selected

was the one with an electric propulsion system on wheels, two lithium iron phosphate batteries, manual accelerator, air cooling and double insulation. The controller model used was defined according to the motor model. Subsequently, the preliminary layout of the proposed vehicle was modeled. With this vehicle type design, it is expected to provide environmental, economic and social benefits, in addition to promoting technological innovation in the electrical vehicle design and agriculture.

KEYWORDS: Electric vehicles, Agriculture, Project Methodology.

INTRODUÇÃO: Para a realização das atividades agrícolas, a maioria dos tratores utilizados ainda é acionada por motores a diesel, que apresenta alto consumo de combustível e emissão de gases de efeito estufa (WEN *et al.*, 2022). Dessa maneira, projetos de veículos elétricos, para uso nas atividades urbanas e na agricultura, têm se tornado uma das alternativas aos tratores convencionais tanto para grandes produtores quanto para pequenas propriedades rurais. Melo (2019) propôs o projeto de um sistema de propulsão elétrica, com capacidade de potência de 9 kW, com dois motores de indução trifásicos e uma unidade de acionamento. O autor considerou o sistema com adequado desempenho técnico e operacional para utilização em atividades aplicada a agricultura familiar. Durante a Competição Baja SAE Brasil 2022, iniciaram-se as discussões sobre a possibilidade da criação de uma categoria de bajas elétricos, chamados e-bajas, na perspectiva de apresentação de protótipos-conceito, com *powertrain* elétrico (SAE BRASIL, 2022). O programa proposto pela Sociedade de Engenheiros da Mobilidade (SAE) desafia os estudantes de engenharia a desenvolverem um veículo *off-road*, desde a sua concepção, projeto detalhado, construção e testes. Esse tipo de veículo, pode efetuar atividades agrícolas como tracionar cultivadores, semeadoras, trailers e para transporte de suprimentos e ferramentas (OLIVEIRA *et al.*, 2016) e ser uma alternativa aos tratores de pequeno porte, em operações específicas. A hipótese que precede o trabalho é que ao se utilizar uma metodologia de projeto consistente é possível definir um conceito eficiente para um veículo baja com *powertrain* elétrico. Dessa maneira, objetivou-se com o presente trabalho propor um protótipo-conceito de um veículo elétrico tipo baja para competições acadêmicas e para atividades agrícolas.

MATERIAL E MÉTODOS: O projeto foi desenvolvido com base nos fundamentos de metodologia de projeto apresentados por Pahl *et al.* (2007). Na fase de projeto informacional buscou-se conhecer o estado da arte, tarefa imprescindível para o adequado projeto de qualquer produto. A partir de uma lista de requisitos de projeto, definida com base nas necessidades e desejos dos possíveis usuários e nas orientações de segurança do regulamento para Fórmula Elétrico, foram estabelecidas as especificações de projeto. As características do *powertrain* são dependentes da motorização e do banco de baterias a serem definidos pela SAE. No entanto, considerou-se a potência do sistema entre 3 e 8 kW. Na etapa de projeto conceitual, estabeleceu-se a estrutura de funções e subfunções, com foco no *powertrain* do veículo. Na etapa seguinte, foi definida uma matriz morfológica a qual permitiu explorar diversas possibilidades de soluções para cada subfunção identificada. A avaliação das variantes de solução foi realizada atribuindo-se uma nota de 1 a 5 para cada solução considerando critérios de projeto específicos (custo, segurança, facilidade de manutenção, facilidade de projeto, massa total e desempenho) e multiplicando-se pelo peso de cada um deles (custo e segurança = 5; facilidade de manutenção e projeto 4 e massa e desempenho 2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O projeto informacional permitiu verificar que o desenvolvimento de tratores elétricos de diferentes portes e aplicações tem aumentado e que o incentivo ao projeto de veículos para competições acadêmicas, tipo baja, com propulsão

elétrica é uma forma de contribuir para a formação de novos profissionais e novas soluções para a agricultura. As especificações do projeto do veículo estão apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 1. Especificações de projeto para o veículo off-road proposto

Especificação	Descrição
1	O projeto do Powertrain deve ser ancorado em uma área de 50 cm x 100 cm x 130 cm
2	Fornecer 7 kW visando atingir 40 km/h em 100 m e uma aceleração de 0 a 30 m de 4,2 s
3	Proporcionar uma força trativa de 2000 N nas rodas traseiras
4	O acionamento do motor deverá ser feito pelo controlador com seu próprio meio de segurança, incluindo a chave relé. O sistema deve possuir um circuito de segurança (<i>shutdown</i>) com 2 chaves gerais, 3 chaves de desligamento e um sensor de inércia
	O sistema deve operar durante 1 h sem falhas. O sistema deve operar durante quatro ciclos da bateria para manutenções programadas, sem necessidade de manutenção corretiva;
5	O custo máximo inicial com sistema de R\$ 2.000,00 para a equipe UFVBaja, considerando que o motor, controlador e baterias serão disponibilizados pela SAE a custo zero,
6	O projeto deve ser possível de ser finalizado em 3 meses, após todos a obtenção dos componentes necessários, incluindo a etapa de construção, testes e acabamento

Na Figura 1 está apresentado o diagrama de função e subfunções para o veículo proposto, com foco no sistema de transmissão. O diagrama foi definido considerando funções até o terceiro nível, fluxo de sinal, material e energia.

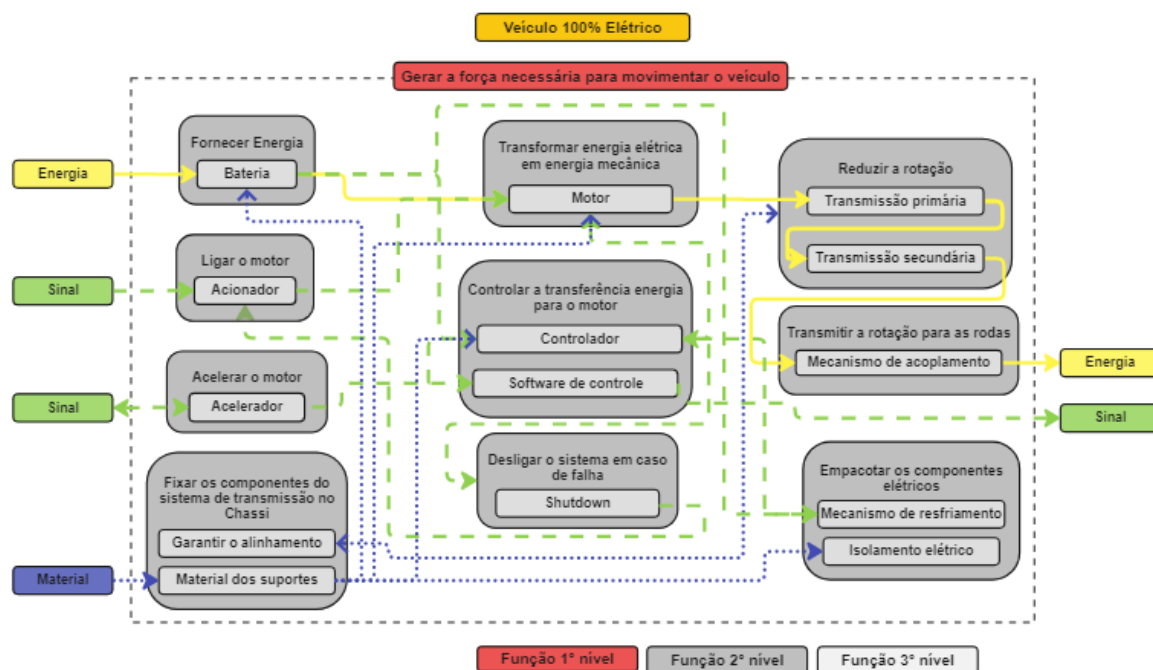


FIGURA 1. Diagrama de funções e subfunções para um veículo elétrico tipo baja proposto.

A matriz morfológica está apresentada no Quadro 2. Foram pré-selecionadas cinco alternativas consideradas as melhores opções para o projeto. A melhor variante de solução obtida está apresentada na Figura 2. Ela é composta por duas baterias de fosfato de ferro-lítio (72V 35Ah), motores nas rodas (3000 W 205), acelerador manual, resfriamento a ar e duplo isolamento. O modelo de controlador utilizado foi definido de acordo com o modelo do motor (controlador KEB72451X). Para a subfunção dos acionadores e circuitos de segurança, foi escolhida uma configuração que atendesse ao nível de segurança especificado para veículos para competição tipo fórmula elétrico, visto que ainda não há regulamento para e-bajas.

QUADRO 2. Matriz Morfológica definida para as funções e subfunções do veículo off-road proposto para cinco variantes de solução (VS)

Itens Solucionáveis	VS1	VS2	VS3	VS4	VS5
Bateria	Íons de lítio	Íons de lítio	Fosfato de ferro-lítio (LiFePO4)	Fosfato de ferro-lítio (LiFePO4)	Chumbo-ácido
Motor	Motor DC (central)	Motor de imã-permanente (central)	Motor DC (central)	Motor DC (nas rodas)	Motor de imã-permanente (central)
Acelerador	Pedal	Manual	Manual	Manual	Pedal
Transmissão primária	CVT	Corrente	CVT	-	CVT
Transmissão secundária	Caixa de redução	Caixa de redução	Caixa de redução	-	Corrente
Mecanismo de acoplamento nas rodas	Semieixo	Homocinéticas	Homocinéticas	-	Semieixo
Mecanismo de resfriamento	Resfriamento a ar	Dissipação de calor	Dissipação de calor	Resfriamento a ar	Dissipação de calor
Isolamento elétrico	Isolamento em fibra	Isolamento por fita	Isolamento em fibra	Duplo isolamento	Duplo isolamento

CONCLUSÕES: O protótipo desenvolvido atingiu todas as especificações de projeto e atinge o objetivo principal. Além disso, espera-se proporcionar com os e-bajas benefícios ambientais, econômicos e sociais, além de promover a inovação tecnológica dos veículos elétricos e na agricultura.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem à CNPQ- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, a SAE Brasil, ao Eng. Osvane Abreu Faria e equipe UFVBaja para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS:

- WEN, C.; ZHANG, S.; XIE, B.; SONG, Z.; LI, T.; JIA, F.; HAN, J. Design and verification innovative approach of dual-motor power coupling drive systems for electric tractors. **Energy**, v. 247, 2022.
- MELO., R. R. Concepção de um sistema de propulsão elétrica para um trator de 9kW adequado para a agricultura familiar. **Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica)**, Universidade Federal do Ceará, 2019, 174p.
- OLIVEIRA, F. C.; VILLIBOR, G. P.; KHOURY JUNIOR, J. K.; LIMA, É. H. F. Whole body and hand-arm vibrations on off-road vehicle used in academics competitions. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa - MG, v.24, n.5, setembro/outubro, 2016
- PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUNSEN, J.; GROTE, K. H. **Engineering Design – A Systematic Approach**. Springer Science & Business Media, 2007, 617p.
- SAE BRASIL. **Baja SAE BRASIL Nacional volta com 69 equipes e lança desafio do e-Baja**. Disponível em: < <https://saebrasil.org.br/noticias/baja-sae-brasil-nacional-volta-com-69-equipes-e-lanca-desafio-do-e-baja/> >. Acesso em: 26 de maio de 2022.