



BABY BÚFALO: DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE VEÍCULO AUTOMOTIVO SOLAR PARA A ACESSIBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA FÍSICO-MOTORA NA UFPA.

Carla Leticia Rodrigues Araujo¹, Adria Beatriz de Cristo Menezes, Gledsyanne da Silva Rodrigues, Déborah Maria Moreira Teixeira, Beatriz Sthefany Moreira Silva, Hendrick Máxil Zarathe Rocha, Roger Barros Cruz, Ana Paula Mattos²,

Abstract: Problems of urban mobility and lack of accessibility occur everywhere in Brazil, and at the Universidade Federal do Pará (UFPA), it's no different. Wheelchair-bound students often rely on available internal transportation, facing accessibility and mobility challenges. In this context, an innovative project has been proposed: the construction of a prototype solar-powered electric vehicle, designed for the autonomous transportation of citizens, especially those who use wheelchairs, in a practical and sustainable way, developed at UFPA's Laboratório de Motores e Combustão interna. The project originated as an alternative means of transportation for the disabled.

Keywords: sustainability; education; innovation.

1. INTRODUÇÃO

O transporte público é um pilar fundamental para a mobilidade urbana, especialmente para pessoas com deficiência físico-motora. A acessibilidade nesse contexto não só promove a independência e participação na sociedade, mas também influencia diretamente na qualidade de vida de todos os cidadãos. Porém, estudos indicam que ainda existem significativas barreiras físicas e sociais que limitam a plena mobilidade desses indivíduos, mesmo em ambientes urbanos que oferecem transporte público adequado. Essas problemáticas estão igualmente presentes no ambiente universitário brasileiro. Na Universidade Federal do Pará (UFPA), por exemplo, alunos cadeirantes muitas vezes dependem do transporte interno disponível, enfrentando desafios de acessibilidade e mobilidade. A falta de acessibilidade causa o afastamento de pessoas com deficiência (PCD) das universidades, determinando, assim, o desligamento dos mesmos com a faculdade, impedindo o término de seus cursos, conforme indica a matéria da Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE). Tais obstáculos não apenas afetam os estudantes, mas também a população externa que frequenta o campus, como pacientes do Hospital Bettina Ferro de Sousa. Diante desse contexto, surge a proposta de um projeto inovador: a construção de um protótipo de veículo elétrico movido a energia solar, destinado ao transporte autônomo de cidadãos. Principalmente os que utilizam cadeiras de rodas, de forma prática e sustentável, desenvolvido no Laboratório de Motores e Combustão interna da UFPA. Este veículo não só aprimora a acessibilidade e a independência dos usuários, mas também contribui significativamente para a redução da emissão de poluentes, ao substituir o uso de combustíveis fósseis pela energia limpa e renovável do sol.

2. OBJETIVOS

O Baby Búfalo agrega diversas temáticas e objetivos, demonstrando assim sua versatilidade, tanto para os alunos que o desenvolvem, quanto para aqueles que irão utilizá-

¹ Universidade Federal do Pará

² Universidade Federal do Pará/ITEC



lo como meio de transporte. Entre os objetivos do Baby Búfalo, é possível destacar alguns, tais como: melhorar as oportunidades de mobilidade, independência e liberdade das pessoas que utilizam cadeiras de rodas dentro da UFPA, como forma de evitar a evasão universitária. Fomentar e estimular a criatividade, inovação e resolução de problemas com os alunos de graduação de diversas.

Essa abordagem multidisciplinar não apenas enriquece a formação dos alunos ao permitir a aplicação prática dos conhecimentos teóricos, mas também promove a inclusão de estudantes com deficiência físico-motora, envolvendo-os tanto no desenvolvimento quanto na construção física do veículo. Portanto, além proporcionar uma oportunidade de aprendizado prático, esse projeto visa capacitar os alunos para enfrentar desafios reais, estimulando sua criatividade e desenvolvendo habilidades essenciais, como trabalho em equipe e resolução de problemas. Por meio dessa iniciativa, não apenas será promovida a acessibilidade e sustentabilidade, mas também se capacitará uma nova geração de profissionais engajados e conscientes das questões socioambientais.

Além disso, Esse projeto, também possui como meta, contribuir com 3 dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), sendo eles os objetivos: 3 (Saúde e Bem estar), em que será garantido uma melhor qualidade de vida às pessoas com deficiência físico-motora na UFPA, por meio da facilidade de locomoção dentro do Campus; 7 (Energia limpa e acessível), o qual será utilizado energia solar como fonte energética do projeto e 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), com a elaboração do veículo elétrico - sustentável e acessível - como uma nova tecnologia produzida pelos próprios discentes da faculdade.

3. METODOLOGIA

De forma preliminar, elaborou-se um projeto conceitual detalhado com base nos problemas de mobilidade e acessibilidade no campus, possibilitando o desenvolvimento de um projeto conceitual que atenda às necessidades identificadas. Após definido o projeto conceitual, realizou-se o projeto detalhado, que é uma etapa importante no processo de desenvolvimento de um produto e consiste na elaboração do projeto mecânico completo, constando com a seleção dos materiais, definição da estrutura principal, sistemas de transmissão de potência, frenagem, design e segurança, com base na literatura (BUDYNA S, Richard & NISBETT, 2011, CALLISTER, W. D., 2008, NORTON, Robert L., 2013, SHIGLEY, J. E., 2004, VAN VLACK, L. H., 1994).

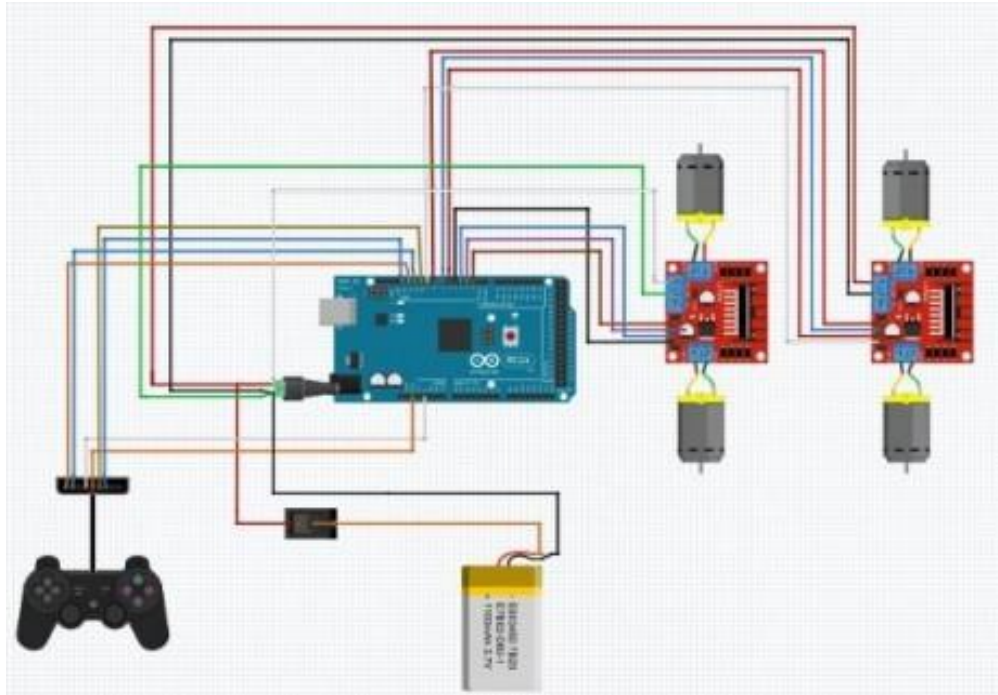
Ao iniciar as atividades de planejamento do Baby Búfalo, dividiu-se o projeto em equipes: código, sistemas fotovoltaicos, sistema de transmissão, estrutura e CAD. Entende-se que o desenvolvimento de um protótipo é uma etapa primordial para algumas atividades técnicas ou científicas, já que este processo permite analisar e corrigir detalhes antes de investir em grande escala, minimizando custos e otimizando o desenvolvimento.

No contexto do projeto em questão criou-se a versão bem menor do carrinho, um protótipo de modelo preliminar para testar código fonte que será atualizado para o Baby Búfalo, utilizando o Arduino como um microcontrolador para o início do desenvolvimento dessa versão. Na elaboração do código, os itens usados para o protótipo para testes e aprendizado, foram atribuídos como responsáveis pela fase inicial de pesquisa e estudos essenciais nessa parte do processo. Definiu-se o Arduino como microprocessador controlável para receber as instruções do controle de PS2 aplicado nessa versão para



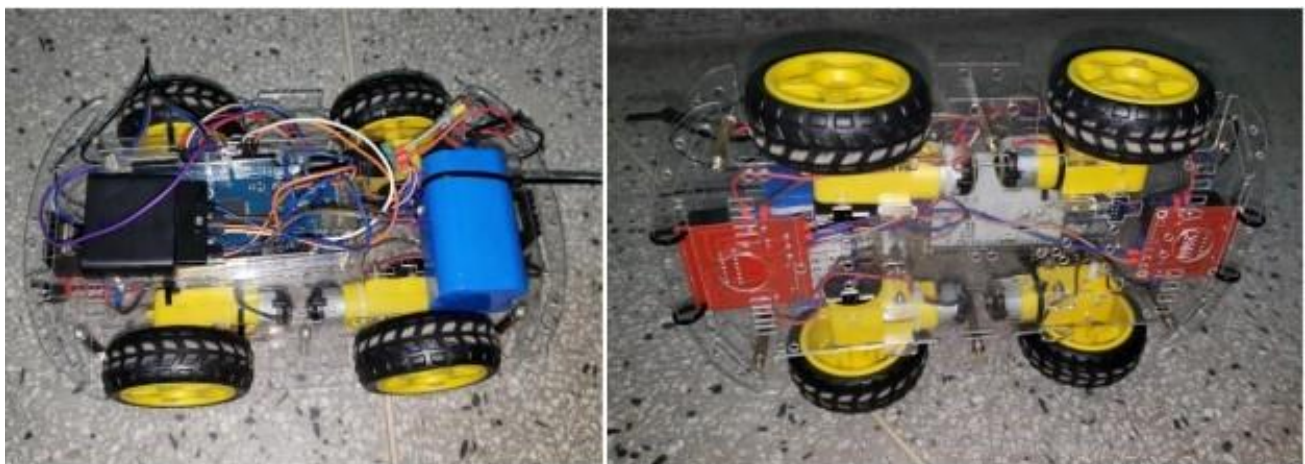
controlar e comandar as ações do carrinho, processando essas informações e enviando sinais para as pontes H, que consequentemente controlam os motores DC elétricos 12v (Figura 1) permitindo a movimentação conforme as informações recebidas. Com a construção do carrinho (figura 2) e a adição de componentes elétricos como jumpers e entre outros.

Figura 1 - estrutura elétrica no Fritizing, com os componentes.



Fonte: Autoras, 2024.

Figura 2 - Na esquerda: carrinho visto de cima. Na direita: carrinho visto de baixo



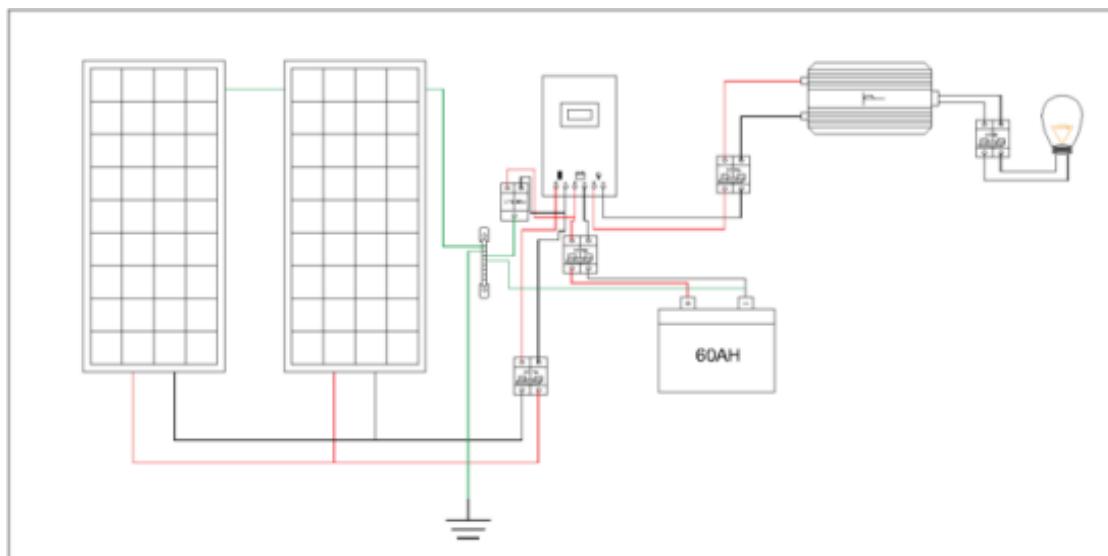
Fonte: Autoras, 2024

Com o retorno positivo desse carrinho menor, foi possível prosseguir com o desenvolvimento do Baby Búfalo. Para o funcionamento sustentável do Baby Búfalo e funcionamento por energia solar, será construído um sistema de carregamento montado no Laboratório de Motores e combustão interna da UFPA. O sistema dispõe de placas solares que serão responsáveis por captar luz do sol, para gerar corrente elétrica e transmitir para o inversor, incluirá uma bateria com controlador de cargas, que tem como objetivo proteger a bateria contra altas descargas dos módulos solares. Mediante o sistema montado (Figura

3), a energia armazenada irá alimentar o Baby Búfalo para funcionar normalmente.

As primeiras estimativas a respeito do dimensionamento foram desenvolvidas baseadas na escolha da bateria, de acordo com a sua exigência de funcionamento. Após o estabelecimento da bateria a ser usado no Baby Búfalo, foi posto em andamento a etapa de obtenção de cálculos para a instalação correta dos módulos solares. Nessa etapa, incluiu-se o dimensionamento das placas solares, inversor, controlador de carga e condutores elétricos e a montagem do esquema elétrico.

Figura 3- esquema elétrico do sistema de carregamento.



Fonte: Autoras, 2024.

No sistema de transmissão a pesquisa ocorreu por diferentes meios, como em sites, artigos e vídeos no youtube. Com a escolha do motor, compreendeu-se que se basear no modelo de transmissão de kart (veículo terrestre sem suspensão utilizado em competições) seria o mais apropriado, ele é composto com disco de freio, coroa, pinhão e corrente de moto. Adaptando para a necessidade do Baby Búfalo nota-se algumas diferenças: mancal em cada roda, se utilizaria dois mancais, ao invés de um eixo único para duas rodas, se utilizaria um eixo independente para cada roda com seu respectivo motor e sua respectiva coroa, e por fim, ao invés de um disco de freio por eixo, se utilizaria dois discos de freio para dois dos quatro eixos, sendo estes nas pontas opostas do Baby Búfalo.

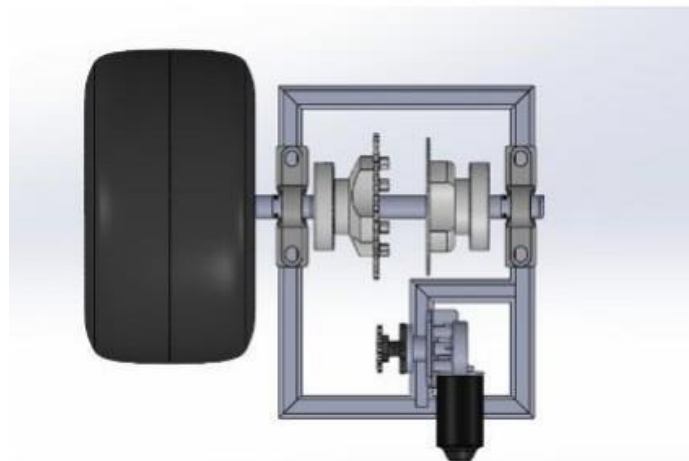
Para a instalação, inicialmente, foi preciso procurar um pinhão para receber movimentação do motor, para isso, foram pensados em diferentes modelos de pinhão e a média de preço para os 4 blocos da transmissão. Porém, durante essa busca, não foi encontrado um pinhão no tamanho idealizado para a flange do motor (62 mm), então foi oportuno desenhar uma peça para conectar a flange ao pinhão (figura 4). O desenho do CAD da peça possui tanto as medidas ideais para a flange quanto os furos no tamanho ideal para a sua fixação. Com a aprovação do modelo seguiu-se a etapa de confecção da peça por impressão 3D. Por fim, em posse do pinhão, comprou-se a corrente para transmitir o torque à coroa, finalizando o sistema de transmissão (figura 5 e 6).

Figura 4 - CAD da peça que conecta a flange com o pinhão.



Fonte: Autoras, 2024.

Figura 5 - CAD do sistema de transmissão.



Fonte: Autoras, 2024.

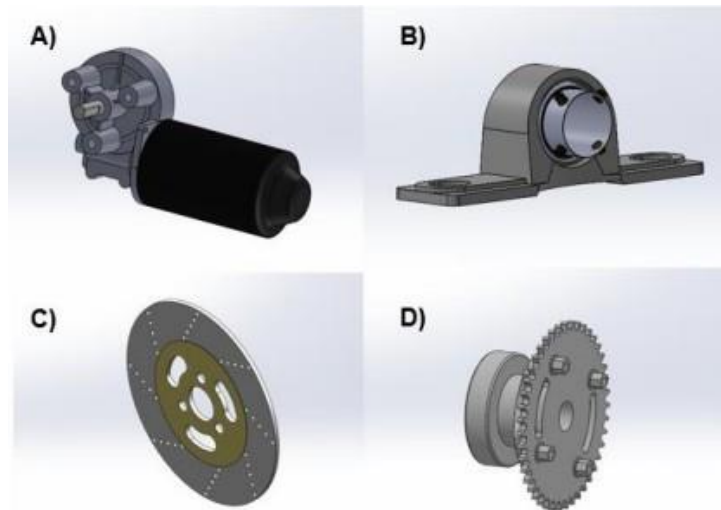
Figura 6 - Foto do sistema de transmissão.



Fonte: Autoras, 2024.

O CAD é usado para criar, modificar, analisar e otimizar projetos e desenhos técnicos, tal ferramenta esteve presente em todas as etapas do Baby Búfalo, porém teve grande enfoque na realização de pessoas individuais, como motor, coroa, discode, freios e mancais (Figura 7), após comparação da transmissão de kart (Figura 8) com as necessidades do veículo.

Figura 7 - A) motor; B) mancal; C) disco de freio; D) coroa.



Fonte: Autoras, 2024.

Figura 8 - sistema de transmissão de kart.



Fonte: Autoras, 2024.

A idealização do protótipo sempre foi priorizando o conforto, no entanto, para isso acontecer, é primordial a verificação das medidas de segurança e especificações básicas para acessibilidade e conforto. A fim de viabilizar isso, foram usados dados da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com foco nos parâmetros e critérios técnicos da NBR 14022: Acessibilidade em veículos de características urbanas para o transporte coletivo de passageiros e da NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Tratando de ergonomia, a monografia Bancada Ergonômica para Veículos Baja SAE, 2021 teve grande destaque fornecendo medidas de máximo e mínimo necessárias para um protótipo ergonômico (figura 9).

As medidas determinadas baseadas nas normas de dimensão pesquisadas anteriormente foram 700mm de largura, 1500mm de comprimento e 1100mm de altura. Adequando o modelo de Baja SAE para o Baby Búfalo, foi possível chegar ao modelo final (figura 10).



Figura 9 - Modelo teste final.



Fonte: Autoras, 2024.

Figura 10 - Versão construída do modelo.



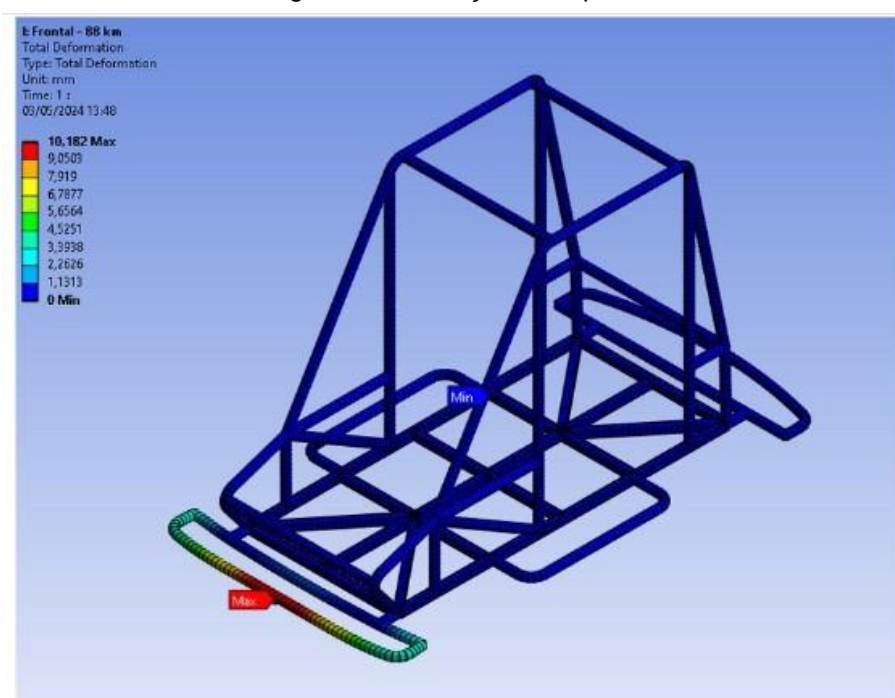
Fonte: Autoras, 2024.

4. RESULTADOS

A realização de testes de utilidades e possíveis adequações para a otimização do funcionamento ou solução de problemas serão analisados de forma exata com a construção completa do Baby Búfalo. Nesta etapa será avaliado o desempenho do veículo em diferentes terrenos e condições, verificando principalmente sua tração, aceleração, dirigibilidade e confiabilidade, além da sua segurança e conforto, tudo isso com base na literatura (CANALE, Antônio Carlos, 1989, CSILLAG, J. M., 1991, GIACOMO, Rakelly, 2008, GILLESPIE, T.D., 1992, LIMPET, Rudolf, 1999, MILLIKEN, W. F & MILLIKEN, D., 1995). Apesar é possível realizar simulações no *software* Ansys® para analisar o comportamento da estrutura em diferentes condições.

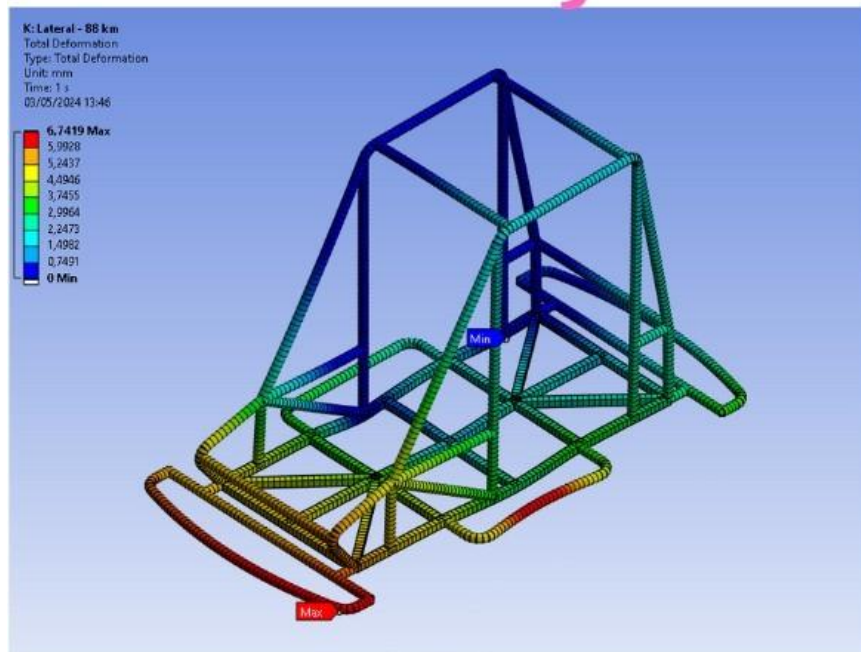
Realizou-se duas simulações para exame da deformação, a de impacto frontal (figura 11) que avalia como um veículo se comportaria em uma colisão frontal, e de impacto lateral (figura 12) que ocorre quando a força é aplicada perpendicularmente ao eixo principal da estrutura e o *software* avalia como a estrutura se comportaria quando submetido a um impacto na sua lateral. Em ambas as simulações, o veículo exibiu deformações mínimas sob as condições aplicadas e manteve sua integridade o que sugere uma estrutura eficaz em suportar as forças aplicadas.

Figura 11: simulação de impacto frontal.



Fonte: autoras, 2024.

Figura 12: simulação de impacto lateral.



Fonte: Autoras, 2024.

A Universidade Federal do Pará, em Belém, possui em média 1.210.478,90 quilômetros quadrados e é dividido em 3 setores: setor Básico, campus I, setor Profissional, campus II, e setor Saúde, Campus III. O Laboratório de Motores fica localizado no Setor profissional, campus II (figura 13), utilizando os cálculos de dimensionamento da bateria, concluiu-se que a bateria duraria em média 1h30min, dessa forma entende-se que quem estiver utilizando o Baby Búfalo, terá esse tempo para usa-lo até o momento de retornar ao laboratório para recarregar a bateria. Para exemplificar, de acordo com informações obtidas no Google Maps, a distância entre o Laboratório de motores até o Mirante do Rio - principal bloco de aulas no Campus I- é de 750m, e demorará em média 12 minutos utilizando o Baby Búfalo. Baseado nessas informações, é possível afirmar que o Baby Búfalo demonstrará eficiência ao transportar pessoas dentro da UFPA no tempo adequado de descarregamento.

Figura 13: Setor profissional(Campus II), com setas indicando o laboratório de motores.



Fonte: UFPA, 2017.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O veículo apresentado passou por diversas etapas de testes e refinamento, consequentemente, é possível observar que desde os meses em que iniciou-se a construção do Baby Búfalo até o período atual, várias fases da construção foram concluídas, o que evidencia a eficiência de sua elaboração (figura 14).

Em todos os estágios que o projeto agrega, fez-se presente a capacidade de resolução de problemas em conjunto, estimulando a criatividade e inovação por parte daqueles que fazem pertencem a equipe.

A construção do veículo visa alcançar uma significativa melhoria nas oportunidades de mobilidade, independência e liberdade para as pessoas que utilizam cadeiras de rodas, a fim de proporcionar um meio de transporte autônomo, prático e sustentável, que atenda às necessidades específicas desses indivíduos. Dessa forma, a iniciativa não só promoverá a inclusão e acessibilidade, como também contribuirá para a qualidade de vida e integração desses estudantes e colaboradores. Como parte da última etapa, e a mais esperada, após a finalização das montagens e dos testes, o Baby iniciará a sua adaptação levando um ocupante pelas ruas da UFPA, sendo analisada as modificações necessárias. Todas as simulações apresentaram respostas positivas e em breve a construção completa estará pronta para alcançar seu principal objetivo, transportar pessoas com dificuldades físico-motoras pela UFPA.

Figura 14 - Resultado atual do veículo



Fonte: autoras, 2024.



REFERÊNCIAS

- [2] ANTUNES, V. C. K.; AMORIM, C. C. Os desafios da docência no ensino superior frente a inclusão de pessoas com deficiência nas universidades. Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação, Araraquara, v. 15, n. esp.2, p. 1465-1481, ago. 2020. e-ISSN: 1982-5587. DOI: <https://doi.org/10.21723/riaee.v15iesp2.13800>
- [1] BUDYNAS, Richard & NISBETT, J. Keith., Elementos de Máquinas de Shigley, 8ª ed., Porto Alegre, Bookman, 2011.
- [1] CALLISTER, W. D. Ciência e Engenharia de Materiais: uma Introdução. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- [1] CANALE, Antônio Carlos, automobilística dinâmica desempenho, 1ª ed., São Paulo, Érica, 1989.
- [2] COSTA, M. F. L. da; SOUZA, C. T. R. de. Acessibilidade e inclusão de cadeirantes na Universidade Federal do Pará. Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação, Araraquara, v. 9, n. 2, p. 459–469, 2014. DOI: 10.21723/riaee.v9i2.7049. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/view/7049>. Acesso em: 30 jul. 2024.
- [1] CSILLAG, J. M., Análise do Valor: metodologia do valor, redução de custos, racionalização administrativa, 3ª ed., São Paulo, Atlas, 1991.
- [5] GIACOMO, Rakelly. Acessibilidade e Mobilidade de Cadeirantes no Transporte Público Urbano de Maringá, 2008.
- [1] GILLESPIE, T.D., Fundamentals of Vehicle Dynamics, 1ª ed., Nova York, SAE International, 1992.
- [1] LIMPert, Rudolf, Brake Design and Safety, 2ª ed., Warrendale, SAE International, 1999.
- [1] MILLIKEN, W. F & MILLIKEN, D., Race Car Vehicle Dynamics, Warrendale, SAE International, 1995.
- [1] NORTON, Robert L., Projetos de Máquinas, 4ª ed., Porto Alegre, Bookman, 2013.
- [8] RIBEIRO, Rhúbia. Acessibilidade é um dos obstáculos das PcD nas universidades. APAE Curitiba - PR, 2022. Disponível em: <https://apaecuritiba.org.br/acessibilidade-das-pcd-nas-universidades/>
- [1] SHIGLEY, J. E., Projeto de Engenharia Mecânica, 7ª ed., Porto Alegre, Bookman, 2004.
- [1] VAN VLACK, L. H. Princípios de Ciência e Tecnologia de Materiais. São Paulo: Campus, 1994.