

APOIO À INFRAESTRUTURA ROBÓTICA DE UM VEÍCULO ELÉTRICO DE DUPLA TRACÇÃO

Palavras-Chave: Robótica Agrícola, Veículos autônomos, Projeto Mecânico

Autores:

Adrian Lucchesi Oliveira – FEM/UNICAMP

Prof. Dr. Ely Carneiro de Paiva (Orientador) – FEM/UNICAMP

Dr. Mauro Koyama (Coorientador) - CTI Renato Archer

INTRODUÇÃO

Este projeto de iniciação científica, na temática de veículos robóticos terrestres, tem como foco o apoio ao projeto mecânico de um miniveículo elétrico multitração “todo-terreno”, o qual se insere no contexto de projetos que estão sendo conduzidos numa parceria da FEM-UNICAMP com o Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI-Campinas), como o Projeto Auto_VERDE Fapesp regular (n. 2018/04905-1) – Automatização de um Veículo Elétrico Robótico com Diferencial Eletrônico conduzido pelo Prof. André Fioravanti da FEM-Unicamp – como continuidade do projeto pioneiro VERDE, submetido em Março/2018. (figura 1) (de Paiva, 2014).

Uma grande parte da pesquisa científica em Robótica Móvel Terrestre nos últimos anos tem focado no desenvolvimento de veículos autônomos de quatro rodas, mas a quase totalidade ainda é focada em veículos de passeio, que supõem a navegação em ambiente com pavimento asfaltado plano que possibilita o



Figura 1 - Veículo robótico da parceria UNICAMP-CTI: VERDE-Fapesp.

conhecimento de certas variáveis relativas ao ambiente, além de simplificações com relação às condições de contato pneu-solo (Rajamani, 2012). Já para o caso do controle de veículos em ambiente todo terreno, como no caso de um trator, por exemplo, o conhecimento das propriedades de aderência, envolvendo derrapagens, irregularidades, inclinações fortes etc., se torna extremamente complexo, e apresenta ainda grandes desafios tecnológicos e científicos.

A utilização de um veículo em escala (1:5) em um projeto desse tipo se justifica por diversas razões tais como: redução dos custos dos ensaios experimentais, maior facilidade de se realizar modificações e adaptações mecânicas, menor espaço de abrigo (garagem) e segurança e rapidez nos ensaios em terrenos agressivos. Assim, o desenvolvimento das abordagens de controle e navegação de um veículo elétrico multitração pode ser realizado de forma segura e eficiente num veículo em escala, para posteriormente serem implementados em veículos de porte maior, como tratores e máquinas agrícolas (Morton, 2004).

ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

No projeto VERDE inicial (Fapesp 2014/26072-9) foram construídos 2 miniveículos elétricos multitração. Um deles já foi totalmente concluído, e encontra-se operacional inclusive com o sistema embarcado e softwares de acionamento em pleno funcionamento. O segundo veículo já se encontra em fase final de construção e montagem.

Contudo, constam abaixo o progresso de cada uma das etapas previstas no cronograma do plano de trabalho.

(1) Acompanhamento das atividades de suporte mecânico à equipe de desenvolvimento e testes dos dois miniveículos VERDE - Foi feito um acompanhamento das atividades de projeto, fabricação e teste de adaptação de um encoder ao sistema de direção (figura 2), sendo realizada a montagem completa desta submontagem para montá-la no carro.



Figura 2 - Montagem do encoder de direção.

Além disso, foi possível realizar a montagem do sistema de tração e do diferencial eletrônico anteriormente reprojatados para verificar a funcionalidade das peças fabricadas. Foi realizada uma documentação do tipo tutorial de montagem desse subsistema (figura 3), com finalidade de gerar documentação técnica para o manual do VERDE.

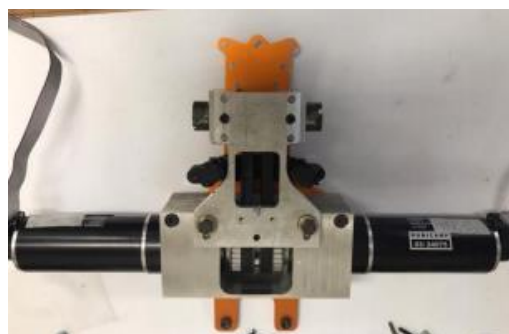


Figura 3 - Montagem do sistema de tração.

(2) Desenvolvimento de um “Manual do Produto” do miniveículo VERDE - O intuito é melhorar a documentação já existente e incluir o máximo de informação necessária para deixá-lo completo. Foi estudada a documentação para se familiarizar com o projeto, além de verificar todos os arquivos de CAD do miniveículo VERDE.

Tendo em mãos esse material, foi realizada a verificação do CAD das peças reprojatadas e posterior adequação de montagem no ambiente 3D, além de converter os arquivos para o formato neutro STEP, para permitir a

visualização com diversos softwares diferentes de CAD, como o Inventor, SolidWorks, FreeCAD etc.

Para complementar o manual do produto, foi realizada a verificação da documentação do novo sistema de direção, organizada como mini-tutorial (figura 2), além da implementação do mini-tutorial de montagem do sistema de tração (figura 3).

(3) Projeto de suporte do sensor a laser para a suspensão dianteira - Foram realizadas discussões dentro da equipe sobre a funcionalidade dos sensores de distância laser (Acuity, 2021), e a partir do estudo de uma maquete simplificada 2d (figura 4 e 5), criada a partir dos arquivos CAD disponíveis, foi decidido instalar os sensores no veículo.

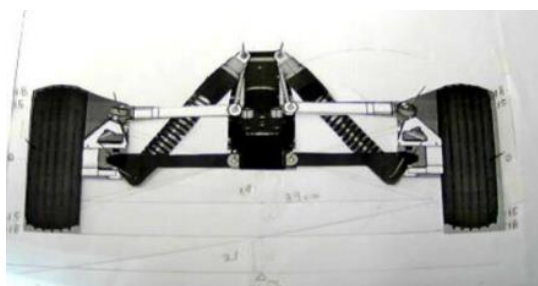


Figura 4 - Maquete simplificada 2D da excursão da suspensão para o caso do veículo percorrendo trajetória em linha reta.

Porém há uma limitação de excursão da medição, que cobre uma faixa de 50 mm, com uma zona morta inicial de 65 mm.

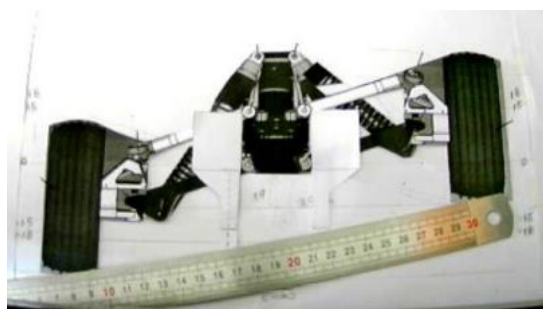


Figura 5 - Maquete simplificada 2D da excursão da suspensão para o caso do veículo percorrendo trajetória curva.

Além dos casos indicados na figura 6 foram ensaiados outros 12 casos e verificou-se que não seria possível com esses sensores cobrir a excursão da suspensão em todas as possíveis posições de trabalho.

Assim, foi necessário projetar e fabricar um suporte na suspensão dianteira, com impressão 3D, a fim de permitir a regulagem de altura do sensor para que se possa abranger todos os casos possíveis relacionados com a limitação de excursão.

Considerando que o suporte ficará na parte frontal do veículo, fixado ao para-choque dianteiro, foi pensado em fixar os lasers em um tubo furado para que se possa alterar a regulagem, conforme figura 6 abaixo.

Além disso, foi necessário também

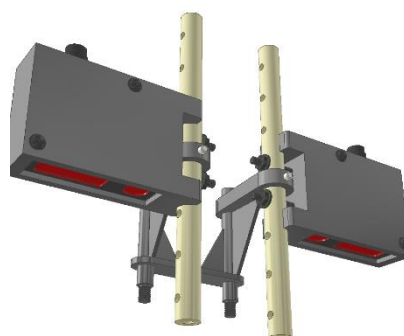


Figura 6 - Suporte do sensor a laser.

projetar uma proteção para os lasers em si, com finalidade de protegê-los da poeira e possíveis impactos que poderão danificá-los.

(4) Projeto de vedação dos motores elétricos para proteção dos motores - Foi realizado o projeto e fabricação de um protótipo de proteção/vedação para os motores de tração. Pensou-se em projetar uma única peça que envolvesse cada motor elétrico separadamente, os quais ficam localizados próximos às rodas traseiras, com finalidade de protegê-los contra

quaisquer impactos que possam danificá-los. Para isso, foi necessário considerar quais impactos esta peça de proteção poderá sofrer. Um esquema dos esforços sofridos se encontra na figura 8.

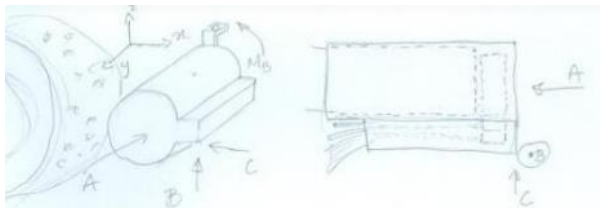


Figura 7 - Esquema de esforços sofridos pela peça de proteção dos motores elétricos.

É necessário considerar a possibilidade de haver um impacto axial, assim como em A, o qual poderá danificar o encoder que fica localizado na ponta do motor. Pensando em proteger o encoder que é um componente eletrônico bem sensível, foram desenvolvidos reforços internamente à capa espaçados em 120° com 3mm de espessura para proteger o motor dessa força axial.

No esforço B, temos um momento M_b que pode deformar a peça, e no esforço C uma força radial. Então foi necessário desenvolver nervuras no canto externo da peça a fim de se aliviar as tensões e não ter deformações significativas nas proteções. Pensando na fixação desta peça de proteção, como ela é feita de material de impressão 3D, é maleável e foi pensado em fazer-se um ressalto no meio da peça na parte superior e inferior para serem apertadas por parafuso com finalidade de “abraçar” o motor e então ficar fixo nele. Para aliviar tensões, criadas pelo aperto demasiado na fixação no motor, foi feito um arredondamento nos cantos.

Após este estudo preliminar de impacto, precisou ser feito um estudo do material a ser utilizado nesta aplicação de impressão 3D. Após algumas reuniões do grupo ficou decidido fabricar-se a proteção dos motores em PETG, que

é um filamento de impressão 3D, um polímero termoplástico, com propriedades interessantes para nossa aplicação (Patterson et al., 2019), como resistência ao impacto; pode ser utilizado no exterior; tem absorção de água menor que o Nylon (3D Printerly, 2021); têm resistência a uma temperatura de até 65 graus sem sofrer deformações.

Desse modo, a peça de proteção dos motores elétricos foi totalmente projetada, sendo utilizado PETG como material, na cor preta e então prototipado em impressão 3D, que durou cerca de 14 horas de manufatura, utilizando preenchimento de 100%, conforme pode ser visto na figura 8.



Figura 8 - Proteção dos motores elétricos.

(5) Estudo dos modelos cinemático (4 rodas) e simplificado (2 rodas) de um veículo elétrico multitração, incluindo direção Ackerman, modelo simplificado de suspensão e controladores simplificados de trajetória no ambiente de simulação do veículo em Simulink/Matlab - Esta última etapa visa o estudo dos modelos cinemáticos completos e simplificados de um veículo elétrico multitração. Foram realizados estudos preliminares nestas áreas do conhecimento para que possam ser aplicados conceitos no projeto em questão, o qual abrange

o modelo simplificado de duas rodas e o sistema de direção Ackermann (Rajamani, 2012), (Milliken, 1995), (Jazar, 2008), que é o usado no veículo, e a modelagem da suspensão (Cordeiro, 2013).

CONCLUSÕES

Apesar deste último ano ser bem atípico por conta da quarentena do COVID-19, ainda assim foi possível realizar grande parte das tarefas propostas inicialmente do plano de trabalho. Além disso foi possível avançar no conhecimento das seguintes áreas:

- Instrumentação - pela instalação, funcionamento e testes de encoders e sensores de distância a laser.
- Projetos em CAD - através da manipulação dos arquivos existentes e prototipagem da proteção dos motores de tração e do suporte do sensor a laser da suspensão dianteira.
- Prototipagem aditiva 3D - Entendimento do funcionamento de uma máquina baseada em extrusão de filamentos. Adaptação do projeto em CAD às peculiaridades da fabricação 3D.
- Modelos simplificados de veículos - através do estudo do modelo cinemático de duas rodas e sistema de direção Ackermann.

BIBLIOGRAFIA

[de Paiva, 2014] - De Paiva, E.C. “Desenvolvimento de um Veículo Elétrico Robótico com Diferencial Eletrônico (Projeto VERDE)”, Solicitação de Auxílio à Pesquisa – Regular à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), fev./14.

[Rajamani, 2012] - Rajamani, Rajesh. Vehicle Dynamics and Control, Springer, 2nd edition, 2012.

[Morton, 2004] - Morton, Mark A. Traction Control Study for a Scaled Automated Robotic Car. Master Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2004.

[Acuity, 2021] - Acuity AR500 Laser, acessado em fevereiro/2021

<https://www.acuitylaser.com/product/laser-sensors/short-range-sensors/ar500-laser-position-sensor/>

[Patterson et al., 2019] – Patterson, A.E. Pereira, T.R. Allison, J.T and Messimer, S.L. IZOD impact properties of full-density FDM polymer materials with respect to raster angle and print orientation. Proceedings of IMECHE Part C: Journal of Mechanical Engineering Science 1–13, 2019

[3D Printerly, 2021] - PLA vs ABS vs PETG vs Nylon – 3D printer filament comparison, acessado em fevereiro/2021 <https://3dprinterly.com/pla-vs-abs-vs-petg-vs-nylon/>

[Milliken, 1995] - Milliken, W.F. e Milliken, D.L. Race car vehicle dynamics. Society of Automotive Engineers, 1995. 890p.

[Jazar, 2008] - Jazar, R. Vehicle dynamics: theory and applications. Springer, 2008. ISBN 9780387742434. 1015p.

[Cordeiro, 2013] - Cordeiro, R.A. Modelagem e Controle de Trajetória de um Veículo Robótico Terrestre de Exterior. Dissertação de mestrado, Área de concentração: Projeto Mecânico, FEM/UNICAMP, Brasil. Defesa em 24 de maio de 2013.