



Simulação e desenvolvimento de sistemas de controle de um veículo agrícola não tripulado

Lucas Morandi

Orientado por Prof. Dr. Angel Pontin Garcia



INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta as etapas de simulação e desenvolvimento de um protótipo de um veículo agrícola não tripulado, dando continuidade ao projeto que vem sendo desenvolvido na FEAGRI (1). O mesmo aborda a utilização de um sistema de suspensão ativa em conjunto com um mecanismo 4 barras com um atuador elástico em série (SEA), visando contribuir para a área de mobilidade agrícola e estabilidade de veículos autônomos.

Uma estratégia adotada para a execução de testes do veículo e controlador, é a utilização de softwares de simulação robótica, como o Gazebo (2) em conjunto com o ROS (Robot Operating System) (3), que permitem a simulação e aplicação de controladores em tempo real, visando facilitar o processo de desenvolvimento do veículo.

OBJETIVOS DO PROJETO

O projeto propôs o desenvolvimento de um modelo computacional de um veículo agrícola não tripulado, visando a aplicação e testes de estratégias de controle para manter sua estabilidade em terreno agrícola não estruturado. Além disso, foi iniciado o desenvolvimento de um protótipo em escala do veículo para a execução de testes e integração e validação com o modelo computacional.

METODOLOGIA E RESULTADOS

A primeira etapa do projeto contou com adaptação e modelagem do veículo (que para o ambiente de simulação do Gazebo, utilizando a linguagem URDF. Primeiramente, foi modelado uma das pernas do veículo separadamente, ligada à um pedestal que permite o movimento na vertical.

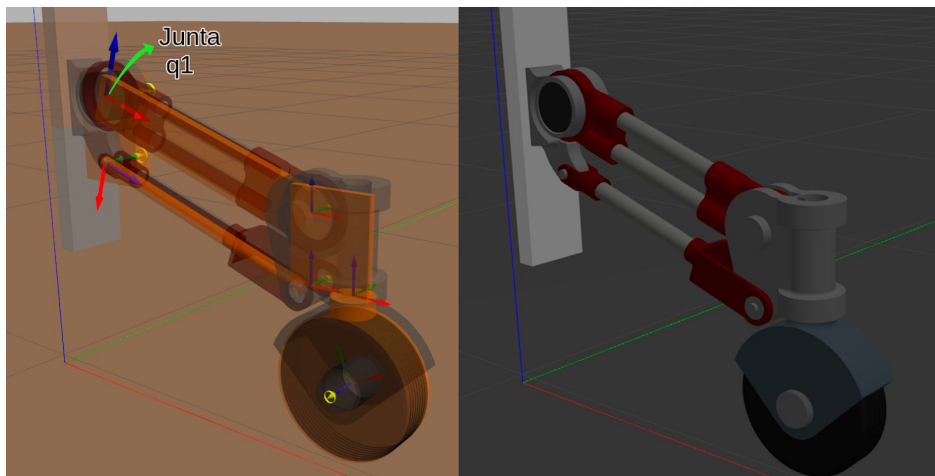


Figura 1 - Comparação entre geometria de colisão (à esquerda, em laranja) com a geometria visual de uma das pernas do veículo.

No Gazebo, cada link no Gazebo é composto por sua parte inercial, visual e de colisão. Enquanto as duas primeiras foram importadas do projeto original feito no Autodesk Inventor, a parte de colisão foi simplificada de forma a diminuir a quantidade de recursos computacionais necessários para executar a simulação em tempo real.

A junta q_1 destacada na figura 2 incorpora o sistema de atuador elástico em série (SEA). Feito a integração com o ROS, foi aplicado à mesma um controle PD com seus

ganhos ajustados ($k_p = 500$, $k_d = 2$) até obter uma resposta satisfatória ao controle de altura senoidal utilizado:

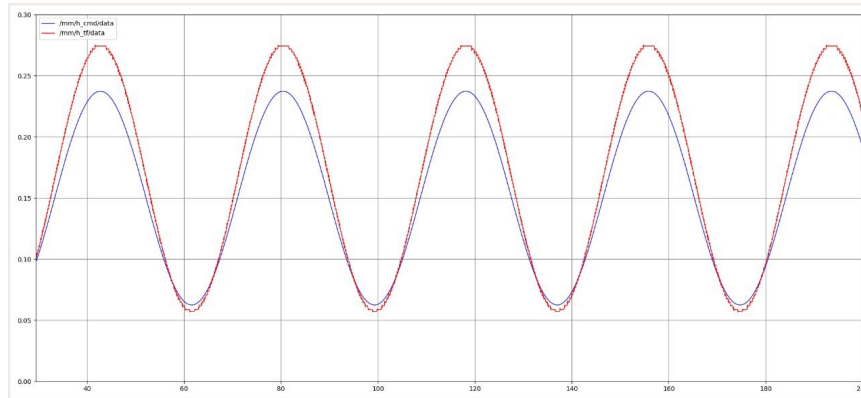


Figura 2 - Setpoint (em azul) e posição real da junta (em vermelho).

O controle foi então aplicado no modelo do veículo completo, que também passou por alterações em seu chassi e posicionamento das pernas em relação ao projeto inicial:

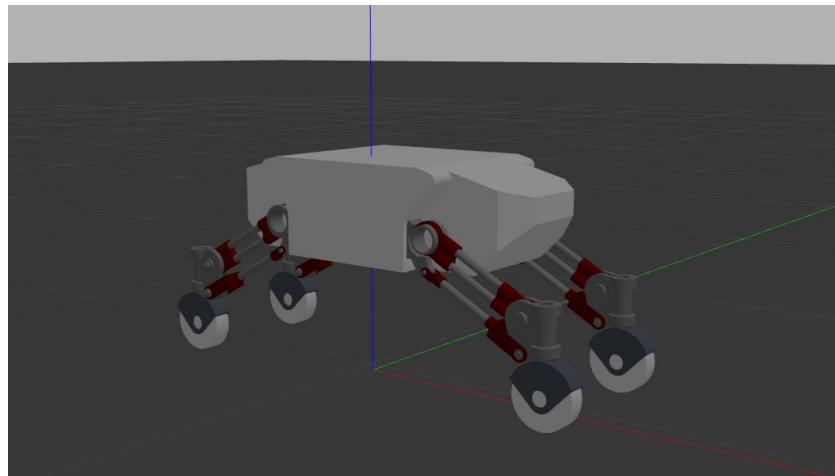


Figura 3 - Veículo completo modelado no Gazebo, com controle de ângulo ativo nas 4 pernas.

Através dele, foi observado que o controle (aplicado às 4 pernas) se comportou de maneira semelhante ao simulado no modelo da perna isolada no pedestal.

Tendo os ambientes de simulação configurados, a estratégia adotada foi de desenvolver um protótipo real em escala 1:4 de uma perna do veículo, visando comparar com o comportamento da simulação e aplicar a integração de sistemas embarcados com a simulação proporcionada pelo ROS.O projeto primeiramente modelado no software Autodesk Inventor e passou por diversas versões de teste, chegando na seguinte versão atual:

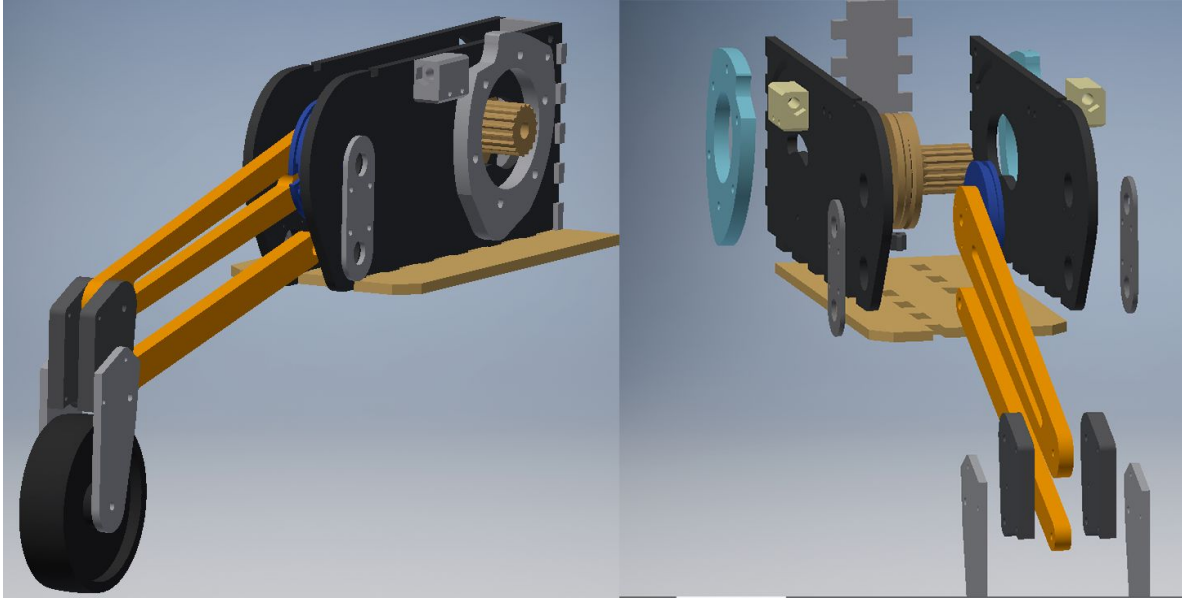


Figura 4 - Projeto de uma perna do veículo no Autodesk Inventor (montada e vista explodida).

O projeto foi desenvolvido visando uma prototipagem rápida e de baixo custo, utilizando componentes e tecnologias já presentes no laboratório, como impressão 3D e corte a laser em MDF e acrílico. Para o motor que atua na junta q_1 , foi utilizado um motor de passo Nema 23 acoplado a um redutor com taxa de redução 1:36.

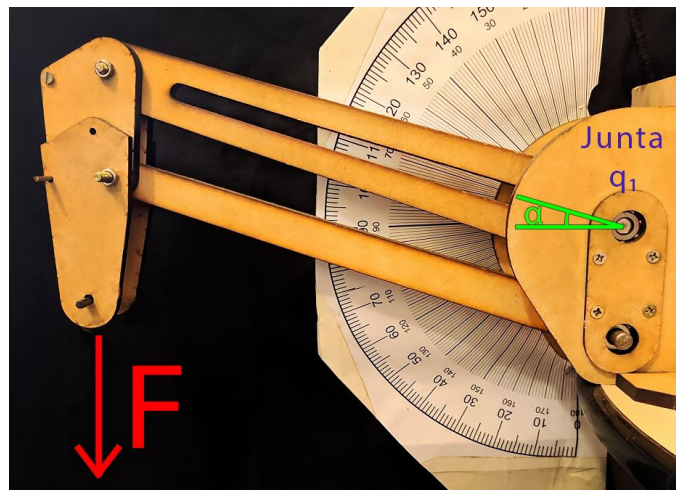


Figura 5 - Experimento para estimar o coeficiente de elasticidade angular da perna.

Uma das principais dificuldades nesta etapa foi encontrar e adaptar ao projeto uma mola com coeficiente de elasticidade suficiente para suportar o momento gerado pela perna - a que melhor se adequou apresentou coeficiente de elasticidade angular de aproximadamente 25,8 Nm/rad, estimado conforme o experimento da figura 5.

Com o protótipo montado, iniciou-se a etapa de configuração do sistema embarcado e integração com o ROS - foi implementado inicialmente um sistema de controle básico da perna, onde é possível controlar o ângulo da perna pelo terminal do computador utilizando uma comunicação serial com o Arduino através do ROS, como ilustrado na figura 6:

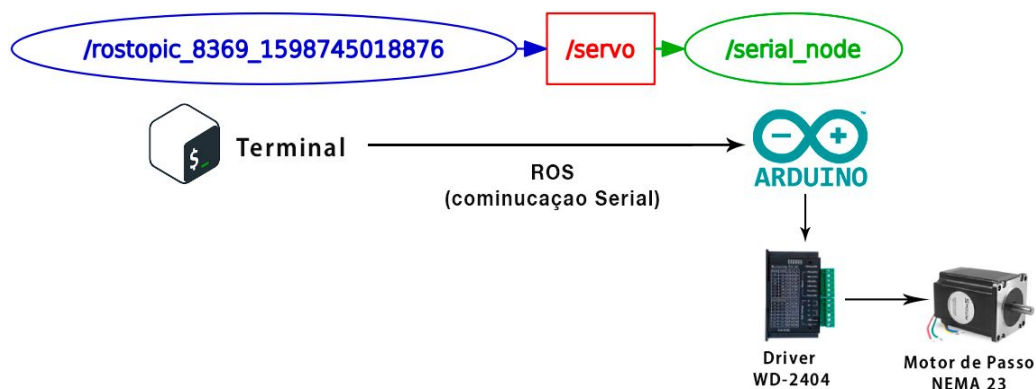


Figura 6 - Esquema de controle do ângulo da perna pelo terminal.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento do protótipo virtual ocorreu como esperado e teve importância na tomada de decisões quanto às modificações no projeto. Tanto o controle PID como o atuador SEA foram implementados com sucesso e seu funcionamento em conjunto se mostrou satisfatório no controle de altura do veículo. O protótipo real em escala sofreu atrasos e não chegou a fase de testes, porém sua construção foi importante para estabelecer a integração hardware - software utilizando o ROS e tem projeção de continuidade no laboratório.

BIBLIOGRAFIA

- 1 FERNANDES, H. R. et al. Sistema de Estabilidade para um veículo agrícola não tripulado (Qualificação de Doutorado). [sn], 2018.
- 2 N. KOENIG; A. HOWARD "Design and use paradigms for Gazebo, an open-source multi-robot simulator," 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) (IEEE Cat. No.04CH37566), Sendai, 2004, pp. 2149-2154 vol.3.
- 3 QUIGLEY, MORGAN; CONLEY, KEN; P GERKEY, BRIAN; FAUST, JOSH; FOOTE, TULLY; LEIBS, JEREMY; WHEELER, ROB; Y NG, ANDREW. ROS: an open-source Robot Operating System. ICRA Workshop on Open Source Software. 3. 2009.