

TRANSMISSÃO DIRETA (*DIRECT DRIVE*) APLICADA A UM ROBÔ DA CATEGORIA *SMALL SIZE*

Henrique Barros Simões¹, Dr. Flavio Tonidandel²

¹ Engenharia de Robôs, Centro Universitário FEI

² Ciência da Computação, Centro Universitário FEI
{uniesimoes, flaviot}@fei.edu.br

Resumo: Este projeto propõe o desenvolvimento de um novo sistema de transmissão, assim como um novo conjunto de mancais, para robôs da categoria *Small Size League* da *RoboCup* de futebol de robôs, a fim de melhorar sua velocidade e movimentação, visando uma precisão e melhor rendimento dos motores, assim como uma otimização do espaço interno inferior dos robôs, de forma que viabilize futuras melhorias internas e novas tecnologias.

1. Introdução

A categoria *Small Size* de futebol de robôs da *RoboCup* é conhecida pela sua velocidade em jogadas de altíssima precisão, tanto estratégicas, realizadas pelo próprio software, quanto nas mecânicas de chutes e passes dos robôs, fazendo com que os jogos exijam cada vez robôs mais rápidos e que consigam deslocar-se com mais eficiência [1].

Com o desempenho dos robôs da equipe RoboFEI dos últimos anos foi possível notar uma insuficiência no uso dos motores, estes que agregam grande parte do orçamento da equipe, que poderiam ser melhor aproveitados com ajustes no conjunto dos mancais e transmissão, tornando o robô mais rápido e preciso em seus movimentos, e também no dimensionamento do espaço destinado aos *encoders*, que ocupam uma grande área na base do robô que pode ser destinada a outros componentes como o sistema de chute, capacitores e hastes de suporte.

Tendo em vista todo esse espaço, decidiu-se que uma mudança no alinhamento dos mancais traseiros precisaria ser feita, passando-os de 33° para 45°. Decidiu-se também reprojeter os mesmos, de forma que comportem *encoders* embutidos dentro da peça e que façam uma transmissão direta com a roda, reduzindo o torque gasto nos motores e aumentando a velocidade nativa do robô.

3. Desenvolvimento

A transmissão direta (*Direct drive*) é, basicamente, um acionamento elétrico no qual nenhuma engrenagem de redução é utilizada. O rotor de um motor elétrico está diretamente acoplado à carga, conseqüentemente a engrenagem mecânica é completamente eliminada [2].

A aplicação do *direct drive* em cima dos modelos dos robôs utilizados na SSL exige uma adaptação dos mancais, isto por conta da atual altura em que o motor é posto em relação ao engrenamento interno que o ligam a roda. Esta altura em relação a base é essencial não só por conta do engrenamento de redução 3:1 utilizado atualmente no robô, mas também por conta dos *encoders*. *Encoders* são dispositivos utilizados para transpor a posição de um motor em um sinal elétrico digital, sua função no robô da equipe é feita em conjunto com sensores *Hall*, que possuem um objetivo similar aos *encoders*, porém deduzem a posição atual do motor

medindo a presença de um campo magnético para comutá-lo, aplicando a corrente certa em cada fase do motor para produzir torque.

Diversas mudanças de otimização foram feitas, algumas realizadas visando melhorar o desempenho e constância durante as partidas, outras para facilitar a usinagem, algumas por especificações técnicas e longevidade das peças, e do robô como um todo. A nova base elimina a necessidade de suportes inferiores e reduz drasticamente as vibrações sofridas no corpo do robô por ser feita como um bloco maciço. Seu novo design comporta capacitores, bateria e suportes para a parte eletrônica, além de um novo módulo de ativação (Fig. 1 e 2).



Figura 1 – RoboFEI SSL 2024 - *Direct Drive* - Estrutura Final

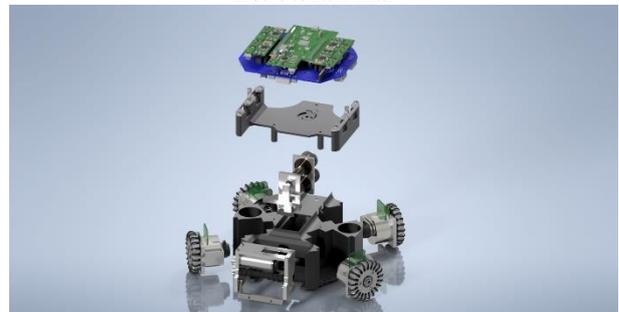


Figura 2 – RoboFEI SSL 2024 - Vista Explodida

Para mudar a transmissão atual de 3:1 com engrenagens de dentes retos, foi projetada uma peça de acoplamento ao motor que atua diretamente na rotação da roda, esta peça é fixada com um ajuste por interferência de norma H7 e cola de fixação no eixo do motor (Fig. 3).



Figura 3 – Módulo da Transmissão – Vista Explodida

4. Metodologia

Para os testes de desempenho, foi criado um trajeto em uma área de um metro quadrado utilizando o próprio software da equipe, começando e terminando a execução no mesmo ponto. Neste trajeto foram obtidos dados de posição e velocidade do novo robô de forma física, ou seja, o robô deve executar o mesmo trajeto mas no campo físico, utilizando as câmeras para detecção e navegação, assim como em jogos oficiais.

Os testes tiveram como base o atual robô da equipe, modelo 2023 [3], em comparação direta a versão desenvolvida, gerando uma justificativa válida para a mudança.

5. Resultados

O robô utilizado pela equipe atualmente, feito quase inteiramente com uma liga de alumínio série 6000, pesa 2,726 quilogramas e possui uma velocidade aproximada de 495 RPM em cada roda. Já o robô desenvolvido, feito majoritariamente de ABS, pesa 1,568 quilogramas e possui uma velocidade aproximada de 1590 RPM em cada roda.

Para os testes em campo, foram analisados 2 tipos diferentes de dados: Precisão na posição e velocidade de trajeto.

Com um desvio médio de trajetória de 83,62%, a velocidade máxima do robô atual foi de 0,86 m/s no eixo Y e 0,6 m/s no eixo X. Na Fig. 4 estão sendo comparados os trajetos realizados pelo robô em relação ao trajeto ideal. Na Fig. 5 foram analisadas as velocidades ao longo do tempo, tanto no eixo Y quanto X. O novo robô demonstrou maior precisão com um erro médio menor de 66,96% e uma velocidade máxima de 0,60 m/s no eixo Y e 0,59 m/s no eixo X (Fig. 6 e 7).

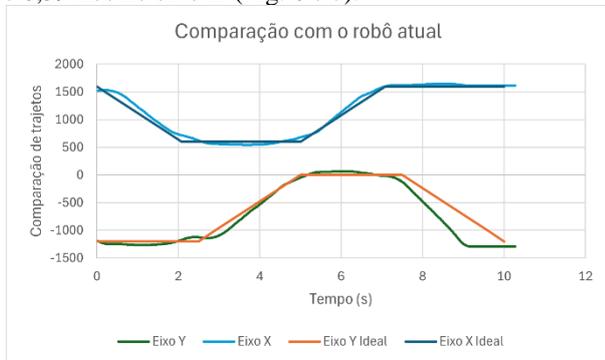


Figura 4 – Gráfico de comparação de trajetos do robô atual

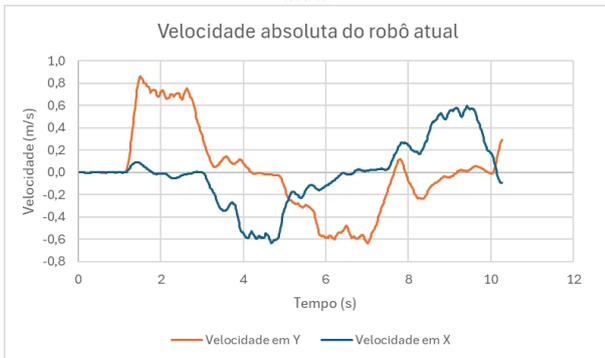


Figura 5 – Gráfico de velocidade absoluta do robô atual

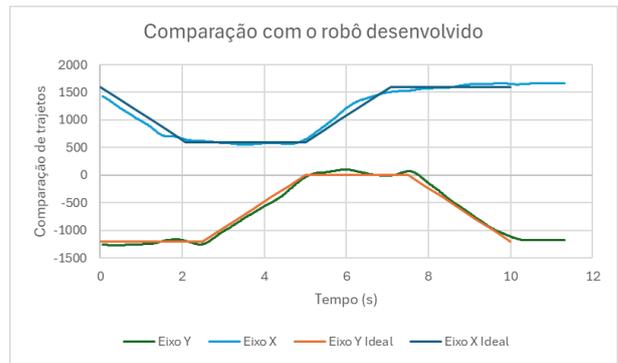


Figura 6 - Gráfico de comparação de trajetos do robô desenvolvido

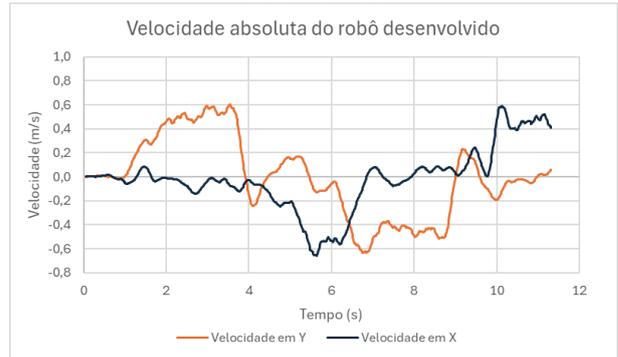


Figura 7 – Gráfico de velocidade absoluta do robô desenvolvido

5. Conclusões

Analisando os resultados é possível ver a diferença no trajeto do novo robô, mesmo com um controle não otimizado para sua nova transmissão e angulação de rodas, o robô desenvolvido conseguiu obter um erro menor e uma velocidade equivalente ao robô atual, mostrando-se não só melhor como capaz de ser utilizado em jogos oficiais e diferentes tipos de teste.

Outros estudos futuros com o robô desenvolvido incluem a utilização de uma câmera embarcada para movimentação e um controle maior da bola, aproveitando do espaço disponível no módulo superior e um modelo de controle da própria movimentação mais otimizado, considerando seu maior RPM e nova estrutura.

O estudo completo, CADs, softwares e outros tipos de documentos podem ser encontrados em [4].

7. Referências

- [1] ASADA, Haruhiko; YUCEF-TOUMI, Kamal. Direct-Drive Robots: Theory and Practice. [S.l.]: The MIT Press, 1987.
- [2] About RoboCup Small Size League. Acesso em: 24 jan. 2023. 2023. Disponível em: ssl.robocup.org/about/.
- [3] SIMÕES, Henrique B. et al. RoboFEI Small Size League 2023 Team Description Paper, 2023.
- [4] RoboFEI - Small Size League - GitLab. Acesso em: 18 jul. 2024. 2024. Disponível em: gitlab.com/robofei/ssl.

Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI e ao projeto RoboFEI pelo empréstimo de equipamentos.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 04/2023 a 05/2024.