

DESENVOLVIMENTO DA LÓGICA DE CONTROLE DE UM ROBÔ DE SUMO

Marcus Eduardo Deckert1; Jessé de Pelegrin2

RESUMO

A fim de motivar a pesquisa na área da robótica, principalmente envolvendo estudantes dos cursos de engenharia e dos cursos técnicos, foram criadas competições de robôs a nível nacional e mundial, que colocam a prova as tecnologias desenvolvidas por diferentes grupos de pesquisa e proporcionam a troca de informação. Estas competições, tem se mostrado uma grande ferramenta de incentivo ao estudo desta área tecnológica, e que o conhecimento adquirido para um propósito de entretenimento, possa ser aplicado posteriormente em soluções importantes na indústria. Desenvolveu-se uma metodologia de projeto onde dividiu-se em duas etapas o projeto, desenvolvimento do sistema mecânico e desenvolvimento do sistema de automação. Com o resultado deste projeto pretende-se aplicar particularmente na participação em competições de robótica, iniciando assim a pesquisa e desenvolvimento da robótica dentro da instituição, principalmente no curso Técnico de Nível Médio em Automação Industrial.

Palavras chaves: robô de sumo; projeto de robôs; controle automático

INTRODUÇÃO

A robótica é uma área em constante desenvolvimento, porém tal área não tem grande desenvolvimento em termos de pesquisa no Brasil. Basicamente são envolvidos conhecimentos em eletrônica, mecânica e automação, estes trabalhando em conjunto formam a robótica. Pode-se classificar robôs como controláveis remotamente ou autocontroláveis.

Recentemente foram criadas competições de robôs a nível nacional e mundial, para motivar a pesquisa em robótica, que colocam a prova as tecnologias desenvolvidas por diferentes grupos de pesquisa e proporcionam a troca de informação. Estas competições, tem se mostrado uma grande ferramenta de incentivo ao estudo desta área tecnológica, e que o conhecimento adquirido para um propósito de entretenimento, possa ser aplicado posteriormente em soluções importantes na indústria.

Analisando custos e dificuldades de fabricação envolvidos, escolhe-se uma categoria de competição entre os robôs, estes podem ser de combate (sumo), de velocidade (seguidores de trilha) entre outros. É possível também classificar os robôs de acordo com a tecnologia de controle envolvida (controlados remotamente ou autocontroláveis). Nos robôs autocontroláveis é necessário desenvolver a inteligência artificial do robô, normalmente comandado por um microcontrolador.

Com base nos dados apresentados até o momento, propõe-se fazer o desenvolvimento de um robô de sumo autocontrolável de categoria de peso até três quilogramas. Para tanto é necessário o desenvolvimento do sistema mecânico envolvido, dos componentes eletrônicos bem como da lógica de controle do mesmo, compondo assim o sistema de automatização.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para organização da equipe de pesquisa, bem como para o bom desenvolvimento do projeto, foram escolhidos três pilares para a pesquisa: Desenvolvimento do sistema mecânico, desenvolvimento do sistema eletrônico e desenvolvimento do sistema de controle.

Desenvolvimento do sistema mecânico

É praticamente impossível desenvolver o sistema de inteligência de um robô sem desenvolver a sua parte mecânica, uma vez que a parte mecânica determinará o posicionamento dos sensores, motores, baterias e controlador, estes fatores serão levados em conta na hora de projetar as placas, bem como o posicionamento dos sensores será levado em conta na hora de programar a lógica do robô.

Base do robô

Para o sistema mecânico foi desenvolvido um projeto base e a partir dele foram feitas diversas alterações no decorrer do projeto, tendo em vista que o robô é desenvolvido para uma competição, sempre que é viável uma melhoria a mesma deve ser executada. Na Figura 1 tem-se o desenho do projeto base:

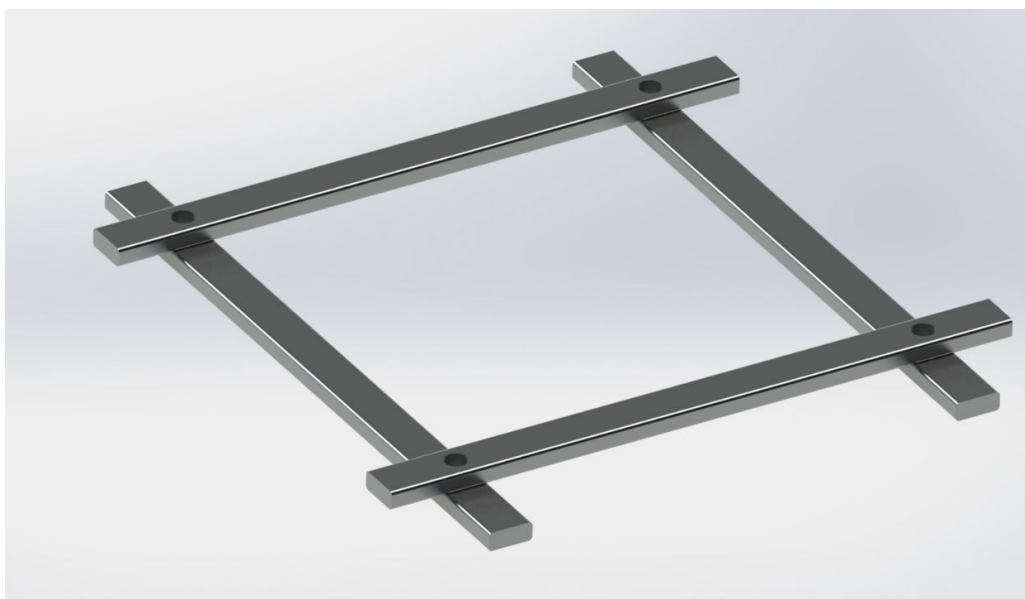


Figura 1- Base inicial do robô

Posteriormente observou-se que a estrutura desenvolvida não era rígida o suficiente, ou seja, quando o robô sofria flexão, a estrutura não permanecia estática, gerando assim a necessidade de um novo projeto para base, optou-se por usar um bloco maciço de alumínio, deixando o mesmo com as dimensões necessárias, na Figura 2 mostra-se o desenho da nova base:

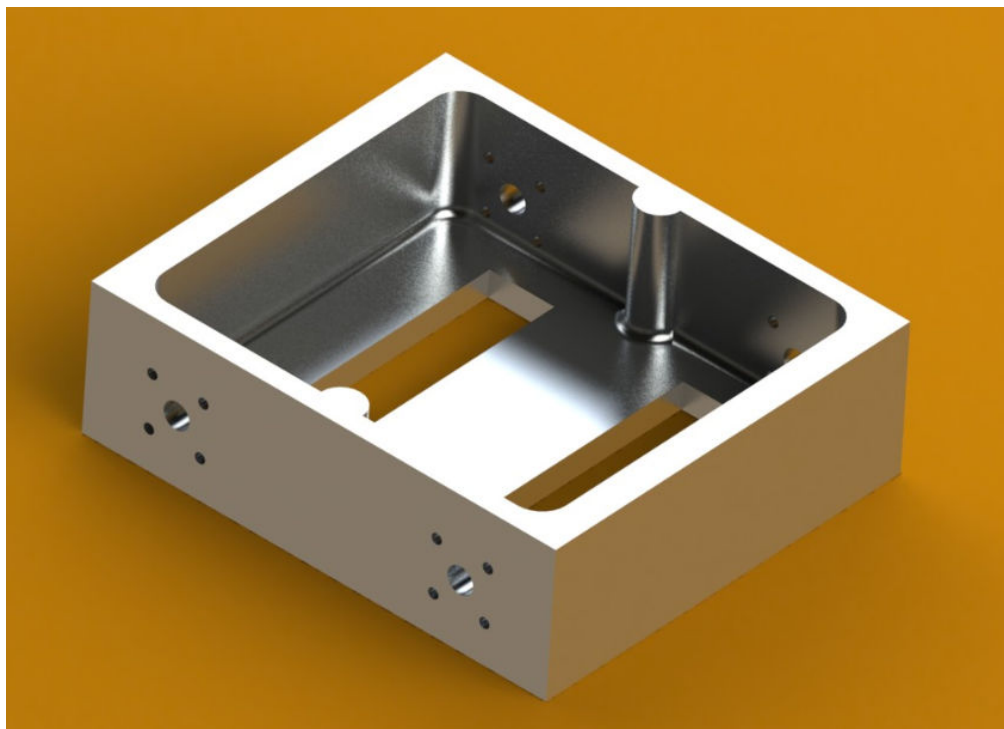


Figura 2 - Bloco do chassis do robô

Motores

A ideia inicial do projeto era que cada roda fosse acoplada a um motor, porém, quando feita a análise de potência notou-se que é mais vantajoso trabalhar com dois motores, tendo em vista que o aumento de peso não é proporcional ao aumento de torque. Tal escolha é justificada pela Tabela 1:

Tabela 1 Motores em relação ao torque.

Número de motores	Torque de 1 motor	Torque TOTAL
4	6,5	26
2	32,6	65,2

Portanto, é nítido que se for possível trabalhar com 2 motores de torque maior ao invés de 4 motores de torque menor, o robô pode ter um rendimento muito melhor.

Os motores utilizados são motores alimentados por corrente contínua, com redução planetária. Tais componentes são projetados para operar em 12V ou 24V, quanto maior a voltagem utilizada, maior é a potência final no eixo do motor. Para fins de competição (que dura até no máximo três minutos), pode ser aplicada ao motor uma voltagem maior do que a de projeto, sendo escolhido pela equipe de projeto a voltagem de 30V.

Transmissão

Como foi escolhido trabalhar com dois motores, é necessário ter algum elemento de transmissão, os elementos de transmissão escolhidos pela equipe são duas correntes.

O sistema de transmissão é composto por uma engrenagem maior (motora) e duas menores (movidas) para cada par de roda, totalizando 6 engrenagens. A Figura 3 mostra a relação das engrenagens.

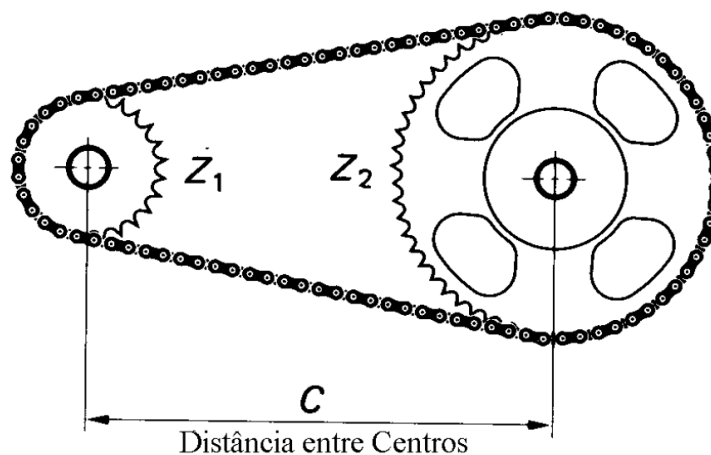


Figura 3 Funcionamento de uma corrente(SHIGLEY, 1984)

A redução utilizada se baseia em 3 engrenagens, uma maior no centro e duas menores em cada roda do mesmo lado. A engrenagem maior tem 35 dentes e as engrenagens das rodas tem 17 dentes. Para sua fabricação foram necessárias fresas especiais utilizadas em usinagem de engrenagens para correntes, também foram necessárias correções na fabricação.

Tensores são utilizados para manter a corrente sempre esticada, evitando assim que ela saia da pista externa da engrenagem, os tensores são reguláveis, permitindo

assim a equipe escolher no momento da competição qual tensão é a adequada para usar no ambiente da mesma.

Uniões

Todas as uniões foram feitas com parafusos e arruelas, não foi utilizada nenhuma união soldada para facilitar na manutenção ou alteração do projeto. Como será visto posteriormente, o numero de uniões foi mínimo pois o robô é composto por um bloco de chasis, o que evita uma grande quantidade de uniões e junções.

Para facilidade de manutenção e padronização de projeto, foram selecionados somente parafusos M6, como a carga aplicada nos mesmos será suportada com segurança pelos parafusos, evitando qualquer ruptura durante a competição.

Rodas

As rodas foram confeccionadas em nylon, com revestimento de borracha, parafusos para fixação da engrenagem na face externa da roda e a colagem entre o acoplamento interno e externo foi feita pelo processo de fabricação do acrílico. As mesmas tem na face externa um ressalto para a engrenagem e na face interna a entrada para o rolamento. O rolamento utilizado tem diâmetro externo de 24 mm e diâmetro interno de 8 mm, o mesmo é de esferas e sem blindagem.

Abaixo tem-se o desenho das rodas:

Sistema de Automação

Nesta etapa será explicado o sistema de automação do robô, os microcontroladores utilizados, sistema de acionamento dos motores, bem como o sistema de lógica.

Sensores

No projeto do robô se estimulou a utilização de seis sensores, quatro ultrassônicos e dois LDRs. Os sensores ultrassônicos servem para localização do

adversário e os LDRs servem para a localização da faixa que delimita a arena de combate. O arranjo de sensores é mostrado na Figura 4.

Para manter o robô dentro do tatame, desenvolvemos um sensor a partir de led de auto brilho e um LDR (light dependent resistor) o qual varia sua resistência conforme a luminosidade, colocando-os dentro de um pequeno involucro. Pelo fato das extremidades do tatame ser branca, assim que o robô estiver sobre essa margem, esse detectaria uma diferença de luminosidade, a qual é repassada para o microcontrolador, que por sua vez determinaria qual deveria ser a resposta do robô para a situação.

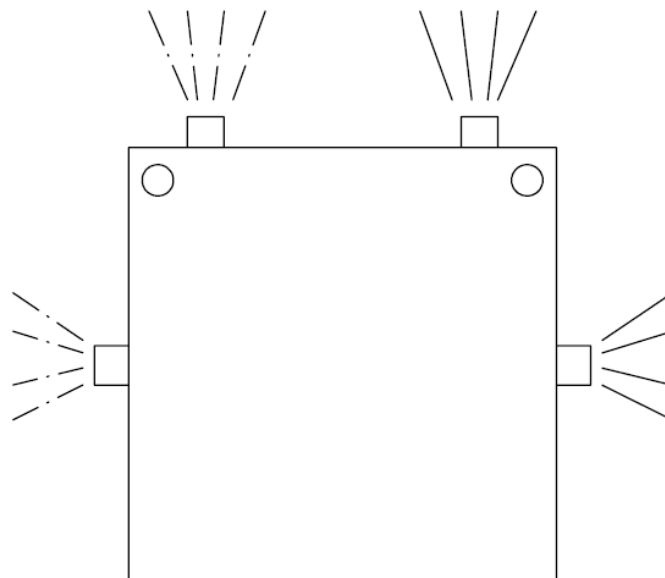


Figura 4 - Sistemas de Sensoriamento.

Os quadrados simbolizam os sensores ultrassônicos e os círculos representam os LDRs.

Sistema para desenvolver a inteligência do robô

Inicialmente o projeto estava sendo utilizado o microcontrolador da família PIC18, por ter sido o componente de estudo, mas pelo fato de ter alguns problemas de memória e de compilação deste microcontrolador, optou-se em utilizar no robô de sumô o microcontrolador da ARM, por se tratar de um componente bastante completo, possibilitando a criação de sistemas de sensoriamento e estratégias mais complexas. Este microcontrolador tem varias entradas ou saídas digitais que no caso do robô, poderão ser trabalhadas para o controle dos motores e possíveis fontes de interferências, ou seja, os sensores de localização.

No desenvolvimento da lógica de controle, utilizou-se os métodos de Autômatos por ser um método prático e que pode ser facilmente entendido. Primeiramente a lógica do controle de faixa foi desenvolvida, esta é responsável por deixar o robô dentro do tatame. A Figura 5 demonstra esta lógica.

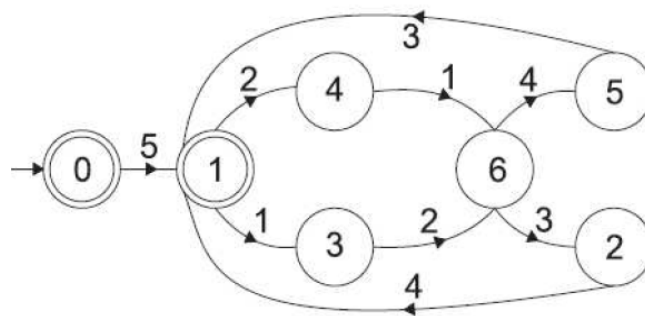


Figura 5 - Lógica de Faixa

A Tabela 2 apresenta exatamente cada passo que o robô irá tomar segundo as instruções que o mesmo possa receber do sensoriamento.

Tabela 2 Descrição dos estados para faixa.

Estado	Descrição
0	Robô Desligado
1	Robô Anda para Frente
2 e 3	Robô Gira para Esquerda
4 e 5	Robô Gira para Direita
6	Robô Anda para Frente

Ao conseguir deixar o robô dentro do tatame, o próximo passo é buscar atacar o seu adversário, para isso é necessário um planejamento de outra lógica, sendo esta para perseguição. A Figura 6 mostra a lógica de perseguição.

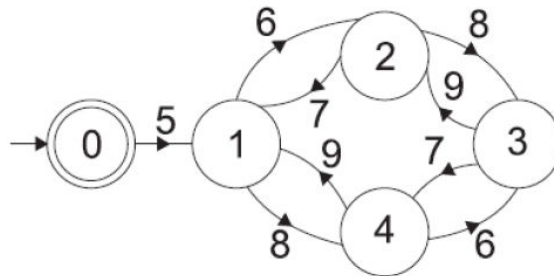


Figura 6 Lógica de perseguição com Autômatos.

Desta maneira seguindo os passos apresentados na Tabela 3, será possível perseguir o oponente de uma maneira lógica e rápida buscando assim o ótimo.

Tabela 3 Lógica de Perseguição.

Estado	Descrição
0	Robô Desligado
1	Robô Parado
2	Robô Gira para Esquerda
3	Robô Anda para Frente
4	Robô Gira para Dierita

Para o desenvolvimento completo desta inteligência do robô é necessário unir a lógica de faixa com a de Perseguição, chegando a uma nova configuração conforme mostrado na Figura 7. Assim será possível colocar o robô em funcionamento sem a utilização de controle manual.

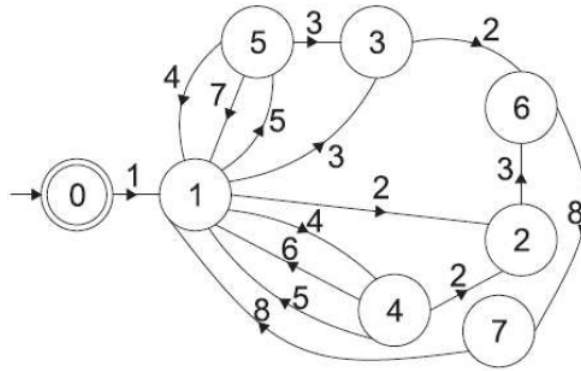


Figura 7 Lógica completa para implementação.

A partir do autômato de controle concluído e da descrição de cada passo do robô, conforme a Tabela 4, é possível exibir a performance do robô de sumô, basta implementá-la para quem sabe verificar possíveis problemas.

Tabela 4 Descrição dos passo do robô.

Estado	Descrição
0	Robô Desligado
1	Robô Anda para Frente
2 e 4	Robô Gira para Esquerda
3 e 5	Robô Gira para Direita
6	Robô Anda para Trás
7	Robô Gira no Próprio Eixo

Microcontrolador principal

Como microcontrolador principal (aquele que toma as decisões de o que o robô irá fazer) foi utilizado um LPC. O programa principal acabou não sendo desenvolvido devido a problemas com o sistema mecânico, na etapa final, ocorreram problemas de montagem e a necessidade de substituição de diversos componentes da parte mecânica, o que acabou ocupando todo o tempo do projeto, não sendo possível a finalização do projeto devido a este fato.

Baterias

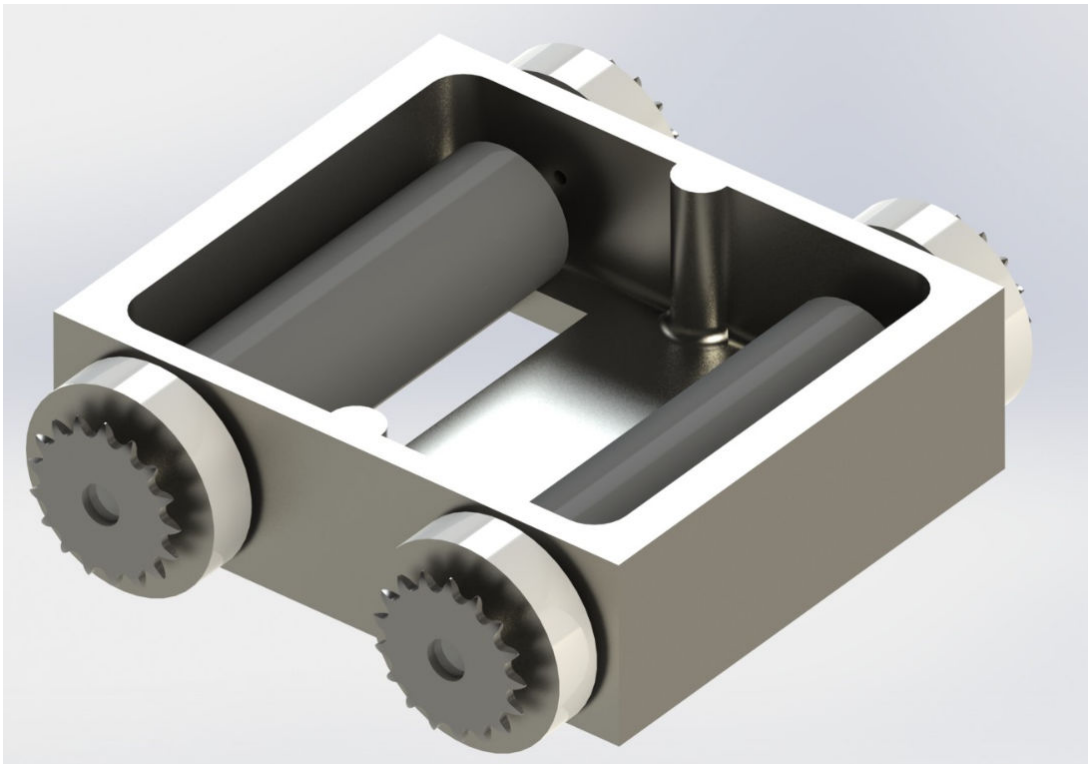
As baterias utilizadas são de Li-Po, devido ao fato de terem um baixo peso e considerável corrente e tensão. Foram utilizadas 3 baterias de 11V com 2,2 mA de corrente. Estas baterias são normalmente utilizadas em aeromodelos e em automodelos, devido as suas características as mesmas atendem as necessidades do projeto para competição.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta sessão apresentam-se os principais resultados obtidos com a pesquisa.

Resultados quanto ao arranjo mecânico

Como toda a competição de robôs de sumo tem um limite de 3kg para peso máximo do conjunto, um dos maiores problemas foi a definição do arranjo e das peças a serem utilizadas. Portanto foi ponderado ao máximo o arranjo mecânico, acabando com o seguinte arranjo:



Entretanto, o mesmo não se mostrou eficiente, uma vez que a rotação dos motores foi considerada baixa pela equipe de projeto. Conseqüentemente foi utilizada uma formação que duplicou a rotação.

As engrenagens tem 17 dentes, foi inserida uma engrenagem de 32 dentes no motor e as que antes apenas faziam a ligação, agora servem apenas como redução. Tal fato quase dobrou a rotação nas rodas e conseqüentemente a velocidade tangencial. Tem-se:

$$v = \alpha . r$$

Inserindo a redução, praticamente dobra-se α e conseqüentemente v . Portanto, abaixo se encontra os cálculos da rotação teórica obtida:

$$\alpha = 3,5 \text{ rad/s}$$

$$r = 3 \text{ cm}$$

$$v = 3 \cdot 3,5$$

$$v = 10,5 \text{ cm/s}$$

Como visto na metodologia, o torque do conjunto ficou próximo a 65 kgf/cm² e agora descobrimos que a velocidade está em torno de 10,5 cm/s.

Peso

Como visto anteriormente, o peso é um fator de extrema importância para o robô participar de alguma competição oficial, assim sendo, o peso do mesmo fechou em torno de 2,2Kg (sem as baterias). O limite estipulado pela organização dos eventos é 3 kg.

CONCLUSÕES

Concluiu-se com este projeto que os materiais utilizados (alumínio, aço inoxidável, nylon) são eficientes para a confecção de um robô de sumo, uma vez que os mesmo são materiais de baixo peso e atendem os critérios de resistência necessários para o projeto. Também é possível dizer que o sistema de transmissão por engrenagem-corrente quase não apresenta perdas, sendo considerado aplicável ao projeto, porém a sua manufatura e montagem são de certa complexidade. Quanto a parte de mobilidade do robô, o controle através de autômatos desenvolvido ficou eficaz para a aplicação, mas devido a morosidade do processo de fabricação mecânica, devido a falta de material, complexibilidade para o confeccionamento das rodas e do alinhamento das engrenagens não foi possível implementa-la na prática. Contudo, foi possível verificar que no contexto de automação o processo de controle teórico para elaborar a inteligência do robô se mostrará eficiente na aplicação de futuros projetos relacionados a área de robótica, vindo assim a contribuir com futuros trabalhos.

REFERÊNCIAS

- CLAURE, C. *Implementação de Controle Supervisório de SEDs aplicado a processos de manufatura*. Dissertação (Dissertação(mestrado)) | Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - Universidade Federal de Santa Catarina, Fpolis - SC, Março 1999.
- CURZEL, J. L.; LEAL, A. B. Implementação de controle supervisório em linguagem ladder para uma célula flexível de manufatura didática. *XVI Congresso Brasileiro de Automática (CBA2006)*, p. 2700{2705, Outubro 2006.
- FEOFILOFF, P. Projeto de algoritmos. 2007. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/pf/algoritmos/aulas/lista.html>>.
- HOPCROFT, J.; ULLMAN, J. *Introduction to Automata Theory, Languages and Computation*. [S.l.]: Addison-Wesley USA, 1979. 418 p.
- LEDUC, R. *PLC Implementation of a DES Supervisor for a Manufacturing Testbed: An Implementation Perspective*. Dissertação (Mestrado) | Univ. of Toronto, 1996.
- MICROCHIP, T. I. *Introduction To States Machines*. Ds40051b. [S.l.], 2003.
- TEIXEIRA, C. A.; LEAL, A. B. Implementação de supervisores em microcontroladores: Uma abordagem baseada na teoria de controle de sistemas a eventos discretos. *XVI Congresso Brasileiro de Automática (CBA2006)*, Outubro 2006.