



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ



BUILD REPORT:

# DRAGSTER

(2005)



EQUIPE UAI!RRIOR DE ROBÓTICA  
[www.uairrior.unifei.edu.br](http://www.uairrior.unifei.edu.br)

## Agradecimentos

Gostaríamos de registrar nossos mais sinceros agradecimentos aos alunos que participaram do desenvolvimento deste projeto e que integravam a equipe Uai!rrior durante o período de sua realização. Os resultados conquistados e o nível da equipe hoje em dia não seriam os mesmos sem sua participação e envolvimento.

Nome	Formação	Função
Guilherme Sousa Bastos	Mestre em Engenharia Elétrica	Coordenador
Kleber Roberto S. Santos	4° Ano de Eng. de Controle e Automação.	Capitão da Equipe e Chefe da Mecânica
Mateus Engelbrecht Zacharias	3° Ano de Eng. Elétrica.	Chefe da Eletrônica
Marcelo Augusto Costa Motta	4° Ano de Eng. Mecânica.	Mecânica
Vinicius Yuri Ito Castro	4° Ano de Eng. Elétrica.	Mecânica
Thiago Sigiliano Lopes	3° Ano de Eng. de Controle e Automação.	Mecânica
Estevão Borges Rocha Pereira	2° Ano de Eng. de Controle e Automação.	Mecânica
Felipe Dias Cagnani	2° Ano de Eng. Mecânica.	Mecânica
Leandro Faleiros	1° Ano de Eng. de Controle e Automação.	Mecânica
Rafael Perez Pagan	1° Ano de Eng. de Controle e Automação.	Mecânica
Luiz Filipe P. Abrahão	2° Ano de Eng. de Computação.	Web e Gestão
Erivaldo Simões Junior	3° Ano de Eng. Elétrica.	Eletrônica
Samuel F. R. S. Miranda	2° Ano de Eng. de Computação.	Eletrônica
Renato C. Aparecido	3° Ano de Eng. Elétrica.	Eletrônica
Marcelo C. Nascimento	1° Ano de Eng. Elétrica.	Eletrônica

Estes mesmos alunos são os autores deste documento, que relata o projeto desenvolvido em um alto nível de detalhamento.

Novamente, em nome da equipe **Uai!rrior**, deixamos aqui nosso muito obrigado.

# Sumário

<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>3</b>
<b>RESUMO DO PROJETO.....</b>	<b>4</b>
1. INTRODUÇÃO .....	5
2. SISTEMA ESTRUTURAL.....	7
2.1 ESTRUTURA .....	7
2.2 BASE DO CHASSIS .....	8
3. SISTEMA DE LOCOMOÇÃO .....	10
3.1 MOTORES .....	10
3.2 TRANSMISSÃO .....	10
3.3 RODAS, EIXOS E MANCAIS .....	10
4. SISTEMA DE ARMAS E DEFESA .....	14
4.1 RAMPA .....	14
4.2 TAMPA SUPERIOR.....	15
5. SISTEMA ELÉTRICO E ELETRÔNICO .....	16
5.1 O RECEPTOR E O SERVO PULSO .....	16
5.2 BATERIA .....	17
5.3 PLACA DE CONTROLE .....	17
5.3.1 - Fluxogramas do Programa do Microcontrolador .....	18
5.3.2 - Medição dos Canais 1 e 2 e Processamento Servo Pulso – PWM.....	19
5.3.3 - A Transformação Servo Pulso – PWM.....	21
5.3.4 - O Sinal PWM.....	26
5.3.5 – Hardware.....	27
6. CALCULO DO PESO.....	38
ANEXO .....	39
A – CÁLCULO DO PERFIL DE ALUMÍNIO.....	39
B – CURVA DE TORQUE DO MOTOR GPA E DIMENSIONAMENTO .....	40
C – DIMENSIONAMENTO DA TRANSMISSÃO DO DRAGSTER.....	41
D – DESENHOS DO PROJETO DRAGSTER.....	44
E – DESENHOS DE DIVULGAÇÃO .....	46
F – ÚLTIMAS PALAVRAS .....	47

---

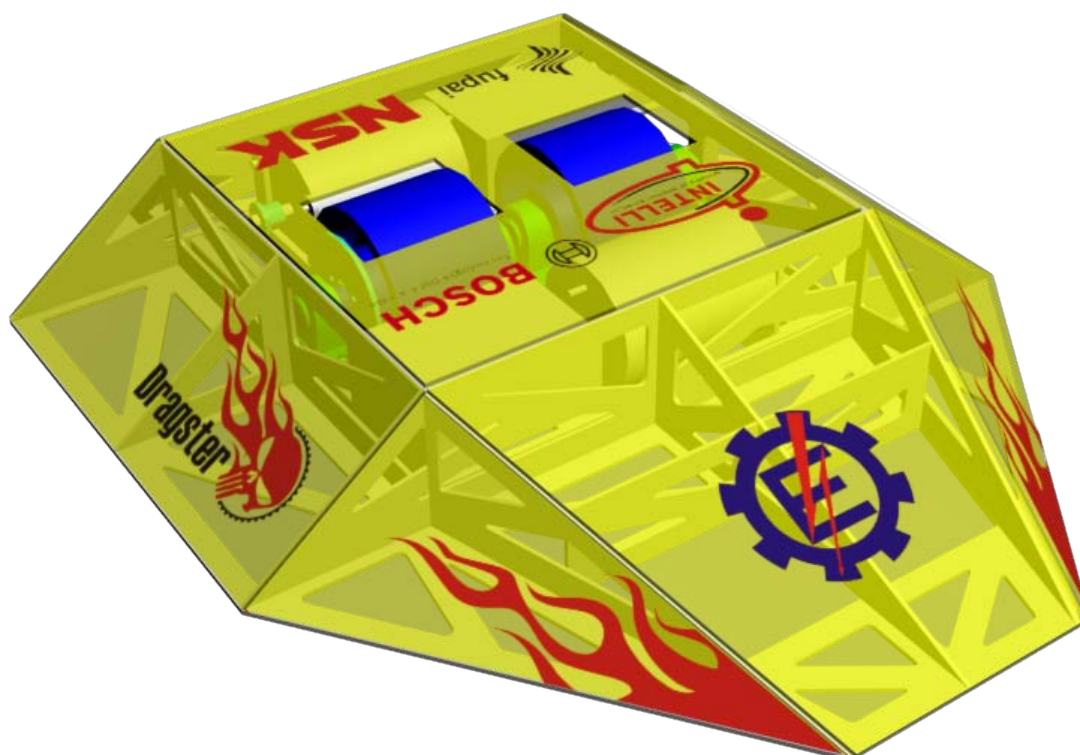
### **Resumo do Projeto**

Neste documento encontra-se o projeto do robô “Dragster”, robô este que competiu no 5º ENECA, Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia de Controle e Automação. Evento este, voltado especialmente a alunos universitários de todo o país. O evento ocorreu no dia 09 e Outubro de 2005 na cidade de Florianópolis contando com a presença de 27 equipes competidoras e mais de 50 robôs, sendo que cada equipe podia participar com até 3 robôs diferentes segundo as regras vigentes da época.

## 1. Introdução

O Dragster, assim que passaremos a tratar esse projeto, é um veículo radio controlado com tração em duas rodas movidas por dois potentes motores, e dotado de uma rampa que envolve toda sua estrutura, tal rampa será seu modo de defesa e ataque capotando oponentes e desviando seus ataques. Este projeto foi idealizado mediante a necessidade de um robô que fosse compacto, difícil de ser inutilizado e eficiente contra adversários com corpos ou armas giratórias.

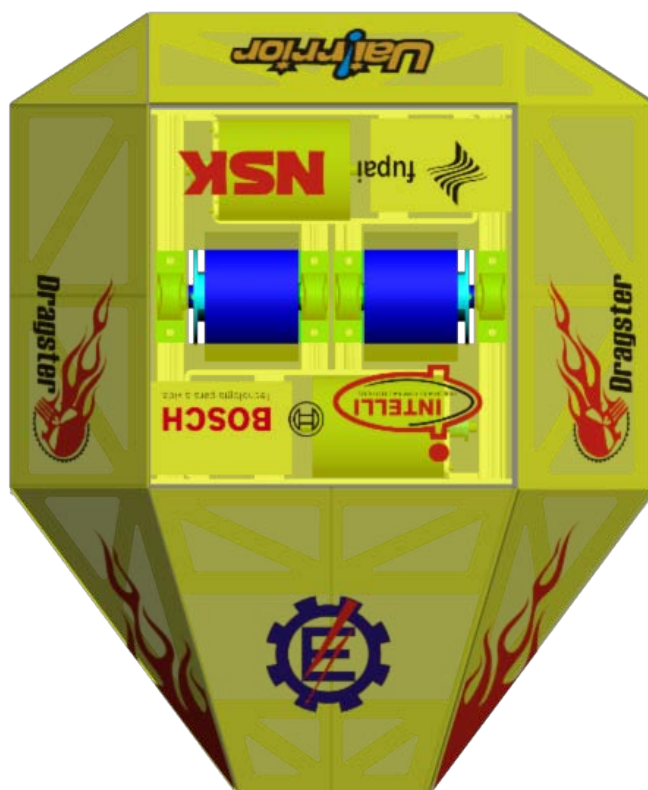
Como podemos ver nos desenhos abaixo.



Dragster		Unid
Peso medido	53,0	Kg
Comprimento	830	mm
Largura	687	mm
Altura s/ rodas	123	mm
Altura c/ rodas	140	mm
Velocidade max.	29,2	km/h

Antes da competição ocorreu uma inspeção de segurança para averiguar a conformidade do projeto a regra. Caso fosse constatada alguma anormalidade que infrinja a regra ou que possa provocar perigo aos espectadores e concorrentes o projeto seria eliminado da competição.

Avaliando este projeto, podemos dizer que foi um sucesso visto que o mesmo se desenvolveu de forma satisfatória, fato comprovado pelo 4º lugar conquistado na competição.



## 2. Sistema Estrutural

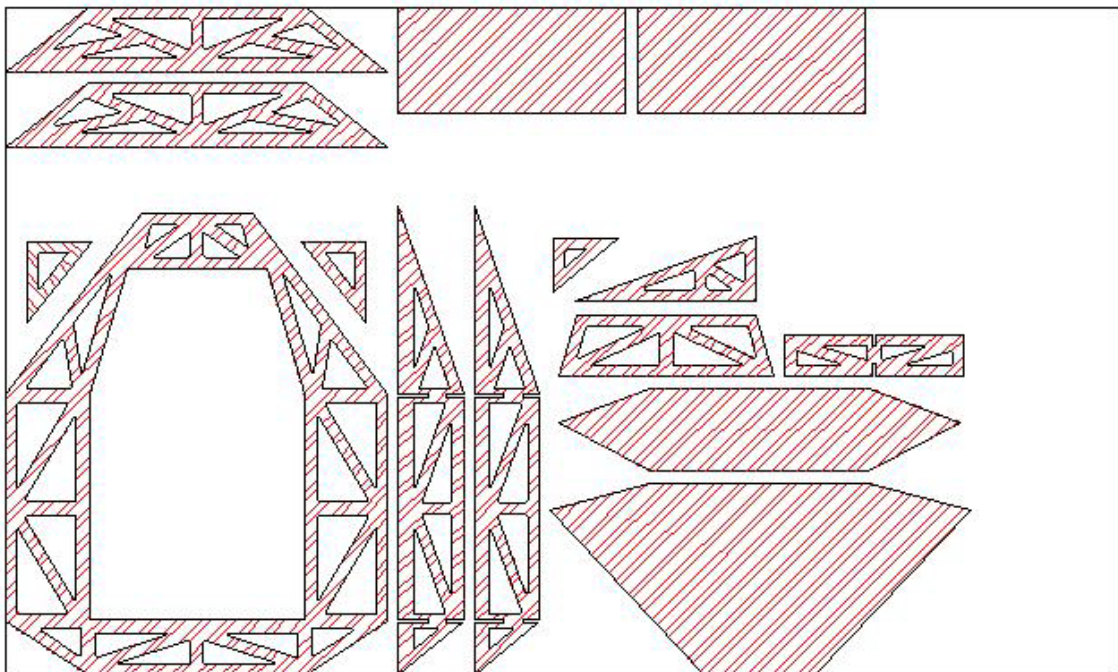
### 2.1 Estrutura

A estrutura é o esqueleto do robô, é nela que estão fixados todos os componentes e acessórios necessários para o seu funcionamento. Juntamente com a carenagem ela é responsável por suportar o impacto do ataque adversário, tendo que ser extremamente rígida, porém leve.

Foi utilizado como material para a construção da estrutura chapas de aço AISI 1020 de 3,75 mm de espessura.

#### Chapa de Aço

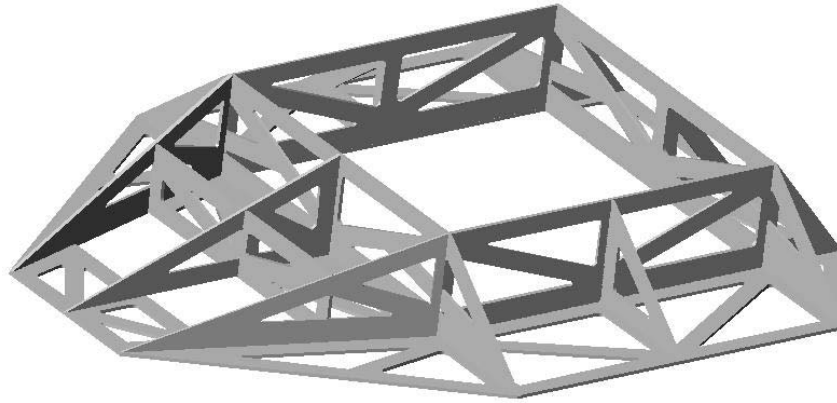
Composição do material:	AISI 1020 laminado
-------------------------	--------------------



Disposição das peças estruturais na chapa de aço de dimensões 1,0 x 1,2 m

Tanto as faces da rampa como a estrutura em forma de treliça, foram recortadas da mesma chapa de aço, cuja dimensão era de 1,0 X 1,2 m. Os recortes foram feitos utilizando uma máquina de corte à plasma, pelos integrantes da equipe, sendo que máquina nos foi disponibilizada pela Oficina Mecânica da UNIFEI.

As peças da estrutura foram soldadas em todas as suas faces utilizando solda elétrica com eletrodo revestido 6013 de 4 mm, foi utilizado o laboratório de soldagem da universidade e a oficina do DET para realização da soldagem por membros da equipe.



Montagem das peças estruturais na estrutura do Dragster

## 2.2 Base do Chassis

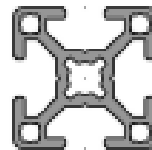
A base do dragster foi construída apoiada em 4 barras de perfis de alumínio de dimensões 30 x 30 mm, devido a leveza e a grande rigidez decorrente de sua geometria e material. Por motivos de espaço, as barras de alumínio foram fixadas através de parafusos M8 em barras chatas de aço AISI 1020 de dimensões 1 ¼ x ¼ de polegada, completando a formação do chasis. As barras chatas laterais foram soldadas na estrutura.

No chasis foram fixados os motores, baterias, mancais de rolamentos, rodas e a estrutura do dragster.

### Características do Perfil de Alumínio

Composição do material:	<i>AlMg Si 0.5 F25 endurecido por têmpera</i>
Anodização:	<i>camada anódica fosca de 11 a 15 µ</i>
Módulo de elasticidade:	<i>70kN/mm<sup>2</sup></i>
Densidade:	<i>2,7 g/cm<sup>3</sup> Tolerância +/- 10%</i>

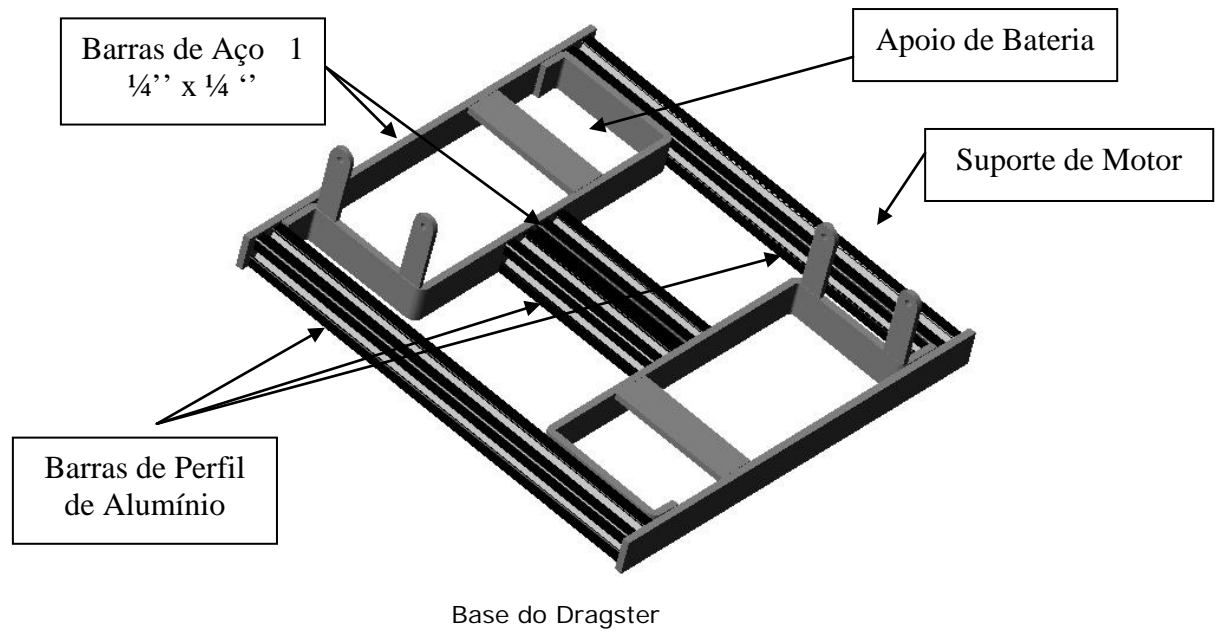
**30x30**



### Forma Construtiva dos Perfis de Alumínio

Momento de Inércia Ix	<i>2,8 cm<sup>4</sup></i>
Momento de Inércia Iy	<i>2,8 cm<sup>4</sup></i>
Massa	<i>0,9 kg/m</i>
Diâmetro do furo	<i>7,0 mm</i>
Rosca	<i>M8</i>
Ranhura	<i>8 mm</i>





### **3. Sistema de Locomoção**

---

Para um bom sistema de locomoção temos que ter uma boa relação entre motor, transmissão e roda de tal maneira a poder transmitir o torque necessário sem sobrecarregar em demasia os motores e baterias, não podendo perder de vista a utilização de uma velocidade adequada para atacar e fugir dos adversários.

#### **3.1 Motores**

O sistema de locomoção do Dragster é composto por dois motores de corrente contínua de 750W. O motor utilizado é o GPA, modelo 0 130 302 014, da empresa Bosch, sua curva de torque está em anexo. Este motor foi escolhido, pois além de já o possuímos de projetos anteriores, ele fornece maior potência do que os antigos GPD utilizados. Sua alta capacidade de fornecimento de torque é uma condição fundamental para o caso em que o robô precise empurrar ou puxar o adversário, principalmente neste caso onde o ataque do robô é sua investida.

#### **3.2 Transmissão**

A transmissão do Dragster foi construída utilizando correntes de rolo e rodas dentadas modelo ASA 35. Através de cálculos preliminares tínhamos chegado a conclusão que os modelos de corrente e polia ASA-25 já eram suficientes para agüentar a carga exigida para a locomoção, mas entrando em contato com o fornecedor tivemos que trocar a especificação, pois eles não tinham o modelo calculado a pronta entrega. Os cálculos de transmissão estão em anexo.

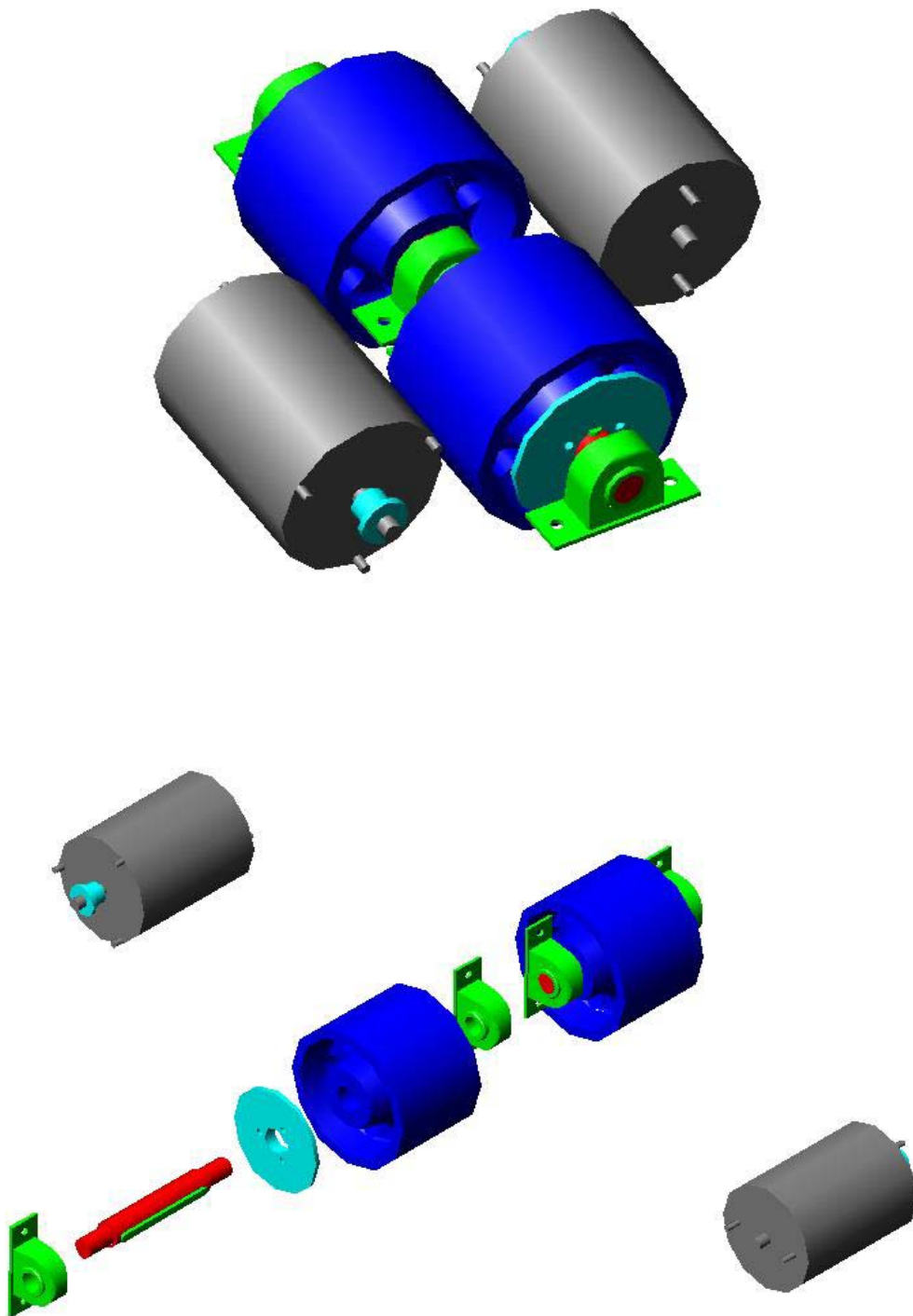
A transmissão adotada foi a ASA-35 com polia motora de 9 dentes e polia movida e 33 dentes, formando uma redução de 3,66 x 1

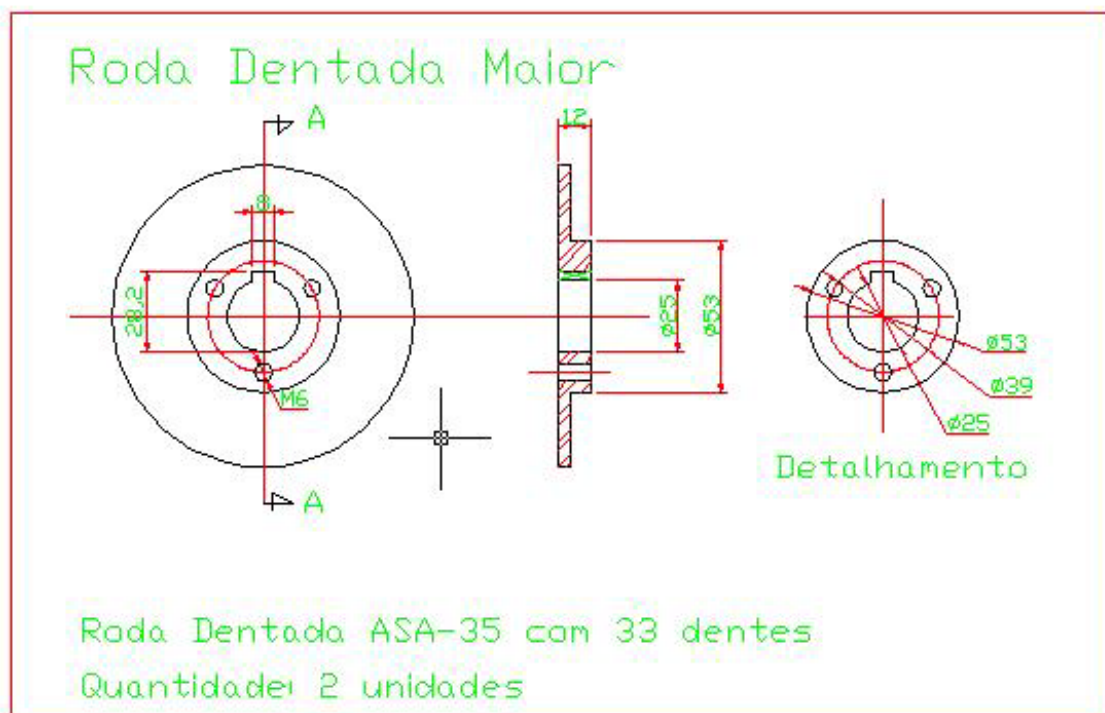
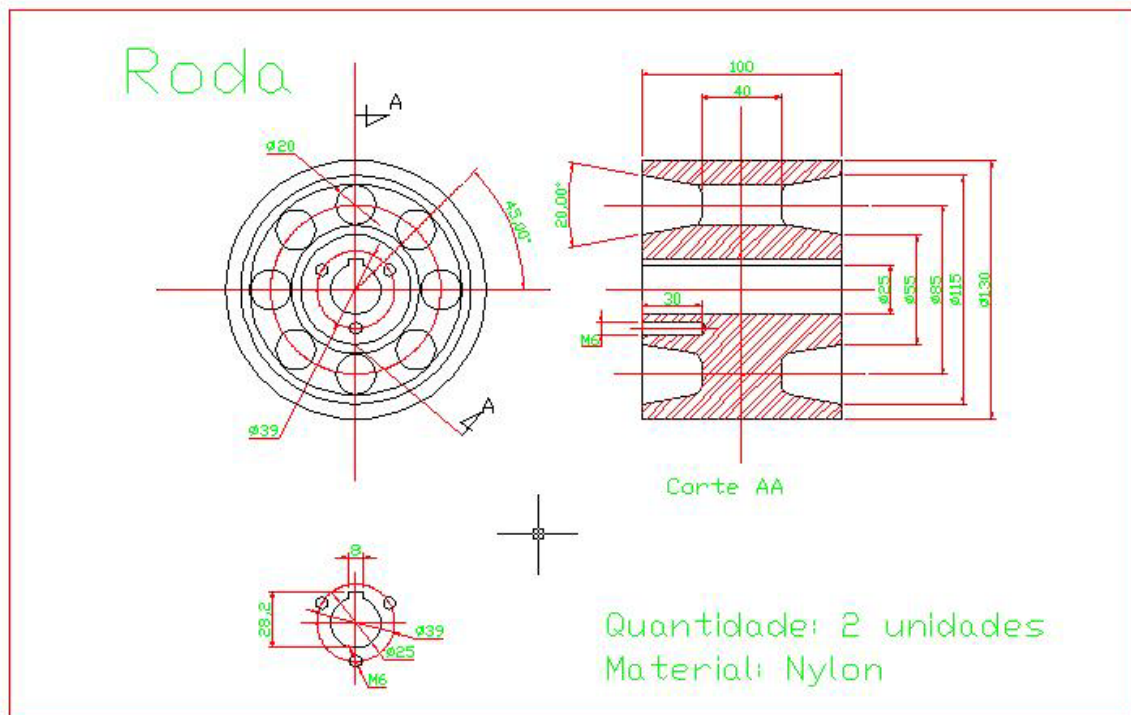
#### **3.3 Rodas, eixos e mancais**

As rodas foram feitas de Nylon e revestidas de borracha, a fim de aumentar a aderência ao chão, os eixos das rodas foram feitos em aço AISI 1040 a qual era ligada as rodas através de chavetas, o conjunto eixo-roda era fixo a estrutura por mancais rolamentados, modelo UBPP 204 da empresa NSK.

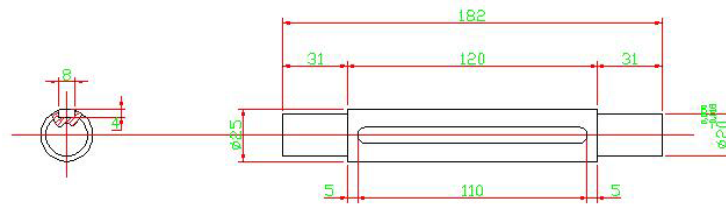
É interessante salientar que o Dragster tem 3 pontos de apoio com o chão: as duas rodas e a parte mais extrema da frente, no qual a estrutura faz contado direto com o chão.

Abaixo encontra-se os desenhos do sistema de locomoção.





## Eixo



Quantidade: 2 unidades

Material: ABNT 1040

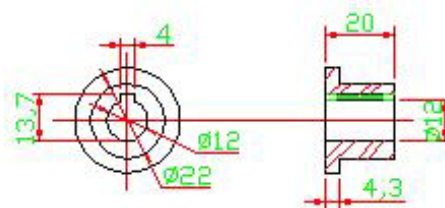
## chaveta



Quantidade: 2 unidades

Material: ABNT 1040

## Roda Dentada Menor



Roda Dentada ASA-35 com 9 dentes

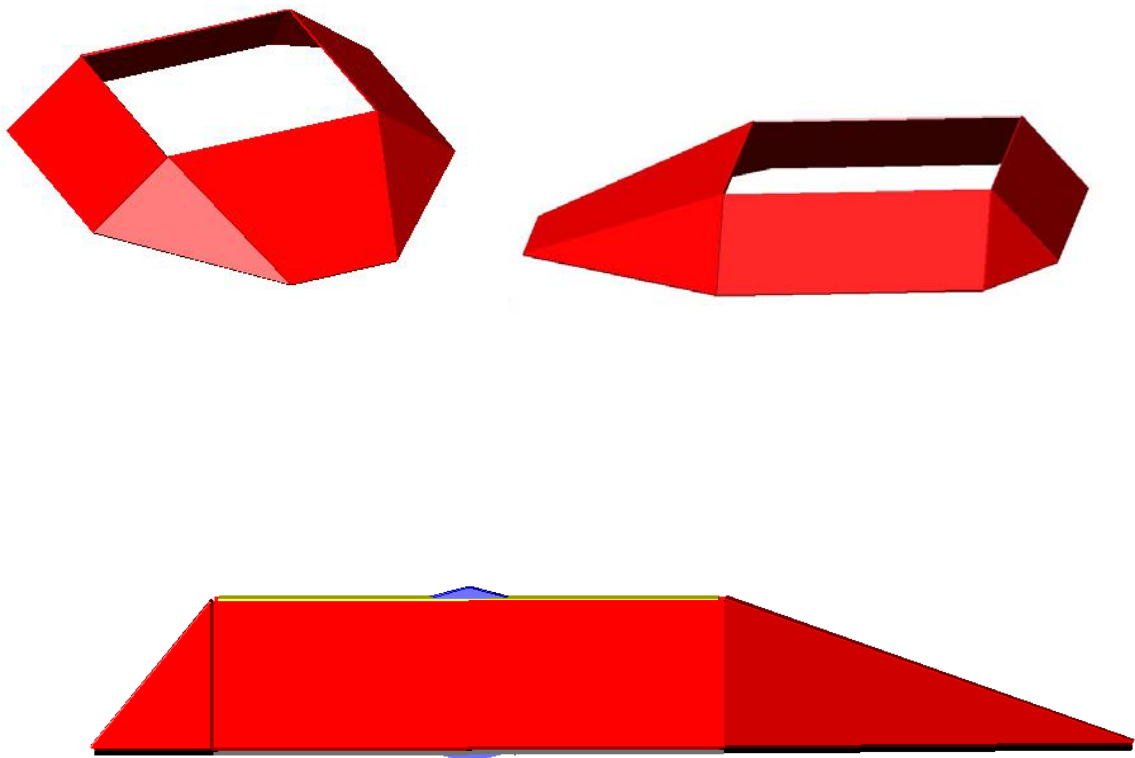
Quantidade: 2 unidades

## 4. Sistema de Armas e Defesa

Embora não aparente se tratar de uma arma, a rampa que reveste o Dragster associado a sua velocidade é seu modo de ataque prioritário. Esta se mostrou muito eficiente contra robos rotatórios e com armas giratórias, desviando seus golpes, os desequilibrando e atirando-os contra as paredes da arena. Outro aspecto que pode ser considerado como método de defesa é a capacidade que o Dragster tem de se locomover mesmo que invertido. Isso advém do fato das rodas sobressaírem da carenagem.

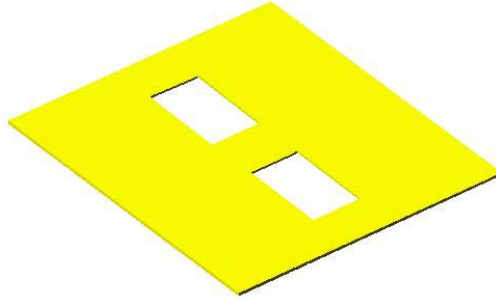
### 4.1 Rampa

A rampa foi construída como parte da estrutura, sendo recoberta por chapas de aço AISI 1020 soldada e recortada juntamente com a estrutura.



#### 4.2 Tampa superior

Como proteção para a parte de cima do dragster foi utilizado duas tampa de policarbonato compacto, uma de 2 e outra de 4 mm de espessura, por ser um material leve e bastante resistente ao impacto. Sua função secundária é ser uma passagem as ondas de rádio do receptor.



*Características do policarbonato de 4 mm*

Resistência ao impacto	87 kgf cm/cm
Índice de refração	1.583
Densidade	1,2 g/cm <sup>3</sup>
Temperatura de trabalho	-40° até 120° C
Módulo de elasticidade	24253 kgf/cm <sup>3</sup>
Transmissão de luz	90 %

---

## 5. Sistema Elétrico e Eletrônico

---

O sistema eletrônico básico do Dragster é composto por:

- Transmissor e receptor futaba;
- 2 Baterias 12V associadas em serie para formar uma tensão de 24V;
- Placa de controle;
- Placa de potência.

### 5.1 O Receptor e o Servo Pulso

Este receptor é alimentado pela placa de controle com uma tensão de 5V e sua função é de receber os sinais vindos do rádio-controle e transformá-los em servo-pulso. Este tipo de sinal pode ser resumido como uma onda com pulsos retangulares, que carregam a informação em suas larguras, que normalmente variam de 1 ms, quando o cursor do rádio-controle está na posição mínima, à 2 ms, quando o cursor do rádio-controle está na posição máxima. Assim, quando o cursor está no meio, o receptor envia à placa de controle um sinal formado por pulsos retangulares com largura de 1.5 ms, numa frequência em torno de 50Hz. Esta frequência não é tão importante, já que as informações estão contidas na largura dos pulsos.



Dessa forma, dois canais estão destinados à movimentação do robô (frente, trás, direita, esquerda e suas combinações possíveis).



## 5.2 Bateria

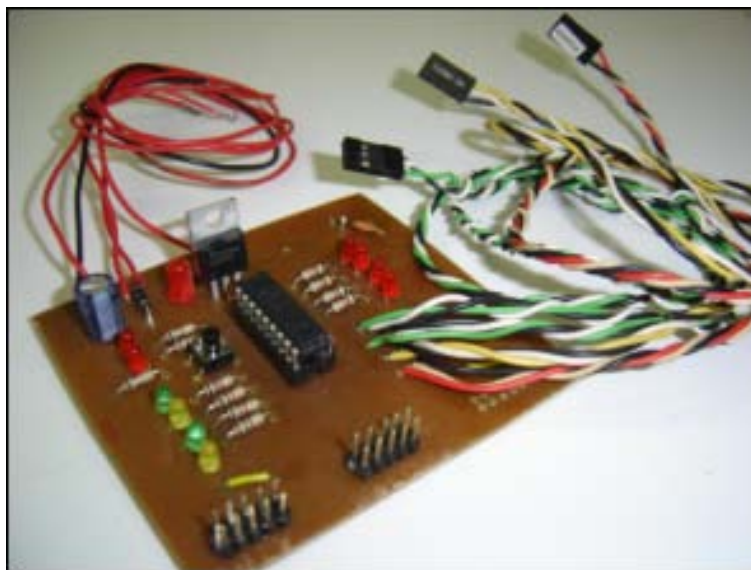
Em virtude da corrente de operação e da corrente de surto requerida pelo motor de locomoção ( $I_{op} = 40\text{ A}$  e  $I_s = 130\text{ A}$ ), foi especificado a bateria FP 12-90 de 12V e 9Ah da empresa Sec-Power. Duas baterias eram ligadas em série para fornecer 24V aos motores.

Foi negociado com a empresa um patrocínio na qual eles nos forneceriam as baterias necessárias e nos divulgaríamos a sua marca no evento, infelizmente não chegamos a um acordo pleno, mas conseguimos um desconto de 31,75% no preço do equipamento.

## 5.3 Placa de Controle

Os robôs são controlados através de um controle remoto (rádio frequência - o mesmo usado em aeromodelismo), que transmite os comandos realizados para um receptor. Para capturar e decodificar os sinais recebidos foi desenvolvida a placa de controle.

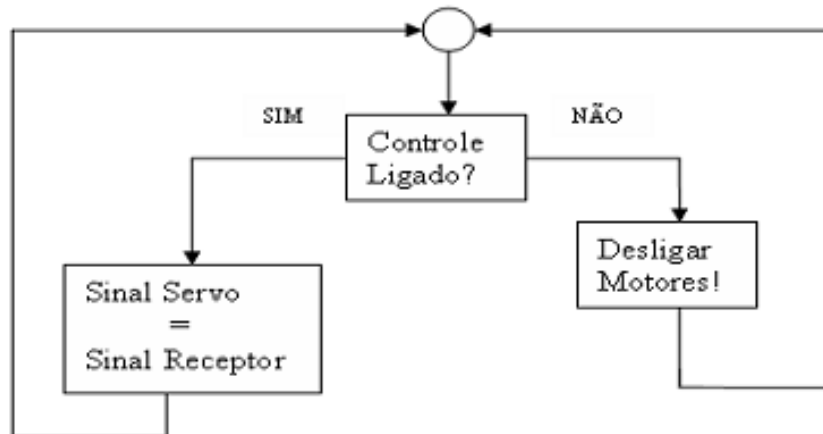
Ela possui como componente principal um microcontrolador (PIC16F628A), que nada mais é que um circuito integrado programável, podendo suas saídas serem definidas como funções de suas entradas. Essa placa é alimentada com uma tensão de 12 V e possui como entrada 4 canais de sinal que vêm do receptor.



### 5.3.1 - Fluxogramas do Programa do Microcontrolador

Como o microcontrolador trabalha em uma alta frequência, suas tarefas internas são praticamente realizadas em paralelo. Os fluxogramas das atividades principais seguem abaixo.

*Rotina de Verificação do Desligamento do Controle*



#### *“Controle Ligado?”*

Existe uma rotina no programa que percebe se o controle está ligado ou não, ou seja, se o receptor está recebendo algum sinal do rádio-controle ou não. A placa de controle, além do microcontrolador, possui LED's para a interação com o usuário e um destes LED's indica o estado do rádio-controle (ligado ou desligado).

#### *“Sinal Servo = Sinal Receptor”*

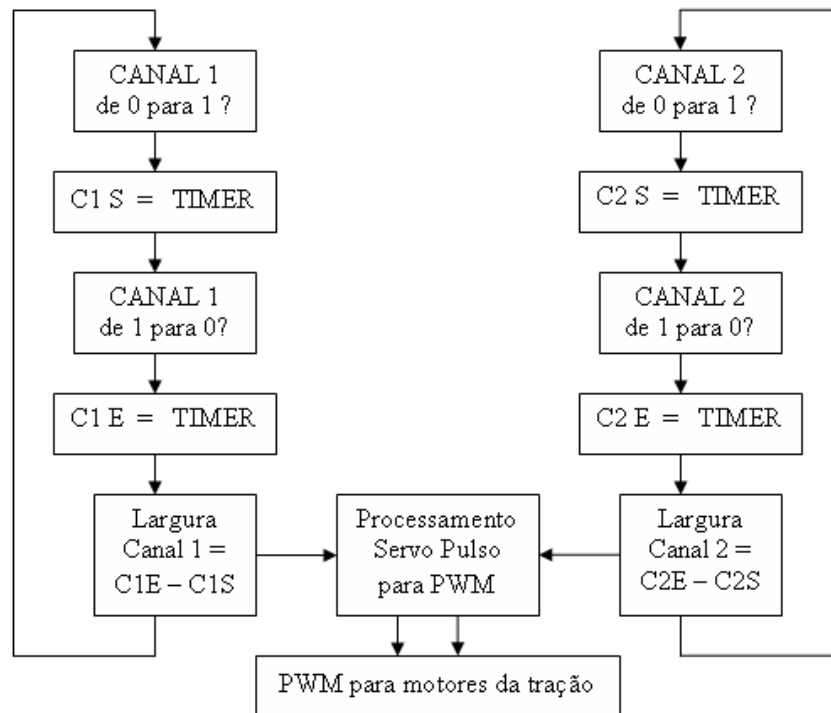
Quando o controle está ligado, o funcionamento dos outros fluxogramas que serão apresentados a seguir ocorrerá de forma normal.

A placa de controle envia sinal as placas de Potência controlando a locomoção do Robô. Tudo funciona normalmente.

#### *“Desligar Motores!”*

Quando se percebe que o controle está desligado, ou que o receptor não está recebendo um sinal correto, o LED que indica o estado do rádio-controle se apaga. Assim, o controlador do robô (pessoa que carrega o rádio-controle) não pode mais enviar comandos ao robô, que fica livre e desgovernado, podendo isso causar diversos tipos de danos. Mas, o microcontrolador, ao perceber a ausência do sinal, desliga os motores que fazem o robô se movimentar, deixando-o imóvel.

### 5.3.2 - Medição dos Canais 1 e 2 e Processamento Servo Pulso – PWM



*“CANAL 1 – de 0 para 1?”*

O microcontrolador mantém uma constante observação no pino onde o canal 1 está conectado. O canal 1 é responsável pelo movimento para frente ou para trás do robô.

*“C1 S = TIMER”*

Quando o sinal do canal 1 varia de 0 para 1, esse é o momento quando deve ser iniciada a contagem do tempo da largura do pulso.

Dessa forma, existe uma espécie de cronômetro (TIMER) atuando enquanto o microcontrolador está ligado. O valor presente desse cronômetro é gravado em uma variável (C1 S , que indica Canal 1 Start).

*“CANAL 1 – de 1 para 0?”*

O microcontrolador mantém a atenção sobre o pino onde o canal 1 está conectado, mesmo enquanto realiza outras rotinas.

*“C1 E = TIMER”*

Quando o sinal do canal 1 varia de 1 para 0, esse é o momento em que se deve ser encerrada a contagem do tempo da largura do pulso do canal 1.

O valor presente do TIMER, que agora é outro valor, diferente de quando o canal 1 mudou de 0 para 1, é gravado em uma outra variável (C1 E , que indica Canal 1 End).

$$\text{"Largura Canal 1} = C1 E - C1 S"$$

Após o encerramento do pulso no canal 1, o microcontrolador realiza a operação matemática indicada acima, que resulta no valor da largura do pulso. A largura do pulso do canal 1 indica se o robô irá para frente (largura de 1,5ms a 2ms), para trás (de 1ms a 1,5ms) ou se o robô não se movimenta em nenhuma dessas direções (em torno de 1,5ms).

$$\text{"CANAL 2 – de 0 para 1?"}$$

O microcontrolador também mantém uma constante observação no pino onde o canal 2 está conectado. O canal 2 é responsável pelo movimento do robô em torno de seu eixo para esquerda ou para direita.

$$\text{"C2 S} = \text{TIMER}"$$

Quando o sinal do canal 2 varia de 0 para 1, esse é o momento quando deve ser iniciada a contagem do tempo da largura do pulso do canal 2.

O valor presente do timer é gravado em uma variável (C2 S , que indica Canal 2 Start).

$$\text{"CANAL 2 – de 1 para 0?"}$$

O microcontrolador mantém a atenção sobre o pino onde o canal 2 está conectado, mesmo enquanto realiza outras rotinas.

$$\text{"C2 E} = \text{TIMER}"$$

Quando o sinal do canal 2 varia de 1 para 0, esse é o momento em que se deve ser encerrada a contagem do tempo da largura do pulso do canal 2.

O valor presente do TIMER, que agora é outro valor, diferente de quando o canal 2 mudou de 0 para 1, é gravado em uma outra variável (C2 E , que indica Canal 2 End).

$$\text{"Largura Canal 2} = C2 E - C2 S"$$

Após o encerramento do pulso no canal 2, o microcontrolador realiza a operação matemática indicada acima, que resulta no valor da largura do pulso. A largura do pulso do canal 2 indica se o robô irá girar em torno de seu eixo para a direita (largura de 1,5ms a 2ms), para a esquerda (de 1ms a 1,5ms) ou se o robô não gira em torno do eixo (em torno de 1,5ms).

*“Processamento Servo Pulso para PWM”*

O PWM é um sinal pulsado, com frequência definida, que tem sua largura variando de 0 a 100%. Essa variação faz o controle de velocidade dos motores que fazem a movimentação do robô, que por serem motores de corrente contínua, têm suas velocidades alteradas de acordo com os valores médios de tensão aplicados sobre eles. Este fato está mais detalhado nas explicações sobre a “placa de potência”.

Assim, este processamento consiste em tomar as larguras dos pulsos do canal 1 e canal 2 e fazer a sobreposição dos mesmos no formato PWM, por exemplo, o robô poderá andar para frente (a comando do canal 1) e ao mesmo tempo ir girando para a direita (a comando do canal 2), lembrando que dois motores são responsáveis para a movimentação do robô.

**5.3.3 - A Transformação Servo Pulso – PWM**

O sinal servo-pulso pode ser definido como uma onda retangular pulsada, com frequência em torno de 50Hz, não precisando ser exatamente esta, já que a informação que este sinal carrega está em sua largura variável, que está na faixa de 1 a 2ms.

A transformação servo pulso para PWM usada para a movimentação do robô é feita utilizando as fórmulas abaixo, obtidas empiricamente:

$$PWMD = ( L1 - L2 ) \times 200 \%$$

$$PWME = ( L1 + L2 - 3 ) \times 200 \%$$

Onde:

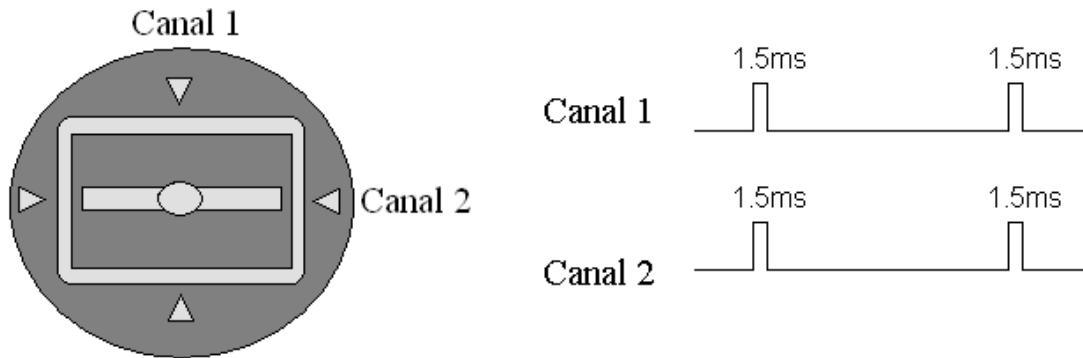
PWMD – PWM destinado ao motor direito

PWME – PWM destinado ao motor esquerdo

L1 – Largura do Canal 1, em milisegundos

L2 – Largura do Canal 2, em milisegundos

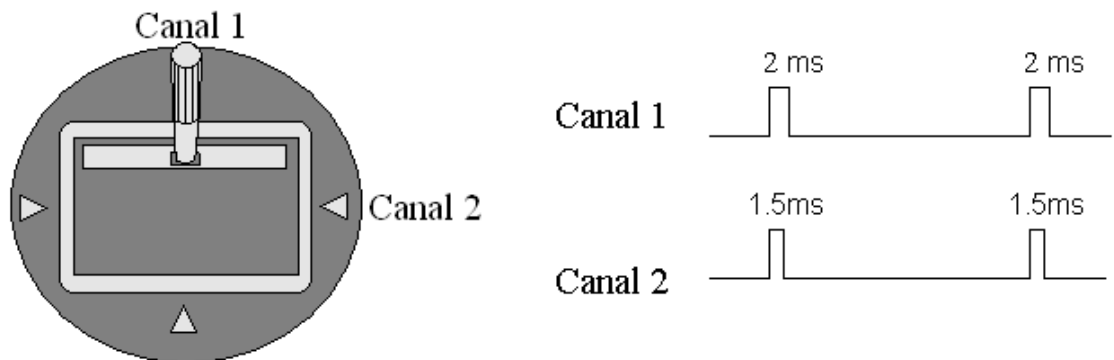
Logo abaixo estão alguns exemplos da utilização das fórmulas acima.



Com o controlador nessa posição, o robô tem que estar parado, com os dois motores, o do lado esquerdo e o do lado direito, desligados.

$$PWMD = (L1 - L2) \times 200 \% = (1.5 - 1.5) \times 200\% = 0 \%$$

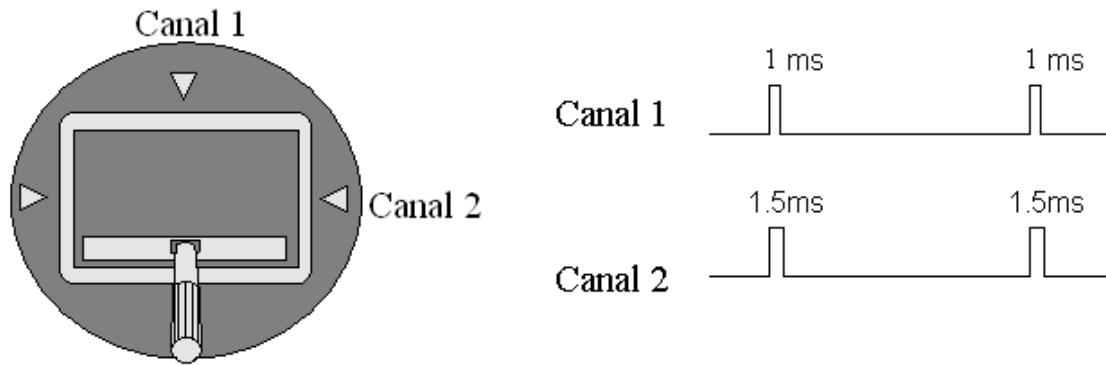
$$PWME = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (1.5 + 1.5 - 3) \times 200\% = 0 \%$$



Nessa posição, o robô tem que ir pra frente com sua velocidade máxima. Assim, os dois motores têm que estar a 100%.

$$PWMD = (L1 - L2) \times 200 \% = (2 - 1.5) \times 200\% = 100 \%$$

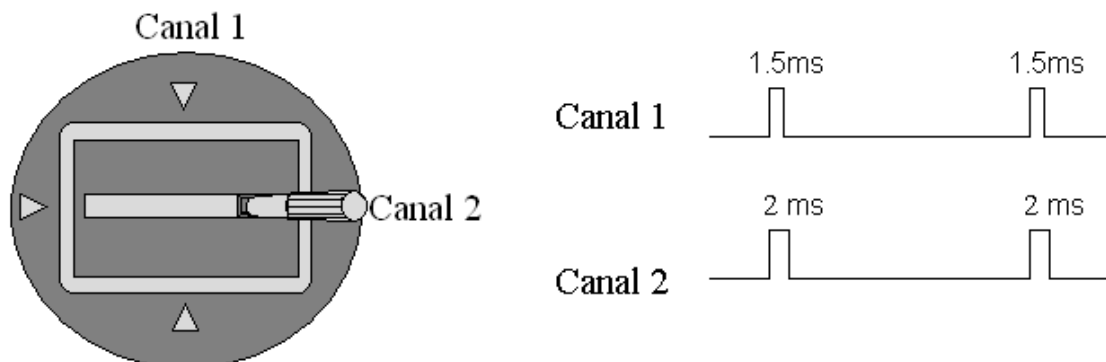
$$PWME = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (2 + 1.5 - 3) \times 200\% = 100 \%$$



Agora o robô tem que ir para trás com velocidade máxima. O sinal negativo do PWM apresentado significa que o motor deve girar em sentido contrário.

$$\text{PWMD} = (L1 - L2) \times 200 \% = (1 - 1.5) \times 200\% = -100 \%$$

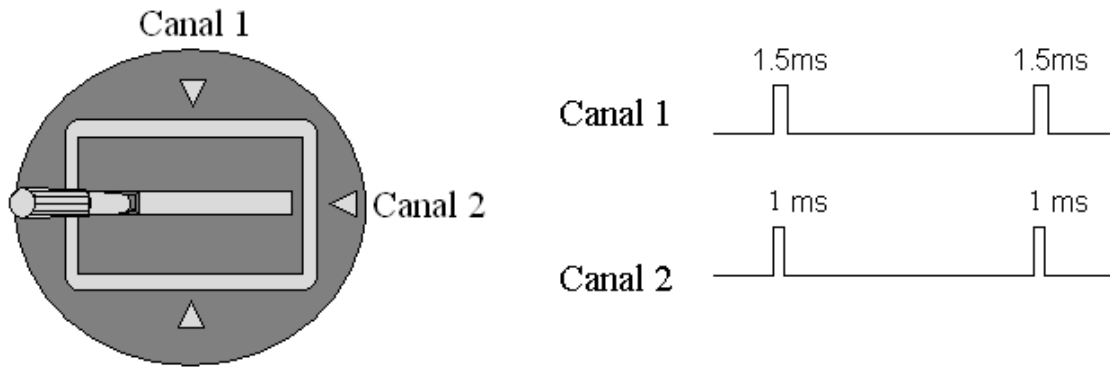
$$\text{PWME} = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (1 + 1.5 - 3) \times 200\% = -100 \%$$



Nessa posição, o robô tem que girar para a direita em torno de seu próprio eixo. Dessa forma, o motor do lado direito deve ser acionado para trás e o da esquerda deve ser acionado para frente, com máximas velocidades.

$$\text{PWMD} = (L1 - L2) \times 200 \% = (1.5 - 2) \times 200\% = -100 \%$$

$$\text{PWME} = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (1.5 + 2 - 3) \times 200\% = 100 \%$$

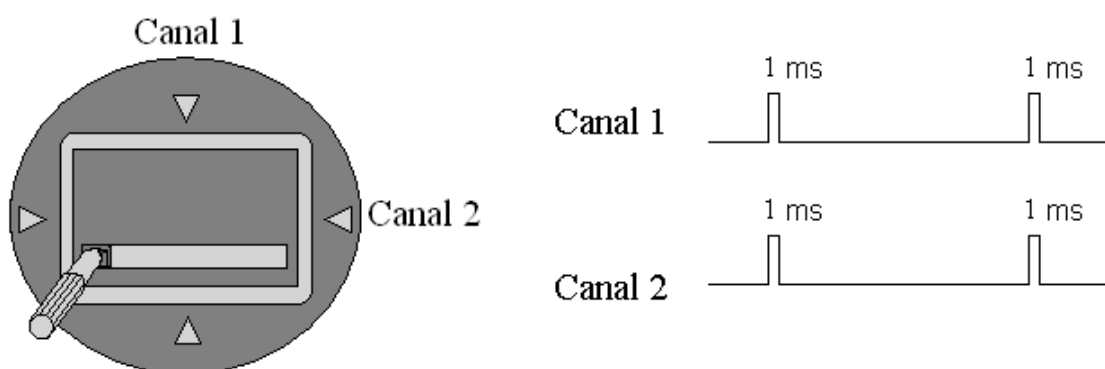


Nessa posição, o robô tem que girar em torno de seu próprio eixo para a esquerda. Portanto, o motor do lado esquerdo deve ser acionado para trás e o da direita deve ser acionado para frente, ambos com máximas velocidades.

$$PWMD = (L1 - L2) \times 200 \% = (1.5 - 1) \times 200\% = 100 \%$$

$$PWME = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (1.5 + 1 - 3) \times 200\% = -100 \%$$

Quando o controlador vai para regiões transversais do controle, as intensidades dos PWMs podem alcançar valores maiores que 100% ou menores que -100%. Assim, quando o microcontrolador encontra valores maiores que 100%, ele considera como se fosse 100%. Analogamente, quando o microcontrolador encontra valores menores que -100%, ele considera como se fosse -100%. Exemplos desse fato estão logo abaixo.

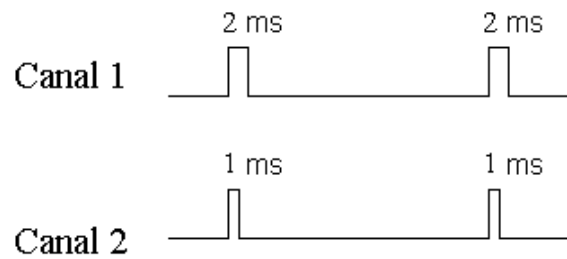
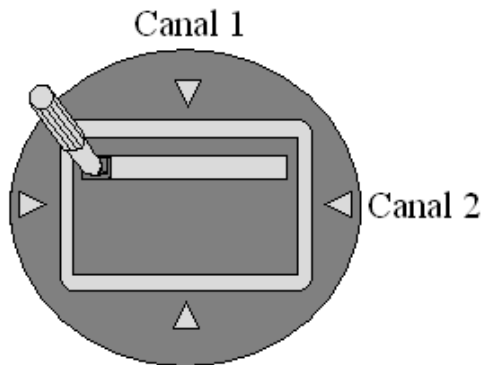


Nessa posição, o robô aciona o motor esquerdo para trás, enquanto o motor direito permanece parado.

$$PWMD = (L1 - L2) \times 200 \% = (1 - 1) \times 200\% = 0 \%$$



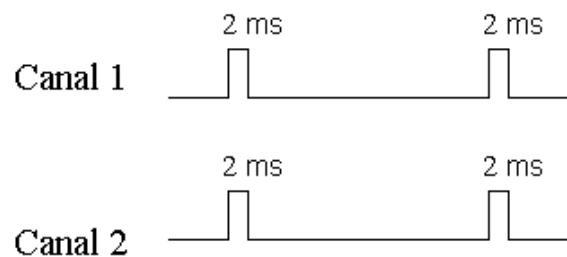
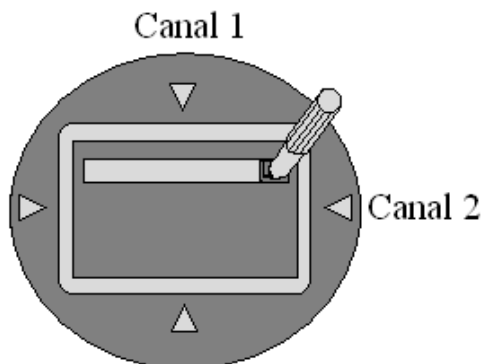
$$PWME = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (1 + 1 - 3) \times 200\% = -200 \% \rightarrow -100\%$$



Nessa posição, o robô aciona o motor direito para frente, enquanto o motor esquerdo permanece parado.

$$PWMD = (L1 - L2) \times 200 \% = (2 - 1) \times 200\% = 200 \% \rightarrow 100\%$$

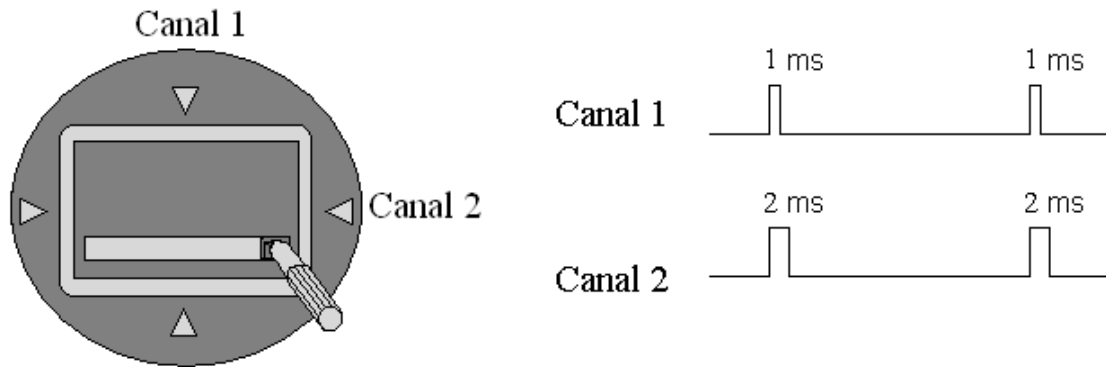
$$PWME = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (2 + 1 - 3) \times 200\% = 0 \%$$



Nessa posição, o robô aciona o motor esquerdo para frente, enquanto o motor direito permanece parado.

$$PWMD = (L1 - L2) \times 200 \% = (2 - 2) \times 200\% = 0 \%$$

$$PWME = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (2 + 2 - 3) \times 200\% = 200 \% \rightarrow 100 \%$$



Nessa posição, o robô aciona o motor direito para trás, enquanto o motor esquerdo permanece parado.

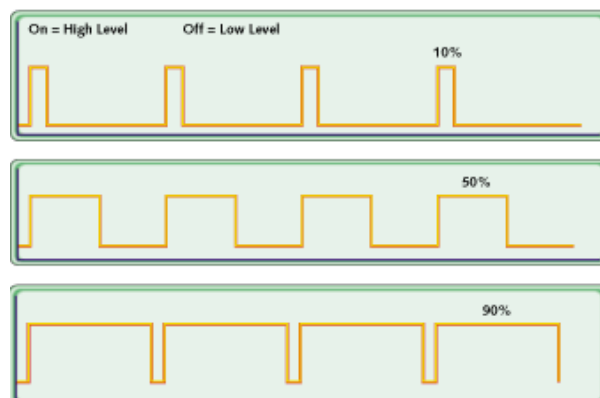
$$PWMD = (L1 - L2) \times 200 \% = (1 - 2) \times 200\% = -200 \% \rightarrow -100\%$$

$$PWME = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (1 + 2 - 3) \times 200\% = 0 \%$$

#### 5.3.4 - O Sinal PWM

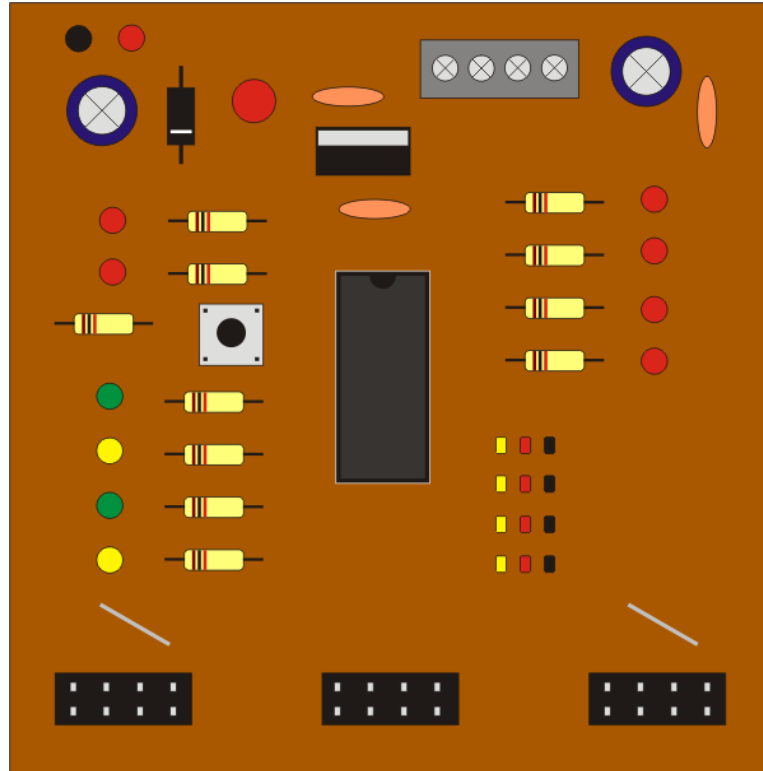
O PWM é um sinal retangular pulsado, com frequência definida, que possui seu ciclo de trabalho entre 0 e 100. O on-time é o tempo em que a fonte C.C. é aplicada à carga, e o off-time é o período em que essa fonte é desligada. Dado uma largura de faixa conveniente, qualquer valor analógico pode ser codificado com PWM.

A figura abaixo mostra três sinais diferentes de PWM. A primeira imagem mostra uma saída PWM com um ciclo de trabalho de 10%. Isto é, o sinal está em nível alto em 10% do período e em nível baixo por 90%. As outras imagens mostram saídas de PWM em ciclos de trabalho de 50% e de 90%, respectivamente. Estas três saídas de PWM codificam três valores diferentes do sinal analógico, em 10%, em 50% e em 90% da tensão máxima. Se, por exemplo, a fonte for de 12V e o ciclo de trabalho for 10%, o resultado é um sinal analógico de 1,2 V.



Uma das vantagens do PWM é que o sinal permanece digital durante todo o caminho do microcontrolador até o sistema controlado. Nenhuma conversão D/A é necessária. Mantendo o sinal na forma digital, os efeitos dos ruídos são minimizados. Um ruído somente pode afetar um sinal digital se for grande o bastante para mudar um sinal de nível alto para nível baixo, ou vice-versa.

### 5.3.5 – Hardware



A placa de controle é composta por sete partes:

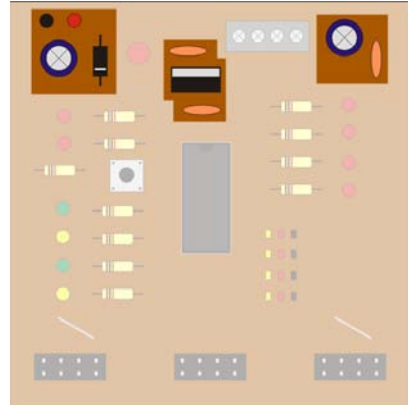
- Alimentação
- Microcontrolador
- Entrada dos sinais
- Saídas PWM
- Saída normal
- LEDs sinalizadores
- Botão de calibração

#### 5.3.5.1 - Alimentação

A placa de controle é alimentada por 12v (DC) da bateria do robô. Através do regulador de tensão LM7805, reduzimos para 5v, podendo assim se utilizada pelo microcontrolador.

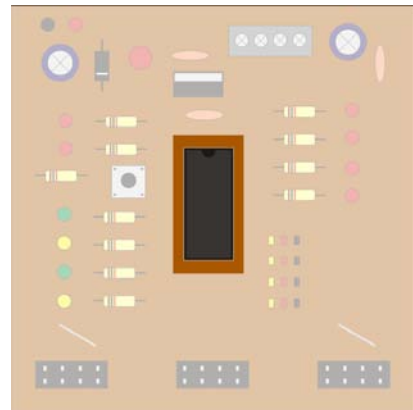
Capacitores foram utilizados para redução dos possíveis ruídos que pudessem atrapalhar no processamento dos sinais.

Para proteção do circuito contra a inversão de polaridade na alimentação, foi usado um diodo na entrada do regulador.



#### 5.3.5.2 - Microcontrolador

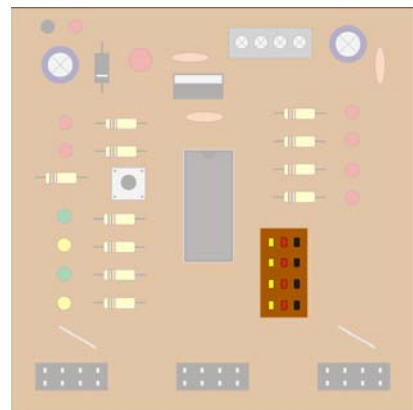
O microcontrolador é responsável pelo processamento dos sinais, transformando-os assim em sinais que serão utilizados nas saídas PWM e saídas lógicas, explicadas posteriormente.



#### 5.3.5.3 - Entrada dos sinais

Após receber os comandos enviados por RF pelo controle, o receptor os transforma em sinais (servo pulso), que são enviados para o microcontrolador através de canais.

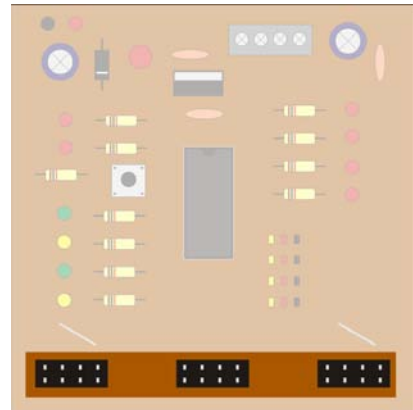
Podendo suportar até 4 canais, cada canal é composto por três fios. Dois são utilizados para alimentar o receptor (vermelho e preto), e um para receber o sinal (amarelo).



#### 5.3.5.4 - Saídas PWM

A placa de controle possui três saídas PWM e cada saída é composta por 10 pinos, que serão conectados a um cabo e levados a placa de potência.

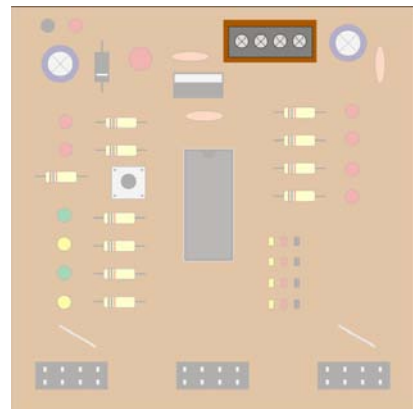
Cada pino tem sua função, podendo ser de alimentação (12v e GND) ou do sinal PWM propriamente dito.



#### 5.3.5.5 - Saída normal

A saída normal é utilizada para o acionamento de diversos tipos de cargas, como, por exemplo, uma arma do robô.

Ela é composta por um conector com quatro saídas. Duas delas é utilizada para alimentar outros circuitos (5v e GND), e as outras duas, são as saídas lógicas (0v ou 5v).



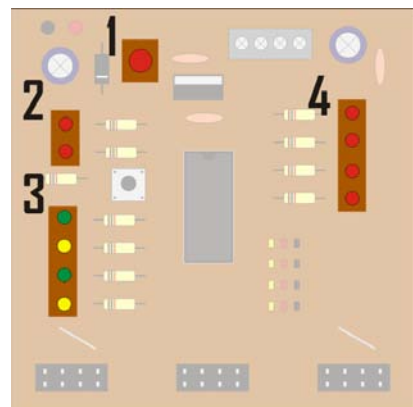
#### 5.3.5.6 - LEDs sinalizadores

Cada LED indica um tipo de ação.

1. LED da alimentação: indica a se a placa de controle está alimentada ou não.

2. LEDs extras: podem ser utilizados para indicar qualquer tipo de ação como, por exemplo, se certo canal do receptor está ativado.

3. LEDs do movimento: indicam o sentido de dois motores responsáveis pelo movimento do robô. Os verdes indicam que os motores estão girando em sentido



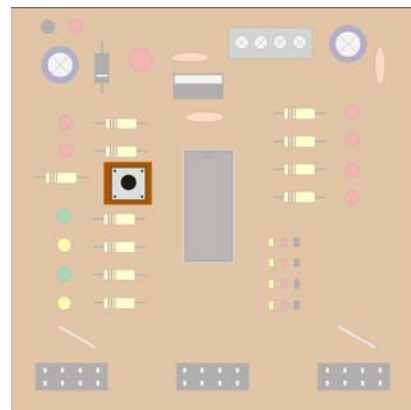
normal (para frente) e os amarelos indicam que estão girando em sentido contrário (para trás). A tabela abaixo mostra como esses LEDs (escritos de cima para baixo) indicam o movimento do robô.

Verde	Amarelo	Verde	Amarelo	Movimento
Aceso	Apagado	Aceso	Apagado	Frente
Apagado	Aceso	Apagado	Aceso	Trás
Aceso	Apagado	Apagado	Apagado	Direita
Apagado	Apagado	Aceso	Apagado	Esquerda
Aceso	Apagado	Apagado	Aceso	Gira no eixo (horário)
Apagado	Aceso	Aceso	Apagado	Gira no eixo (anti-horário)

4. LEDs das armas: indicam o estado das armas, sendo que os dois primeiros (vistos de cima para baixo) indicam o sentido de um terceiro motor e os dois últimos indicam os estados lógicos de cada uma das saídas do conector de saída normal.

#### 5.3.5.7 - Botão de calibração

Este botão é utilizado para a calibração da placa de controle, sendo pressionado quando o controle remoto está em sua posição inicial, ou seja, quando não está indicando nenhum movimento do robô e nem acionando as armas.

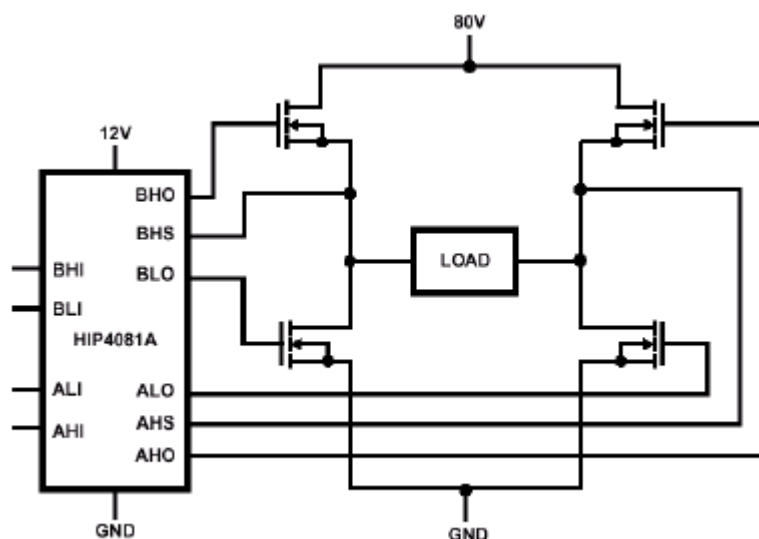


## 5.4 Placa de Potência

Para este projeto foi utilizado um circuito de potencia pronto, a OSMC3-2. Este circuito faria a interface entre o microcontrolador, e os componentes de potencia (motores). Antes de sua utilização foi estudado todo o seu funcionamento, de modo a se gerar os sinais adequados para a correta movimentação do Robô. Além disso, este estudo servirá de base para a confecção da eletrônica de potencia própria da equipe. Fato este que se tornou realidade em 2006.

O coração da placa de potência é o driver HIP4081A fabricado pela Intersil. É um circuito integrado para o completo acionamento de uma ponte H, e pode suportar uma grande variação de tensão de alimentação (12 a 80V) e gera os sinais necessários ao funcionamento dos MOSFETS.

O CI HIP4081A possui quatro entradas que correspondem às saídas para mosfet (ou grupo de mosfets) da ponte H. A fonte de sinal deve fornecer sinais PWM as entradas do circuito integrado para efetuar o controle. As linhas de entrada do 4081 são "TTL modificadas" de modo que um sinal de nível alto apresenta uma tensão entre 3 e 12V, o que permite uma grande variedade de fontes de sinal a serem utilizados.



Devido a natureza dos mosfets de canal N empregados em pontes H de alta potência, o driver deve fornecer aproximadamente 10V acima da tensão da fonte de alimentação para que os mosfets acionem. O HIP4081 pode fornecer até 90V na parte superior da ponte (AHO BHO).

Isso é realizado através de um subsistema chamado charge-pump. Utilizando apenas um capacitor e um diodo externamente, O HIP4081 gera a tensão requerida na ponte.

Os gates dos mosfets, tais como os empregados nesse circuito, são sensíveis a tensões altas e baixas. Pequenos picos de tensão para mais ou para menos podem destruí-los, e para proteger os gates, são inseridos diodos zenners ao circuito. Os diodos grampeiam os picos de tensão. Como no gate do mosfet tem-se um efeito capacitivo, picos de tensão podem ser gerados enquanto ocorre a carga ou descarga da capacitância de gate durante o chaveamento.

O HIP4081 pode fornecer até 1 A em suas saídas; no entanto, quando vários Mosfets são colocados na ponte, a capacitância resultante é tal que uma corrente muito grande pode ser drenada do driver e, para limitar a corrente em algo razoável, pequenos resistores são adicionados entre a linha de saída e o respectivo gate. Esses resistores equilibram a corrente de gate além de limitarem a corrente total drenada. Embora esses resistores sejam capazes de auxiliar no ligamento e desligamento, eles podem contribuir com um grande problema em pontes H; um efeito chamado “shoot-trough” que nada mais é do que um curto-circuito ocasionado pela presença de Mosfets ligados no mesmo lado da ponte.

Se essa condição “shoot-through” ocorre em um intervalo mínimo de tempo, o Mosfet talvez não se danifique. Contudo, para prevenir o circuito contra esse tipo de ocorrência, o HIP4081 conta com proteções internas. Trata-se de uma lógica que desliga a parte superior da ponte sempre que a parte inferior estiver ligada e vice-versa. Ainda assim, o efeito pode ocorrer devido ao tempo de carga e descarga da capacitância do gate. Isso se justifica porque o Mosfet tende a ligar muito mais rápido do que desligar. Visto dessa forma existe uma possibilidade da parte superior não estar completamente desligada quando a parte inferior for acionada, resultando em “shoot-through”.

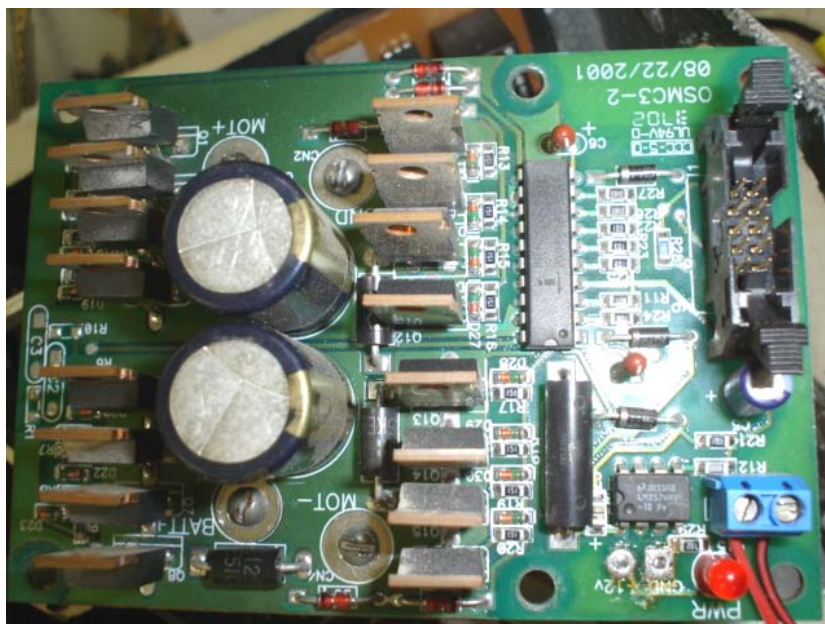
O projeto assegura que este efeito não ocorrerá. Primeiramente, existe um atraso quando o sinal para o acionamento chega ao CI. Esse atraso é inserido para garantir que o Mosfet superior se encontrará desligado. Em casos extremos, esse sinal de atraso não é suficiente, então um diodo schottky é conectado em paralelo com os resistores de gate. Os diodos são orientados a conduzir quando o gate está sendo descarregado. Tal medida reduz significativamente o tempo de desligamento e elimina por completo o problema.

Os picos de tensão provenientes de carga indutivas tais como motores, ruídos de alta frequência de escovas e comutadores são problemas comuns para a eficácia do controle. O sistema emprega dispositivos chamados supressores de transientes de tensão (TVS); esses dispositivos são na verdade super diodos zenners otimizados para trabalharem seguramente com picos de tensão a alta corrente. Os diodos são conectados entre os terminais da bateria afim de proteger os Fets e entre os terminais do motor para proteção contra picos de alta frequência. E finalmente, uma filtragem grosseira da fonte é feita por capacitores eletrolíticos.

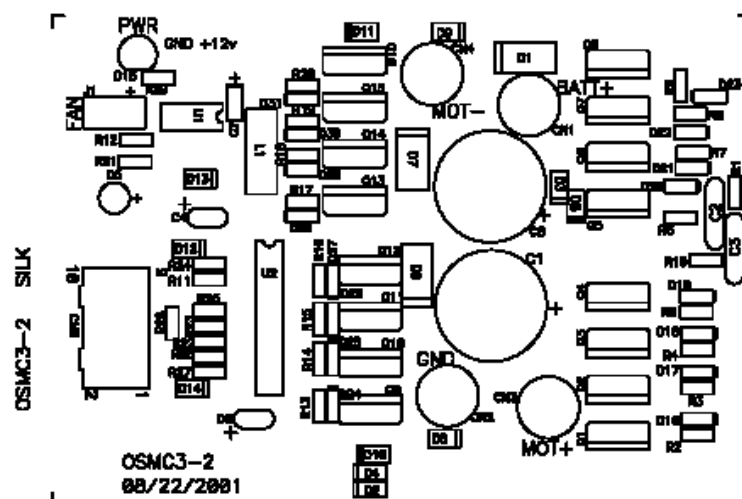
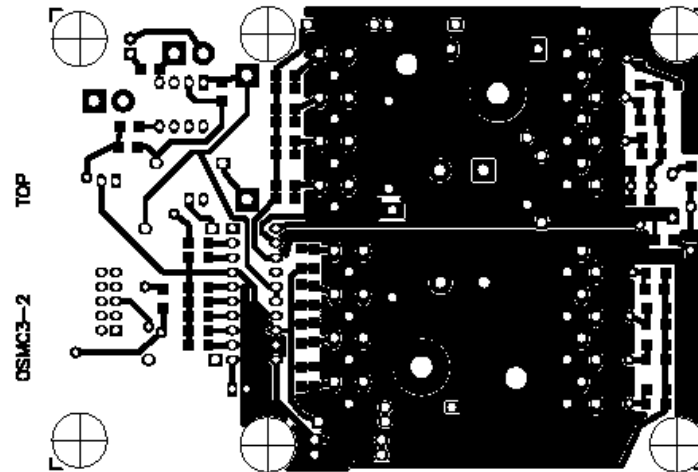
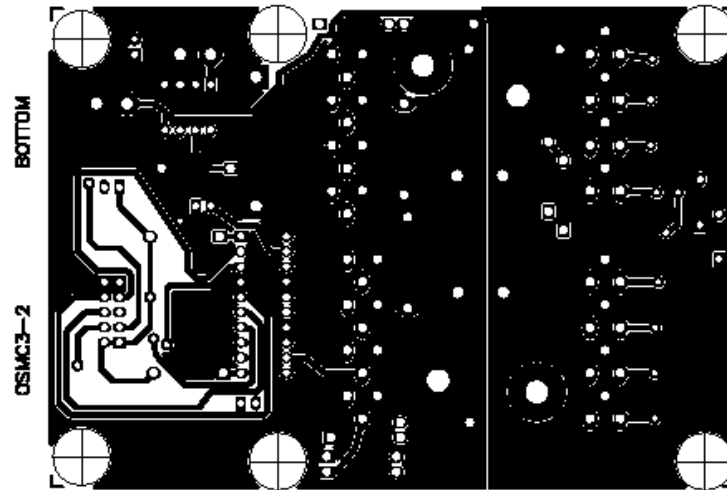
A parte restante da placa de potência é a parte de regulação de tensão, regulação esta provida por um circuito integrado regulador chaveado: LM2574-HV12. Este CI apresenta uma eficiência muito maior comparado a um CI linear quando a tensão da bateria cai abaixo de 12V.

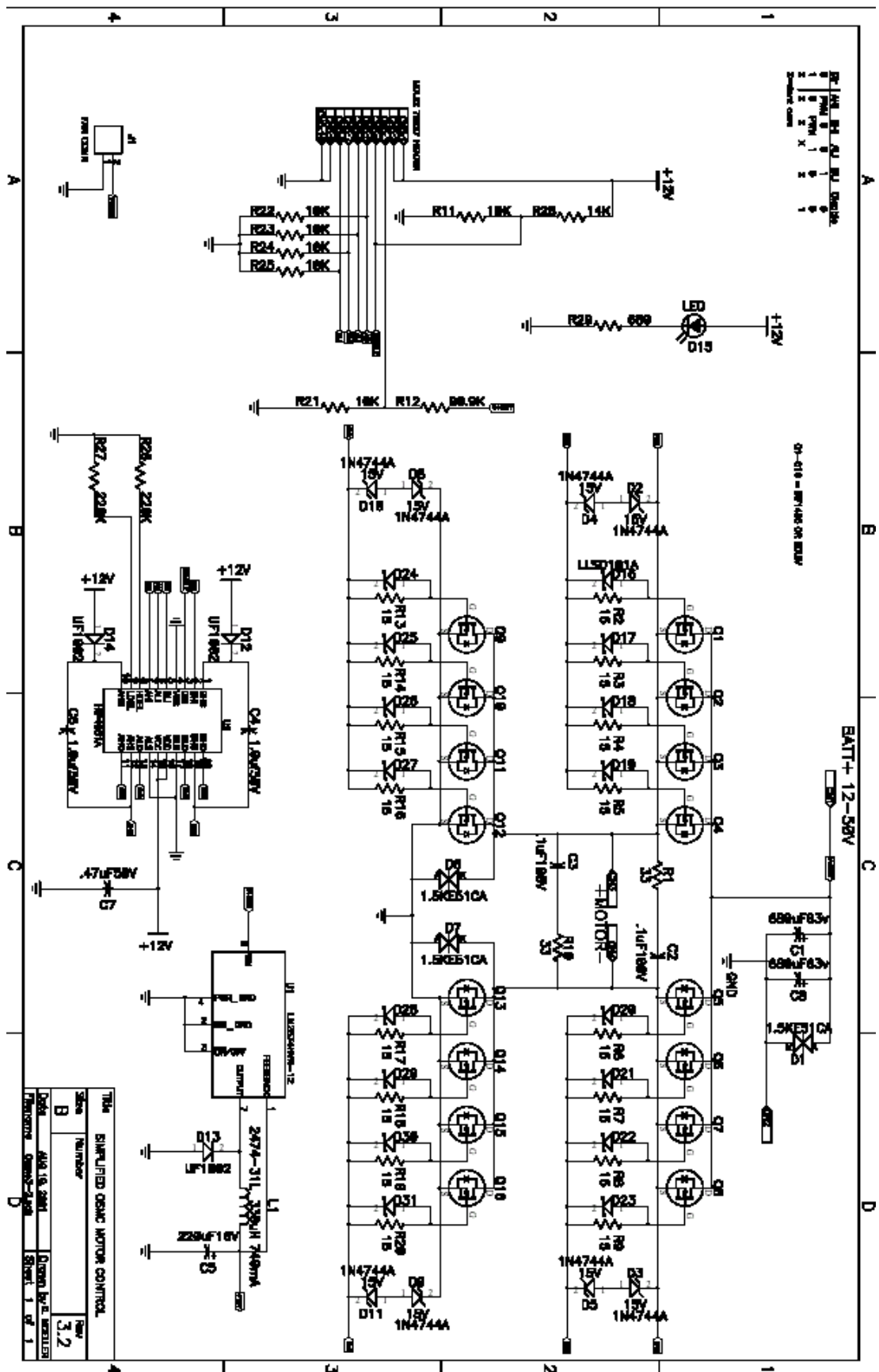


Identificação dos componentes	Finalidade	Comentários
C1 –C8	Capacitores utilizados para minimizar o ripple da fonte de tensão	A tensão máxima permitida para a placa é de 50V
D1, D6, D7	Diodos TVS utilizados para supressão de picos de tensão	Por serem dispositivos bidirecionais, podem lidar com surtos de quaisquer polaridades. Proteção dos Mosfets
Q1-Q16	Recebem o pulso de acionamento através do gate e permitem a passagem da corrente do dreno para o source	Com o cooler, cada mosfet pode acionar 40 A contínuos (4 Mosfets em cada braço da ponte), resultando em 160 A. Para menores correntes, podem ser usados menos transistores.
D2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11	Grampeiam a tensão de gate em 15V	Esses diodos protegem o gate contra os transientes de carga e descarga do Mosfet
R2-R20	Utilizados para diminuir o tempo “Turn on” do Mosfets	Se os Mosfets ligarem antes da parte superior ou inferior estiver desligada, ocorrerá o efeito shoot Throuh
D16-D31	Os diodos Schottky fornecem um atalho para a descarga rápida da energia do Mosfet	Trabalham em conjunto com os resistores de gate. Enquanto os schottky diminuem o tempo para ligar, os resistores aumentam.
D12, 14	Diodos de retorno	Recuperam carga para o circuito reforçador de tensão quando os Mosfets superiores estão ligados
R1/C2, R10/C3	Redes RC snubber	Filtro RC através dos terminais do motor. Absorvem ruídos de alta frequência
D15	Led indicador	Led vermelho de 5mm
Molex 70227	Recebe os sinais do MOB ou $\mu$ MOB	É inserido em conectores com travas para garantir alta confiabilidade em situações de choque mecânico intenso
HIP4081A	Driver Full bridge	Também utilizados em potências da Vantec, ver datasheet
L1, D13, C5	Fonte de tensão	Componentes de suporte do integrado regulador 2574



O layout da placa de potência, esquemático e lista de componentes eletrônicos são mostrados a seguir:





Quantity	Part Number	Description	Location
2 <sup>1</sup>	P4656-ND	.1uf 100v - Poly	C2, C3
2	P2073-ND	1.0uf 50v tantalum	C4, C6
1	P5139-ND	220uf 16v electrolytic – Radial lead	C5
1	PCF1130CT-ND	.47uf 50v – 1206 SMD	C7
2	P11276-ND	680uf 63v electrolytic – Radial lead	C1, C8
1	P1.0KECT-ND or 263-1K	680 ohm resistor – 1206 SMD	R29
6	P10.0KFCT-ND	10K ohm resistor – 1206 SMD	R11, R21-R25
16	P150ECT-ND	150 ohm resistor – 1206 SMD	R2-R9, R13-R20
2 <sup>1</sup>	P33ECT-ND	33 ohm resistor – 1206 SMD	R1, R10
1	P90.9KFCT-ND	90.9K ohm resistor – 1206 SMD	R12
1	P14.0KFCT-ND	14K ohm resistor – 1206 SMD	R28
2	P249KFCT-ND	249K ohm resistor – 1206 SMD	R26, R27
1 <sup>2</sup>	BC110W-2CT	110 ohm 2W resistor – axial lead	R30
3	UF1002DICT-ND or 625-UF4002	UF1002 1A 100V Ultra fast diode – DO-41	D12, D13, D14
8	1N4744ADICT-ND	15v Zener (one watt)	D2-D5, D8-D11
3	1.5KE51CADICT-ND	51V TVS Diode	D1, D6, D7
Or	1.5KE39CADICT-ND	39V TVS Diode for use with IRF1404 40V FET	
16	LLSD101ACT	Fast Schottky diode– SMD	D16-D31
1	67-1105-ND	RED LED	D15
1	903-3104 (Allied #)	HIP4081AIP – MOSFET driver – 20 pin DIP	U2
1	LM2574HVN-12-ND	12v regulator – 8 pin DIP	U1
1	DN7431-ND	330uH 740ma - Inductor	L1
1	MHS10K-ND or MHB10K-ND	2x5 header – protected	CN5
1	P9741 <sup>3</sup>	FAN 80mm (3.15") 12v or 24v depending upon source	
1	ED1643	Waldom .2" screw terminal block	J1
1	OSMC3-2	Printed Circuit Board (through hole plated) 4oz See: <a href="http://www.robot-power.com">http://www.robot-power.com</a>	
4	2219K-ND	8-32 x 1" stand-off	
6	2217K-ND	8-32 x .5" stand-off	
Each of the OSMC boards requires 16 matching FET's. Choose from the list below.			
16	IRF1405-ND	IRF1405 - HEXFET N-Channel, 55V 133A TO-220AB	Q1-Q16
or			
16	IRF1404-ND	IRF1404 - PWR MOS N-Channel, 40V 162A TO-220AB	Q1-Q16
or			
16	903-0048 (Allied #)	HRF3205 - MOSFET, N-Channel, 55V 100A TO-220AB	Q1-Q16
(Optional) Heat sinks for the FET's. Install as four groups of four.			
4		6-32 x ¼" nut	
4		6-32 x 1 ¼" screw	
12		6-32 x 3/16" aluminium spacer	
16	532-577002B00	(Mouser) AAVID TO-220 Heat sink	Q1-Q16

## 6. Calculo do Peso

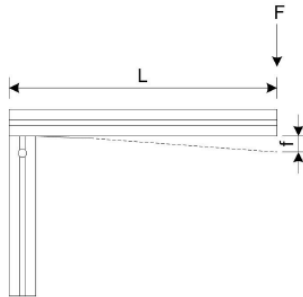
Como dito anteriormente, o peso é um fator limitante do projeto, portanto tivemos que ter o máximo de cuidado ao calculá-lo para não cairmos em erros que só seriam descobertos ao final da montagem do robô. Nas tabelas a seguir, temos o calculo de peso, todos os cálculos estão aproximados para um valor maior. O item Erro, faz referência aos parafusos utilizados para a fixação da carenagem, parafusos da estrutura e solda.

### Calculo de Peso do Dragster Dragster

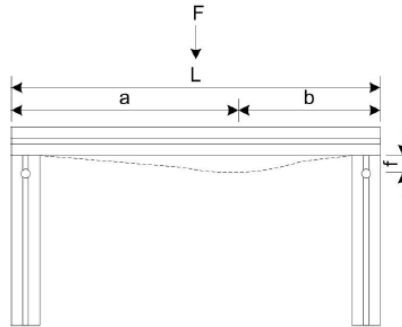
Peça	Peso		Quantidade	Total
GPA	3,8	Kg/unid.	2	7,6
Bateria FP112-90	2,7	Kg/unid.	2	5,4
Eletrônica	2	Kg/unid.	1	2
Rodas	1140	Kg/m3	1,94E-03	2,206125257
Carrenagem	7600	Kg/m3	1,72E-03	13,04647219
Estrutura	7600	Kg/m3	1,52E-03	11,55845129
Tampa	1400		6,16E-04	0,8624
Base	7600	Kg/m3	0,0004447	4,3798426
Eixos	7600	Kg/m3	1,62E-04	1,233730083
Mancais	4	unidade	3,00E-01	1,2
Rodas Dentadas	7600	Kg/m3	1,08E-04	0,819837747
Correntes				
Suporte de Mancal	7600	Kg/m3	1,32E-04	1,005128045
Suporte de Motor	7600	Kg/m3	3,43E-05	0,26092882
Erro				2
Total				53,57291601

**Anexo****A – Cálculo do Perfil de Alumínio**ALLWARE  
Automação

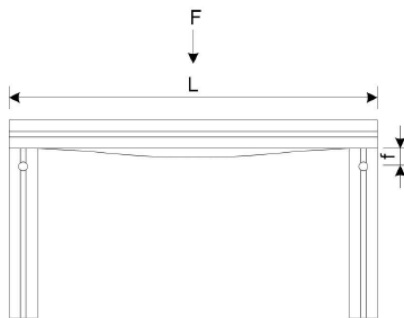
Perfil de Alumínio

**Cálculos de flexão dos perfis****Caso 1**

$$f \text{ [mm]} = \frac{0,476 \times F \text{ [N]} \times L^3 \text{ [m]}}{I \text{ [cm}^4\text{]}}$$

**Caso 3**

$$f \text{ [mm]} = \frac{0,476 \times F \text{ [N]} \times a^3 \text{ [m]} \times b^3 \text{ [m]}}{I \text{ [cm}^4\text{]} \times L^3 \text{ [m]}}$$

**Caso 2**

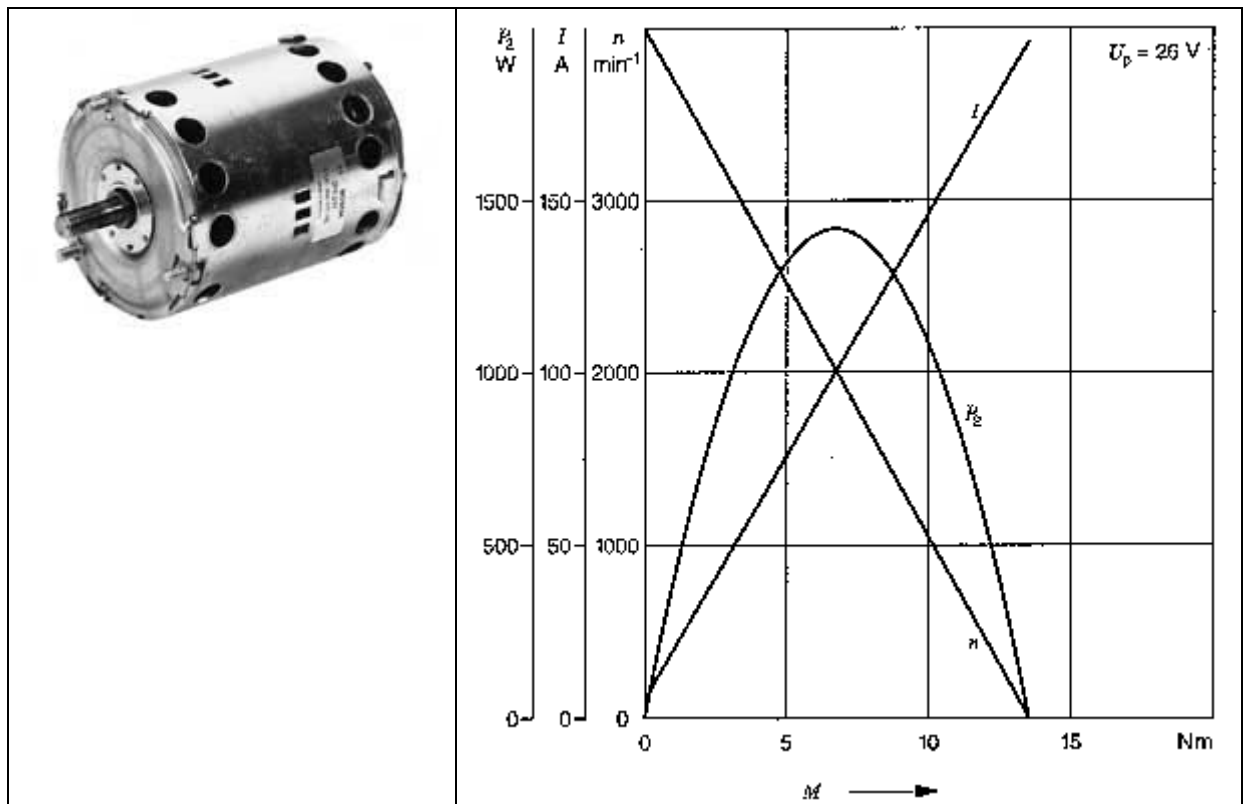
$$f \text{ [mm]} = \frac{0,0074 \times F \text{ [N]} \times L^3 \text{ [m]}}{I \text{ [cm}^4\text{]}}$$

**Onde:**

- F = força em N  
 L = Comprimento do perfil em m  
 I = Momento de inércia em cm<sup>4</sup>  
 f = flexão em mm  
 a/b = Distância do ponto de aplicação da carga em m

## B – Curva de Torque do motor GPA e Dimensionamento

Curva dos motores GPA da Boch





### ***C – Dimensionamento da Transmissão do Dragster***

1) Dimensionar uma transmissão por correntes de rolos

Dados:  $n_1 = 3100 \text{ rpm}$

$n_2 = 1000 \text{ rpm}$

$P_m = 0,9 \text{ HP}$

Choque Moderado e motor DC

a) Potencia Requerida

$$P_r = P_m \cdot C_s$$

$P_m$  = Potencia do motor

$C_s$  = fator de serviço

$$P_r = 0,9 \cdot 1,3 \Rightarrow P_r = 1,17 \text{ HP}$$

b) Transmissão possível

Para 1 carreira  $\Rightarrow$  ASA 35,  $p=3/8''$ ,  $Z = 9$  dentes

c) Capacidade de Transmissão ( $P_n$ ):

Para 1 carreira, ASA 35,  $z_1 = 9$  dentes

$$P_n = P_{n_1} \cdot cc$$

$P_{n_1}$  = capacidade de transmissão por correia

$cc$  = fator de carreira,  $cc = 1$

$$P_n = 1,17 \cdot 1 \Rightarrow P_n = 1,17 \text{ HP} \Rightarrow \text{OK}$$

d) Transmissão Adotada

1 carreira, ASA35,  $p = 3/8''$   $Z_1 = 9$  dentes

e) Distância entre Centros

$$30 \cdot P \leq E \leq 50 \cdot P$$

$$\text{Adotamos: } E = 30 \cdot P$$

$$P = \frac{3}{8} \cdot 25,4 = 9,525 \text{ mm}$$

$$E = 30 \cdot P = 285 \text{ mm}$$

$$\text{Por motivos físicos: } E = 135$$

f) Comprimento da Corrente (L):

$$L = 2 \cdot E + [(Z_1 + Z_2)/2] + 0,0253 \cdot [(Z_2 - Z_1)^2/E]$$

$$F = (Z_2/Z_1) = (N_1/N_2) \Rightarrow 33/9 = 3,66$$

$$Z_2 = 33 \text{ dentes}$$

$$L = 291 \text{ mm}$$

g) Momento Torçor (Mt)

$$Mt_1 = (Pr \cdot 7162000/n_1) \Rightarrow Mt_1 = (1,17 \cdot 716200)/3100 \Rightarrow 270,307 \text{ Kgf} \cdot \text{mm}$$

h) Fator de Segurança

$$F_s = F_r/F_t$$

$F_r$  = Força resistência à tração

$F_t$  = Força Tangencial

$$F_r = 875 \text{ Lbf}$$

$$F_t = 2 \cdot Mt/D_p$$

$D_p$  = diâmetro primitivo

$$D_p = \text{Passo}/(\sin(180/n))$$

$f_i$  = ângulo de articulação

$$f_i = 360^\circ/z_1 \Rightarrow f_i = 360^\circ/9 = 40,00^\circ$$

$$Dp1 = 9,525/(\sin(180/9)) \Rightarrow 27,85 \text{ mm}$$

$$Dp2 = 9,525/(\sin(180/33)) \Rightarrow 100,20 \text{ mm}$$

$$De1 = Dp1 + H \Rightarrow De1 = 27,85 + 8,89 = De1 = 36,74 \text{ mm}$$

$$De2 = Dp2 + H \Rightarrow De2 = 100,20 + 8,89 = De2 = 109,9 \text{ mm}$$

$$Ft = (2 * 67143,75 \text{ Kgf*mm})/45,81 \Rightarrow Ft = 2931,40 \text{ Kgf}$$

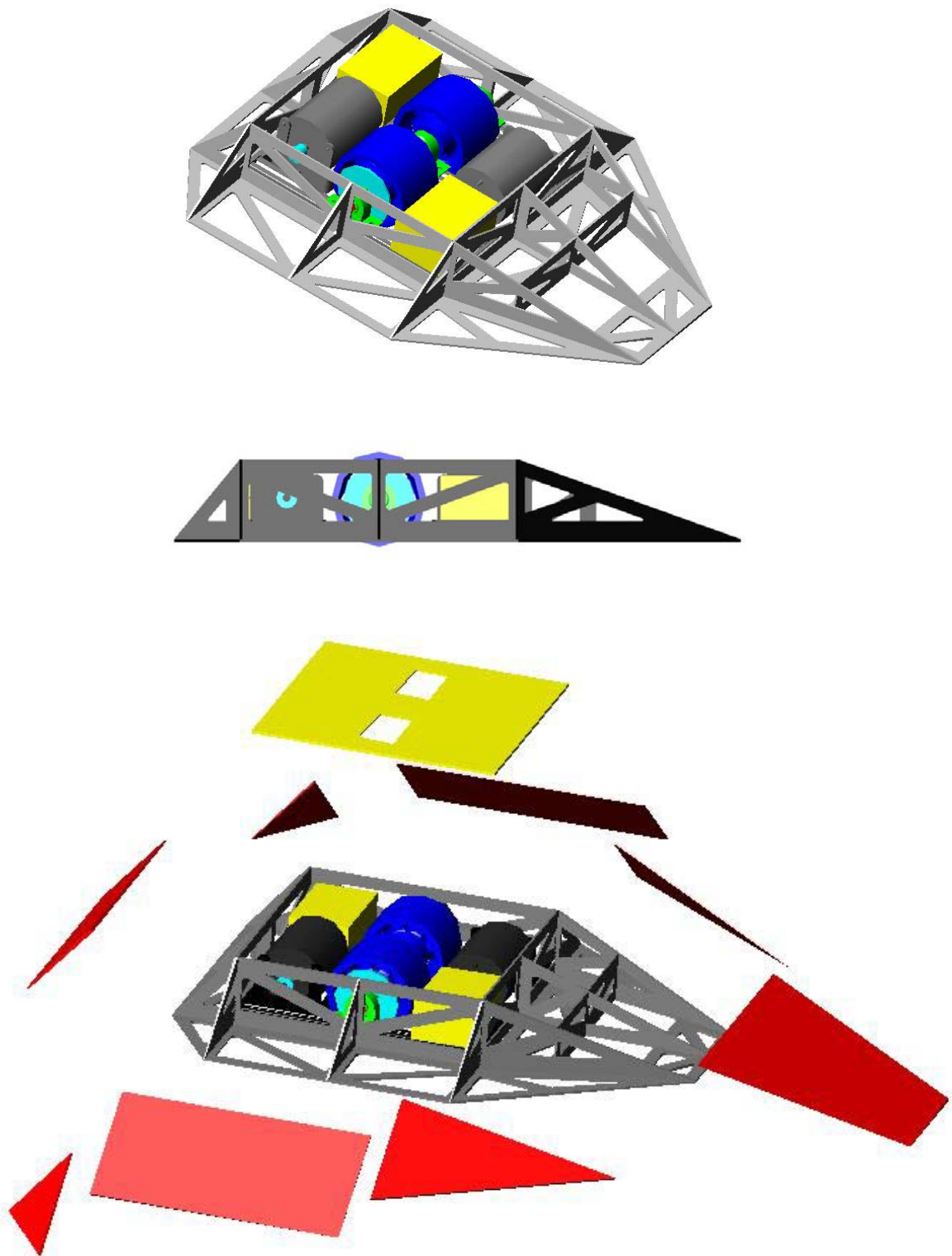
$$Fr = 2100/2,205 \Rightarrow Fr = 952,4 \text{ Kgf}$$

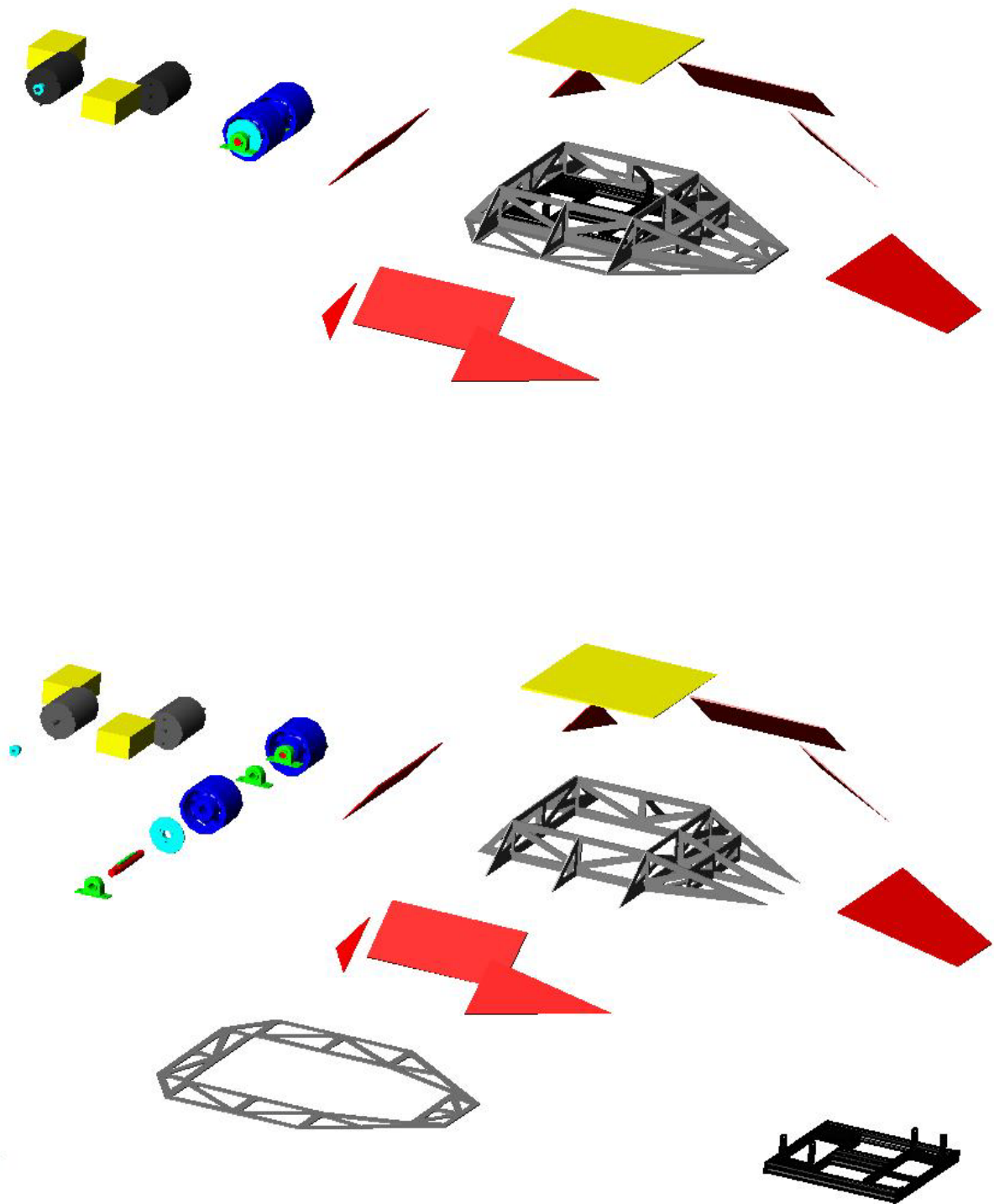
$$Fs = 2931,4/952,4 = Fs = 3,08$$

J) Velocidade da Corrente

$$V1 = (\pi * Dp * N1)/1000 \Rightarrow V1 = 575,66 \text{ m/min}$$

### ***D – Desenhos do projeto Dragster***





## E – Desenhos de divulgação



## ***F – Últimas palavras***

Gostaríamos de agradecer especialmente a você, Leitor.

Muito obrigado por prestigiar nosso trabalho e valorizar nossos projetos. Esperamos que este material tenha sido útil e que possa aumentar sua bagagem cultural e tecnológica.

Também gostaríamos de salientar que este material é propriedade intelectual da Equipe **Uai!rrrior**, e que a cópia, reprodução ou distribuição do mesmo é proibida sem uma prévia autorização.

Caso este Build Report seja utilizado como base de algum trabalho escrito, pesquisa, relatório, livro etc, queiram por gentileza citar a fonte, ficaremos muito gratos.

Por fim, gostaríamos de lembrar que não nos responsabilizamos por nenhum projeto ou robô que venha a usar as mesmas idéias ou componentes contidas neste projeto. Este Build Report deve servir apenas como base ou estudo para se iniciar algum trabalho na área.

Atenciosamente,

**Equipe Uai!rrrior**

[www.uairrior.unifei.edu.br](http://www.uairrior.unifei.edu.br)