



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ



BUILD REPORT:

CRÁPULA

(2005)



EQUIPE UAI!RRIOR DE ROBÓTICA
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!rrrior 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	4º Ano de Eng. de Controle e Automação.	Capitão da Equipe e Chefe da Mecânica
Mateus Engelbrecht Zacharias	3º Ano de Eng. Elétrica.	Chefe da Eletrônica
Marcelo Augusto Costa Motta	4º Ano de Eng. Mecânica.	Mecânica
Vinicius Yuri Ito Castro	4º Ano de Eng. Elétrica.	Mecânica
Thiago Sigiliano Lopes	3º Ano de Eng. de Controle e Automação.	Mecânica
Estevão Borges Rocha Pereira	2º Ano de Eng. de Controle e Automação.	Mecânica
Felipe Dias Cagnani	2º Ano de Eng. Mecânica.	Mecânica
Leandro Faleiros	1º Ano de Eng. de Controle e Automação.	Mecânica
Rafael Perez Pagan	1º Ano de Eng. de Controle e Automação.	Mecânica
Luiz Filipe P. Abrahão	2º Ano de Eng. de Computação.	Web e Gestão
Erivaldo Simões Junior	3º Ano de Eng. Elétrica.	Eletrônica
Samuel F. R. S. Miranda	2º Ano de Eng. de Computação.	Eletrônica
Renato C. Aparecido	3º Ano de Eng. Elétrica.	Eletrônica
Marcelo C. Nascimento	1º 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!rrrior**, deixamos aqui nosso muito obrigado.

Sumário

RESUMO DO PROJETO.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	4
2. SISTEMA ESTRUTURAL E PROTEÇÃO.....	6
2.1 ESTRUTURA	6
2.2 PROTEÇÃO.....	6
3. SISTEMA DE LOCOMOÇÃO.....	7
3.1 MOTORES.....	7
3.2 CAIXA DE REDUÇÃO	8
3.3 RODAS E CONEXÕES	8
4. SISTEMA DE ARMAS.....	12
5. SISTEMA ELÉTRICO E ELETRÔNICO	20
5.1 O RECEPTOR E O SERVO PULSO	20
5.2 BATERIA	21
5.3 PLACA DE CONTROLE.....	21
5.3.1 - Fluxogramas do Programa do Microcontrolador.....	21
5.3.2 - Medição dos Canais 1 e 2 e Processamento Servo Pulso – PWM.....	23
5.3.3 - A Transformação Servo Pulso – PWM.....	25
5.3.4 - O Sinal PWM.....	30
5.3.5 – Hardware.....	31
5.4 PLACA DE POTÊNCIA	35
5.5 PLACA PARA DESLIGAR MOTO DA ARMA	41
5.5.1 Descrição	42
5.5.2 Esquemático e Layout	42
5.5.3 Lista de Componentes	43
6. CALCULO DO PESO.....	44
ANEXO	45
A – CURVA DE TORQUE DO MOTOR GPD	45
B – DESENHOS DO PROJETO CRÁPULA	46
C – DESENHOS DE DIVULGAÇÃO.....	47
D – ÚLTIMAS PALAVRAS	48

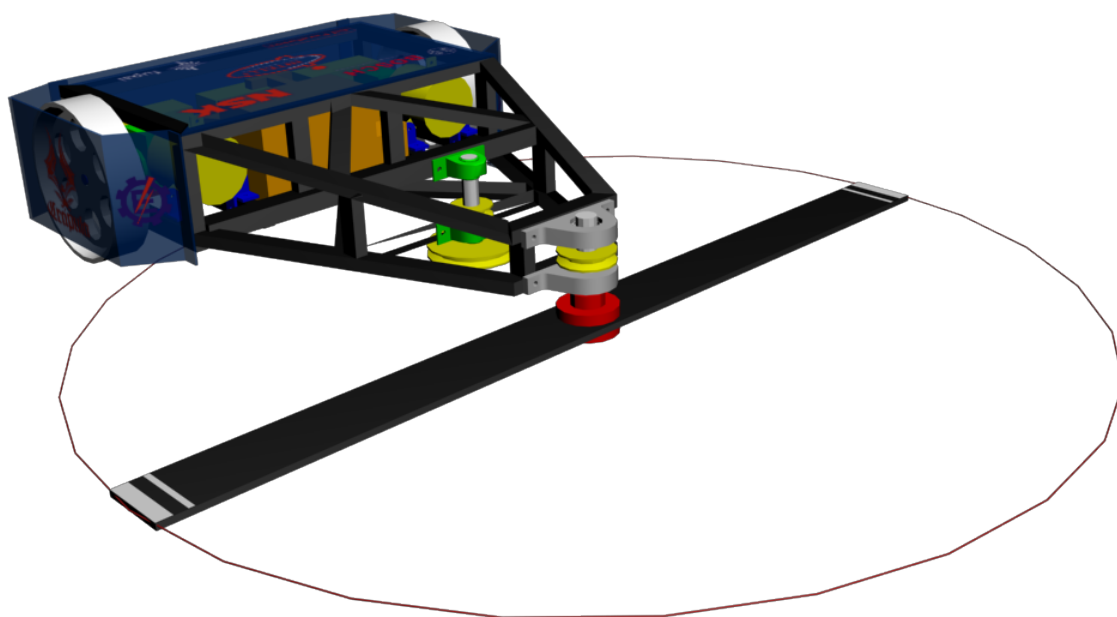
Resumo do Projeto

Neste documento encontra-se o projeto do robô "Crápula", robô este que competiu no 5º ENECA, Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia de Controle e Automação, evento 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 Crápula, e assim que este robô será tratado ao longo deste, é um veículo radio controlado com tração em duas rodas. Ele possui uma poderosa arma que consiste em uma barra giratória posicionada horizontalmente no assoalho do robô. Após várias experiências obtidas com este tipo de arma, não houve dúvidas sobre a sua eficácia. Por isso, foi um dos robôs mais prestigiado e ao mesmo tempo, temido pelas equipes adversárias no ENECA, na competição de Guerra de Robôs.

Observando seu formato nas imagens abaixo, pode-se compreender o objetivo do Crápula, ou seja, obter um longo alcance de ataque e proteger-se praticamente na parte traseira, onde se encontram todos os componentes vitais para o seu funcionamento.



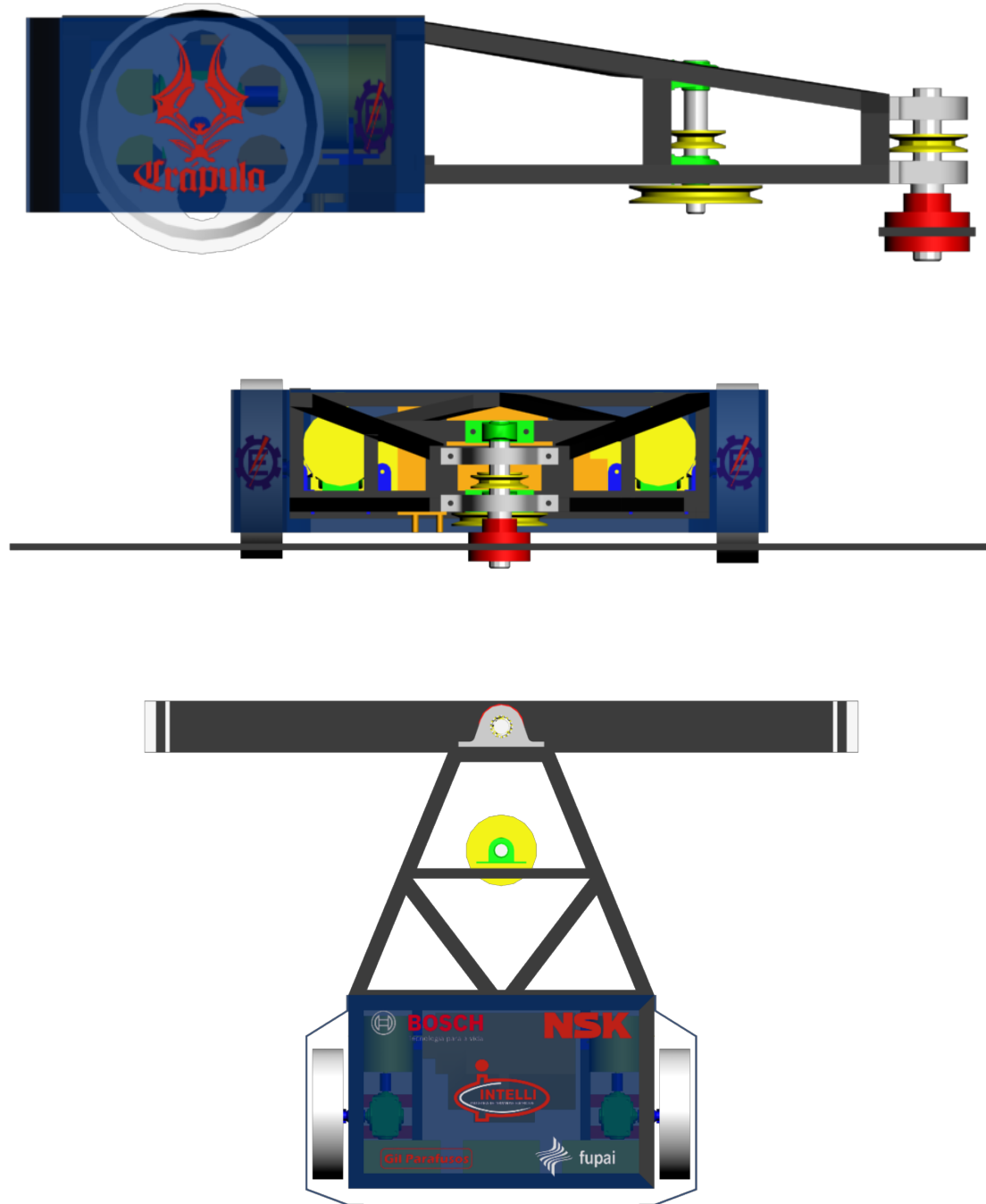
Ao decorrer deste relatório será detalhado e explicado todo o funcionamento do Crápula, dividido basicamente entre Sistema de Locomoção, Sistema de Arma, Estrutura e Proteção.

Apesar de o Crápula ter sofrido alguns pequenos erros, compreende-se que foi e continuará sendo um dos melhores e principais projetos da Equipe Uai!rrior, o qual será com certeza utilizado, a partir de algumas pequenas modificações, no VI ENECA, e será sem dúvidas um grande destaque na competição.

Crapula		Unid
Peso medido	54,9	Kg
Comprimento s/ arma	945	mm
Comprimento c/ arma	1641	mm
Largura	768	mm
Altura	254	mm
Velocidade max.	9,2	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 e Proteção

2.1 Estrutura

Grande parte do sucesso do Crápula é devido a sua estrutura, ela é responsável, junto com a sua carenagem, por suportar todos os impactos provenientes do combate, além disso, é onde todos os componentes do robô são fixados. Portanto, foi de suma importância que sua estrutura seja a mais rígida, forte possível.

Devido as regras da competição e a experiência da equipe, a decisão do material utilizado levou em conta também a facilidade de manuseio e sua massa.

O material utilizado no Crápula, após várias discussões foram os tubos de aço ABNT – 1020 com dimensão 30x20 mm, adquirido através da empresa MinasFer em Itajubá.

Características do material

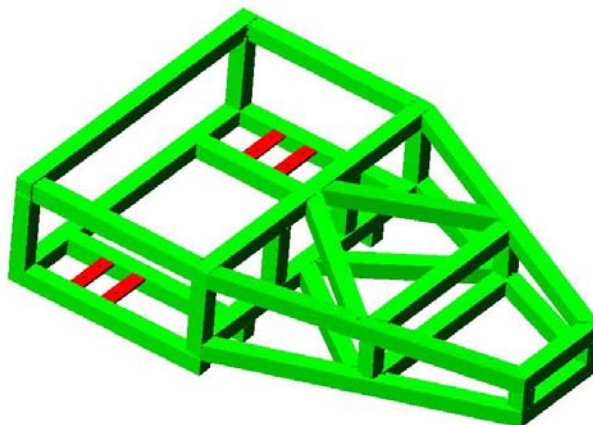
Composição do material:	Aço ABNT – 1020
Densidade:	7600 kg/m ³
Densidade Linear:	1,07 kg/m
Dimensão:	30x20 mm
Espessura de parede:	1,5 mm

30x20



Os tubos comprados foram cortados nos tamanhos necessários e soldados até formarem a estrutura final. Foram também executados vários furos e alguns pequenos ajustes para o encaixe dos componentes.

Ao final, obteve-se uma estrutura ótima para nossa aplicação, que não fugiu do projeto original, fortalecida pelo material e pelo formato, como mostra a figura a seguir.



2.2 Proteção

Para proteção do Crápula foi utilizada uma carenagem de policarbonato compacto de 4 mm de espessura, por ser um material leve e bastante resistente ao impacto. Levando em consideração o formato do robô, foi decidido que a carenagem de policarbonato cobriria apenas as partes vitais do robô, deixando exposta toda a parte frontal. Pois ela foi considerada inacessível aos robôs adversários, já que a arma obtém todo o seu alcance.

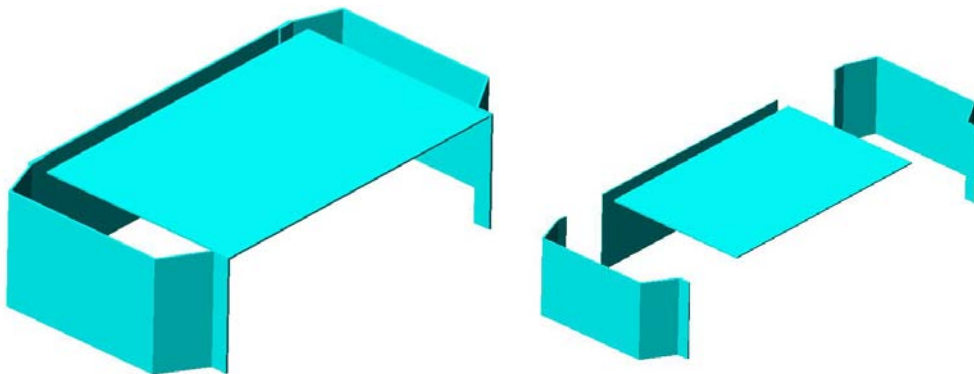
O Policarbonato compacto de 4 mm de espessura pode ser adquirido através da empresa *DayBrasil* e possui as características a seguir.

Características do material

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

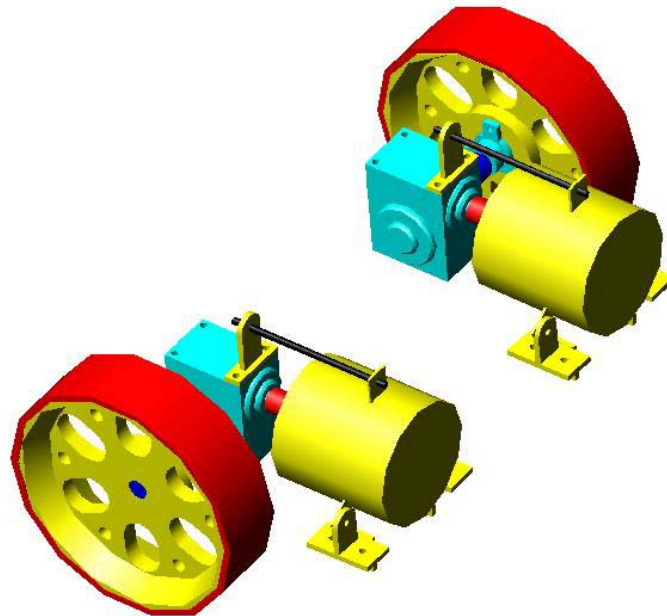
Para formar a carenagem do robô no formato correto, o policarbonato foi primeiramente cortado e dobrado com o auxílio de uma resistência elétrica que facilitava a sua dobra no local desejado.

Só então a carenagem foi presa na estrutura, utilizando-se de elastômeros de borracha como fixadores, que servem como amortecedores de impacto melhorando ainda mais o sistema de proteção do Crápula.



3. Sistema de Locomoção

O sistema de locomoção do Crápula é composto por dois motores de corrente contínua, com potência de 300W, dois redutores de velocidade de rosca sem fim com redução de 1:15 e rodas de Nylon, além das conexões entre redutor e roda, motor e redutor e elementos de fixação do motor a estrutura.



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 motor utilizado é o GPD – F 006 KM0 62H da empresa Bosch, a curva de torque está em anexo, apesar de ser mais pesado do que o motor mais utilizado na guerra de robôs, o GPB, ele é utilizado, pois apresenta melhor capacidade de fornecimento de torque, o que é uma condição fundamental para o caso em que o robô precisa empurrar ou puxar o adversário.

GPD – F 006 KM0 62H

Código Bosch	Vn Volts	Pn Watts	Nn Rpm	In Amp.	Mn Nxcmm	Ma Nxcmm	S ciclo	Ip Prot	Peso kg
F 006 KM0 62H	12	300,0	2800	33,0	100	855	S1	IP03	2,670

GPB - F 006 KM1 680

Código Bosch	Vn Volts	Pn Watts	Nn Rpm	In Amp.	Mn Nxcn	Ma Nxcn	S ciclo	Ip Prot	Peso kg
F 006 KM1 680	12	245,0	3115	28,5	75	380	S1	IP03	1,300

3.2 Caixa de Redução

O redutor utilizado é o R0 da empresa *Macopena*, ele é construído em carcaça de alumínio e apresenta baixo peso. Como pode-se perceber na tabela abaixo, ele está sub-dimensionado para a carga, mas como vem sendo utilizado a 3 anos pela equipe e a tabela abaixo apresenta os valores para uma carga contínua e prolongada ele foi utilizado novamente para o Vingador, pois o redutor do mesmo fabricante que atenderia a carga seria o R2 que apresenta peso muito superior ao utilizado.

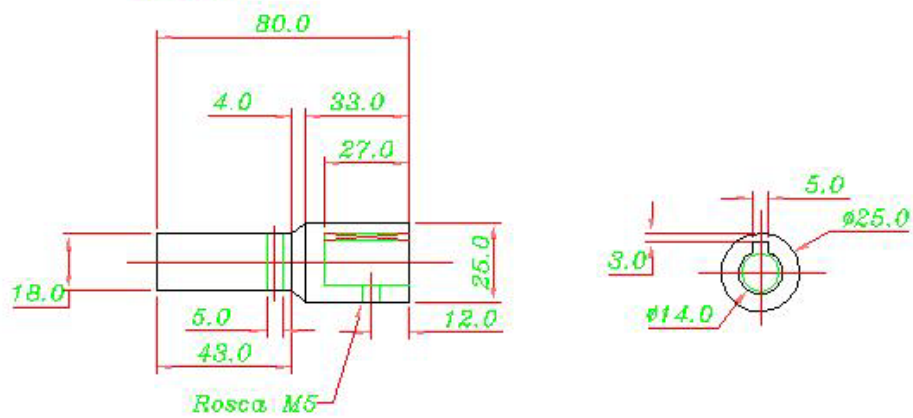
REDUTORES DE VELOCIDADE A ROSCA SEM FIM**CAPACIDADES A 1750 RPM NA ENTRADA**

R0	REDUÇÃO EFETIVA	6,66	10,50	15,00	18,50	24,00	30,00	38,00	48,00	60,00	
	POTÊNCIA ENTRADA (CV)	0,41	0,35	0,33	0,27	0,25	0,20	0,18	0,16	0,12	
	POTÊNCIA SAÍDA (CV)	0,33	0,26	0,23	0,17	0,14	0,11	0,08	0,07	0,05	
	MOM. TORÇÃO SAÍDA (kgfm)	0,90	1,18	1,41	1,29	1,42	1,30	1,29	1,35	1,23	
	CARGA RADIAL SAÍDA (kgf)	110	100	100	100	110	110	100	100	100	

3.3 Rodas e Conexões

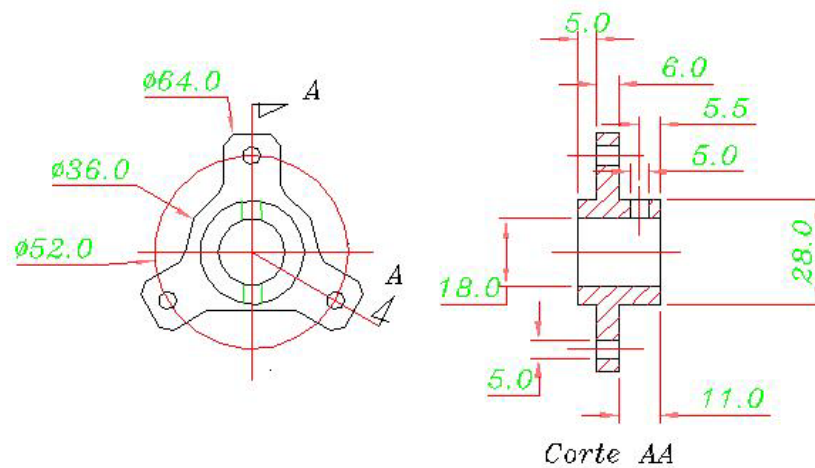
A roda utilizada apresenta diâmetro de 250 mm, sendo feita de Nylon e uma camada de 6 mm de borracha. A mesma utilizada no projeto THOR da Equipe Uai!rrior. O que proporcionaria ao robô trafegar inversamente, já que a roda sobressai a carenagem do robô tanto na parte superior quanto na inferior.

Eixo



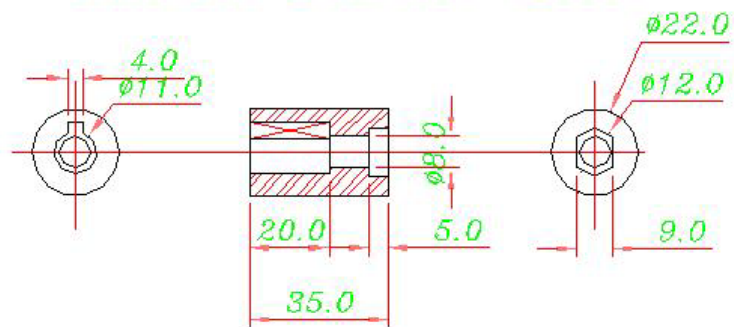
Material: Aço ABNT – 1020

Cubo



Material: Aço ABNT – 1020

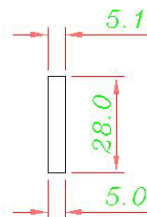
Conexão Redutor Motor



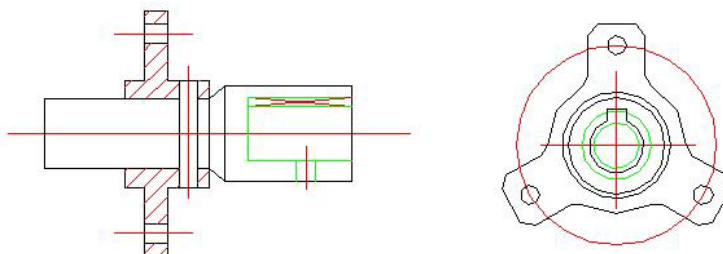
Chaveta

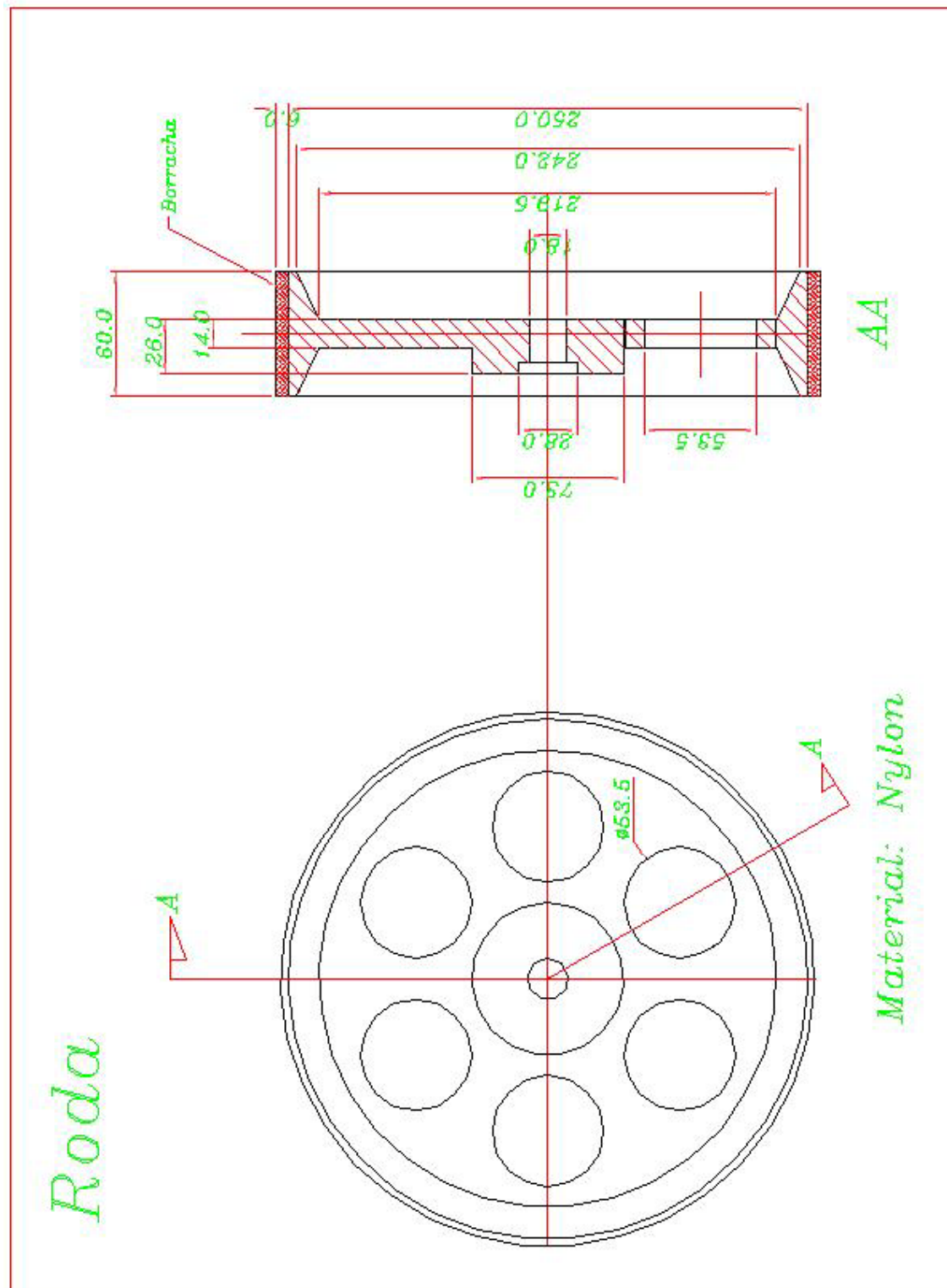


Pino



Montagem





4. Sistema de Armas

A arma do Crápula consiste em uma barra giratória posicionada de forma horizontal no assoalho do robô. O principal objetivo deste sistema, é criar um ataque muito potente, que gere danos principalmente na parte de locomoção do robô adversário, imobilizando-o logo no primeiro golpe. Para isso, é necessária uma barra longa e resistente, que rotacione a uma velocidade angular alta, em torno de 3000 rpm.

Para tanto, foi utilizado o motor da Motosserra MS-380 da marca STIHL devido a familiarização que a equipe Uai!rrior possui com a mesma e também devido ao seu alto desempenho e relação peso-potência, essencial à competição.

Dados Técnicos da Motosserra MS-380

Potência	3,9 kW (5,3 DIN-PS)
Tanque de Óleo	0,36 litros
Rotação Máxima	12.500 rpm
Cilindrada	72,2 cm ³
Rotação Lenta	2.500 Rpm
Relação Peso/Potência	1,7 kg/kw
Tanque de Combustível	0,68 litros
Diâmetro do Cilindro	52 mm
Curso do Pistão	34 mm

Como este motor apresenta uma velocidade muito alta e conseqüentemente baixo torque, foi necessário um sistema de redução entre 1:4 e 1:5, dependendo das correias encontradas no mercado, fazendo com que a barra gire a uma rotação entre 3125 rpm e 2500 rpm.

Para isso, a redução foi feita em dois estágios, o primeiro sai de uma polia de 45 mm de diâmetro externo e chegava a outro de 140 mm, formando um estagio de redução de 1x3,11. O segundo parte de uma polia de 65 mm para uma outra de 85 mm, formando um estagio de redução de 1x1,39, resultando numa redução de 1x4,35.

Toda a transmissão entre motor, redução e armas foi feita por correias em perfil “V” e polias de aço e alumínio Seus eixos foram usinados em aço ABNT 1045 e todos chavetados.

O material utilizado para barra giratória foi o aço mola, utilizada em feixes de molas de caminhões, já que seu formato proporciona relativa facilidade para sua construção além de que possui grande capacidade de absorver impactos.

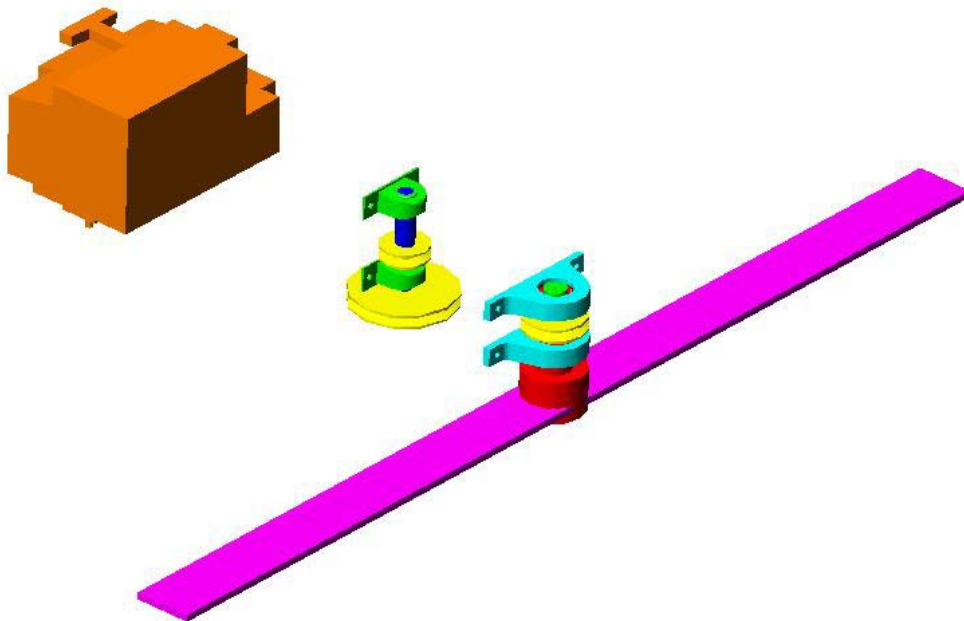
A barra, modificada para aplicação em questão, possui 1,4 m de comprimento, 80 mm de largura e uma espessura de 11 mm, com uma massa de 13 Kg. Uma barra dessa magnitude ao ser rotacionada a 3000 RPM apresenta um acúmulo de energia cinética surpreendente, portanto para evitar que esta energia fosse transmitida para a nossa estrutura quando a barra se chocava contra o

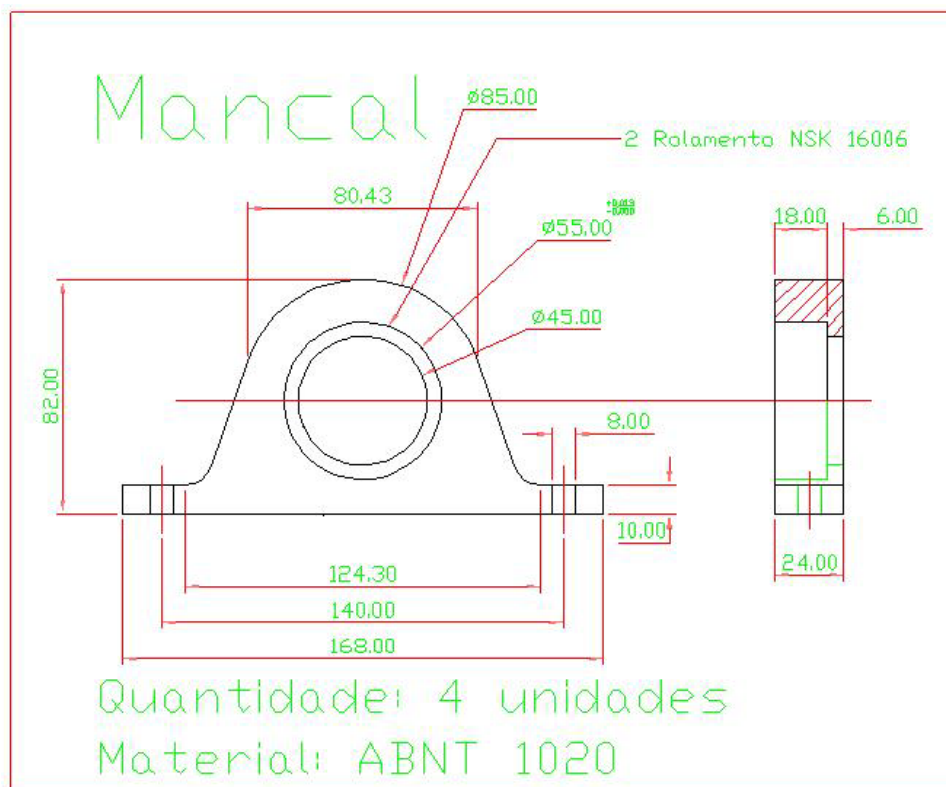
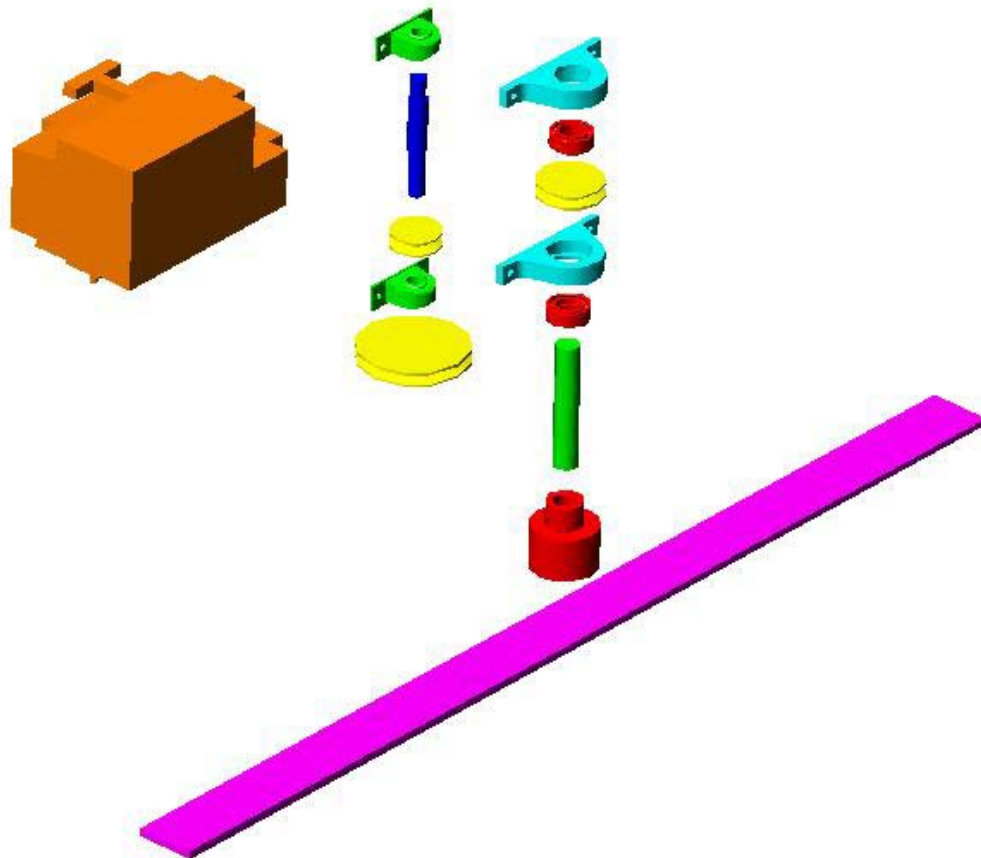
oponente foi especificado e adquirido um componente demoninado de Limitador de Torque. Este dispositivo consiste em um conjunto de discos de embreagens que são posicionados em contato com a hélice, sendo que apresenta um dispositivo de aperto entre os discos e a hélice. Quando o sistema sofre um pancada a qual gera um torque de reação maior que o regulado pelo aperto colocado, a hélice patina nos disco de embreagem limitando o torque de reação. Este dispositivo é um dos mais importantes componentes do sistema de armas, pois sem ele teríamos que especificar uma estrutura que suportasse o impacto da arma, o que ocasionaria mais peso e, portanto uma limitação de arma ou de estrutura.

O Limitador especificado foi o modelo DSF 0.280 da empresa Arten Freios e Embreagens, tendo o torque maximo limitado de 300 N*m

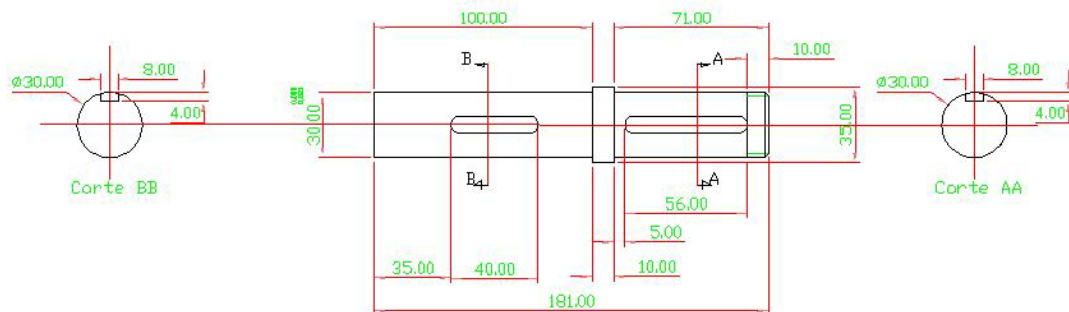
Outra evolução importante no sistema de armas foi a usinagem dos mancais principais, pois são eles que transmitem o choque da hélice para a estrutura sendo, se mal dimensionado, o primeiro a romper. Eles foram usinados no centro de usinagem CNC da Oficina Mecânica da universidade, sendo construídos de Aço ASI 1020 e rolamentados utilizando o rolamento da empresa NSK 16006. Já para os mancais da redução intermediaria, foi utilizado o modelo UBPP 204 da empresa NSK.

Segue a baixo todos os desenhos do sistema de armas.





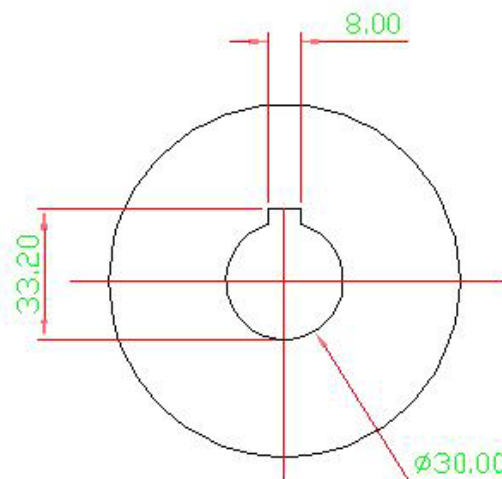
Eixo da Arma

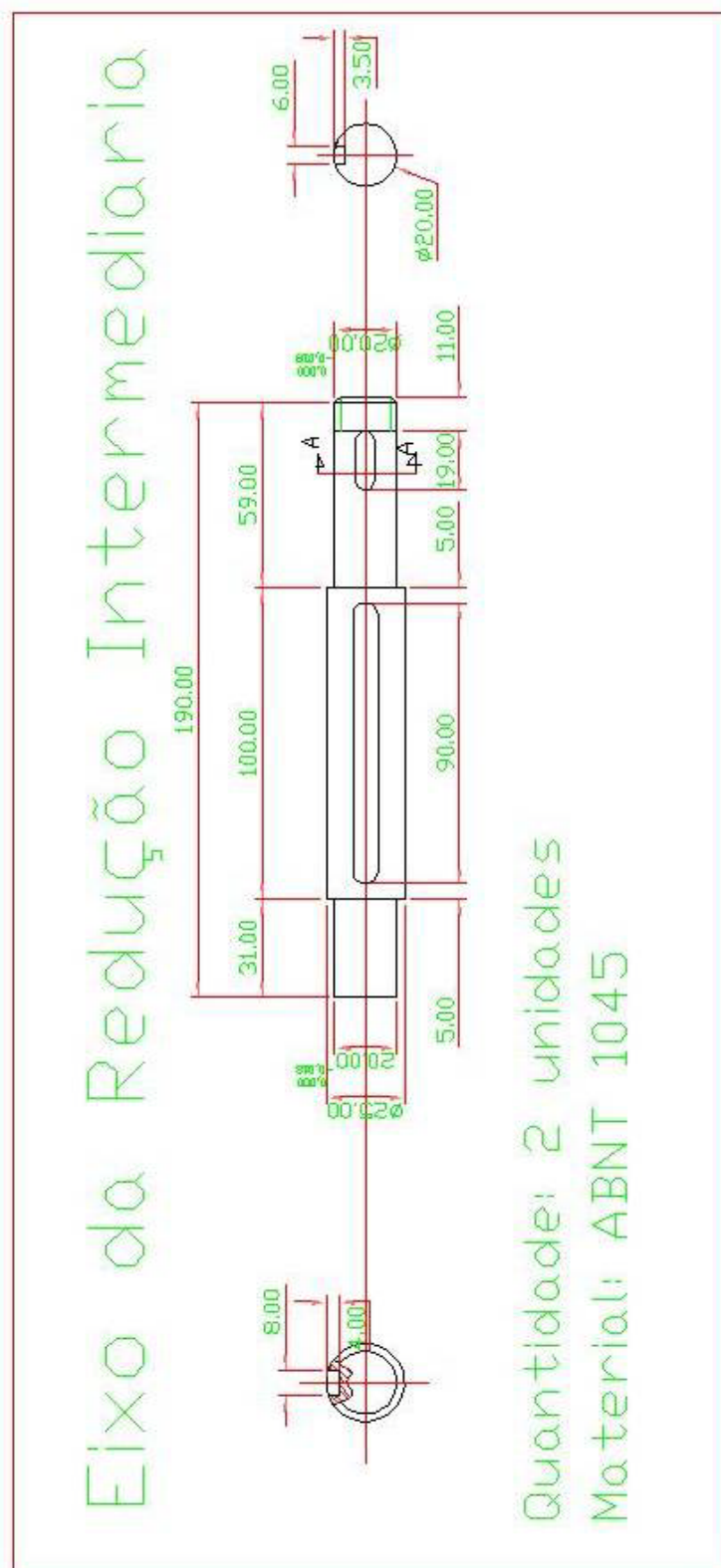


Quantidade: 2 unidades

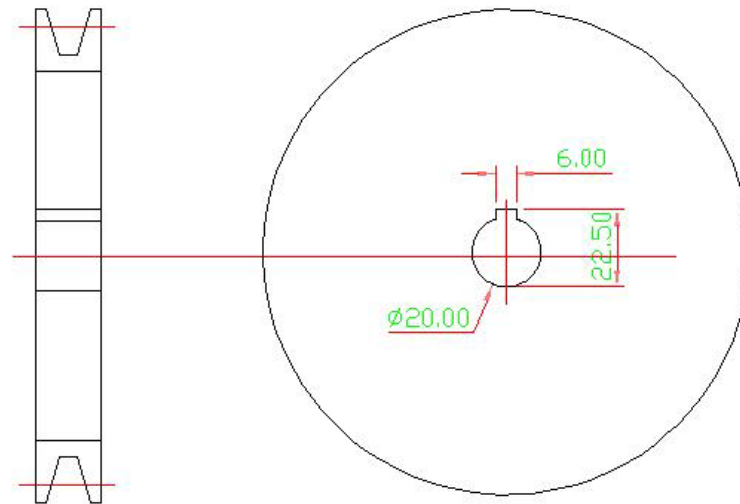
Material: ABNT 1045

Usinagem para Limitador de Torque

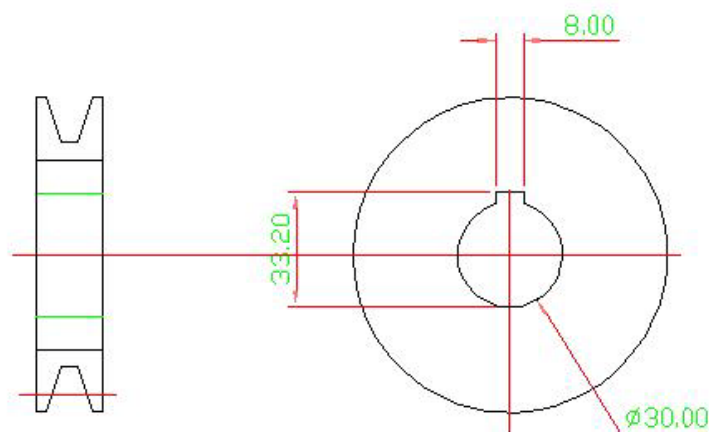




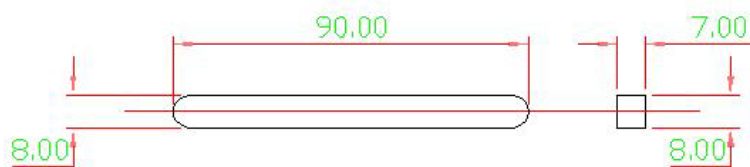
Usinagem para Polia 1



Usinagem para Polia 2



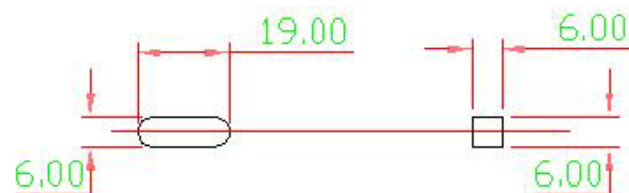
chaveta 1



Quantidade: 2 unidades

Material: ABNT 1045

chaveta 2



Quantidade: 2 unidades

Material: ABNT 1045

chaveta 3



Quantidade: 2 unidades

Material: ABNT 1045

chaveta 4



Quantidade: 2 unidades

Material: ABNT 1045

5. Sistema Elétrico e Eletrônico

O sistema eletrônico básico do Crápula é composto por:

- Transmissor e receptor futaba;
- Bateria 12V;
- Placa de controle;
- Placa de potência.
- Servo motor para controle de aceleração da moto-serra;
- Placa e acionamento de relé para desligar a moto-serra.

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).

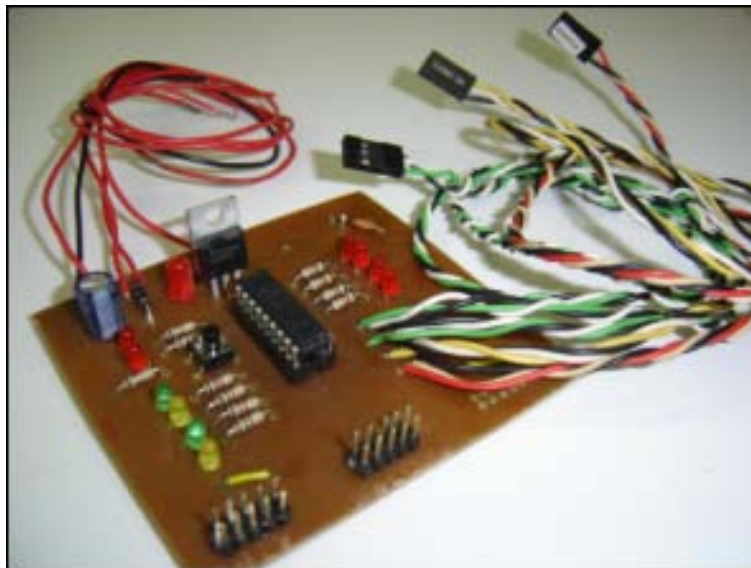
5.2 Bateria

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. 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

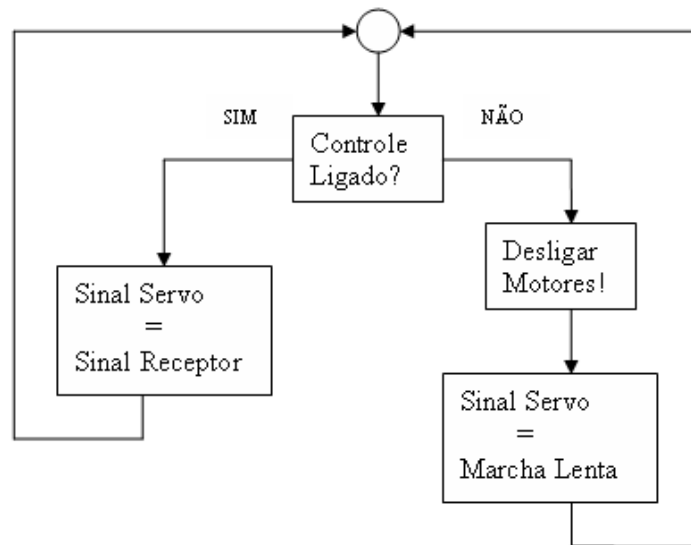
Os robôs são controlados através de um controle remoto (rádio frequência - o mesmo usado em aeromodelismo), que transmite os comandos realizados para um receptor. Para capturar e decodificar os sinais recebidos foi desenvolvida a placa de controle.

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 a um servo motor localizado na parte externa do motor à combustão usado para a arma. Este servo é o responsável por pressionar o botão que aciona e controla a velocidade do motor da arma. Assim, quando o controle está ligado, o sinal que está na entrada do microcontrolador (Canal 3) é repassado diretamente para a saída (o sinal do receptor, com pulsos retangulares com largura variável, é capaz de controlar o servo-motor).

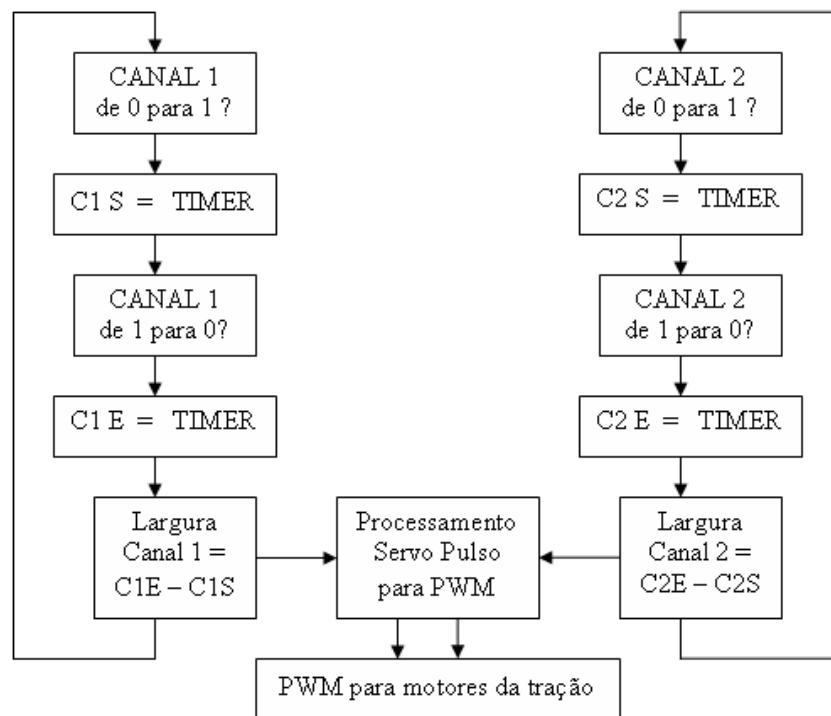
“Desligar Motores!”

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.

“Sinal Servo – Marcha Lenta”

Outra ação do microcontrolador ao perceber que houve a perda do sinal do rádio-controle é enviar ao servo que controla o motor da arma principal um sinal que o leva à posição de marcha lenta, fazendo com que o disco pare de girar em alguns segundos, por motivos de segurança. Caso o sinal se restabeleça, a arma poderá ser acelerada normalmente.

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).

“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).

“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.

“C2 S = 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).

“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.

“C2 E = 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:

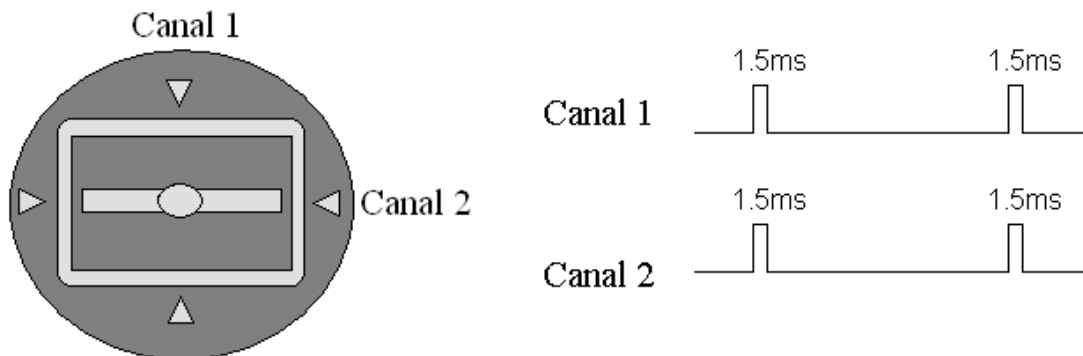
PWMD – PWM destinado ao motor direito

PWME – PWM destinado ao motor esquerdo

L1 – Largura do Canal 1, em milisegundos

L2 – Largura do Canal 2, em milisegundos

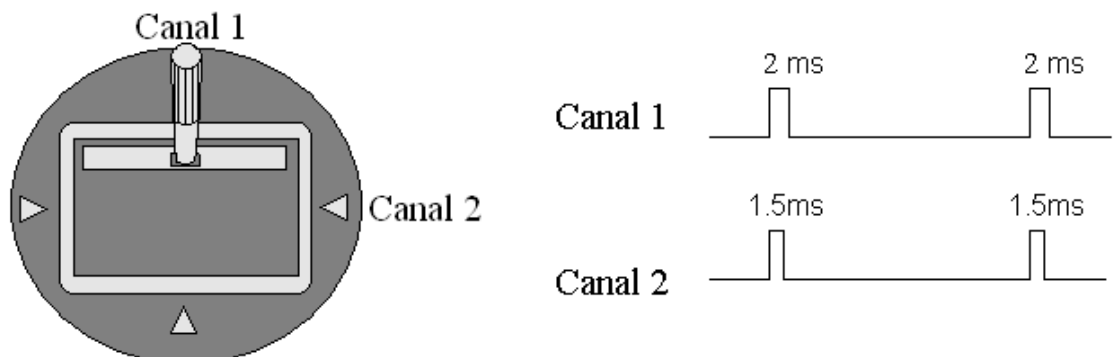
Logo abaixo estão alguns exemplos da utilização das fórmulas acima.



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.

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

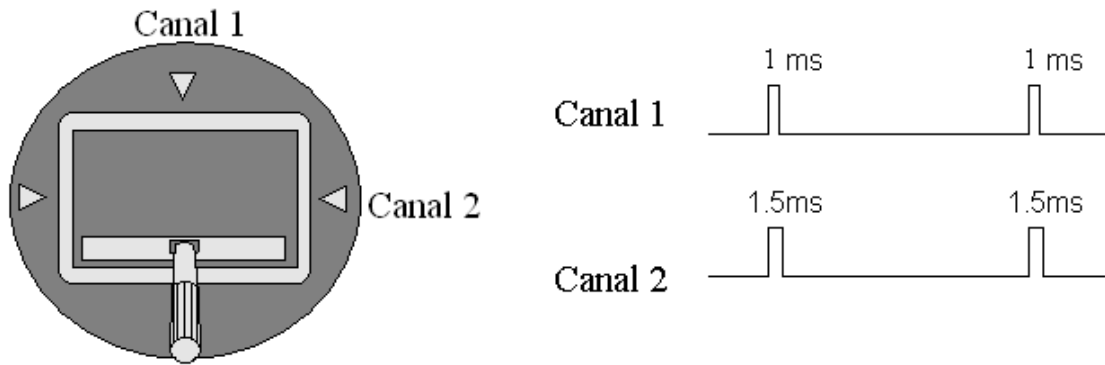
$$PWME = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (1.5 + 1.5 - 3) \times 200\% = 0 \%$$



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

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

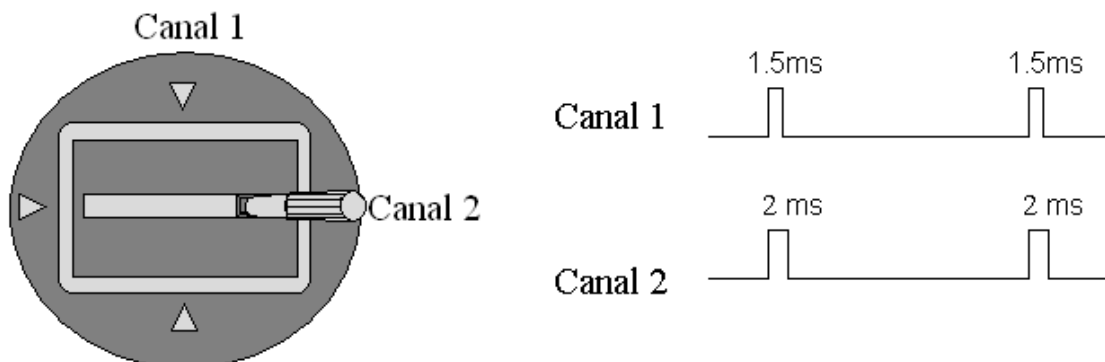
$$PWME = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (2 + 1.5 - 3) \times 200\% = 100 \%$$



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.

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

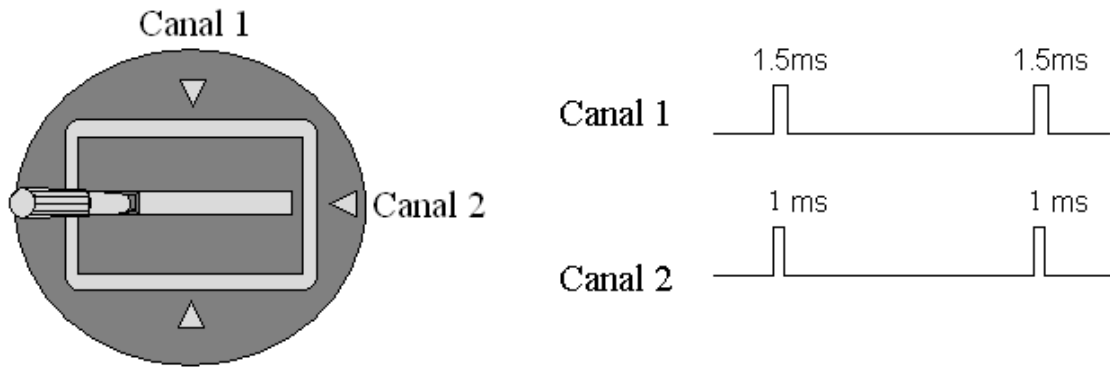
$$\text{PWME} = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (1 + 1.5 - 3) \times 200\% = -100 \%$$



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.

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

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

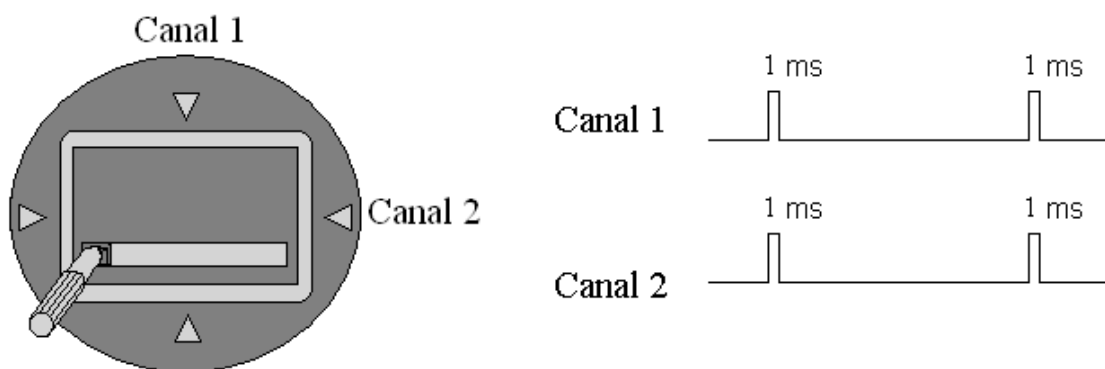


Nessa posição, o robô tem que girar em torno de seu próprio eixo para a esquerda. Portanto, o motor do lado esquerdo deve ser acionado para trás e o da direita deve ser acionado para frente, ambos com máximas velocidades.

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

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

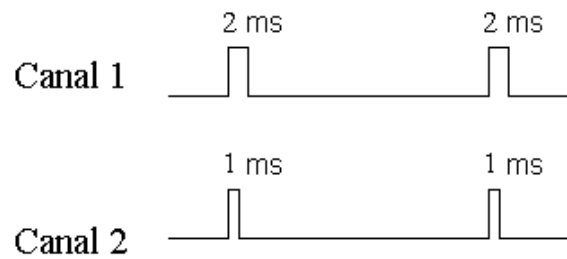
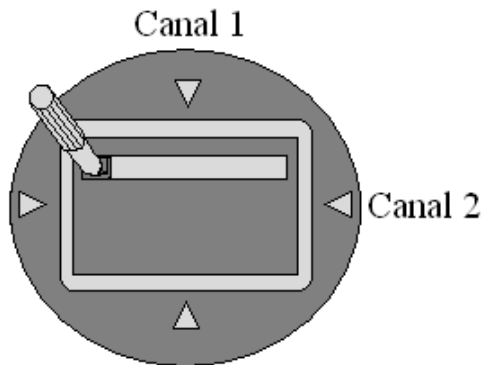
Quando o controlador vai para regiões transversais do controle, as intensidades dos PWMs podem alcançar valores maiores que 100% ou menores que -100%. Assim, quando o microcontrolador encontra valores maiores que 100%, ele considera como se fosse 100%. Analogamente, quando o microcontrolador encontra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

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

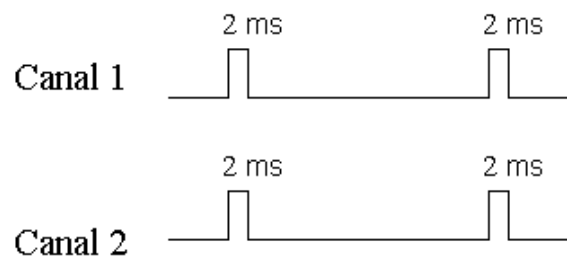
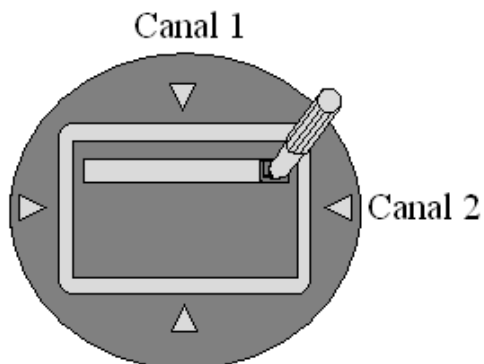
$$PWME = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (1 + 1 - 3) \times 200\% = -200 \% \rightarrow -100\%$$



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

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

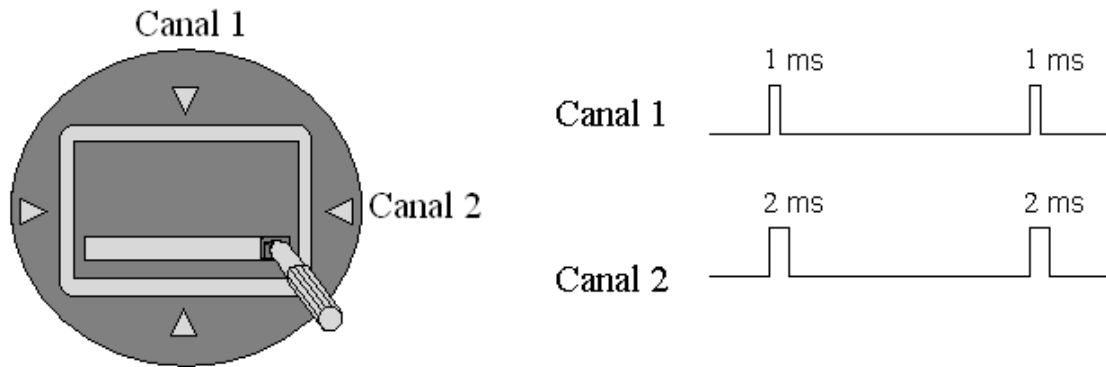
$$PWME = (L1 + L2 - 3) \times 200 \% = (2 + 1 - 3) \times 200\% = 0 \%$$



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.

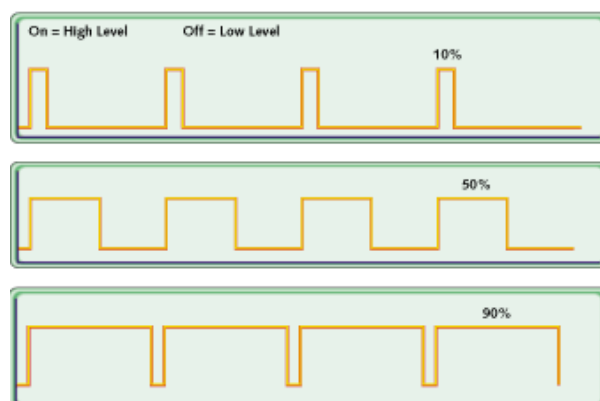
$$PWMD = (L1 - L2) \times 200 \% = (1 - 2) \times 200\% = -200 \% \rightarrow -100\%$$

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

5.3.4 - O Sinal PWM

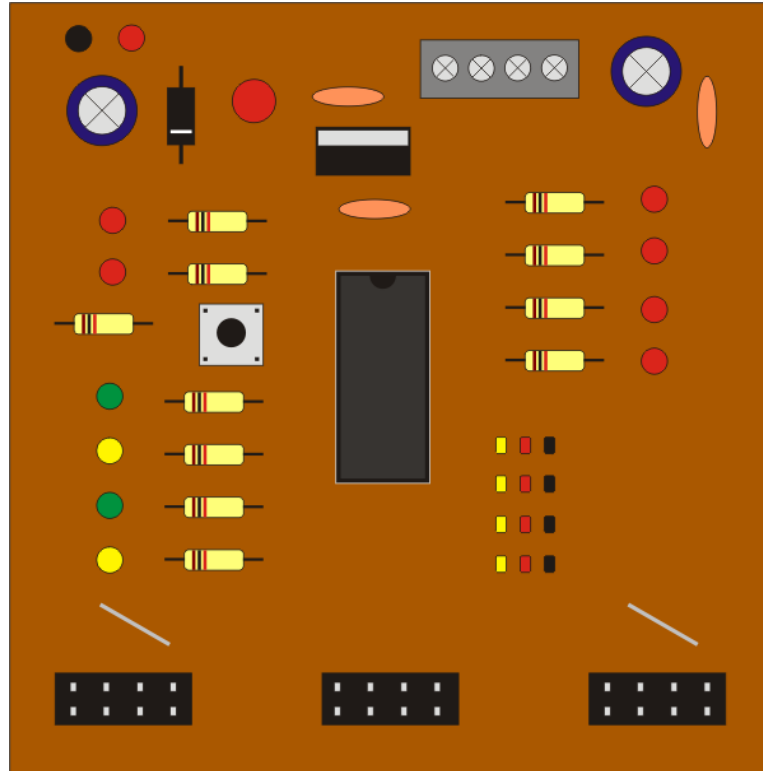
O PWM é um sinal retangular pulsado, com frequência definida, que possui seu ciclo de trabalho entre 0 e 100. O on-time é o tempo em que a fonte C.C. é aplicada à carga, e o off-time é o período em que essa fonte é desligada. Dado uma largura de faixa conveniente, qualquer valor analógico pode ser codificado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

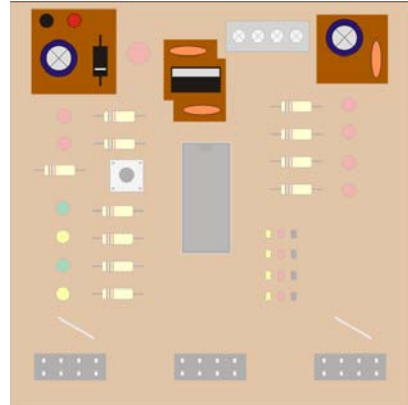
- Alimentação
- Microcontrolador
- Entrada dos sinais
- Saídas PWM
- Saída normal
- LEDs sinalizadores
- Botão de calibração

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.

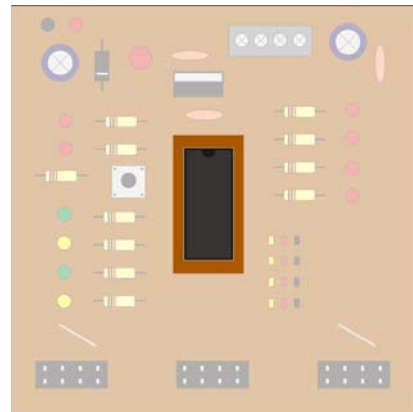
Capacitores foram utilizados para redução dos possíveis ruídos que pudessem atrapalhar no processamento dos sinais.

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



5.3.5.2 - Microcontrolador

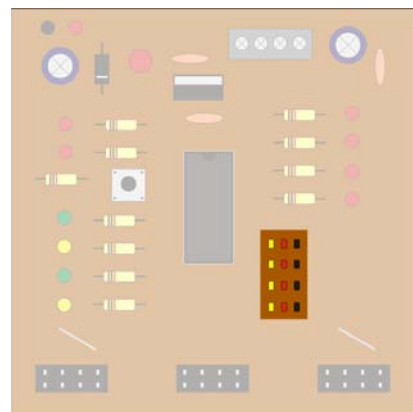
O microcontrolador é responsável pelo processamento dos sinais, transformando-os assim em sinais que serão utilizados nas saídas PWM e saídas lógicas, explicadas posteriormente.



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.

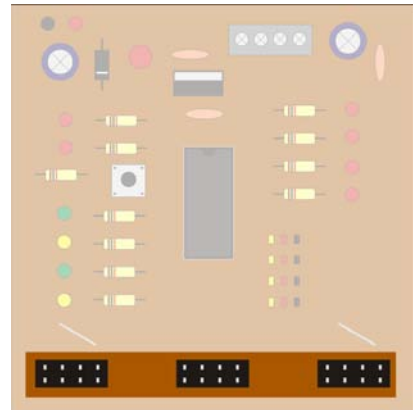
Podendo suportar até 4 canais, cada canal é composto por três fios. Dois são utilizados para alimentar o receptor (vermelho e preto), e um para receber o sinal (amarelo).



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.

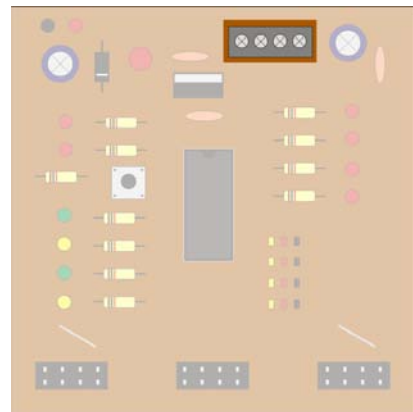
Cada pino tem sua função, podendo ser de alimentação (12v e GND) ou do sinal PWM propriamente dito.



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).



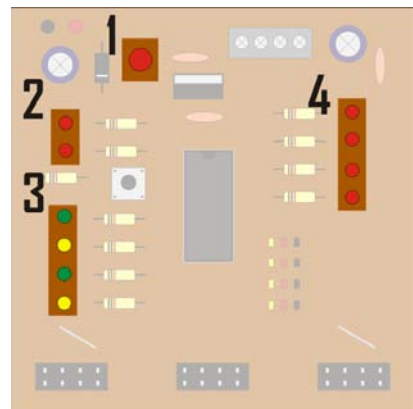
5.3.5.6 - LEDs sinalizadores

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



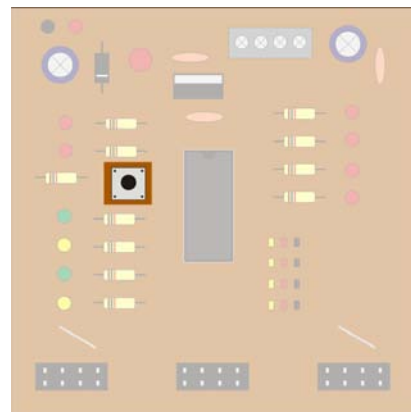
sentido de dois motores responsáveis pelo movimento do robô. Os verdes indicam que os motores estão girando em sentido normal (para frente) e os amarelos indicam que estão girando em sentido contrário (para trás). A tabela abaixo mostra como esses LEDs (escritos de cima para baixo) indicam o movimento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

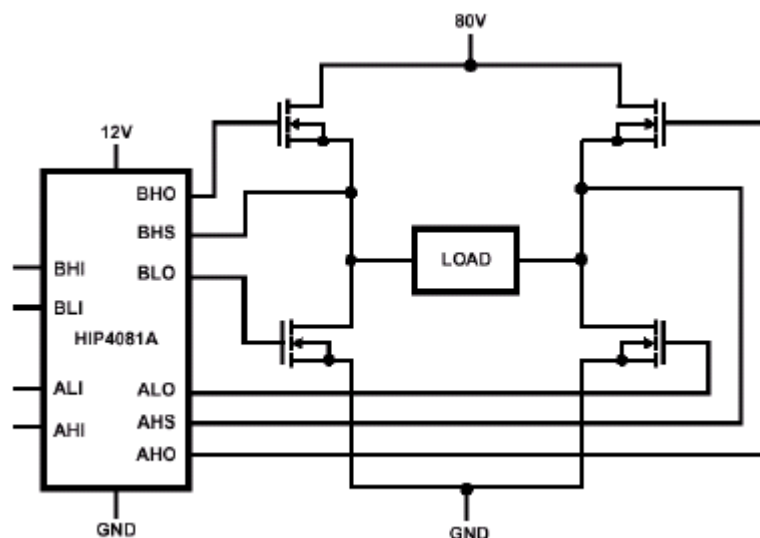


5.4 Placa de Potência

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 do 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 prover 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-through” que nada mais é do que um curto-circuito ocasionado pela presença de Mosfets ligados no mesmo lado da ponte.

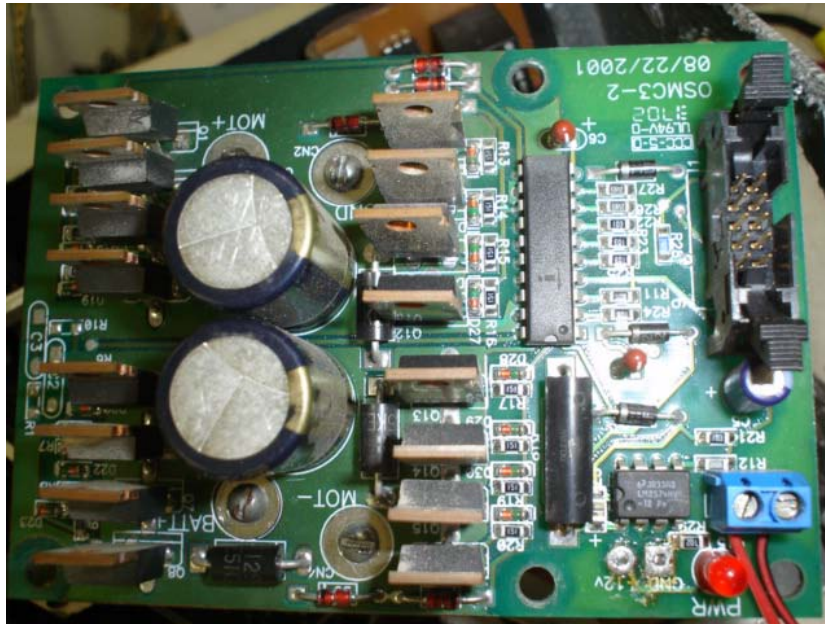
Se essa condição “shoot-through” ocorre em um intervalo mínimo de tempo, o Mosfet talvez não se danifique. Contudo, para prevenir o circuito contra esse tipo de ocorrência, o HIP4081 conta com proteções internas. Trata-se de uma lógica que desliga a parte superior da ponte sempre que a parte inferior 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.

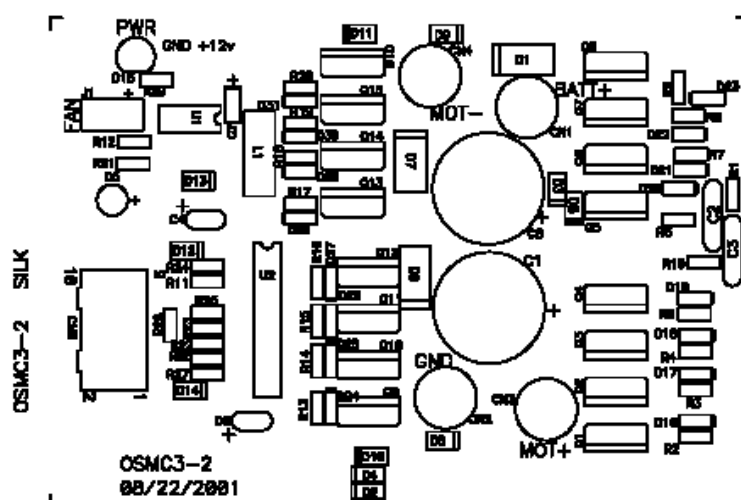
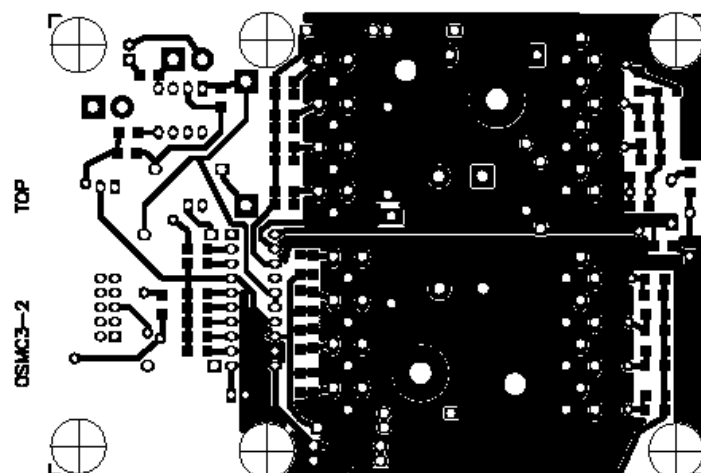
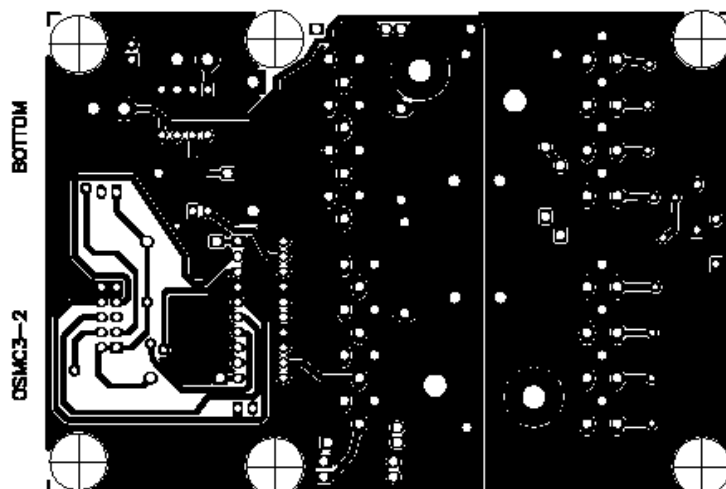
Os picos de tensão provenientes de carga indutivas tais como motores, ruídos de alta frequência de escovas e comutadores são problemas comuns para a eficácia do controle. O sistema emprega dispositivos chamados supressores de transientes de tensão (TVS); esses dispositivos são na verdade super diodos 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.

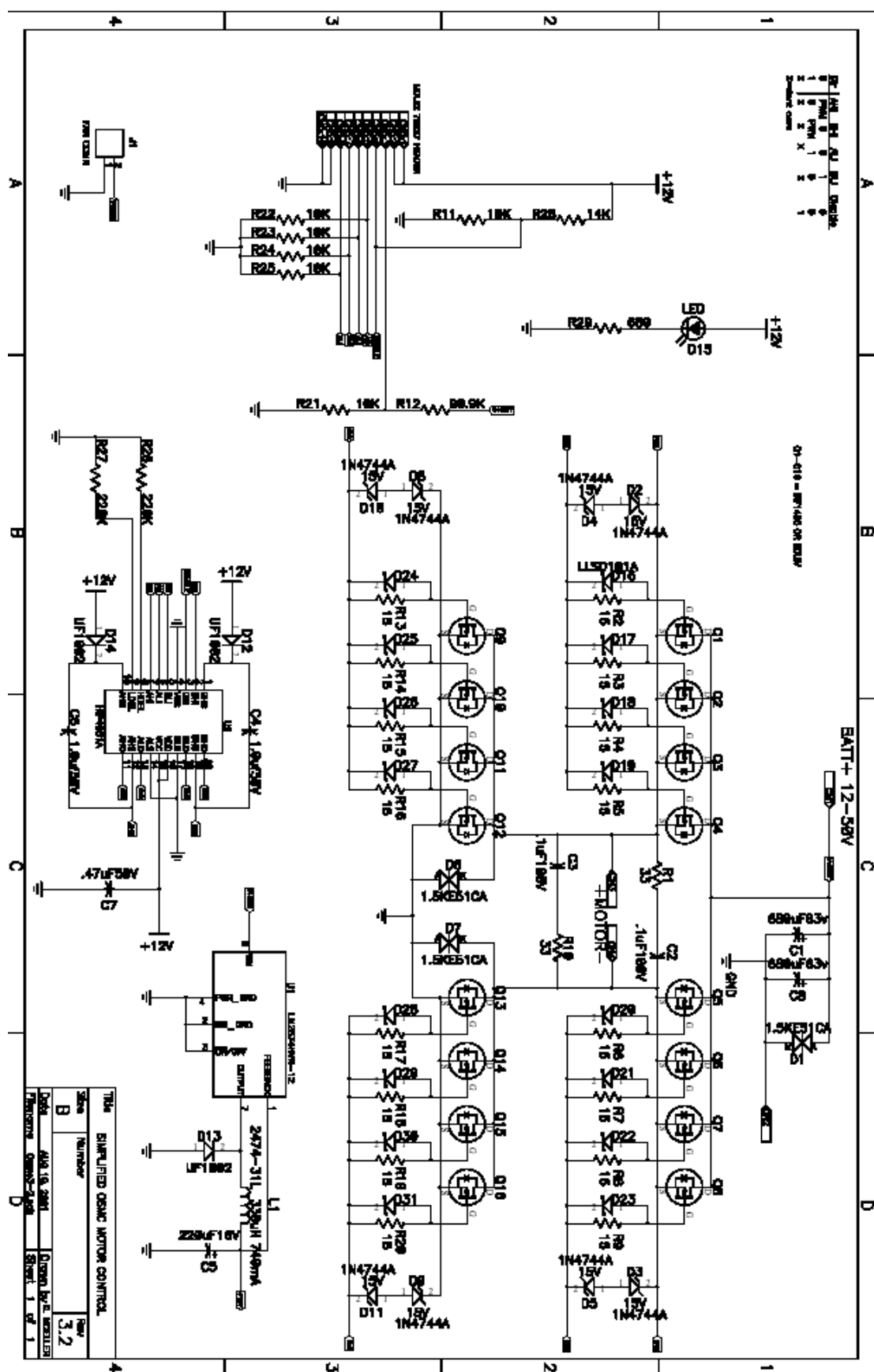
A parte restante da placa de potência é a parte de regulação de tensão, regulação esta provida por um circuito integrado regulador chaveado: LM2574-HV12. Este CI apresenta uma eficiência muito maior comparado a um CI linear quando a tensão da bateria cai abaixo de 12V.

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 μ 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 é mostrado a seguir:





Quantity	Part Number	Description	Location
2 ¹	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 ¹	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 ²	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 ³	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: http://www.robot-power.com	
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

5.5 Placa para Desligar Moto da Arma

Este circuito pode ser utilizado para fazer qualquer tipo de acionamento, ele funciona como uma chave eletrônica, recebendo o sinal da placa de controle do PIC e acionando o relé. Este circuito pode ser utilizado para acionar um buzina, um motor DC para uma arma ou para desligar a moto serra, como é utilizada atualmente.

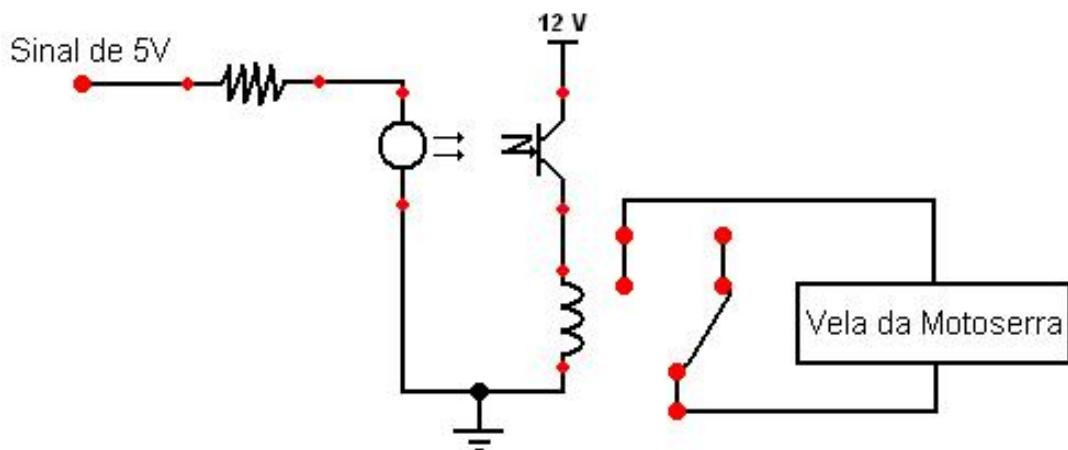
Este circuito foi projetado em junho de 2005 para atender as regras do Winter Challenge.

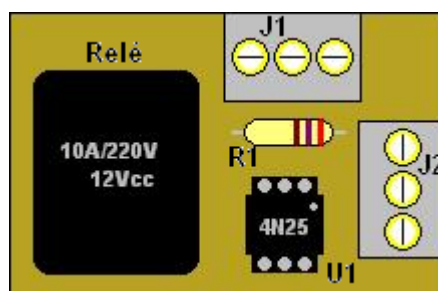
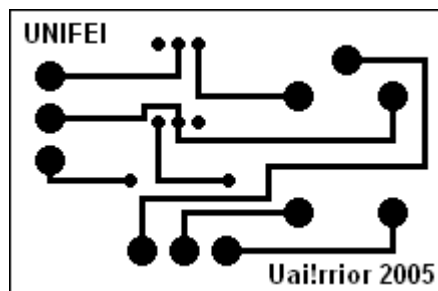


5.5.1 Descrição

Este circuito foi projetado para desligar a moto serra. A moto serra possui um sistema de chave mecânica para ela ser desligada, como foi feita a adaptação para ela ser utilizada em nossos robôs foi necessário à adaptação desta chave mecânica para uma chave eletrônica. Através do controle, o controlador tem disponível esta função. Ao acionar a chave pelo controle, o sinal é reconhecido pela placa de controle do PIC, esta alimenta a placa de chave eletrônica com 5V, este sinal aciona o opto acoplador que alimenta o relé, e este finalmente fecha o curto-circuito na vela, fazendo desta forma o motor da moto serra desligar.

5.5.2 Esquemático e Layout





5.5.3 Lista de Componentes

J1,J2 – Conector de 3 pinos

R1 – 270Ω

U1 – Opto acoplador 4N25

Relé – 12Vcc 10A/220V

6. Calculo do Peso

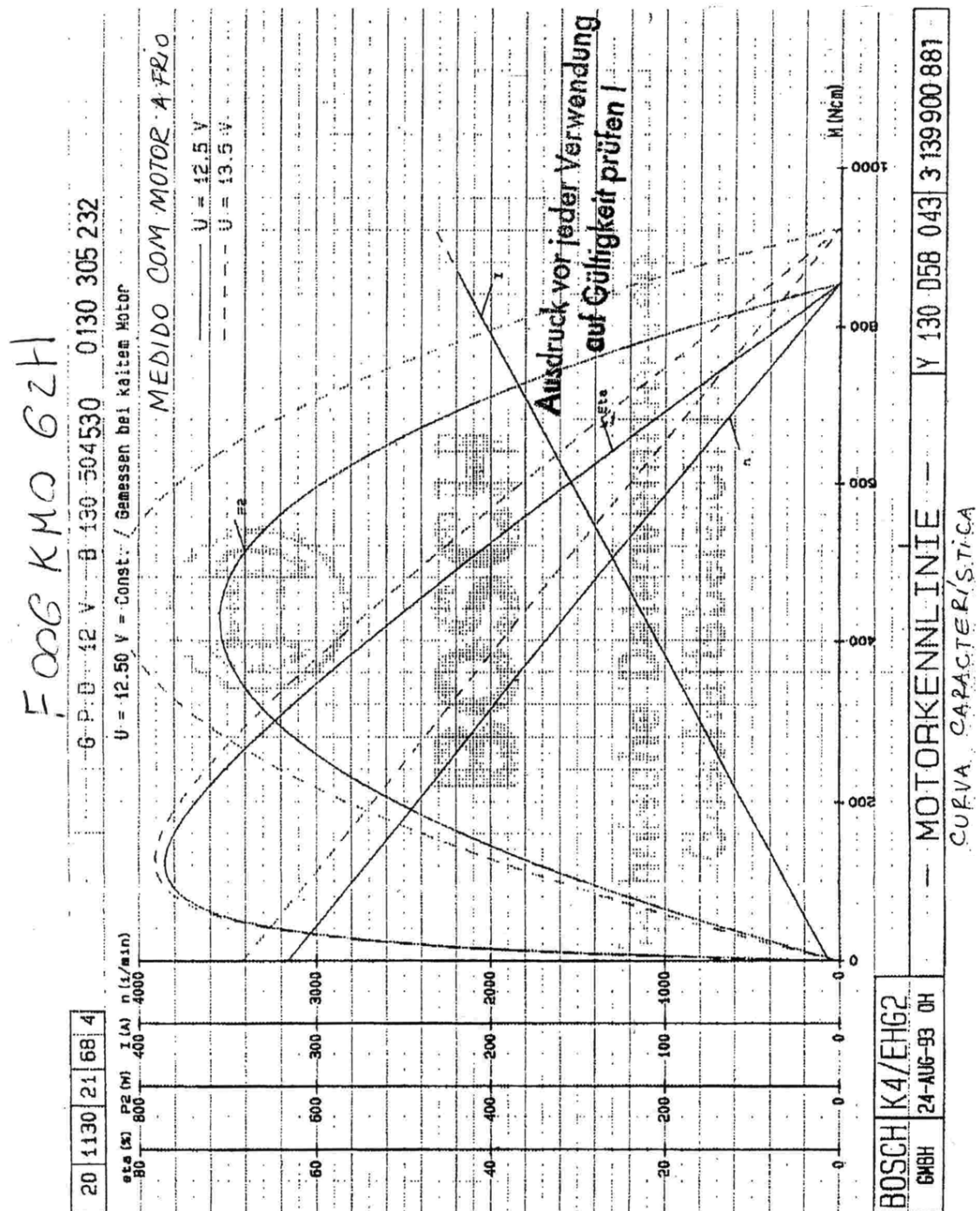
Como dito anteriormente, o peso é um fator limitante do projeto, portanto tivemos que ter o máximo de cuidado ao calculá-lo para não cairmos em erros que só seriam descobertos ao final da montagem do robô. Nas tabelas a seguir, temos o calculo de peso, todos os cálculos estão aproximados para um valor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

Cálculo de Peso do Crápula

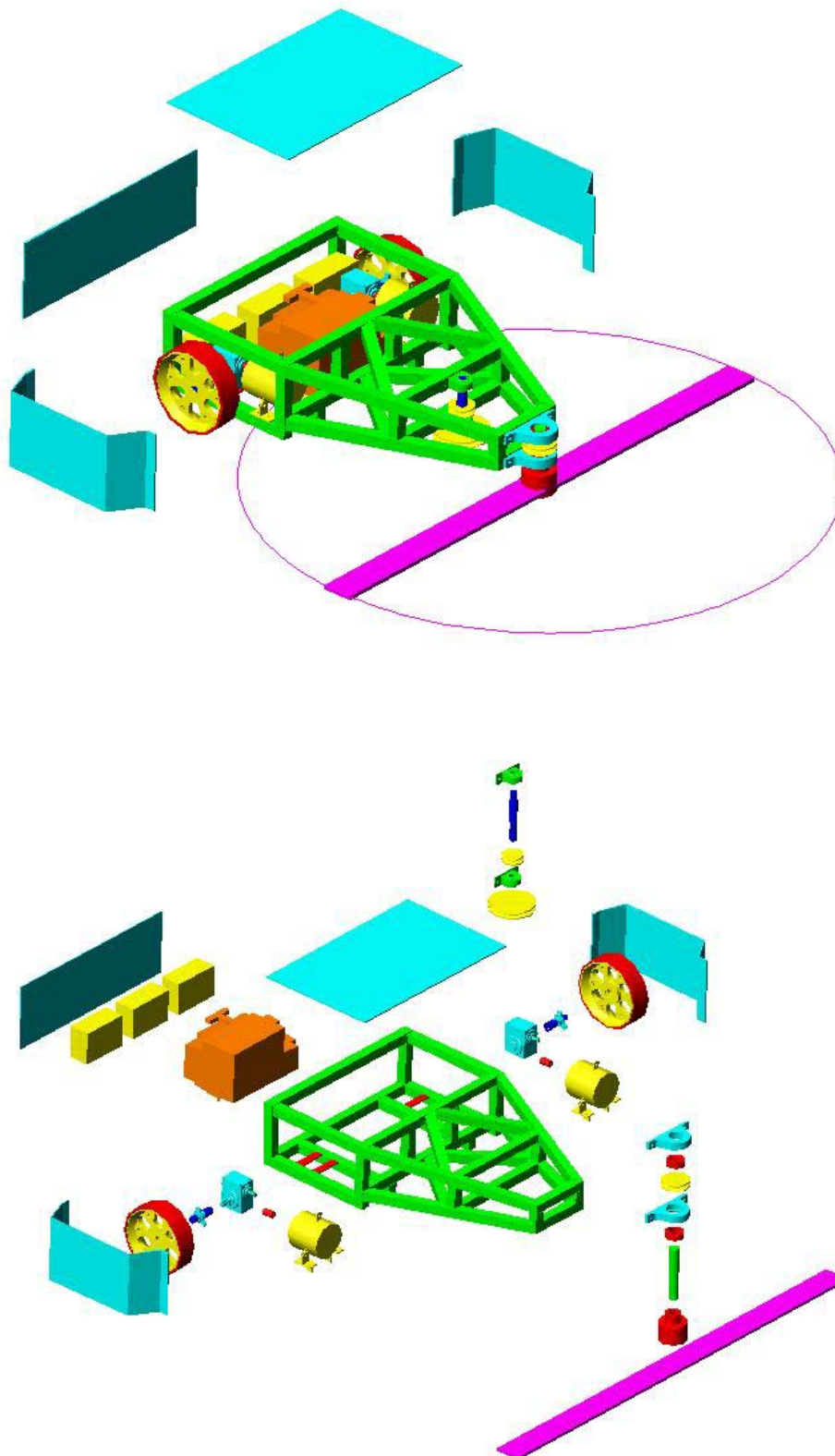
Peça	Peso / Unidade		Quantidade	Total	
Redutor	1,5	Kg/Unid	2	3	Kg
Motor 62H	2,8	Kg/Unid	2	5,6	Kg
Bateria	2,7	Kg/Unid	1	2,7	Kg
Sistema Eletrônico	2	Kg/Unid	1	2	Kg
Rodas	1,2	Kg/Unid	2	2,4	Kg
Eixos Tração	7600	Kg/m ³	9,44E-05	0,72	Kg
Apoio de motor/Redutor	7600	Kg/m ³	1,09E-04	0,83	Kg
Estrutura	1,1	Kg/m	10,06	11,37	Kg
Polia Intermediária	2700	Kg/m ³	2,88E-04	0,78	Kg
Eixo Intermediário	7600	Kg/m ³	6,23E-05	0,47	Kg
Mancal Intermediário	0,3	Kg/unid	2	0,6	Kg
Eixo arma	7600	Kg/m ³	1,16E-04	0,88	Kg
Polia arma	2700	Kg/m ³	8,06E-05	0,22	Kg
Mancal arma	7600	Kg/m ³	2,97E-04	2,26	Kg
Motor arma	5,5	Kg/unid	1	5,5	Kg
Barra	7600	Kg/m ³	1,12E-03	8,5	Kg
Limitador de Torque	2,6	Kg/Unid	1	2,6	Kg
Polycarbonato	1200	Kg/m ³		2,7	Kg
Erro				2	Kg
Total				55,14	Kg

7. Anexo

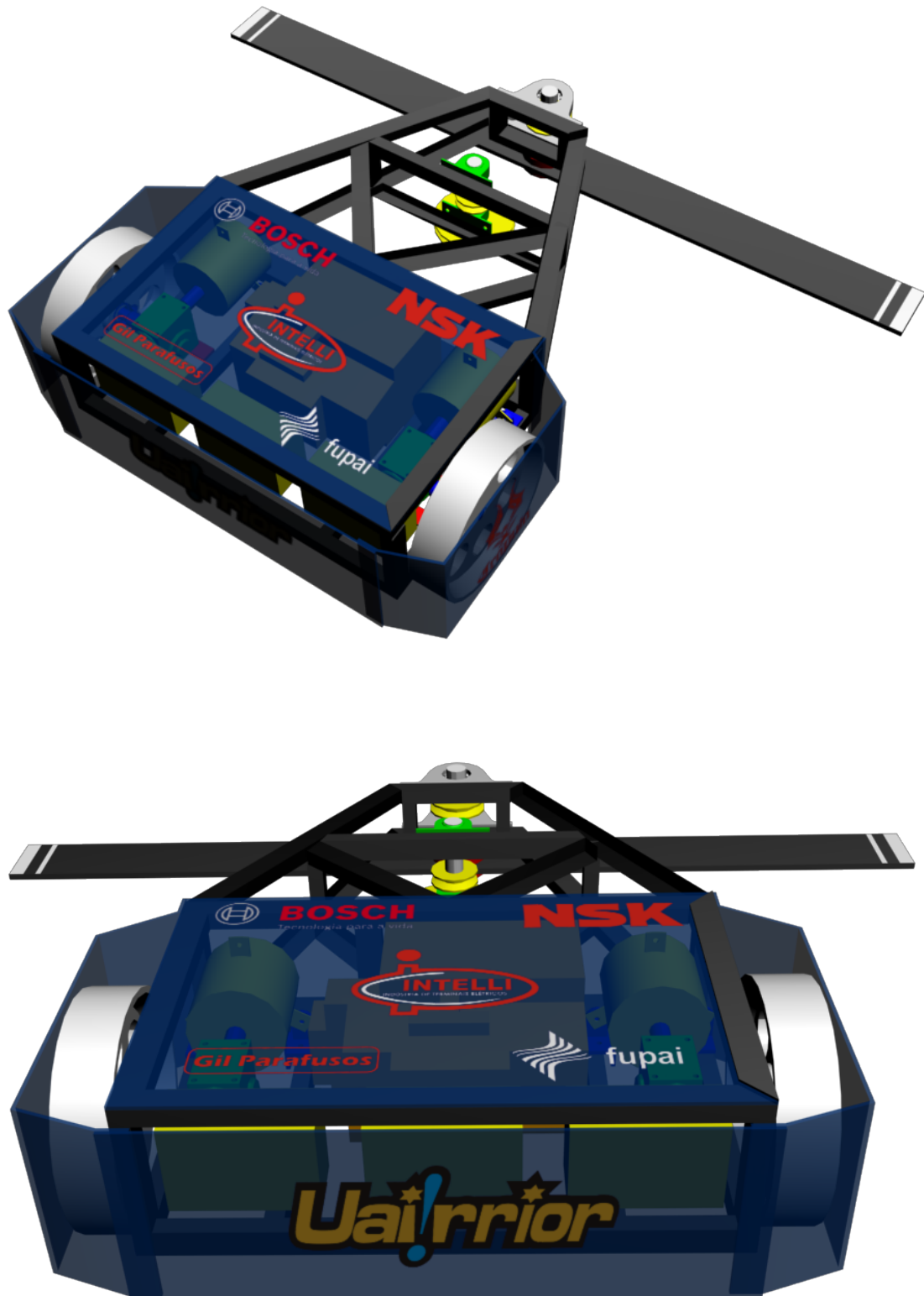
A – Curva de Torque do motor GPD



B – Desenhos do projeto Crápula



C – Desenhos de divulgação



D – 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!rrior**, 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!rrior

www.uairrior.unifei.edu.br