

# TACÔMETRO E TACÓGRAFO PARA MOTOR CC DE 3V

**Naim Ercílio Sousa RABELO (1); Adriano Mendes MAGALHÃES (2); Francisco Borges CARREIRO (3)**

(1) Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA, Av. Getúlio Vargas, 04, Monte Castelo, 65030-005, São Luís, Maranhão, Brasil, e-mail: naimesr@hotmail.com

(2) Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA, Av. Getúlio Vargas, 04, Monte Castelo, 65030-005, São Luís, Maranhão, Brasil, e-mail: webamm@hotmail.com

(3) Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA, Av. Getúlio Vargas, 04, Monte Castelo, 65030-005, São Luís, Maranhão, Brasil, e-mail: fborges@ifma.edu.br

## RESUMO

O presente artigo versa sobre o projeto, construção e execução de um sistema de aquisição de dados com interface cuja função é estimar a velocidade de rotação de um motor de corrente contínua, registrando através de gráfico a variação de sua velocidade com o transcorrer do tempo. Aborda sobre a utilização de um microcontrolador pic18f452 responsável por calcular a velocidade de um motor cc a partir dos sinais gerados em uma estrutura de um mouse óptico-mecânico e tratados em uma placa auxiliar. Trata também da possibilidade de utilização de uma interface criada em ambiente do programa MATLAB, que possibilita de modo versátil, a criação de gráfico, acrescentando a função de tacógrafo ao sistema objeto de análise desse artigo.

**Palavras-chave:** tacômetro, tacógrafo, motor cc, interface, microcontrolador.

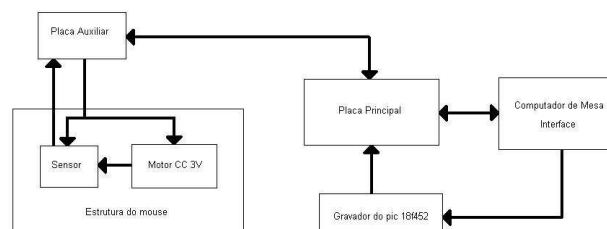
## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho consiste em um sistema de aquisição de dados capaz de monitorar a velocidade de um motor de corrente contínua de tensão nominal de 3V.

Esse sistema é composto por uma placa que contém um motor de corrente contínua de tensão nominal de 3V acoplado a estrutura de um mouse óptico-mecânico, conhecido popularmente como “mouse bola”, por uma placa conversora de sinal senoidal em sinal de onda quadrada e por uma placa principal que contém um microcontrolador pic18f452 a qual se encontra conectada a um computador de mesa.

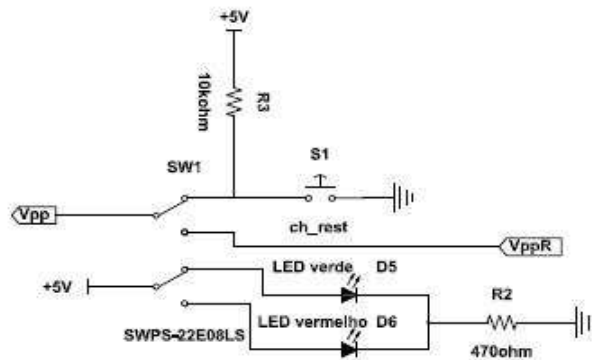
Nesse computador, fora adicionado uma interface que exibe a velocidade do motor em algarismos decimais, expressa em rotações por minuto – RPM, além de gerar um gráfico que demonstra a variação da velocidade pelo tempo.

A seguir, confira o esquema que representa o sistema denominado de tacômetro e tacógrafo.



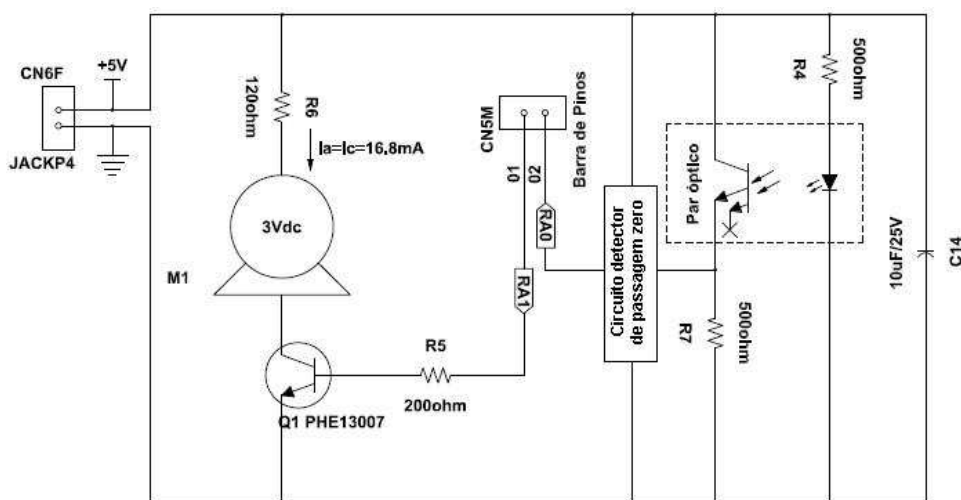
**Figura 1 - Diagrama esquemático do tacômetro e tacógrafo.**

O terceiro projeto compreende os circuitos que possuem a chave de gravação e execução do programa do pic, da indicação desses estados e do botão responsável pelo reset do programa instalado no microchip 18f452. Também foi projetado pela empresa supracitada. A representação desse circuito é dada na figura 4.



**Figura 4 - Circuito das chaves de gravação/execução e reset.**

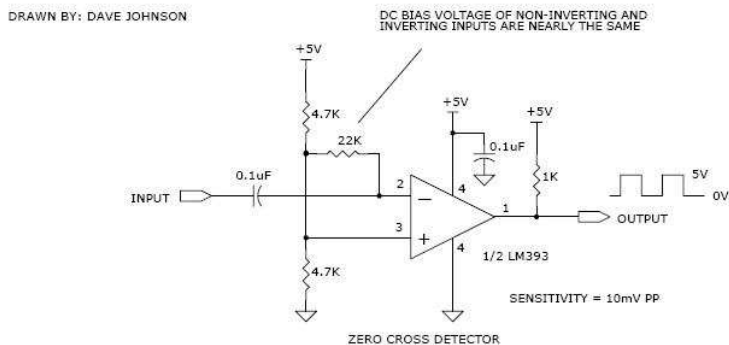
O projeto a seguir determina como o motor e sensor são alimentados, especificando ainda o dispositivo final que atua no chaveamento da alimentação do motor, no caso o transistor de potência PHE13007 (MJE13007), além de determinar a ligação do outro tipo de circuito empregado nessa placa. Encontra-se ilustrado na figura 5 o projeto pré-falado.



**Figura 5 - Projeto elétrico do circuito da placa auxiliar.**

Devido ao sinal gerado no sensor ter forma senoidal com deslocamento de nível DC houve a necessidade da utilização de um circuito detector de passagem zero que converte aquele sinal para uma onda quadrada de nível alto em 5V e nível baixo em 0V, ideal para trabalhar com o pic com porta habilitada para sinal digital.

Dessa forma, o circuito projetado por Dave Johnson foi aplicado com sucesso no presente trabalho. A entrada do circuito é no ponto entre o catodo do led emissor de raio infravermelho e o resistor R7. A saída é ligada ao pino 2 da barra de pinos da placa auxiliar. Confira na figura 6 o projeto denominado de Wide Band Zero Cross Detector, disponibilizado no site do discovercircuits.

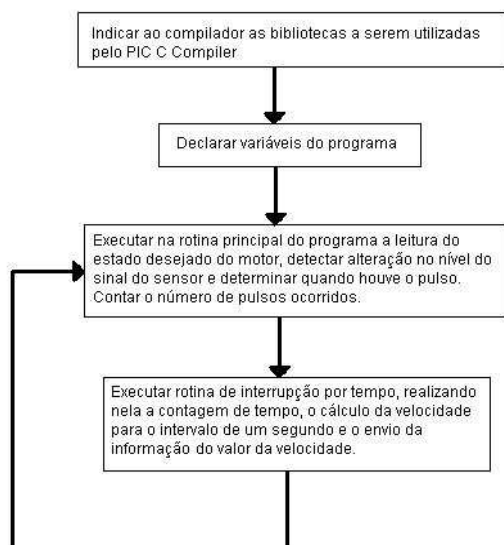


**Figura 6 - Circuito detector de passagem zero.**

O mouse bola dispõe de pares óticos interceptados por discos que possuem ranhuras na altura da borda. Estes discos possuem eixos que estão em contato com uma bola de borracha e quando há o movimento da esfera, dependendo da direção, há movimento no disco. Conseqüentemente, dependendo do grau de abertura da ranhura, existe um ganho de tensão no receptor de luz infravermelha. Em razão disso, observou-se que com o movimento do disco e pela variação de intensidade dessa energia radiante, o sinal resultante no sensor assemelha-se a uma onda senoidal.

Tal sinal possui período diretamente proporcional a passagem de uma ranhura no par ótico. Isso possibilitou a aplicação deste sensor para mensurar a velocidade do motor.

Para tanto, necessário instruir o pic com um programa cujo algoritmo é visto na figura 7.



**Figura 7 – Algoritmo do programa que calcula a velocidade do motor**

Considerando que o disco acoplado ao eixo do motor possua 36 ranhuras capazes de gerar 36 pulsos em uma revolução, divide-se a quantidade de pulsos registrados por 36, obtendo a velocidade do motor por segundo em razão de o tempo de amostragem dos pulsos ser de 1 segundo. Logo, multiplicando-se por 60, obtém-se a velocidade do motor por minuto.

A fim de simplificar os cálculos, a rotina determina a velocidade do motor executando o cálculo simples de multiplicação entre a quantidade de pulsos colhidos pela constante de 1,667. Este valor é a aproximação do valor resultante da divisão de 60 por 36.

### 3. DESCRIÇÃO DA PROPOSTA

A placa principal foi construída com base em um circuito projetado no programa KICAD, que gerou o desenho das trilhas do circuito que foi impresso no lado de cobre da placa de fenolite. Aplicando-se o método da transferência térmica, conseguiu-se transferir parcialmente a imagem presente no desenho. Esse método consiste em por a impressão do papel em contato com a placa, passando um ferro de engomar sobre aquele, resultando na transferência de parte do toner que compõe a impressão estampada no papel. Depois de corroída a camada de cobre e perfurada, soldou-se todos os componentes na placa.

Em seguida, montou-se de modo provisório no protoboard o circuito detector de passagem zero juntamente com o circuito do PHE13007. Após alguns ensaios que confirmaram a eficácia do circuito na geração da onda quadrada e do funcionamento do transistor como chave, iniciou-se a montagem da placa auxiliar em uma placa virgem com ilhas de cobre e perfuradas, baseando-se nos esquemas elétricos e no circuito montado experimentalmente, distribuindo os componentes de tal maneira que permitisse uma economia de solda quando da junção das ilhas e que facilitasse a conexão dos cabos externos, situando as barras de pinos conectores próximas das regiões situadas nas bordas da placa.

Após isso, aproveitando-se da estrutura do mouse, adaptou-se um motor cc de 3V (modelo RF-300CA) nesse equipamento periférico. Para tanto, foi necessário fazer um acoplamento dos eixos do motor e do disco

utilizando um tubo de plástico oriundo de uma caneta esferográfica. Esse tipo de conexão é seguro, haja vista que o material exerce uma pressão nos eixos, evitando que girem em velocidade diferente.

Resolvida a questão do acoplamento, foi necessário fazer um recorte na carcaça do mouse para encaixar o motor. Feito isso, com a utilização de duas abraçadeiras tipo u (fixadoras de tubo), parafusos e porcas, prendeu-se o motor, garantindo boa estabilidade mecânica a planta. Nota-se que entre o motor e a abraçadeira foi posto uma cinta de borracha para diminuir os efeitos de vibração mecânica. Por fim, substituiu-se o cabo original do mouse por outro composto por três vias: uma que alimenta o sensor com +5V, outra que é a referência de terra e uma que transporta o sinal de saída do par-ótico.

Deve-se colocar a placa principal em modo de gravação, para carregar o PIC com o programa que contém as instruções necessárias para que o microcontrolador consiga realizar seu trabalho específico, neste caso, a medição da velocidade. Nesta hipótese, torna-se necessária a configuração no PC do programa que é responsável pela transferência do arquivo que será instalado na memória interna do PIC, configuração que consiste em determinar a forma de alimentação do PIC nesta fase (se é alimentação própria ou proveniente do gravador), a taxa de transmissão entre o PC, o gravador e a placa principal, o tipo de pic que será gravado dentre outros parâmetros disponíveis no programa MPLAB.

Definida a configuração, no caso deste projeto, determinou-se que durante a gravação o PIC receberia a tensão de alimentação da placa gravadora. Desta forma, antes de gravar o programa no microchip, é necessário desconectar o cabo da fonte de alimentação ligada na rede de 220V da placa principal, colocar a chave geral da placa principal na posição desligado, ligar a chave de gravação e conectar o cabo ICD na placa principal. Se estiver tudo devidamente configurado, o led vermelho será aceso, indicando que a placa principal está em modo de gravação.

Na parte final do processo de gravação, utilizando a interface do MPLAB faz-se o teste de comunicação entre a placa de gravação e a placa principal. Após o teste indicar ausência de falhas na comunicação, carrega-se no programa do PC o arquivo que contém o programa e encaminha-o para o pic através da placa gravadora.

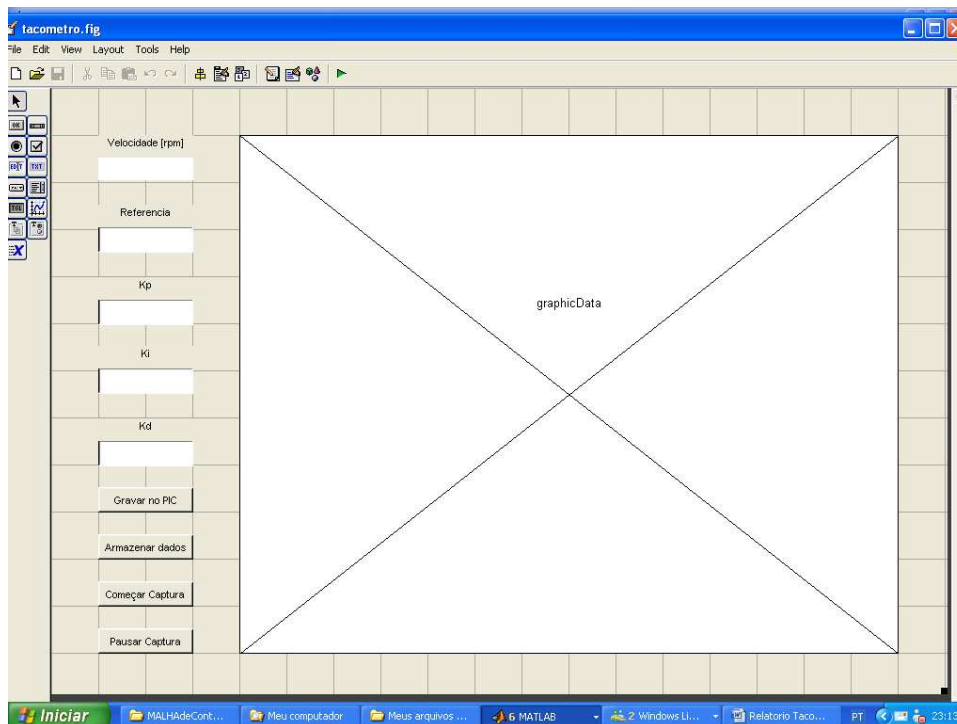
Estando o PIC provido com o programa, o cabo ICD deve ser desconectado da placa principal. Os cabos da fonte de alimentação e o cabo serial são conectados a essa placa. Outros cabos são conectados na placa auxiliar e na placa principal: um para fornecer tensão de 5V, outro para levar a alimentação do motor e outro para trazer o sinal tratado na placa auxiliar. Ainda na placa auxiliar, os cabos provenientes da estrutura do mouse encontram-se soldados àquela, possibilitando que esta estrutura receba as tensões de alimentação do motor e de alimentação do sensor óptico, a referência de terra dessa estrutura e possibilite o envio do sinal colhido no receptor de luz infravermelha.

Feita as conexões entre as placas, deve-se posicionar a chave geral na posição ligado e a chave de gravação/execução na posição de execução, que será confirmada enquanto o led verde estiver aceso. A medição é vista na interface instalada no computador de mesa. Havendo necessidade, em caso de falha na execução do programa de medição, deve-se apertar o botão reset para reinicializar a execução do mencionado programa.

Um conjunto de testes foi feito com gravações de programas de teste de leitura de velocidade, os quais controlavam o PIC a fazer a aquisição, a converter os dados recebidos para dados reconhecíveis ao propósito do projeto e a enviar os dados para o computador via protocolo serial RS232.

De início foi usado o software denominado Teraterm. A sua função era servir como terminal de coleta de dados referente ao protocolo pelo qual se está trabalhando. Com o Teraterm, um osciloscópio e um multímetro foi possível detectar nos testes algumas falhas na aquisição de dados, relativas aos ruídos gerados provavelmente por centelhamento ou efeito capacitivo entre os filamentos dos cabos de conexão que ligam o sensor e motor à placa auxiliar, bem como entre os cabos de dados e potência da placa auxiliar e a placa principal. O procedimento de manutenção corretiva das falhas foi a soldagem dos cabos diretamente nas respectivas placas, eliminando a fonte de ruído, para que se pudesse obter dados coerentes e assim o PIC efetuar os cálculos corretamente.

Resolvidas as falhas, deu-se início a criação da interface gráfica usando o software Matlab. Pelo Matlab foi possível usar a ferramenta guide para projetar a interface: o comando no Matlab é guide e o layout fica conforme esta figura:

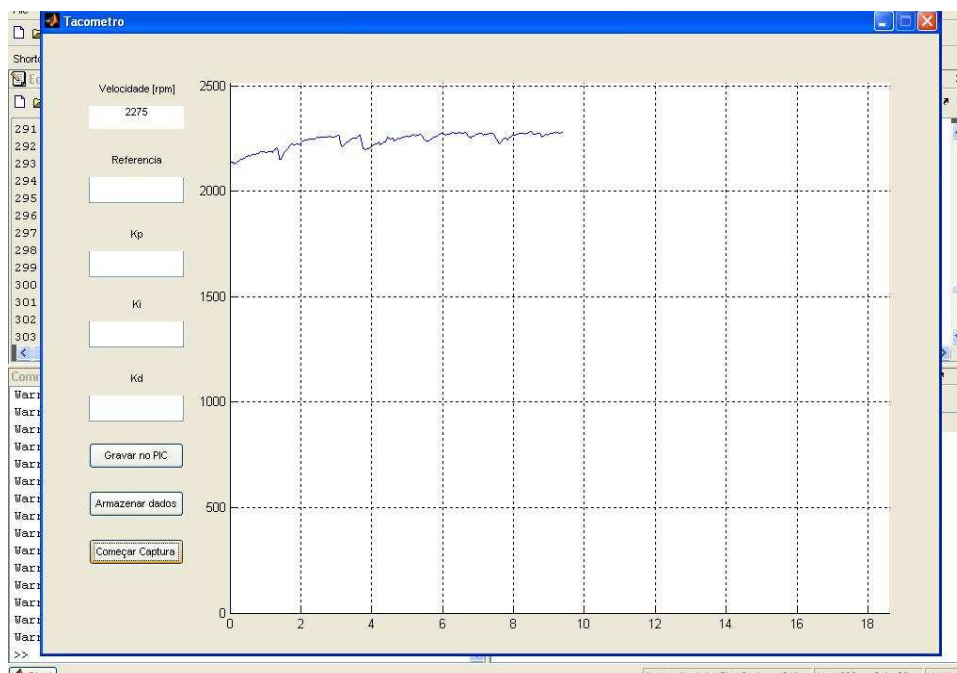


**Figura 8 - Layout da interface gráfica do usuário feita pela ferramenta guide do Matlab**

A priori, pensou-se em uma interface para controle, portanto, esta conta com um gráfico, um campo para velocidade instantânea e um campo para os ganhos  $K_p$ ,  $K_i$  e  $K_d$ , bem como botões para orientar o processo de envio de dados para o PIC (em planos futuros do projeto) e botões para enviar e paralisar o processo de aquisição de dados da placa.

#### **4. METODOLOGIA, RESULTADOS, ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS**

O resultado do teste de aquisição de dados segue conforme a figura abaixo:



**Figura 9 - Interface feita em Matlab fazendo a aquisição de dados em tempo real.**

A velocidade estimada para o motor levou em consideração o valor nominal estimado pelo fabricante do motor para operação sem carga que é de 3000 RPM, para máxima eficiência que é de 2400 RPM e o valor nominal visualizado em laboratório que é de aproximadamente 2600 RPM. A partir dessa velocidade,

verificou-se que o programa estava calculando valores próximos desse último valor. Vale ressaltar que a velocidade no motor não é constante. Varia dependendo do atrito gerado pela força que o motor exerce no eixo do disco. Essa variação é decorrente do posicionamento do motor em sua base instalada na estrutura.

Na figura 9, o primeiro campo localizado a esquerda da tela exibe a velocidade do motor em rotações por minuto – RPM. O Gráfico ao lado contém no eixo horizontal a escala de tempo. No eixo vertical constam os valores de velocidade em RPM. A linha em azul representa a variação da velocidade do motor ao longo do tempo transcorrido.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O sistema de aquisição de dado tratado nesse artigo consegue estimar com sucesso a velocidade de rotação do eixo do motor, sendo útil para aplicações que não exijam respostas com elevado nível de precisão e exatidão. Tem como fatores especiais a utilização do sensor óptico do mouse em conjunto com o pic e uma interface desenvolvida em ambiente do MATLAB, que possibilita o registro de variação de velocidade por meio de gráficos.

Além daquele objetivo específico, o sistema em comento possibilitou àqueles que o desenvolveram a aplicação prática de conhecimentos adquiridos em diversas cadeiras do curso de graduação em engenharia elétrica, como exemplo, eletrônica, programação, projetos elétricos, microcontroladores, instrumentação eletrônica, dentre outras, sendo, portanto, ótima ferramenta para aperfeiçoar o processo de formação profissional desses estudantes.

Esse projeto deixa margem para aplicações de conhecimentos em controle e comunicação, pois é possível implementar controle de velocidade pela interface do computador próximo ao sistema ou de maneira remota, em outro terminal. Estão em desenvolvimento a implementação de programa que venha a controlar a velocidade do motor através do chaveamento de sua tensão de alimentação.

Por fim, em termos de custos, esse sistema de aquisição é uma alternativa viável para instituições de ensino técnico que desejem equipar seus laboratórios com ferramentas didáticas que estimulem o aprendizado de seus alunos na área de instrumentação eletrônica, haja vista que o custo total deste projeto foi de aproximadamente R\$ 400,00.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

PEREIRA, F. Microcontroladores PIC: Programação em C. São Paulo: Érica, 2003.

IBRAHIM, D. Advanced PIC microcontroller projects in C: from USB to RTOS with the PIC18F series. USA: Elsevier. 2008.

MANZANO, J.A; FIGUEIREDO J. Estudo dirigido de linguagem c. 6. ed. Ver. São Paulo: Érica, 2002.

MICROCHIP. PIC 18FXX2 Data Sheet. USA: Microchip Technology Incorporated, 2002.

EXSTO TECNOLOGIA LTDA. Esquemas neo201. Santa Rita do Sapucaí – MG, 2006.

JOHNSON, D. Wide Band Zero Cross Detector. Disponível em: <<http://www.discovercircuits.com/DJ-Circuits/zerocross1.htm>> Acesso em: 01 mar 2010.

WINSON INTERNATIONAL ENTERPRISES LIMITED. Motor rf 300 series. Disponível em <<http://www.ewinson.com/rf300.htm>> Acesso em: 11 jan 2010.

STURARO, L. Fazendo placas de circuito impresso com transferência de toner. Disponível em <[http://www.py2bbs.ql.br/pci\\_toner.php](http://www.py2bbs.ql.br/pci_toner.php)> Acesso em: 22 jan 2010.

COSTA, A . Fazendo Placas de Circuito Impresso (PCB) através de processos caseiros, mas com aparência profissional.. Disponível em <[http://br.geocities.com/alexeletronica/eletronic\\_PCB\\_Termico.htm](http://br.geocities.com/alexeletronica/eletronic_PCB_Termico.htm)> Acesso em: 02 fev 2010.

ROBÓTICA FÁCIL. Fazendo circuito impresso – modo térmico. Disponível em <<http://roboticafacil.blogspot.com/2007/11/fazendo-circuito-impresso-modo-trmico.html>> Acesso em: 02 fev 2010.

MARQUET, R.S. Mini tutorial kicad. Disponível em <[http://www.reniemarquet.cjb.net/kicad/minitut\\_kicad.pdf](http://www.reniemarquet.cjb.net/kicad/minitut_kicad.pdf)> Acesso em: 15 dez 2010.

## ANEXO

### -IMAGEM DA PLACA PRINCIPAL, PLACA AUXILIAR E DA ESTRUTURA DO MOUSE

