

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
INTRODUÇÃO A ROBÓTICA

(Relatório TP2)

DIÓGENES EVANGELISTA
ELOÍZIO CÉSAR D. SALGADO
FRANKLIN ASSUNÇÃO ALMEIDA

28 DE OUTUBRO DE 2008

Sumário

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Introdução | 2 |
| 2 | Construção | 2 |
| 3 | Sensores e funcionamento | 2 |
| 4 | Testes | 3 |
| 4.1 | Calibração sensores ópticos ativos para blocos coloridos | 3 |
| 4.2 | Calibração sensores ópticos ativos para linha preta | 10 |
| 4.3 | Calibração sensor diferencial | 22 |
| 5 | Implementação | 28 |
| 5.1 | Tarefa 1: direcionar-se para a luz | 28 |
| 5.2 | Tarefa 2: seguir linha | 28 |
| 5.3 | Tarefa 3: seguir linha e identificar blocos | 29 |
| 6 | Resultados | 29 |
| 7 | Conclusões | 29 |

1 Introdução

Neste trabalho construímos um robô que faz uso de sensores para a realização das seguintes tarefas:

- Localização. Utilizando o sensor diferencial, o robô deverá demonstrar que sabe localizar e mover-se em direção à fonte de luz especificada no menu (selecionar polarização desejada) a partir de qualquer ponto do campo.
- Seguir linha. O robô deverá demonstrar que consegue seguir linhas marcadas no campo de competição. Para isso deverá utilizar sensor(es) óptico(s). (Seção 6.5 RE tem diversas dicas de como fazer isto).
- Utilizando o sensor de identificação de blocos, o robô deverá locomover-se seguindo uma das linhas pretas da mesa de competição no laboratório sobre a qual estarão blocos de isopor coloridos. O robô tomará ações com base na cor do bloco identificado. A ação correspondente ao bloco será selecionada no menu. Por exemplo: Bloco Azul: vire à direita 90 graus; Bloco Amarelo: vire à esquerda 90 graus; Bloco Vermelho: Pare; Bloco Verde: Siga em frente por X segundos (O valor de X deverá poder ser ajustado no menu).

2 Construção

Neste trabalho a construção mecânica do "Robocop versão 3" está baseada na mesma construção do "Robocop versão 2" que foi apresentada no tp1. Essa decisão foi tomada, já que consideramos a construção anterior robusta e plenamente funcional para este trabalho, então não havia porque começar uma nova construção.

3 Sensores e funcionamento

Para este trabalho foram construídos 5 sensores.

- 2 sensores LDRs: foram montados em conjunto para formarem um sensor diferencial. Estes sensores foram utilizados para identificar luzes com polarizações diferentes posicionadas em pontos opostos do campo de prova. Esses sensores são posicionados na parte posterior superior do robô.
- 3 sensores ópticos ativos: 2 foram utilizados para identificar linha preta e chão branco do campo de provas. Esses sensores foram posicionados na parte inferior dianteira do robô, próximos e direcionados para o chão, onde fazem suas leituras. O outro sensor óptico ativo foi montado para fazer a distinção de cores de blocos de isopor. É posicionado parte dianteira inferior direcionado para frente.

4 Testes

Os testes realizados tentaram avaliar o robô nas mais diversas condições.

Os sensores foram conectados na porta analógica 2 ou na porta analógica 3 da handy board. Esse detalhe é importante, já que portas diferentes levam os sensores a se comportarem de maneira diferente. Dessa maneira, o robô não opera com todos os sensores construídos funcionando ao mesmo tempo, já que nos testes usamos apenas duas portas de entrada analógica.

Os gráficos gerados e exibidos nesta seção têm a plotagem do valor médio dos valores obtidos em 10 segundos de leitura e o desvio padrão para os valores lidos(linha preta em torno do valor médio X). O eixo X de cada gráfico exibiu o número de leituras realizadas pelo sensor em cerca de 10 segundos e o eixo Y o valor lido pelo sensor.

4.1 Calibração sensores ópticos ativos para blocos coloridos

Utilizamos o único sensor ativo destinado a detecção de blocos de cores diferentes em várias situações. O sensor foi conectado a entrada analógica 2.

Primeiro testamos o comportamento do sensor para cada bloco a uma distância de aproximadamente 3mm, sendo que cada bloco e o sensor estavam dentro de uma caixa de papelão que tornava o ambiente escuro. O seguinte gráfico foi gerado:

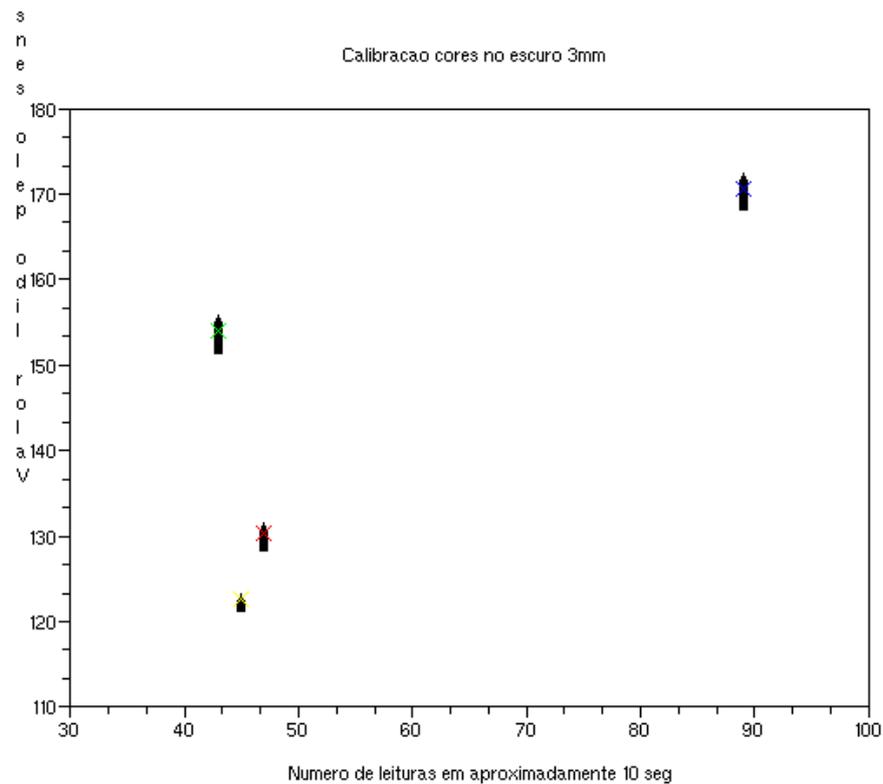


Figura 1: X valor médio para bloco amarelo, X valor médio para bloco verde, X valor médio para bloco vermelho, X valor médio para bloco azul

Pelo gráfico percebe-se que os sensores se comportaram bem, ou seja, para blocos de cores diferentes retornou valores distintos e o desvio padrão foi pequeno. Com esse teste vimos que o sensor tinha um funcionamento bom, ao menos na condição de escuridão e sem os motores ligado.

No teste seguinte avaliamos o funcionamento do sensor dentro da caixa, a uma distância de aproximadamente 3mm, executando leituras durante 10 segundos, mas agora com os dois motores do robô ligados. Obtivemos o seguinte gráfico:

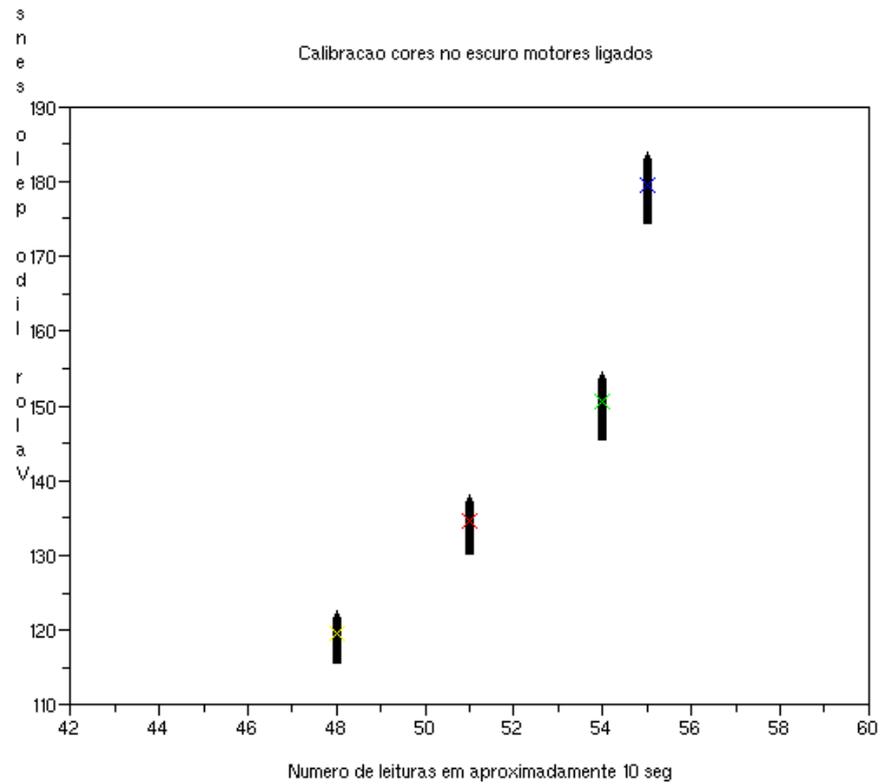


Figura 2: **X** valor médio para bloco amarelo, **X** valor médio para bloco verde, **X** valor médio para bloco vermelho, **X** valor médio para bloco azul

Percebe-se que o sensor não sofre alterações muito significativas, o que nos deixou contentes, nos dando um indício que num ambiente claro, com motores ligados e desligados a situação não se alteraria muito.

Para avaliar a condição do motor num ambiente claro começamos com os testes de calibração a uma distância de 3mm, e depois refizemos os testes para distâncias de 1cm, 3cm e 6cm. Os gráficos vão abaixo:

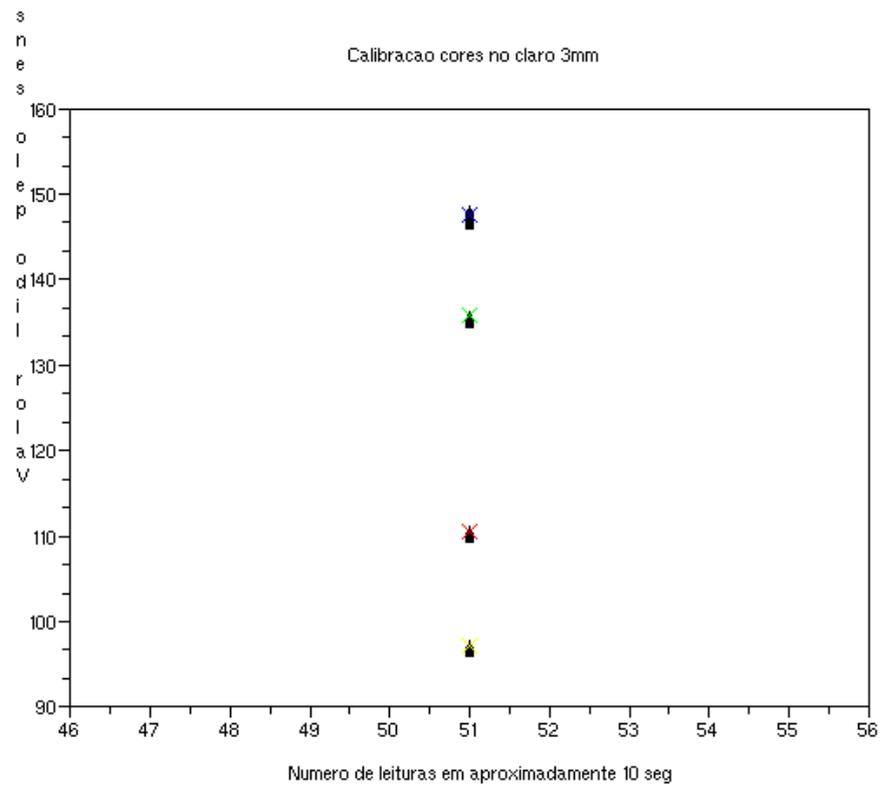


Figura 3: **Y** valor médio para bloco amarelo, **G** valor médio para bloco verde, **R** valor médio para bloco vermelho, **B** valor médio para bloco azul

Para a distância de 3mm, num ambiente claro, o sensor continua retornando valores distintos para cada bloco (nossa principal preocupação para este sensor).

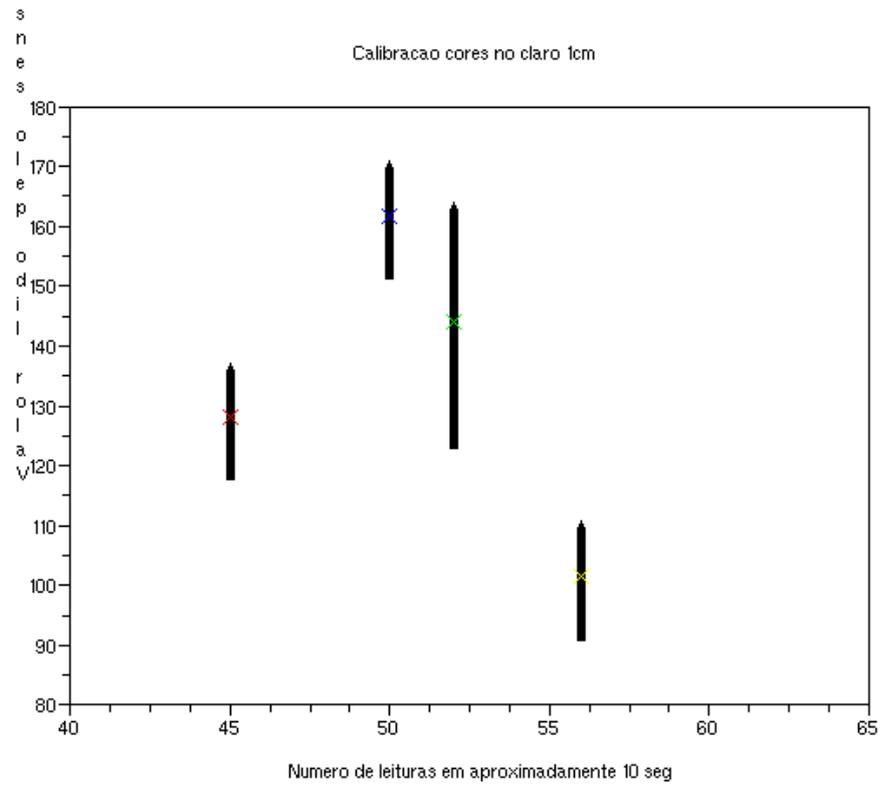


Figura 4: X valor médio para bloco amarelo, X valor médio para bloco verde, X valor médio para bloco vermelho, X valor médio para bloco azul

Com os blocos posicionados a uma distância de 1cm do sensor, num ambiente claro, o sensor retorna valores diferentes para cada sensor, na média, mas observa-se que o valor do desvio padrão aumenta, principalmente para leituras do bloco azul. Isso já era esperado.

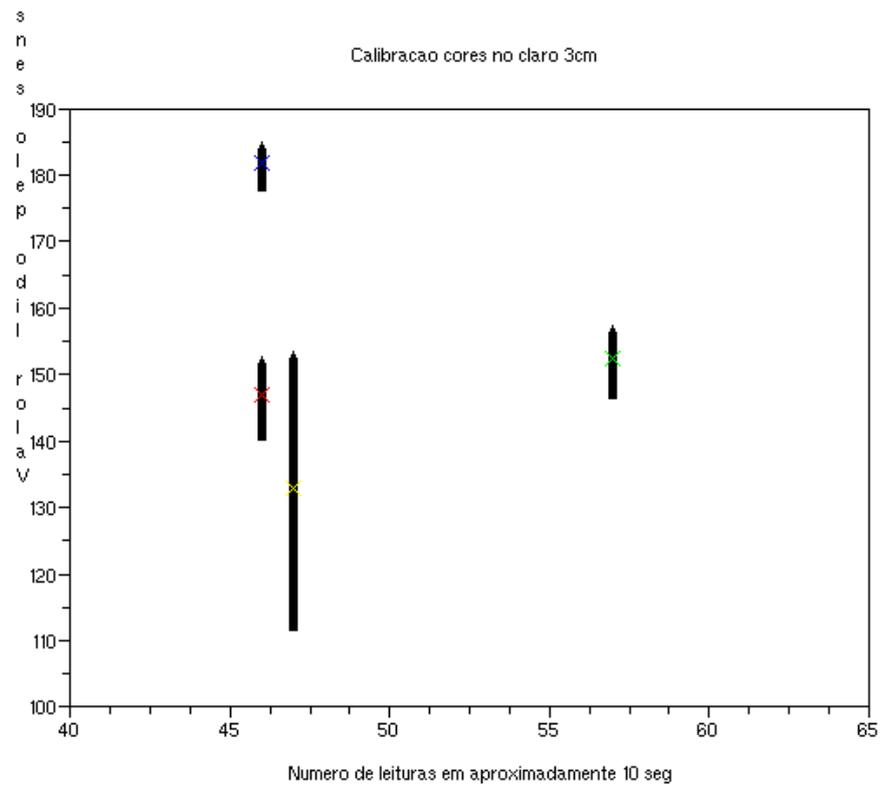


Figura 5: **Y** valor médio para bloco amarelo, **G** valor médio para bloco verde, **R** valor médio para bloco vermelho, **B** valor médio para bloco azul

Com os blocos a uma distância de 3cm do sensor nota-se que as leituras dos blocos vermelho, verde e amarelo ficam mais próximas e o desvio padrão aumenta, tornando a distinção destes blocos a esta distância complicada.

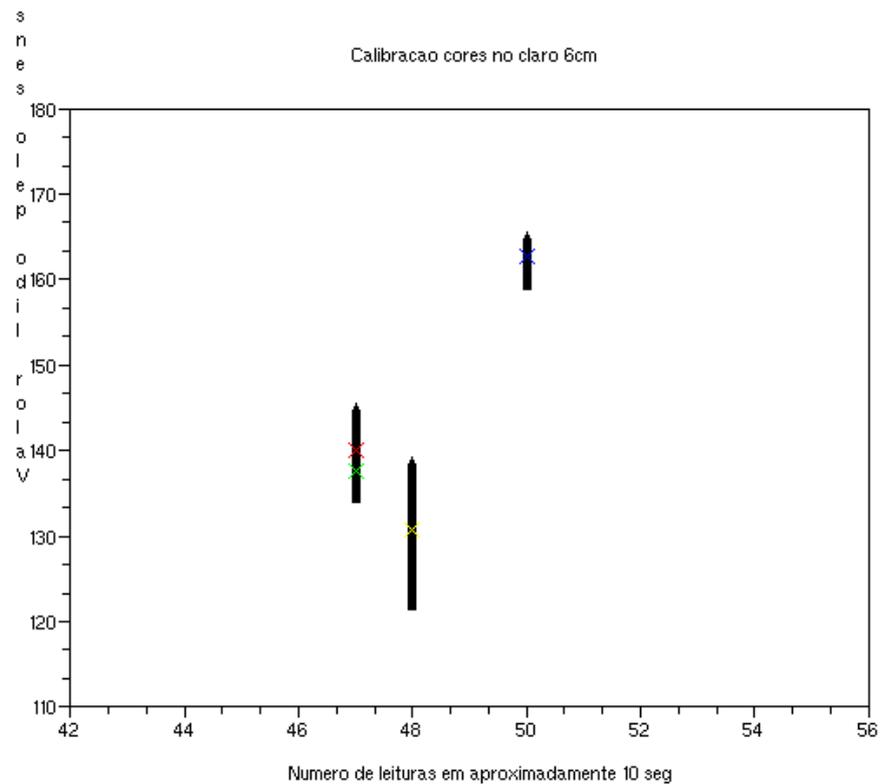


Figura 6: X valor médio para bloco amarelo, X valor médio para bloco verde, X valor médio para bloco vermelho, X valor médio para bloco azul

A distância de 6cm, percebemos uma tendência que é a leitura de valores muito próximos para os blocos de cores verde, vermelho e amarelo. Assim sendo, leituras dos blocos a distâncias "grandes" do sensor não fornecem leituras confiáveis. Dessa maneira guiamos nossos testes de calibração sobre o sensor óptico ativo para detecção de cores com os motores ligados no claro para uma distância de 3mm, já que esta retorna valores mais confiáveis.

Com base na calibração do sensor com os motores ligados é que construímos as funções de identificação dos blocos de cores no código do programa que controla o robô. Fizemos isso, já que o robô deverá executar as tarefas de detecção dos blocos com ambos motores acionados.

O gráfico que mostra o comportamento do sensor com ambos motores acionados, num ambiente claro, a uma distância de 3mm dos blocos está abaixo:

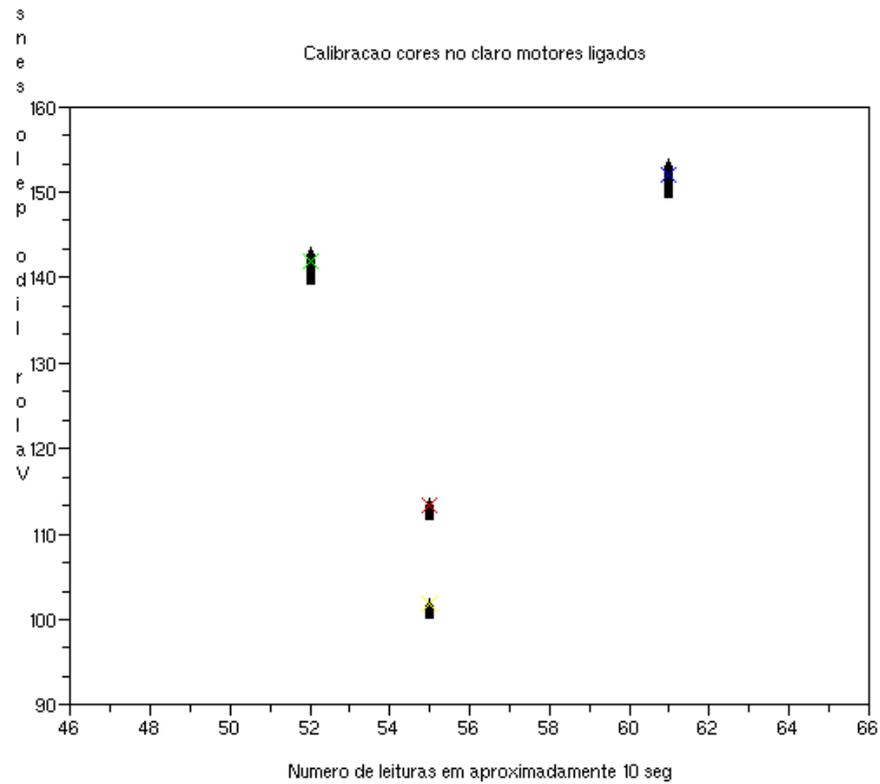


Figura 7: **X** valor médio para bloco amarelo, **X** valor médio para bloco verde, **X** valor médio para bloco vermelho, **X** valor médio para bloco azul

Tivemos comportamento nesta situação semelhante ao teste da mesma distância com os motores desligados o que foi muito satisfatório, dando certa confiabilidade as leituras dos sensores.

4.2 Calibração sensores ópticos ativos para linha preta

A calibração dos sensores para detecção de linha preta também seguiu procedimentos semelhantes aos testes efetuados sobre o sensor de blocos de cores diferentes. No entanto, este sensor estava sempre posicionado a uma mesma distância do chão.

Todos os testes realizados tiveram tempos de leitura de aproximadamente 10 segundos, sendo que no gráfico estão plotados a média dos valores lidos e uma linha indica o desvio padrão obtido.

A montagem construída para fazer com que o motor siga a linha preta é composta por dois sensores ópticos ativos próximos ao chão como foi dito. Um deles esteve sempre conectado a entrada analógica 2 e outro a porta analógica 3.

A cada bateria de testes posicionamos a cada momento um sensor numa linha preta ou no chão(branco), e outro numa linha preta ou no chão branco, assim numa mesma condição de

luminosidade e estado dos motores(ligados ou desligados) efetuamos 4 testes.

Na primeira bateria de testes os motores estavam desligados e os sensores sob uma caixa de papelão que escurecia o ambiente.

Veja os gráficos:

Neste teste o sensor 2 lia valores para o chão branco, e sensor 3 lia valores para a linha preta.

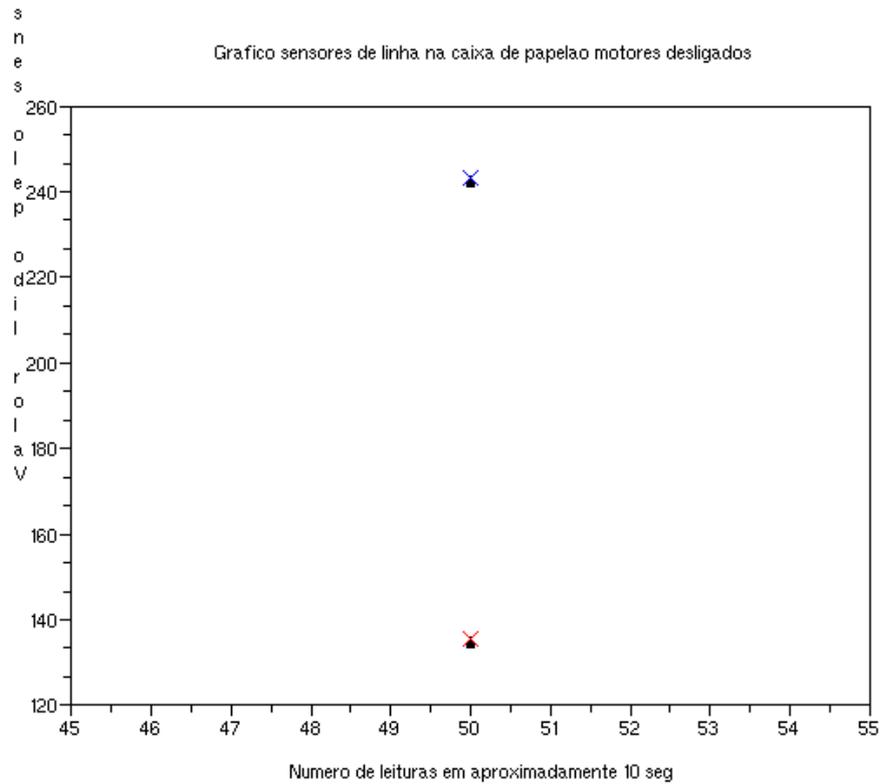


Figura 8: X sensor na porta analógica 2, X sensor na porta analógica 3

Neste teste os dois sensorres liam valores para o chão branco.

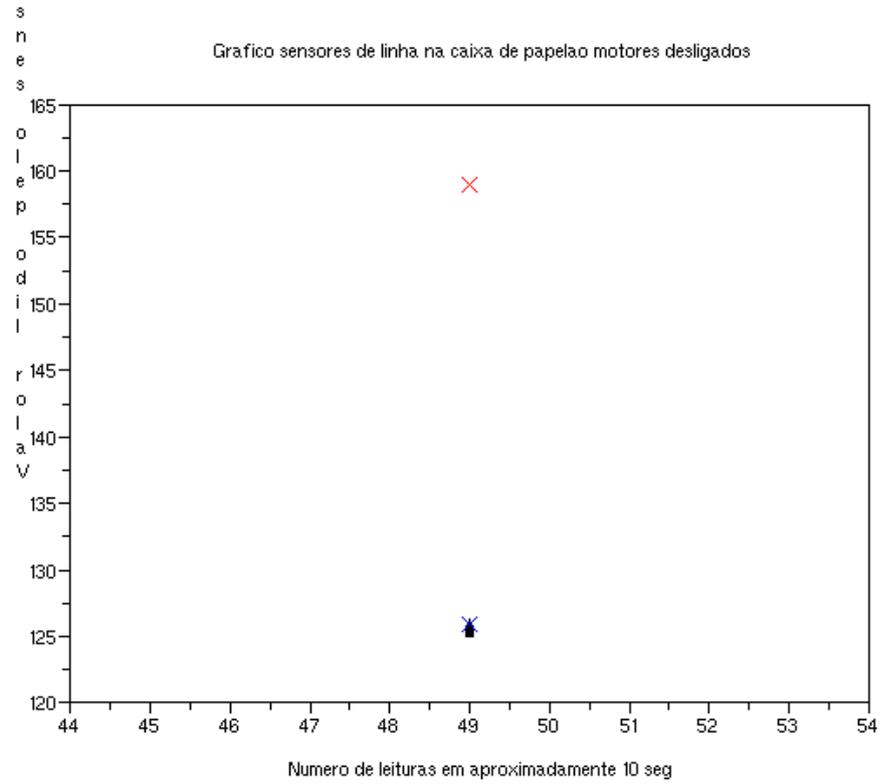


Figura 9: X sensor na porta analógica 2, X sensor na porta analógica 3

Aqui o sensor na porta analógica 2 lia valores para a linha preta e o sensor na porta 3 lia valores para o chão branco.

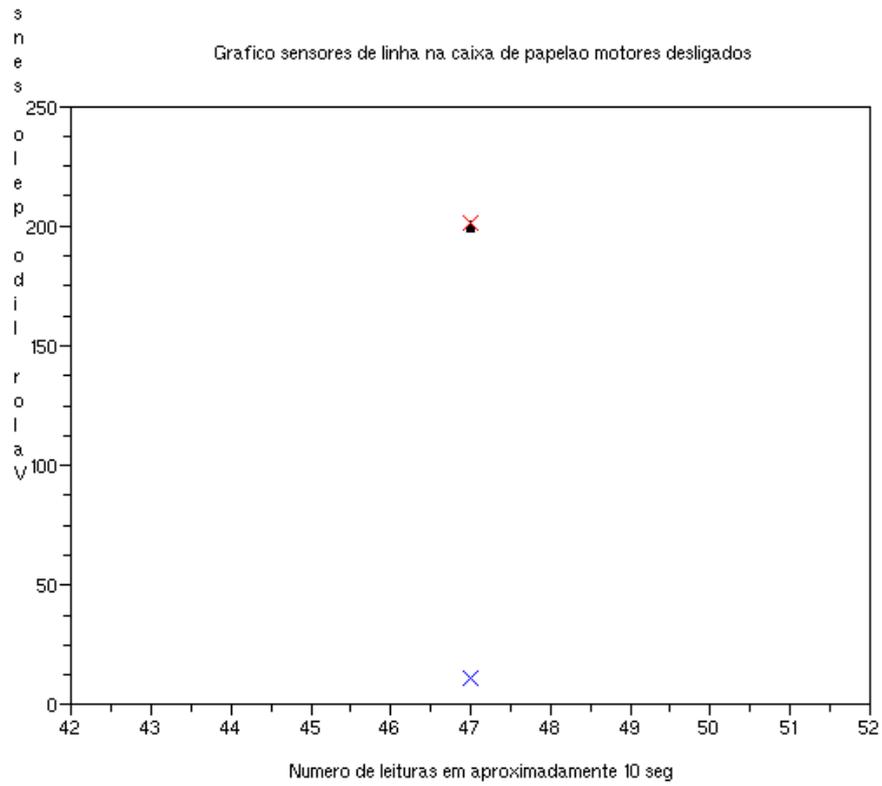


Figura 10: X sensor na porta analógica 2, X sensor na porta analógica 3

Por fim, no último teste no escuro, ambos os sensores liam valores da linha preta.

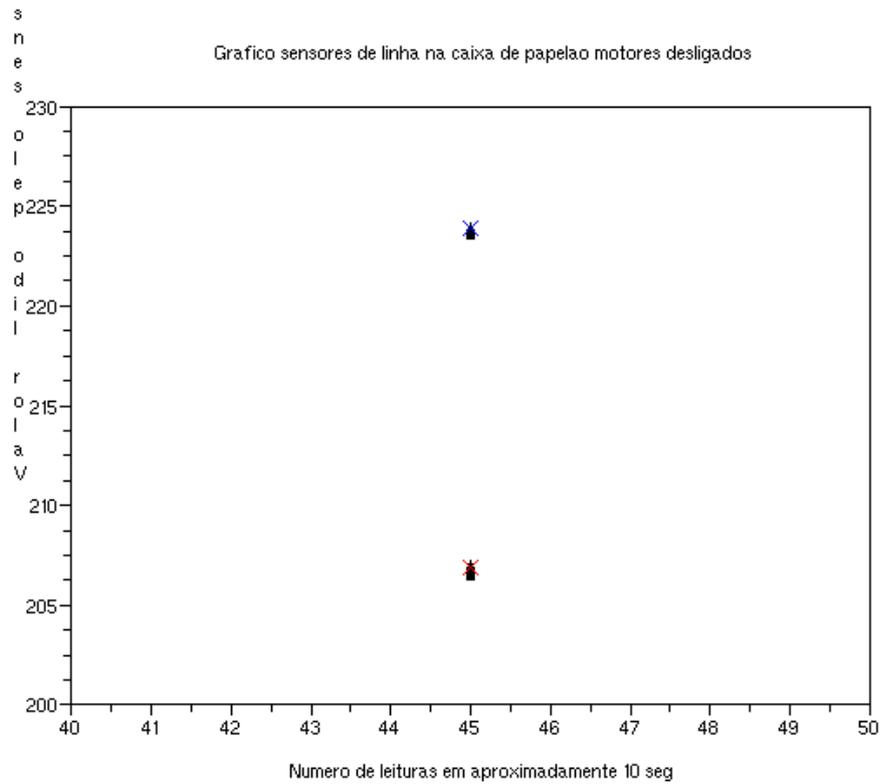


Figura 11: X sensor na porta analógica 2, X sensor na porta analógica 3

Nos testes num ambiente escuro percebemos que o sensor na porta analógica 3 retornou valores muito distintos, entre cada teste, para leituras do chão branco. O sensor conectado a porta 2 teve o mesmo comportamento no entanto a diferença de valores foi menor. Isso foi estranho, já que durante a realização de cada teste os valores eram sempre muito parecidos.

Felizmente para leitura de linha preta os valores foram sempre estáveis e bem diferentes para leituras do chão branco. Isso ao menos nos permitia criar uma lógica coerente para o programa que faria o robô andar sobre a linha preta.

Efetuamos a mesma bateria de testes realizadas anteriormente, no entanto sem a caixa de papelão encobrindo os sensores e o chão, ou seja, o teste foi feito em ambiente claro com os motores desligados.

No teste a seguir ambos os sensores estavam lendo valores do chão branco.

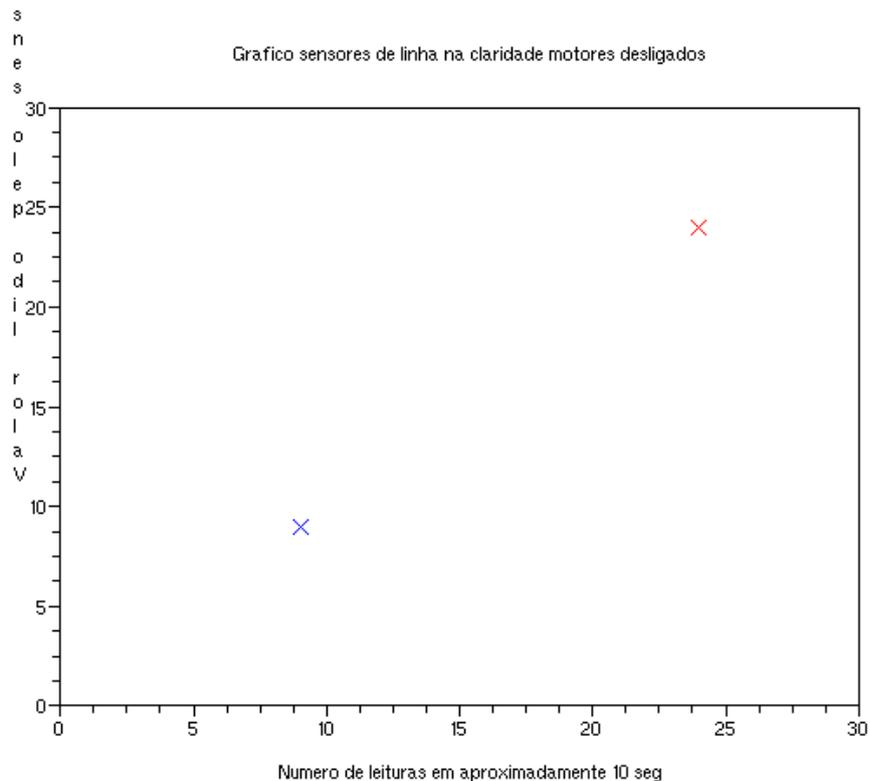


Figura 12: X sensor na porta analógica 2, X sensor na porta analógica 3

Percebe-se que a leitura foi tão estável que o desvio padrão foi nulo.
A seguir o sensor 2 estava sobre o chão e o sensor 3 sobre a linha preta.

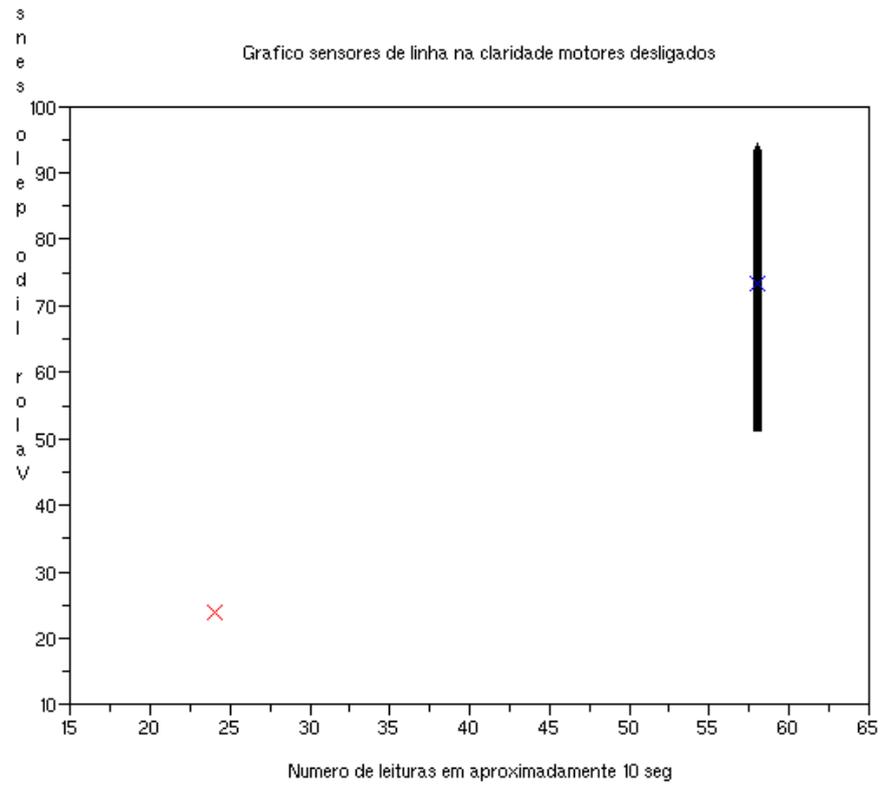


Figura 13: X sensor na porta analógica 2, X sensor na porta analógica 3

Percebe-se que o sensor 2 retornou valores um pouco maiores que no teste anterior, e o sensor 3 retornou valores menores que os testes sobre a linha preta no ambiente escuro e o desvio padrão para os valores lidos foi alto, ou seja, alguns valores discrepantes foram lidos, mas ainda assim diferentes das leituras do chão branco.

No próximo teste o sensor 2 estava sobre a linha preta e o sensor 3 sobre o chão branco.

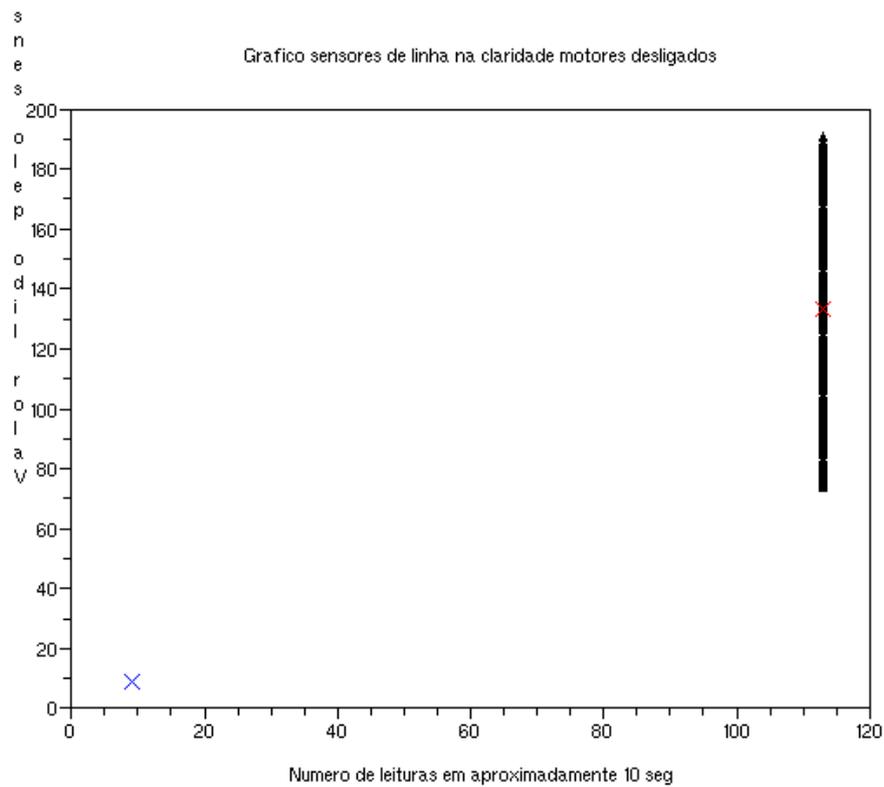


Figura 14: X sensor na porta analógica 2, X sensor na porta analógica 3

Agora a situação anterior se inverteu para cada sensor, o sensor 3, que leu o chão branco, retornou valores estáveis enquanto o sensor 2 teve um desvio padrão alto. Os valores lidos pelo sensor 2 são menores que os valores de linha preta retornados na montagem no escuro, e mesmo com o desvio padrão elevado os valores lidos são distintos dos valores lidos para o chão branco. Por fim ambos os sensores foram postos sobre a linha preta.

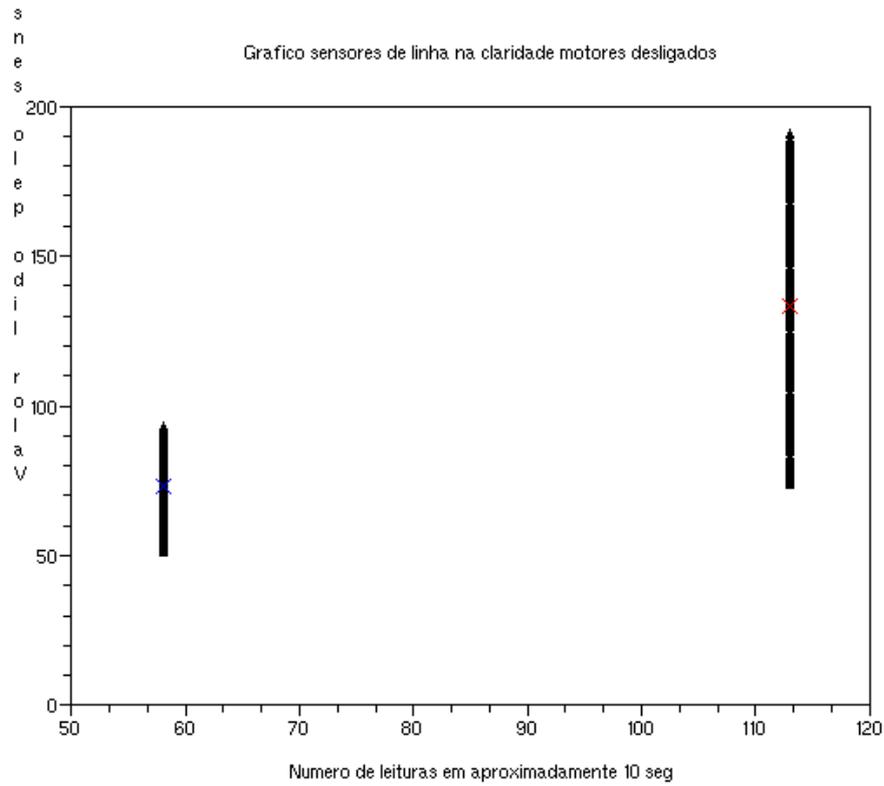


Figura 15: X sensor na porta analógica 2, X sensor na porta analógica 3

Novamente os sensores leram a linha preta e apresentaram desvio padrão alto.

Notamos por esses testes que no ambiente claro e sem os motores as leituras da linha preta apresentavam uma variação de valores lidos alta, mas sempre bem distinta dos valores lidos do chão branco. Acreditamos que isso seja consequência da capacidade de reflexividade da linha preta.

Dada a dificuldade de fazer uma montagem do robô com os motores ligados dentro de uma caixa de papelão, fizemos o teste de leitura dos sensores com os motores ligados apenas no ambiente claro.

Com base nesses testes geramos as funções que representam o comportamento do robô para as leituras de linha.

No primeiro teste ambos os sensores liam valores para o chão branco.

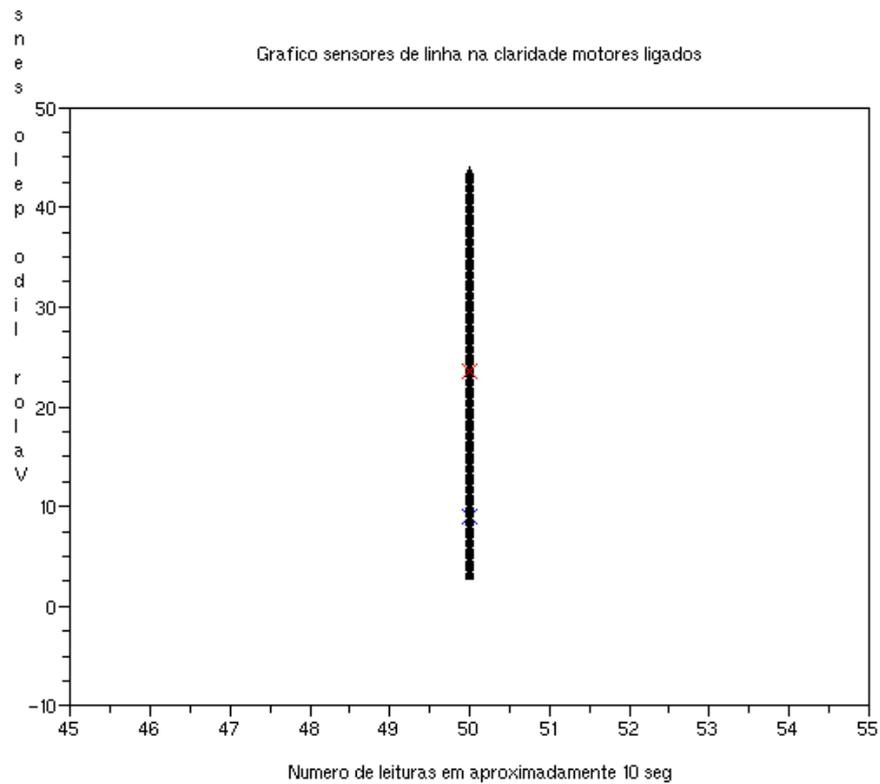


Figura 16: X sensor na porta analógica 2, X sensor na porta analógica 3

A média dos valores lidos ficou bastante semelhante na montagem num ambiente claro sem os motores ligados, contudo o desvio padrão para cada sensor foi elevado, ao contrário do que havia acontecido.

No teste seguinte o sensor 2 lia valores para o chão branco e o sensor 3 lia valores para linha preta.

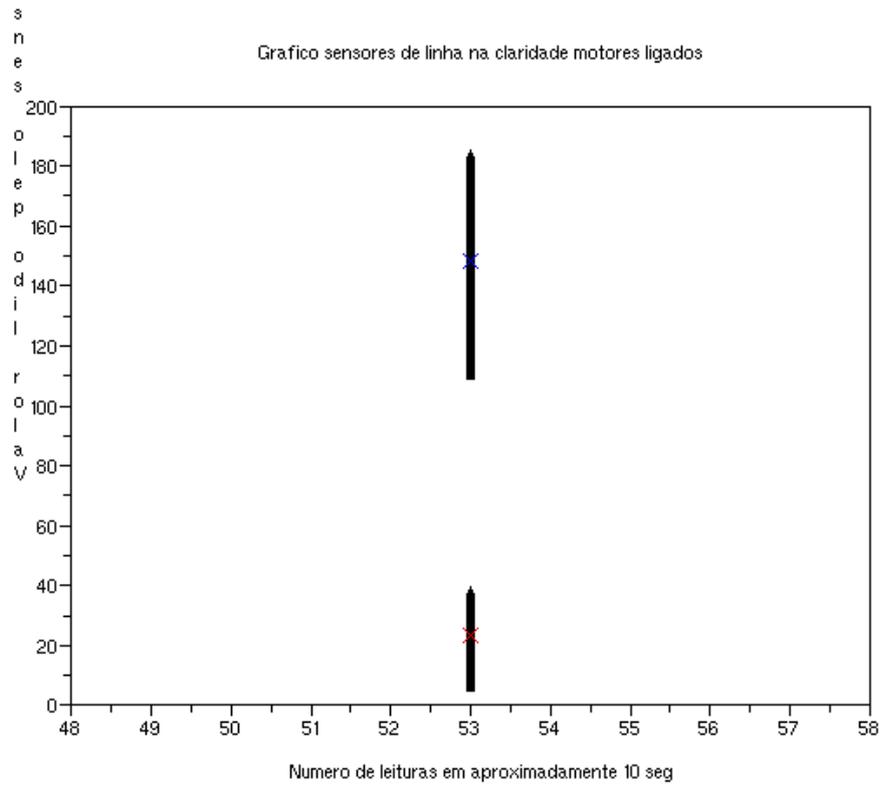


Figura 17: X sensor na porta analógica 2, X sensor na porta analógica 3

O sensor 2 retornou valores próximos ao teste anterior, e o sensor 3 retornou, na média, valores para linha preta maiores do que na montagem com os motores desligados.

No próximo teste testamos com o sensor 2 lendo valores de linha preta e o sensor 3 lendo valores do chão branco.

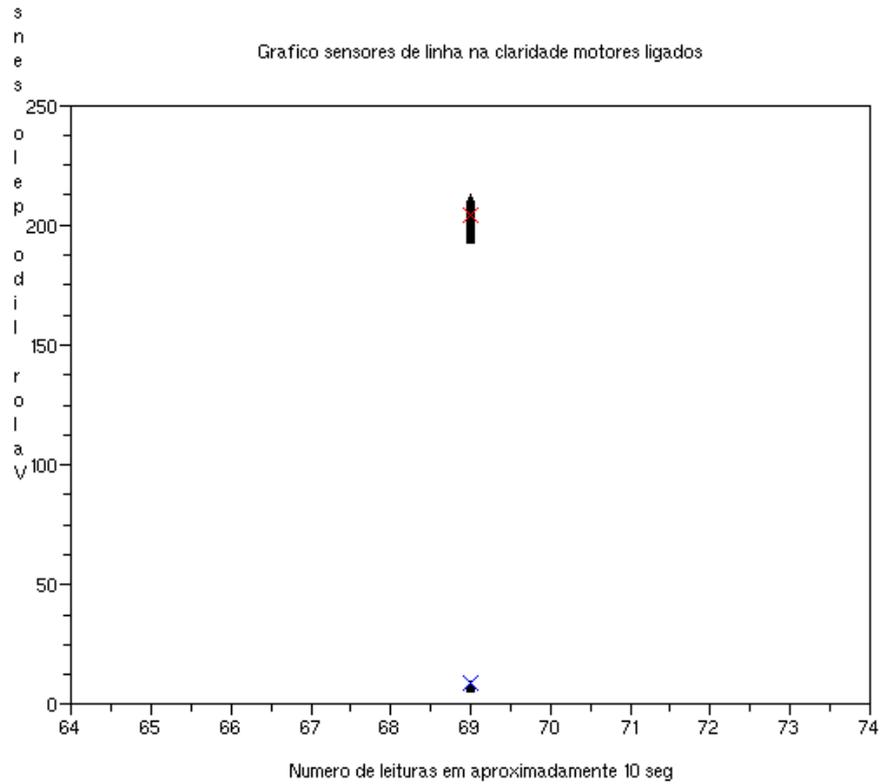


Figura 18: X sensor na porta analógica 2, X sensor na porta analógica 3

O sensor 3 teve um desvio bem menor com relação ao teste anterior, com motor ligado, sobre a linha preta e o sensor 2 leu valores de linha preta maiores do que na montagem sem sensores. Por fim, verificamos o comportamento dos sensores lendo simultaneamente a linha preta.

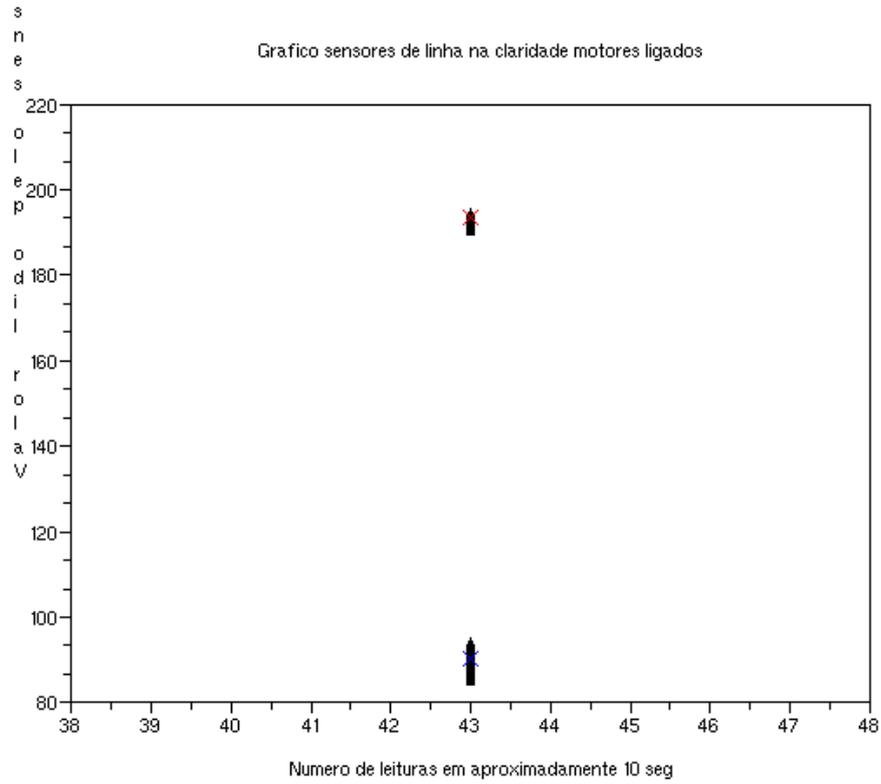


Figura 19: X sensor na porta analógica 2, X sensor na porta analógica 3

Aqui os sensores leram valores semelhantes aos testes sobre linha preta com os motores ligados realizados anteriormente.

Percebe-se que a cada teste com os motores ligados um mesmo sensor retornou valores semelhantes para a mesma linha com relação aos valores lidos em um teste anterior, ou seja, com os motores ligados num ambiente claro os sensores tiveram um comportamento mais estável.

4.3 Calibração sensor diferencial

Para o sensor diferencial que fará a diferenciação das luzes com polaridades diferentes fizemos os testes com os dois sensores LDR que formam o sensor diferencial direcionados e próximos das fontes de luz, já que no centro do tablado ou em posições distantes das fontes de luz, em qualquer condição de luminosidade externa ou dos motores, os valores eram sempre parecidos.

Então guiamos os testes para verificar o comportamento dos sensores. Esses sensores, infelizmente, não funcionaram muito bem, tanto que para uma das luzes, mesmo próximo da referida fonte os dois sensores também retornavam valores parecidos, então não plotamos gráficos para essa fonte de luz também nas situações de luminosidade externa em que isso ocorreu. Basicamente, nas situações para as quais não há gráficos plotados entenda-se que os valores lidos pelos sensores foram muito parecidos.

Para diferenciar as luzes do tablado denominamos uma delas de luz da porta (mais próxima a porta do laboratório) e luz da parede(luz próxima a parede do laboratório).

Na primeira bateria de testes (cada teste para esse sensor, assim como nos outros, durou 10 segundos) as luzes da sala estavam apagadas e os motores desligados.

Ressaltando que um dos sensores estava conectado a porta analógica 2 e o outro a porta analógica 3.

Neste teste o sensores estavam direcionados para a luz da porta.

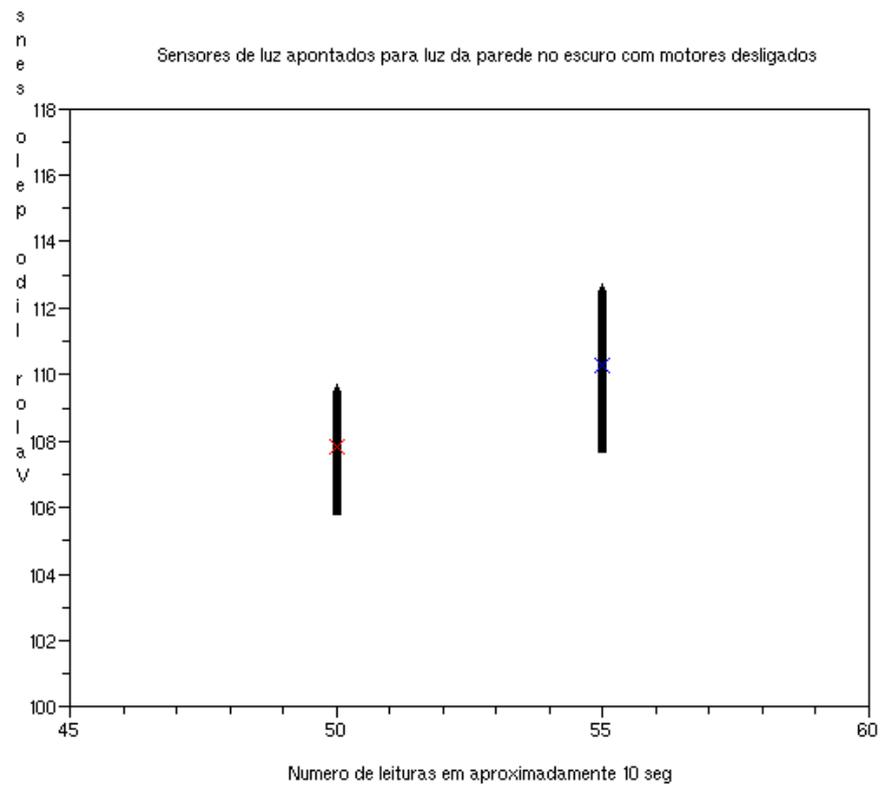


Figura 20: X sensor na porta analógica 2, X sensor na porta analógica 3

Os dois sensores leram valores semelhantes nesta situação.
 No teste seguinte os sensores apontavam para a luz da parede.

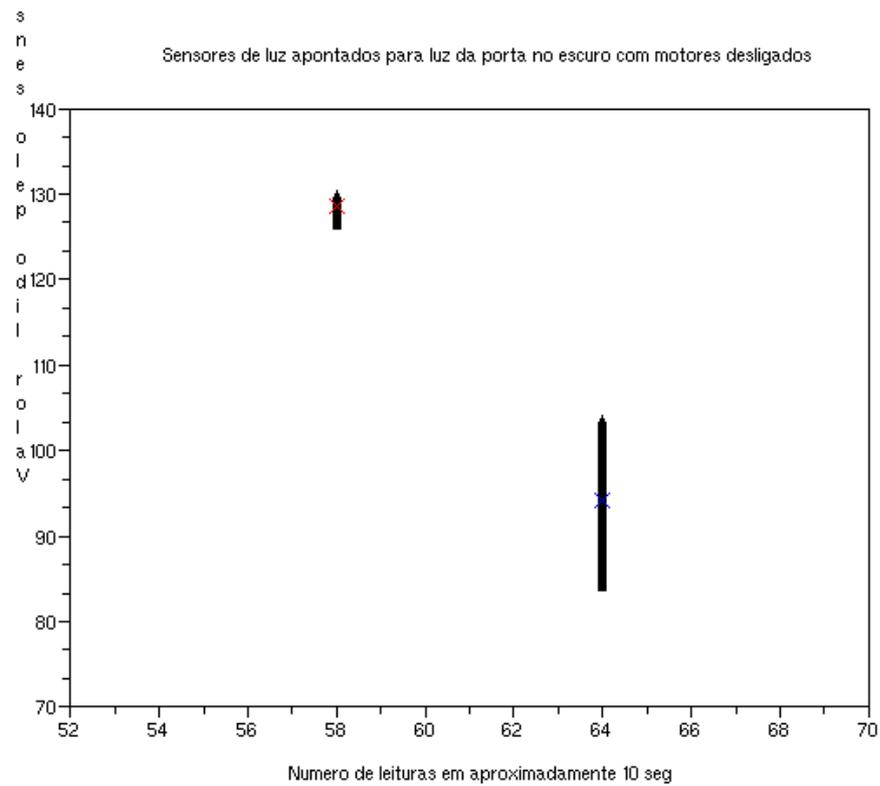


Figura 21: X sensor na porta analógica 2, X sensor na porta analógica 3

Ve-se que os sensores fizeram leituras diferentes para tal luz, mostrando que no teste anterior o resultado não ocorreu a uma falha de montagem dos sensores.

Agora executamos dois testes com as luzes do ambiente acessas e com os motores ainda desligados.

No primeiro apontamos os sensores para a luz da parede.

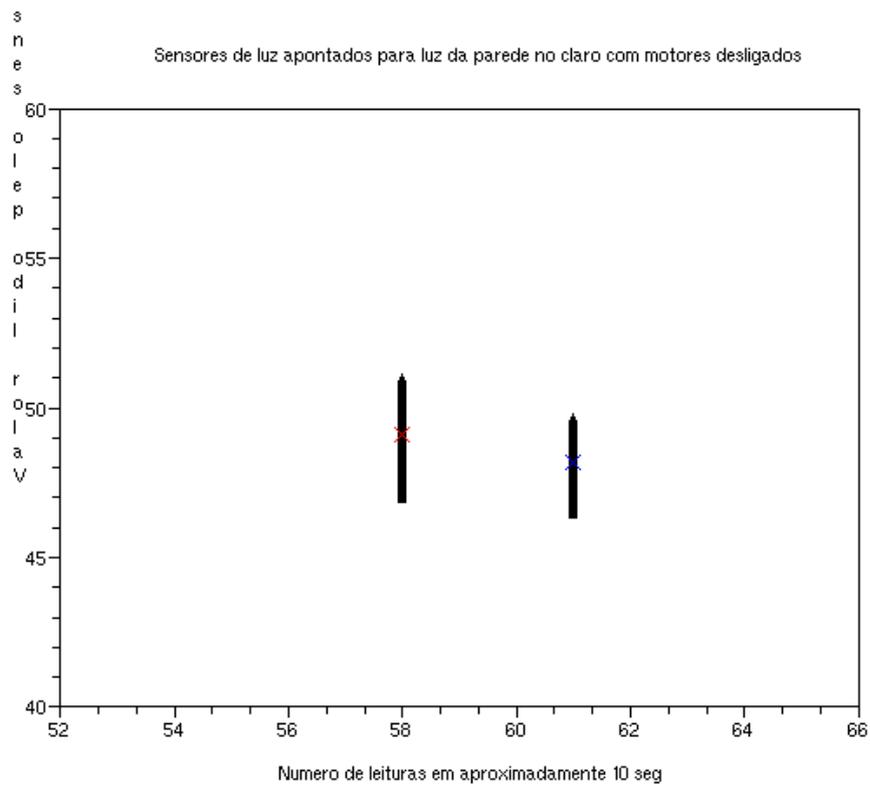


Figura 22: X sensor na porta analógica 2, X sensor na porta analógica 3

Neste teste, para a luz da parede, novamente tivemos resultados muito parecidos. Esta luz se tornou problemática para nós.

Aqui executamos o teste igual ao anterior, mas com os sensores apontados para a luz da porta.

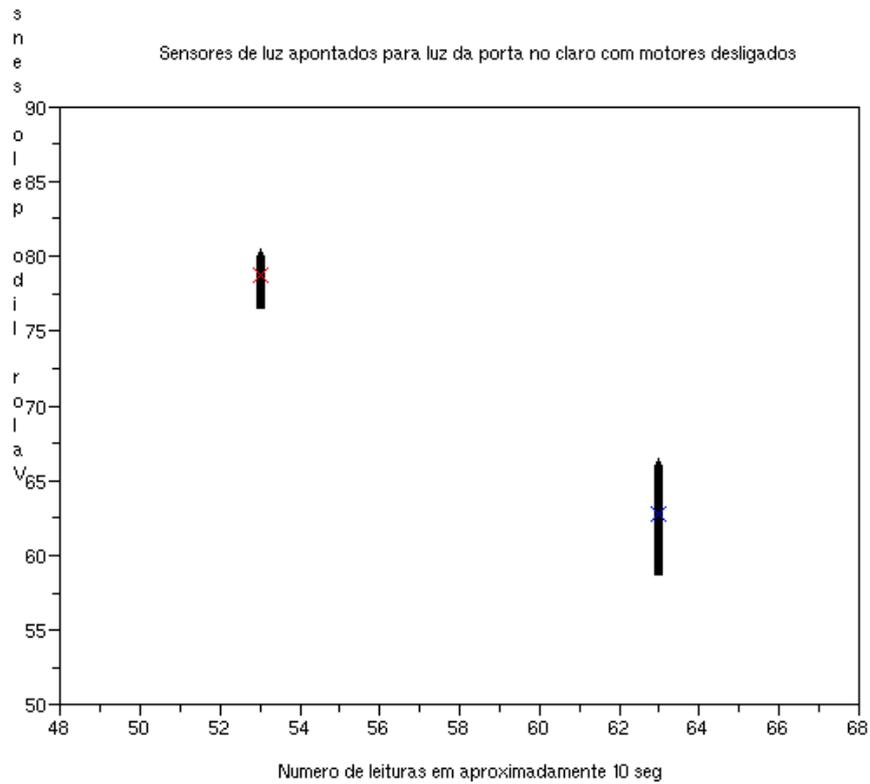


Figura 23: X sensor na porta analógica 2, X sensor na porta analógica 3

O sensores, percebe-se claramente, retornaram valores distintos mostrando uma tendência, pelo menos com motores desligados, de bom funcionamento dos sensores para a luz da porta.

Como os sensores não se diferenciavam para a luz da parede mesmo com os motores ligados, fizemos os testes com os motores ligados tendo os sensores apontados apenas para a luz da porta em ambiente apagado e acesso.

Com as luzes da sala apagadas tivemos

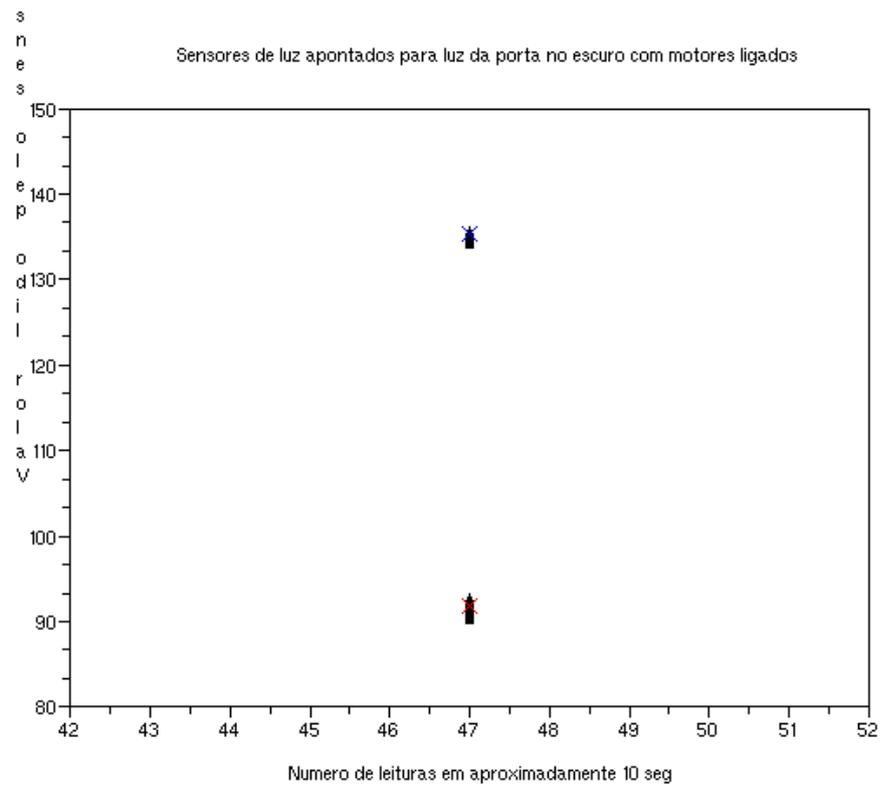


Figura 24: X sensor na porta analógica 2, X sensor na porta analógica 3

Com as luzes da sala acessas.

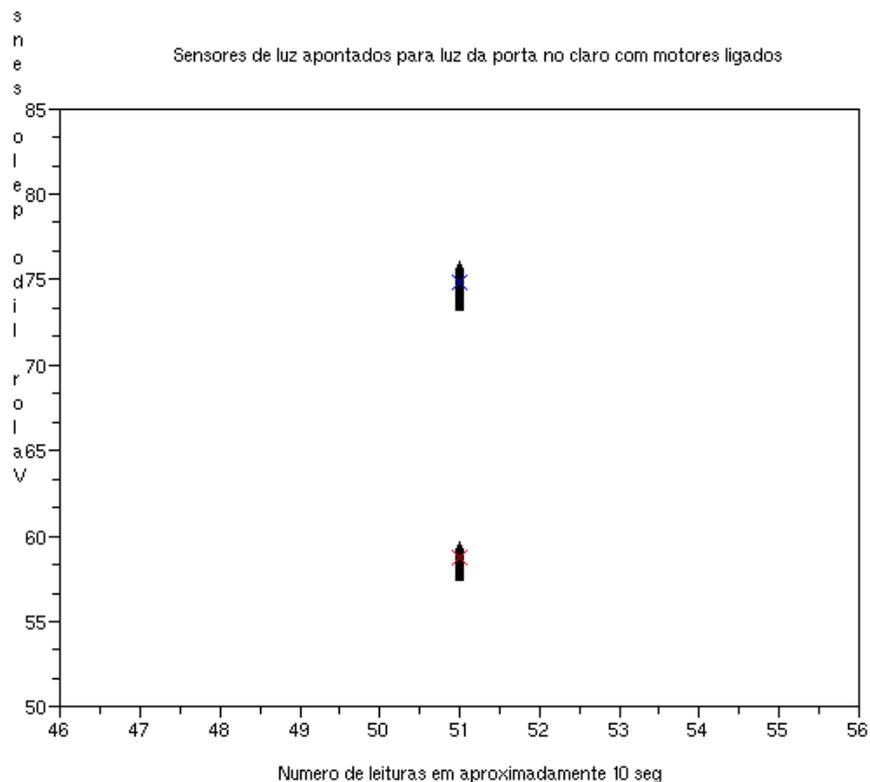


Figura 25: X sensor na porta analógica 2, X sensor na porta analógica 3

Para a luz da porta percebemos que os sensores sempre retornam valores bem distintos, ou seja, funcionam bem. Então construímos o programa de direcionamento para luz com esse comportamento em mente.

5 Implementação

Para este trabalho, como utilizamos a mesma construção mecânica do trabalho anterior, aproveitamos os módulos que faziam com que o robô tivesse movimentos de translação e rotação.

O programa implementado para o controle do robô pode ser visto em duas partes distintas.

A primeira delas é constituída pelos módulos com os códigos de calibração. Utilizamos código do livro referência do Fred e Martin, para a realização dos testes. Com este código enviávamos todas leituras realizadas pelo sensor para a porta serial de um computador. Isso facilitou bastante os testes de calibração.

A outra parte da implementação é responsável pela realização das tarefas. Nesta parte utilizamos variáveis persistentes que armazenavam valores medidos nas calibrações e com isso tínhamos os valores de referência. Usamos esses valores de referência como parâmetros para a

execução das tarefas nos testes executados para cada uma.

5.1 Tarefa 1: direcionar-se para a luz

Pelos testes de calibração percebemos que os sensor diferencial funcionava melhor para a luz da porta. Para executar essa tarefa construímos o programa de tal maneira que o robô inicialmente executava um giro, em torno de si mesmo, de 360 graus em busca desta luz. Como os sensores sempre apresentavam valores distintos quando estava apontados para essa luz, então durante esse movimento de rotação ao perceber que os sensores apresentam valores distintos o robô se direciona para o ponto em que os sensores apresentam tais valores esperando ser a luz da porta.

Esse movimento em direção a luz da porta na verdade é um movimento de translação de 30 cm. A cada 30 cm o robô refaz o giro de 360 graus em para corrigir sua trajetória em direção ao ponto em que os sensores têm leituras diferentes.

Ao chegar próximo da fonte o robô verifica se a fonte de luz da porta foi a fonte de luz determinada como destino, caso não ele executa um movimento de 180 graus e caminha reto, já que a outra fonte de luz(a fonte problemática) está no ponto oposto da mesa de testes.

5.2 Tarefa 2: seguir linha

O módulo que implementa essa tarefa basicamente efetua leituras sucessivas do chão. Após um determinado tempo onde um dos sensores fica lendo valores diferentes dos valores de referência de linha preta o robô corrige sua trajetória para a esquerda ou para a direita.

Não conseguimos criar um código em que ele testa os valores dos sensores paralelamente, então nosso código verifica se o sensor posicionado a direita está lendo valores correspondentes ao chão antes do sensor da direita, ou seja, correção de trajetória para a esquerda têm preferência sobre correções para a direita.

5.3 Tarefa 3: seguir linha e identificar blocos

O algoritmo que implementa esta tarefa se baseia no programa de detecção de linha, citado anteriormente, além de ser capaz de identificar as cores dos blocos. Isso é feito da seguinte maneira: a cada pequeno instante, o sensor ótico de identificação de cores tenta identificar um bloco a sua frente. Caso isso aconteça, ele executa a tarefa pré-determinada relativa à cor do bloco.

- **bloco vermelho:** o robô para até que se pressione o botão start;
- **bloco azul:** o robô gira 90 graus para direita;
- **bloco verde:** o robô segue reto por X segundos (x selecionável no menu);
- **bloco amarelo:** o robô gira 90 graus para esquerda.

6 Resultados

Durante os testes de realização das tarefas o robô executou bem a tarefa 2 que é seguir linha, no entanto as outras tarefas ele não foi muito bem (pelo menos até o momento da última atualização deste relatório).

7 Conclusões

Com este trabalho vimos a dificuldade que é se trabalhar com sensores, já que a capacidade de "visão" que temos com eles é limitada e os sensores com que trabalhamos não são totalmente confiáveis.

A solução que vimos para tais situações é o uso de código mais robustos e da utilização de capacidade computacional maior, já que juntos podem ser utilizados para trabalhar sobre as falhas dos sensores.