

## 5 Validação Experimental

Os experimentos realizados têm como objetivo validar o controle baseado em comportamento por meio de robôs reais, situados em uma arena definida, e utilizando para isso a teoria predador / presa.

### 5.1. Robôs

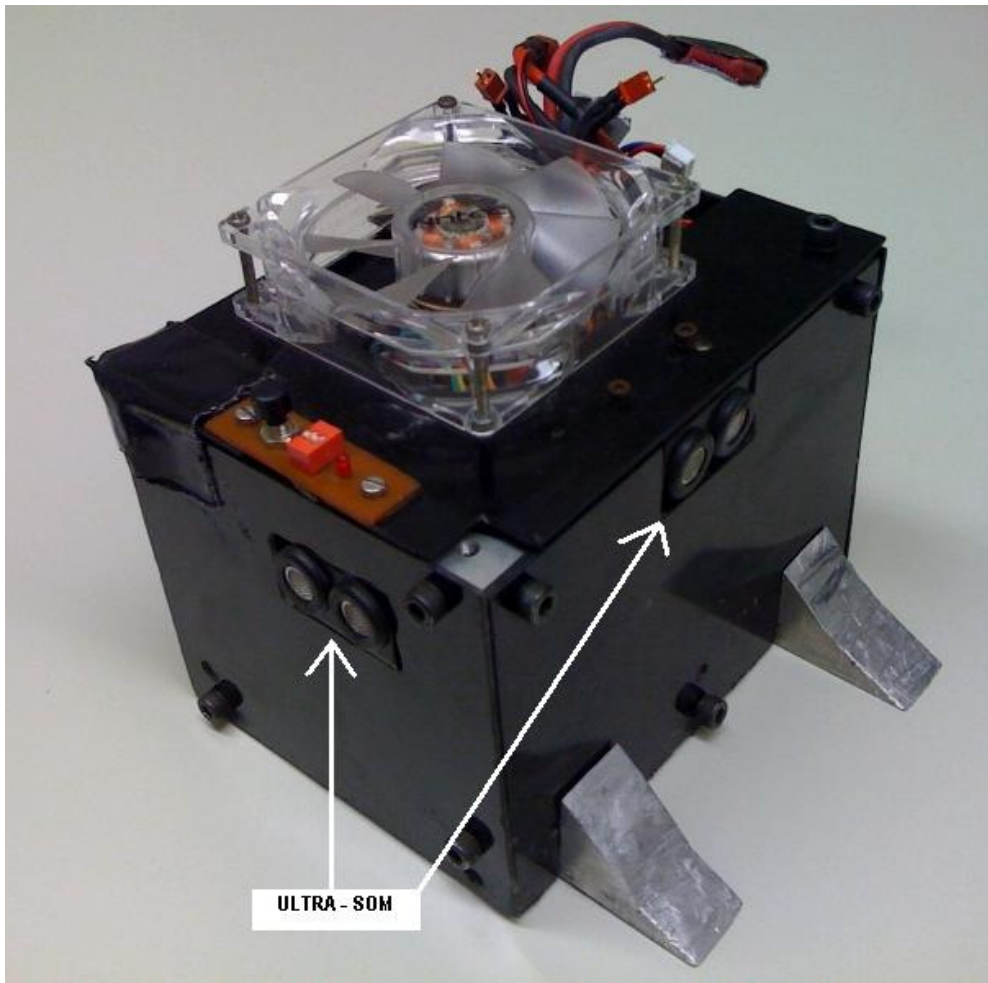
Dois robôs identicamente construídos de dimensões 156mm x 116mm x 111mm são os objetos de estudo deste experimento. (Figura 55).

Cada robô é movido por um par de esteiras acionadas por motores de corrente contínua *Integy Matrix Pro Lathe 75T* e caixa de redução *Banebots 36mm 16:1* responsáveis pela locomoção sendo um pra cada esteira, ou seja, trata-se de uma locomoção diferencial. Os robôs são acionados por uma bateria de lítio polímero.

Sensores ultrassom e infravermelho para detecção de outros robôs e de faixas de perigo, como já definido.

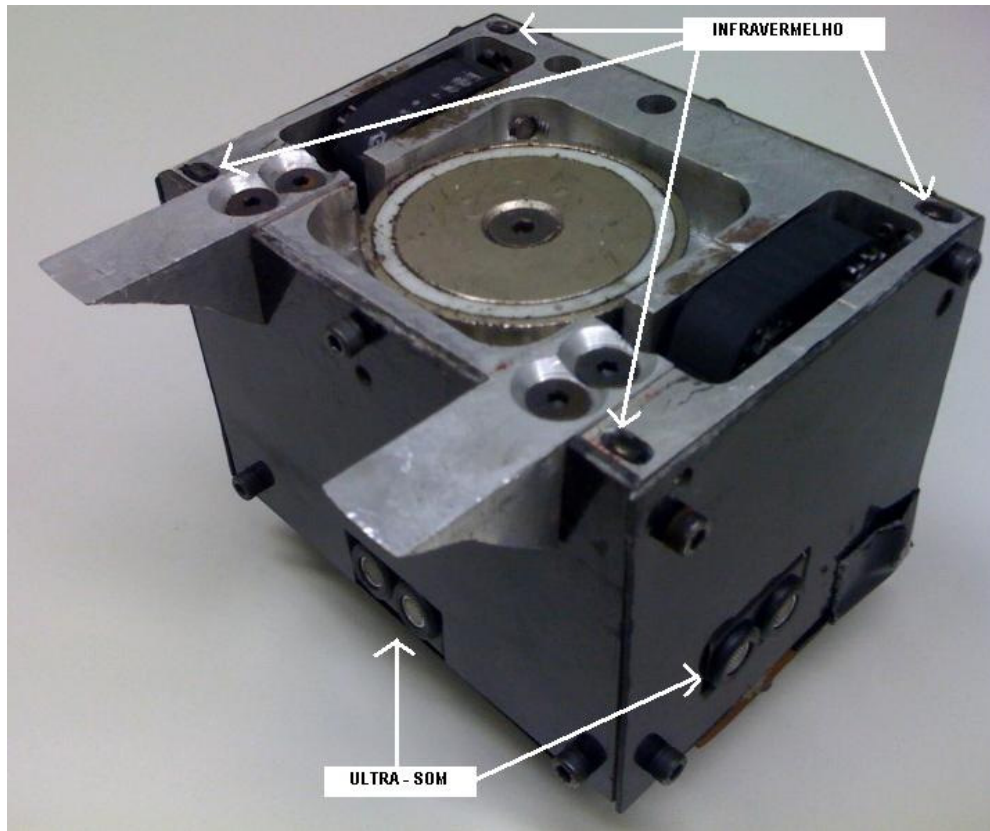
A fim de realizar todo processamento de controle, é utilizado um microcontrolador que é responsável pela leitura dos sensores e atuação sobre as rodas com base na programação embarcada.

O micro controlador utilizado foi o PIC 18F2550 da empresa *MicroChip*, pois apresenta baixo custo e características satisfatórias como: dez entradas analógicas, memória *flash* de 32k, memória RAM de 2048 bytes, *clock* de 48Mhz, duas saídas PWM e *buffer* para conexão USB (MICROCHIP, 2009)[18]



**Figura 55 – Robô predador e respectivos sensores de ultrassom.**

A única diferença entre os robôs é o sensoriamento de ultrassom. O robô predador possui um sensor ultrassom à frente e dois nas laterais esquerda e direita; já o robô presa possui um sensor ultrassom na traseira e os mesmos nas laterais.



**Figura 56 – Sensores infravermelhos localizados nas extremidades da base do robô.**

Os sensores infravermelhos estão instalados na base dos robôs (Figura 56) e posicionados para baixo a fim de detectar as bordas da arena, delimitados por faixas brancas, análogas às faixas azuis da simulação.

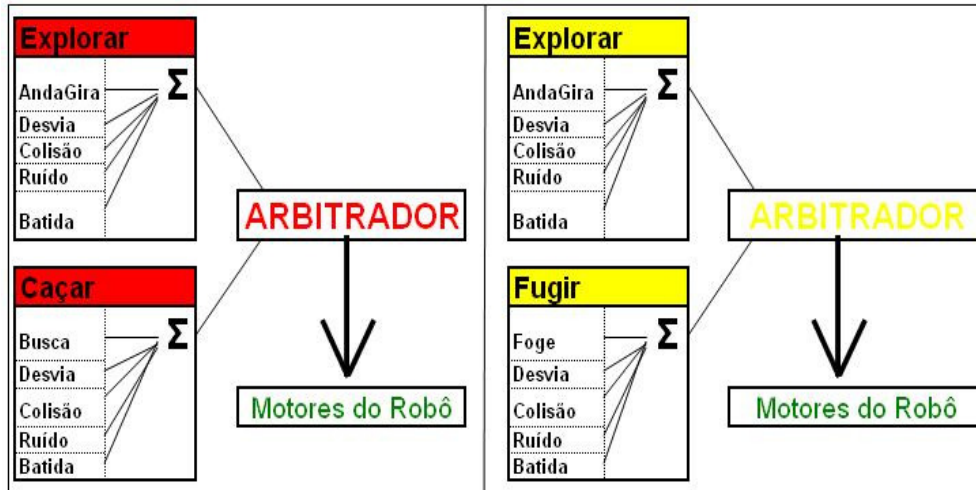


**Figura 57 – Robô predador, em verde, e robô presa, em azul, na arena.**

A arena foi construída com uma chapa de aço 1020 de espessura 3mm, com a parte interior pintada de preto e a faixa externa em branco para facilitar a leitura por parte dos sensores infravermelhos.

## **5.2. Predador / Presa**

Os robôs foram programados da mesma maneira que na simulação, ou seja, utilizou-se a programação baseada em comportamento com a arquitetura de esquemas motores aliada aos campos potenciais. A topologia também segue a mesma descrição com os esquemas motores EXPLORAR e CAÇAR para o robô predador, e EXPLORAR e FUGIR para o robô presa, assim como os esquemas perceptivos AndaGira, Desvia, Colisão, Ruído, Batida, Busca e Foge. (Figura 58).

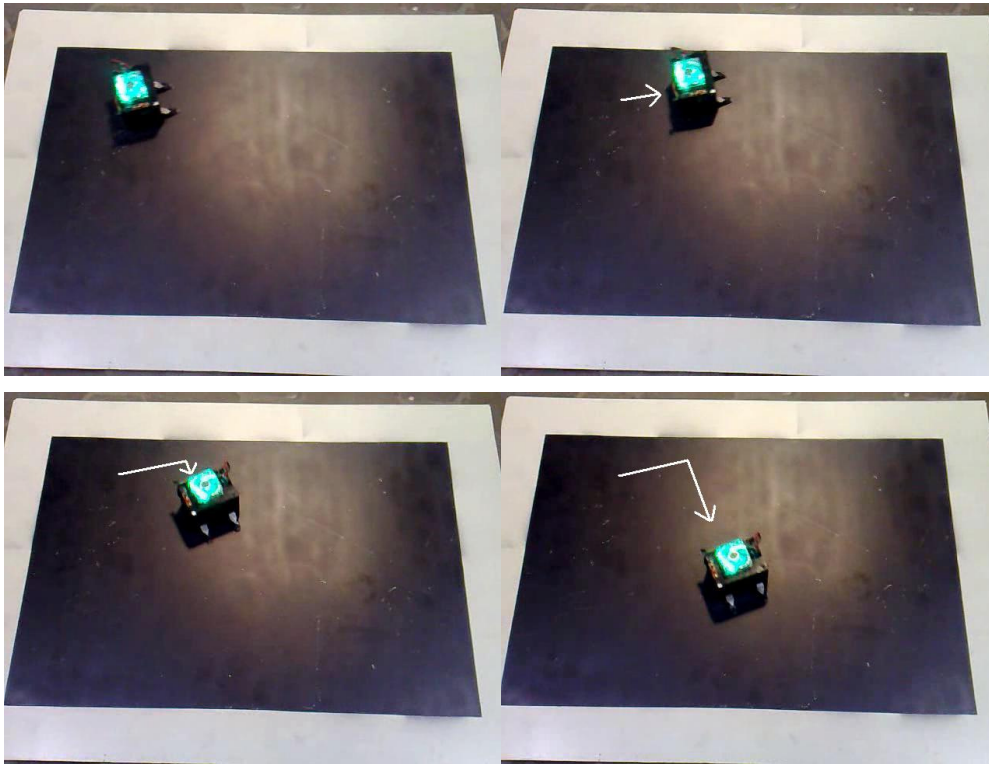


**Figura 58 – Topologia dos robôs reais predador e presa programados com controle baseado em comportamento.**

Assim como na simulação os valores atribuídos para as velocidades dos robôs são adimensionais e foram definidas para serem as mais altas possíveis para podermos comprovar o benefício do baixo custo de processamento do controle baseado em comportamento e para ser compatível com a simulação realizada.

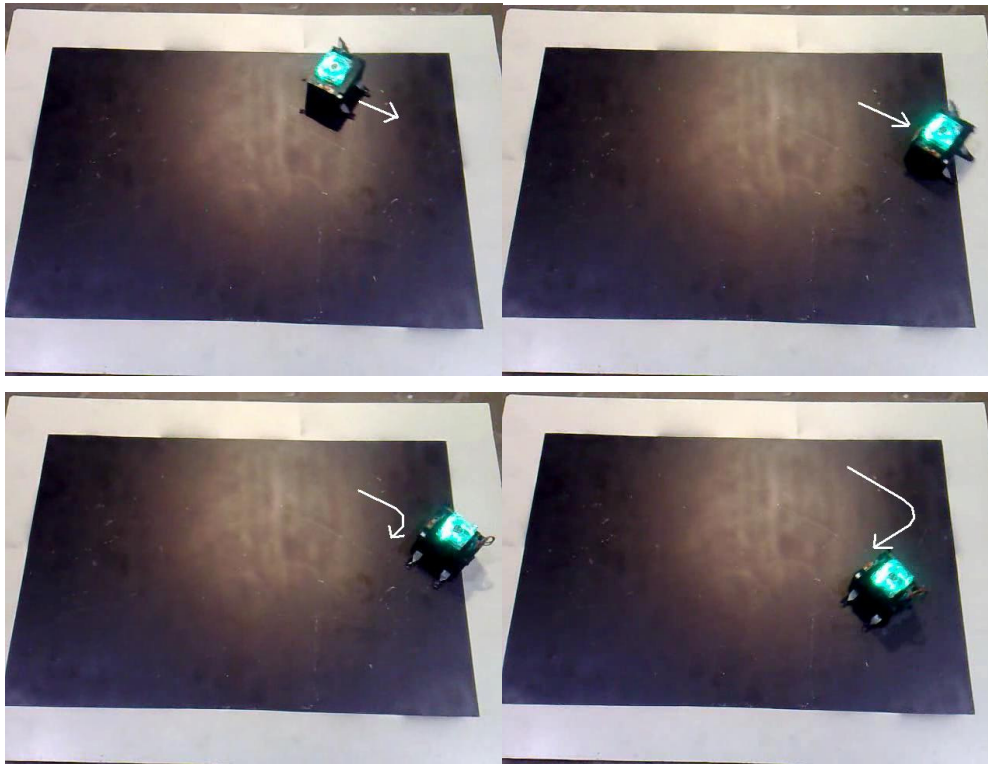
Os valores para velocidades máximas dos robôs foram definidos entre (80 para frente) e -70 (para trás). Velocidades angulares variam entre -70 (esquerda) e 70 (direita). Os ganhos foram definidos de forma binária, assim como na simulação.

As figuras a seguir apresentam os comportamentos básicos de locomoção e desvio.



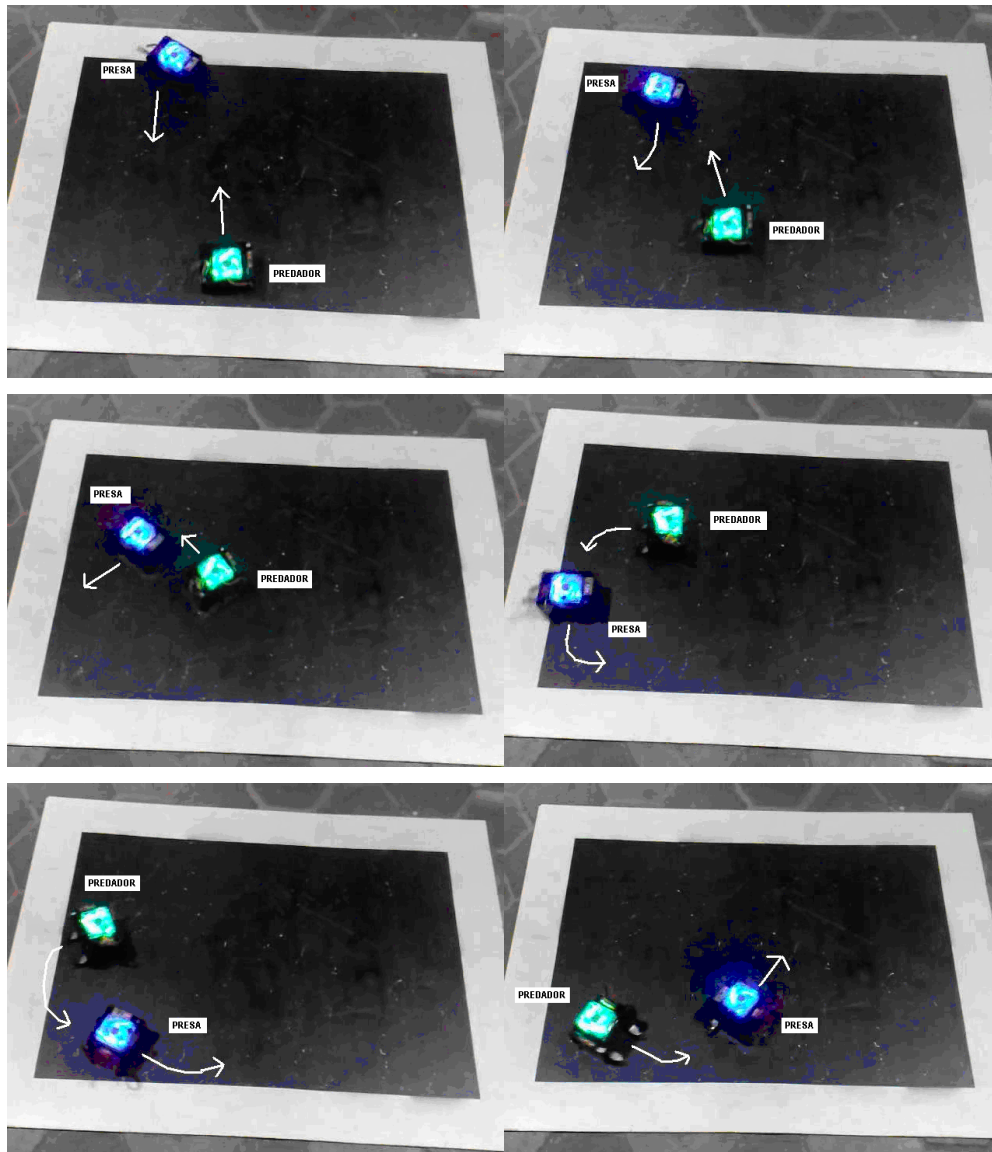
**Figura 59 – Robô predador executando esquema motor EXPLORAR.**

Na situação inicial da figura 59, o predador se encontra sozinho na arena apenas com o esquema motor EXPLORAR ativado, pois não há outro robô nas proximidades. Desta maneira, o esquema perceptivo AndaGira orienta o robô para executar a trajetória definida de exploração do ambiente, no qual o robô deve andar em linha reta durante 4s, e gira em sentidos alternados para melhor explorar o ambiente.



**Figura 60 – Robô predador desviando da faixa de perigo.**

Os esquemas perceptivos responsáveis pelo desvio das bordas do ambiente contribuem simultaneamente a partir da leitura dos sensores infravermelhos para o somatório vetorial final. Nota-se na figura 60, que o desvio da linha branca é efetuado com sucesso por parte do robô predador. Assim que o sensor infravermelho frontal esquerdo detecta a presença da faixa de desvio, o campo potencial repulsivo da borda contribui com alta magnitude para repelir o robô de volta para o interior da arena.

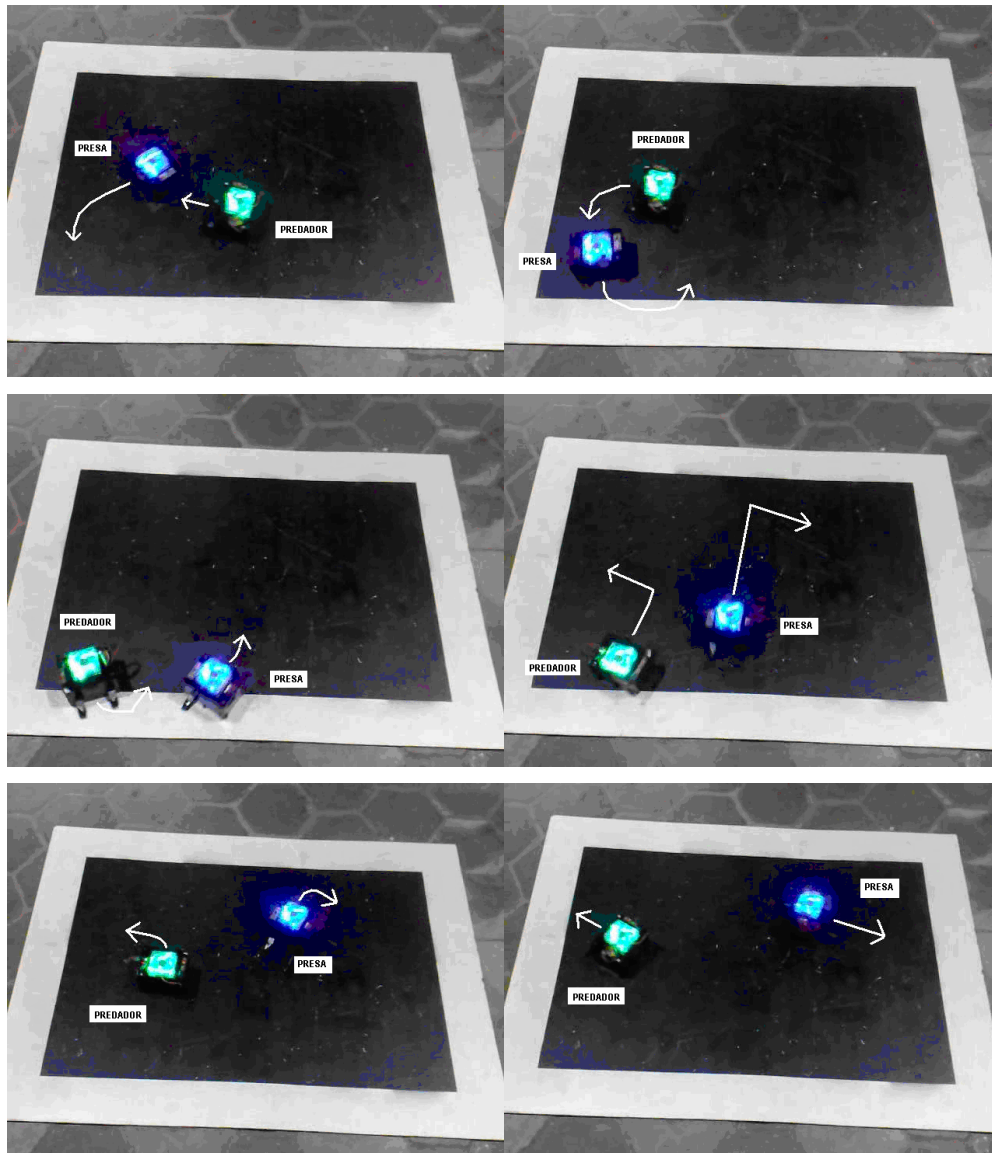


**Figura 61 – Manobra de desvio do robô presa.**

Na figura 61, os robôs entram em rota de encontro durante a exploração, e se detectam mutuamente no mesmo instante, contudo o campo potencial repulsivo criado pelo robô predador gera forças suficientes para fazer com que o robô presa consiga efetuar o desvio e evitar a colisão com o predador. Nestes e nos experimentos a seguir, a velocidade máxima do predador foi restringida para 80% da velocidade da presa. O robô predador por sua vez efetua a manobra de giro e perseguição do robô presa devido ao campo potencial atrativo criado pela presa. Os robôs seguem desviando das bordas das arenas.



Consegue-se observar que o robô presa consegue com sucesso evitar a colisão com o robô predador devido a não ter a necessidade de efetuar um grande giro sobre seu próprio eixo, e por ser um pouco mais veloz que o robô predador.

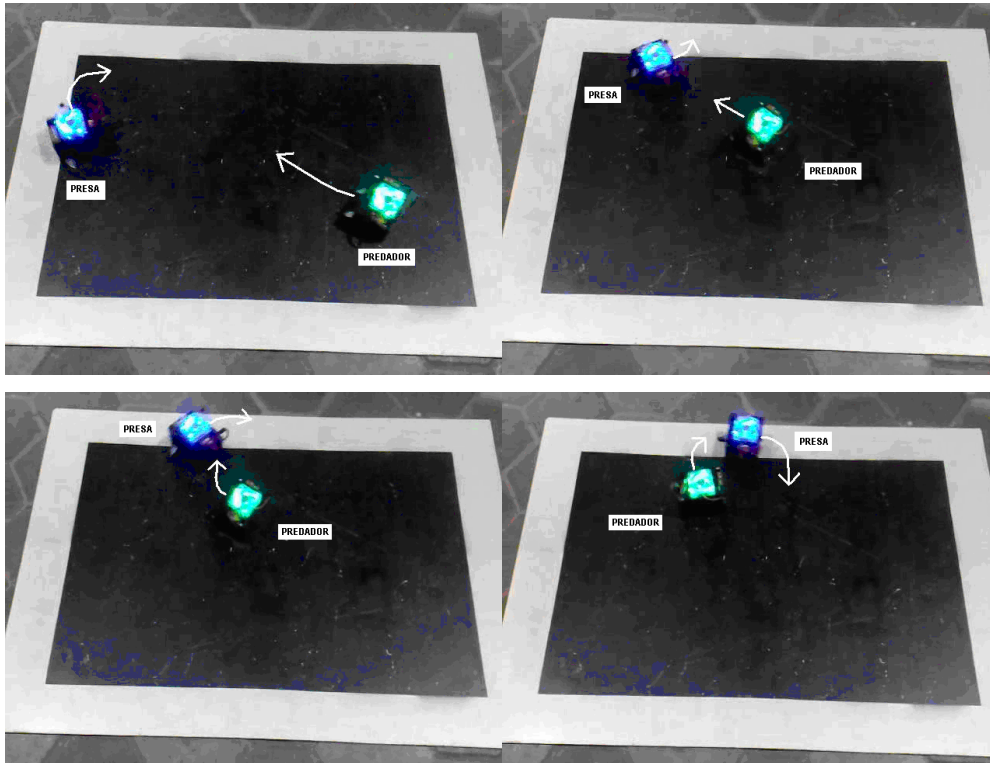


**Figura 62 – Manobra de fuga do robô presa.**

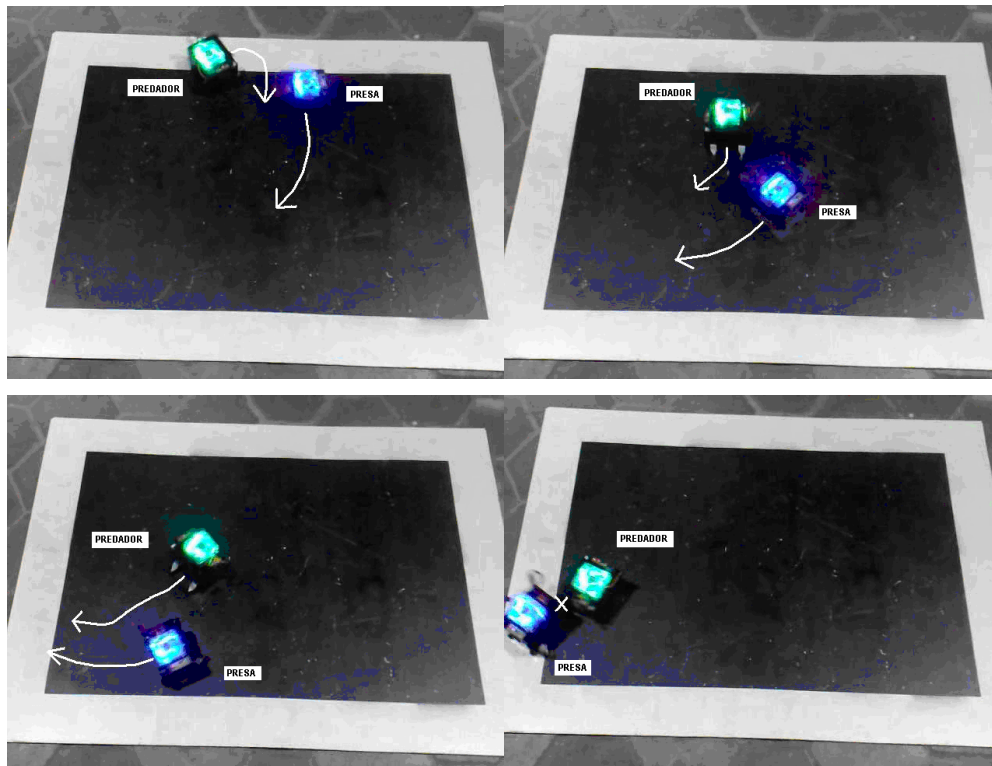
Na figura 62, a manobra de fuga executada pelo robô presa consiste em estabelecer uma trajetória capaz de sair do alcance dos sensores do predador. Têm-se os dois robôs muito próximos na primeira imagem, contudo o campo potencial repulsivo gerado pelo predador empurra o robô presa para a borda da arena em um ângulo aberto. Esta angulação favorece a rápida execução de desvio tanto da borda quanto do robô predador, visto que os campos potenciais de ambos estão se somando constantemente. O campo potencial que faz o predador voltar

para o interior da arena força este robô à executar uma curva para a esquerda atrapalhando a perseguição, porém ao voltar para o interior da arena a perseguição é retomada. À medida que o campo potencial do predador tende a empurrar a presa para fora da arena, o campo potencial da borda da arena contribui com alta magnitude para manter o robô dentro da área.

A partir deste somatório, nota-se que o robô presa consegue efetuar o desvio do predador com sucesso, e admite uma trajetória retilínea de fuga. Uma vez que o predador ainda está executando o desvio da faixa de perigo e a presa já assumiu um trajetória em linha reta, em um determinado momento o predador não consegue mais detectar a presa, o que causa em ambos o retorno às condições iniciais e encerra com sucesso a manobra de fuga por parte do robô presa.



**Figura 63 – Início da trajetória de captura da presa.**



**Figura 64 – Fim da trajetória de captura da presa.**

No início do experimento, na figura 63, o robô predador detecta a presa e traça uma rota retilínea de interceptação.

A presa só identifica o robô predador quando este já se encontra muito próximo, é neste instante que o arbitrador aciona o esquema motor FUGIR. O campo potencial repulsivo repentino gerado pelo predador empurra a presa contra a borda da arena e com o somatório de forças do campo potencial da faixa de desvio o robô presa consegue, por pouco, evitar a colisão com o robô predador.

Contudo a perseguição se estende para o meio da arena, figura 64. As condições da trajetória impõem uma trajetória na qual o predador tende a encurralar a presa no canto inferior esquerdo da arena.

Quando o robô presa se aproxima do canto da arena e se depara com a faixa de perigo, ele inicia o desvio, mas a trajetória estabelecida pelo predador acarretou na colisão entre os robôs, o que caracteriza que o predador capturou a presa com sucesso.

Todos os experimentos realizados retrataram com certa fidelidade as simulações. Fatores como escorregamento das esteiras e pequenas interferências nos sensores ultrassom e infravermelhos contribuem para pequenas diferenças em

relação à simulação, contudo num contexto geral obteve-se a validação experimental de maneira satisfatória.

O acervo de equipamentos disponível até o momento destes experimentos não dispunha de um sistema de captação de movimento para que se pudessem executar comparações qualitativas. Entretanto, dezenas de repetições realizadas quantitativamente ajudaram a comprovar e validar o experimento junto às simulações.