

1 Introdução

1.1. Origens

A biologia trouxe através dos anos inúmeras formas de controle primitivo, que num contexto ambiental geram resultados complexos e eficientes.

A inspiração para o controle baseado em comportamento aplicado a robôs móveis autônomos veio do comportamento animal. Trata-se de uma metodologia baseada em um conjunto de módulos interativos, ou comportamentos primitivos, que são processos ou leis de controle que possuem um objetivo bem definido por exemplo, o de ‘desviar de obstáculos’, que traduz a idéia de evitar colisões e ‘buscar’, representando a idéia de procurar um objeto ou localidade.

Nos anos 80 foram dados os primeiros passos no desenvolvimento desta metodologia: o professor Rodney Brooks (1986) desenvolveu e implementou a arquitetura de subsunção em robôs autônomos.

O controle baseado em comportamento é fundamentalmente baseado em reações. Não há um plano de ações a serem executadas e não existe um modelo ambiental pré-definido, ou seja, toda a informação é obtida através do sensoramento existente. O robô percebe e reage ao ambiente e suas variações à medida que se locomove, o que reforça a definição de Brooks (BROOKS 1986) [16]: “Planejar é apenas uma maneira de evitar descobrir o que fazer a seguir” e de Arkin (ARKIN, 1998) [1] que diz, “Percepção é uma impressão obtida de um objeto pelo uso de sentidos: *sense-datum*”. Pode-se entender a impressão de vários objetos como a modelagem do ambiente desejado utilizando sensoramento diverso.

Um observador externo interpreta os comportamentos como padrões de atividade do robô emergentes das interações entre o robô e seu ambiente, já um programador vê os comportamentos como módulos de controle com funções bem definidas e limitadas que trabalham em conjunto a fim de alcançar uma meta desejada.

Cada comportamento pode receber entradas de sensores como câmeras, ultrassom, infravermelho e/ou outros comportamentos no sistema e oferece saídas para os atuadores do robô, como rodas, garras, braços e/ou outros comportamentos. Quando agrupados, eles conseguem executar as mais diversas e complexas funções no ambiente, tornando o controle em si uma tarefa segmentada. Esta tarefa é a divisão do objetivo principal em pequenos módulos, que de uma forma ideal atuam independentemente uns dos outros, mas que em conjunto resultam em comportamentos complexos.

Os comportamentos primários possuem um estado de atuação que, agrupados de maneira a serem executados paralelamente, podem criar representações que, ao contrário dos sistemas puramente reativos, não são limitadas nas capacidades de expressão e aprendizado.

A lógica derivada desta técnica torna mais simples a programação e organização das tarefas pois, com sua estrutura modular, permite inclusive a adição de novos sensores sem grandes mudanças no código já existente. Nesse caso, os sensores adicionais proveriam mais “comportamentos” que atuariam em algum nível da hierarquia de controle.

1.2. Motivação

Os sistemas móveis autônomos atuais enfrentam dois grandes problemas em sua arquitetura: a localização relativa ao ambiente com precisão suficiente para a tarefa e a complexidade da programação das ações a serem executadas, face à grande quantidade de sensores. Estes sensores geram inúmeras combinações de atitudes possíveis, as quais precisam ser planejadas e calculadas antes do processo se iniciar.

Tarefas a serem executadas por robôs móveis autônomos em ambientes desconhecidos geram um grande problema em relação à auto-localização e à extensa programação agregada ao processo, pois o mapeamento do ambiente de trabalho utiliza técnicas sofisticadas que necessitam de um alto grau de processamento, acarretando numa alta complexidade em sua lógica.

Robôs autônomos interplanetários são um exemplo de alta complexidade de programação, pois necessitam de muitos sensores com finalidades diferentes que

proporcionam informações variadas, gerando uma extensa e complexa programação das tarefas. (Figura 1).



Figura 1 - Robôs interplanetários SRR (Sample Return Rover) e FIDO (Field Integrated Design and Operations). (SCHENKER, 2003) [14]

Uma das soluções para o problema do alto grau de complexidade de programação seria utilizar a técnica de controle reativo (Figura 2), que se baseia em determinar reações a serem tomadas de acordo com a leitura dos sensores. Este processo é simples do ponto de vista computacional, pois pode ser aplicada a cada sensor independentemente gerando respostas rápidas ao sistema. Este tipo de controle resulta em baixos tempos de resposta, porém com um grau de acerto baixo devido a não haver hierarquias entre os sensores.



Figura 2 - Controle Reativo em robô com funções de escritório. (FENG, 1994)

[9]

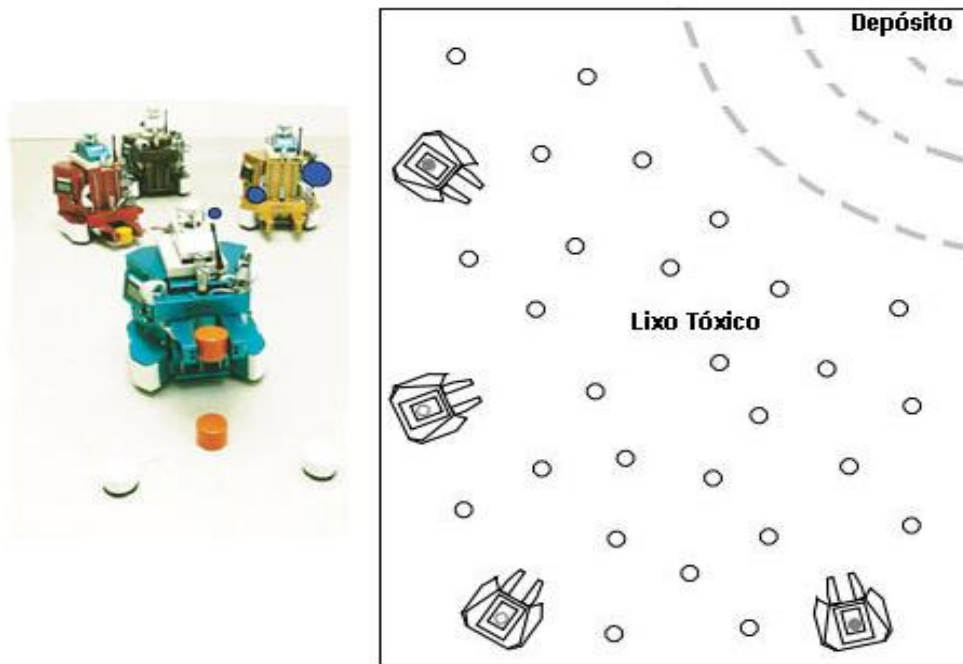
O controle baseado por comportamento agrega valor ao controle reativo, pois cria módulos básicos de programação das reações aos dados de entrada e define uma hierarquia e prioridades entre eles. Brooks (BROOKS, 1999) [16] desenvolveu Genghis I, um robô inseto de seis patas utilizando o controle baseado por comportamento. (Figura 3).



Figura 3 - Robô inseto Genghis I controlado por comportamento. (BROOKS, 1999) [16]

Esta teoria serviu como base para o desenvolvimento de um controle de múltiplos robôs em um mesmo ambiente, com os mesmos comportamentos, que agregados geram resultados eficientes e com muita robustez.

Goldberg (GOLDBERG, 2001) [45] criou um sistema de controle baseado em comportamento de quatro robôs R2e com objetivo de coletar material tóxico e que interajam entre si de forma a completar a tarefa da maneira mais eficiente possível e com a robustez de execução mesmo que um ou mais robôs apresentem algum defeito. (Figura 4).



**Figura 4 - Robôs R2e baseados em comportamento para coleta de lixo tóxico.
(GOLDBERG, 2001) [45]**

O controle baseado em comportamento utilizando um sensoriamento óptico incremental de alta resolução e conjunto com sensores ultrassônicos e infravermelhos é proposto neste trabalho para obter um sistema facilmente programável e com rápido tempo de resposta.

Outra grande aplicação que utiliza o controle comportamental cooperativo é o futebol de robôs. Existem várias categorias desta modalidade, mas a que mais se destaca é a que utiliza os robôs com quatro membros articulados com intuito de simular um cachorro, chamado AIBO da empresa *SONY* (Figura 5). Peter Stones (STONE 2007) [46] apresenta todo o processo de estudo e implementação da teoria do controle por comportamento para o futebol de robôs. (Figura 6).



Figura 5 - Robôs AIBO da empresa SONY. Simula o comportamento de um cachorro real. (STONE, 2007) [46]

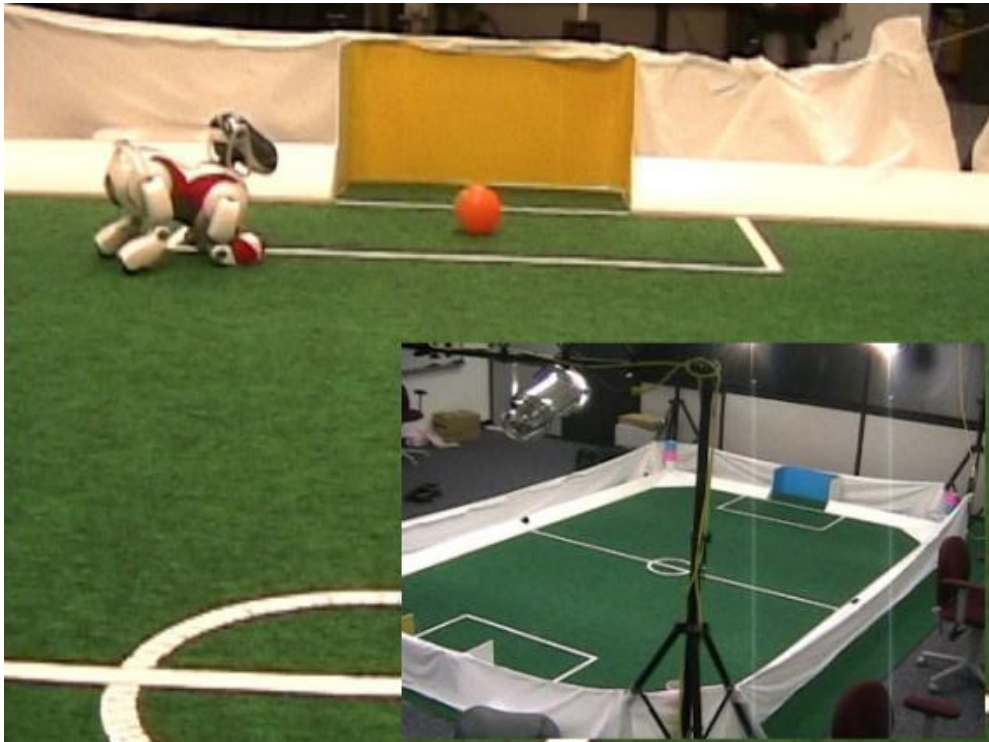


Figura 6 – Campo de competição de futebol de robôs. (STONE, 2007) [46]

Mataric (MATARIC, 1997) [47] publicou diversos trabalhos que abordam o controle baseado em comportamento para robôs móveis autônomos. Desenvolveu projetos para robôs representarem individualmente ou em grupo comportamentos exploratórios, ataque, dispersão, formação em cadeia dentre outros. (Figura 7)

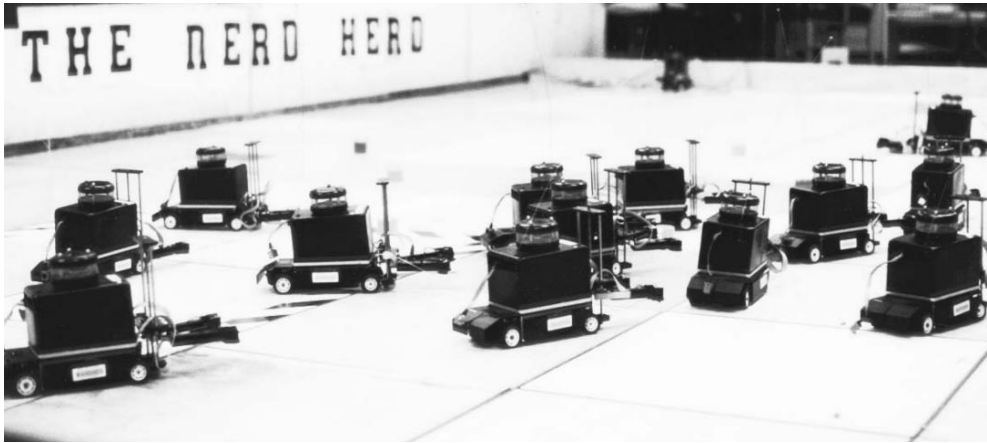


Figura 7 – Robôs ISX utilizados para experimentos com controle baseado em comportamento. (MATARIC, 1997) [47]

Aliada ao controle baseado em comportamento, a técnica de campos potenciais inicialmente implementada por Khatib (KHATIB, 1985) [21], Andrews (ANDREWS, 1983) [22] e Krogh (KROGH, 1984) [23] traz grande contribuição na navegação do dispositivo, pois trata o conteúdo do ambiente como sendo partes atrativas, repulsivas ou inertes analogamente aos campos eletromagnéticos e/ou campos gravitacionais.

Os campos potenciais são utilizados para agregar inteligência ao controle baseado em comportamento, Arkin (ARKIN, 1998) [1], Brooks (BROOKS, 1999) [48], Murphy (MURPHY, 2000) [26] e Stone (STONE, 2007) [46] contribuíram para este progresso pois aplicaram os campos potenciais em diversos projetos comportamentais.

“Transformar um robô de um computador sobre rodas, meramente capaz de perceber algumas propriedades físicas do ambiente através de seus sensores, em um agente inteligente, capaz de identificar atributos, detectar padrões e regularidades, aprender a partir de experiência, localizar-se, construir mapas e navegar, necessita da aplicação simultânea de muitas disciplinas de pesquisa.” (NEHMZOW, 2000) [34]

1.3. Objetivo e Contribuição

A presente dissertação tem como objetivo simular e implementar o controle baseado em comportamento de um robô móvel autônomo. Este robô terá sua percepção do ambiente gerada a partir do sensoriamento embarcado e utilizará a

arquitetura de controle de esquemas motores “*Motor-Schema*” desenvolvida por Ronald C. Arkin (ARKIN 1998) [1] que utiliza uma variação dos métodos de campos potenciais para determinar as ações a serem tomadas.

As contribuições geradas neste trabalho contemplam uma grande revisão bibliográfica sobre o assunto e elaboração de uma documentação técnica completa, pouco difundida em língua portuguesa. A bibliográfica de referencia sobre o assunto, em língua inglesa, cita a utilização de cinco comportamentos primitivos que agregados, geram três comportamentos complexos. Neste trabalho utilizaram-se dez comportamentos primitivos que combinados geram cinco comportamentos complexos, além de fornecer todos os códigos fonte utilizados nas simulações e experimentos.

1.4. Organização da Dissertação

Feita a introdução histórica e com motivação e objetivo estabelecidos, organizou-se o trabalho da seguinte forma:

Capítulo 2: Apresenta o embasamento teórico para entendimento desta dissertação e contempla os tipos de controles autônomos existentes, arquiteturas usadas no controle baseado em comportamento e a ferramenta de simulação usada.

Capítulo 3: Apresenta o hardware sensorial que foi utilizado, tanto na simulação quanto nos experimentos.

Capítulo 4: Detalha toda a simulação realizada sobre o controle baseado em comportamento.

Capítulo 5: Demonstra o experimento realizado e o compara com as simulações.

Capítulo 6: Conclusões finais da dissertação.

Capítulo 7: Referências bibliográficas.