



# Mestrado em Engenharia Informática

## Sistemas Baseados em Agentes

### Agentes Reativos

1120118 – Margarida Coelho

Abril de 2014

## 1 Introdução

Os agentes têm suas origens em quatro áreas de pesquisa diferentes: robótica, inteligência artificial, sistemas distribuídos e computação gráfica. Inicialmente, os trabalhos sobre agentes eram baseados no raciocínio simbólico da Inteligência Artificial, isto é, eram baseados na premissa que entidades inteligentes são aquelas que conseguem representar e manipular o conhecimento. Esta representação é feita recorrendo ao uso de símbolos, à semelhança da linguagem humana.

Em meados dos anos 80, uma nova escola de pensamento surgiu que foi fortemente influenciada pela psicologia comportamental – a escola “reativa”.

A ideia de decompor um sistema complexo em simples agentes encontrou seguidores principalmente na área de robótica. Frustrado com a complexidade dos robots construídos em torno de grandes sistemas de software homogêneos, Rodney Brooks [1] propôs um design radicalmente diferente. Na sua opinião, o comportamento inteligente e complexo seria emergente na interação de muitos comportamentos simples. Cada comportamento é um agente simples cuja ativação é decidida por uma arquitetura de controlo. Sistemas complexos foram substituídos por sensores simples especializados em situações particulares, e as ações foram tomadas com base em regras muito simples. Brooks mostrou que usando essa abordagem, pode-se muito facilmente construir robots autónomos robustos. [2]

Neste texto, aborda-se o conceito de agente, as suas propriedades e classificações, detalhando o conceito de agente reativo por oposição aos agentes deliberativos. Apresenta-se também um exemplo de um sistema multiagente baseado em agentes reativos.

## 2 Conceito de Agente

No âmbito da Inteligência Artificial Distribuída, o termo agente é largamente utilizado não havendo no entanto, uma definição universal do mesmo. O conceito de agente foi definido por vários autores entre os quais se destacam os seguintes:

Segundo Wooldridge, *“um agente é um sistema computacional que está situado em algum ambiente, e que é capaz de ações autónomas neste ambiente visando alcançar seus objetivos propostos”* [3]

Franklin e Graesser deram a seguinte definição: *“Um agente autônomo é um sistema situado e que faz parte de um dado ambiente, que sente esse ambiente e age nele ao longo do tempo, de forma a realizar a sua própria agenda e de forma a afetar o que sentirá no futuro”* [4]

Para Russel e Norvig, *“Um agente é algo que pode ser visto como tendo a percepção de um ambiente através de sensores e agir nesse ambiente através de atuadores”* [5]

O termo agente pode ser definido de uma maneira geral como sendo um sistema computacional que goza das seguintes propriedades [3]:

- **Autonomia:** agentes operam sem a intervenção direta de humanos ou de outros agentes, e têm algum tipo de controlo sobre suas ações e estado interno;
- **Habilidade social:** agentes interagem com outros agentes (e possivelmente com humanos) através de uma dada linguagem de comunicação entre agente;
- **Reatividade:** agentes percebem o seu ambiente (que pode ser o mundo físico, o utilizador através de uma interface gráfica, uma coleção de outros agentes, a Internet, ou todos estes combinados), e respondem rapidamente às mudanças que ocorrem no mesmo;
- **Pro-atividade:** agentes não se limitam simplesmente a agir em resposta ao seu ambiente, eles são capazes de exibir um comportamento dirigido a objetivos, tomando a iniciativa.

Wooldridge [3] explica que parte da dificuldade em se definir o termo agente surge do fato de que para diferentes domínios de aplicação, os atributos associados ao conceito de agente assumem diferentes níveis de importância. Assim, tendo em conta o tipo de problema que é suposto resolverem, os agentes também podem exibir os seguintes atributos [4]:

- **Mobilidade:** capacidade de um agente se movimentar de um local para outro. No contexto de agentes de *software* é a habilidade de um agente se mover pela rede;
- **Adaptabilidade ou aprendizagem:** capacidade de alterar o seu comportamento baseado na sua experiência prévia;
- **Continuidade temporal:** O agente é um processo que é executado continuamente ao longo do tempo;

- **Flexibilidade:** capacidade de fazer uma escolha dinâmica das ações e da sua sequência de execução;
- **Carácter:** o agente possui uma personalidade e eventualmente possui também um “ estado emocional”.

Os agentes mais vulgares são os agentes de *software*. No entanto, os agentes podem ter uma existência física (possuindo um corpo), designando-se nesse caso por agentes robóticos.

### 3 Classificação de Agentes

As características dos agentes podem ser utilizadas para agrupá-los em classes ou tipologias. Em relação à reatividade, os agentes podem ser classificados em dois grupos: reativos e deliberativos.

#### 3.1 Agentes Deliberativos

Agentes deliberativos seguem a abordagem clássica da Inteligência Artificial onde os agentes possuem uma representação simbólica e explícita do seu meio ambiente sobre o qual eles podem raciocinar e do qual eles podem prever eventos futuros. Os agentes são movidos por intenções ou seja, por objetivos específicos que orientam o seu comportamento e os torna capazes de escolher entre possíveis ações. [6]

Os agentes deliberativos têm uma arquitetura complexa o que significa que o seu custo cognitivo é elevado. Possuem uma representação interna do mundo que deve ser adequada ao ambiente onde atuam. O processo de relacionar esta representação interna com o próprio mundo revela-se uma tarefa complexa.

Devido à sua complexidade, os agentes deliberativos são muitas vezes considerados autossuficientes podendo trabalhar sozinhos ou em sociedades com um pequeno número de agentes. [6]

## 3.2 Agentes Reativos

Agentes reativos não têm representação interna do seu ambiente e agem utilizando um comportamento do tipo estímulo - resposta, ou seja, respondem ao atual estado do ambiente no qual estão inseridos. [6]

As decisões tomadas são implementadas numa forma de mapeamento direto da situação para a ação, usando regras de condição → ação.

O processo de tomada de decisão de um agente ocorre em tempo real, em resposta a estímulos do ambiente, captados por seus sensores.

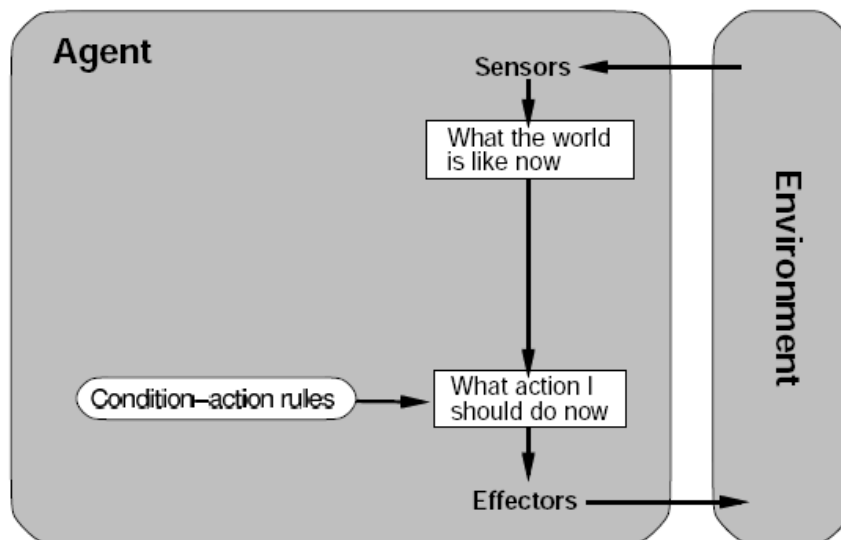


Figura 1 - Modelo de agente reativo simples [5]

Seguem padrões simples de comportamento que podem ser facilmente programados. São simples, fáceis de entender e como não contêm uma representação interna do mundo, o seu custo cognitivo é baixo. Conseguem realizar ações relativamente complexas com base em arquiteturas simples por isso se diz que possuem economia cognitiva.

Os agentes reativos não podem trabalhar sozinhos e normalmente cumprem as suas tarefas em grupo. As sociedades de agentes reativos têm em geral um grande número de agentes.

Não possuem memória das ações executadas no passado nem podem prever ações a serem executadas no futuro. A sua ação é baseada no que acontece no momento, no modo como

vão tendo percepção e vão distinguindo as diversas situações no seu ambiente. Consequentemente, não podem planejar antecipadamente as suas ações. Esta característica é uma vantagem porque não têm que rever o seu modelo do mundo quando este é alterado inesperadamente.

Robustez e tolerância a falhas é uma das principais propriedades dos sistemas de agentes reativos. Um grupo de agentes deste tipo pode completar tarefas mesmo quando um dos agentes falha, isto é, a perda de um agente não impede a conclusão de uma tarefa uma vez que a atribuição de papéis vai sendo feita no momento através da percepção das necessidades do ambiente [6].

Os sistemas reativos são considerados flexíveis e adaptativos porque conseguem gerir os seus recursos, ou seja os agentes, em ambientes imprevisíveis podem concluir as tarefas mesmo em caso de falha parcial do sistema [6].

Estudos relativos a agentes reativos podem ser encontrados no trabalho de Agre and Chapman, 1987, Steels, 1989 e principalmente Brooks, 1986. De fato, Brooks argumenta que o comportamento inteligente pode ser realizado sem o tipo de representações simbólicas explícito da Inteligência Artificial tradicional [7].

## 4 Arquiteturas Reativas

Uma arquitetura de agente determina a sua estrutura interna, definindo os módulos que lidam com as diversas tarefas a serem executadas pelo agente e a forma como estes módulos interagem a fim de intervir no ambiente do agente [8].

As arquiteturas de sistemas multiagente definem a forma como os agentes são organizados a fim de resolver coletivamente um problema.

A arquitetura reativa mais conhecida é a *Arquitetura de "Subsumption"*, de Rodney Brooks [9], pesquisador do MIT que, foi o maior crítico da abordagem clássica da Inteligência Artificial para a construção de mecanismos de controlo para robôs móveis autônomos. Na abordagem clássica, o comportamento dos agentes é dividido em módulos independentes, que se sucedem verticalmente em forma de cadeia, ou seja, os robots recolhem dados do ambiente através de sensores (muitas vezes sob a forma de uma ou mais camaras),

processam os dados e planeiam tarefas, passando por todos os módulos, e depois passam à ação através de atuadores.

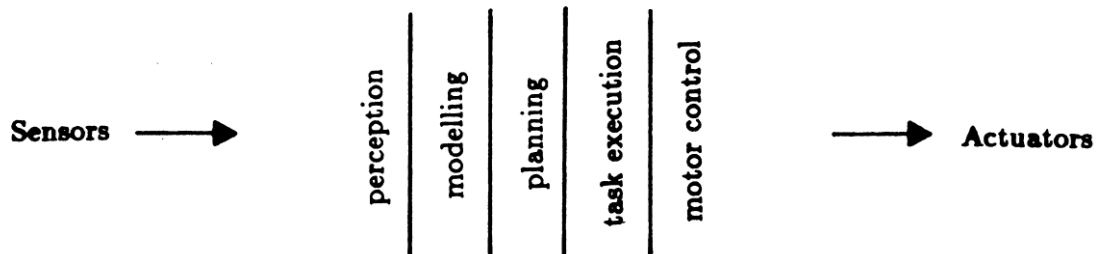


Figura 2 - Decomposição tradicional de um sistema de controle de robots [9]

Brooks argumentou que o paradigma clássico “Sense → Plan → Act” usado nos robots autónomos não era prático. Apesar de todas as simplificações feitas, os robots eram muito lentos, concluindo que o tempo de processamento era gasto na construção dos modelos internos do mundo [10]. Num ensaio de 1985 [9], BROOKS descreveu uma arquitetura alternativa de construção de agentes (robots), a chamada “*Subsumption Architecture*”. Esta arquitetura é composta por uma hierarquia de comportamentos para realizar tarefas. Níveis inferiores representam os tipos mais primitivos de comportamento, (tais como evitar obstáculos), e têm precedência sobre as camadas mais acima na hierarquia.

Existem duas características principais na arquitetura “*Subsumption*”, que são as seguintes:

- O processo de tomada de decisão do agente ocorre em resposta a estímulos do ambiente ou por mensagens enviadas por outros agentes, tendo como base um conjunto de regras evento-ação
- Vários comportamentos podem ser acionados simultaneamente, “competindo” entre si para exercer controlo sobre o robot. Assim, deverá existir um mecanismo para seleccionar de entre as diferentes ações possíveis, aquela que será a ação ótima em cada momento. Desenvolve-se então uma Hierarquia de Subordinação, que organiza os comportamentos por camadas. As camadas inferiores representam os tipos mais primitivos de comportamento, (tais como evitar obstáculos) e são prioritárias em relação aos comportamentos de níveis superiores, que representam comportamentos mais abstratos.

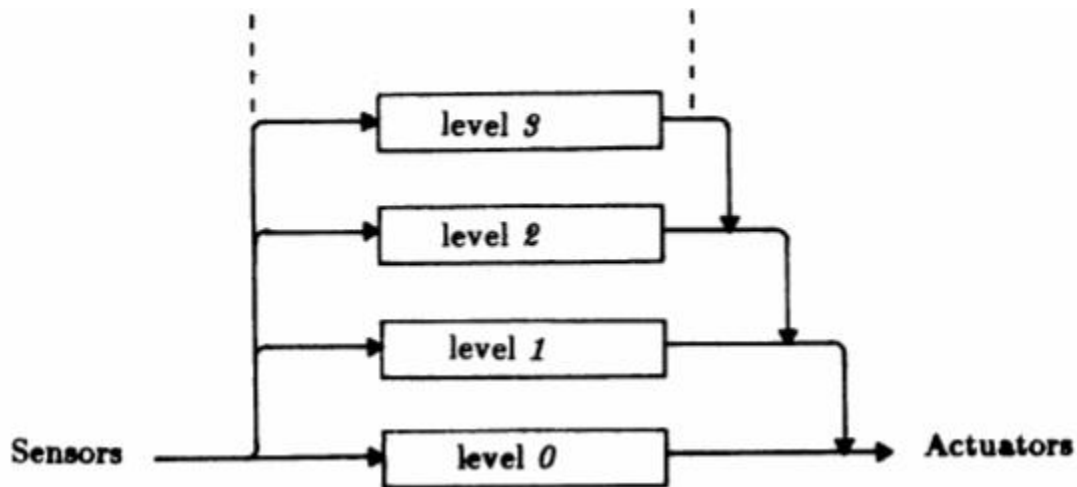


Figura 3 - "Subsumption Architecture" [9]

Brooks comprovou que sistemas resultantes desta arquitetura, embora muito simples e sem raciocínio explícito, executam procedimentos que seriam imprecisos se executados por sistemas simbólicos de Inteligência Artificial [3].

## 5 Modelo de Sistema Reativo

Um trabalho semelhante ao de Brooks foi relatado por Steels [11], que descreveu as simulações do sistema de "Mars Explorer". Este modelo é baseado no comportamento das colónias de formigas onde estas, normalmente seguem um rastro químico (através da libertação de feromonas) quando procuram comida, mas não existe um modelo de comunicação direta entre elas.

### 5.1 Mars Explorer

O objetivo é explorar um planeta e recolher amostras de um tipo particular de mineral e transportá-las para um depósito móvel, também situado neste planeta. A localização das amostras do mineral é desconhecida mas sabe-se que as amostras tendem a estar agrupadas em determinados pontos. O ambiente é desconhecido e não há um mapa detalhado do terreno mas sabe-se da existência de vários obstáculos no terreno. Como



solução para este problema, utilizou-se um conjunto de robots móveis que exploram o terreno e executam as tarefas de busca e transporte das amostras de minerais.

Existem três tipos de agentes envolvidos neste modelo:

- Depósito: é utilizado como armazém das amostras de minerais recolhidos pelos robots;
- Amostras de mineral;
- Robôs: são considerados os agentes ativos da simulação. Movimentam-se aleatoriamente por todo o ambiente à procura das amostras do mineral. Quando o encontram, devem retornar ao depósito para descarregar a sua carga.

O sistema recorre ao conceito de gradiente associado ao depósito central (sinal de intensidade decrescente com a distância). Uma vez que não há nenhum mapa, o depósito gera um sinal de rádio e cada agente (robot) possui um sensor capaz de detetar o som e calcular a direção e a distância de onde provem.

A figura abaixo mostra a representação dos agentes deste modelo:

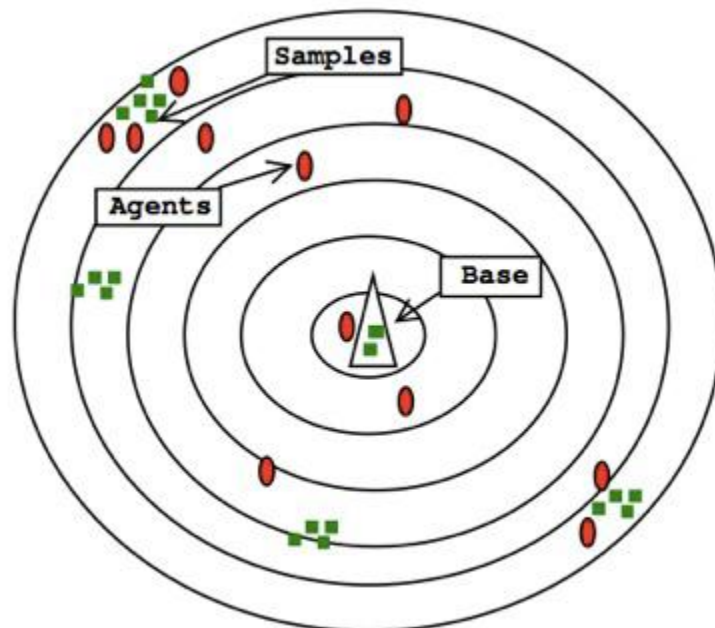


Figura 4 - Sistema "Mars Exploler" [8]

Para otimizar a solução estabeleceu-se um comportamento cooperativo entre os agentes, implementando uma comunicação indireta entre os agentes através do meio ambiente. O robot, após carregar uma amostra retorna ao depósito libertando "migalhas" radioativas, deixando assim, marcas para formar um caminho como fazem as formigas quando deixam

um rastro químico. Qualquer robot poderá cruzar este caminho e segui-lo até ao ponto onde possivelmente haverá um aglomerado de amostras, reduzindo assim o seu tempo de procura.

Cada robot está equipado com um sensor de detetar “migalhas”. Quando não transportam amostras são atraídos para um caminho que aumenta a probabilidade de encontrar amostras e vão recolhendo algumas “migalhas” até encontrarem a amostra. No retorno para o depósito vão libertando “migalhas” contribuindo para o estabelecimento do caminho. A quebra do caminho provém da interação entre os robots e o ambiente. Quando não há mais amostras num determinado ponto, o caminho para esse ponto vai desaparecendo.

Neste sistema, os robots são agentes reativos simples sem necessidade de memória ou raciocínio. Apresentam o seguinte comportamento:

- (0) Evitar obstáculo
- (1) Se não estiver carregado e perceber um mineral recolher mineral
- (2) Se estiver carregado e perceber o depósito central, descarregar
- (3) Se estiver carregado, seguir maior gradiente, deixando duas “migalhas”
- (4) Se estiver descarregado e encontrar uma “migalha”, seguir na direção do menor gradiente, retirando a “migalha”
- (5) Realizar movimento aleatório

Hierarquia → (0) < (1) < (2) < (3) < (4) < (5)

O conjunto de comportamentos dos robots está integrado usando uma arquitetura “Subsumption”:

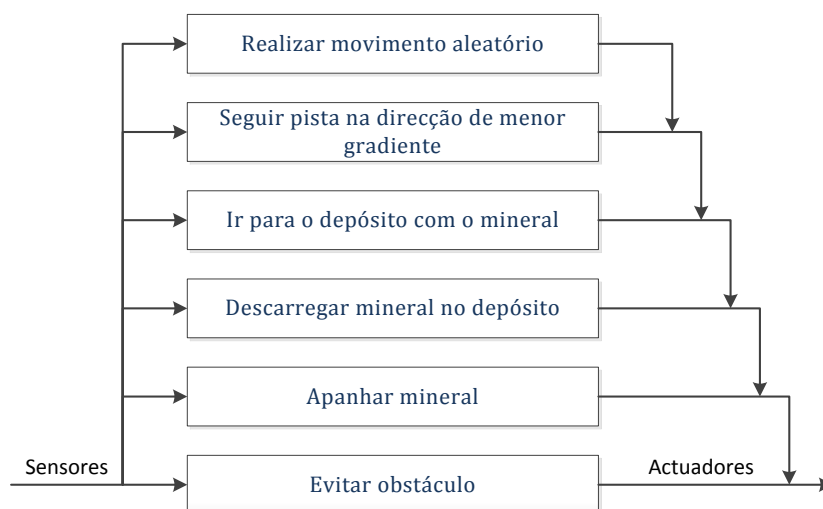


Figura 5 - Arquitetura do sistema "Mars Explorer"

Este sistema apresenta as seguintes propriedades:

- É robusto – qualquer avaria nos sensores ou nos mecanismos de recolha de um dos robots não impede o sistema de continuar a funcionar.
- É flexível – uma alteração da localização do depósito, das amostras de materiais ou dos obstáculos presentes no ambiente não tem impacto no funcionamento do sistema.
- Apresenta uma economia cognitiva – não é necessário um conhecimento prévio do mundo (ambiente onde os agentes atuam).
- Apresenta uma economia de comunicação – os agentes usam o ambiente para comunicar entre eles deixando marcas no terreno. Nunca existe uma comunicação direta entre agentes, não há mensagens complexas para formular ou descodificar.
- O ambiente não tem que ser previsível.
- Não é necessário haver conhecimento prévio do ambiente.

## 6 Limitações dos agentes reativos

Segundo Ekdahl [12], embora sejam considerados mais eficientes do que os agentes deliberativos para uma série de tarefas relacionadas ao acesso direto ao mundo real, os agentes reativos têm evidenciado suas limitações. Além de não serem muito versáteis, eles têm problemas com tarefas de movimentação que exigem o conhecimento do mundo que deve ser obtido a partir da memória ou pelo raciocínio, ao invés de percepção. Têm problemas para obter conhecimento que dependa de raciocínio, pois o raciocínio envolve elementos que não estão diretamente ligados à percepção.

Vários pesquisadores têm sugerido que um agente inteligente deve ter tanto o raciocínio de alto nível como capacidades de reação de baixo nível. A lógica por detrás dessa abordagem híbrida é utilizar a capacidade de reação dos agentes reativos necessária para tarefas de rotina, mas, além disso, também tem o poder de raciocínio num nível mais elevado que parece ser necessário para tarefas mais avançadas. [12]

## 7 Conclusão

Os sistemas reativos possuem algumas características que os tornam adequados a vários domínios:

- As soluções são robustas no sentido de que são mais tolerantes a falhas, ao mau funcionamento de um dos agentes ou a mudanças de ambiente.
- Os agentes são simples e de fácil programação não havendo necessidade de elaboração de planos de ação e coordenação geral de agentes
- Não é necessário haver um conhecimento do ambiente

No entanto, também tem desvantagens evidentes, nomeadamente no que se refere à característica dos agentes decidirem unicamente baseados em informação da perceção atual, possuírem uma hierarquia de comportamentos pré-fixada e serem incapazes de realizar ações que impliquem a execução de planos de longo-prazo.

A divisão entre sistemas de agentes deliberativos e reativos está bem definida mas na prática é possível e vantajoso o desenvolvimento de sistemas híbridos que utilizem características de agentes deliberativos e reativos no mesmo ambiente.

## 8 Bibliografia

- [1] BROOKS, Rodney A. Intelligence without representation. *Artificial intelligence*, 1991, 47.1: 139-159.
- [2] FALTINGS, Boi. Intelligent agents: software technology for the new millennium. *Informatik*, 2000, 1: 2-5.
- [3] WOOLDRIDGE, Michael; JENNINGS, Nicholas R. Agent theories, architectures, and languages: a survey. In: *Intelligent agents*. Springer Berlin Heidelberg, 1995. p. 1-39.
- [4] FRANKLIN, Stan; GRAESSER, Art. Is it an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents. In: *Intelligent agents III agent theories, architectures, and languages*. Springer Berlin Heidelberg, 1997. p. 21-35.
- [5] RUSSELL, Stuart Jonathan, et al. *Artificial intelligence: a modern approach*. Englewood Cliffs: Prentice hall, 1995.
- [6] FERBER, Jacques; DROGOUL, Alexis. Using reactive multi-agent systems in simulation and problem solving. *Distributed artificial intelligence: Theory and praxis*, 1992, 5: 53-80.
- [7] NWANA, Hyacinth S. Software agents: An overview. *The knowledge engineering review*, 1996, 11.03: 205-244.
- [8] RAMOS, C; SILVA, A. ; *Agent-Based Systems* , DEI-ISEP, 2008-20013
- [9] BROOKS, Rodney Allen. A robust layered control system for a mobile robot. *Robotics and Automation, IEEE Journal of*, 1986, 2.1: 14-23.
- [10] BROOKS, Rodney A. Intelligence without reason. *The artificial life route to artificial intelligence: Building embodied, situated agents*, 1995, 25-81.
- [11] STEELS, Luc. COOPERATION BETWEEN DISTRIBUTED AGENTS THROUGH SELF-ORCAMINATION. 1989.
- [12] EKDAHL, Bertil; ASTOR, Eric; DAVIDSSON, Paul. Towards anticipatory agents. In: *Intelligent Agents*. Springer Berlin Heidelberg, 1995. p. 191-202.