

# Navegação Exploratória e Mapeamento Em Um Sistema Multiagente Robótico

Autor: João Paulo Gonçalves

Orientador: Fernando dos Santos



# Roteiro

- Introdução
- Objetivos
- Fundamentação Teórica
- Desenvolvimento
- Conclusões
- Extensões



# Introdução

- Evolução da Robótica
- Demanda sobre IA para operação dos robôs.
- A maioria das técnicas de IA são simuladas, sem as dificuldades do mundo real.
- Múltiplos robôs apresentam ganhos em relação a um único robô
  - Economia, escalabilidade, tolerância a falhas
- Sistemas multiagente são utilizados para controle de múltiplos robôs.
- LEGO Mindstorms utilizado para construção dos robôs



# Objetivos

- Robôs capazes de se movimentar e realizar o mapeamento do ambiente;
- Aplicativo para visualizar em um computador pessoal o mapeamento realizado pelos robôs;
- A comunicação entre os robôs e o aplicativo de visualização do mapeamento.



# Fundamentação Teórica

- Sistemas Multiagente
- Robótica
- LEGO Mindstorms
- Mapeamento e Exploração
- Campos de Força
- Intersecção e União
- Trabalhos correlatos



# Sistemas Multiagente

- Agente: algo que percebe o ambiente e pode atuar nele.  
(RUSSELL e NORVIG, 2004)
- Sistema multiagente: rede de agentes com objetivo comum (JENNINGS; SYCARA; WOOLDRIDGE, 1998)
- Características
  - Informações distribuídas
  - Percepção limitada
  - Controle do sistema distribuído
  - Processamento assíncrono.



# Robótica

- Estudo da construção de máquinas para substituir humanos em tarefas.
- Robôs são agente físicos. (RUSSELL e NORVIG, 2004)
- Motivos para utilização de robôs: (MURPHY, 2000)
  - Grande risco a um humano
  - Vantagens econômicas em relação a um humano
  - Riscos desnecessários a um humano



# LEGO Mindstorms

- Um conjunto de peças para construção de robôs.
- Fabricado pela LEGO.



# Mapeamento e Exploração

- Exploração: descoberta de informações relevantes (ZLOT et al., 2002)
  - Campos de força
- Mapeamento: construção da representação do ambiente (MURPHY, 2000)
  - Polígonos (Intersecção e União)
- Navegação exploratória: planejamento de movimentos buscando minimizar tempo de mapeamento

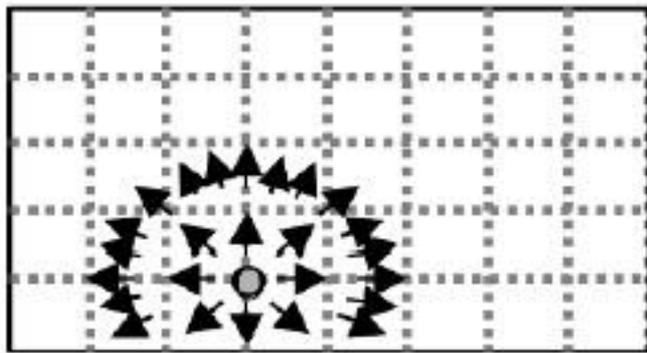


# Campos de Força

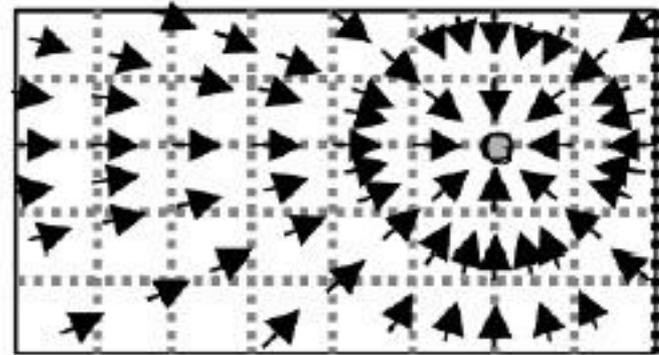
- Um campo de força é um conjunto de vetores que agem sobre o robô. (MURPHY, 2000)
- Vetor é a representação de uma força.
- Cada campo de força representa um comportamento do robô.
- Soma dos campos que afetam o robô determina o comportamento final.
- Dois tipos de campos de força mais relevantes:
  - Atrativos
  - Repulsivos



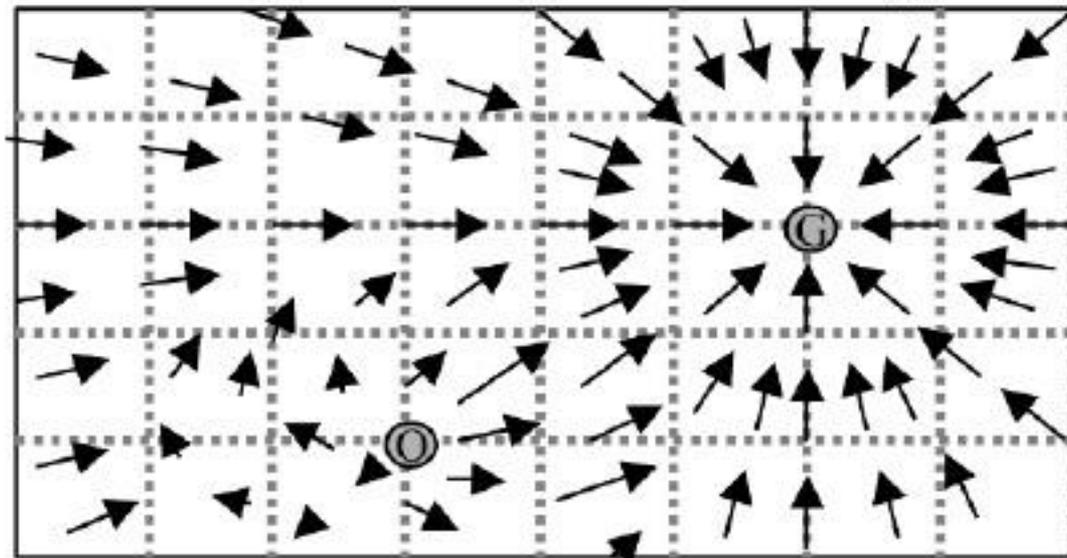
# Campos de Força



(a)

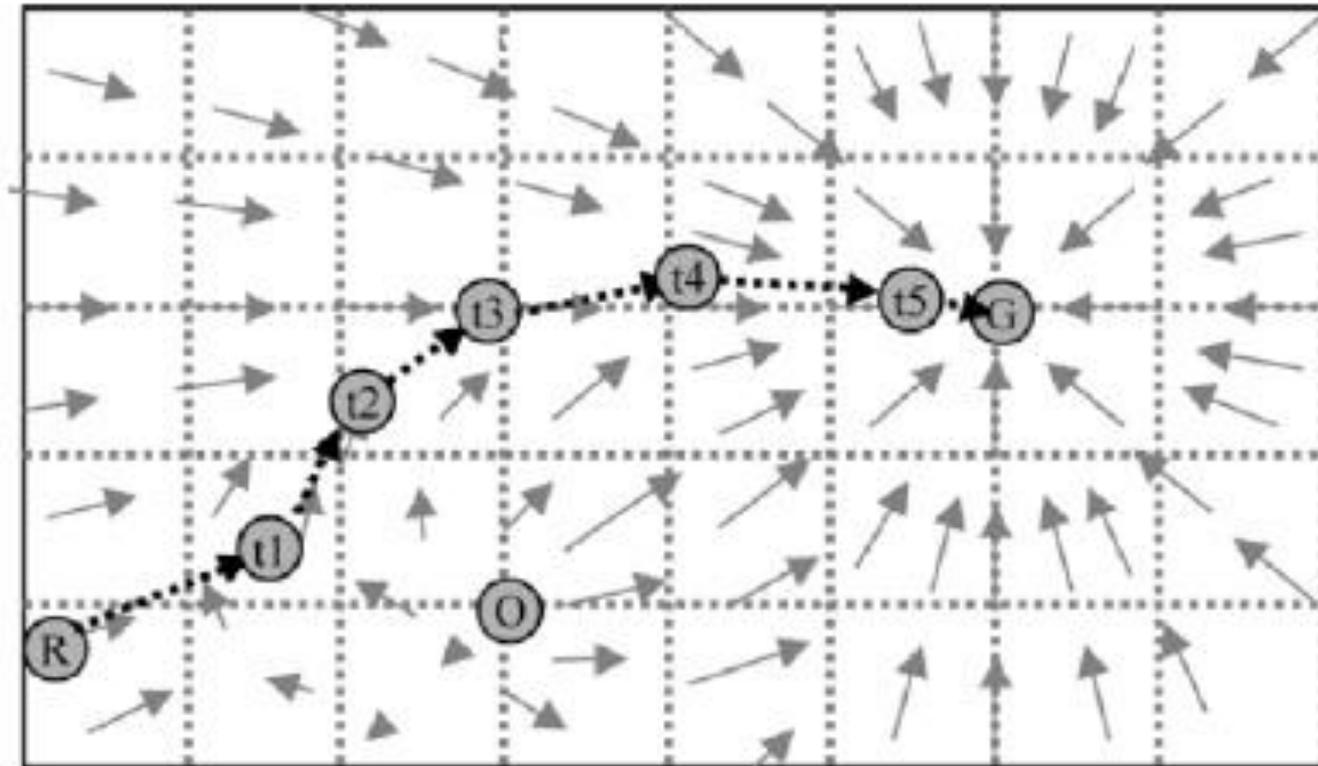


(b)



(c)

# Campos de Força

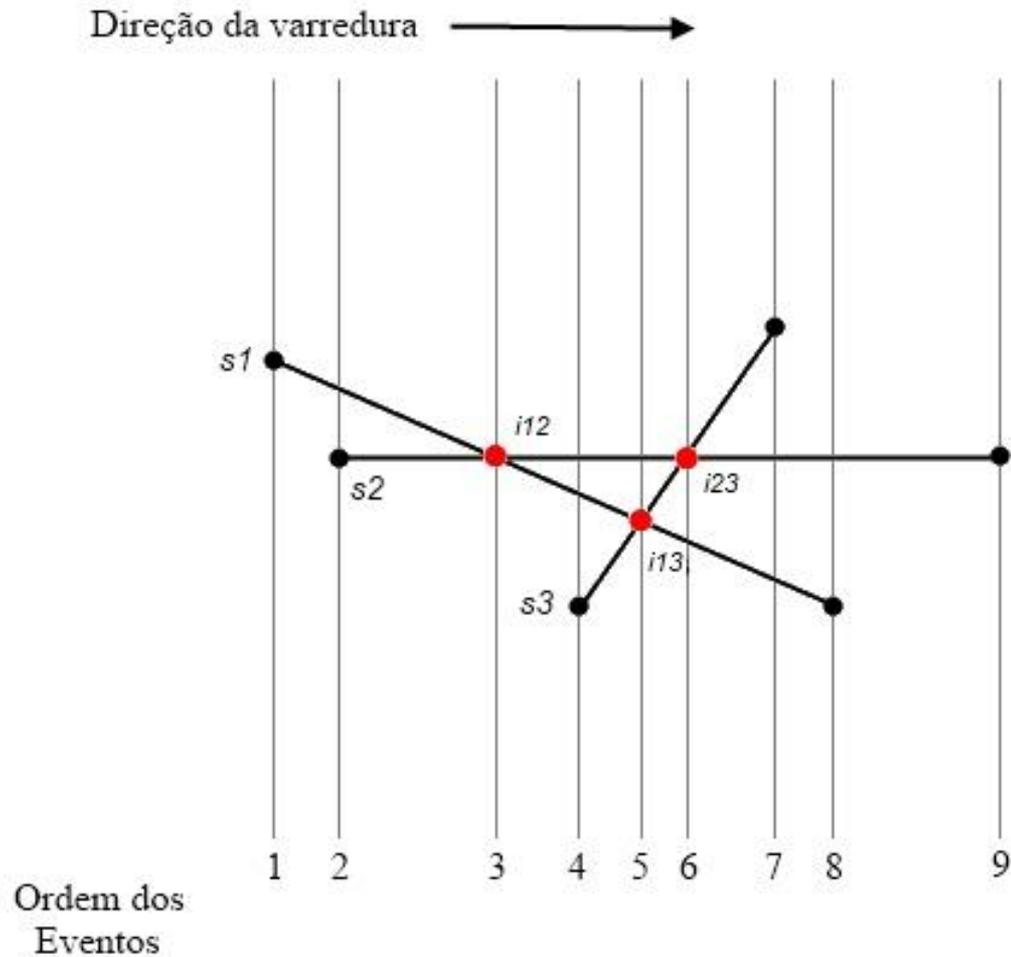


# Intersecção e União

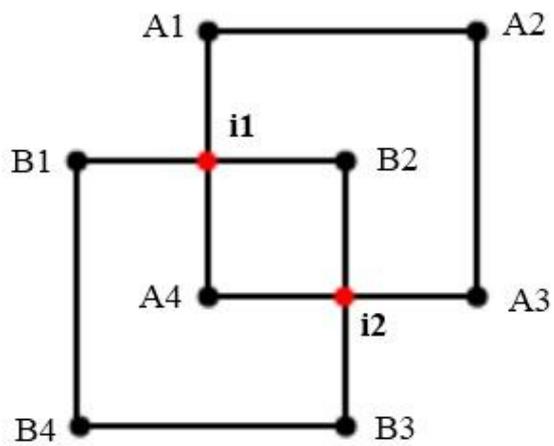
- Utilização de polígonos para representação do mundo.
- Intersecção e união utilizados para atualizar a representação.
- Algoritmo utilizado: Bentley-Ottmann  
(BENTLEY e OTTMANN, 1979)



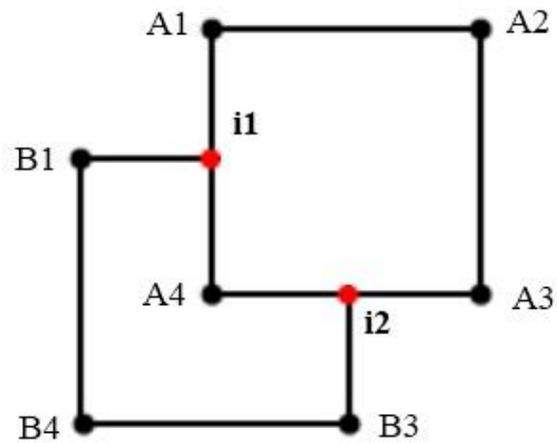
# Intersecção



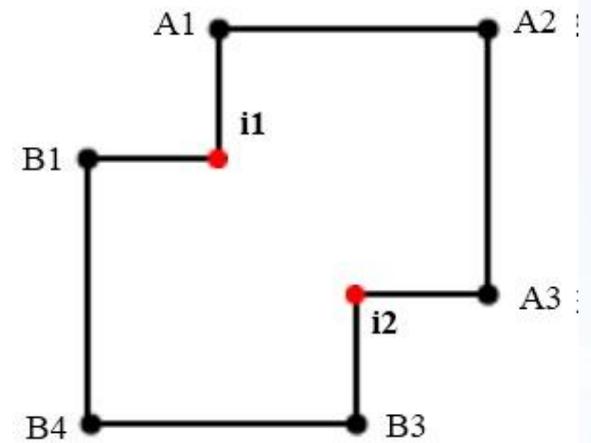
# União



(a)



(b)



(c)

# Trabalhos correlatos

- Navegação exploratória baseada em PVC.
  - Silva Junior (2003)
- Multiagent exploration task in games through negotiation
  - Soares e Campos (2006)
- Collaborative multi-robot exploration
  - Burgard et al. (2000)
- Adaptive mapping and navigation by teams of simple robots
  - Cohem (2006)



# Desenvolvimento

- Requisitos
- Especificação
  - Casos de uso
  - Diagrama de estados
  - Diagramas de classes
  - Diagrama de sequência
  - Especificação do robô
- Resultados

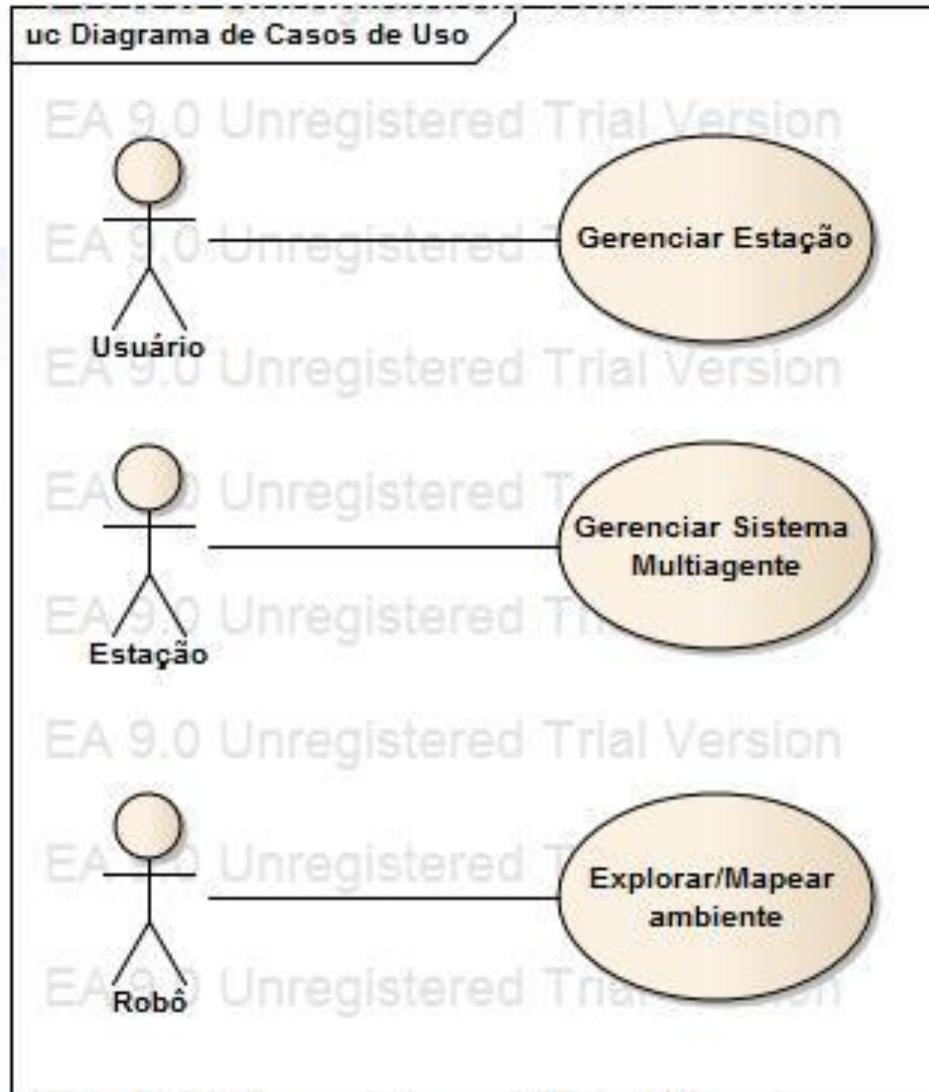


# Requisitos

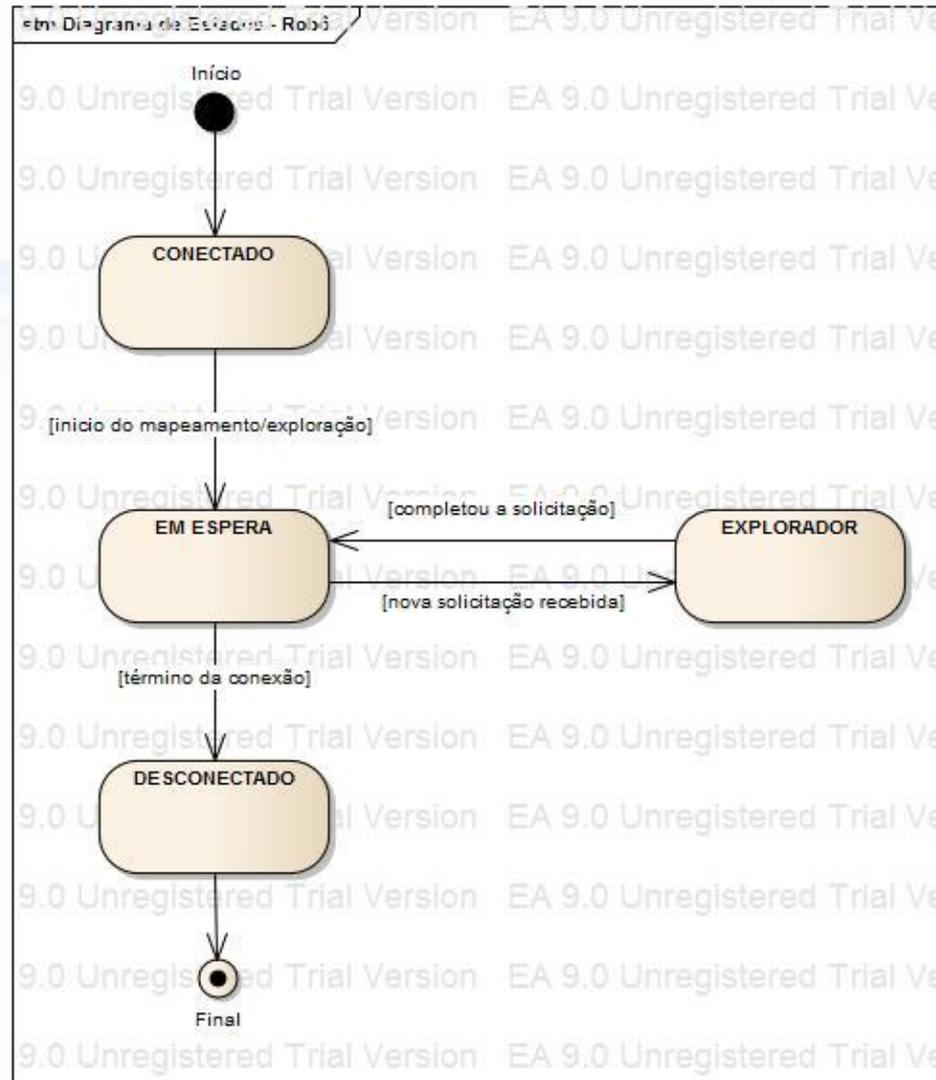
- gerenciar os robôs para obter o mapeamento (RF 01);
- suportar o mapeamento de ambientes estáticos (RF 02);
- interface para gerenciar o mapa do ambiente (RF 03);
- utilizar robôs do *kit* LEGO Mindstorms (RNF 01);
- suportar no mínimo 2 robôs (RNF 02);
- realizar a comunicação utilizando *Bluetooth* (RNF 03);
- ser implementado utilizando Java (RNF 04);
- utilizar o ambiente Eclipse (RNF 05);
- utilizar a máquina virtual LeJOS (RNF 06);
- utilizar as bibliotecas do Java, Swing e Java2D para construção da interface (RNF 07).



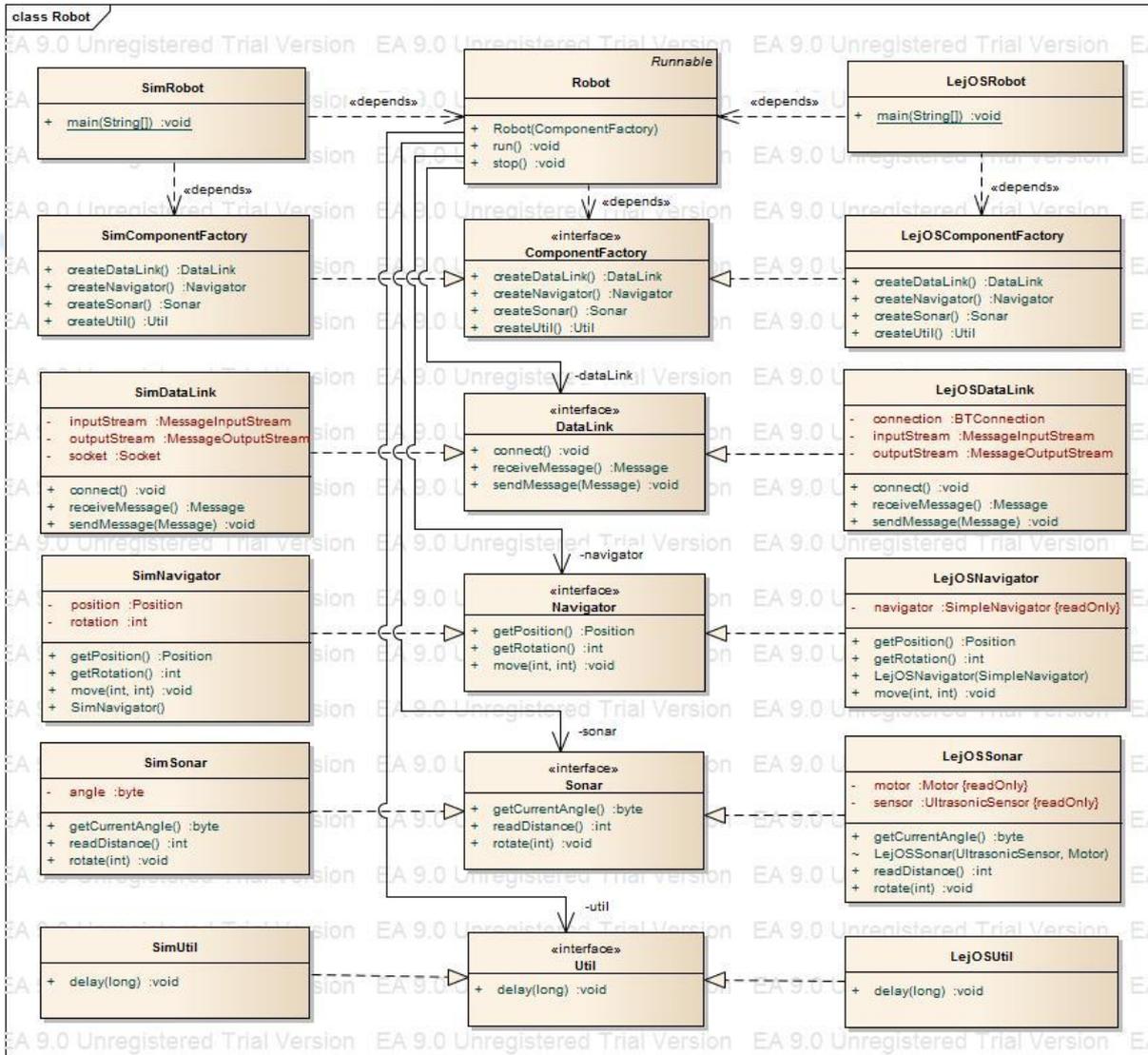
# Diagrama de Casos de Uso



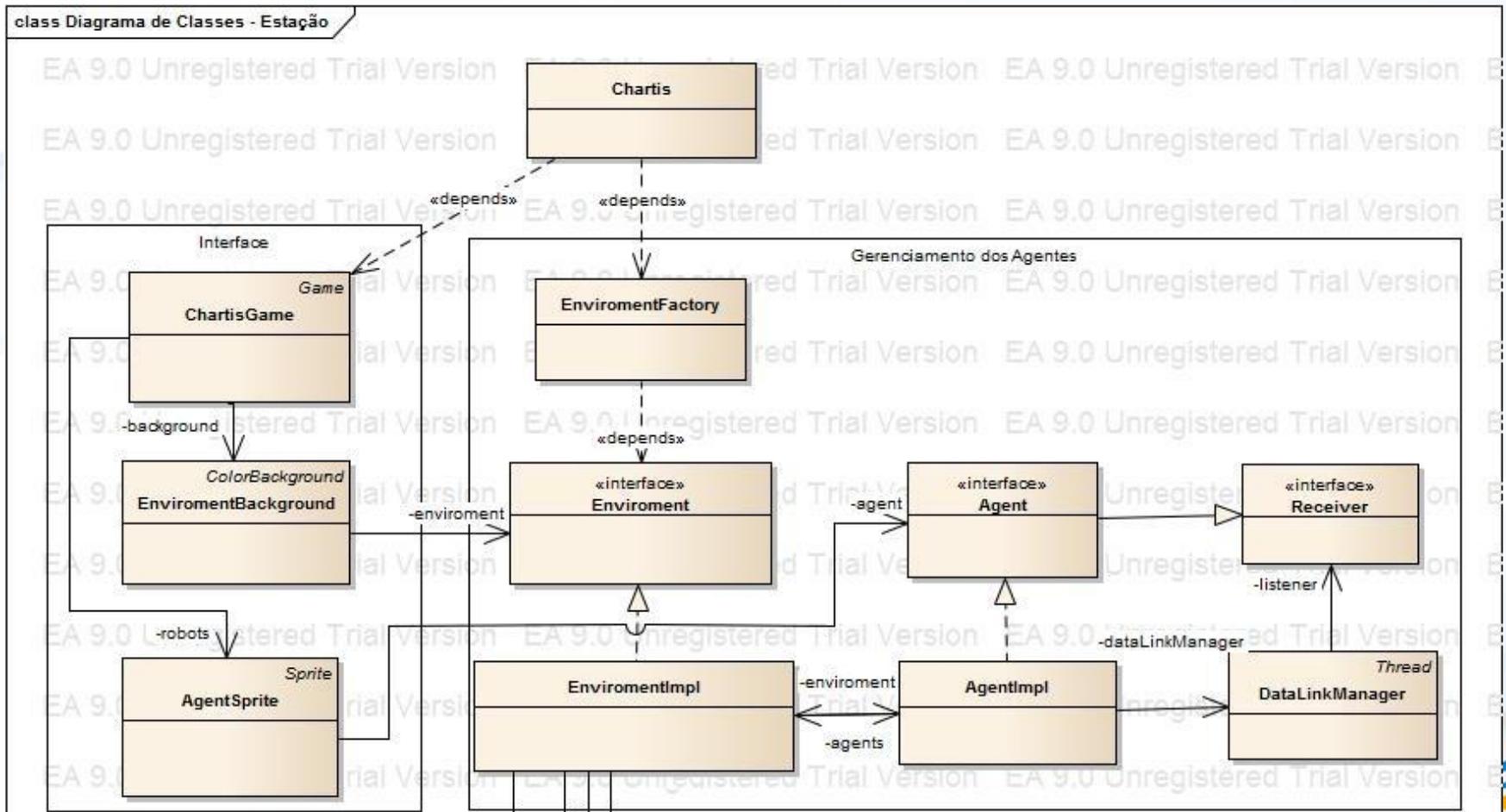
# Diagrama de Estados do Agente



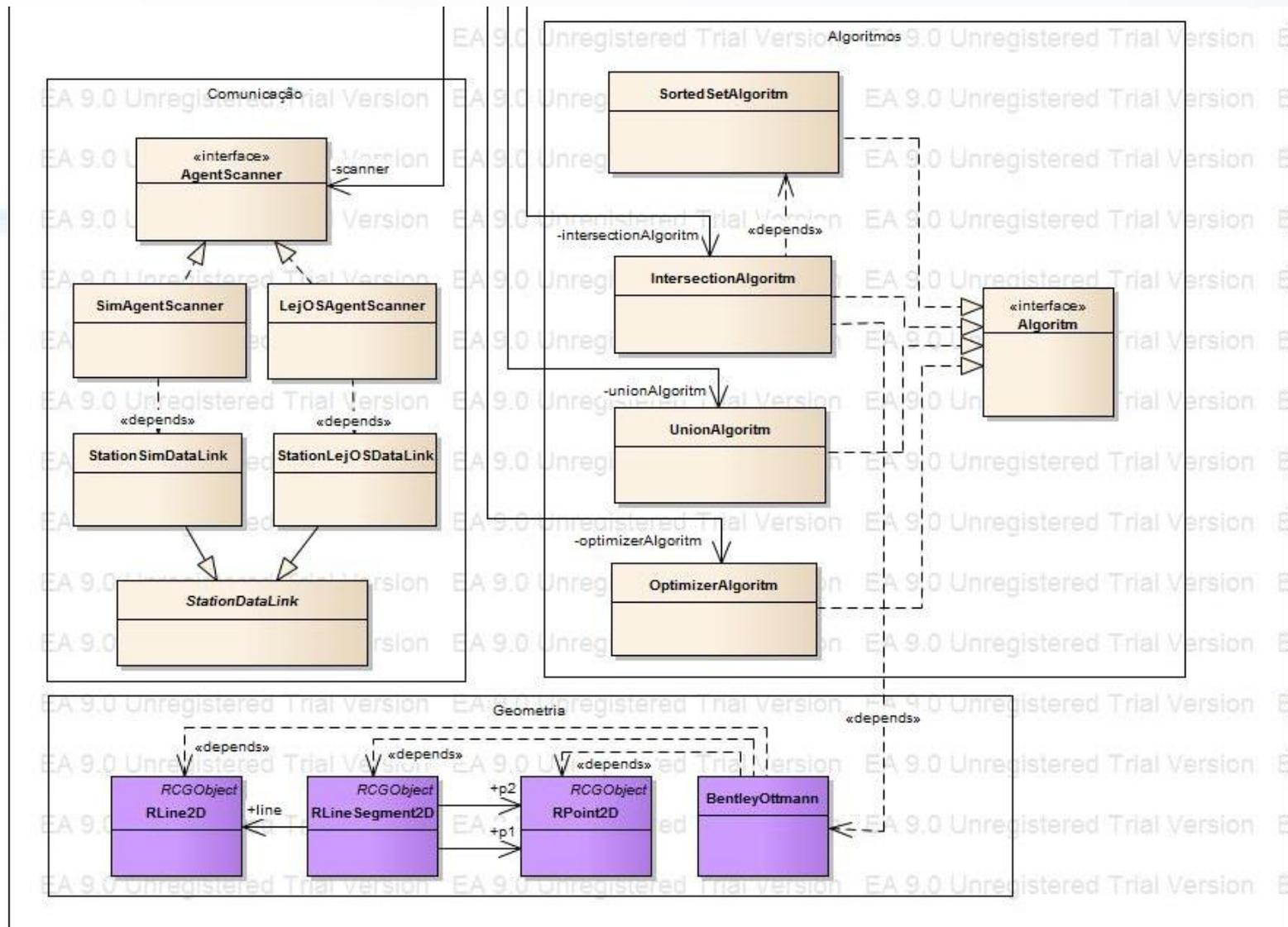
# Diagrama de Classes - Robô



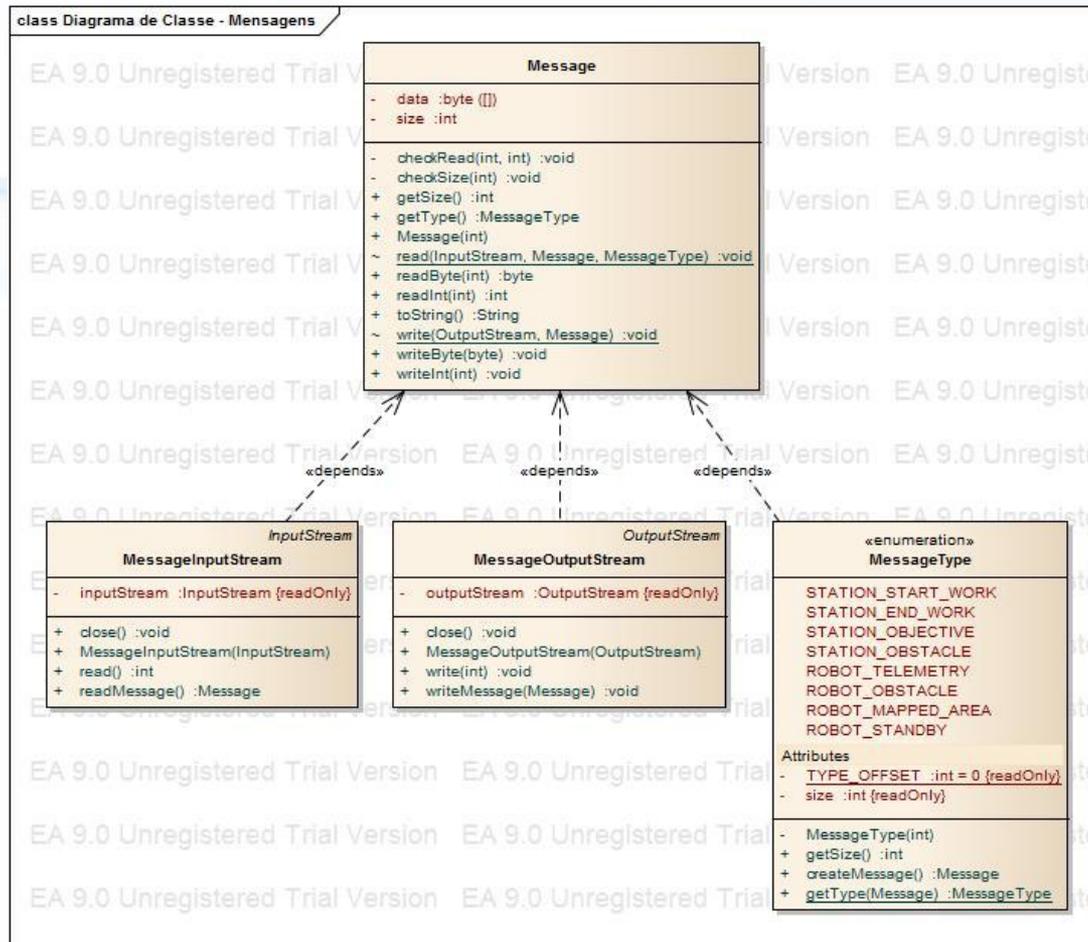
# Diagrama de Classes – Estação



# Diagrama de Classes - Estação



# Diagrama de Classes - Comunicação



# Tipos de Mensagens

## Da Estação para o Robô

- **STATION\_START\_WORK**
  - Notifica robô para iniciar execução.
- **STATION\_END\_WORK**
  - Notifica o robô para interromper execução.
- **STATION\_OBJECTIVE**
  - Notifica o robô de um novo objetivo.
- **STATION\_OBSTACLE**
  - Notifica o robô de um novo obstáculo.



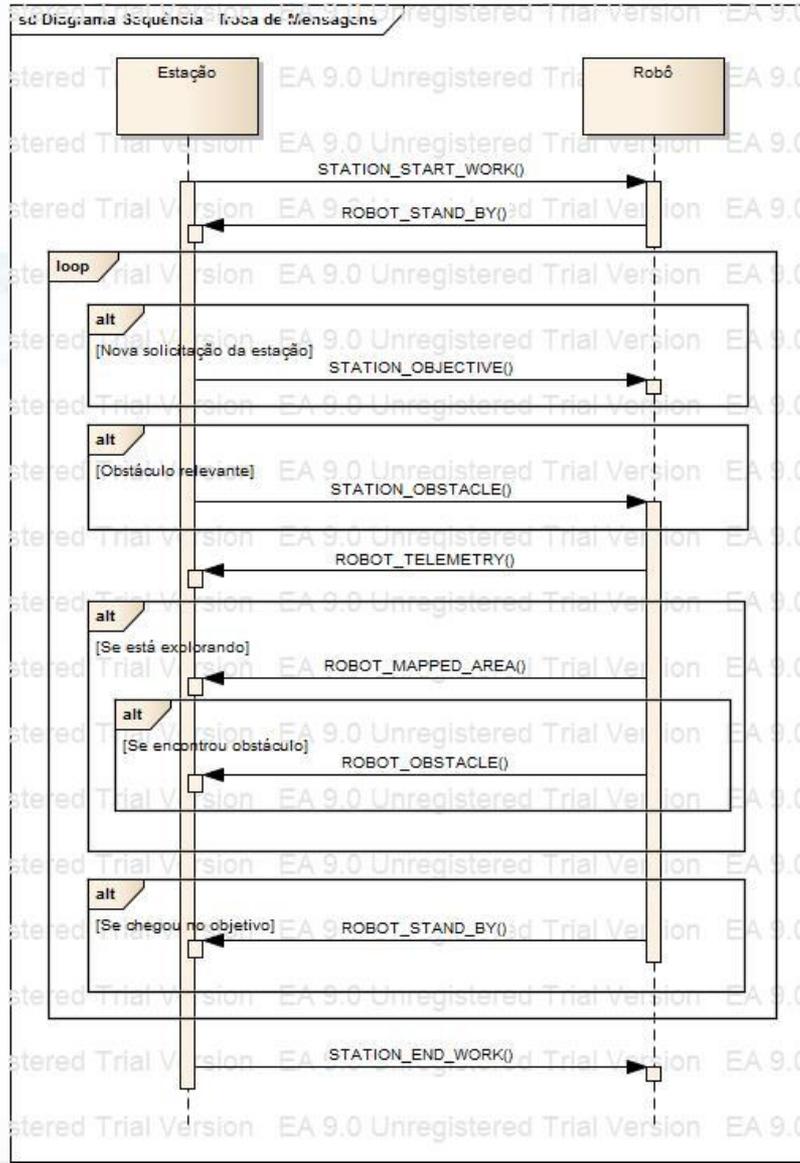
# Tipos de Mensagens

## Do Robô para a Estação

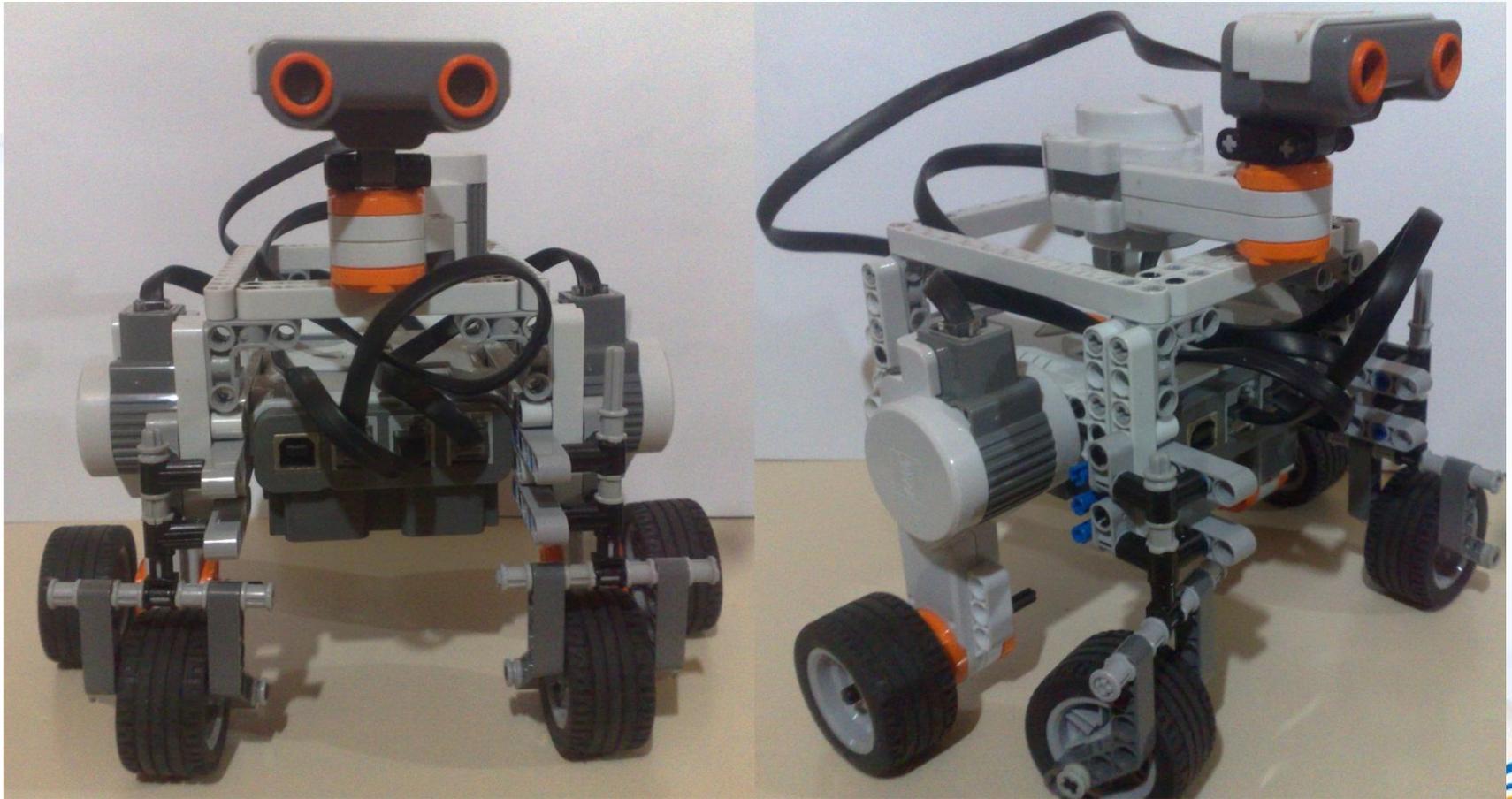
- **ROBOT\_TELEMETRY**
  - Notifica a estação com telemetria do robô.
- **ROBOT\_MAPPED\_AREA**
  - Notifica a estação uma área mapeada
- **ROBOT\_OBSTACLE**
  - Notifica a estação sobre um obstáculo detectado
- **ROBOT\_STAND\_BY**
  - Notifica a estação que está aguardando novos objetivos



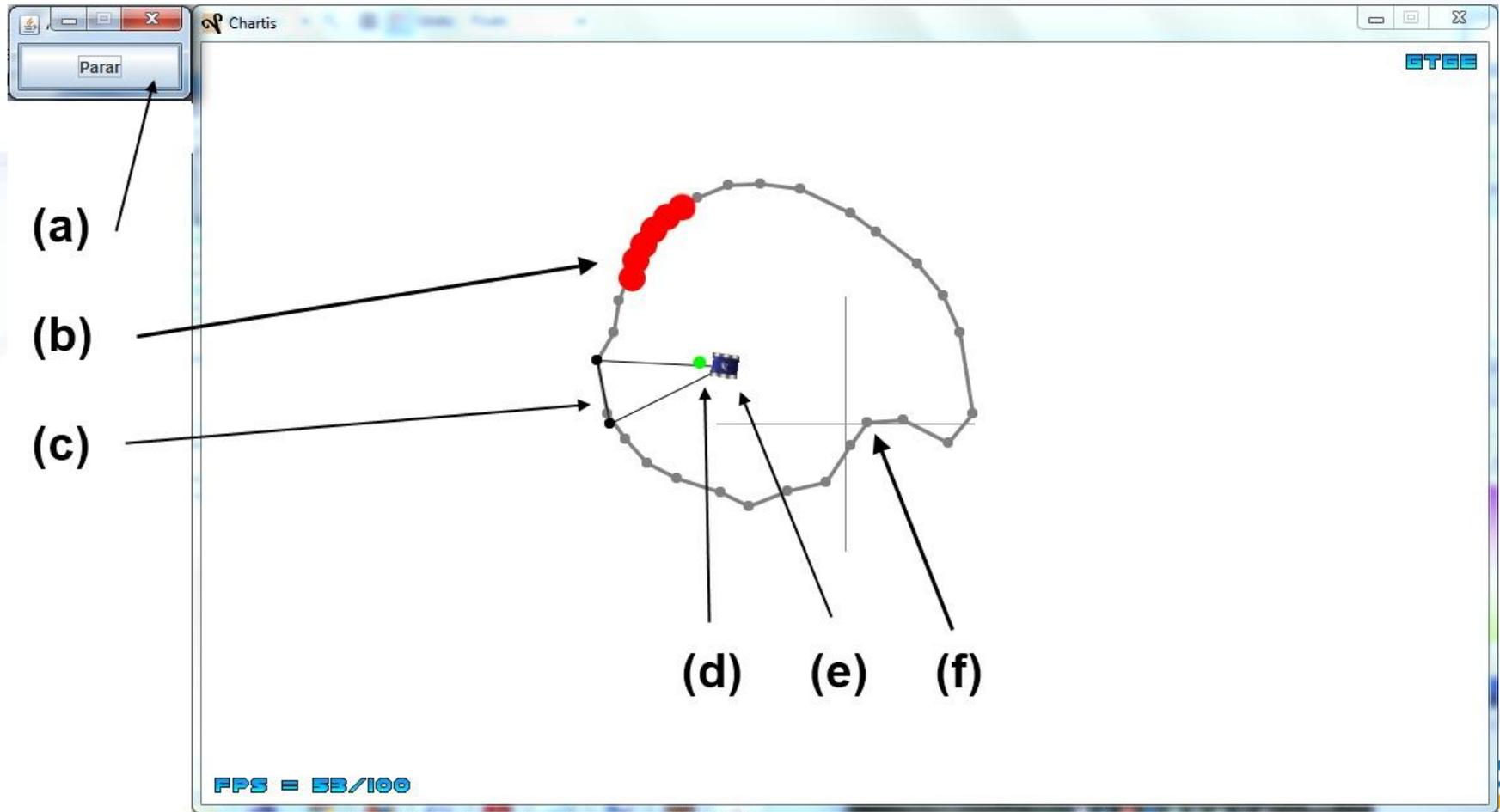
# Diagrama de Sequência



# Especificação do Robô



# Operacionalidade



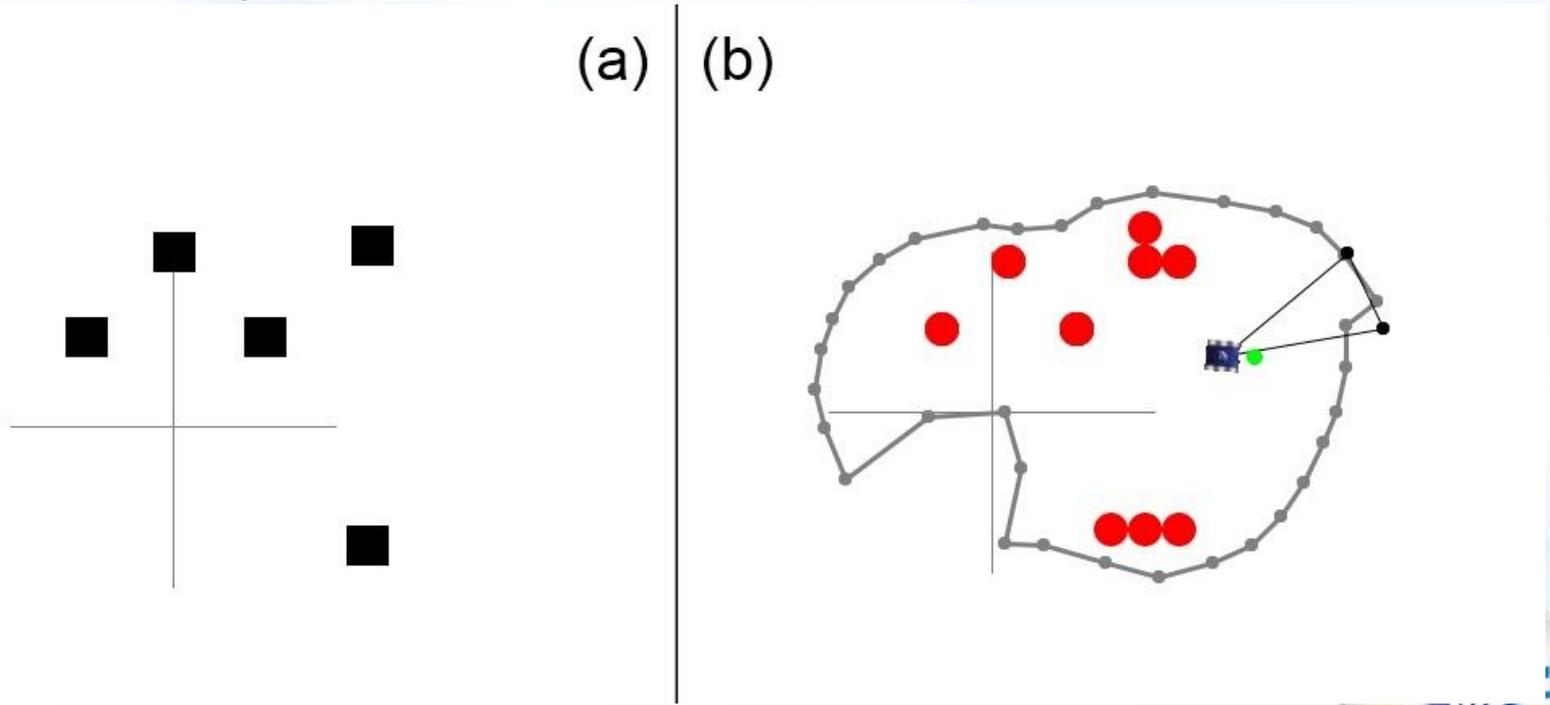
# Resultados e Discussão

- Foram realizados experimentos para avaliar o sistema.



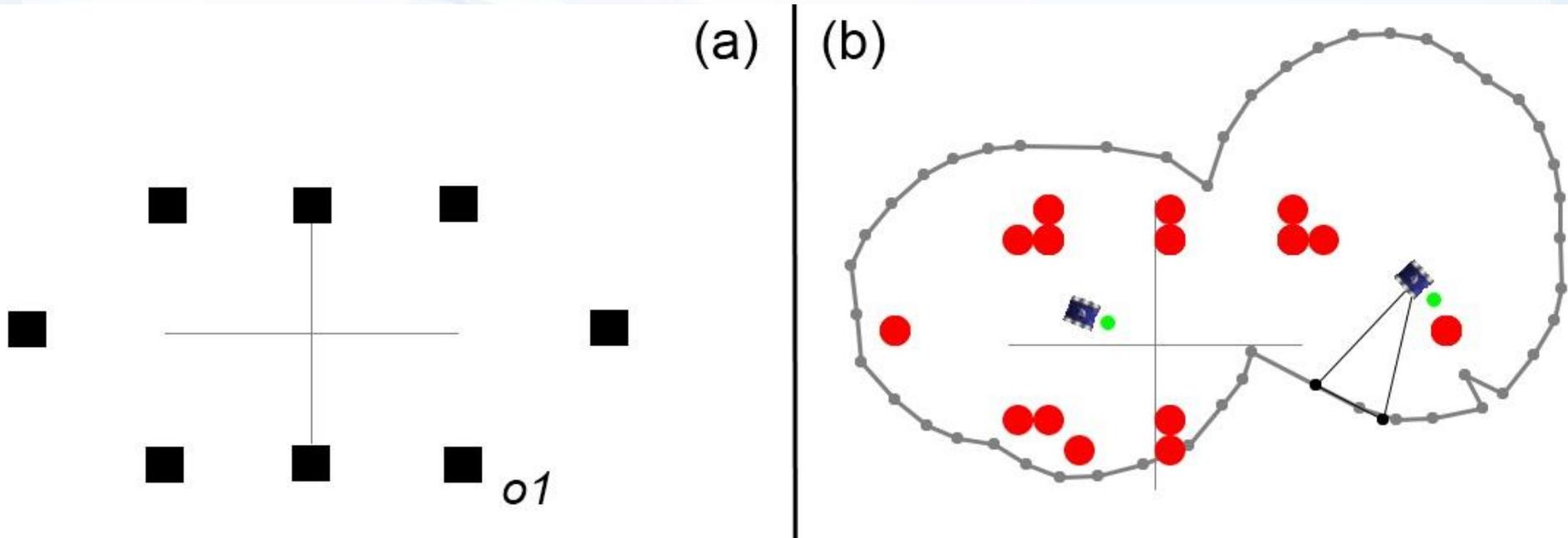
# Experimentos

- Um agente e cinco obstáculos (ambiente simulado)



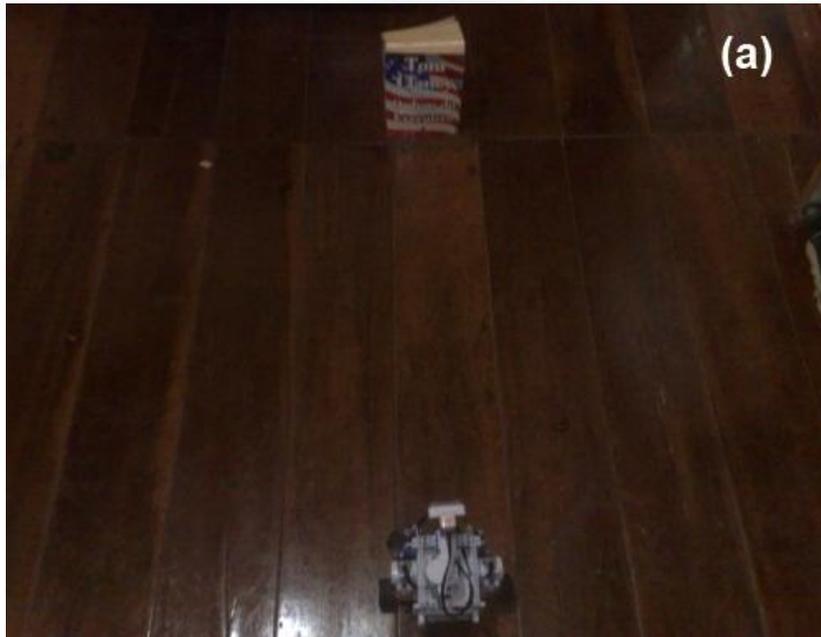
# Experimentos

- Dois agentes e oito obstáculos (ambiente simulado)

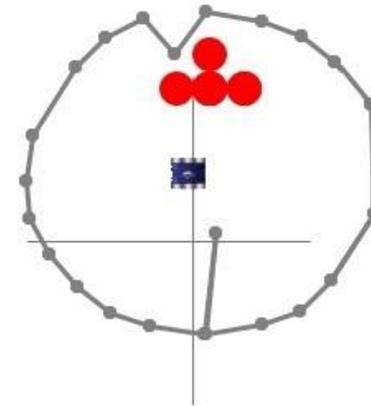


# Experimentos

- Um agente e um obstáculo (ambiente real)



(b)



# Conclusões

- Objetivos atendidos
- Campos de força adequados para movimentação.
- Algoritmo de Bentley-Ottmann efetivo.
- Uso da biblioteca CompGeom ajudou a resolver problemas de precisão.
- LeJOS mostrou-se problemático.



# Limitações

- Problemas de conexão Bluetooth do LeJOS com dois ou mais NXTs.
- Rotina de união não trata polígonos resultantes com buracos.



# Extensões

- Adicionar capacidade para avaliar fim da exploração
- Mover a representação do mundo para os agentes
- Adicionar maiores capacidades a interface do usuário



# Bibliografia

- BENTLEY, Jon L.; OTTMANN, Thomas A. Algorithms for Reporting and Counting Geometric Intersections. **IEEE Transactions on Computers**, Washington, v. 28, n. 9, p. 643-647, Sept. 1979.
- BURGARD, Wolfram et al. Collaborative multi-robot exploration. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION, [16th], 2000, São Francisco. **Proceedings...** Piscataway: IEEE, 2000. p. 476-481.
- COHEN, William W. Adaptive mapping and navigation by teams of simple robots. **Robotics and Autonomous Systems**, [S.l.], v. 18, n. 4, p. 411-434, Oct. 1996.
- MURPHY, Robin R. **Introduction to AI robotics**. Cambridge: Mit Press, 2000.
- RUSSELL, Stuart J.; NORVIG, Peter. **Inteligência artificial**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- SILVA JÚNIOR, Edson P. **Navegação exploratória baseada em problemas de valores de contorno**. 2003. 109f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- SOARES, Rodrigo G. F.; CAMPOS, André M. C. Multiagent exploration task in games through negotiation. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE JOGOS E ENTRETENIMENTO DIGITAL. 5., 2006, Recife. **Anais eletrônicos...** Recife: Sociedade Brasileira de Computação, 2006. Não paginado.
- WOOLDRIDGE, Michael. Intelligent Agents. In: WEISS, Gerhard. **Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence**. 2. ed. Cambridge: The MIT Press, 2000. p. 27-77.
- ZLOT, Robert et al. Multi-robot exploration controlled by a market. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION, [18th], 2002, Washington. **Proceeding...** Piscataway: IEEE, 2002. p. 3016-3023.

